

10G・50G ネットワーク

～ 超高速・大容量化の技術 ～

竹崎 亮 釘井 睦和

Akira TAKEZAKI Yoshikazu KUGII

1 はじめに

近年の通信技術の発達は目覚ましい。家庭向の通信回線も数年前は ISDN が標準であったものが、今日では ADSL が当たり前で光ファイバーも普及している。最近ではバックボーン回線（企業間・プロバイダ間などで使用される基幹回線）として、通信速度が 1Gbps を超えるものも使用されている。この回線速度の高速化は現在ますます進行しており、いまや 10Gbps の回線も実用化されており、さらに 50Gbps 超のものも現れようとしている。ここでは主に 10Gbps クラスのネットワークの技術を紹介する。またさらなる高速化の技術として 50Gbps を実現する光多重技術について紹介する。

2 10 ギガビットイーサネット

いわゆる 10G ネットワークといわれるもので最も有名なものは 10 ギガビットイーサネット (10GbE) である。これは、従来のイーサネットで使用されていた CSMA/CD という通信方式を廃止し、物理層に複数の規格を設けることによって通信速度と伝送距離を飛躍的に向上させたものである。

2.1 伝送方式

CSMA/CD は、通信状態にあるノードが回線を監視し、空いている場合に信号を送り、他の信号と衝突が起これば一度待機してから再び通信を再開するという通信方式である。これは、一本のケーブル上で送信と受信を同時に行うことの出来ない半二重という伝送形式において用いられる技術であるが、データの衝突を検出するため通信速度を速くすると伝送距離が短くなってしまいうという欠点があった。そこで、10GbE では CSMA/CD を廃止し、通信をすべて全二重形式（一本のケーブル上で送信と受信を同時に行える形式）で行うことによって伝送効率を向上した。そのため、使用できるケーブルは全二重に対応したシングルモードファイバ (SMF) またはマルチモードファイバ (MMF) のみである。

2.2 規格

10GbE には、プロトコルの物理層の違いにより 7 種類の規格が設けられている。これを次の Table1 に示す。

Table 1 10GbE の規格

規格名称 (10GBASE)	LX4	SR	LR	ER	SW	LW	EW
PHY 種別	LAN PHY				WAN PHY		
PCS 種別	8B/10B	64B/66B			64B/66B + WIS		
PMD 種別 (nm)	1310 WWDM	850	1310	1550	850	1310	1550
光ファイバ種別	MMF SMF	MMF	SMF		MMF	SMF	
伝送距離	300m 10km	300m	10km	40km	300m	10km	40km

これらはまず大きく LAN PHY と WAN PHY の 2 規格に分かれ、さらにデータの符号化部分 (PCS)、使用する光の波長 (PMD) などによって 7 つに分けられている。PCS はデータを符号化する際の分割方法の規格で、8B/10B であれば 8 ビットのデータを 10 ビットの符号に変換していることになる。LAN PHY は LAN 向けの仕様で従来のイーサネットを単純に高速化したものだが、WAN PHY は通信事業者間ですでに普及しているバックボーン回線 SONET OC-192 のフレームを流用している。具体的には PCS に対応する WIS (WAN Interface Sublayer) という方法で SONET OC-192 で使用できる形式にデータを変換している。これによって非常に安いコストで従来の WAN 回線にイーサネットを接続することを可能にしている。

3 SONET/SDH

他の代表的な 10G ネットワークとして、SONET/SDH の OC-192/STM-64 があげられる。SONET/SDH は、10 ギガビットイーサネットが現れるまではプロバイダのバックボーン回線としては主力であった規格であり、米国 Bellcore 社の提案した規格である SONET と、それが国際電気通信連合・電気通信標準化セクタ (ITU-TS) によって標準化された規格である SDH との総称である。低速な回線を階層的に積み上げて多重化することにより、回線の高速化を実現している。

3.1 SONET/SDH の伝送方式

多重化の基本単位は SONET では 51.84Mbps であり、これを OC-1 (Optical Carrier-level 1) と呼び、 n 本多重化したものを OC- n と呼ぶ。一方 SDH では基本単位は 155.52Mbps であり、STM-1 (Synchronous Transmission Module-level 1) と呼ぶ。これを n 本多重化したものを STM- n と呼ぶ。ただし SDH では n は 4 の倍数

である。この二つの規格には互換性があり、OC-3 nとSTM-n (nには同じ数字が入る)は相互に接続が可能である。

3.2 OC-192/STM-64

SONET/SDH の規格で最も高速なものは OC-192/STM-64 であり、伝送速度は約 10Gbps である。これは、SONET では 51.84Mbps 回線を 192 本、SDH では 155.52Mbps 回線を 64 本多重化した回線である。従来は 10Gbps クラスのネットワークといえはこの SONET/SDH OC-192/STM-64 が使用されていたが、高価な多重化装置を必要とするため、安価にネットワークの構築ができる 10GbE にとって替わられつつある。

4 50Gbps を超えるネットワーク

ネット人口の増加とブロードバンドの普及によって、プロバイダ間のバックボーン回線にはますます伝送容量の向上が求められている。これまでは 50Gbps を超える回線は大陸間の海底ケーブルなどにとどまっていたが、通常の光ファイバーケーブルを用いて企業間、またはプロバイダ間での超 50Gbps 回線の開発も進められている。その根幹となる技術が DWDM あるいは OTDM といった光多重通信技術である。

4.1 光通信多重技術

これは、一本の光ファイバーケーブル上に多数の信号を同時に送ることによって伝送効率を高め、回線の高速化を図る技術である。その代表的なものを以下に示す。

- DWDM

DWDM (高密度波長分割多重)とは、波長の異なる光は互いに干渉しないという性質を利用して一本の光ファイバー上に波長の異なる数十から数百の信号を同時に送信する技術で、同様の技術である WDM をより高密度にしたものである。次の Fig. 1 にそのモデルを示す。

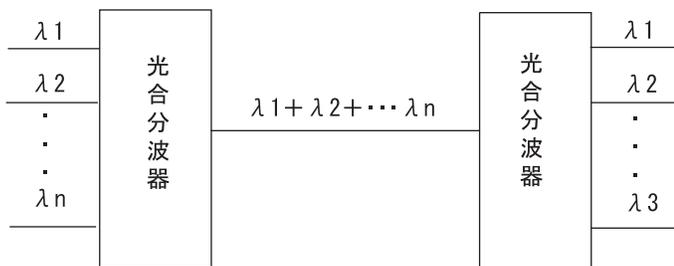


Fig. 1 DWDM のモデル

- OTDM

OTDM(光時分割多重)とは、同じ波長の光信号を時間で分割して多数のチャンネルに割り当てるといった多重通信方式である。

- OCDM

OCDM (光符号分割多重)は、送信側ではチャンネル毎に異なる光符号で信号を符号化し、受信側では同一の光符号を鍵として復号化することによって、同じ波長の信号を同時に複数のチャンネルに割り当てる技術である。このモデルを次の Fig. 2 に示す。

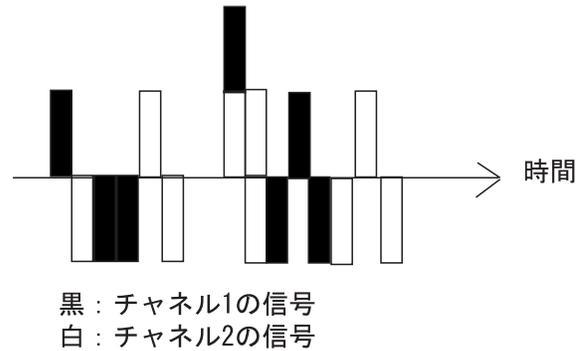


Fig. 2 OCDM のモデル

各チャンネルでは、異なる符号化パターンを用いているため、他のチャンネルの信号をノイズとして処理することができる。これによって複数の信号を単一波長、同一時刻に送信することが可能となる。

他にも、WDM と OTDM を組み合わせて、より高速、大容量を実現する OTDM/WDM という技術も研究されている。

5 今後の展望

現在、ネットワークの高速化はますます進行している。バックボーン回線には 50Gbps や 80Gbps の回線も使用され始め、2002 年 4 月にはクロスウェイブ社により国内初のテラビットネットワークも導入された。これにより、個人レベルの回線もさらに高速になるだろう。近い将来、全てのネットワーク利用者がギガビット回線を利用することになるかもしれない。

参考文献

- 1) IT 用語辞典 e-Words
<http://e-words.jp/>
- 2) CHAMBER WEB IT リテラシー マルチメディア・インターネット辞典
<http://www.kaigisho.ne.jp/literacy/midic/index.html>