

IEEE 802.3az Energy Efficient Ethernet: より環境に配慮したネットワークの構築

Energy Efficient Ethernet

イーサネットは世界で最も広く普及しているネットワーク インターフェイスです。事実上、すべてのネットワークトラフィックが複数のイーサネット リンク上で伝送されています。しかしながら、イーサネット リンクの大半は、その多くの時間、データ パケットの伝送を待つ「アイドル状態」にあります。しかも、その間もコンスタントに電力を消費しています。ネットワーク デバイスとネットワーク インターフェイスは、IT 全体で使用する電力の 10% 以上にあたる年間 10 テラワット/時を消費すると推定されています¹。Energy Efficient Ethernet (EEE) は、ネットワーク インターフェイスが果たす重要な機能を損なうことなく、そのエネルギー使用量を削減するためのメカニズムと基準を提供しています。

要約

このホワイト ペーパーでは、Energy Efficient Ethernet (EEE) に関する以下の 3 つの質問に対する答えを探求します。

- EEE の利点とは？ EEE のテクノロジーとその仕組みとは？
 - EEE の利用方法およびネットワークへの展開方法は？

ネットワーク技術における世界的リーダーであるシスコと、半導体チップおよびプロセッサの世界最大のベンダーでありギガビット イーサネット コントローラとギガビット/10 ギガビット アダプタの世界有数のサプライヤーであるインテルは、この標準の規格化に貢献し、この技術の相互運用性とエンタープライズ マーケットにおける円滑な導入を目指して共に開発、試験を行いました。このパートナーシップを通じて、シスコは業界で最も広く展開されているモジュラ型アクセス プラットフォームである Cisco Catalyst® 4500E シリーズ スイッチに EEE の新標準である IEEE 802.3az を導入しています。インテルは、同社のクライアント、サーバの両プラットフォーム向けのギガビット イーサネット製品ラインで EEE をサポートします。

背景説明

電子機器や IT が私達の生活に広く普及するに従い、それに関連するデバイスのエネルギー使用量にも注目が集まってきました。この傾向は、気候変動をもたらす温室効果ガスの排出や石油資源の枯渇への懸念、あるいはエネルギー インフラにかかる費用とその不安定さがもたらす負担を軽減する必要性などが原因と考えられますが、そこは重要なポイントではありません。IT にまつわるエネルギー消費削減への取り組みは、当初コンピュータや家電機器といったエネルギー消費量の最も高い分野に集中していました。しかし、IT 関連エネルギーの 10% をネットワーク機器が消費していることが確認されたため、当然、ネットワークの重要な機能に悪影響を与えずに、そのエネルギー消費量をいかに削減できるかが議論されるようになりました。

ネットワーク機器のエネルギー効率化に向けた取り組みの一貫として、IEEE は、2006 年 11 月に「Call for Interest」(標準化検討のための賛同者を募る会合)² を開催し、Energy Efficient Ethernet プロジェクト (IEEE 802.3az) の礎を築きました。このプロジェクトのタスク フォースでは、4 年にわたリーサネットの効率向上に向けた標準規格の変更に関して多くの提案を行い検討を続けました。そして、ツイスト ペア ケーブルの主流規格である「BASE-T」インターフェイス (10BASE-T、100BASE-TX、1000BASE-T、10GBASE-T) に焦点を合わせることに合意しました。イーサ

¹ Roth, Goldstein & Kleinman, 2001 年「Energy Consumption by Office and Telecommunications Equipment in Commercial Buildings」; Lanzisera, Nordman, Brown, 2010 年「Data Network Equipment Energy Use and Savings Potential in Buildings」; Kawamoto, Koomey, Nordman, Brown, Piette, Ting, Meier, 2002 年「Electricity Used by Office Equipment and Network Equipment in the U.S. (アメリカのオフィス装置とネットワーク装置で使用する電力)」

² http://www.ieee802.org/3/cfi/1106_1/EEE-CFI.pdf [英語]

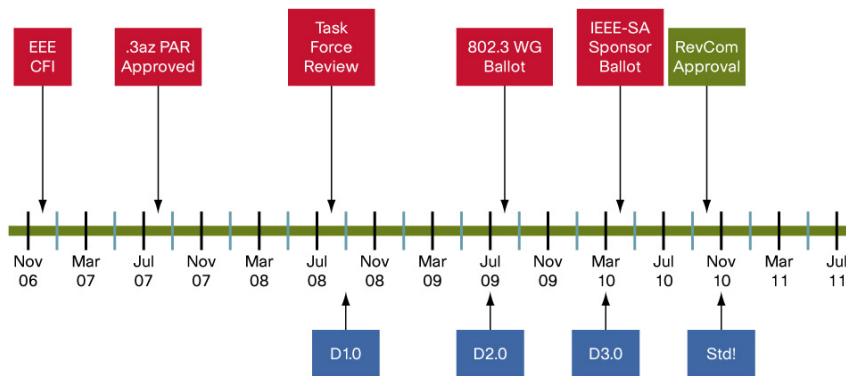
ネットの大部分を占めるこれらのインターフェイスは、特に最大のエネルギー削減が見込まれるネットワーク エッジに採用されています。

ブレード サーバや独自システムで使用されるバックプレーンイーサネット インターフェイスにまつわる変更は微小であると判断されたため、標準ではこれらのインターフェイスも扱っています。

標準策定過程では、下位互換性に多大な関心が寄せられました。この新しい標準は、機器の大半がレガシー インターフェイスを使用するネットワークに展開可能でなければなりません。また、このようなネットワーク上で既に稼働している多種多様なアプリケーションをシームレスにサポートする必要があります。新基準に準拠するインターフェイスが古いデバイスに接続する場合、既存の機能が完全にサポートされている限りはエネルギー削減に繋がらないケースも認められました。このようなことから、ネットワークを段階的にアップグレードすることを可能にし、EEE 対応機器の割合に比例して EEE の利点を享受できるようになります。

また、同規格は一部のネットワーク アプリケーションで大規模なトラフィック障害が発生する可能性があることを認め、そのような環境を利用してエネルギー削減の度合いを高めるためのネゴシエーション メカニズムを採用しています。互換性および堅牢性の保持を念頭に検討を重ねた後、2010 年 11 月、この規格はついに標準化され、現在は IEEE 802 の Web サイトで公開されています。図 1 に 4 年間の標準化プロセスの詳細を示します。

図 1: タイムライン - 4 年間のプロセス



発展と期待の時代

EEE はネットワーク アーキテクチャに対する考え方の変化を象徴しています。リンク上での通信が常に利用可能であるように、以前はネットワーク デバイスの使用レベルに関係なく、常に一定量のエネルギーを使用することが容認されていました。EEE の規格では、インターフェイス上にデータが流れていない期間にエネルギーを節約するために必要なシグナリングが定義されています。しかし、エネルギー削減の方法や節約の水準は規定されていません。この方法により、少ない変更で、将来的に省エネ化の拡大に対応するシステムを段階的に展開することを可能にしています。

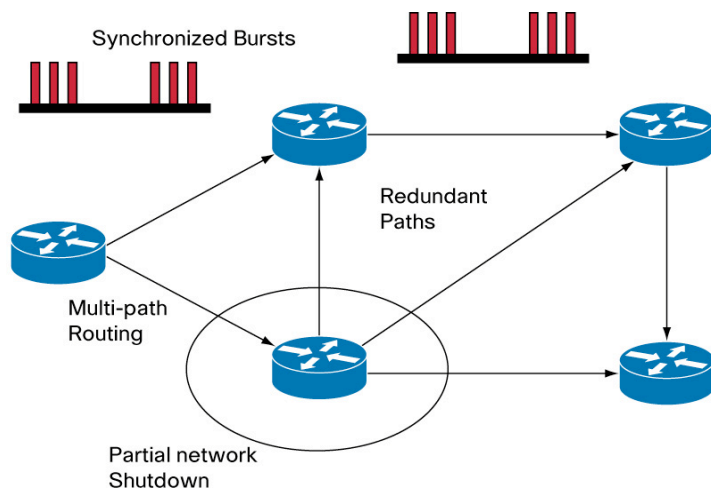
初期段階での標準の導入では、エネルギーの節約効果は(アイドル時とフルレート使用時を比較して)小規模になることが予想されます。しかし、初期のシステムは省エネ効率がさらに向上された後発の製品と共存可能となります。初期のシステムでは、データ伝送が行われていない間のエネルギー節約のために、物理層デバイス(PHY)にシンプルなスタティック論理設計を採用している場合があります。一般的に物理層デバイスはシステム電源の 20 ~ 40% を消費しますが、スタティック設計方式では物理層において最大 50% を節電できます。そのため、システム レベルでは 5 ~ 20% の節電が期待されています。

次世代のネットワーク システムでは、パワー アイランドや電圧スケーリングなどのさらに強力な省エネ技術が採用されることとなります。このような技術がシステムのすべてのシリコンに応用されれば、省エネ化の規模を拡大できます。ただし、このような強力な技術は、大規模な新規アーキテクチャの設計を伴うため、その実現に時間がかかることは免れません。このような節電技術を採用することで、各ネットワーク システムにおいて、特定の状況下での最大使用時の約 80% のエネルギー削減が期待されます。

ネットワーク エッジ上のデバイスでは、エネルギーの最小化のために、また別の技術が使用される場合があります。特にエッジ デバイスは、セキュリティを確保し、ネットワーク側のリクエストにตอบสนองするためにネットワーク リンクを保持する間、ディープ スリープ状態に移行させることができます。ディープ スリープ状態に入ったエッジ デバイスには長めのウェイクアップ時間が必要となる場合があります。これは、標準に定義されるリンク層プロトコルを使用してネゴシエートできます。ネットワーク エッジ上のシステムは、ウェイクアップ時間のネゴシエーションをサポートするだけでなく、拡張されたウェイクアップ時間もサポートし、エネルギー フットプリントを大幅に削減するためのエッジ デバイスの設計が将来展開された場合にもそれに対応できることが重要です。

最終的には、エネルギー効率の高いコントロール プレーン ソリューションを採用したネットワーク アーキテクチャが開発され、相互接続された複数の EEE ネットワーク システムが、総合的なエネルギー使用を最小化した形で機能できるようになります。制御ポリシーの調整を行うことで、各デバイスが自身のエネルギー使用の最適化を優先させ、ネットワーク全体の最適化が後回しにされることを回避します。この分野については、現在精力的に研究が行われていますが、ネットワークレベルのソリューションの実現化まではもう少し時間がかかります。しかし、初期のシステムに管理機能とネゴシエーション機能を持たせ、将来のネットワークに参加できるようにすることが重要です。図 2 にコントロール プレーン主導の省エネ型ソリューションの概念を示します。

図 2: ネットワークレベルの概念

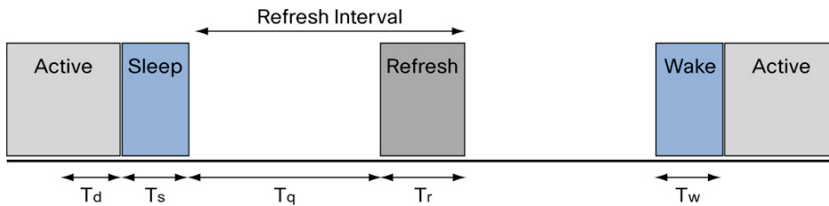


EEE の中核技術 - Low Power Idle

EEE の基本的な考え方は、「通信リンクは実際にデータが送信される時のみ電力を消費すべきだ」というものです。1990 年代以降に開発されたほとんどの有線通信プロトコルには、データ送信中かどうかに関わらず電力を消費する、継続型の伝送方式が採用されてきました。この背景には、データ伝送に常時対応できるように、フル帯域幅のシグナリングでリンクを保持する必要性がありました。データストリームの空白時にエネルギーを節約するために、EEE では、送信側が「データ間に空きがあるためリンクがアイドル状態に入って構わない」ことを示すシグナリング プロトコルを使用します。また、このシグナリング プロトコルは「事前定義された時間が経過した後、リンクの再開が必要である」ことを通知します。

EEE プロトコルでは、データ パケットの間に送信される通常のアイドル信号を変更したものが使用されます。この信号は、Low Power Idle (LPI) と呼ばれます。送信側は、アイドル信号の代わりに LPI を送信し、リンクがアイドル状態に移行可能であることを示します。LPI をある一定の期間 (T_s = time to sleep) 送信した後、送信側はすべての信号の送信を停止し、リンクは休止状態に移行します。送信側は定期的に信号を送信し、リンクがリフレッシュを行わずに長期間休止状態に陥ることがないようにします。最終的にリンクの全機能を再開させる際に、送信側が通常のアイドル信号を送信します。事前定義された時間 (T_w = time to wake) の経過後、リンクはアクティブに移行し、データ送信が可能になります。図 3 に EEE の各状態を示します。

図 3: LPI の略図



EEE プロトコルでは、最小または最大スリープ インターバルの設定がないため、いつでもリンクをウェイクアップ状態に戻すことができます。このため、予測不可能なトラフィックが発生した場合も、効率よく機能を復活させることができます。デフォルトのウェイクアップ時間は、物理層デバイスの種類別に定義されます。一般的には、特定のリンクスピードで最大長のパケットを送信するのに必要な時間が指定されます。たとえば、1000BASE-T のウェイクアップ時間は 16.5 マイクロ秒で、これは 2000 バイトのイーサネット フレームの送信に要するおおよその時間に該当します。

リンクの保持

リンクがアイドル状態の間に、定期的送信されるリフレッシュ信号には、いくつかの重要な意味があります。第 1 に、リフレッシュ信号は従来のイーサネットにおけるリンク パルスと同じ役割を担います。リフレッシュ信号によるハートビートにより、送受信する双方にリンクの存在を知らせ、リンク切断時には速やかに通知が行われます。通常は 100Hz 以上の周波数で送信されるリフレッシュ信号は、リンクの片方が切断され、リンク切断イベントを発生せずに別の相手に切り替わるといった状況に陥るのを防ぎます。この方法により、継続的な接続が不可欠であり、リンク切断時には通知を必要とするタイプのセキュリティメカニズムとの互換性を保ちます。

リフレッシュ信号を使用してリンクを保持することにより、上位層のアプリケーションにもリンクの存続が通知され、ネットワークの持続性が保たれます。電力レベルの変化により、接続が寸断され、リンクフラップやネットワークの再構成、クライアントアソシエーションの変更などが発生しないようにする必要があります。

第 2 に、リフレッシュ信号をチャネルのテストに使用し、チャネルの特性が変更された場合に受信側がそれに適応できるようにします。高速リンクがデータの整合性を失うことなく、フルスピードのデータ転送への迅速な移行を行うためには、この機能が必須になります。リフレッシュ信号の構成は各物理デバイスタイプでサポートされるメディアに適応するように設計されています。

Low Power Idle を採用、速度変更ではない

802.3az タスクフォースの初期の企画では、リンク速度の変更に数秒を要する既存の自動ネゴシエーションプロトコルよりも迅速な速度変更プロトコルの開発に注力していました。これが実現され、高い帯域が必要ない場合には 1000BASE-T または 10GBASE-T のような高速のハイパワーリンクから、10BASE-T のような低速のローパワーモードへの移行が速やかに行われるようになれば、節電が実現できると考えられていました。しかし、その後さらなる検討を重ねた結果、先に説明した LPI メカニズムを採用すれば、リンク速度の変更に伴うネットワークや管理ツールの切断を回避しつつ、同等またはそれ以上の節電効果が得られるであろうという見解に達しました。

このように初期の段階では速度変更による節電に注力していたため、今でも EEE では速度変更により節電を実現しているという誤った共通認識が存在しています。しかし、これは事実と異なります。1000BASE-T リンクが LPI モードに変更されても、1000BASE-T リンクであることに変わりはありません。

ディーパー スリープ状態のためのネゴシエーション

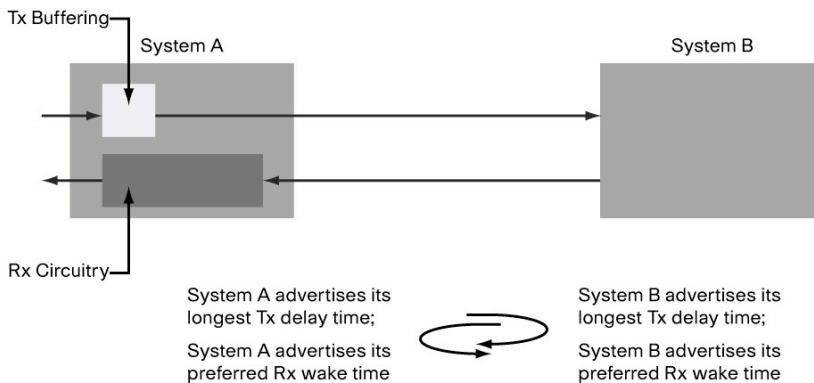
EEE では、ウェイクアップ時間の再ネゴシエーションを可能にしています。先に説明したように、デフォルトのウェイクアップ時間は、一般的には各物理層デバイスで使用される最大長のパケットの送信に要する時間を目安に物理層デバイスの種類ごとに定義されます。一部のケースでは、デバイスをディーパー スリープ状態にすることができます。ディーパー スリープ状態から、完全に機能可能な状態に復帰するには、長めのウェイクアップ時間が必要です。たとえばこの技術を、PC またはサーバのネットワーク インターフェイス カード(NIC)に適用して、システム全体をスリープ状態に移行させ、ネットワーク アクティビティの発生によりアクティブ状態に復帰させたり、あるいは大容量メモリを備えたシステムに適用して、メモリシステムへの電力供給を中断することで大規模な節電を行うといった利用方法があります。

ディーパー スリープ状態への移行を調整するために、ネゴシエーションが必要です。受信側は複数のレベルのスリープ状態に移行可能であり、それぞれのレベルに異なるウェイクアップ時間が必要となります。同様に送信側では、パケットの転送先の準備が整うまでの間、到着したパケットを廃棄することがないように、バッファの容量に制限を設けることも可能です。ネゴシエーションは IEEE 802.1AB に定義される Link-Layer Discovery Protocol (LLDP) のパケット交換手順に基づいて実行されます。この標準規格は、多くのネットワーク機器ですでにサポートされているため、ウェイクアップ時間のネゴシエーションを追加するうえで、システムに余分な負荷を与えることはありません。

ネゴシエーションでは、受信側のスリープ モードに必要なウェイクアップ時間と、送信側で許容される最大遅延時間のバランスを取り、必要なパフォーマンスを提供しながら、エネルギーを最大限に節約できるようにします。通信の方向ごとに異なるパラメータでネゴシエーションを行い、ウェイクアップ時間に差をつけることも可能です。また、ネットワークの状況や制御ポリシーに合わせて、必要に応じて再ネゴシエーションを実行することもできます。高度なネットワークシステムでは、Cisco EnergyWise のようなネットワーク 電力管理システムのポリシーに基づいて再ネゴシエーションを実行できます。また複数のポート間で共有するバッファの使用を調整し、エッジ デバイスにおける最大の省エネ効果を実現します。

図 4 にネゴシエーション手順の概要を示します。

図 4: ネゴシエーション



EEE の導入

EEE をサポートする各物理デバイスは、初回のリンク接続時の自動ネゴシエーションを通して EEE 機能のサポートをアドバタイズします。リンクの相手側が EEE 機能のサポートをアドバタイズしていない場合は、2 つのピア間のリンクはすべて EEE を使用しないレガシー モードで確立されます。このため、ネットワーク管理者は、既存のネットワークに問題を生じさせる心配なく、EEE 対応のシステムを導入することができます。ネットワーク上に EEE 対応のネットワーク デバイスやエンド ポイントが増えるに伴い、より多くのリンクが EEE による省電力化のメリットを享受できるようになります。

初期のシステムでは、デフォルトのウェイクアップ時間と、単純な EEE ポリシーのみのサポートとなることが考えられます。そのため、導入の初期段階では、エネルギー節減の可能性は限られたものとなります。しかし、システムのアップグレードや、高度なシステムの導入を行うことで、先に説明した、ウェイクアップ時間のネゴシエーションに対応され、ディーパー スリープ状態への移行が可能になります。さらに、複数の EEE ポリシーをサポートすることで、主要なアプリケーションが必要とする条件に、スリープとウェイクアップを適合させることもできます。ネットワークへの EEE 導入が進むに従い、ネットワーク効率の向上とさらなる省エネ効果が期待できます。

省エネ型のサービスの提供

当初から、顕著なパフォーマンスの低下を招くことなく、EEE リンク上で高位層のサービスを実行することを目的として、EEE の定義が進められました。EEE の定義は、リンクが整合性を保ち、すべてのリンク機能を失うことなく省電力状態に移行できることを前提としています。このため上位層の機能は、データと LPI の状態変化を考慮する必要があります。上位層の機能は、EEE 機能により提供される管理情報を利用して、ウェイクアップ時間の再ネゴシエーションを管理できます。

多くの EEE インターフェイスでは、デフォルトのウェイクアップ時間に、リンク先の速度におけるパケット最大長分の遅延時間と同程度の値が使用されます。ストア アンド フォワード スイッチング方式や、一般的なイーサネット パケット伝送でもこれと同様の遅延時間が採用されているため、アプリケーションへの影響を最低限に抑えることができます。LAN 環境内で最大遅延時間を制御する必要のあるアプリケーション (IP テレフォニーやテレプレゼンス) は、デフォルトのウェイクアップ時間を使用することで、どの EEE リンク上でも問題なく動作可能になります。この種のアプリケーションを利用する場合、ネットワークの重要な部分において、ディーパー スリープ状態 (長いウェイクアップ時間のネゴシエーション) が適用される際にはネットワーク管理者は注意する必要があります。

インターネットや WAN を介しての実行が想定されるアプリケーションは、長い遅延 (1 ミリ秒未満) を許容すると考えられています。このようなアプリケーションは EEE のディープ スリープ状態に移行するためのネゴシエーションを問題なく許容できます。

一部のアプリケーションは、遅延に対して非常に敏感です。たとえば、ハイ パフォーマンス コンピューティング (HPC) は、プロセッサ間通信やトラフィックの同期に要する遅延時間に強く影響を受けます。同様に、金融取引を扱うアプリケーションでは、遅延時間は最大パケット長分よりかなり低い値である必要があります。カット スルー 方式のスイッチングが求められます。Cisco EnergyWise のようなネットワーク全体の電力制御を担当するアプリケーションでは、このような影響を受けやすいアプリケーションの実行中は EEE 機能を無効にして、それらが休眠状態の間のみエネルギーを節減することができます。高度に最適化されたデータセンターにおいても、特定の EEE プロファイルを使用して大容量ファイルの転送を行う際に、ある程度のパフォーマンスの低下が認識される場合があります。そのような場合でも、ネットワーク全体の電力制御アプリケーションを活用し、ピーク時、オフピーク時にプロファイルを調整することで、パフォーマンスへの影響を軽減できます。

EEE 上でのアプリケーション

ビデオ配信: 一般的には User Datagram Protocol (UDP) を使用	ウェイクアップ時間はフレーム バッファの値と比較してかなり小さい	★ ★
IP ビデオ テレフォニーまたはテレプレゼンス	許容遅延時間: 組み込みで約 1 ~ 10 ミリ秒 (EEE デフォルト値使用時でパフォーマンスの低下は認識されない)	
大容量データまたはファイル転送	超最適化された DC 電源ではパフォーマンス低下が認識される可能性あり (ポリシーに依存)	★
インターネット アプリケーション各種	耐遅延設計。ディープ スリープ状態に対応	★
HPC: プロセッサ間通信	マイクロ秒クラスの遅延の影響を受ける可能性あり	

エッジにおける EEE

EEE の正当性は、典型的なエッジ デバイスの使用において最も強く証明されます。ほとんどのクライアント コンピュータはピーク時でさえ、不定期かつ突発的にネットワーク接続を利用します。EEE の通常の動作は、このような動作に適しています。オフピーク時には、クライアント デバイスをスリープ状態または休眠状態に移行させることができます。この状態の間、ネットワーク インターフェイスを完全に非アクティブ状態にすることが可能であるにもかかわらず、多くの場合ではインターフェイスの覚醒状態を保ってネットワーク サービスとクライアント間の接続を保持し、リモート側からのリクエストにより、いつでもアクティブ状態に移行できるようにすることが求められています。

クライアントをネットワーク サービスに常時接続させることにより、デバイスを省電力状態に移行させる機能が制限される場合があります。この問題は、ネットワーク インターフェイス内のサブシステム、あるいはリモート デバイスに接続を代行させることで解決できます。この代行手順は、ネットワーク プロキシとして定義されています。³ EEE とネットワーク プロキシを併用すると、ネットワーク インターフェイスをフル パワーに保つことなく、リモート プロキシ デバイスがクライアント リンクを保持します。

エッジ デバイスも、省電力モードへの移行の際に、ウェイクアップ時間のネゴシエーション機能を利用できます。リモート デバイスからクライアントを再アクティブ化するためにパケットが送信されると (Wake-on-LAN など)、ネゴシエーションにより、クライアントが省電力モードから復帰して入力パケットを処理可能になるまでに十分な時間が与えられます。これにより、このようなリモート ウェイクアップ機能を使用するサービスのパフォーマンスと信頼性を向上します。

EEE の標準化前には、コンピュータやサーバがスリープ状態に移行する際に、イーサネット リンクの再ネゴシエーションを行い、リンク速度を落とすことで節電する方法が一般的でした。たとえば、1 ギガビット/秒で動作するリンク (100BASE-T) は、PC がスリープ状態に入ると 10 または 100 メガビット/秒に速度を落とし、PC がウェイクアップ状態に復帰する際に再ネゴシエーションを行い 1 ギガビット/秒に戻します。これらのリンク速度間の電力消費量の差は、50 ~ 100 ワット以上のフルパワー運用時の PC と比較して小さいものの、スリープ状態の PC の電力使用量は 1 ~ 5 ワットであるため大幅な電力削減が期待できます。EEE の機能を利用することで、PC やその他の「スリープ重視型の」デバイスは、リンク速度を落とすことで得られる電力削減と同様の効果を達成しながら、デバイスを迅速に再アクティブ化させることができます。リンクのウェイクアップ時間の短縮は、スリープ、アクティブ、接続への迅速な移行を可能にし、ユーザ エクスペリエンスの向上をもたらします。

次世代ネットワークにおける EEE 管理

EEE では、システム間で LPI 情報を伝達する方法、およびインターフェイスの省電力モードへの移行手順が定義されています。しかし、どのような状況下で LPI 情報を伝達すべきかについては定義されていません。各システムがそれぞれのポリシーに則って、スリープ状態、ウェイクアップ状態への移行を行うタイミングを決定します。ポリシーの例は次のとおりです。

- **最も単純なアルゴリズム:** 送信バッファが空になったら、短時間待機した後に LPI 情報を送受信する。送信するパケットが到着したら、リンクを再アクティブ化する。
- **バッファ アンド バースト:** 送信バッファが空になったら LPI 情報を送受信する。パケットが到着したら、ある程度の量がまとまるまで、あるいはタイマーが満了するまで待機した後、リンクを再アクティブ化する。
- **シンクロナイズド バースト:** タイマーに従ってリンクの非アクティブ化、再アクティブ化を行い、システムの動作を最適化してバックプレーンの帯域幅を縮小する、または複数のインターフェイスが同時にアクティブ化されないようにする。
- **アプリケーション認識型ポリシー:** トランスポート層または上位層の通信をモニターして、リンクを非アクティブ化できるか、またはまもなく次のパケットが到着するかを判別する。

本標準の歴史はまだ浅く、今後さまざまな要求事項に従って、さらに多様なポリシーが展開されることが期待されます。EEE をサポートするデバイスが、Cisco EnergyWise のようなネットワーク電力管理システムに使用可能なポリシーを伝達し、そのポリシーを制御、調整することで、ネットワーク全体の動作を最適化することが重要です。初期の EEE システムでは、それほど多くのポリシーはサポートされません。それでも、将来的な互換性を勘案の上、ネットワーク電力管理システムとの相互運用を目指す必要があります。

Cisco Catalyst 4500E スイッチと EEE

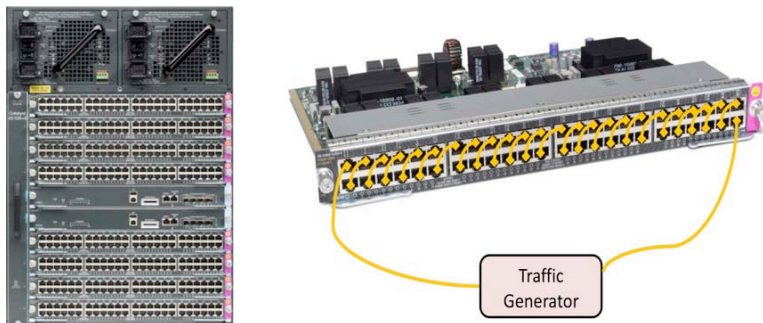
現在、シスコの最先端のキャンパス アクセス スイッチング プラットフォームである Cisco Catalyst 4500E スイッチへの EEE の導入が進められています。このセクションでは、実際のラボテストで得られた電力削減の結果を紹介します。

³ <http://www.ecma-international.org/memento/TC38-TG4.htm> [英語]

フル装備された 384 1000Base-T ポート搭載 Cisco Catalyst 4500E を使用して EEE のテストを行いました。テストの設定では、ポート 1 と 384 をトラフィック ジェネレータに接続し、リンク使用率を低く抑えた状態でバーストラフィックを送信し、デスクトップとラップトップの実際のトラフィックを再現しました。パケット間ギャップが 100 ミリ秒で、バーストラフィックが 100 ミリ秒ごとに発生するようにジェネレータを調整します。各バーストを 100,000 の 64 バイトパケットで構成します。

すべての隣接するポートをスネーク状にループ接続します。ポート 1 に入力したトラフィックが 2 にスイッチされ、外側からポート 3 に戻るといった具合に接続します。これにより、すべてのポートにトラフィック ジェネレータから送信された同じバーストラフィックが流れるようになります。図 5 にシステム内の 1 枚のラインカードにトラフィック ルーピングを施した状態を示します。

図 5: トラフィック ルーピング



以下の CLI 出力データは、EEE が有効化される前に 384 ポートのシステムが消費した電力を示しています。この数値から、システムの瞬間消費電力が 892 ワットであることがわかります。

```
4510_Sup7E#show power mod
```

Mod	Model	Watts Used of System Power(12V)				
		budgeted	instantaneous	peak	out of reset	in reset
1	WS-X4748-UPOE+E	75	59	59	75	35
2	WS-X4748-UPOE+E	75	62	44	75	35
3	WS-X4748-NGPOE+E	75	61	62	75	35
4	WS-X4748-NGPOE+E	75	61	62	75	35
5	WS-X45-SUP7-E	260	202	205	260	100
6	WS-X45-SUP7-E	225	199	203	225	225
7	WS-X4748-NGPOE+E	75	64	64	75	35
8	WS-X4748-NGPOE+E	75	62	62	75	35
9	WS-X4748-UPOE+E	75	59	59	75	35
10	WS-X4748-NGPOE+E	75	63	63	75	35
--	Fan Tray	255	--	--	--	--
Total		1340	892	883	1085	6053

同様のシステムを使用して、EEE を有効化した後の瞬間消費電力を計測します。以下の出力データから、消費電力が 751 ワットに低下したことがわかります。

```
4510_Sup7E#show power mod
```

Mod	Model	Watts Used of System Power(12V)				
		budgeted	instantaneous	peak	out of reset	in reset
1	WS-X4748-UPOE+E	75	42	59	75	35
2	WS-X4748-UPOE+E	75	44	44	75	35
3	WS-X4748-NGPOE+E	75	44	62	75	35
4	WS-X4748-NGPOE+E	75	43	62	75	35
5	WS-X45-SUP7-E	260	202	205	260	100
6	WS-X45-SUP7-E	225	199	203	225	225
7	WS-X4748-NGPOE+E	75	45	64	75	35
8	WS-X4748-NGPOE+E	75	45	62	75	35
9	WS-X4748-UPOE+E	75	42	59	75	35
10	WS-X4748-NGPOE+E	75	45	63	75	35
--	Fan Tray	255	--	--	--	--
Total		1340	751	883	1085	605

この 384 ポート搭載システムでは、141 ワットの消費電力が削減されました。上記の構成では 384 のポートが使用されていますが、隣接するポート同士を接続して 1 つのリンクを構成しているため、実際に EEE が有効化されたのは 191 のポートのみです。さらに、トラフィック ジェネレータ自体も EEE に対応していません。そのため、各 EEE リンクの平均節電量は 0.74 ワットと計算できます。

EEE は EEE 対応のラインカードを組み込んだ Cisco Catalyst 4500E スイッチに Cisco Catalyst 4500 Supervisor 7-E 以上を搭載することで実現できます。表 1 に Cisco Catalyst 4500E プラットフォーム上での EEE の互換性を示します。

表 1: Cisco Catalyst 4500E プラットフォーム上の EEE 互換性

シャーシ	スーパーバイザ	ラインカード
WS-C4503-E	WS-X45-SUP7-E	WS-X4748-UPOE+E
WS-C4506-E		WS-X4748-RJ45-E
WS-C4507R+E		
WS-C4510R+E		

関連情報

詳細については、[Cisco Catalyst 4500E スイッチ データシート](#)を参照してください。

Intel と EEE

Intel® のクライアントおよびサーバ プラットフォーム向けイーサネット製品は、標準機能として EEE をサポートしています。

- Intel 82579LM Gigabit Ethernet Connection は、EEE モード運転時に、アイドル状態における消費電力を 90% 削減し、デスクトップおよびモバイル プラットフォームに多大な節電効果をもたらします。この製品は、第 2 世代の Intel® Core™ vPro™ プロセッサ ファミリの全システムの主要コンポーネントです。プロセッサ、チップセットおよびネットワーク接続全体において電力効率機能を提供し、必要な電力を大幅に削減しながら、前世代のシステムよりもさらに優れたパフォーマンスを実現します。
- Intel Ethernet Controller I350 は業界で初めて EEE に対応した完全統合型のクアッドポートイーサネットコントローラです。MAC と PHY 双方の機能を組み合わせたこのコントローラは、Intel® Xeon® プロセッサベースのプラットフォーム向けに最適化されており、4 つのすべてのポートで EEE をサポートします。EEE アイドルモード時において約 50% の消費電力削減を実現します。

詳細については <http://www.intel.com/go/ethernet/> [英語] を参照してください



©2011 Cisco Systems, Inc. All rights reserved.

Cisco, Cisco Systems, およびCisco Systemsロゴは、Cisco Systems, Inc.またはその関連会社の米国およびその他の一定の国における登録商標または商標です。本書類またはウェブサイトに掲載されているその他の商標はそれぞれの権利者の財産です。「パートナー」または「partner」という用語の使用はCiscoと他社との間のパートナーシップ関係を意味するものではありません。(0809R) この資料に記載された仕様は予告なく変更する場合があります。



シスコシステムズ合同会社

〒107-6227 東京都港区赤坂9-7-1 ミッドタウン・タワー
<http://www.cisco.com/jp>
お問い合わせ先:シスコ コンタクトセンター
0120-092-255 (フリーコール、携帯・PHS含む)
電話受付時間: 平日10:00~12:00、13:00~17:00
<http://www.cisco.com/jp/go/contactcenter/>

お問い合わせ先