

## ネットワークシステムにおける電力の有効利用のための自律的制御手法

栗原 孝太† 和泉 諭‡ 阿部 亨§† 菅沼 拓夫§†

† 東北大学大学院 情報科学研究科 ‡ 東北大学 電気通信研究所

§ 東北大学 サイバーサイエンスセンター

### 1 はじめに

近年、ICTの重要性がさらに高まる中、オフィスビル等で消費される電力のうちネットワークシステムによる消費電力が占める割合は益々増大してきている。これに伴い、ネットワークシステムの使用状況に基づき、システムを構成する各機器を適切に運用することが省エネ・節電を実現するための重要な課題となっている。

筆者らは、これまで電力の有効利用のための生活行動プランニング手法を提案してきた [1]。本稿では、このプランニング手法をネットワークシステムに応用し、システムを構成する各機器の自律的な制御を行うことで、利用者の利便性を損なうことなく電力の有効利用を実現する手法について提案する。

### 2 関連研究

ネットワークシステムにおける省電力化を行う手法として、データセンターの省電力運用管理手法が提案されている [2]。これは、ECO-OP サーバと呼ぶサーバをネットワークシステム内に設置して各サーバの使用率を定期的に計測し、その使用率に応じてネットワークを再構成する手法である。再構成には、仮想サーバの設定変更、物理サーバのスリープ、ロードバランサの設定変更などが含まれる。

また、ネットワークシステムの中でも、サーバを対象とした省電力化に関する研究が盛んに行われている。近年のクラウドコンピューティングの発展に伴い、特にクラウド環境におけるサーバ資源制御の手法が数多く提案されている [3][4]。これらはサーバ上で動く各種クラウドサービスをタスクとみなし、設定した評価関数に基づきサーバにタスクを最適に配置するものである。

この他、ネットワークにおいて、省電力化を目的としたルーティングプロトコルも提案されている [5]。

一方、筆者らは電力の有効利用を実現するための生活支援システムの実現に向けて、人間の作業能率を維持

しつつ実際に環境を制御するための生活行動プランニング手法を提案した [1]。この研究では研究室やオフィスの環境を想定して実験を行ったが、提案したプランニング手法はネットワークシステムにも応用できると考えられる。このプランニング手法を用いることで、電力を有効利用するようネットワークの構成を変更する際、その構成変更の手順を自動的に導出することができ、またタスクの実行順序に制約がある場合にも対応できる。

### 3 提案の概要

#### 3.1 制御対象

本稿で想定するネットワークシステムは、サーバ、ネットワーク機器、空調設備などから構成されるものとする。サーバについては、物理サーバあるいは仮想サーバのみからなる環境だけでなく、これらが混在した環境も含め検討する。また、近年ではサーバだけでなく、Open vSwitch などを用いることでネットワーク機器も仮想化することができるため、その利用も考慮する。さらに、これらの機器の稼働や保守に必要な空調設備も対象に入れることで、ネットワークシステム全体の省電力化を行う。

#### 3.2 提案するプランニング手法

提案するプランニング手法を用いたシステムの概略を図 1 に示す。

このシステムは、Monitor, Optimizer, Planner, Controller の 4 つのモジュールから構成されている。Monitor は実環境の状態を観測する。観測した値を基に Op-

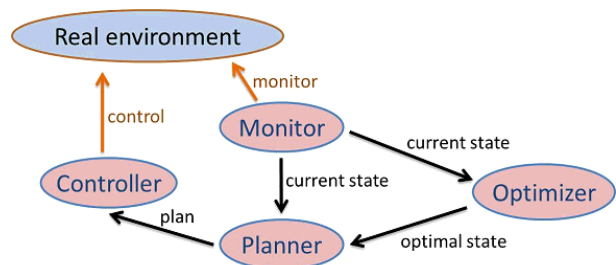


図 1: プランニング手法を用いたシステム概略図

Autonomous Control Method for Energy-efficient Network Systems.  
 †Kouta Awahara ‡Satoru Izumi §†Toru Abe §†Takuo Suganuma  
 †Graduate School of Information Sciences, Tohoku University  
 ‡Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University  
 §Cyberscience Center, Tohoku University

imizer が最適化を行い、最適状態を推定する。次に、Monitor による観測値と Optimizer により得られた最適状態を基に、Planner が最適状態へ移行するためのアクション系列 (プラン) を作成 (プランニング) し、Controller によって実環境の状態を制御する。すなわち、プランニングとは「与えられた目標を達成するために必要な行為の系列を自動生成する」ことである。

### 3.3 期待される効果

先行研究 [1] では、対象として大学における研究室の居室を想定し、居室内機器の消費電力最適化に対する提案プランニング手法の有効性を議論した。具体的には消費電力を考慮する機器類として、作業用 PC、照明、空調を対象とし、研究室のプロジェクト (研究グループ) に所属するメンバー (学生) が部屋で作業用 PC を用いて作業する場面を想定した。Monitor は実環境から各機器の消費電力を観測し、その値から利用者の生活状況の推定を行う。推定した生活状況を基に、Optimizer が利用者の作業効率も考慮に入れて消費電力を最適化し、最適状態を推定する。その結果、作業効率を維持したまま電力を有効利用するプランが生成可能であることを検証した。そのプランの一例を図 2 に示す。

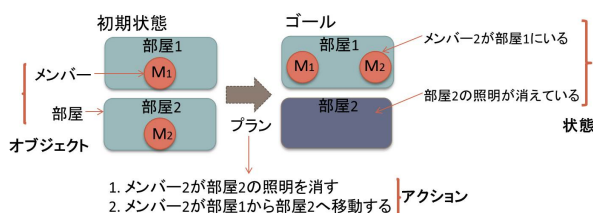


図 2: プランニングの例

本稿では、この手法をネットワークシステムに適用する。文献 [3][4] と同様に、タスクを各サーバに適切に割り当てることを考える。ただし、サーバのみを考慮した局所最適化ではなく、タスクの動作に必要なネットワーク機器や空調に必要な電力も考慮に入れることで、全体の最適化を行う。本提案手法の概要を図 3 に示す。

ネットワーク内に Operation Server を設置し、全体の制御を行う。まず、各サーバの使用率を観測する (Monitor)。次にタスクを各サーバに割り当てた場合に必要となるシステム全体の電力を、サーバ、ネットワーク機器、空調の電力モデルからそれぞれ計算し、その総和を求め、システム全体の消費電力が最少となるタスクの割り当て方を求める (Optimizer)。この時のタスクの動作および割り当てに必要なネットワーク機器、空調設備の稼働状況を最適状態とする。これを基に、現

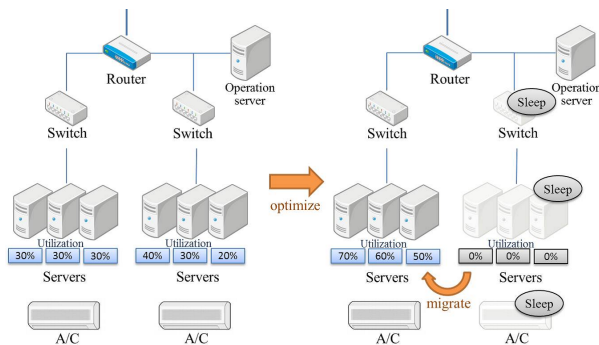


図 3: ネットワークシステムにおける電力の有効利用のための自律的制御手法の概要

在の状態から最適状態へと移行するプランを生成する (Planner)。図 3 において生成されるプランの例は以下のようになる。

1. タスクの移動
2. サーバ (群) のスリープ
3. ネットワーク機器の電源オフ
4. 空調設備の電源オフ

最後に、実際にネットワーク機器、空調設備のオン/オフや設定変更を行う (Controller)。

## 4 おわりに

本稿では、消費電力最適化のためのプランニングをネットワークシステムに応用することで、システムを構成する各機器の自律的な制御を行い、利用者の利便性を損なうことなく電力を有効利用する手法について提案した。今後は、提案手法を実装し、評価実験を通して提案手法の有効性を検証する予定である。

謝辞 本研究の一部は、総務省 PREDICT 委託課題「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」の援助を受けて実施した。

## 参考文献

- [1] 栗原孝太他, “電力の有効利用を実現する生活行動プランニング手法”, 信学技報 vol. 112 no. 88 IN2012-25, pp. 7-12, 2012.
- [2] Daisuke Arai, et al. “Proposal on Eco-friendly Operation Scheme for Reducing Energy Consumption of Data Center”, APNOMS 13th Asia-Pacific, pp.1-7, 2011.
- [3] Young Choon Lee, et al. “Energy efficient utilization of resources in cloud computing systems”, The Journal of Supercomputing, Volume 60, Issue 2, pp 268-280, May 2012.
- [4] Ching-Hsien Hsu, et al. “Energy-Aware Task Consolidation Technique for Cloud Computing”, Third IEEE International Conference on Cloud Computing Technology and Science, pp.115-121, 2011.
- [5] Daisuke Arai et al. “ECO-friendly Distributed Routing Protocol for Reducing Network Energy Consumption”, CNSM International Conference, 2010.