

消費電力計測器なしのグリーン指向ネットワーク管理フレームワークの提案

A Proposal of Green-oriented Network Management Framework
without Power Consumption Monitoring Devices

和泉 諭[†] 中村 直毅[‡] 菅沼 拓夫[§] 白鳥 則郎^{¶,†}
Satoru Izumi Naoki Nakamura Takuo Suganuma Norio Shiratori

1. はじめに

オフィスや住宅設備の電化、業務のシステム化などにより各家庭やオフィスにおける消費電力の削減やCO₂の排出量の削減が重要視されてきている。そこで、それらネットワークシステムの省電力化(グリーン化)に関する様々な研究やプロジェクトが推進されている[1, 2]。しかし、これら取り組みは、スマートタップなど特別な計測機器の導入を必要とする消費電力のモニタリングや制御に関する研究開発が中心であるため、システムの導入や実現において大きなコストがかかるという問題があった。

本研究では、前述の問題を解決し、ネットワークシステム全体を省電力化してCO₂排出量を削減するために、「グリーン指向ネットワーク管理フレームワーク」を提案する。本提案はネットワーク管理技術を基盤とし、それに基づいて各端末の消費電力を推定し、それを省電力制御に活用することで、電力計測機器を導入することなく、既存のネットワークシステムの省電力化を実現する。

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とその基盤となるネットワーク情報に基づいた消費電力の推定手法の設計について述べる。

2. グリーン指向ネットワーク管理フレームワーク

我々が研究開発するグリーン指向ネットワーク管理フレームワークの構成を図1に示す。本研究開発では、従来のネットワーク管理技術を基盤として、ネットワーク機器の情報から消費電力を推定し、管理する技術を開発する。さらに省電力化技術を導入することで、スマートタップなど特別な機器を必要とすることなくシステムの省電力化を実現する。具体的には、(1) 機器の接続状況や消費電力などを管理するネットワーク・電力管理技術、(2) 電力消費の無駄をリアルタイムで可視化する無駄の見える化技術、(3) エネルギーポリシー(電力使用戦略・計画)に基づいて無駄を自動的に削減し、さらに高度なデータマイニング、推論により無駄を自律的に削減する無駄削減の自律化技術、(4) ネットワークに接続された機器の電源状態を管理する G-MIB 技術の4つの仕組みを新しく研究開発し、統合すること

によってグリーン指向ネットワーク管理フレームワークを実現する。以下、各技術について説明する。

2.1. 電力計測器なしのネットワーク・電力管理技術

我々がこれまで開発してきたネットワーク管理技術を基盤とすることで、電力計測機器を用いることなく省電力化システムの構成を実現する。このネットワーク管理技術において、対象となるネットワークシステムにネットワーク管理技術を搭載した端末を接続するだけで、接続されている機器のCPU負荷や送受信パケット、メモリ使用率、ネットワーク負荷、接続時間など各機器の詳細な稼働状況や稼働時間を容易に把握することができる。また、端末毎の所有者の情報も管理することができるなど、ネットワーク機器に関する詳細な情報やそれに関連する付加情報などを管理することができる。

本研究では、ネットワーク管理技術により得られた機器の詳細な情報や付加情報を利用することで、各端末の消費電力や利用者の活動状況を推定し、それを省電力制御に活用する。それにより、消費電力の計測の精度は若干、低下するという欠点が存在するが、スマートタップなど特別な機器を導入することなく、省電力化運用が可能となる。

2.2. 無駄の見える化技術

接続機器の環境負荷に関する情報(見える化の対象)を収集、分析し、接続されている機器の稼働(電力消費)状況や電力消費の内訳(利用目的別の分類など)などのシステム全体の環境負荷(電力消費状況)の情報をリアルタイムに表示する。さらに、ネットワーク管理技術に基づいて管理された端末毎の所有者の情報を活用することで、単に端末毎の消費電力を提示するだけではなく、利用者毎の消費電力や部屋、部署毎の消費電力など様々な形式で利用者に消費電力やその無駄を提示することができる。また、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。

2.3. 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に基づいてネットワーク全体の環境負荷を自動的に削減する。具体的には、ネットワーク管理技術を利用し、サーバおよび端末の機器のCPUの負荷の状況、サービスの利用状況、流れているトラフィックの情報などを収集する。これら収集した情報をもとにデータマイニング解析の効果的な応用によって、サーバや端末の今後の利用状況を推測・予測し、自律的な環境負荷の削減を目指す。

さらに、ネットワーク管理技術により得られた情報から利用者の活動状況を推定し、サーバや端末の推測・予測した利用状況と合わせて、機器の電源のON/OFF

[†] 東北大学電気通信研究所, Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University

[‡] 東北大学大学院 医学系研究科, Graduate School of Medicine, Tohoku University

[§] (東北大学 サイバーサイエンスセンター / 大学院情報科学研究科, Cyberscience Center / Graduate School of Information Sciences, Tohoku University)

[¶] 早稲田大学大学院 国際情報通信研究科, Graduate School of Global Information and Telecommunication Studies, WASEDA University

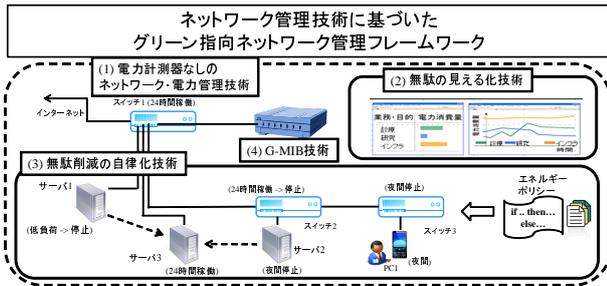


図1: グリーン指向ネットワーク管理フレームワークの構成

の動的な制御をシステム自身が推論することで、効率的な電源制御をおこなう。同時に、仮想化の技術を効果的に応用することによって、ネットワークサービスの配置を最適化する仕組みを考案し、自律分散的に環境負荷を削減する。

2.4. G-MIB 技術

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) を提案する。さらに、その国際標準化を目指す。これによりネットワークに接続されたあらゆる機器の電源状態を統一的に収集・管理することが可能となる。この G-MIB は機器の ID や種類、電源状態などの 6 項目から構成される。現在、我々は G-MIB の国際標準化を目指し、IETF (Internet Engineering Task Force) のエネルギー・マネージメントに関するワーキンググループ (Eman) において、G-MIB のドラフトを提案し、議論を進めている [4]。

3. ネットワーク情報に基づいた消費電力推定手法

前節で示したグリーン指向ネットワーク管理フレームワークにおいて、消費電力計測器を用いずに、ネットワーク情報のみを利用して、省電力制御を行う。その実現のために本節ではネットワーク情報から消費電力を推定する手法について説明する。その概要を図2に示す。

本手法では、まず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ネットワーク管理技術により収集する。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、ネットワーク管理技術により取得した CPU 負荷などの機器の稼働状況をテストデータとして学習データと組み合わせて、機械学習により消費電力を推定する。この際、学習データとテストデータに用いるデータの種類として以下の3つのレベルを検討している。

レベル1 プロトコル毎のパケット情報

レベル2 CPU 負荷、メモリ使用率、ネットワーク負荷等の機器の稼働情報

レベル3 稼働プロセス毎の負荷情報など詳細な稼働情報

レベル1 は端末が接続されているルータから、その端末が送信元・受信元となるパケット情報を収集し、そ

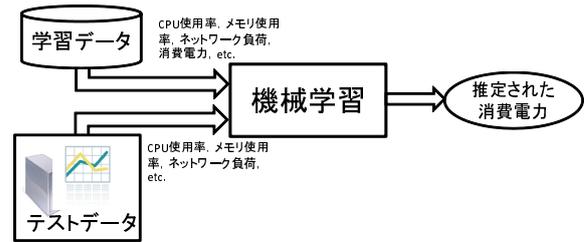


図2: ネットワーク情報に基づいた消費電力推定手法の概要

れを学習データ、テストデータに利用することで、対象となる機器に直接、アクセスすることなく消費電力が推定できるかを考察する。レベル2では各端末に対して SNMP (Simple Network Management Protocol) などを用いて CPU 負荷、メモリ使用率、ネットワーク負荷などの特に消費電力に影響を及ぼすと考えられる機器の稼働情報を取得する。レベル3では稼働プロセス毎の CPU 負荷やメモリ使用率など詳細な稼働情報を収集する。高レベルの情報ほど収集が難しくなるが、詳細な稼働情報が把握できるため消費電力の推定精度が向上することが見込まれる。

レベル毎に対象となる情報を収集から消費電力を推定し、その推定精度を比較することで、本手法の有効性を検証していく。

4. おわりに

本論文では、ネットワーク管理技術を基盤とし、電力計測器を用いることなく、ネットワークシステム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について提案した。また、その基盤となるネットワーク情報に基づいた消費電力の推定手法について、その基本機能の設計を行った。

今後は、消費電力の推定手法について実装・実験を行い、有効性を検証していくと共に、グリーン指向ネットワーク管理フレームワークの実現に向けて、各機能を実装し、統合を行っていく。

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] 江崎浩, 落合秀也, “東大グリーン ICT プロジェクト,” 電子情報通信学会論文誌 B, Vol. J94-B, No.10, pp.1225-1231, 2011.
- [2] 加藤丈和, 松山隆司, “i-Energy Profile: スマートタップネットワークによるエネルギーの情報化プロファイル,” 電子情報通信学会論文誌 B, Vol. J94-B, No.10, pp.1232-1245, 2011.
- [3] Cisco EnergyWise Technology, <http://www.cisco.com/en/US/products/ps10195/index.html>
- [4] Green Usage Monitoring Information Base, <https://datatracker.ietf.org/doc/draft-suganuma-greenmib/>