

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）

R & D on Power-Saving Communication Technology - Realization of Eco-Internet -

研究代表者 高瀬 晶彦 株式会社 日立製作所

研究期間 平成 21 年度～平成 21 年度

【Abstract】

This paper describes the final results of “R&D on Power-Saving Communication Technology - Realization of Eco-Internet -”.

In this R&D project, the technology of ICT (involving network and data center facility) power-saving functions has been developed. This technology consists of three technologies: the Power-Saving Routing Technology, the Power-Saving Forwarding Technology, and the Power-Saving Technology using collaboration of network and application systems.

Useful research results on the power-saving technologies of ICT has been successfully developed in the fiscal year of 2009. The research results include “Power-Saving routing procedure for the metro-network edge node”, “Pseudo-timeslot sharing techniques among metro-network edge node”, and “Technique to migrate processing load and network traffic in virtual network architecture aiming power-saving”. These results will be introduced to industrial products in the near future and will contribute to ICT power-saving.

This paper also describes the intellectual properties and the technical papers that had come through the R&D project.

1 研究体制

- 研究代表者 高瀬 晶彦（株式会社 日立製作所）
- 研究分担者 加藤 次雄†（富士通株式会社†）
- 研究期間 平成 21 年度～平成 21 年度
- 研究予算 総額 472 百万円

(内訳)

平成 17 年度	平成 18 年度	平成 19 年度	平成 20 年度	平成 21 年度
				472,236,450

2 研究課題の目的および意義

インターネットを含めた ICT の利活用が進んでおり、それに伴って、ICT に使用される機器の消費電力も増加の一途をたどっている。ICT は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一方で、もはや社会インフラと捉えられても過言ではないネットワークの構成は、商用に供

されると、処理のピークにも対応できるよう信頼性を担保するために構成が冗長化され、通常時は必要とされない設備においても常時電力を消費している。また、ユーザにサービスを提供するアプリケーションシステムにおいても同様である。

機器単体では、従来からの技術開発により低消費電力化が進められてはいるが、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。

省電力なインターネットの実現を図るために以下の方策が考えられる。

- 1) ルータ、スイッチ等のネットワーク機器において、従来のアーキテクチャを見直して機器の構成を簡素化したり、新たなルーティング手法を開発することで低消費電力化を図る。
- 2) ネットワーク機器やデータセンタのサーバ機器において、それぞれの個別の省電力制御を行うだけでなく、ネットワーク機器やデータセンタのサーバ機器を連携させながら制御を行うことで全体的に最適化を行い、結果として低消費電力化を図る。

本研究開発においては、上記1)に関しては、ネットワーク機器を適用範囲として研究開発を行うことから、メトロネットワークを想定した研究開発を実施することとした。具体的には以下の課題について、研究開発を実施した。

課題（1）ネットワークの混雑状況に応じた省電力ルーティング技術

課題（2）簡素化ルータを用いた省電力フォワーディング技術

また、2)についてはネットワーク機器のみならず、サーバ機器を含む全体システムを適用範囲として研究開発を行うことから、アクセスネットワーク以降のネットワーク機器およびサーバ機器を想定した研究開発を実施することとした。具体的には以下の課題について、研究開発を実施した。

課題（3）ネットワークおよ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

それぞれの研究開発課題は、さらに小項目に分割して実施している。

なお、研究開発成果の適用範囲は、想定上で研究開発の対象としたメトロネットワーク／アクセスネットワークの範囲に限定するものではない。

3 研究成果

3.1 ネットワークの混雑状況に応じた省電力ルーティング技術

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。

課題（1）ーア）省電力ネットワーク構成技術の研究開発

経路長増大や輻輳に対する品質影響を許容範囲に抑え、トラフィック転送処理の無いスリープノードを最大限に生成するネットワーク経路構成を導出する基本方式を確立し、方式の有効性を検証するための評価用ソフトウェアを開発した。

本技術の適用によってノードの消費電力総量を約2割から3割削減する、という4年間の研究成果目標の達成に向け、21年度はネットワークトポロジやトラフィック量、品質要件等に基づき、輻輳や経

路長増大などの通信品質への影響を考慮して最適な省電力経路状態を特定する基本方式の確立を目標として取り組んだ。研究成果としては各バスデマンド（入口・出口ノード区間に対するトラフィックデマンド）に対してノードスリープに伴う省電力効果を最大化する経路を特定する問題を、数理計画問題（0-1整数計画問題）として解く方式を確立した。また、本方式を実装した評価用ソフトウェアによって様々なネットワークトポロジ、トラフィック条件、品質要件での評価を実施した結果、品質要件の満たす範囲で省電力となる経路構成を導出できること、さらに各デマンド区間に対してトラフィックを転送できる経路および中継ノードが多く存在するネットワークトポロジであるほど、スリープノードを多く生成できる傾向があることを確認した。さらに、トラフィック量が少ない状況下で従来の最短経路設計と比較して約2割から3割の利用ノード数を削減するネットワーク構成を特定できることを確認し、目標を達成した。

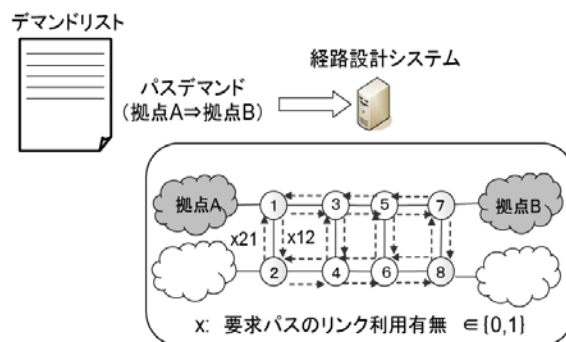


図 3-1 0-1 整数計画問題による定式化を用いた経路設計システム



図 3-2 評価例(左:画面イメージ、右:エンドツーエンド遅延制約に基づく省電力効果)

課題（1）ーイ）省電力ルーティング制御技術の研究開発

ネットワークに流入するトラフィック量の変動に応じ、自律分散的に省電力を実現する情報を生成・通知する方式および情報に基づく制御アルゴリズムを確立し、方式の有効性を検証するための評価用ソフトウェアを開発した。

本技術の適用によってノードの消費電力総量を約2割から3割削減する、という4年間の研究成果目標の達成に向け、21年度は変動するトラフィックに応じて、事前に定義された経路候補（パス）群の中から、最も省電力となるトラフィック転送経路を選択する制御プロトコル検討、基本方式の確立を目標として取り組んだ。研究成果としてはあらかじめ設計し定義したパスを用い、運用中のダイナミックな省電力制御、すなわち変動するトラフィックに対し、輻輳を避けつつ省電力を実現できるようなパスのトラフィック転送確率を調整すること、を可能とする省電力経路制御プロトコルの検討を行い、基本方式を確立した。評価用ソフトウェアによって様々なトポロジ、論理構成、トラフィック条件のもとでプロトコル

の動作検証を実施し、開発プロトコルによりトラフィックが減少した時には消費電力を 2-3 割程度削減できるような制御すること、トラフィックが増大したときには最も負荷が高く輻輳しやすいリンクが輻輳しないように、そのリンクの利用率を目標値に保つよう、転送トラフィックを事前に定義された他のパスへ適切に迂回制御できること、急激なトラフィック増の際にも省電力状態を解除できることも確認し、目標を達成した。

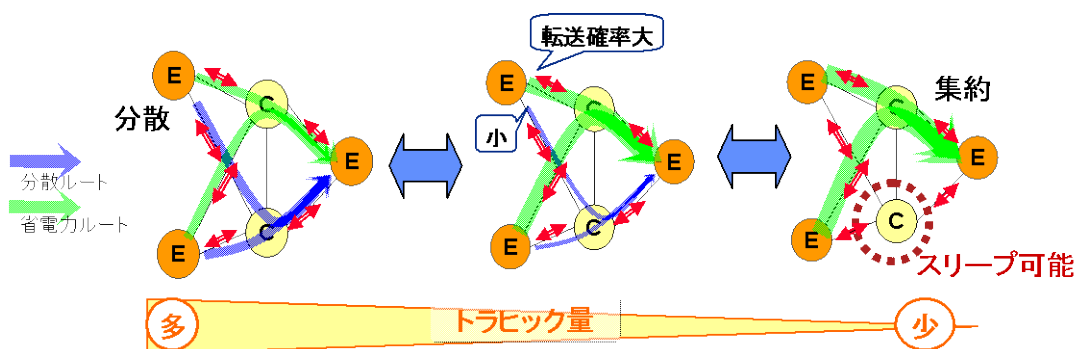


図 3-3 制御概要

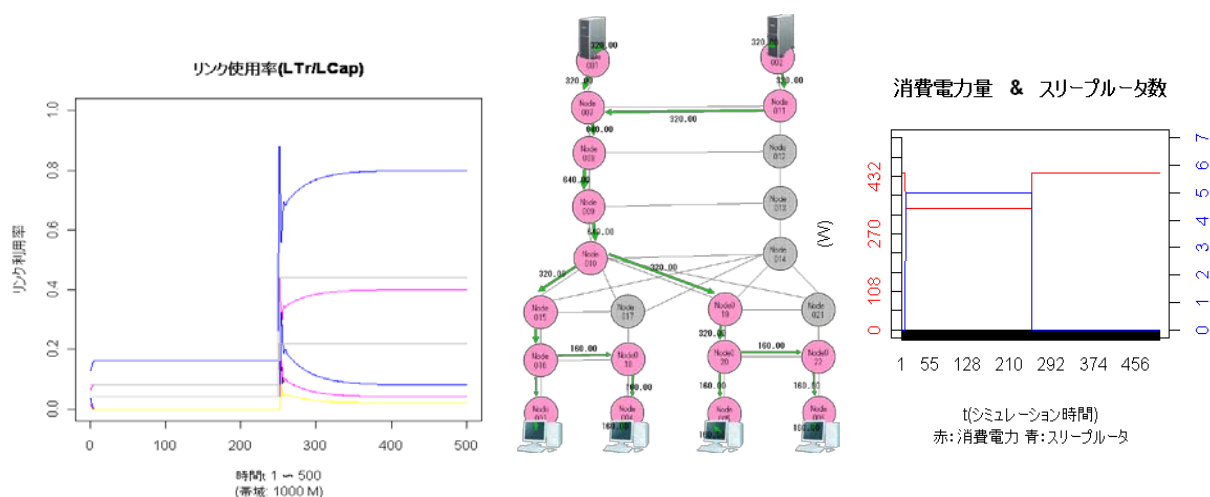


図 3-4 評価例(左:リンク利用率の推移
中:トラフィック少量時の経路
右:消費電力量(赤グラフ)とスリープ可能ノード数(青グラフ)の推移)

3. 2 簡素化ルータを用いた省電力フォワーディング技術

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。

課題 (2) -ア) 擬似タイムスロット割り当て制御技術の研究開発

メトロエッジノード間の経路を擬似タイムスロットに重なりなく効率的に埋め込み、将来的になるべく多くの経路を詰込める経路を選択する割当てアルゴリズムを確立し、方式の有効性を検証するための評価用ソフトウェアを開発した。

本技術の適用によってノードの消費電力総量を約2割から4割削減する、という4年間の研究成果目標の達成に向け、21年度は現実的な計算時間でメトロエッジノード間の経路を擬似タイムスロットに重なりなく効率的に埋め込む技術として、現在の割り当て状態から「あとどれだけ経路を詰込めるか」を表す期待値をベースにした割り当てアルゴリズムを検討し、基本方式の確立を目標として取り組んだ。本アルゴリズムの検証用ソフトウェアを開発し評価を行った結果、本アルゴリズムにより、中継ノードでのパケット衝突を回避し、バッファリング処理とルーティング処理を簡素化するパケット転送スケジューリングが可能となること、従来のFirst Fit法と比べて、現実的な計算時間内で割り当て効率を約10%改善できることを確認した。

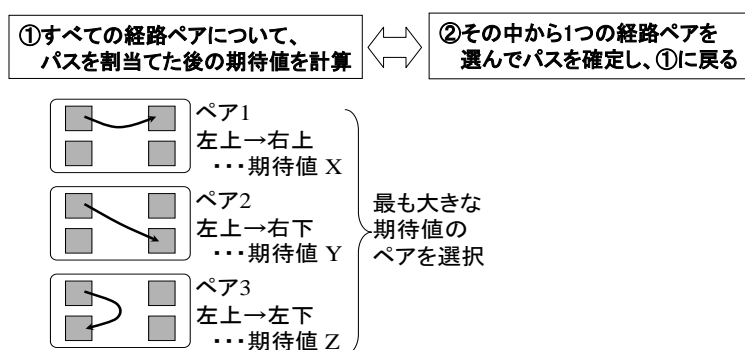


図 3-5 期待値ベース割当て方式

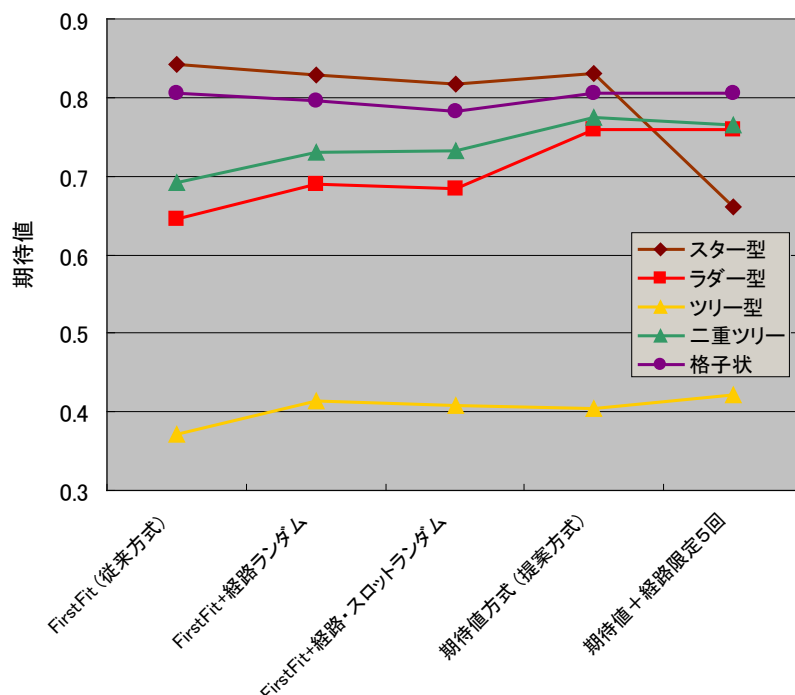


図 3-6 割当て効率(期待値)の評価

トラフィック・データをメトロエッジノードで擬似タイムスロットにマッピングし、中継ノードでは擬似タイムスロットを識別するラベルに基づいて従来の複雑なルーティングテーブル検索処理を必要とせず高速にスイッチングを行う転送技術を確立し、方式の有効性を検証するための評価用ソフトウェアを開発した。

本技術の適用によってノードの消費電力総量を約2割から4割削減する、という4年間の研究成果目標の達成に向け、21年度は様々なトラフィックを统一的に收容する転送方式として、中継ノードで擬似タイムスロットを識別するラベルに基づいて高速にスイッチングを行う転送技術を検討し、基本方式の確立を目標として取り組んだ。本転送技術の検証用ソフトウェアを開発し評価を行った結果、課題ア)の技術と課題イ)の技術を組合わせて、課題ア)の割り当てアルゴリズムに基づいて本転送技術によるスイッチングを行うことにより、中継ノードでのバッファリング処理・ルーティング処理を簡素化してネットワークの消費電力の総量を約2割から4割削減できることを確認し、目標を達成した。

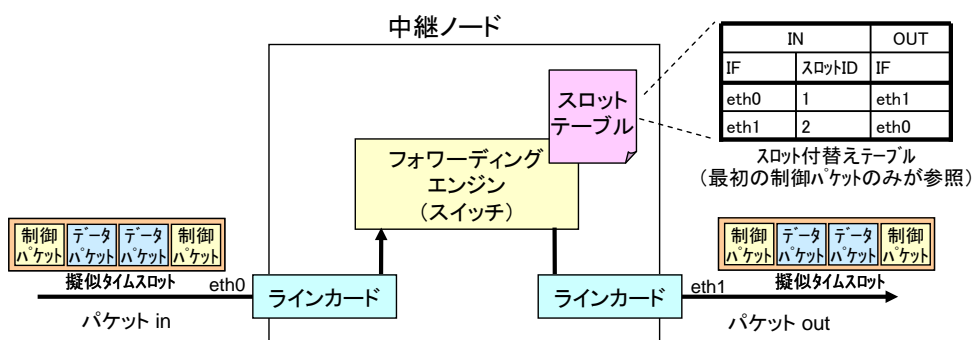
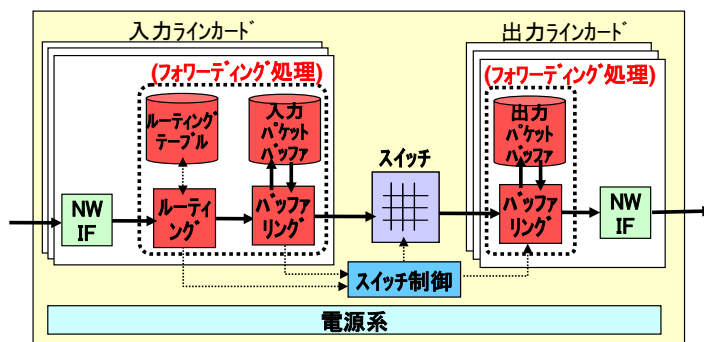
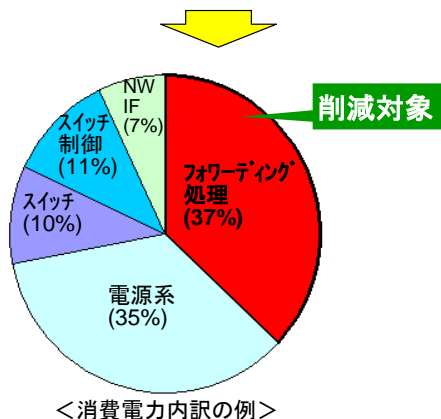


図 3-7 中継ノードの動作



<一般的なルータの機能構成>



<消費電力内訳の例>

図 3-8 消費電力削減効果の見積り

3. 3 (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

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*1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。

*1：下記の中項目(3)ーア)および(3)ーイ)での成果による技術を指す。

(3) ーア) 消費電力、処理量の最適化リソース設計技術

(3) ーア) ー1 消費電力・処理量の最適化、統合管理技術の研究開発

前提システムの構成として、2組のサーバ(アプリケーションシステムを収容するデータセンタとみなす)およびこれにつながるスイッチの組合せの処理を切り替える構成とした。アプリケーションシステムおよびネットワークについて消費電力・処理量の最適化に関する既存の技術としてどのようなものがあるかを調査した。この調査結果に基づき、リソース配置設計の最適化方式を検討した。プロトタイプには消費電力・処理量の最適化アルゴリズムを実装した。最適化により、サーバの処理量に応じてサーバの処理を移動すべきかどうかの判断を行い、リソース配置情報を生成する機能を実現し、今年度の目標を達成した。

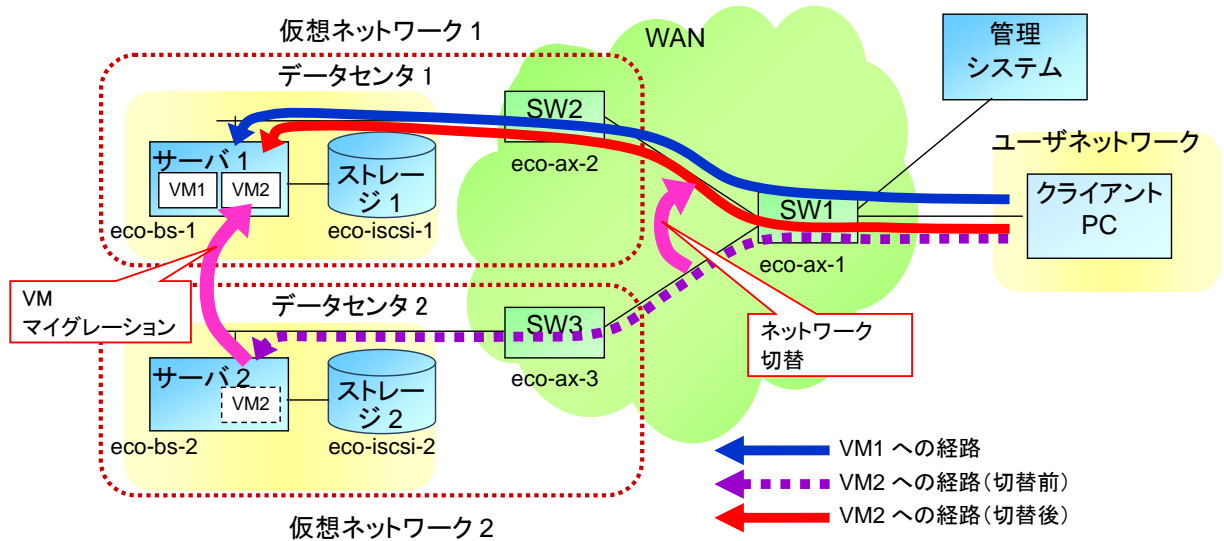


図 3-9 前提とするシステム構成と省電力化制御方法

(3) ーア) ー2 アクセスネットワークノードにおける電力量・トラフィック計測技術の研究開発

ネットワークノードの電力量・トラフィック計測技術等に関する既存の技術としてどのようなものがあるかを調査した。この調査の結果、トラフィック計測に関しては NetFlow, IPFIX または sFlow 相当の機能が有用であることが判ったが、今年度はネットワークノードから SNMP によって計測値を収集する機能を実装した。また、電力量の計測に関しては、実際の電力をネットワークノード外部から客観的にモニタできるように、電力測定器 Raritan Dominion PX を使用して電力計測することとした。また、ネットワークノードにおける諸量の測定方式や通信方式の候補を検討し、プロトタイプを製作した。具体的には、L3 スイッチ AX6608S に搭載するサービスモジュール

カード(SMC) にスイッチ内の消費電力やトラフィック量の計測用エージェント機能を実装し、これをノード管理システムによりデータ取得・管理する機能も実装した。これらのプロトタイプを用いて評価を行った結果、機能が実現できていることを確認し、今年度の目標を達成した。

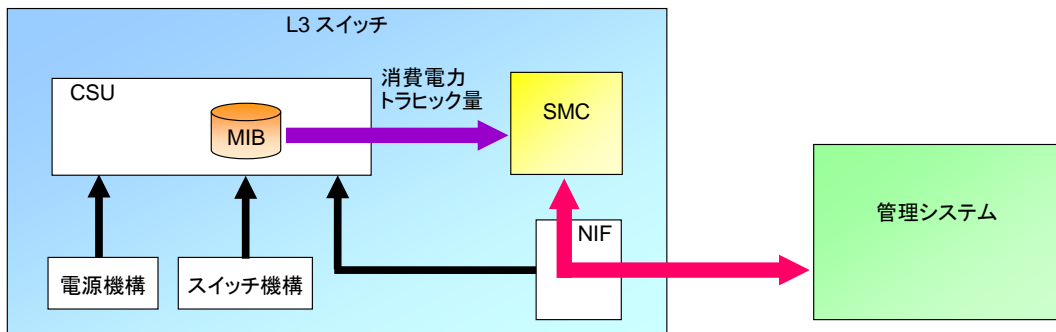


図 3-10 ネットワークノードの計測方式

(3) -ア) -3 サービスシステムにおける消費電力・処理量計測技術の研究開発

サービスを提供するアプリケーションシステムにおける消費電力・処理量計測技術等に関連する既存の技術としてどのようなものがあるかを調査した。この調査結果に基づき、サーバにおける様々な測定・通信方式の候補を検討し、サーバ機器や仮想管理サーバ (VMM) から SNMP, API, CLI などのインタフェースを使用して情報を収集する方式とした。今年度は電力測定器 Raritan Dominion PX を使用してサーバから電力情報を取得する方式とし、取得した電力情報を管理するサーバ管理システムソフトウェアを試作した。また、サーバ管理システムにはサーバの処理量も取得し管理できる機能を持たせた。これらのプロトタイプを用いて評価を行った結果、機能が実現できていることを確認し、今年度の目標を達成した。

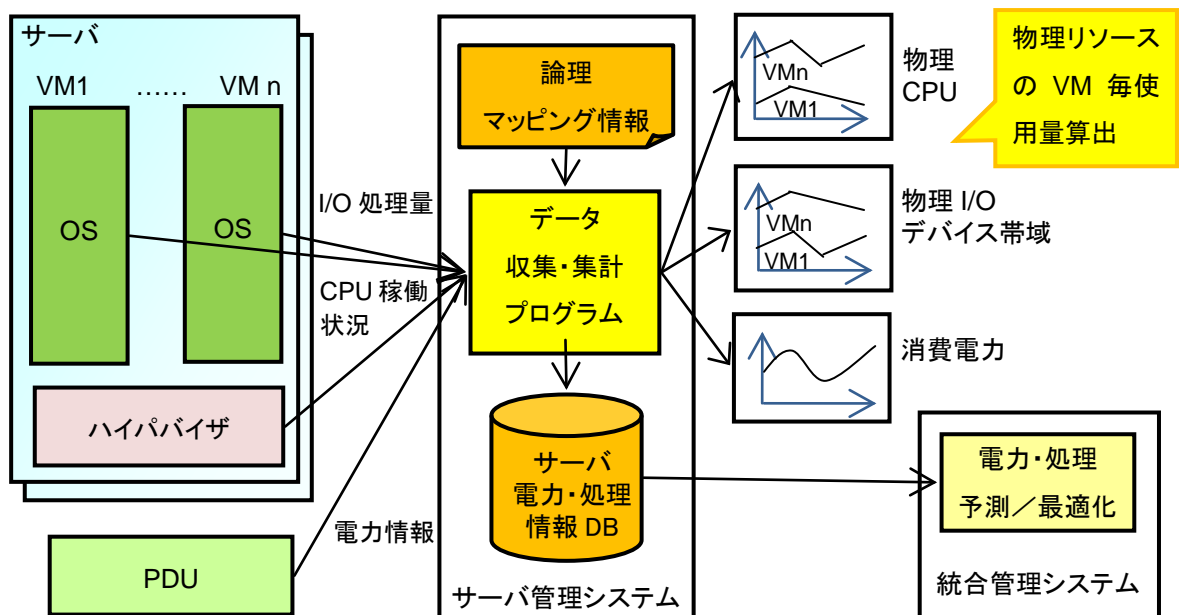


図 3-11 サーバの計測方式

(3) -イ) アプリケーション、ネットワーク制御連携技術

(3) -イ) -1 消費電力・処理量最適制御技術の研究開発

アプリケーションシステムおよびネットワークについて消費電力および処理量を最適に制御す

る技術について、既存の技術としてどのようなものがあるかを調査した。この調査結果に基づきアプリケーションシステムとネットワークが連携することで大域的に最適に制御する手法を検討した。アーキテクチャとして、今年度はサーバ間で VM（仮想マシン）を移動して移動元のサーバの電源遮断または省電力制御し、あわせてそのサーバに接続されたネットワークノードも電源遮断または省電力化する方法；とくに VM 移動を検出して経路をきりかえる方法とした。また高速な経路きりかえを可能にするネットワークの構成法として NPAR（仮想ネットワークパーティション）を使用する仮想化ネットワークを使用することとした。これらの結果および下記 (3)ーイ)ー2、(3)ーイ)ー3 の検討結果をもとに統合制御システムのための大域最適制御基盤ソフトウェアを試作した。具体的には、(3)ーア)ー1 の機能で生成されるリソース配置情報をもとに統合管理システムにおいて、ネットワークノードへの制御およびサーバへの制御を行う機能を実装した。これらのプロトタイプを用いて評価を行った結果、機能が実現できていることを確認し、今年度の目標を達成した。

(3) ーイ) ー 2 プログラマブルなアクセスネットワークノードにおける消費電力・処理量最適制御技術の研究開発

ネットワークノードにおいて消費電力・処理量の最適制御技術としてどのようなものがあるかを調査した。この調査結果に基づきアクセスネットワークにおけるネットワークノードおよびサーバについて、様々な設定・通信方式を検討し、この検討結果によりサーバやネットワークノードに対して設定を行う設定・通信機構のプロトタイプを製作した。具体的には、スイッチ AX6608S に搭載するサービスモジュールカード(SMC)にスイッチへの省電力モードを設定するエージェント機能を実装し、これに対してノード管理システムから指示する機能も実装した。これらのプロトタイプを用いて評価を行った結果、機能が実現できていることを確認し、今年度の目標を達成した。

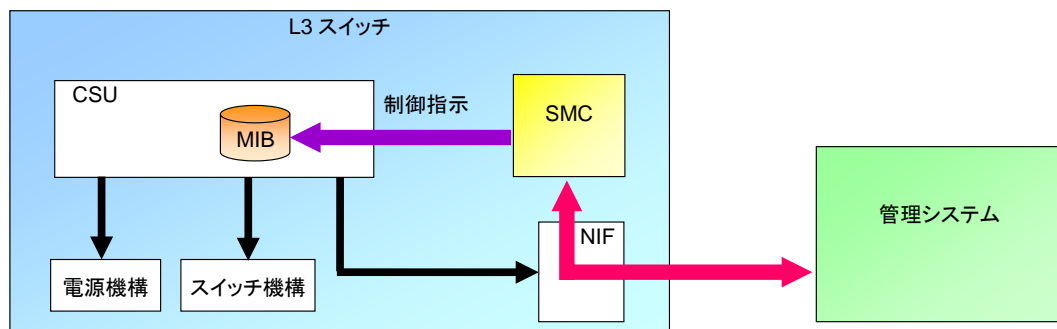


図 3-12 ネットワークノードの省電力制御方式

評価においては NPAR を使用する仮想化ネットワークと動的なネットワーク・アドレス変換 (NAT) を使用するネットワークの 2 種類について実験した。きりかえに要する時間は前者で 約 0.8 秒、後方で 0.1 秒程度を実現し、移動後のネットワークの混乱もないことが確認された。

(3) ーイ) ー 3 サービスシステムにおけるアプリケーション最適配置型省電力技術の研究開発

サービスを提供するアプリケーションシステムを最適に配置することで省電力を実現する技術について、既存技術としてどのようなものがあるかを調査した。調査結果に基づき、今年度はサーバ間で VM を移動して移動元のサーバの電源遮断または省電力制御する方式とした。また、

サーバにおける様々な設定・通信技術の候補を検討し、これをもとにプロトタイプを製作した。具体的には、サーバ管理システムにおいて、サーバのリソース配分について設定・制御を行う機能を実装した。よりこまかな省電力化を可能にする手段としてサーバ機器の構成変更処理機能も実装した。これらのプロトタイプを用いて評価を行った結果、機能が実現できていることを確認し、今年度の目標を達成した。

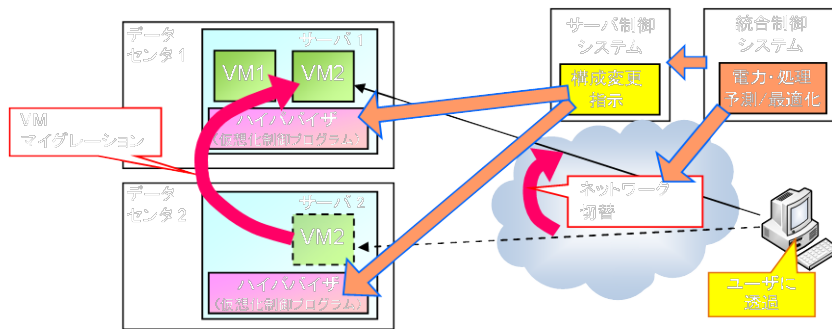


図 3-13 VM 移動によるサーバ省電力化方式

以上の結果を総合するためにおこなった消費電力削減効果測定実験において、負荷を片寄りサーバとネットワークノード各 1 台の電源を遮断した結果、システム全体で 27% の電力削減が実現された。これによって、限定された条件のもとではあるが、目標としていた消費電力の 3 割削減をほぼ実現することができた。さらに、サーバ群の消費電力についても、26%の電力削減が実現されており、目標としていた消費電力 2 割削減を十分に実現できた。

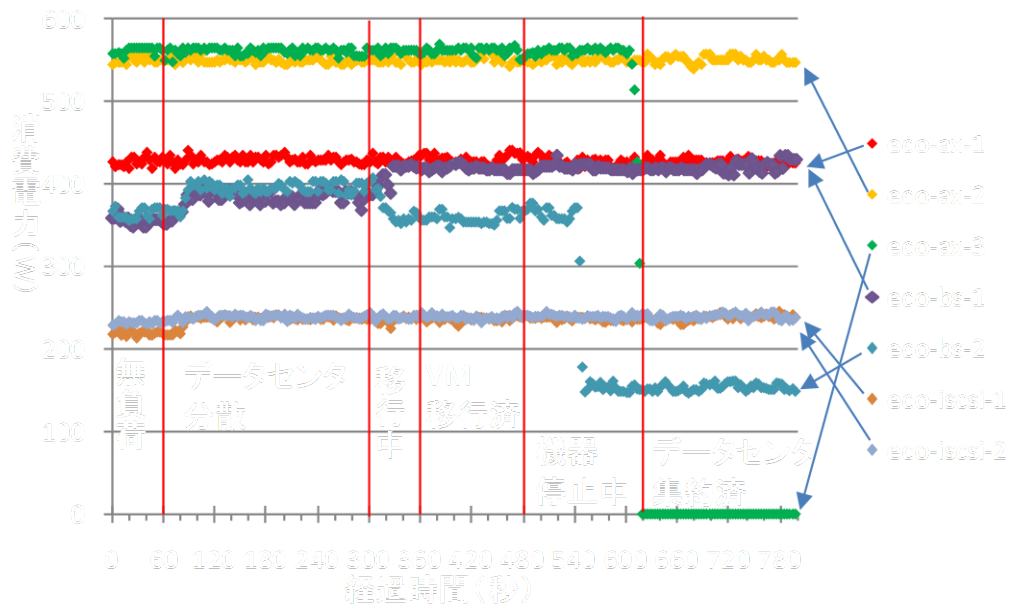


図 3-14 省電力制御によるネットワーク機器およびサーバの消費電力の変化
(図 3-9 の機器構成による)

3. 4 その他の研究実績

なし

4 研究成果の更なる展開に向けて

今年度は9ヶ月弱という限られた期間での開発であったため、目標成果は達成できたものの、市場に供するにはまだ未熟な技術となっていることは否めない。このため、研究開発期間終了後は、受託社それぞれにおいて、今年度の成果を活用して、更なる機能向上、性能向上を図り、社会に貢献できる製品・技術に仕上げていく所存である。

対象製品としては、ネットワーク機器や、データセンタ用設備等が挙げられるが、これらの製品化に当たっては、技術の普及活動等を通じ、通信事業者やデータセンタ事業者など、当業者の知見を参考にして、開発内容に盛り込むことを予定している。

また、標準化提案等についても鋭意活動する予定である。

本研究開発の成果を適用した製品により、対象機器の消費電力は20～30%の低減が見込まれるため、設置場所の空調設備の縮小による運用コスト低減等、環境負荷や消費電力以外についても波及効果が考えられる。この結果、サービス料の低減、製品の低価格化など、さらにそれによって国産製品の競争力上昇等にも寄与できると考えられ、様々な効果が期待できると考える。

5 査読付き誌上発表リスト

なし

6 その他の誌上発表リスト

なし

7 口頭発表リスト

- [1] 今井、山田、掛水、“ネットワークの省電力化を実現する最適経路計算アルゴリズム”、電子情報通信学会 ネットワークシステム研究会（宮城県宮崎市）（2010年3月5日）
- [2] 山田、今井、掛水、“ネットワークの省電力化を実現するパスバーストラフィック制御方式”、電子情報通信学会 ネットワークシステム研究会（宮城県宮崎市）（2010年3月5日）
- [3] 栗田、光延、掛水、“ネットワークの省電力化を実現するパケット転送スケジューリング”、電子情報通信学会 ネットワークシステム研究会（宮城県宮崎市）（2010年3月5日）
- [4] 今井、山田、掛水、“ネットワーク省電力化に向けた経路制御方式—数理計画問題への帰着—”、電子情報通信学会 2010年総合大会（宮城県仙台市）（2010年3月19日）
- [5] 光延、栗田、掛水、“ネットワーク省電力化に向けたパケット転送スケジューリング—バッファレスネットワークへの適用—”、電子情報通信学会 ネットワークシステム研究会（宮城県仙台市）（2010年3月19日）

8 出願特許リスト

- [1]金田、春日井、鈴木、垂井、「仮想マシンのマイグレーション方法およびシステム」、国内、平成 22 年 3 月 30 日(特願 2010-077436)
- [2]今井、「経路決定装置、経路決定方法及び経路決定プログラム」、国内、平成 22 年 2 月 23 日(特願 2010-037546)
- [3]栗田、光延、「通信管理装置、通信管理方法及び通信管理プログラム」、国内、平成 22 年 2 月 23 日(特願 2010-037806)
- [4]栗田、光延、「経路割当装置および経路割当方法」、国内、平成 22 年 2 月 24 日(特願 2010-038141)
- [5]光延、栗田、「通信装置および経路割当方法」、国内、平成 22 年 2 月 24 日(特願 2010-038140)

(注)[1]～[5]はいずれも出願後1年6ヶ月を経過しておりませんので外部への公開は控えていただきたく、宜しくお願い致します。

9 取得特許リスト

なし

10 国際標準提案リスト

- [1]T.Kurita, “An approach to Future Networks - Energy Saving Network Technologies -”, ITU-T FG-FN 2nd Meeting, Contribution 25, Nov. 2009
- [2]T.Kurita and T.Egawa, “Proposed updates for table of contents on "Overview of Energy Saving

Networks””, ITU-T FG-FN 3rd Meeting, Contribution 52, Jan. 2010

[3]T.Kurita and T.Egawa, “Proposed initial text for "Overview of Energy Saving Networks””, ITU-T FG-FN 3rd Meeting, Contribution 53, Jan. 2010

[4]T.Kurita, “Classification of existing technologies for Energy Saving of Networks”, ITU-T FG-FN 4th Meeting, Contribution 62, Mar. 2010

(注) [2]～[3]は NEC（本受託研究の担当社ではありません）との連名です。

1 1 参加国際標準会議リスト

[1]ITU-T SG13(Study Group 13) Meeting, 02-12 September 2009, Mar del Plata, Argentina

[2]ITU-T FG-FN(Focus Group on Future Networks) Second Meeting, 16-20 November 2009, Salt Lake City, USA

[3]ITU-T SG13 Meeting & FG-FN Third Meeting, 18-29 January 2010, Geneva, Switzerland

[4]ITU-T FG-FN Fourth Meeting, 29 March - 2 April 2010, Tokyo, Japan

1 2 受賞リスト

なし

1 3 報道発表リスト

なし

研究開発による成果数

	平成 16 年度	平成 17 年度	平成 18 年度	平成 19 年
査読付き誌上発表数	件 (件)	件 (件)	件 (件)	件 (件)
その他の誌上発表数	件 (件)	件 (件)	件 (件)	件 (件)
口 頭 発 表 数	件 (件)	件 (件)	件 (件)	件 (件)
特 許 出 願 数	件 (件)	件 (件)	件 (件)	件 (件)
特 許 取 得 数	件 (件)	件 (件)	件 (件)	件 (件)
国際標準提案数	件 (件)	件 (件)	件 (件)	件 (件)
国際標準獲得数	件 (件)	件 (件)	件 (件)	件 (件)
受 賞 数	件 (件)	件 (件)	件 (件)	件 (件)
報 道 発 表 数	件 (件)	件 (件)	件 (件)	件 (件)

	平成 20 年度	平成 21 年度	合計	(参考) 提案時目標数 注4
査読付き誌上発表数	件 (件)	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	2 件 (0 件)
その他の誌上発表数	件 (件)	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)
口 頭 発 表 数 注5	件 (件)	5 件 (0 件)	5 件 (0 件)	2 件 (0 件)
特 許 出 願 数 注6	件 (件)	5 件 (0 件)	5 件 (0 件)	2 件 (0 件)
特 許 取 得 数	件 (件)	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)
国際標準提案数	件 (件)	4 件 (4 件)	4 件 (4 件)	0 件 (0 件)
国際標準獲得数	件 (件)	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	一件 (一件)
受 賞 数	件 (件)	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	一件 (一件)
報 道 発 表 数	件 (件)	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)

注 1 : (括弧)内は、海外分を内数として再掲。

注 2 : 「査読付き誌上発表数」には、論文誌や学会誌等、査読のある出版物に掲載された論文等を計上する。学会の大会や研究会、国際会議等の講演資料集、アブストラクト集、ダイジェスト集等、口頭発表のための資料集に掲載された論文等は、下記「口頭発表数」に分類する。

注 3 : 「その他の誌上発表数」には、専門誌、業界誌、機関誌等、査読のない出版物に掲載された記事等を計上する。

注 4 : 平成 21 年度分の目標数とする。

注 5 : 2010 年度に海外発表について発表予定 1 件、申請中 3 件 (いずれもカウントに含まず)。

注 6 : 2010 年度に海外出願 4 件準備中 (カウントに含まず)。