

NBASE-T イーサネット・テクノロジー IEEE 802.3bz 規格の基礎

概要

企業ネットワークの大半は、ここ10年ほど、アクセス層のスループット向上のニーズを満たすために1000BASE-T イーサネットに頼ってきました。しかし、この主導技術に残された時間はなくなりつつあります。この変化を促進する最も重要な要因は、Wi-Fi空間にあります。IEEE 802.11ac Wave 1(第1世代)およびWave 2(第2世代)規格やBYOD(個人機器の持ち込み)ポリシーの急速な普及が、1000BASE-T イーサネットの1Gbps スループットの限界を打ち破ろうとしています。これに加え、企業キャンパスで1Gbps以上の速度を要求するデータ量の多い使用事例(大学研究、医用画像、CAD/CAM、メディア編集)が増え続けており、息の長かった1000BASE-Tの終焉とまではいかななくても、最後の審判を迎えつつあるように見えます。

クライアント・アクセスにギガビット・イーサネットを超えるスループットを求める企業は、今日の世界中のほとんどのインフラで使われているレガシーなカテゴリ5e/6 ケーブル配線の公称1Gbpsという壁に突き当たります。10GBASE-Tに必要な新しいCat6A ケーブルで建物を改装するのも選択肢の一つですが、一部の組織にとっては、極めて大きな業務の中断を招きかつコストのかかるものになります。この問題への対処法として、レガシーなCat5e/6 ケーブル上で2.5Gbpsおよび5Gbpsのデータレートを可能にするIEEE 802.3の修正案である802.3bzがあります。この新規格は現在策定作業中で、2016年秋頃に完成する予定です。しかし、1Gbpsを超える速度を今すぐ求めるユーザーにとっては、この新しい規格を待ちきれません。

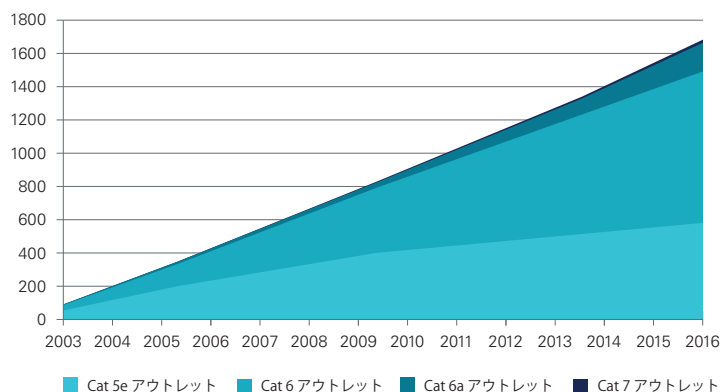
IEEE 802.3bz 規格の完成前の1Gbps超の速度に対する差し迫った需要に応えるため、NBASE-T Alliance(45社以上の業界リーダーによって構成されるコンソーシアム)は、IEEEの策定プロセスと並行・協力して、標準化前の仕様および製品の開発に取り組んでいます。NBASE-Tの仕様に基づいて、今すぐにも2.5GBASE-T/5GBASE-Tテクノロジーを展開することが可能です。IEEEプロセスの全段階において、NBASE-T Alliance参加企業の有志が大きな役割を果たしています。そのため、802.3bzドラフト規格は、NBASE-T仕様と同様の基本技術に頼っています。したがって、IEEE規格の承認後、エンドユーザーはシームレスに移行することができます。

ボトルネック

従来技術を活用したレガシーなエコシステムでスループットと速度を増やそうとすると、多くの場合ボトルネックが顕在化します。企業ネットワークのアクセス・レベルにおいて、このボトルネックはWi-Fiアクセスポイント(AP)またはクライアント端末とスイッチとの間のカテゴリ5e/6のツイストペア・ケーブルにあります。2014年の段階で、世界の既存の敷設配線を見ても、企業アクセス・リンクの90%がCat 5eまたはCat 6ケーブルを使用しています。そのため、NBASE-Tテクノロジー以前は、ケーブルが最長100m、データ速度が1Gbpsに制限されており、より高速な802.11ac Wave 2対応アクセスポイントの有効活用が妨げられていました。

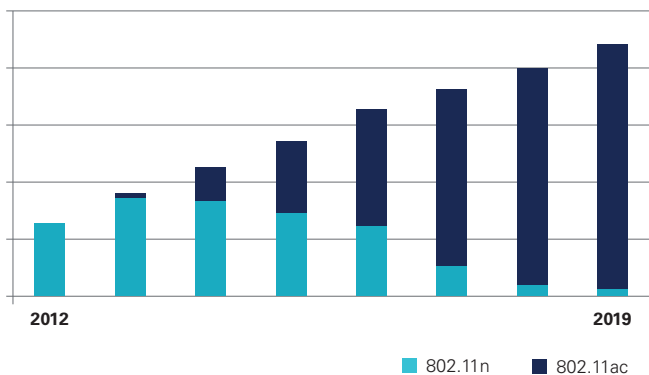
ボトルネックを無くす方法の一つに、ケーブル配線を10GBASE-T規格に対応する、より新しいCat 6Aケーブルに交換する方法がありますが、Cat 6Aは新規展開の場合には実行可能な選択肢ではありません。レガシーなインフラでは実現可能性に大きな問題が生じます。ケーブル交換は業務に支障をきたすだけでなく、法外な費用がかかります。数百台のアクセスポイントごとに新しいケーブルに200~800米ドルもかかり、既設のキャンパスを改造するコストはすぐに数十万ドルに達してしまいます。Cat 5eとCat 6の膨大な既設配線インフラ(アウトレット数13億個)を考えると、Cat 6Aが普及するまでにはかなりの時間がかかるでしょう(図1)。

図1: カテゴリ別のイーサネット・ケーブルのインストール・ベース(アウトレット数 - 100万単位) 出典: BSRIA



1Gbps のボトルネック解決への要求は日に日に大きくなりつつあり、極めて差し迫ったものとなっています。2Gbps 802.11ac Wave 1 とそのすぐ後に続く 6.9Gbps Wave 2 の急速な普及が、急成長する無線市場の影響力をもたらしています。2015 年時点で、企業 AP の 40% が 802.11ac に対応しています。この数値は、2017 年までに 75% までに上昇すると予想されます。さらに、802.11ac Wave 2 が急成長し、2019 年までに Wave 1 のシェアを超える見通しです (図 2)。この主な原動力は、より強力な BYOD Wi-Fi デバイス (最新のスマートフォン、タブレット、ウェアラブル・テクノロジー) の普及ですが、医療、イメージング、メディア、教育、研究などに膨大なデータ通信を行う企業もまた、1Gbps の制約に悩まされているということがあります。

図 2: 企業 AP のシェア
出典: Dell'Oro Group の無線 LAN 5 年予測 (2015 年 1月)



2.5G/5GBASE-T の潜在的な利用範囲は、企業空間を超えて拡大しています。ただし、小規模ネットワークのアップグレードは、タイミング的に緊急性がないものかもしれません。使用事例が増えていけば、ホーム・ネットワーク・サーバーにも NBASE-T インターフェイスを追加することもあります。すでにゲーム界では、そういった製品が発表されています。ブロードバンドにおいては、データ量の多いメディア・リッチなコンテンツに対する需要が高まる中、割合早く 1Gbps の壁を突破し始めています。多くの先進的技術の展開と同様、NBASE-T テクノロジーは、より差し迫ったニーズがあり、展開にかかるコストやリソースをより簡単に見極めできる企業群の中からその採用が始まるでしょう。それに続いて、ケーブル・サービス・プロバイダーやその他の市場に有機的に広がっていくと考えられます。

コラボレーションを通じた規格間のギャップを埋める

2014 年、ネットワーク業界のリーダーたちは、イーサネット・テクノロジーの市場において、ギャップが広がる重大な要因が多数存在することに気づきました。それと同時に、IEEE のイーサネット規格は、25 ギガビット、100 ギガビット、そしてこれよりさらに上へと、焦点を合わせていました。明らかに高まりつつある 1~10 ギガビットの潜在能力を引き出す必要性があったにもかかわらず、標準化団体は 2.5G/5GBASE-T の領域に取り組もうとはしませんでした。確かに 10GBASE-T 規格ですでに存在していたものの、これに伴うケーブル配線のアップグレードは、すでにネットワーク・インフラが確立された企業にとって障壁となっていました。

これら業界リーダーは、中間的なイーサネット速度がすぐにでも必要なこと、またそれを実践するための仕様を早急にリリースすることの重要性を知っていました。2014 年後半、すぐにでも製品開発を可能にする新しい規格と仕様を策定するために、企業インフラ分野のさまざまな企業が団結しました。Aquantia、Cisco Systems、Freescale、および Xilinx は、1000BASE-T と 10GBASE-T のイーサネット規格のギャップを埋めることを目的に NBASE-T Alliance を設立しました。同アライアンスの活動は、2.5G/5GBASE-T の仕様および製品の開発、IEEE 802.3 規格の策定に焦点を合わせていました。802.3bz プロセスが始まった同年の秋、アライアンスのメンバー企業の委員が主要コントリビュータとして、全ての段階において継続的に貢献してきました。2015 年後半までに、同アライアンスのメンバーは 45 社以上にも上り、アクセスポイント、イーサネット・スイッチ、ストレージ、コンピューティングのほか、物理層 IC (PHY)、プロセッサ、コネクタ、コントローラー、スイッチ、FPGA、パワー・オーバー・イーサネット (PoE) IC、ケーブル、テスト機器などのコンポーネント技術など、ネットワーク・エコシステム全体を代表するようになりました。メンバー企業は、NBASE-T の仕様や製品の開発に積極的に携わっているか、ケーブリングやテスト機器などの関連分野に取り組んでいます。

アライアンスの活動と他の業界の活動のおかげで、IEEE 802.3bz は急速に進展しています。2014 年 10 月から 2015 年 5 月の間に、関心の喚起から始まり、スタディ・グループの発足、タスク・フォースによる仕様草案の作成へと、プロセスが急速に進みました。2015 年 5 月には、802.3bz タスク・フォースが、NBASE-T 仕様に沿ったテクニカル・ベースラインを採用しました。2015 年末の時点で、802.3bz の仕様はほぼ完成しており、依然として NBASE-T 仕様に沿ったものになっています。全段階で合意が迅速に形成され、802.3bz タスク・フォースは 2016 年 9 月の完了予定日を選択しました。

2.5GBASE-T および 5GBASE-T イーサネットの規格策定を着手した当初から、マルチベンダーの相互運用性を可能にすることが、NBASE-T Alliance のすべての取り組みにおいて欠かせないものでした。45 社以上の業界メンバーの支援を受けていることから、802.3bz の技術的な合意およびベースラインの定義・作成において、また標準化前の開発や展開を必要とする組織にとって、NBASE-T Alliance は貴重な資産になっています。

NBASE-T および規格

NBASE-T は、新興の 802.3bz 規格に沿った 2.5 および 5 ギガビット・イーサネット PHY 仕様と製品を提供します。これら取り組みは、標準化前に開発されたソリューションが、いずれ規格が承認された時に、規格に完全に準拠しているか、またはソフトウェアのアップグレードで簡単に準拠できるようにすること一点に焦点を合わせています。NBASE-T テクノロジーの主な特性は、以下の通りです。

- Cat 5e/6 またはそれ以上のケーブル上で全二重の 2.5G/5G データレートをサポートします (100M/1G/2.5G/5G/10G PHY など、マルチスピード・デバイスで通常サポートされる速度)。
- 多様な製品にわたって、出力とコストの面で拡張性があります。
- 802.3bz の機能の上位互換であるに加えて、非準拠の既設ケーブルでパフォーマンス問題がある場合に、「ダウンシフト」機能が追加されています。
- どのデータレートにおいても、PoE、PoE+、UPoE、および Energy Efficient Ethernet との互換性があります。
- 新しい 2.5G/5G データレートに対応するために、イーサネットのオートネゴシエーション機能が拡張されています。

確立されている 10GBASE-T 規格が、NBASE-T と 802.3bz の両方の技術的土台になっています。2015 年 11 月時点で、これら 3 つの規格の機能の多くが類似していますが、一部異なるものもあります。特筆すべき重要な機能に、NBASE-T PHY PCS/PMA、オートネゴシエーション、PHY/MAC インターフェイス、およびリンク・セグメントがあります。

PHY PCS/PMA

NBASE-T 物理コーディング・サブレイヤー (Physical Coding Sublayer: PCS) の仕様は、IEEE 10GBASE-T PCS および物理メディア・アタッチメント (Physical Medium Attachment: PMA) の規格に基づきます。ただし、新しい 2.5Gbps と 5Gbps データレートをサポートするための調整がいくつか必要になります。

- 5Gbps と 2.5Gbps のデータレートに対応するために、クロックがそれぞれ 1/2 と 1/4 になります。
- NBASE-T 用の低密度パリティ検査 (Low Density Parity Check: LDPC) は、2.5G/5Gbps の速度を実現するために、すべてのビットを保護し、パフォーマンスを向上します。

- NBASE-T の仕様は、10GBASE-T で使用される単純な CRC-8 誤り検出ではなく、LDPC 誤り訂正機能を提供します。
- NBASE-T LDPC は、DSQ128 符号化を採用する代わりに、PAM-16 変調を使用して LDPC ビットを送信します。

802.3bz の PCS 層の技術的なベースラインは、NBASE-T の仕様と同一であるため、規格へのシームレスな準拠が保証されます。

オートネゴシエーション

オートネゴシエーションは、異なるイーサネット規格をベースにしたデバイスがネットワークで共存できるようにします。これにより、互換性のないテクノロジーが原因でネットワークが中断するリスクを軽減できます。802.3bz を先行する IEEE 802.3 の規格は、2.5Gbps と 5Gbps のオートネゴシエーションをサポートしていません。NBASE-T のソリューションは、IEEE 802.3 の 55 節で規定される現行の 10GBASE-T の方式を拡張することで (1 つの違いを除く) オートネゴシエーションを実行します。NBASE-T のオートネゴシエーションでは、NBASE-T PHY の機能、NBASE-T 5G モード、および NBASE-T 2.5G モードを通知するために、802.3-2012 Annex 28C.6 で定義されるとおり、OUI (組織固有識別子) のタグが付けられたメッセージが使われます。NBASE-T PHY は、Base、Next、および Extended ページを送信します。メッセージ・ページには、IEEE により NBASE-T Alliance に割り当てられた「0xFA073E」の OUI が記載されています。OUI ページの後に、NBASE-T の機能が記載された未フォーマットのメッセージ・ページが続きます。OUI タグ付けメッセージと未フォーマットのメッセージ・ページは、802.3-2012 Annex 28C で規定されるとおり、1 つの Extended メッセージ・ページと 1 つの Extended 未フォーマット・ページ内にカプセル化されます。この仕組みは、802.3bz の動作に関係なく、独立して機能し続けます。IEEE 802.3bz の承認後、NBASE-T システムのファームウェア・アップグレードを通して新しい規格のオートネゴシエーションがサポートされるようになります。

PHY/MAC インターフェイス

IEEE 802.3 では、PHY と MAC との間の XGMII (10 Gigabit Media Independent Interface) を物理インターフェイスではなく、論理インターフェイスとして定義しています。802.3bz 規格でも、同様になると考えられます。802.3bz の仕様では、PHY-MAC インターフェイスの物理的な実装方法は業界に委ねています。ベンダー定義の事実上の MII として最も一般的なのが、Cisco Systems の Serial Gigabit MII (SGMII) と Quad Serial Gigabit MII (QSGMII) です。これらのインターフェイスは、単一のシリアルライザ/デシリアルライザ (SerDes) を介して、複数のデータレートのポートの使用を可能にします。NBASE-T Alliance は、システム展開を加速化させることを目的に、これら仕様に基づいて PHY/MAC インターフェイスの仕様を公開しています。これらは、SerDes 位相ロック・ループ (PLL) の再構成を最小限に抑え、ネットワーク・インターフェイス上でデータレートが変更した時に、

より迅速な収束を可能にします。SGMIIとQSGMIIでは、2.5Gbpsや5Gbpsのデータレートがサポートされないため、Cisco SystemsはNBASE-T製品の開発向けにUSXGMII(Universal Serial XGMII)を定義しました。USXGMIIは、10.3125 Gbpsで動作する単一のSerDes上で、100M、1G、2.5G、5G、および10Gbpsの各種データレートをサポートします。コスト最適化のために、100M、1G、2.5G、5Gトラフィックをサポートしながら、USXGMIIを5Gbpsで動作させることも可能です。

リンク・セグメント

IEEE 802.3bzで規定されるリンク・セグメントは、2つのエンドポイント間のケーブルとRJ45コネクタの終端要件を定義しています。仕様には、リンク帯域幅、挿入損失、リターン・ロス、そしてリンク・セグメントの4つのツイストペア間および隣接するケーブル間のクロストーク(つまり、エイリアン・クロストーク)が含まれます。NBASE-T Allianceは、2.5/5ギガビット・リンク・セグメントの仕様策定に着手し、それを802.3bzタスク・フォースに提供しました。そして、この重要な作業結果が、802.3bzの仕様に盛り込まれました。NBASE-Tのメンバー企業は、2.5GBASE-Tと5GBASE-Tを既設のカテゴリ5eおよびカテゴリ6ケーブリングで使用する方法について説明するTIA TR42.7およびISO/IEC SC25 WG3テクニカル・レポートの主要な寄稿者にもなっています。

差し迫ったニーズへの対応

理想の世界では、製品開発は標準が整ったあとに行うものです。しかしこれが可能でない場合、標準化前と標準化後のギャップを埋める最善のソリューションは、規格が承認された時に、標準化前の暫定的なソリューションが規格に準拠している、あるいはソフトウェアをアップグレードすることで規格に準拠できることを保証できる影響力、動機、そして相互依存関係のある業界リーダーが打ち出す暫定的なソリューションです。2.5GBASE-Tと5GBASE-Tの場合、ギャップが存在します。業界リーダーたちは、エコシステム全体にわたって早期の合意の醸成、相互運用性の確保に力を入れ、標準化プロセスを加速させ、標準化前に開発された製品の規格準拠を確実にするための重要な下準備を行っています。

レガシーのインフラ上で1000BASE-Tと10GBASE-Tイーサネットの中間的な速度に対する明白な需要を考えると、2.5/5ギガビット・イーサネットは、即座に利用でき、現行のネットワーク規格の重要な追補と言えます。NBASE-T Allianceは、このニーズを認識するのに重要な役割を果たしており、実行可能な規格の円滑な採用、また規格の承認後に規格に準拠している、あるいはソフトウェア/ファームウェアのアップデートにより規格に準拠できる標準化前の仕様と製品を提供するための信頼できる十分に吟味された土台作りをしてきました。これら取り組みのおかげで、ギガビット・イーサネットに制約される企業は、既設のケーブル・インフラ上で、確信を持ってコスト効率良く2倍から5倍のデータレートを達成できます。

© 2016 NBASE-T Alliance, Inc. All rights reserved. 無断の使用を禁じます。

NBASE-TTM、NBASE-T AllianceSM、および本書で使用されているすべてのNBASE-Tロゴは、NBASE-T Alliance, Inc.または米国およびその他の国におけるライセンサーの登録商標または未登録商標、サービスマーク、あるいは認証マークです。All rights reserved. 無断の使用を禁じます。本書で使用されている他の名称、マーク、およびロゴは、それぞれの所有者の商標またはサービスマークです。

仕様および本書の内容は予告なく変更されることがあります。