

10ギガビットイーサネット & EFMのご紹介

1 はじめに

イーサネットは1990年の10BASE-T標準化以降、市場ニーズに応え約4年ごとに伝送速度を10倍に向上させ、今ではLANの主役となっております。そして、昨年6月に制定された10ギガビットイーサネットIEEE802.3aeではイーサネット史上はじめてWAN領域の物理層が標準化され、現在WANに使用されているSONET/SDHと互換性を持ち、イーサネットの適用領域をLANからそれ以外へと拡大しています。さらに、IEEE802.3ahでは加入者系アクセスネットワークへのイーサネットの使用が検討されています。そこで、今回はLANから領域を広げつつあるイーサネットとして、10ギガビットイーサネットIEEE802.3aeとIEEE802.3ahで審議されているEFM(Ethernet in the First Mile)について紹介いたします。

2 10ギガビットイーサネットIEEE802.3aeの概要

10ギガビットイーサネットは1999年3月にStudy Groupが発足し、その後、2001年からは正式なIEEE802.3aeタスクフォースとして審議がなされ、昨年6月に標準化が完了しました。その10ギガビットイーサネットIEEE802.3aeの特徴としては以下の通りです。

1) 光ファイバを使った全2重通信だけを仕様化している。

- ・CSMA/CDを使用しないPoint-to-Pointリンク専用である。
- ・同軸ケーブル、UTP等メタルケーブルの仕様化は、今回は見送られている。

(ただし、現在では10GBASE-CX4、10GBASE-Tの検討が開始されています。)

2) 10Gbps相当のMACフレーム列をブロック符号化して出力するLAN-PHYと、9.3Gbps相当のMACフレーム列をSONET/SDH形式で出力するWAN-PHYの2つの物理層を定義している。

そして、シリアル伝送とWDM伝送の2種類の伝送方式を採用している。

3) 26m ~ 40kmまでの伝送距離を定義している。

そして、表-1に示す7つの物理層が定義されています。

LAN-PHYとWAN-PHYが定義されていますが、LAN-PHYはLAN領域に限って使用される訳ではありません。10GBASE-ERなどは40kmの伝送距離であり、十分にWAN領域での使用が可能です。

1) シリアル伝送の物理層

シリアル伝送の物理層としては、使用する光ファイバ種、使用波長によってLAN-PHY3種とWAN-PHY3種が定義されています。10GBASE-SR、SWはMMF(マルチモード光ファイバ)を使用し波長0.85 μm で26m ~ 300mの伝送距離をサポートし、10GBASE-LR、LWはSMF(シングルモード光ファイバ)を使用し波長1.31 μm で10kmの伝送距離をサポートします。そして、10GBASE-ER、EWはSMFを使用し、波長1.55 μm で40kmの伝送距離をサポートします。

10GBASE-SR、SWは使用するMMFの帯域によって伝送距離が異なります。ギガビットイーサネット等に使用された従来のMMFでは伝送距離は82mまでですが、新しい150 μm MMFでは300mまでの伝送が可能です。この新しい150 μm MMFは「次世代マルチモード光ファイバ」、又は「850nmレーザ最適マルチモード光ファイバ」などと呼ばれているもので、光ファイバ製造工程においてコア屈折率分布を精密にコントロールし理想に近いものとして、モード分散を小さく抑えた光ファイバです。この新しい150 μm MMFは、IEC 60793-2-10ではA1a.2、ISO/IEC 11801ではOM3にあたる光ファイバで、従来の全モード励振帯域に加えて新しい評価基準である等価帯域(EMB: Effective modal bandwidth)が規定されています。この新しい150 μm MMFを使えば1000BASE-SXとインフラを共用することが可能であるため、300m以内LANで将来的に10ギガビットイーサネットに移行するユーザとしては最初にこの新しい150 μm MMFを布設しておけば、ギガビットイーサネットから10ギガビットイーサネットへの移行が容易になります。

10GBASE-LR、LWはSMFで10kmをサポートし、光インタフェース仕様がOC-192と近いため、コストパフォーマンス的には一番優れ、10ギガビットイーサネットの本命とも言われています。10GBASE-ER、EWは通常の伝送距離は30kmですが、チャンネル損失を低く抑えたSMF伝送路では40kmまで伝送可能です。また、10GBASE-ER、EWではチャンネル損失を5dB以上に保つ必要があります。ハイパワーのレーザを使用するため、5dB以下の損失では受光パワーが大きくなりすぎてしまうからです。

2) WDM伝送の物理層

WDM伝送の物理層としては、MMFとSMFを使用して伝送距離240m～10kmまでをサポートするLAN-PHYとして10GBASE-LX4が定義されています。10GBASE-LX4は1.3μm帯で4波長を多重する伝送方式です。多重す

る波長間隔は24.5nmで、高密度波長多重伝送（DWDM）に比べて、波長間隔が広いことからWWDMと呼ばれる伝送方式です。この10GBASE-LX4では、従来のMMFであっても300mの伝送距離が可能です。

【表1】 10ギガビットイーサネットの物理層

名称	種類	伝送媒体(光ファイバ)			最大伝送距離
			帯域 MHz・km		
10GBASE-SR	850nm シリアル LAN-PHY	62.5MMF	160	26m	
			200	33m	
		50 MMF	400	66m	
			500	82m	
2000*1	300m				
10GBASE-LR	1310nm シリアル LAN-PHY	SMF			10km
10GBASE-ER	1550nm シリアル LAN-PHY	SMF			30km 40km*2
10GBASE-LX4*3	1300nm 帯波長多重 LAN-PHY	62.5MMF	500	300m	
			400	240m	
		50 MMF	500	300m	
			SMF		
10GBASE-SW	850nm シリアル WAN-PHY	62.5MMF	160	26m	
			200	33m	
		50 MMF	400	66m	
			500	82m	
			2000*1	300m	
10GBASE-LW	1310nm シリアル WAN-PHY	SMF			10km
10GBASE-EW	1550nm シリアル WAN-PHY	SMF			30km 40km*2

*1: 等価帯域(EMB)を示す。TIA492AAAC規格で規定された1500MHz・km以上の全モード励振帯域とDMDを保証した光ファイバ。

*2: 30kmより長い範囲は、IEC 60793-2 B1.1、B1.3のSMFより減衰量の少ない光ファイバが要求される。

*3: MMFについてはモードコンディショニングパッチコードを必要とする。

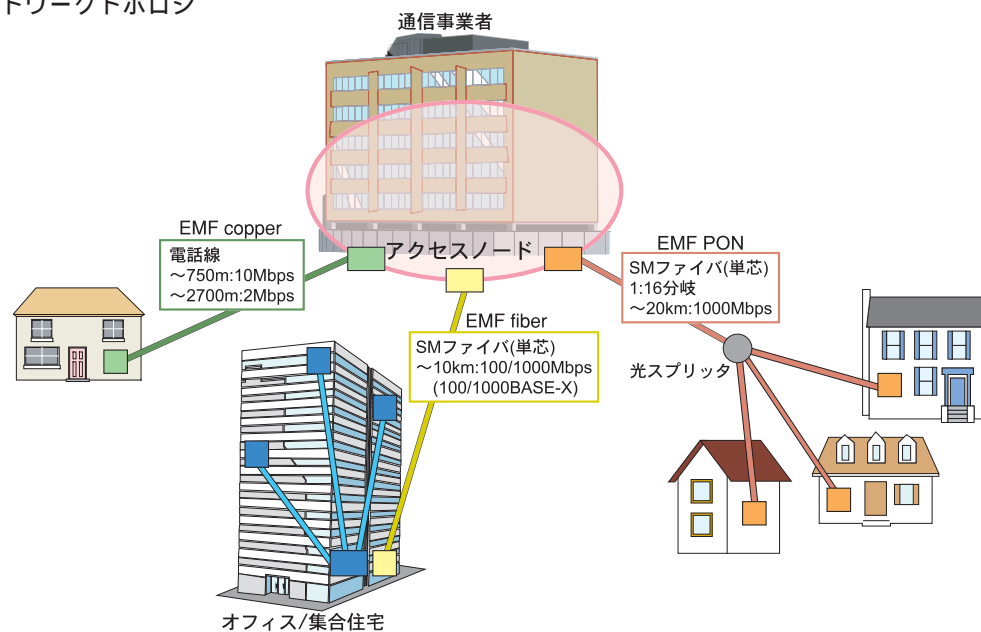
3 EFMについて

EFM(Ethernet in the First Mile)とは、通信業者と加入者との最初のリンクをイーサネットで結ぶネットワークで、2000年11月にIEEE802.3にStudy Groupが発足し、現在は802.3ah task forceにて2004年6月の標準化を目指して審議が進められています。加入者アクセスネットワークにイーサネットを適用することは、従来の加入者アクセスネットワークに比べて、ネットワークの単純性、パケットベースの効率化、帯域、将来

の拡張性を増し、経済性において優れていると言われています。しかしながら、イーサネットを加入者アクセスネットワークに使用するには、スケーラビリティ、アベイラビリティ、セキュリティ等に解決すべき課題があり、これらを解決すべく802.3ah task forceにて審議がされている訳です。

802.3ah task forceでは図1に示す3種のネットワークポロジとそれらの物理層について審議されています。実使用では、これら3種のトポロジを必要に応じて選択あるいは組み合わせて使用することになります。

【図1】FEMのネットワークポロジ



1) 電話線を用いた1対1(EFM copper)

既存の電話線によるEFMとして、VDSL規格を流用して伝送距離～750m、伝送速度～10Mbpsの10PASS-TS、SHDSL規格を流用して伝送距離～2700m、伝送速度～2Mbpsの2BASE-TLの2つが審議されています。また、オプションとして、複数の電話線を束ねて高速化する規格も審議されています。

2) 光ファイバを用いた1対1(EFM fiber)

イーサネットでは初めて1芯のSMFで、送信、受信の波長を異ならせて双方向通信を行う物理層が制定される予定です。伝送速度は100Mbpsと1000Mbpsの2種で、符号化方式などは1000BASE-X、100BASE-Xを流用し、伝送距離は～10kmです。

3) 光ファイバを用いた1対多数(EFM PON)

光スプリッタを用いて1芯のSMFを1対16に分岐し、送信、受信で波長を異ならせて双方向通信を行います。伝送速度は1000Mbpsを16本のファイバで分け合うこととなります。伝送距離は～20kmです。

また、これら3種の物理層の他に、屋外での使用環境から許容温度範囲を広げた1000BASE-LX、EFMの運用、管理、およびメンテナンス手順も審議されています。

4 おわりに

イーサネットは、低コストで高速伝送が可能なネットワーク技術として、その適用をLAN領域のみに留めず、WAN、アクセスネットワーク等に進出を始めました。すでに標準化された10ギガビットイーサネットでは、SONET/SDHと互換性を持つWAN-PHYが定義されLAN-PHYのERでも40kmの伝送が可能であり、十分にWAN領域を今までより低コストでサポートできます。そして、SAN領域においてはIETF(Internet Engineering Task Force)で承認されたiSCSIでイーサネットによってファイバチャネルより低コストのSANを構築でき、さらに、アクセスネットワークでのEFMが現実のものとなれば、図2に示すようにネットワーク全てがイーサネットで結ばれる時も遠くないでしょう。

【図2】イーサネットの将来

