

18. Übertragung in Weitverkehrsnetzen

18.1 Übertragungsverfahren

Arten der Informationsübertragung

In Weitverkehrsnetzen bzw. bei der Verbindung mit dem Internet über Provider erfolgt auf OSI Layer 1 eine Übertragung von Daten hauptsächlich per Modulation, per Multiplex oder einer Mischung aus beidem. Diese werden auch in Funktechniken (WLAN, Mobilfunk) eingesetzt.

Auf OSI-Layer 2 ist in der Regel das Point-to-Point Protocol (PPP) und bei DSL-Verbindungen dessen Ableger Point-to-Point Protocol over Ethernet (PPPoE) (vgl. Kapitel 18.5) das Trägerprotokoll für alle weiteren Protokolle zum Internet (IP, TCP, UDP usw.).

Modulation

Bei der Übertragung per Modulation wird eine Trägerfrequenz mit festgelegter Bandbreite durch verschiedene Modulationsarten mit dem Nutzsignal verändert (moduliert), dann übertragen und am Ziel das Nutzsignal extrahiert (demoduliert). Bei den nicht mehr gebräuchlichen klassischen Modems (als Abkürzung für MODulator – DEModulator) spricht man ebenfalls von Modulation; hier wurde ursprünglich für eine logische „1“ ein anderer Ton als für eine logische „0“ über das Telefonnetz (Sprachband (300 Hz–3,4 kHz) gesendet.

Multiplex

Per Multiplex werden mehrere Trägerfrequenzen durch entsprechende Verfahren so verbunden, dass sie über das gleiche Medium (Kupferkabel, Funkstrecke, Lichtleiter) zusammen verschickt werden können. Es gibt hier hauptsächlich Zeitmultiplex (mit zeitlicher verteilter Übertragung) und Frequenzmultiplex (mit Modulation auf eine oder mehrere Trägerfrequenzen).

Ferner gibt es Mischformen beider Techniken. Beispiele hierfür sind DSL und ISDN. Bei DSL erfolgt zunächst mit Discrete Multi Tone(DMT) die Modulation der Trägerfrequenzen (Multi-Carrier) und bei ISDN mit Pulse Coded Modulation (PCM), bevor sie per Multiplex gebündelt verschickt werden.

Das Telefonnetz als Basis

Das klassische Telefonnetz mit seinen flächendeckend verlegten 2-Draht-Leitungen ist seit mehreren Jahrzehnten die kostengünstige Basis, um Weitverkehrsverbindungen zur Datenübertragung aufzubauen.

Verbindungen über Funk (UMTS, LTE, Satellit etc.) und das Kabelfernsehnetz holen in der Bedeutung auf (vgl. Kapitel 19).

18.2 Analoge Übertragung

Analoge Übertragung mit Modems

Modems arbeiten mit unterschiedlichen Modulations-Verfahren, d. h. verschiedene Zuordnungen von Datenbits zu Tonsignalen. Diese wurden von der früheren CCITT (heute ITU) in verschiedenen V-Normen standardisiert. Die Tabelle zeigt einige Definitionen aus dieser Gruppe.

Norm	Beschreibung und maximale Bitrate
V.34	28800 Bit/s
V.34+	33600 Bit/s
V.90	56 Kbit/s Downstream, 33,6 Kbit/s Upstream, eine spezielle Gegenstelle ist nötig
V.92	56 Kbit/s Downstream, 48 Kbit/s Upstream

Analogue Datenübertragungen spielen heute, mit Ausnahme vom Versand von Fax-Mitteilungen, keine Rolle mehr.

ISDN

Hinter der Abkürzung ISDN (Integrated Services Digital Network) steht das Ziel eines Dienst integrierenden Netzes für Sprache und Daten auf digitaler Basis.

Grundsätzlich werden zwei verschiedene Anschlüsse unterschieden:

- Basic Rate Interface (BRI): ein Basis-Anschluss mit zwei sogenannten B-Kanälen à 64 Kbit/s und einem D-Kanal mit 16 Kbit/s
- Primary Rate Interface (PRI): Primärmultiplex-Anschluss mit 30 B-Kanälen à 64 Kbit/s und 2 Steuerkanälen

ISDN arbeitet sowohl bei PRI als auch bei BRI mit B- und D-Kanälen.

Ein B-Kanal ist ein bittransparenter Kommunikationskanal mit einer Übertragungsgeschwindigkeit von 64 Kbit/s. Er stellt den eigentlichen Datenkanal dar.

Der D-Kanal hat eine Übertragungsgeschwindigkeit von 16 Kbit/s (BRI) bzw. 64 Kbit/s (PRI) und dient zur Übertragung von Steuerinformationen für die B-Kanäle.

18.3 DSL

Hintergrund

DSL steht für Digital Subscriber Line. xDSL ist der Oberbegriff für etliche DSL-Varianten, die durch einen jeweils anderen Anfangsbuchstaben differenziert werden

Die verschiedenen Varianten unterscheiden sich durch anwendungsspezifische Merkmale. Allen gemein ist die Ansiedlung auf der Schicht 1 des OSI-Modells. Die wichtigsten Parameter für die zu erreichenden Übertragungsraten sind der jeweilige Leitungsdurchmesser und die Entfernung zum Endteilnehmer.

ADSL

Asymmetric Digital Subscriber Line (ITU G.992.1) unterstützt Breitband-Datenverkehr in Hochgeschwindigkeit auf dem normalen Kupferkabel-Telefonnetz. Die Bezeichnung „asymmetrisch“ besagt, dass bei dieser Technologie mit unterschiedlichen Übertragungsraten für den Upstream (Senderichtung) und Downstream (Empfangsrichtung) gearbeitet wird, im Gegensatz zu SDSL (siehe weiter unten).

Beschreibung

eignet sich vor allem für schnelle Internetanbindungen von Privatpersonen und kleinere Firmen. Zur Verbindungsaufnahme ist entweder ein DSL-Modem oder ein Kombigerät (DSL-Router) nötig, in dem DSL-Modem, Router, Switch, WLAN-Access-Point und etliches mehr gemeinsam verbaut sind. Prominentester Vertreter dürften die Geräte mit Namen FRITZ!Box der Berliner Firma AVM sein.

DSL-Light

Besonders in ländlichen Gebieten ist ADSL immer noch nicht flächendeckend verfügbar. In diesen Regionen wird mitunter eine Sparversion mit 384 Kbit/s mit Namen „DSL-Light“ bzw. „DSL 384“ (nach ITU G.992.2) angeboten.

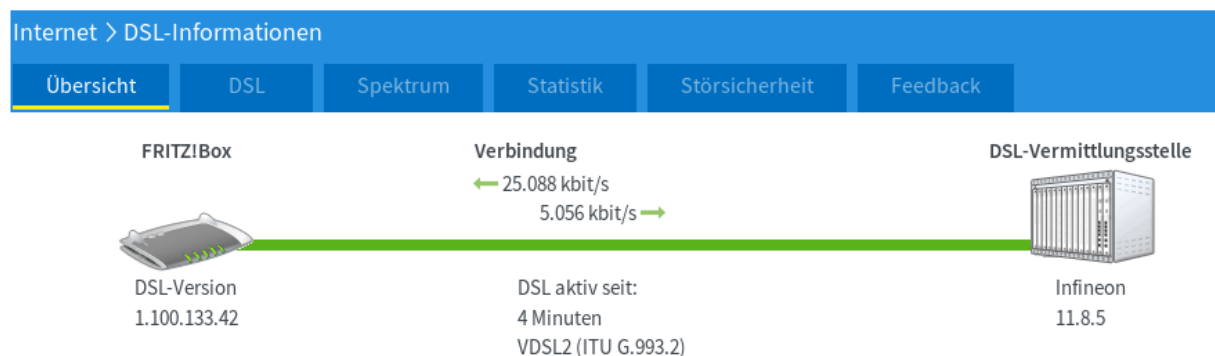
VDSL

Very High Bitrate Digital Subscriber Line beruht auf denselben technischen Überlegungen wie ADSL und ist die schnellste DSL-Variante für den privaten Gebrauch bzw. Einsatz in kleineren Unternehmen.

Allerdings sind diese Angaben stark von der Entfernung zur Vermittlungsstelle abhängig.

Alle hier genannten Varianten von DSL basieren auf der gleichen DMT-Technik (siehe oben) und sind zu ADSL abwärtskompatibel. Welche letzten Endes zum Einsatz kommt, hängt zum einen von der Leitung ab (Länge, Querschnitt, Entfernung zur nächsten Vermittlungsstelle) und davon, ob dort ein DSL-Access-Multiplexer (DSLAM) bzw. eine DSL-Vermittlungsstelle verfügbar ist.

Weiter hängt es von den vertraglichen Möglichkeiten ab, welcher Typ von Anschluss dem Kunden in seinem Bereich zur Verfügung steht (Übertragungsrate der Provider, Anzahl öffentlicher IP Adressen aus welchen Adressbereich, vereinbare Leistungen und Garantien (z. B. Verfügbarkeit).



Down- 1 und Upload-Raten 2 an einem VDSL2-Anschluss (Konfigurationsausschnitt eines DSL-Routers).

VDSL2-Vectoring

Das Verfahren VDSL2-Vectoring (nach ITU G.993.5, G.vector) kann die wechselseitigen Störungen eliminieren, die in parallel verlegten Leitungsbündeln auftreten. Damit kann die Reichweite auf verlegten alten Telefonleitungen gesteigert werden.

HDSL

Für High Data Rate Digital Subscriber Line wurden in Europa Datenraten von 2,048 Mbit/s (E1-Leitung) und in den USA von 1,544 Mbit/s (T1-Leitung) spezifiziert.

HDSL2

HDSL2 wurde Anfang 1998 als Normenvorschlag dem ANSI vorgelegt. Der Kern des Vorschlags betrifft die Leistung einer T1-Leitung über nur ein Adernpaar. Es ist in den Standard G.SHDSL übergegangen.

SDSL

Symmetric Digital Subscriber Line(SDSL) ist wie HDSL ein Vollduplexverfahren mit symmetrischen Übertragungsgeschwindigkeiten von bis zu 2,048 Mbit/s. Symmetrisch bedeutet, dass die freigeschaltete Übertragungsrate in beiden Richtungen gleich groß ist.

G.SHDSL

Global Standard for Single-Pair High-Speed Digital Subscriber Line (G.SHDSL) fasst die Standards SDSL und HDSL2 zusammen (nach ITU-Standard G.991.2). Dabei ist die Übertragungsrate in beide Richtungen gleich groß, es handelt sich also um eine symmetrische Verbindung.

SHDSL

Symmetrical High-Density Digital Subscriber Line bzw. auch Symmetrical High Bitrate Digital Subscriber Line ist ebenfalls eine symmetrische Verbindung. Es wird darunter eine DSL-Standleitung verstanden, die bis zu 8 Mbit/s in beiden Richtungen bereitstellen kann.

18.4 SDH/SONET

Hintergrund

SDH/SONET wurde für Weitverkehrssysteme entwickelt und 1988 weltweit als Standard definiert. Es werden zwei Varianten unterschieden, nämlich die europäische ETSI-SDH und die nordamerikanische ANSI-SONET. Beide sind auf der Schicht 1 des OSI-Modells angesiedelt und unterscheiden sich nur geringfügig.

SDH

SDH kann von ATM als physikalisches Transportmedium genutzt werden.

SDH beschreibt dabei im Wesentlichen nur die Struktur von Übertragungsrahmen auf Multiplexsystemen in der Bitübertragungsschicht. In der Empfehlung ITU G.707 werden

155,52 Mbit/s als Grundbitrate definiert. Die Bitraten der nächsten Stufen sind jeweils ein Vielfaches davon.

SONET

Synchronous Optical Network wurde von den Bell-Laboratories als Übertragungsverfahren für Weitverkehrsnetze entwickelt und ist die amerikanische Variante von SDH.

Die folgende Tabelle stellt einige der gebräuchlichsten Geschwindigkeiten mit deren Kürzeln vor, wobei die Abkürzung STM für Synchronous Transfer Mode steht, STS für Synchronous Transport Signal und OC für Optical Carrier.

SDH (Europa)	SONET (Amerika)		Übertragungsrate
	STS-1	OC-1	51,840 Mbit/s
STM-1	STS-3	OC-3	155,520 Mbit/s
STM-4	STS-12	OC-12	622,080 Mbit/s
STM-8	STS-24	OC-24	1.244,160 Mbit/s
STM-16	STS-48	OC-48	2.488,370 Mbit/s
STM-64	STS-192	OC-192	9.953,280 Mbit/s
STM-128	STS-384	OC-384	19.906,560 Mbit/s
STM-256	STS-768	OC-768	39.813,120 Mbit/s
STM-512	STS-1536	OC-1536	79.626,240 Mbit/s
STM-1024	STS-3072	OC-3072	159.252,480 Mbit/s

Zukunftsträchtig

Obwohl SDH und Sonet eigentlich als Zeitmultiplexsysteme konzipiert wurden, sind sie offen für Wavelength Division Multiplexing (WDM), was von vielen Carriern zunehmend als Verfahren eingesetzt wird, um die vorhandenen Kapazitäten der Glasfaserleitungen zu vervielfachen.