



Quelle: Olivier Le Moal@stock.adobe.com

Breitbandausbau mit Glasfaser

Signalübertragung über P2P- oder P2MP-Strukturen



Autor:
Werner Stelter,
LWL-Seminare am
BFE Oldenburg

Der beste Glasfaseranschluss – ob in ein Gebäude oder direkt in die Wohnung – ist sinnlos, wenn über ihn nicht irgendwann Daten mit möglichst hoher Geschwindigkeit übertragen werden. Der Aufbau und die wesentlichen Merkmale der zur Verfügung stehenden Aktivkomponenten stehen im Mittelpunkt dieses Beitrags.

Der Breitbandzugang mit Glasfaser bis in die Gebäude (FTTB) und Wohnungen (FTTH) der Teilnehmer kann als optische Punkt-zu-Punkt-Verbindung (P2P) oder als verzweigte optische Punkt-zu-Multipunkt-Struktur (P2MP) realisiert werden. Darauf basierend unterscheidet man verschiedene FTTx-Systemtechnologien und Netzarchitekturen im Zugangnetz. Grundsätzlich unterscheidet man zwischen aktiven und passiven Netzwerken.

Standards 1000BASE-BX10 und 100BASE-BX10 zum Einsatz. Das **Bild 1** zeigt einen SFP-Transceiver, wie er im Netzelement auf der Betreiberseite oder inzwischen auch auf der Teilnehmerseite z. B. in einer Fritzbox (**Bild 2**) eingesetzt wird. Derzeit werden bereits erste ONTs mit 10G-Ethernet-Komponenten ausgestattet.

Die bidirektionale Übertragung erfolgt dabei durch die Nutzung der Wellenlängen $\lambda=1310\text{nm}$ für den Daten-Upstream und $\lambda=1490\text{nm}$ für den Daten-Downstream.

Bild 1: SFP-Transceiver für bidirektionale Übertragung im Ethernet Standard 1000BASE-BX10

Active Optical Network (AON)

Ein aktives Glasfasernetzwerk AON oder auch Active Ethernet enthält »aktive« Netzknotten wie Switches oder Router auf dem Wege von der Vermittlungsstelle oder »PoP« (Point of Presence) zum Teilnehmer. Das Glasfaser-Zugangnetz für AON wird dafür in einer Punkt-zu-Punkt-Struktur (P2P) aufgebaut. Jeder Teilnehmer hat beim AON seine eigene Glasfaser zum Netzknoten des Netzbetreibers – die Verkabelungsstruktur ist sternförmig. Jeder Teilnehmer erhält an seinem Glasfasermodem (ONT) nur die an ihn adressierten Datenpakete. Für die Übertragung kommen im AON derzeit die Ethernet-

Quelle: W. Stelter





Quelle: W. Stelter

Bild 2: Steckbarer SFP-Transceiver in der Fritzbox. Die Verbindung zum Glasfaser-Zugangsnetz wird mit einem LC-8°-Steckverbinder hergestellt.

Bild 3: Aufbau von PLC-Splitttern – die Herstellung planarer Lichtwellenleiterkomponenten erfolgt auf der Grundlage optischer Chiptechnologie.

Bild 4: Kassette mit leistungsteilem 1:32-Splitter im Netzverteiler (NvT)

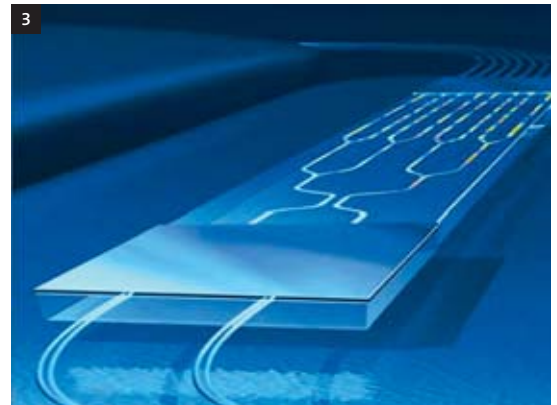
Die zusätzliche Übertragung von Fernsehprogrammen kann bei Einfasersystemen gleichzeitig auf der Wellenlänge $\lambda = 1550 \text{ nm}$ mit dem RF-Overlay-Verfahren erfolgen. Dabei wird ein komplettes Kabelfernsehpektrum (RF = Radio Frequency) auf der Wellenlänge $\lambda = 1550 \text{ nm}$ übertragen. Viele Nutzer empfangen TV-Programme und Videoangebote inzwischen als IP-Datenstrom (IPTV, VoD).

Bei AON stehen dem erheblichen Aufwand an LWL-Steckern, Fasern und Kabeln im Vergleich zu PON-Systemen eine einfache Netzstruktur, herkömmliche und bewährte Installations- und Messtechnik sowie eine hohe Bandbreitenreserve gegenüber.

Passive optical Network (PON)

In einem passiven optischen Netz (PON) arbeiten die aufteilenden und kombinierenden Elemente »passiv«, also ohne eigene Stromversorgung. Es gibt auf dem Signalweg von der Vermittlungsstelle bis zum Teilnehmer keine aktiven Elemente, wie Router, Switches oder optische Verstärker, die eine Stromversorgung benötigen würden.

Bei einem PON wird eine Punkt-zu-Multipunkt-Struktur (P2MP) aufgebaut, bei der bis zu einem optischen Splitter, der auch oft als Koppler bezeichnet wird, eine bestimmte Anzahl von Teilnehmern über eine gemeinsame Glasfaser versorgt wird (Bild 3). Durch den Splitter wird das optische Downstream-Signal (DS) auf bis zu 32 oder 64 Glasfaserstrecken bzw. Teilnehmeranschlüsse verteilt. In der Gegenrichtung führt der Splitter das optische Upstream-Signal (US) von mehreren Teilnehmeranschlüssen auf die gemeinsame Faser. Bei den eingesetzten Splitttern in dieser Anwendung handelt es sich um leistungsteilende Splitter, die das Signal gleich-



Quelle: Leoni



Quelle: W. Stelter

mäßig auf mehrere Anschlüsse verteilen. Dabei hat ein 1:32-Splitter eine Dämpfung von mindestens 15 dB.

Die optischen Splitter für die Signalaufteilung können im Glasfaser-Hauptverteiler, dem sog. ODF (Optical Distribution Frame), im Netzverteiler NvT und im Hausübergabepunkt Gf-AP angeordnet sein. Dafür werden die Splitter oft in Spleißkassetten eingebaut (Bild 4).

Übertragung im Gigabit-Bereich – G-PON

Derzeit erfolgt die Übertragung in P2MP-Strukturen hauptsächlich mit dem G-PON-Standard nach ITU-T G.984. G-PON ist die Abkürzung von Gigabit-PON bzw. 1-Gigabit-PON. Die angeschlossenen Teilnehmer teilen sich dabei typischerweise eine Gesamtdatenrate von 2,5 Gbit/s im Downstream und 1,25 Gbit/s im Upstream (Bild 5). Man spricht hier von einem sog. »Shared Medium«. Der optische Netzabschluss ONT entschlüsselt den für den jeweiligen Teilnehmer bestimmten Anteil aus dem Gesamt-Datenstrom heraus und realisiert die Umsetzung der Daten auf die elektrischen Schnittstellen.

Die bidirektionale Übertragung auf einer Glasfaser erfolgt durch die Nutzung unterschiedlicher Wellenlängen – $\lambda = 1310 \text{ nm}$ für den Daten-Upstream zum Hochladen von Daten und $\lambda = 1490 \text{ nm}$ für den Daten-Downstream zum Herunterladen von Daten.

Datenübertragung im Zeitmultiplexverfahren

Sowohl im Downstream als auch im Upstream werden die Daten für die einzelnen Teilnehmer im Zeitschlitzverfahren (TDM = Time Division Multiplex) gesendet

Tabelle: Wellenlängenbereiche wichtiger PON-Übertragungssysteme			
PON-Systeme	Richtung	Wellenlänge (Nennwert)	Wellenlängenbereich
G-PON	Up	1310 nm	1290...1330 nm
G-PON	Down	1490 nm	1480...1500 nm
XGS-PON	Up	1270 nm	1260...1280 nm
XGS-PON	Down	1577 nm	1574...1580 nm
NG-PON2 (TWDM)	Up		1528...1540 nm
NG-PON2 (TWDM)	Down		1596...1603 nm
P2P DWDM	BiDi		1603...1625 nm

(Bild 6). Die Downstream-Daten werden für die angeschlossenen ONTs kontinuierlich (im engl.: Continuous Mode) gesendet. Bedarfsweise kann der OLT den Teilnehmern unterschiedlich viele Zeitschlitze zuteilen und die Downstream-Bandbreite sowie auch die Upstream-Bandbreite dynamisch anpassen (DBA = Dynamic Bandwidth Allocation).

Die ONTs oder auf der Teilnehmerseite dürfen im Upstream nur in ihren vom OLT zugewiesenen Zeitschlitzen senden. Das hat einen sprunghaft ansteigenden Datenverkehr (engl.: Burst Mode) im Upstream (TDMA = Time Division Multiple Access) zur Folge. Der optische Netzabschluss (ONT) beim Teilnehmer antwortet nur, wenn er die Downstream-Wellenlänge empfangen kann und vom OLT zum Senden der Upstream-Daten aufgefordert wird. Zusätzlich zur Datenübertragung kann auch bei PON-Systemen die Übertragung von Fernsehprogrammen im RF-Overlay-Verfahren auf der Wellenlänge $\lambda = 1550 \text{ nm}$ erfolgen.

XG-PON und XGS-PON

XGS-PON ist ein aktualisierter Standard für PON, der die symmetrische Datenübertragung bei 10Gbps unterstützt. Das »X« in XGS steht dabei für die Zahl »10« und der Buchstabe »S« für »symmetrisch«. Der Ausdruck »XGS-PON« bedeutet also »10-Gigabit-Symmetrisches-PON«. Eine frühere, nicht für symmetrische Datenübertragung geeignete Version des 10-Gigabit-PON (XG-PON) war im Upstream auf 2,5 Gbit/s beschränkt.

Der XGS-PON-Standard wurde 2016 als Empfehlung ITU-T G.987.1 veröffentlicht. Für die Datenübertragung im Downstream wird die Wellenlänge $\lambda = 1577 \text{ nm}$ und für den Upstream die Wellenlänge $\lambda = 1270 \text{ nm}$ genutzt.

Für die PON-Systeme sind in den ITU-Empfehlungen für den Übertragungsbereich von modernen Einmodenfasern (SMF) zwischen $\lambda = 1260 \text{ nm}$ und $\lambda = 1620 \text{ nm}$ verschiedene Wellenlängen festgelegt worden (Bild 7 und Tabelle S. 68). Dies ermöglicht die gleichzeitige Übertragung von Daten mehrerer PON-Systeme, z.B. G-PON, XGS-PON und NG-PON2 auf einer Glasfaser.

NG-PON2

Der Standard NG-PON2 wird als die nächste logische Entwicklungsstufe bei den PON-Systemen angesehen, um die Datenraten der Breitbandanschlüsse weiter zu steigern. NG-PON2 nutzt ein kombiniertes Zeit- und Wellenlängenmultiplex-Verfahren (TWDM), um vier und mehr simultane 10-G-Übertragungen über die gleiche Glasfaser zu ermöglichen, sodass insgesamt eine symmetrische Kapazität von 40 Gbit/s zur Verfügung steht.

Fazit

Für den Glasfaseranschluss von Unternehmen, Behörden, Schulen, Krankenhäusern usw. wird vornehmlich die Punkt zu Punkt-Verbindung aus der Netzebene 2 benutzt. Für den Anschluss von Privathaushalten aus der Netzebene 3 werden sowohl Punkt-zu-Multipunkt-Strukturen (P2MP) als auch Ethernet Punkt-zu-Punkt-Strukturen (P2P) verwendet.

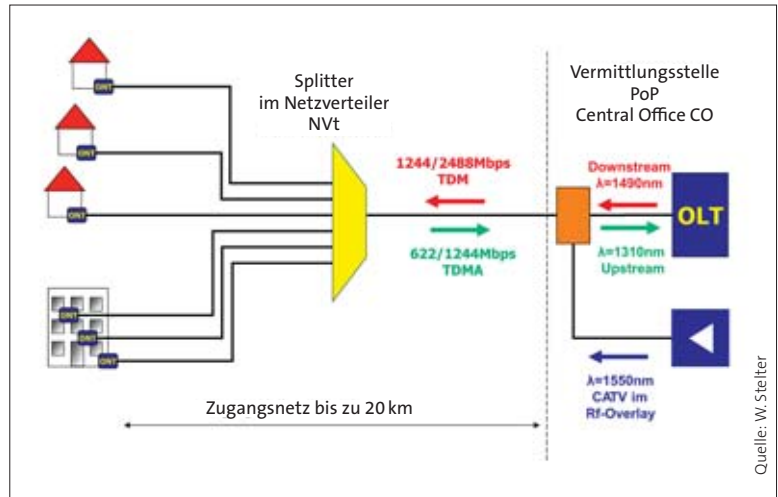


Bild 5: Signalübertragung im G-PON-System in einer P2MP-Struktur (Seitenbreite)

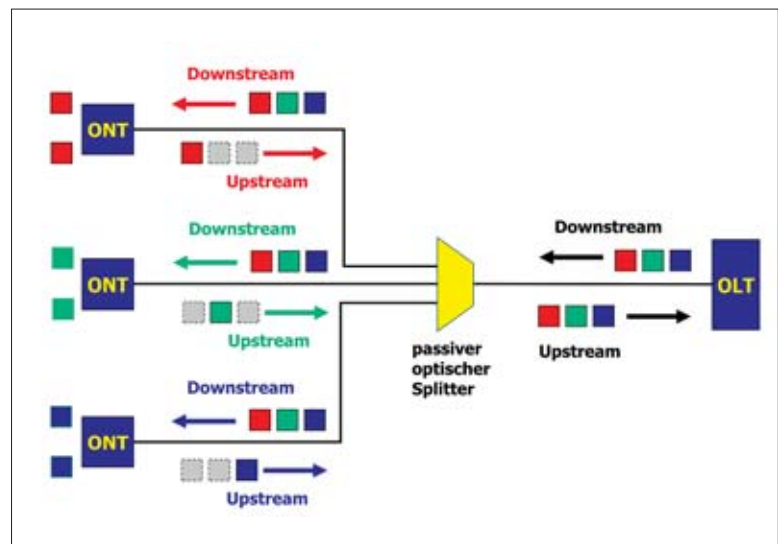


Bild 6: Datenübertragung bei PON-Systemen im Zeitmultiplexverfahren

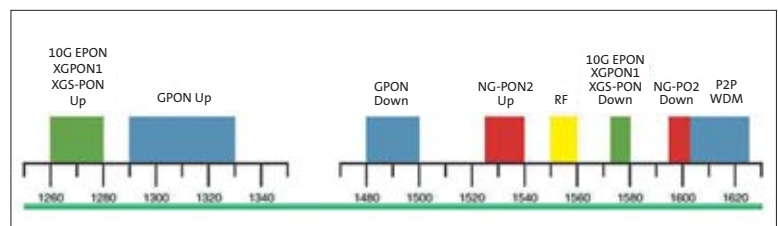


Bild 7: Wellenlängenplan nach ITU-Spezifikation für die verschiedenen PON-Systeme

FÜR SCHNELLESER

Prinzipiell unterscheidet man bei Glasfaser-Zugangsnetzen zwischen aktiven und passiven Netzwerken

Dabei werden die Daten von der Vermittlungsstelle bis zum Endnutzer in einer Punkt-zu-Punkt-Struktur (AON/P2P) oder mittels Punkt-zu-Multipunkt-Struktur (PON/P2MP) übertragen

Ein Unterscheidungsmerkmal der Standards sind – neben den Datenraten – die für den jeweiligen Up- oder Downstream genutzten Wellenlängen