

低消費電力型通信技術等の研究開発（エコインターネットの実現）

基本計画書

1. 目的

地球環境の維持は、「現在及び将来の世代の人間が健全で恵み豊かな環境の恵沢を享受するとともに人類の存続の基盤である環境が将来にわたって維持されるように適切に行われなければならない（環境基本法第三条）」とあるように、今後の持続的な発展のために必要不可欠なものである。

しかしながら、利便性の追求に大きな重点を置く現代社会において、エネルギー消費量は爆発的に増大し、それに伴って温室効果ガスの増大による地球環境への影響は増加の一途を辿っている状況にある。

こうした背景の中、地球温暖化を防止するため、短期的には京都議定書^{*}において定められた 2012 年までの二酸化炭素排出削減に向けて、また中長期的にも 2020 年や 2050 年をターゲットとして、世界各国が省電力化を緊急課題として取り組むことが求められる。我が国の電気通信業界も国際社会の一員として、二酸化炭素（CO₂）排出量の削減が求められるが、企業において ICT の利用が拡大していることや、家庭への光ファイバ回線の普及やインターネット利用環境の高度化により動画等の大容量コンテンツの利用が一般的になったことによって、インターネット上のトラフィックが急増しており、ネットワークが消費する電力も増加の一途をたどっている。この点について、ICT システムにおけるネットワーク全体の消費電力量は、2025 年には、2006 年の 1.3 倍になるとの試算もある（出典：経産省 グリーン IT シンポジウム 2007「情報通信機器の革新的省エネ技術への期待」）。

その一方で ICT の活用が広く産業界における CO₂ 排出量の削減に貢献するものと期待されていることから、ネットワーク全体の消費電力の増大を抑制し、ICT 利活用の阻害要因を排除することは緊急かつ重要な課題である。

ネットワーク全体の省電力化を図るために国内外においてネットワーク機器の消費電力の低減化技術の開発が行われているところであるが、現在のネットワークアーキテクチャのままの低消費電力化はいずれ限界を迎えるため、消費電力の制御を考慮した新しいネットワークアーキテクチャが必要である。

そのため、省電力で CO₂ 排出の少ないエコインターネットを実現することを目的として、ルータやスイッチなどインターネット等を構成するネットワーク機器の制御手法の簡素化及び省電力ルーティングプロトコルの導入等の研究開発を実施する。

※気候変動枠組条約に基づき、1997 年 12 月 11 日に京都市の国立京都国際会館で開かれた第 3 回気候変動枠組条約締約国会議（地球温暖化防止京都会議、COP3）において議決。

2. 政策的位置付け

総務省で開催しているICTビジョン懇談会において、当面3年間に集約的に実施すべき重点施策について、緊急提言「ICTニューディール」(平成21年2月23日、ICTビジョン懇談会)が取りまとめられ、グリーンICTの推進による低炭素革命の実現のために、「自然エネルギーなどを活用したグリーン・データセンターの構築などICT産業そのもののCO₂の削減、世界を先導している我が国のユビキタスネットワーク技術等を活用した環境対策を図る他(中略)グリーンICTの実現に向けて集約的に資源を投入すべきである。」とされている。

これを受け、総務省ではデジタル日本創生プロジェクト(ICT鳩山プラン) - 骨子 - (平成21年3月17日、総務省)を取りまとめ、省エネルギー型ネットワークの開発促進を行うこととしており、具体的には「ブロードバンド環境の整備や映像等のコンテンツ利用の急速な拡大に対応し、産学官連携の下、インターネットにおける省電力ネットワーク制御技術(中略)等を内容とするエコインターネット(中略)の開発等を行うことにより、省エネルギー型ネットワークの開発を促進する。」こととしている。

さらに国全体としても、デジタル新時代に向けた新たな戦略～三か年緊急プラン～(平成21年4月9日、IT戦略の今後の在り方に関する専門調査会)が取りまとめられ、グリーンIT等の地球温暖化対策として、「省エネ家電の導入、クラウドコンピューティング等における更なる省エネ環境を実現するデータセンター等の情報通信機器・設備、ネットワークのすべてについて、環境面で世界最先端の技術の実用化を推進する。具体的には、(中略)インターネットにおける省電力ネットワーク制御技術やトラヒック経路制御技術を内容とするエコインターネットの開発等を推進する。」とされている。

3. 目 標

(1) 政策目標

省電力でCO₂排出の少ないエコインターネットを実現する。

(2) 研究開発目標

省電力でCO₂排出の少ないエコインターネットを実現するため、以下の3つの要素技術を確立する。

①ネットワークの混雑状況等に応じた省電力ルーティング技術

トラヒックを特定の経路に集約し、トラヒックがなく中継しないルータを一時的に発生させることによって、中継しないルータをスリープさせて電力消費を抑制することが可能となる技術

②簡素化ルータを用いた省電力フォワーディング技術

エッジルータが一切の経路制御を行い、中継ルータがルーティングやバッファリ

ングを行わないことにより電力消費を抑制する技術

③ネットワーク及びアプリケーション全体で電力消費を最適化するための制御技術

ネットワークとアプリケーションシステムが連携することにより、ネットワーク及びアプリケーションシステム全体として電力消費を最適化するようにネットワーク及びアプリケーションシステムを制御する技術

4. 研究開発内容

(1) ネットワークの混雑状況に応じた省電ルーティング技術

① 概要

現在の経路制御は、回線の混雑状況や通信速度・遅延を考慮して、結果としてトラヒックを分散・平均化するため、トラヒック量が微量でも全てのルータが稼働してしまう。ルータの消費電力はトラヒック量の大きさに比例しないものであり、トラヒックがほとんどなくても一定以上の電力を消費するため、現状のネットワークでは全てのルータが常に一定以上の電力を消費し続け、ネットワーク全体で見ると常に余分な電力を消費している。

このような無駄な電力消費を抑制するため、ネットワークの状況等に応じてトラヒックを特定の回線に集約させトラヒックを中継しないルートを作り、そのルートのルータをスリープさせてネットワーク全体の省電力化を実現する技術について研究開発を行う。

② 技術課題

現在の経路制御は、隣接するルータのトラヒック状況をもとに通信経路を決定しトラヒックを分散することによって、ネットワークの輻輳や遅延を回避している。ネットワークの遅延や輻輳を回避する上でこのような経路制御が行われている理由は、比較的容易に制御を行うことが可能であるためである。

それに対し研究開発における経路制御は、ネットワーク全体のルータが連携して、輻輳や遅延が起きない範囲である通信経路にトラヒックを集約させたり、一切トラヒックを流入させないようにする等の制御が必要となることから、従来の経路制御技術と比べて技術の困難性が高い。

またネットワーク全体の消費電力が最小となるようにトラヒック集約等経路制御を行うことは、経路の選定に際してトラヒックの状況だけでなく、消費電力の面でもルータ同士の連携を行う必要があり、これらをまとめて行うことは技術的にも実現が困難である。

このように、トラヒック集約と消費電力の2面を考慮して最適な経路制御を行うことが技術的な課題である。

③ 到達目標

電気通信事業者内のネットワークを想定し、自律システム（AS）内の全てのエッジルータ及び中継ルータに本技術を適用した場合、それらのルータの消費電力の総量を従来と比較して約2割から3割削減できるようにすることを目標とする。

（2）簡素化ルータを用いた省電力フォワーディング技術

① 概要

現在の経路制御は、ネットワーク内にある全てのルータ毎にバッファリング処理やルーティング処理を行っている。利用が一般的となり今後ますます増加が予想される動画等の大容量コンテンツの配信サービスのように、セッション設定後にトラヒックが連続的に発生する場合においても、各ルータはパケット毎にバッファリング処理とルーティング処理を行っており、トラヒック量に応じてその処理に電力を消費している。また、伝送路の高速・大容量化に伴い、各ルータのバッファリング処理は増大しており、さらにネットワーク規模の拡大に伴いルーティング処理も増大する一方である。

このため、エッジルータ又は管理サーバーが連携してパケットの経路を統一的に制御するとともに、トラヒックを中継するルータのバッファリング処理とルーティング処理を排除することを可能とし、トラヒック量あたりの消費電力量を削減する技術について研究開発を行う。

② 技術課題

トラヒックを中継するルータからバッファリング処理とルーティング処理を排除すると、パケットの同時受信時にパケットロスが発生し、通信の到達性が確保できない事態が生じてしまう。それらの事態を防ぐ手法として、ネットワーク全体を同期し、エッジルータが連携してパケットを送出する時間と中継するルータの組み合わせをスケジューリング化する経路制御方式を採用する。

この方式においては、ネットワーク全体を同期した上で適切にパケット送出手のスケジューリングが行われなければ、

- ・中継ルータに対して送出手待ち時間が生じ、通信遅延が発生してしまう
- ・この通信遅延を解消するために、本来必要となる以上のネットワーク規模の拡大が必要となり、ネットワーク全体で余分に消費する電力が発生してしまう

といった事態が発生する。

そのため、通信速度を落とすことなく、かつ消費電力を余分に増大させることのないよう、ネットワーク全体の同期とパケット送出手のスケジューリングを適切に行うことが技術的な課題である。

③ 到達目標

電気通信事業者内のネットワークを想定し、AS内の全てのエッジルータ及び中継ルータに本技術を適用した場合、それらのルータの消費電力の総量を従来と比較して約

2割から4割削減できるようにすることを目標とする。

(3) ネットワーク及びアプリケーションシステム全体で電力消費を最適化するための制御技術

① 概要

現在のインターネットにおいて、ネットワーク制御とアプリケーションシステムに関する制御はそれぞれが個別の判断で行われている。このため、アプリケーションシステムとネットワークは互いの状態や制御情報を把握できない仕様であり、結果としてネットワーク及びアプリケーション全体の消費電力が最適となる仕組みにはなっていない。

このため、ネットワーク及びアプリケーションシステムが連携し制御することによってネットワーク及びアプリケーションシステム全体の電力消費が最適になる技術について研究開発を行う。

② 技術課題

ア) 消費電力、処理量の最適化リソース設計技術

ネットワーク及びアプリケーションシステム全体として最適に省電力化が行われるためには、まずネットワーク及びアプリケーションシステム全体の電力消費の状況等を総合的に把握し、その結果を基に処理量等の最適なりソース分配を算出し設計する必要がある。

そのためには、全てのネットワーク機器及び全てのアプリケーションシステムについて個別に消費電力等の膨大な情報を収集・整理し、

- ①アプリケーションシステムの消費電力とネットワークを流れるトラフィックの相関分析を行うなど、ネットワークとアプリケーションシステムの情報を総合的に把握する
- ②ネットワーク及びアプリケーションシステム全体のリソースに対して消費電力や処理量を最適に分配する

といったことが必要であり、そのための方式及び技術を実現することが課題である。

イ) アプリケーション、ネットワーク制御連携技術

アプリケーションシステム及びネットワーク全体を最適に省電力化するためには、ア) より得られた結果によって、アプリケーションシステム間、アプリケーションシステムとネットワーク間が連携・制御することが必要である。

そのため、ネットワークもしくはアプリケーションシステムの要請を基に、

- ①アプリケーションシステム間で処理を分散、集約する
- ②ネットワークに経路制御を要求することを可能とする

といったことが必要であり、そのための方式及び技術を実現することが課題である。

③ 到達目標

事業者内のサーバ群及びストレージ群を想定して、それらのサーバ群等にア) とイ)

の技術を連携させて適用した場合、それらのサーバ群等の消費電力の総量を従来と比較して約1割から2割削減する。また、電気通信事業者内のネットワークを想定し、AS内の全てのエッジルータ及び中継ルータにア)とイ)の技術を連携させて適用した場合、それらのルータや上記のサーバ群等の消費電力の総量を従来と比較して約2割から3割削減できるようにすることを目標とする。

5. 実施期間

平成21年度から平成24年度までの4年間

6. その他 特記事項

本研究開発の実施に当たっては次の点を考慮すること。

- ①平成21年度中に4の(1)、(2)及び(3)に関する各技術の一部を含んだ試作品を製作すること。
- ②本技術はネットワーク機器市場における我が国のシェア拡大を目指して研究開発するものであることから、以下の点を考慮した研究計画を立てること。
 - ・実証実験においては、国内のインターネットサービスプロバイダの参加を募り、実用化後の導入を促進すること。
 - ・平成25年度を目処に本技術を実用化し、有効性を確認する試験運用及び製品化を経て、平成27年度までに実インターネット上で運用されるよう取り組むこと。
 - ・これとほぼ平行して、ベンダ主導により、インターネットサービスプロバイダを主要ターゲットとして本技術を用いた製品を国内外に展開することを目指すこと。
 - ・省電力ルーティングプロトコル等を国際標準化するため、標準化機関・団体（ITU-TやIETF）において標準化を目指すこと。
- ③本技術を構成する3つの技術は相互に連携することで効果的な省電力化が図られるものであるため、そのことを考慮し、各々の研究開発状況を相互に把握する等して研究開発を進めること。