

Optik für die „letzte letzte Meile“

Optische Polymerfasern werden attraktiv für Gebäudevernetzung

Olaf Ziemann,
Hans Poisel

Im vergangenen Jahrzehnt wurde zwar weltweit die Umrüstung der Telekommunikations(fern)netze auf schnelle Glasfasertechnik abgeschlossen. Dennoch konnte der private Endkunde wegen des „Flaschenhalses letzte Meile“ lange Zeit nur 128 kbit/s (ISDN) nutzen. Inzwischen haben rund 12 Mio. Haushalte in Deutschland einen Breitbandanschluß, zumeist ADSL mit Datenraten bis zu 16 Mbit/s, und VDSL ist auf dem Weg zur Massen Anwendung. Mehr und mehr zeigt sich nun jedoch ein weiterer Engpaß – die Verkabelung innerhalb von Gebäuden und Wohnungen. Vor allem für die Nutzung der künftigen Triple-Play-Angebote kann als Lösung des Problems jetzt aber die Technik optischer Polymerfasern zur Vernetzung in Erwägung gezogen werden.

*Prof. Dr.-Ing. Olaf Ziemann ist wissenschaftlicher Leiter des POF Application Center an der FH Nürnberg und Mitglied des internationalen POF-Komitees;
Prof. Dr. Hans Poisel ist Institutsleiter des POF-AC*

Für die Breitbandvernetzung in Gebäuden kommen für den Privatkunden verschiedene Techniken in Frage. Am weitesten verbreitet ist in Büronetzen die strukturierte Verkabelung mit Kupferdatenkabeln (Kategorie 5 oder 6). Die achtadrigen Kabel werden mit dem bekannten RJ45-Stecker konfektioniert und können über Entfernungen bis 100 m 100 Mbit/s und 1.000 Mbit/s problemlos übertragen. Schnittstellenkarten, aktive Komponenten, Meßtechnik und Endgeräte sind preiswert und weit verbreitet. Praktisch alle Breitbandanwendungen im Heimbereich setzen heute auf die Kombination Ethernet plus RJ45-Datenkabelschnittstelle. Nachteilig für den privaten Nutzer ist das Fehlen strukturierter Verkabelungen in den meisten Mietwohnungen. Auch die Möglichkeiten der Nachinstallation der dicken und unflexiblen Kabel sind sehr begrenzt.

Deswegen bleiben dem Nutzer vor allem Netzlösungen ohne Kabel: Wireless LAN und Powerline. Die Funktechnik WLAN (oder WiFi) ist im Standard IEEE 802.11 definiert. Sie arbeitet im lizenzfreien 2,5-GHz-Band und überträgt 54 Mbit/s bidirektional. Die zukünftige Erweiterung 802.11n erlaubt theoretisch bis zu 720 Mbit/s.

Ein Funknetz ist ein Shared Medium. Das bedeutet, daß sich alle Geräte innerhalb der Funkreichweite (bis ca. 100 m) die verfügbaren Frequenzen teilen müssen. Schalten also auch die Nachbarn ihr WLAN ein, sinkt die Bitrate. Stein- oder Betonwände dämpfen das Funksignal deutlich, einige Wände können aber i.d.R. überwunden werden. Wände oder Decken mit Stahlbewehrung sind praktisch undurchlässig.

Zukünftige Breitbandfunknetze mit höherwertiger Modulation und/oder Nutzung höherer Frequenzbereiche (Wimax oder UWB) werden noch stärker von diesen Einschränkungen be-



Bild 1: Qual der Wahl – für hohe Datenübertragungsraten steht heute neben herkömmlichen Datenkabeln auch POF zur Verfügung

(Foto: Männl)

troffen sein. Die Nutzung des lizenzfreien ISM-Bandes bedeutet auch, daß alle anderen dort beheimateten Anwendungen (z.B. Bluetooth) die Kapazität des WLAN verringern, wenn sie gerade Daten versenden.

Powerline Communication (PLC) galt Ende der 90er Jahre unter Analysten als die Zukunftstechnologie für das Zugangnetz (Schlagwort „Internet aus der Steckdose“). Außer einigen zehntausend Pilotkunden in ganz Europa hat sich aber nicht viel getan – heute gilt diese Technik als tot. Sinnvoll ist dagegen der Einsatz von PLC im Haus. Die Verbindungen sind kürzer, und die Zahl der Geräte ist kleiner. Auch die Stromleitung ist ein Shared

Das Thema in Kürze

Ob schnelles Ethernet innerhalb von Firmengebäuden oder Wireless LANs in Privatwohnungen und Bürogebäuden – alle Techniken sind mit Vor- und Nachteilen für den Nutzer behaftet. Der Beitrag stellt heute verfügbare Techniken für die Hausverkabelung kurz vor und vergleicht sie mit dem Potential und den Vorteilen der noch relativ unbekanntem Technik der optischen Polymerfaser (POF – Polymer Optical Fiber) für die Gebäudevernetzung.

Medium, alle Geräte (zumindest an einer Phase des Stromnetzes) müssen sich also die Bandbreite teilen. Der neue Standard Homeplug-AV erlaubt eine Taktrate von 200 Mbit/s, wobei ca. 45 Mbit/s Nutzdatenrate verfügbar sind (also etwa so viel wie bei WLAN). Da Stromkabel auch durch Wände verlegt sind, stellen diese für PLC keine Probleme dar. „Wände“ für PLC können aber z.B. Verteilerdosen, insbesondere solche mit Überspannungsschutz, oder auch jede Art von Transformatoren sein. Ein besonderes Problem bei PLC stellen die hochfrequenten Störungen dar, die manche Elektrogeräte recht großzügig in die Stromnetze einspeisen. Unter ungünstigen Umständen kann die PLC-Übertragung deutlich langsamer werden oder ganz zusammenbrechen. Weitere Probleme bei PLC sind örtlich schwankende Qualität, Änderungen der Übertragungsqualität bei schwankender Netzbelastung und die relativ hohe Abstrahlung (etwa soviel wie ein Funkmodem und weit über den Grenzwerten der NB30, welche die Grenzwerte der Abstrahlung von Datenkabeln festlegt).

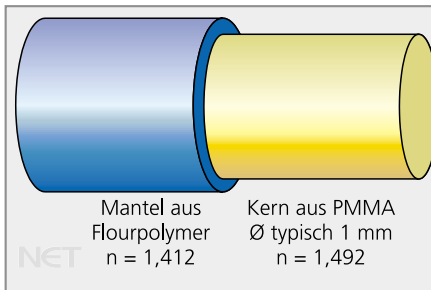


Bild 2: Aufbau einer POF (oben)

Bild 3: Darstellung der wellenlängenabhängigen Verluste (rechts)

Als Empfehlung sei gesagt: Den Drucker über PLC anschließen geht immer, ob man ein HDTV-Live-Fußballspiel darüber überträgt, ist sehr zu überlegen.

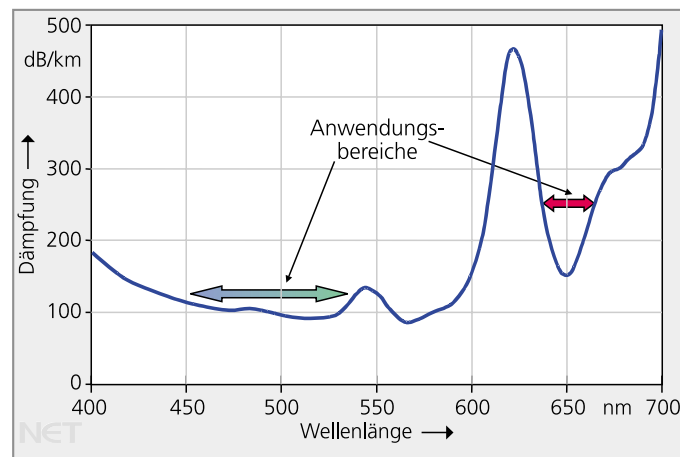
Für Funk und Powerline gilt: einfach zu installieren, Kapazität bis 50 Mbit/s (für alle Geräte innerhalb der Reichweite), eher für die Wohnung als für das Gebäude geeignet, und in der Übertragungssicherheit durch andere Störquellen begrenzt.

Für die typischen ADSL-Datenraten (wenige Mbit/s) und Anwendungen (Internet) sind Quantität und Qualität der beiden Funklösungen weitgehend ausreichend. Schon in wenigen Jahren wird sich die Breitbandlandschaft aber massiv ändern. VDSL wird Datenraten bis 50 Mbit/s – und bald auch mehr – anbieten. Große Wohngebäude werden mit Glasfaser angeschlossen und benötigen dann eine zuverlässige NE4-Vernetzung. Mit IPTV in HDTV-Qualität steigen die Ansprüche an Zuverlässigkeit und Kapazität.

Die Alternative mit Zukunft

Man wird also Systeme brauchen, die so preiswert und zuverlässig sind wie eine strukturierte Verkabelung, aber so einfach zu installieren wie WLAN oder PLC.

Die aktuelle Lösung heißt POF (Polymer Optical Fiber). Bei nur 1 mm Kerndurchmesser kann eine solche Faser Bitraten zwischen 100 Mbit/s und 1.000 Mbit/s transportieren (wie ein Kat.5-Kabel). Als optisches System ist es dabei völlig unempfindlich gegenüber elektromagnetischen Störungen



gen und strahlt auch nichts ab. Im Gegensatz zum Datenkabel werden die Geräte zudem noch elektrisch isoliert, was Sicherheit und Zuverlässigkeit verbessert.

Optische Polymerfasern werden heute üblicherweise aus Polymethylmethacrylat (PMMA) hergestellt. Um einen Kern von 980 µm Durchmesser ist ein 10 µm dünner optischer Mantel gelegt, der für die Lichtführung sorgt (Bild 2). Die Verluste liegen im Bereich

um 10 dB auf 100 m, wobei die wichtigsten Nutzbereiche bei den Wellenlängen blau/grün und rot liegen (siehe Bild 3).

Der Aufbau der POF komplett aus Polymeren ergibt eine Reihe von wichtigen Vorteilen gegenüber Glasfasern:

- PMMA ist viel preiswerter als Quarzglas, deswegen kann die POF sehr kostengünstig hergestellt werden (ca. 10 ct/m für Großabnehmer).
- Die Faser ist flexibel, bestimmte Faservarianten erlauben Biegungen unter 5 mm.
- Die Faser ist relativ weich; mit einem einfachen Schnitt mit einer Rasierklinge läßt sich eine brauchbare Endfläche herstellen. Mit kurzem Polieren wird dann die Oberfläche fast perfekt (falls nötig).

Aus dem Aufbau der POF ergeben sich aber auch Nachteile. PMMA läßt sich dauerhaft nur bis ca. 85 °C einsetzen, für Heimanwendungen ist das aber völlig ausreichend. Die in Fahrzeugnetzen eingesetzten MOST-POF werden beispielsweise über 3.000 h bei 85 °C und 85 % Luftfeuchtigkeit getestet, ohne daß dabei die Dämpfungszunahme einen bestimmten

Wert überschreitet. Rechnet man das auf normale Bedingungen in Wohnungen hoch, ergeben sich mehrere Jahrzehnte Lebensdauer. Eine gewisse Dämpfungszunahme durch Alterung und Feuchtigkeit ist in der Leistungsbilanz der Transceiver vorgesehen. In der Automatisierungstechnik arbeiten POF-Netze (bis 70 m Länge) teilweise schon über ein Jahrzehnt störungsfrei.

Bedingt durch das Stufenindexprofil (SI) haben die unterschiedlichen eingekoppelten Lichtstrahlen (Moden) große Laufzeitdifferenzen. Hohe Frequenzen erfahren damit eine Zusatzdämpfung. Ohne besondere Maßnahmen ist Fast Ethernet (125 Mbit/s) über ca. 70 m möglich. Schon mit einfachen Entzerrern lassen sich aber

auch über 100 m erreichen. Will man mit der POF auch Gigabit-Ethernet übertragen, eröffnen sich drei Möglichkeiten:



Bild 4: Zur POF-Vernetzung gibt es bereits von verschiedenen Anbietern die entsprechende Hardware – hier eine Auswahl an Medienkonvertern (oben) und Transmittern (Fotos: DieMount, POF-AC)

- Innerhalb der Wohnung (25 m maximale Länge) kann man 1 Gbit/s ohne Probleme über die normale SI-POF übertragen;
 - neuentwickelte POF mit ebenfalls 1 mm Faserdurchmesser, aber einem Vielkernprofil (MC) oder einem Gradientenindexprofil (GI) erlauben viel höhere Datenraten als SI-POF und sind nicht viel teurer;
 - mit Übertragungsverfahren, wie sie auch bei DSL und im Funk eingesetzt werden (viele einzelne QAM-modulierte Träger), konnte auch schon 1 Gbit/s über 100 m einer PMMA-SI-POF übertragen werden.
- Wer heute also POF einbaut, ist auch schon für zukünftige Datenraten ausgerüstet, genauso, als würde dort ein Kat.6-Kabel liegen. In den letzten Jahren war aber eher die Verfügbarkeit der aktiven Komponenten, also Sender und Empfänger, ein Problem. Viele Bauteile wurden nur für spezielle Anwendungen, wie in der Automatisierung oder in Fahrzeugnetzen, angeboten. Das hat sich aber 2006 geändert.

Kommerzielle POF-Produkte

Rund ein Dutzend Firmen hat in den letzten Jahren POF-Systeme mit Datenraten zwischen 125 Mbit/s (Fast Ethernet) und 500 Mbit/s (IEEE 1394-S400) auf den Markt gebracht (siehe z.B. www.pof-atlas.de). Hier nur zwei der Lösungen als Beispiele:

Infineon und Siemens präsentierten im Oktober 2006 den Gigaset Optical LAN Adapter (im Bild 4 oben links) als Fast-Ethernet-Verbindung bis 50 m. Er ist vor allem zum Anschluß an die neuen VDSL-Netze gedacht und zeichnet sich durch ein besonders dünnes Kabel aus (1,5 mm × 3 mm Duplexkabel).

Die Firma DieMount bietet derzeit als einziger Hersteller Medienkonverter an, die mit nur einer Faser beide Richtungen gleichzeitig übertragen können (das Geheimnis liegt in einer besonders effizienten LED-Ankopplung und einem eingebauten Splitter mit besonders niedrigen Reflexionen). Es gibt die Komponenten (im Bild 4 rechts oben) mit roten oder blauen LEDs (dann mit garantierten 70 m Reichweite).

Wir haben diese beiden Beispiele gewählt, weil beide Systeme ohne Stecker auskommen. Die Faser wird einfach mit dem beigelegten Werkzeug abgeschnitten und festgeklemmt bzw. festgeschraubt. Auch für Gigabit-Übertragungsraten werden die Stecker nicht komplizierter. Damit ist die POF tatsächlich das einzige Medium dieser Kapazität, das von jedem Laien installiert werden kann. Dazu ist es noch preiswert, dünn und störungssicher.

Ausblick und zukünftige Lösungen

Noch besteht ein kompletter POF-Link aus der Faser und zwei Medienkonvertern (mit Netzteil), die zwischen eine Kupfer-Ethernetverbindung zwischengeschaltet werden. Der Einsatz ergibt also überall dort einen Sinn, wo man sich das dicke Kupferdatenkabel ersparen will. Schon bald aber werden DSL-Modems, Switches und auch End-

geräte die POF-Schnittstellen direkt enthalten (DieMount beispielsweise bietet schon PC-Einsteckkarten an). Dann kann der Anwender also direkt entscheiden, ob er eine POF oder ein Datenkabel nehmen will.

Im ersten Abschnitt wurde schon beschrieben, daß zukünftige Breitbandfunksysteme vor allem innerhalb eines Raumes einsetzbar sein werden. Ein Netzkonzept, das die Vorteile der POF und des Funks optimal kombiniert, zeigt Bild 5.

Alle Wohnungen sind hier mit dem zentralen Gebäudeknoten mit Duplex-POF verbunden (beispielsweise blaue LED-Transmitter, wie in Bild 4 unten rechts gezeigt). In jeder Wohnung finden eine aktive Unterverteilung und eine Installation mit Simplex-

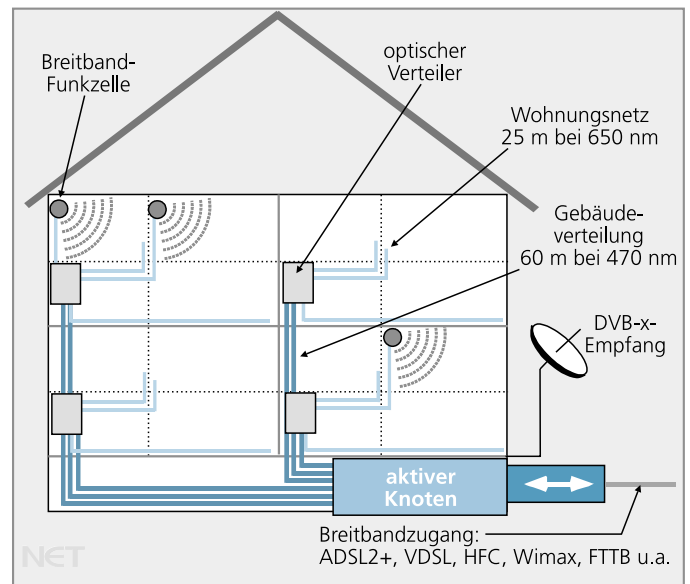


Bild 5: Hausvernetzung in der Kombination von POF und Funk (Quelle: DieMount)

POF statt. Bei Bedarf werden die Räume mit breitbandigen Funkzellen ausgestattet, die aber mit relativ kleiner Sendeleistung arbeiten können, da sie keine Wände durchdringen müssen. Über den zentralen Knoten ist ein Handover möglich, so daß die volle Mobilität erhalten bleibt. Endgeräte mit dauernd großem Bitratenbedarf wie der Arbeits-PC und die HDTV-Geräte werden direkt angeschlossen. Alle Komponenten für eine derartige Lösung sind heute schon erhältlich, nun gilt es noch, Planer, Architekten und Nutzer damit bekanntzumachen. (we)