



HIGH- PERFORMANCE NETWORKS

40/100ギガビットイーサネットの登場!

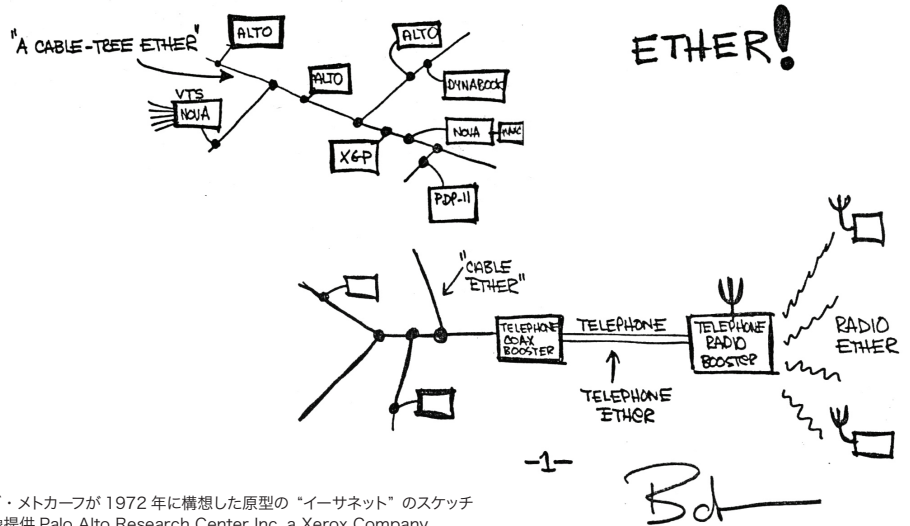
40ギガビットイーサネットおよび100ギガビットイーサネットの標準が、2010年6月17日にIEEE 802.3 ワーキンググループで採択されました。この2つの革新的な新しいイーサネット速度は、従来よりもはるかに大容量のネットワークへの幕開けであると同時に、10ギガビットイーサネットでは不可能だったネットワークのスケーリングを実現します。このホワイトペーパーでは、40ギガビットイーサネットおよび100ギガビットイーサネットの技術的な概要と、サービスプロバイダや、データセンター、エンタープライズネットワークにおける用途について解説します。

BROCADE

はじめに

イーサネット技術は、1970年代に XEROX PARC においてボブ・メトカーフをはじめとする技術者チームがイーサネットを構想して以来（図1を参照）、今日のインターネットの、増加する帯域幅、多様なメディア、低コスト、信頼性への要求に対応できるよう発展を続けています。そのイーサネットの最新の進化は、10ギガビットイーサネットから40ギガビットイーサネットと100ギガビットイーサネットへ容量が拡大されたことです。イーサネットとIPの技術は、様々な有線/無線のメディアに対して、ユビキタスなネットワークアクセスを可能にする基本技術となっています。インターネットトラフィックは、家庭用の高速ブロードバンドから、遠隔地域向けのワイヤレスネットワークまで、イーサネットのインタフェースをとおして流れています。

図1.
「Alto Aloha ネットワークの
大まかなスケッチがこれだよ」
ボブ・メトカーフが送った
1973年5月22日付けメモより

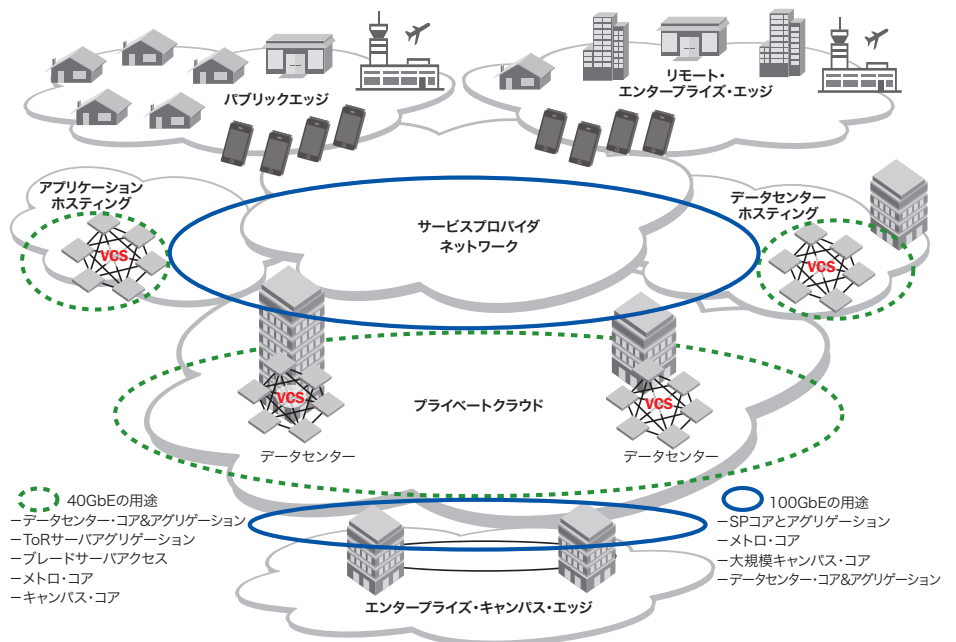


ボブ・メトカーフが1972年に構想した原型の“イーサネット”のスケッチ
画像提供 Palo Alto Research Center Inc. a Xerox Company

適用領域

40ギガビットイーサネットと100ギガビットイーサネットは、特定の用途分野と市場をターゲットに考えて設計されたものですが、そうした用途は限定的なものではなく、これら新しい速度とインタフェースには、それぞれの技術において多様に応用可能な柔軟性があります。いずれの用途においても、容量と冗長性が重要な条件であり、Link Aggregation (LAG)、Equal Cost Multi-Path (ECMP) ルーティング、Multi-Protocol Label Switching (MPLS) などの弾力性のある機能が、新しい用途において考慮すべき主なファクターとなります。

図2.
40ギガビットイーサネット(点線)と
100ギガビットイーサネット(実線)の
適用範囲



40 ギガビットイーサネットの用途

仮想化、コンバインド・データセンターネットワーク、クラウドコンピューティングなどの新しいデータセンターテクノロジーにより、従来のデータセンターネットワークの設計が変化しつつあります。最新のデータセンターネットワークには、新しいアプリケーションで要求される性能と柔軟性の要件を満たす、より高い帯域幅容量が必要となります。最初の段階での 40 ギガビットイーサネットの適用領域は、データセンターにおける短距離のコアおよびアグリゲーション・レイヤやトップオブブラックサーバアグリゲーションが対象になっており、銅線ケーブルと最長 125m までのマルチモードファイバー（MMF）をサポートします。データセンター間や、メトロおよびキャンパス・コアのネットワーク向けの長距離インタフェースもまた標準で規定され、ここではシングルモードファイバー（SMF）で最長 10km まで対応します。ブレードサーバアクセスやサーバ NIC（Network Interface Card）においては、40 ギガビットイーサネットが論理的に次の速度であると考えられています。プロセス性能がムーアの法則に従ってほぼ 24 カ月ごとに倍増していくとすると、サーバはここ数年のうちに 40 ギガビットイーサネットインタフェースが必要になると予想されます。

100 ギガビットイーサネットの用途

一方、100 ギガビットイーサネットの適用領域は、SP（サービスプロバイダ）のコアおよびアグリゲーション・ネットワークや、メトロ・コア、大規模キャンパス・コアのネットワークをターゲットとしています。この用途は、高帯域幅の個人向けコンテンツにアクセスする個人ユーザとビジネスの両面における有線およびモバイルのユビキタスなニーズから、超高容量イーサネットネットワークに対する最も高い帯域幅と冗長性の要件に対応するものであり、SMF を使用して最長 40 km までの距離をサポートします。データセンターでのコアおよびアグリゲーション用途向けとしては、銅線ケーブルまたは最長 125m までの MMF による、短距離用 100 ギガビットイーサネット方式が規定されています。

標準化の経緯

2006 年に IEEE（Institute of Electrical and Electronics Engineers）802.3 ワーキンググループは、10 ギガビットイーサネットよりも高速なイーサネット技術の必要性を検討するために、Higher Speed Study Group（HSSG）を編成しました。HSSG では、インターネットと高帯域幅コンテンツのユビキタスな利用の拡大によって、容量への要求は、10 ギガビットイーサネット構築できるネットワークの容量を急速に超過していくと結論づけました。そこで提案されたのが、サーバアクセスとデータセンター用途向けの 40 ギガビットイーサネットと、ネットワークアグリゲーションやバックボーン用途向けの 100 ギガビットイーサネットという、2 つの新しいイーサネット速度でした。2008 年 1 月に IEEE P802.3ba タスクフォースが編成され、40 ギガビットイーサネットと 100 ギガビットイーサネット標準の策定に取り組み、そして 2010 年 6 月 17 日に、IEEE 802.3-2008 仕様の改定として 802.3ba 標準が IEEE で承認されるに至りました。

技術の概要

802.3ba 標準は、40 ギガビットイーサネットと、100 ギガビットイーサネット、そしてさまざまな物理レイヤメディアを含む、拡張性の高いアーキテクチャを規定しています。この柔軟なアーキテクチャにより、標準を書き直すことなく、現行の技術とともに将来の技術を使用して、技術的に実現可能でかつコスト効率の高い物理レイヤ仕様がサポートされています。ベンダーにとっても、これは既存の技術と知的財産を再利用できることとなります。

IEEE 802.3 ワーキンググループでは、40 ギガビットイーサネットと 100 ギガビットイーサネットを、既設のイーサネットネットワークにシームレスな互換性を保持するために、次の方針が採択されています。

- 全二重通信のみをサポート
- 802.3 イーサネットフレームフォーマットを保持
- 802.3 最小・最大フレームサイズを保持
- 10^{-12} 以下のビットエラーレート（BER）をサポート

メトロおよびワイド・エリア光ネットワーク上で 40 ギガビットイーサネットと 100 ギガビットイーサネットを確実に伝送できるようにするうえで、OTN (Optical Transport Network) への対応が方針として決められました。IEEE では、ITU-T (Telecommunication Standardization Sector) SG15 と密接に協力して、相互運用可能なイーサネットと光伝送の標準が規定されています。ITU-T G.709 ハイアラキー (改定 3 版、2009 年 10 月) の規定により、40 ギガビットイーサネットは OTU3 で、100 ギガビットイーサネットは OTU4 で伝送できるようになっています。

また、新しい数多くのイーサネットアプリケーションに対応できるように、いくつかのタイプの物理レイヤが基本目標として選択され (表 1 を参照)、到達距離とメディアのさまざまな組み合わせの仕様が提供されています。解決すべき大きな問題の 1 つにあがったのは、シグナリングに関して、現在利用可能な技術を使用しつつ市場のニーズとコストの目標に対応する最善策を選択することでした。最初の段階では、電気インタフェースは 40 ギガビットイーサネットが 4 本の 10Gbps レーン、100 ギガビットイーサネットが 10 本の 10Gbps レーンのいずれかになっています。標準には柔軟性があり、将来の技術の進展につれて、2 x 50Gbps レーンや、1 x 100Gbps レーンがサポートされていきます。

表 1.
基本到達距離と
物理レイヤの仕様一覧

物理レイヤ 到達距離	1m バックプレーン	7m 銅線ケーブル	100m OM3、 125m OM4 MMF	10 km SMF	40 km SMF
40 ギガビットイーサネットの用途：サーバ、データセンター、キャンパス、メトロ、バックボーン					
名称	40GBASE-KR4	40GBASE-CR4	40GBASE-SR4	40GBASE-LR4	
シグナリング	4 x 10 Gbps	4 x 10 Gbps	4 x 10 Gbps	4 x 10 Gbps	
メディア	バックプレーン	Twinax ケーブル	MPO MMF	Duplex SMF	
モジュール/ コネクタ	バックプレーン	QSFP モジュール、 CX4 インタフェース	QSFP モジュール	QSFP モジュール、 CFP インタフェース	
製品化	既知の開発 なし	2010	2010	QSFP: 2011-2012 CFP: 2010	
100 ギガビットイーサネットの用途：データセンター、キャンパス、メトロ、バックボーン、WAN					
名称		100GBASE-CR10	100GBASE-SR10	100GBASE-LR4	100GBASE-ER4
シグナリング		10 x 10 Gbps	10 x 10 Gbps	4 x 25 Gbps	4 x 25 Gbps
メディア		Twinax ケーブル	MPO MMF	Duplex SMF	Duplex SMF
モジュール/ コネクタ		QSFP モジュール、 CX4 インタフェース	CXP モジュール、 CFP モジュール	CFP モジュール	CFP モジュール
製品化		2010	2010	2010	2011-2012

その他の課題と同様に、サーバ仮想化環境の拡張、アプリケーションモビリティの提供、そしてインフラストラクチャの複雑化、運用管理のオーバーヘッドに対する対処が求められています。

メディアインタフェース

他の新世代の技術と同様に、設計目標の1つは、既存の技術を最大限に活用することでした。新しいインタフェース数を最小限にすれば、インタフェースの価格を低減し、大量生産と簡素化のメリットを引き出すことが可能となります。この設計目標を達成するため、初代の40ギガビットイーサネットと100ギガビットイーサネットでは、QSFP、CXP、CFPの3つのメディアモジュールのみが使用されます。

40ギガビットイーサネット QSFP モジュール

短距離のデータセンターの用途で、SFPモジュール4個とリプレースできるように作られたQSFP (Quad Small Form Factor Pluggable) モジュールは、低電力消費の光と電気のインタフェースをサポートします (図3を参照)。このモジュールは、40GBASE-CR4、40GBASE-SR4、40GBASE-LR4 (2011年) など各種イーサネットと、ファイバーチャネル、InfiniBandの用途で使用されます。その小型の形状と低コストであるため、40ギガビットイーサネット用の光モジュールとして適したものです。QSFPモジュールは、フェイスプレートがXFPと同じ寸法ですが、長さが少しだけ短くなっています (高さ8.5 mm x 幅18.35 mm x 長さ52.4 mm)。



図 3.
Finisar 社の Quadwire
マルチモード光ファイバー QSFP

100ギガビットイーサネット CXP モジュール

CXPモジュールは、SNAP-12モジュール (主にInfiniBandで使用) にリプレースできるように設計され、高密度で短距離のデータセンターネットワーク用に作られています (図4を参照)。CXPは非常にコンパクトな反面、長距離モジュール並みの出力は消費できないため、24芯平行マルチモードケーブルを使用します。CXPモジュールは、100GBASE-CR10、100GBASE-SR10、InfiniBand 12X QDRに使用されます。CXPは、XFPと比較した場合、少し大きくなります (幅27 mm x 長さ45 mm)。



図 4.
Finisar 社の C.wire MMF CXP

40 ギガビットイーサネットおよび 100 ギガビットイーサネット CFP モジュール

CFP は、長距離用に設計された新しいメディアモジュールであり、最大 24 ワットの電力を使用します（図 5 を参照）。CFP は、高密度の電気コネクタと、一体型のライディング・ヒート・シンクを備え、各種インタフェースに対応できます。このモジュールは、40GBASE-SR4、40GBASE-LR4、100GBASE-SR10、100GBASE-LR4、100GBASE-ER4 で使用されます。100GBASE-SR10 モジュールは、電力をあまり消費せず、CXP モジュールに収容できますが、多くのベンダーでは、メディアモジュールの形状の統一が優先され、さらに 100GBASE-CR10 まで含めて CFP モジュールを使用することも考えられます。

図 5.
Finisar 社の CFP



CFP モジュールは、10:4 多重化装置の電力消費に対応できるサイズであるため、SMF 用には、10Gbps の物理レーン 10 本を 25Gbps の物理レーン 4 本に変換します。この 25Gbps の物理レーンが、4 本のレーザーを 25Gbps で駆動しますが、ここでも多量の電力を消費します。CFP のサイズでは、外部 WDM（波長分割多重方式）もモジュール内に収容可能で、4 つの波長すべてが 1 本のファイバーに多重化されます。CFP は、XENPAK の約 2 倍の幅になります（高さ 14 mm x 幅 82 mm x 長さ 145 mm）。100GBASE-ER4 の 40 km 長距離インタフェースが用意されるのは、2011 年か 2012 年になる見込みです。

標準からインタフェース製品化へ

システムコンポーネントや光モジュールのベンダーでは、機器ベンダーが 40 ギガビットイーサネットおよび 100 ギガビットイーサネットのインタフェースを製品化できるよう、数年前からコンポーネント開発が始まっています。2009 年には、テスト機器やメディアモジュール技術のデモが数回にわたって実施されました。スイッチやルータのベンダーでも、2009 年に 100Gbps スロット性能や、初めての 100 ギガビットイーサネットインタフェースが発表されています。802.3ba 標準が採択された今、ネットワークハードウェアのベンダー各社から新しいインタフェースが相次いで発表され、2010 年の夏から秋にかけて各種のインタフェースが市場に登場すると期待されています。

次に来るものは？

さらに高速な電気、光、システムコンポーネントが開発されるとともに、イーサネットは進化を続け、より低価格で、より高密度のラインカードがサポートされるようになります。40 ギガビットイーサネット、100 ギガビットイーサネット標準が採択されたばかりですが、ASIC とメディアモジュールとの間で 25Gbps の伝送路を使用する、第 2 世代の技術への取組みがすでに始まっています。

第 2 世代の 100 ギガビットイーサネットは、電気シグナリングに 4 本の 25Gbps レーンを使用します。電気インタフェースの標準は、OIF（Optical Internetworking Forum）と IEEE とで策定が進められており、ファイバーチャネルと InfiniBand は、この重要な標準を基本にすると期待されています。25Gbps シグナリングを規定するにあたっては基本技術の進歩が必要であり、コンパクトな 4 x 25Gbps レーンへの移行には、まだ数年かかる見込みです。シングルモード光インタフェースは、すでに 25Gbps で規定済みですが、IEEE は 4 x 25Gbps の光インタフェースを規定する必要があると予想されます。QSFP では、25Gbps のシグナリングに対応する再設計を行い、新しいシングルモードモジュールの規定（CFP2 と呼ばれる）が必要になります。次世代の 100 ギガビットイーサネットが利用できるようになるのは、2014 年以降であると考えられています。

40 ギガビットイーサネットの新しいタイプの 1 つは、すでに IEEE P802.3bg で策定作業に入っています。この新しいインターフェースは、40GBASE-FR と呼ばれるもので、OTN 装置の OC-768 光モジュールに接続し、SMF で最長 2km をサポートするように設計されています。40GBASE-FR では、4:1 多重化装置を使用し、10Gbps の 4 レーンを、40Gbps の 1 レーンに変換します。多重化装置と 40Gbps レーザーの電力消費のために、40GBASE-FR は、おそらく CFP メディアモジュールで最初に登場すると考えられます。

将来イーサネット標準への追加が予想される技術は、次のとおりです。

- 40Gbps の速度の 40km SMF
- 4 x 25Gbps シグナリングの 100Gbps バックプレーンイーサネット
- WDM または多重化装置を使用する Duplex MMF 仕様
- 4 x 25Gbps の MMF および銅線タイプ

結論

間違いなく、ネットワークの高速化を誰もが望んでいます。いわゆる“キラークアプリケーション”は、単独のアプリケーションではなく、ユビキタスな、広帯域幅でオンデマンドのパーソナライズド・コンテンツがその実態です。広帯域幅のアプリケーションが、数百万からさらに数十億のユーザに広がっていくことで、今後もさらに高い帯域幅への要求が続くと予想されます。業界では、まず経済的な 40 ギガビットイーサネット、100 ギガビットイーサネットインターフェースを実現し、より高密度のラインカードで利用することを重視し、次の段階の速度に移行すると考えられます。第 2 世代の 40 ギガビットイーサネットと 100 ギガビットイーサネットが開発される一方で、より豊富な経験を経て、選択肢の幅も広がっていくことでしょう。イーサネットは、ネットワークや帯域幅への要件の変化につれて今後も進化を続け、将来のスケラビリティとコスト削減の要求に応えていくこととなります。

ブロードについて

ブロードは、革新的な新しい技術によるエンド・トゥ・エンドのネットワークソリューションを提供し、アプリケーションと情報が各所に遍在する仮想化世界へ向けた円滑な移行を支援しています。これらのソリューションは、これまでにないシンプルさ、ノンストップ・ネットワーキング、アプリケーションの最適化、そして投資保護を実現する、より柔軟性の高い IT インフラのための独自の機能を提供します。結果として、さまざまな業種のさまざまな企業は、圧倒的なシンプルさと、より早期の投資回収を得ながら、最重要のビジネス目標達成を果たすことができます。

ブロードの製品とソリューションの詳細については、Web サイトをご覧ください。
www.brocadejapan.com



BROCADE

ブロケード コミュニケーションズ システムズ株式会社
〒100-0013 東京都千代田区霞ヶ関1-4-2 大同生命霞ヶ関ビル
TEL.03-6203-9100 FAX.03-6203-9101 Email:japan-info@brocade.com

BROCADEに関するより詳しい情報は、以下のWebサイトをご覧ください。
<http://www.brocadejapan.com>

©2010 Brocade Communications Systems, Inc. All Rights Reserved. 08/10 GA-WP-1498-00-J

Brocade, B-wing シンボル, BigIron, DCFM, DCX, Fabric OS, FastIron, IronView, NetIron, SAN Health, ServerIron, TurboIron, および Wingspan は、登録商標であり、Brocade Assurance, Brocade NET Health, Brocade One, Extraordinary Networks, MyBrocade, および VCS は、米国またはその他の国における Brocade Communications Systems Inc. の商標です。その他のブランド、製品名、サービス名は各所有者の製品またはサービスを示す商標またはサービスマークである場合があります。

注意：本ドキュメントは情報提供のみを目的としており、Brocade が提供しているか、今後提供する機器、機器の機能、サービスに関する明示的、暗示的な保証を行うものではありません。Brocade は、本ドキュメントをいつでも予告なく変更する権利を留保します。また、本ドキュメントの使用に関しては一切責任を負いません。本ドキュメントには、現在利用することのできない機能についての説明が含まれている可能性があります。機能や製品の販売/サポート状況については、Brocade までお問い合わせください。