

クラウドコンピューティング時代の データセンターとネットワークの 省エネ技術

飯島 明夫・岩田 淳
雨堤 俊之・尹 秀薫

要 旨

インターネットの利用拡大が進む今日、ICT利用の新たな形態としてクラウドコンピューティングが注目を集めています。今後、こうした新たなICT利用の拡大に伴いネットワークのトラフィックは増加を続け、ネットワークシステムの省電力対策はますます重要になります。NECは既にネットワーク機器の省電力化に取り組んでおり、更に今後のクラウドコンピューティング時代に向けて、次世代インターネット技術OpenFlowによりネットワークとITが連携して、ICTシステム全体の省電力化を図る研究開発に取り組んでいます。

キーワード

●クラウドコンピューティング ●ネットワーク ●省電力 ●次世代インターネット技術 ●OpenFlow ●ICT

1. まえがき

NECは、ICTでナビゲートする人と地球にやさしい社会の実現を目指しています。ICT利用を広げることにより、社会全体としてのCO₂排出を削減する省エネ化「ICTによるエコ」が進む一方で、ICT製品そのものの省エネ化「ICTのエコ」についても今後更に推し進める必要があります。インターネットの普及によりネットワークを基盤とするITの活用が広がりを見せており、クラウドコンピューティングによりこれが進みつつありますが、一方でデータセンターとネットワークシステムにおいては省エネ対策が課題となってきます。

本稿では、ネットワーク機器における最近の省エネ化に向けた動きとNECの省電力への取り組み、更にクラウドコンピューティング時代に向けたネットワークの省電力化技術の適用例と、それを具体化する次世代インターネット技術OpenFlowによるネットワークの省電力制御について述べます。

2. クラウドコンピューティングの今

近年、インターネットの利用拡大が進み、そこでは様々なサービスが提供されています。サービスを提供する事業者は、データセンターのサーバ上にサービス提供基盤を構築し、

サーバが相互に連携を図りながらインターネットを介したユーザに様々なサービスを提供しています。ユーザはインターネットに接続できる環境と端末さえあれば、サービス提供事業者の様々なサービスを簡単に利用することができます。こうしたICT利用の形態はクラウドコンピューティングと呼ばれ、実際のビジネスとしても立ち上がり成長しています。

ユーザにとってクラウドコンピューティングのサービスを利用するメリットは、少ない初期費用でサービスを利用でき、自前でサーバ設備を保有する必要がなく、サーバのメンテナンスからも開放される点などがあります。こうした特徴は、省エネの役割としても期待ができます。例えば、クラウドコンピューティングを活用した省エネサービスは、少ない初期コストで省エネに取り組めることから、省エネ対応の裾野を設備投資能力がある大企業や中規模企業から、小規模企業や個人へと拡大する役目を果たせると考えられます。これにより、経済社会全体のエネルギー効率向上と環境負荷低減の動きを更に加速することができます。

その一方、こうしたICT利用が拡大することにより、クラウドコンピューティングのインフラを構成するデータセンターではサーバの情報処理量が増加し、またネットワークを流れる情報量も増加します。そのため、サーバやネットワーク機器の電力消費が増加し、その対策が課題となってきます。

3. ネットワーク機器の省電力対策

3.1 ネットワーク機器の省エネ化動向

社会におけるICT利用の拡大に伴い、国内外ではネットワーク機器の省エネ化に向けた動きが活発になってきました。欧州ではEUを中心に、EuP (Energy-using Products) 指令におけるネットワーク機器のスタンバイ電力基準に関する技術検討が開始されており、ETSI (European Telecommunications Standards Institute) においてネットワーク機器の最大消費電力値に関する技術検討が行われています。米国では、ATIS (Alliance for Telecommunications Industry Solutions) においてネットワーク機器のエネルギー効率指標策定が検討されています。日本では経済産業省が中心となり、ネットワーク機器に対する省エネ基準の適用が省エネ法により盛り込まれ、2009年度より一部の製品から適用が開始されました。その中では、ネットワーク機器に対してトップランナー制度に基づく省エネ基準を定めており、最初の適用対象としては小型ルータ、レイヤ2スイッチが挙げられており、その他のネットワーク機器についても今後の法制化に向けて適用基準の検討が進められています。

3.2 ネットワーク機器における省電力化の取り組み

こうした動きの中、NECではネットワーク機器においては次のような省電力化の取り組みを行っています。

(1) IP8800シリーズ

IP8800/S6700、S6600シリーズは、集中アーキテクチャの採用により電力を消費する主要部品を集約化して部品数を低減し、低消費電力化を実現しています(図1)。

また、設計レベルの省電力化とともに省電力機能を搭載しています。次に挙げる機能については、通常の運用を継続しながら通信を中断することなく利用することができます。

1) オンラインでの省電力モードへの切り替え

省電力モードは、システムの余剰性能を抑えることにより消費電力を削減します。主に転送性能を抑えてCPU性能は通常と変わらないため、装置の機能や安定性は変わりません。

2) 待機系スイッチユニット給電OFF機能

冗長化されたスイッチユニットのうち、待機系ユニットへ

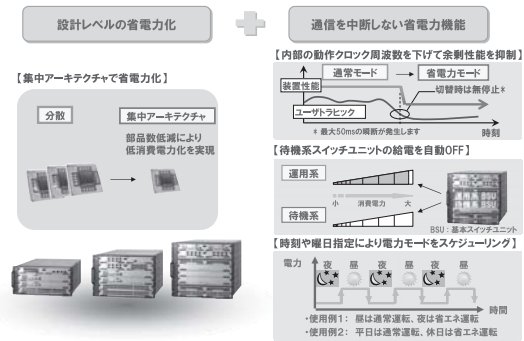


図1 IP8800/S6700, S6600シリーズの省電力技術



図2 QX-S600シリーズの省エネ機能

の給電を停止して消費電力を削減します。

3) スケジュール機能

指定した日付・曜日・時間に省電力機能のON/OFFを自動で制御します。

(2) QXシリーズ

QX-S600シリーズは、設計レベルからの省電力対策に加え、独自の省電力機能「ECOモード」を搭載しています(図2)。設計における省電力対策としては、高効率な電源を使用することにより電力変換のロスを抑え、更に低消費電力部品の採用により全体の省電力化を図っています。この省電力化により、ファンレスでありながら動作温度50℃に対応する高い耐環境性能を実現し、ネットワークシステム及び空調システムの電力消費削減を可能にします。省電力機能「ECOモード」は、LANポートに接続できるケーブル長を最大50mまでに制限することにより、①LANポートへの供給電力を抑え、②LANポートの状態表示LEDを消灯することで電力消費を削減します。もしECOモード設定時に状態表示LEDの確認が必要な場合には、LED Viewボタンを押すことにより点灯させることができます。通常モードと

ECOモードは正面ボタンで容易に切り替えが可能であり、ケーブル長などの利用条件の工夫によって、電力消費を削減して運用コストを抑えることが可能です。この他にも未使用ポートに対する電力供給を自動的に抑制する機能を備え、通常モード/ECOモードのいずれにおいても利用可能です。

このように、ネットワーク機器においては機器単体としての省電力化が進んでいますが、今後のクラウドコンピューティング時代に向けては、ネットワークシステムとしての更なる省電力化を実現するとともに、ネットワークとITの連携によるサーバ・データセンターとネットワークシステム全体としての省電力化の取り組みも必要になってきます。

4. クラウドコンピューティング時代のネットワークの省電力化技術

クラウドコンピューティング時代のネットワークの省電力化に向けては、第3章で述べたネットワーク機器自体の省電力化に加え、①ネットワークのトラフィック状況に応じて電力消費量が最適となるように経路選択を行う省電力ルーティングや、②ネットワークシステムがIT機器やアプリケーションと連携してクラウドコンピューティングシステム全体の電力消費量の最適化を図る経路制御技術の開発が重要になります。トラフィックの混雑状況に応じた省電力ルーティングの例を図3に、アプリケーションと連携してクラウドシステム全体の最適化を図る経路制御の例を図4に示します。

図3は、オフィスにおける日中と夜間のネットワークの使用状況に応じてトラフィックの転送経路の切り替えを行い、不要なスイッチの電源オフ制御やトラフィック負荷に応じたスイッチの省電力制御を行う例を示しています。図4は、ユーザのサービス利用状況に基づいて、IT機器及びネットワークシステムの総電力消費量が最適になるように、サーバの仮想化技術を用いてユーザのサービスアプリケーションのデータセンター集約を図ります。それとともに、ネットワーク側も経路制御及びネットワーク機器の電力制御による最適化を図り、クラウドシステム全体の電力消費を最適化する例を示しています。なお、これらのネットワークの省電力化制御を実際に行うためには、ネットワークにおいては、ネットワークのトラフィック状況の正確な把握、スイッチ・ルータのトラフィック経路情報の柔軟な切り替え制御機能、スイッチ・ルータ機器自身の電源オン/オフまたは省電力運転制御機能が重要となり、

【ネットワーク利用状況に応じた省電力ルーティングの例】

● 監視しているトラフィックの状況にもとづいて、経路制御と装置の省電力制御を実施

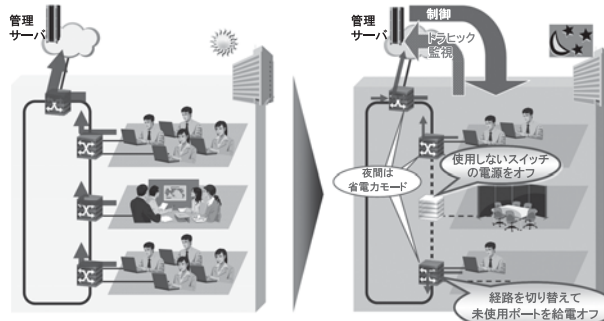


図3 ネットワーク利用状況に応じた省電力ルーティング

【ネットワークとアプリケーション全体で電力消費を最適化する例】

● ユーザのサービス利用状況にもとづいて、アプリケーションとネットワークを制御してサーバとネットワーク装置の電力消費を最適化する

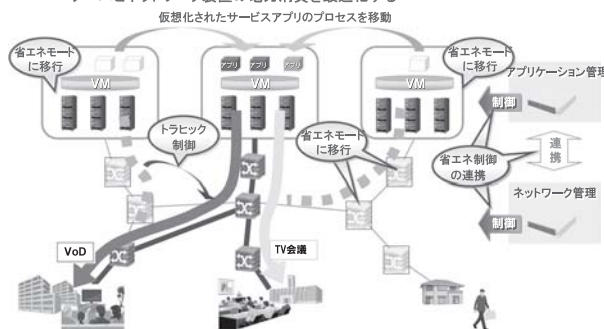


図4 クラウドシステム全体での電力消費最適化

そのため更なる技術革新が要求されています。

5. 次世代インターネット技術OpenFlowによるネットワークの省電力制御

従来のスイッチやルータは、受信したパケットの宛先MACアドレスや宛先IPアドレスを参照し、レイヤ2スイッチングの場合は自律的に学習したMACアドレスの経路テーブルに基づき、IPルーティングの場合は隣接ルータなどから学習したIPルーティングテーブルに基づき経路を決定してパケットを転送します。そのため、一般的にパケットの転送経路を外部からコントロールすることが難しく、第4章で述べたようなネットワークのトラフィック量に応じてパケット転送経路の集約などを図り、不要なスイッチ・ルータの電力制御を行い、省電力化を図ることは困難でした。しかし現在、次世代インター

- “パケット中継転送を行うフロースイッチング機能”と“経路制御サーバ機能”をOpenFlowプロトコルによりレイヤー分離。
- 経路制御サーバ(OpenFlow Controller)が、スイッチからのファーストパケットの受信または、上位アプリ連携による経路変更をトリガーに、経路情報(Flow Table)をスイッチに設定/変更することにより、トラフィックの転送経路制御を行う。

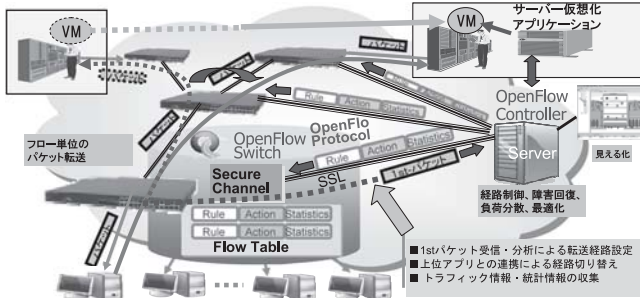


図5 OpenFlowの動作概要

ネット技術として開発されているOpenFlow技術を用いると、パケットの転送制御は、フローと呼ばれるMACアドレス、IPアドレス、ポート番号などの送信元及び宛先アドレスの組み合わせにより、ユーザ単位、アプリケーション単位のきめ細かな転送制御や監視が可能になります。また、OpenFlowでは、経路制御情報を管理するサーバ (OpenFlow Controller) を、パケットを転送するスイッチノード (OpenFlow Switch) と独立させて動作させるため、経路制御情報を管理するサーバからネットワーク全体のトラフィック転送経路をきめ細やかに制御することが可能になります。OpenFlowの動作概要とフロースイッチングの概念を 図5 と 図6 に示します。

スイッチはパケットを受信すると転送先経路を調べるために内部に記録されたフローテーブルを検索し、合致したフローテーブルが見つければ、そのルールに従ってパケットを転送します。フローテーブルがない場合は、サーバに新たに経路を問い合わせ、サーバからの回答に従いフローテーブルを設定しパケットの転送を行います。また、サーバは上位/外部アプリケーションと連携し、スイッチのフローテーブルを変更することにより、トラフィックの経路を自由に変更できるようになります。図5では、OpenFlow Controllerが上位のサーバ仮想化アプリケーションと連携し、仮想化マシンの上で動作するアプリケーションのデータセンター間の移動に伴い、ネットワーク上のパケット転送経路を切り替える例を示しています。こうしたネットワークトラフィックの経路制御技術と、ネットワーク機器、コンピュータ機器のリソース、及び電力の最適化アプリケーションを組み合わせることによって、図4に示すようなクラウドシステム全体の省電力化が可能になり

【従来のスイッチング/ルーティング方式】
L2/L3のレイヤーの宛先アドレスに従ってスイッチング/ルーティング
L2(MAC)スイッチング L3(IP)ルーティング

MAC 宛先 アドレス	MAC 送信元 アドレス	VLAN タグ	IP 宛先 アドレス	IP 送信元 アドレス	L4 宛先 ポート 番号	L4 送信元 ポート 番号	DATA
-------------------	--------------------	------------	------------------	-------------------	-----------------------	------------------------	------

【FLOWスイッチング】“FLOW”

“FLOW”=L1(物理ポート等)、L2(MAC)、L3(IP)、L4(ポート番号)の各レイヤーの任意のアドレス/識別子の組み合わせで、特定の通信トラフィックを識別し、そのトラフィックの取り扱いポリシーに従い最適な経路を選択し、スイッチング/ルーティング。

図6 Flowスイッチングの概念

ます。

6. おわりに

以上に述べたように、クラウドコンピューティングはICTによる省エネ化の裾野を更に広げます。そうした中で、これまで培ってきたネットワーク機器の省電力化技術を加速するとともに、次世代インターネット技術OpenFlowを使ってITとネットワークを融合させたクラウド全体の省電力化に取り組み、人と地球にやさしい社会の実現を目指します。

なお、本研究の一部は総務省の委託研究「セキュアクラウドネットワーク技術の研究開発」プロジェクトの成果です。

執筆者プロフィール

飯島 明夫
モバイルネットワーク事業本部
IPネットワーク事業部
統括マネージャー

岩田 淳
モバイルネットワーク事業本部
IPネットワーク事業部
シニアエキスパート

兩堤 俊之
モバイルネットワーク事業本部
IPネットワーク事業部
マネージャー

尹 秀薫
コンピュータソフトウェア事業本部
第二コンピュータソフトウェア事業部
シニアエキスパート