

HWW-LINK: Optik und SDH

Wilfried Milow

Im vorangegangenen Artikel Gigabit Produktionsnetze im HWW wurde in einem Kapitel auch der HWW-Link, die physische Verbindung zwischen den beiden Standorten Stuttgart-Vaihingen und -Untertürkheim erwähnt. Der vorliegende Artikel gibt eine Beschreibung der bei dessen Realisierung aufgetretenen Fragen, deren Antworten für andere Netzbetreiber von Interesse sein könnten.

Relevante Ebenen des OSI-Modells

Dieser Abschnitt kennzeichnet die Fragestellung des Artikels zunächst als zu den untersten Unter-Schichten des sogenannten OSI-Modells gehörend. Unterhalb der Webseite, die vielleicht gerade auf Ihrem Bildschirm abgebildet ist, liegen die in der folgenden Tabelle 1 aufgeführten OSI-Schichten:

OSI-Ebene	Bezeichnung	Beispiel	Multiplexing-Einheit	Typische Realisierung
5-7	Anwendungs-Darstellungs-Sessionschicht	Web	"Anwendung"	
4	Transportschicht	TCP	Transport (Port-Nummer)	
3	Netzwerkschicht	IP	IP-Paket (IP-Adresse)	IP Router (Cisco, NetStar)
2	Verbindungsschicht	ATM	Virtueller Pfad/ Kanal (VPI/VCI)	ATM Switch (FORE)
1	Digitale Hierarchie Medium	Synchrone Digitale Hierarchie dunkle optische Faser	Container Lichtstrahl/Farbe Wellenlängen Multiplex	SDH Leitungsendgeräte und Regeneratoren (Bosch Telecom GmbH) WDM-Infrastruktur

Tab. 1: Relevante Ebenen des OSI-Schichten-Modells

Begeben wir uns abwärts von der Web-Seite in das OSI-Modell! Wir gelangen zuerst in die Transportschicht, in der Informationen in geordneten, gesicherten usw. Blöcken versendet und Informationen aus den empfangenen Paketen sinnvoll für die Anwendung zusammengesetzt und an diese weitergeleitet werden. Über die IP-Schicht, die die Pakete adressiert, routet und dem Ziel-Netzwerk/-Rechner zuführt, erreichen wir die Verbindungsschicht, in der hier ATM mit dem Adaption Layer 5 wirkt. Die IP-Pakete werden in Form von ATM-Zellen über zugeordnete Virtuelle Pfade (VPI) und - Kanäle (VCI) geführt. Auf der untersten Ebene, der physikalischen Schicht treffen wir auf die Begriffe SDH (Synchrone Digitale Hierarchie) und Optische Faser. Man mag darüber trefflich streiten, ob SDH in die physikalische Schicht gehört, wird doch hiermit nicht nur die Schrittrate und Art des Übertragungssignals beschrieben, sondern auch wie ein Synchrones Transport Modul zusammengesetzt wird.

Zusammen mit den physikalischen Interface-Spezifikationen liegen dann die Eckdaten vor, die zur Ermittlung einer kostengünstigen Verbindung zweier weit entfernter Netzwerkknoten benötigt werden.

Die europäische SDH-Technologie - einst als Synchronous Optical Network (SONET) bei Bellcore erfunden - ist heute die Standardübertragungstechnik der Telekom und wird üblicherweise in 2.4 Gigabit/s-Systemen realisiert.

Dunkle Fasern (Dark Fibers) können im Nahbereich (bis ca. 100 km) eine kostengünstigere oder gar einzige Lösung sein - besonders dann, wenn die zu verbindenden Netzwerkknoten Transportmodule generieren, die vom örtlichen Versorgungsunternehmen nicht unterstützt werden. Für eine dunkle Faser treten die vorangegangenen Überlegungen in den Hintergrund. Vorrangig ist hier die Leistung der optischen Schnittstellen und die Beschaffenheit der dunklen Faser von Interesse.

Mit Wellenlängen-Multiplex lassen sich dunkle Fasern mehrfach nutzen: So könnte man z.B. mit - dispersionsfreundlichen - gelben und roten Strahlen sichere Produktionsverbindungen gestalten, unseriösen Forschungsvorhaben aber ohne Risiko irgendeiner Störung Blau und Grün auf der selben Faser zuweisen.

Eine technisch realisierbare Struktur einer Wellenlängen-Multiplexverbindung, die im bidirektionalen Modus bis zu acht Wellenlängen für Forschungsvorhaben und vier Wellenlängen für Produktionsverbindung verfügbar macht, veranschaulicht Bild1:

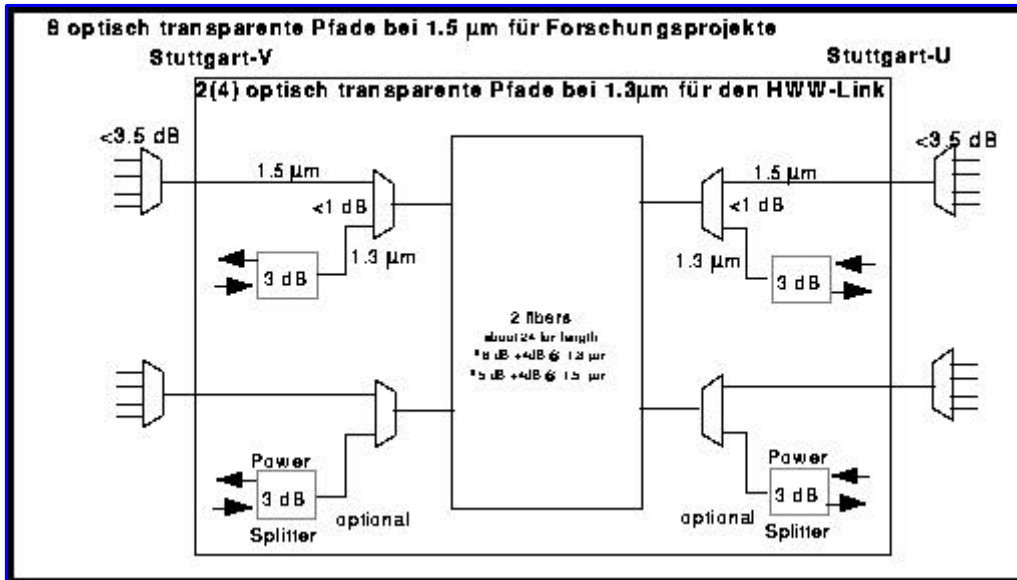


Bild 1: Mögliche WDM-Struktur für den HWW-Link

Da erst gegen Ende 1996, die den Bandbreitenbedarf deckenden Interfaces (OC-12c) der NetStar GigaRouter verfügbar sein werden, wurde für eine rasche Etablierung des HWW-Link eine "edlbase;FOREab"-Lösung gewählt. Die vorhandenen FORE-Switches (ASX-200BX) sind nicht nur mit einem Single Mode OC-12c-Modul (622 Mbit/s), sondern auch mit einem Multi Mode OC-3-Modul (4 x 155,5 Mbit/s) ausgerüstet, das mit dem am Standort befindlichen NetStar GigaRouter verbunden ist.

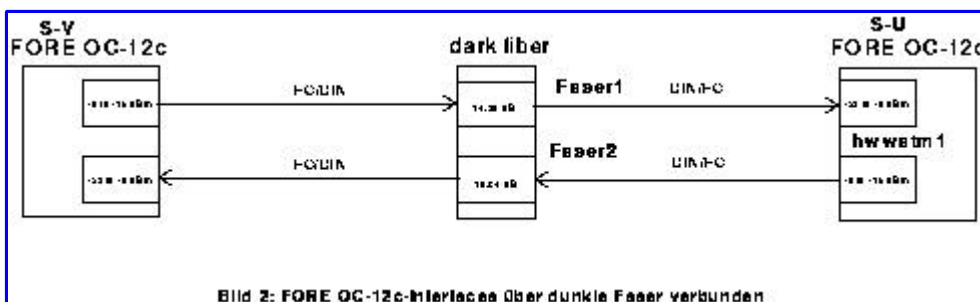


Bild 2: FORE OC-12c-Interfaces über dunkle Faser verbunden

Optische Fragen

Für die Verbindung der beiden Standorte, konnte die Telekom AG aus vorhandenen Single Mode-Teilstrecken rasch eine dunkle Faser zusammensetzen und für Messungen und Tests bereitstellen. Da nach einem Stufenplan, schrittweise Wellenlängen Multiplex eingeführt werden soll, sind die Eckdaten im 2. und 3. optischen Fenster von Interesse (2. Fenster = 1310 nm, 3. Fenster = 1550 nm).

Die durchgeführten Reflektionsmessungen zeigen deutlich, daß die Faser in der Tat aus vorhandenen Segmenten zusammengesetzt ist: Die großen Peaks werden durch die Reflektionen an den Steckern und Leitungsenden verursacht. Die Dämpfungssprünge durch Spleissverbindungen erscheinen im Plot als kleine Treppen.

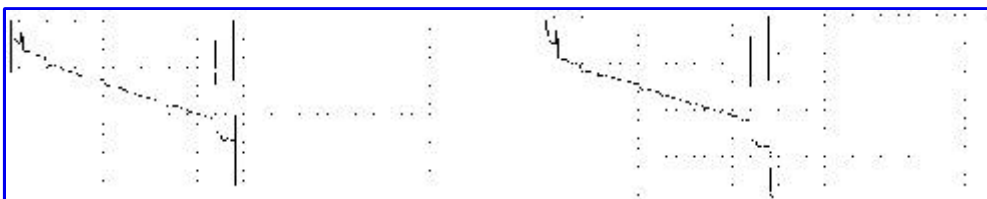


Bild 3: Faser 1 @ 1550 nm

Bild 4: Faser 2 @ 1550 nm

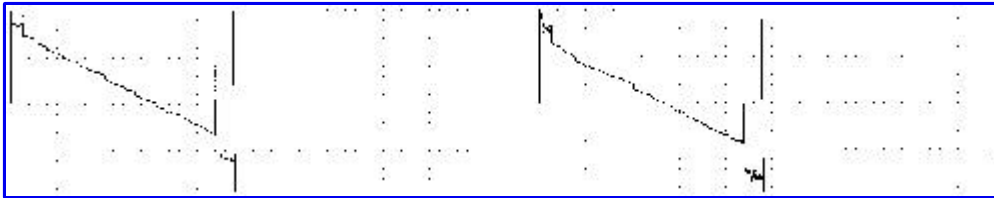


Bild 5: Faser 1 @ 1310 nm

Bild 6: Faser 2 @ 1310 nm

Diese Strecke weist mit ihren Dämpfungswerten, die um 4dB über dem Ideal liegen, den Charakter auf, der sie für entsprechende Untersuchungen prädestiniert.

Aus Tabelle 3 ist ersichtlich, daß die Streckendämpfung bei 1310 nm, dem optischen Fenster in dem die OC-12c-Module der FORE-Switche arbeiten, die im Datenblatt angegebene Leistungsbilanz (Best Case 15dB) der OC-12c-Module teilweise übersteigt.

		Faser	Wellenlänge	Dämpfung
1	S-V -> S-U	Faser "1"	@1550 nm	Loss = 10.49 dB
2	S-V -> S-U	Faser "2"	@1550 nm	Loss = 11.25 dB
3	S-V -> S-U	Faser "1"	@1310 nm	Loss = 14.39 dB
4	S-V -> S-U	Faser "2"	@1310 nm	Loss = 16.04 dB

Tab. 2: Übersicht Rückstremessungen

Mit den vorliegenden Eckdaten dunkle Faser / OC-12c Interface war nicht anzunehmen, daß ein störungsfreier Betrieb möglich ist. Geeignete Komponenten, die das optische 622 Mbit/s-Signal aufnehmen und mit einer ausgewählten Wellenlänge verstärkt aussenden, waren in der ersten Jahreshälfte '96 nicht verfügbar sind aber für das Jahresende angekündigt. Für eine schnelle Inbetriebnahme des Links wurde deshalb nach einer preisgünstigen Lösung gesucht, die optischen Signale der FORE-Switche zu verstärken. Eine solche Lösung wurde in Form des Signalregenerators SLR-4, den die BOSCH Telecom GmbH anbietet, gefunden. Da der SLR4 für STM-4 (Synchrones Transport Modul Stufe 4) entwickelt wurde, galt es seine Verträglichkeit mit dem OC-12c-Signal der FORE-Switche zu prüfen.

SDH-Fragen

Die Antwort auf die am Ende des letzten Kapitels aufgeworfene Frage finden wir in der G.707 [1] und durch Informationen der Firmen FORE [2] und BOSCH Telecom GmbH [3]. Die FORE OC-12c-Module generieren OC-12c - / STM-4c-Rahmen. Der Signalregenerator ist für das STM-4-Rahmenformat ausgelegt. Sehen wir von der Tatsache ab, daß OC-12c bildlich gesprochen 622 Mbit am Stück und STM-4 die 622 Mbit in vier 155,5 Mbit-Portionen überträgt. Die für unser Vorhaben relevanten Unterschiede zwischen beiden Rahmen-Standards liegen in den ersten drei Zeilen des SOH (Section Over Head, siehe Tabelle 3) des ersten STM-1-Rahmens. Der SLR4 verändert hier die Bytes E1, F1 und D1-D3, während er alle anderen transparent weiterreicht. Diese betroffenen Bytes werden vom Eingang des FORE-Moduls ignoriert. Das Modul selbst sendet für diese Bytes den Wert Null. Ein Konflikt kann auf dieser Ebene somit nicht auftreten.

Framing	Framing	Framing	Framing	Framing	Framing	STS-1 ID	STS-1 ID	STS-1 ID
			Orderwire E1			User F1		
Data Com D1			Data Com D2			Data Com D3		

Tab. 3: Ausschnitt des SOH des STM-4-Rahmens

Die Theorie ließe sich in diesem Fall leicht durch die Praxis (siehe Bild 7) bestätigen. FORE-Switche und Signalregeneratoren an beiden Standorten aufgestellt und über die dunkle Faser miteinander verbunden, erlauben nachweislich eine nahezu fehlerfreie Datenübertragung.

Es erwies sich, daß es zwischen den Datenblattangaben der OC-12c-Module und der Realität recht bedeutsame Reserven gibt. Zum Erstaunen aller Beteiligten ließ sich zwischen den beiden FORE-Switchen, die direkt über die dunkle Faser miteinander verbunden sind (siehe Bild 1), erfolgreich eine Verbindung aufbauen, deren Fehlerrate im üblichen Rahmen liegt. Mit dieser Konfiguration besteht derzeit ein Probetrieb zwischen den beiden Standorten.

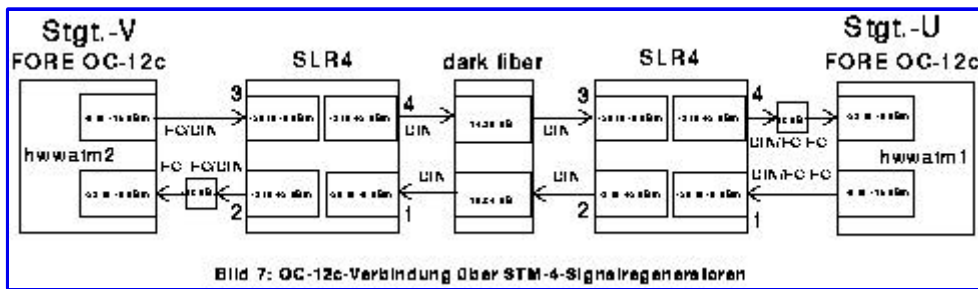


Bild 7: OC-12c-Verbindung über STM-4-Signalregeneratoren

Zusammenfassung / Ausblicke

Die in diesem Artikel beschriebenen Untersuchungen und Tests zeigen, daß zuverlässige Gigabit-Verbindungen im Nahbereich (bis 100 km) mit verfügbaren Komponenten über dunkle Fasern modelliert werden können. Bei geringeren Entfernungen lohnt wohlwollendes Mißtrauen gegenüber den technischen Spezifikationen aktiver Netzwerkkomponenten und - wenn möglich - ein Probetrieb.

Die Wellenlängen-Multiplextechnik stellt einen größeren als den sonst genutzten Teil, der im TeraBit-Bereich liegenden Übertragungskapazität von Glasfasern, bereit. Die Ansiedlung von Netzwerkverbindungen in zwei unterschiedlichen optischen Fenstern unterbindet, bedingt durch die hohe Dämpfung, deren gegenseitige Beeinflussung. Eine wirkungsvollere Beeinflussungsunterdrückung, gewährleistet die Einführung des bidirektionalen Betriebes auf jeder Faser. Durch die Einfügedämpfung der notwendigen optischen Splitter in der o.a. Konfiguration (Bild 1), könnte sich dann aber der Einsatz der Signalregeneratoren - die wohl preisgünstigste Alternative - als notwendig erweisen. Eine Vervierfachung der verfügbaren Bandbreite kann bei relativ geringem Investitionsaufwand durch Kombination beider Ansätze erreicht werden.

Inzwischen werden SDH-Endgeräte, die den amerikanischen (SONET) und den europäischen Standard (SDH) - sowohl konkateniert am Stück, als auch gemultiplext - bedienen können, von der Firma Nortel angeboten.

Literatur

- [1] ITU-T: G.707 Recommendation
- [2] FORE Systems: ASX-200BX Configuration Manual
- [3] BOSCH Telecom GmbH: Handbuch Synchrone Leitungsausrüstung FflexPlex LMS 4

Wilfried Milow, NA-5988

E-Mail: milow@rus.uni-stuttgart.de

Security Tools 5: tripwire

Bernd Lehle / Oliver Reutter

"Er ... ging in die Küche und näherte sich vorsichtig dem Kühlschrank. Dirk kauerte sich vor den Kühlschrank und inspizierte eingehend den Rand der Tür. Er fand wonach er suchte. Besser gesagt, er fand mehr als wonach er suchte. Nahe der Unterseite der Tür, auf dem schmalen Spalt, der die Tür von dem eigentlichen Kühlschrank trennte und der den grauen Dichtungsgummistreifen enthielt lag ein einzelnes menschliches Haar. Es war dort mit getrockneter Spucke befestigt. Das hatte er erwartet. Er hatte es selbst vor drei Tagen dort hingeklebt und seitdem mehrere Male nachgesehen. ..."