

ネットワーク管理技術を基盤とした情報通信システムの省電力化

和泉 諭^{†1} 中村 直毅^{†2} 菅沼 拓夫^{†3} 白鳥 則郎^{†1}

^{†1} 東北大学電気通信研究所 ^{†2} 東北大学医学系研究科

^{†3} 東北大学サイバーサイエンスセンター/東北大学大学院情報科学研究科

1. はじめに

一般家庭や学校、オフィスなどにおいて、既設の情報通信システムの消費電力削減が必要とされている。そのための一般的なアプローチとしてスマートタップなどの電力計測器を導入し、情報通信システムの構成要素であるPC、サーバ、ルータ、スイッチなどの個々のICT機器や情報通信システムの省電力化が行われている。

しかし、これら既存研究では対象となるシステムにスマートタップなど特別な機器を導入する必要があり、新たに開発コストや作業工程がかかるため、実運用化や普及に時間がかかった。我々は、上記の課題を解決し、ネットワークシステム全体を省電力化するために「グリーン指向ネットワーク管理フレームワーク」を提案している [1]。

本フレームワークはネットワーク管理技術を基盤として、それにより得られた様々なネットワーク情報から各機器の消費電力や無駄な稼働を計算し、省電力化運転へ活用する。これにより、既存のネットワークシステムにおいて、個々の機器に対してスマートタップなど特別な電力計測機器を導入する必要がなく、さらに既存の情報通信システムの設置環境を変えずに容易に省電力化を実現できる点が特徴として挙げられる。

本稿では、グリーン指向ネットワーク管理フレームワークの概要について述べ、その構成技術と成果について説明する。

2. 関連研究と課題

情報通信システムの省電力化を行う主なアプローチとして、実際に稼働している個々の機器に対してスマートタップなどの電力計測機器を導入する手法がある [2, 3]。この場合、機器の消費電力を正確に計測できるため、より高精度な省電力化制御を行うことができる。しかし、既設のシステムに対して新たに機器やソフトウェアを導入するため、設置コストがかかり実用化や普及に時間がかかるという問題がある。特に建物全体など大規模なネットワークシステムに対してはより大きな懸念事項となる。

また、電力計測機器を用いずに省電力化を行うアーキテクチャとして、Cisco EnergyWiseがある [4]。これはネットワーク経由で各端末の消費電力を収集・管理するアーキテクチャである。これにより、既設の情報通信システムに対して、新たに電力計測機器などを導入せずに省電力化運転を行うことが可能となる。しかし、対応機器が少ないことから、実用化や普及には時間がかかる。

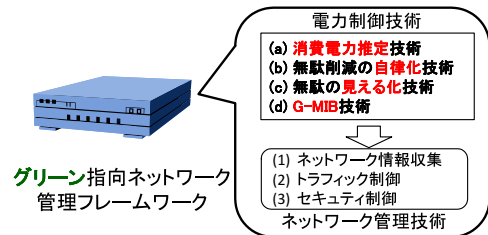


図1 グリーン指向ネットワーク管理フレームワークの概要

3. グリーン指向ネットワーク管理フレームワークの提案

前節で述べた課題を解決するため、本研究ではグリーン指向ネットワーク管理フレームワークを提案する。これは本フレームワークはネットワーク管理技術を基盤することで、各機器のネットワークへの接続時間など接続状況や稼働状況を検出する。そして、検出した接続状況や稼働状況に基づき各機器の消費電力や電源状態、さらには機器を使用しているかどうかなどを計算し、省電力化運転へ活用する。これにより、既存の情報通信システムに対して、容易にかつ安価に省電力化を実現することができる。

本フレームワークの構成を図1に示す。本研究では従来のネットワーク管理技術に対して、省電力化実現のための以下の4つの技術を研究開発し、統合する。

- (a) ネットワーク情報に基づいた消費電力推定技術
- (b) 無駄削減の「自律化」技術
- (c) 無駄の「見える化」技術
- (d) G-MIB 技術

(a) ネットワーク情報に基づいた消費電力推定技術

本技術はネットワーク管理技術により得られた機器に関する様々なネットワーク情報を利用して、機器の消費電力を推定する。具体的には、対象となるネットワーク機器のCPU 負荷やネットワーク負荷、パケット情報、稼働プロセスの情報などを収集する。同時にその時の消費電力を取得して、それらを学習データとして蓄積する。そして、機械学習を用いることで、ネットワーク管理技術により取得した情報から機器の消費電力を推定する。本技術により消費電力計測器を用いずに省電力化システムの構成を実現することができる。

本研究では、この消費電力推定技術の設計・実装を行った。具体的には、まず学習データとして蓄積する情報の種類をデータの内容、収集元、収集の容易さなどから整理・分類した。そして、その中から機器の消費電力として影響を与えやすいCPU 使用率とメモリ使用率を学習データの対象として、機器の消費電力を算出する手法を構成した。さらに、実験により、これらネットワーク情報から高精度に消費電力を導出することができることを確認した。

(b) 無駄削減の自律化技術

管理者が定めたエネルギーポリシーやシステムの状況に基づいて情報通信システムの構成を自律的に制御し、システム全体の環境負荷を自動的に削減する。本技術は主に電

Energy Efficient Information Communication System based on Network Management Technology

Satoru IZUMI^{†1}, Naoki NAKAMUR^{†2}, Takuo SUGANUMA^{†3}, and Norio SHIRATORI^{†1}

^{†1}Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University

^{†2}Graduate School of Medicine, Tohoku University

^{†3}Cyberscience Center, Tohoku University / Graduate School of Information Sciences, Tohoku University

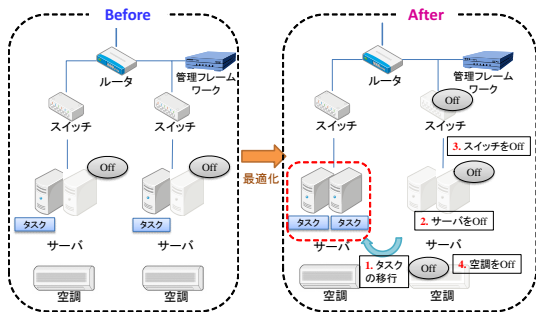


図2 ネットワークシステムの自律的制御機能の例

力利用計画の自律化機能とネットワーク構成の自律化機能から構成される。電力利用計画の自律化機能は機器の稼働状況や使用状況から利用者の生活状況を導出する。そして、そこから電力利用プランを自動的に作成し、生活状況に応じて、利用されていない機器の電源を自律的に制御する。

ネットワーク構成の自律化機能は消費電力の無駄を削減するために、サーバやネットワーク機器などによる情報通信システムのネットワーク構成を再組織化する。情報通信システムにおいて、サーバだけでなくデスクトップPCやプリンタ、スイッチなどのネットワーク機器や空調なども含め統合的に制御する際、系全体が複雑になり、適切な手順で機器を制御することが必要になる。そこで、本機能ではAI技術の一つである「プランニング」を用いて、適切なネットワークシステムの制御を実現する。プランニング技術を用いることで、ネットワーク機器や空調を含むシステムの構成変更の手順を自動生成することができる。

ネットワーク構成の自律化機能の適用効果を図2に示す。同図の左側は現状のシステム構成である。本手法は現状のシステム構成から消費電力を削減する最適なシステム構成を算出する。さらに最適なシステム構成に移行するための適切な操作手順を導出する。このように本手法により、自律的に最適なシステム状態へ移行し、無駄な消費電力を削減することが可能となる。本研究では、プランニング手法を実装し、シミュレーション実験によりその有効性を検証した。

(c) 無駄の見える化技術

接続機器の環境負荷に関する情報を収集、分析し、接続されている機器の稼働状況や使用状況、消費電力など環境負荷に関する情報をリアルタイムに表示する。管理者は表示された情報に基づいて事前に電力使用計画を策定し、環境負荷を削減することが可能となる。

本研究では、PC等の端末数が約5,000台ある大規模ネットワーク環境である東北大学病院において、無駄の見える化の実証実験を行っている。具体的には、機器がネットワークにはじめて接続された際に、ネットワーク管理技術の認証機能を用いることで機器の接続状況を把握する。さらに、機器から送信される様々なネットワークトラフィック等をモニタリングすることで、その機器が使用されているかを判別する。これら機器の接続状況と使用状況を可視化することで、実際に稼働している機器や使用されている機器が把握することができ、そこから稼働していないが使用されていない機器も合わせて把握することで消費電力の削減を促すことができる。

また、利用者が複数の機器を使っている場合には、ある利用者が利用している複数機器の消費電力の総量や、組織内における利用者毎、会社内の組織毎、機器の利用用途毎に消費電力を可視化するなど、ユーザ指向な無駄の見える化を実現する。

(d) G-MIBの国際標準化

ネットワークに接続された機器の電源状態を監視するためのグリーンMIB(G-MIB)を提案し、その国際標準化を目指す。具体的にはインターネット国際標準規格の標準化機関であるIETF(Internet Engineering Task Force)に、G-MIBのインターネット国際標準規格案(インターネットドラフト)を提案した。更にIETFの定例会議(IETF Meeting)にこれまでに5回参加し、G-MIBの標準規格案や実装、実験結果について発表や議論を行った。

本G-MIBの特徴として、対象とする機器の範囲が広く、実装や導入のコストが低い利点がある。現在、IETFにおいて様々なMIBが議論されているが、これらはスマートタップなどにより直接、自身の消費電力を計測できる機器を主な対象としており、それ以外の機器については深く議論されていない。現実世界を考えると、消費電力を計測する機能を兼ね備えていない機器の方がはるかに数多く存在していることから、それら機器の電源状態をどのように統一的に管理するかが重要となる。

本研究で提案するG-MIBは消費電力を計測する機能を有していない機器も主な対象としており、さらに、グリーン化をはかるうえで本質的となる基本的な電源状態の監視機能に着目し、これら機能を中心に構成している。そのため、要素数を可能な限り減らし、なおかつ省電力化を実現するうえで必要となる機能を十分、兼ねそそえた構成となっている。その結果、エネルギー管理関連の研究者らから本MIB提案に対して高い関心を受けており、熱心に議論を継続している。

4. おわりに

本稿では、ネットワーク管理機能を応用して、スマートタップ等の特別な機器を用いずにネットワーク全体を省電力化する「グリーン指向ネットワーク管理フレームワーク」を提案し、その構成技術について説明した。

今後は開発した構成技術を統合し、グリーン指向ネットワーク管理フレームワークの実装を行う。さらに、実際に稼働する情報通信システムへ適用し、本フレームワークの総合評価を行う。

謝辞 本研究の一部は、総務省SCOPE(旧PREDICT)「情報システムの省電力化を実現する次世代ネットワーク管理技術の研究開発」の支援を受けて実施している。

参考文献

- [1] 白鳥則郎 他, “情報システムの省電力化を実現する次世代ネットワーク管理技術の研究開発(1)～プロジェクトのビジョンと全体概要～,” 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.113, No.363, IN2013-102, pp.19-24, 2013.
- [2] M. Pipattanasomporn, et al., “An Algorithm for Intelligent Home Energy Management and Demand Response Analysis,” IEEE Trans. Smart Grid, Vol.3, No.4, pp.2166-2173, 2012.
- [3] Z. Peng, et al., “An Energy Management System for Building Structures Using a Multi-Agent Decision-Making Control Methodology,” IEEE Trans. Industry Applications, Vol.49, No.1, pp.322-330, 2013.
- [4] Cisco EnergyWise Technology, <http://www.cisco.com/en/US/products/ps10195/index.html>