

ネットワークシステムの消費エネルギーを最適化するポリシーに関する検討

西 徹也† 大澤 由憲‡ 橋本 和夫‡
 †東北大学工学部 ‡東北大学大学院 情報科学研究科

1 はじめに

近年, 地球温暖化問題の解決のため, 温室効果ガスを削減する活動が世界的に行われている. その活動の一環として, 家庭内やオフィス内での, 消費エネルギーの削減(省エネ)が重要視されている. 例えば, 省エネ機器やエコ機器と呼ばれる省エネ効果の高い電化製品の積極的な導入や, 人の在室情報を取得して機器を制御し, 無駄な消費エネルギーを削減する試みなどがある. これらの試みは, 何れも個別の機器における省エネ化を図るものである.

また, 個別の機器に留まらず, 情報ネットワークを用いてオフィス全体の機器を連携させることにより, 更なる省エネ化が期待できる. 具体的に, まず, 蛍光灯とデスクライトのような互いに役割を干渉している機器においては, 互いの機器情報を共有することで無駄な稼働時間を削減できる. 次に, 人の在室情報を共有し, 人の動きを管理することで, オフィス全体の省エネ化を行うことができる. 他の利点としては, 個別の機器にポリシーを実装するときと比べ, ネットワークシステム全体に実装するときのほうが, 管理者の手間を省くことができる.

しかしながら, 現状では, ネットワークシステム全体における消費エネルギーを削減する管理手法は確立されていない.

そこで, 本稿では, ネットワークシステム全体の消費エネルギー最適化に向けて, どのようにポリシーを構成すべきかについて検討し, また, 最適化を行うための目的関数を定式化していく.

2 問題設定と要件

本稿では, ある環境での省エネ化を行うため, エネルギー(電力)を消費する機器類をどのように管理すればよいかを検討する. また, 機器類の自動管理だけでなく, 機器類を利用する人の配置をも管理することで更なる省エネ化を試みる.

省エネ化を行うことで, 利用者の快適性や作業効率が失われることは望ましくない. そのため, 利用者の環境

に関わる数値を導入し, 省エネ化とのバランスを考慮しつつ, どのようにポリシーを構成していけばよいかの検討も行っていく.

まず, 本稿で想定する環境を次のように前提する.

- 環境: 研究室
- メンバー数: 35名
- 部屋数: 5個
- プロジェクト数: 7個
- 考慮する機器類: 作業用PC, 照明, 空調

また, 本稿では, 以下のようなことを要件とする.

1. 出勤時, リーダー, サブリーダーは部屋1, その他のメンバーは部屋2から席を詰めて配置される.
2. 同じプロジェクトのメンバーが同室のとき, そのメンバー全員の研究パフォーマンス(能率)が上がる.
3. アシスタントとメンバーが同室のとき, そのメンバーの能率が上がる.
4. 体感気温が, あるメンバーにとっての適温より暑いときや寒いときには, そのメンバーの能率が下がる.
5. 窓を開けることで体感温度を外気温より1度, もしくは2度下げる. ただし, 雑音などが考えられるため, その部屋に在室するメンバーの能率は下がる.
6. 照明を蛍光灯からデスクライトに切り替えることで消費エネルギーを抑えられるが, その部屋に在室するメンバーの能率は下がる.
7. プロジェクト間に優先度を定義する. 最適化において同等のシステム状態が複数あるとき, 優先度の高いプロジェクトの能率が大きくなるように, システム状態を選択する.

上記のような条件を満たすシステム状態を計算し, 一定時間ごとに状態遷移させる.

On Management Policy for Saving Energy Consumption of Network Systems.

†Tetsuya Nishi ‡Yoshinori Osawa ‡Kazuo Hashimoto

†School of Engineering, Tohoku University

‡Graduate School of Information Sciences, Tohoku University

3 提案手法

本稿で提案する最適化手法では、目的関数 $F(s)$ を以下の式 (1) のように定め、目的関数の最小化を行う。

$$F(s) = E(s) - L(s) \quad (1)$$

式 (1) における $E(s)$ は消費エネルギー、 $L(s)$ は研究パフォーマンスを表す。本稿では、消費エネルギー $E(s)$ が可能な限り小さく、研究パフォーマンス $L(s)$ が可能な限り大きくなることを目指すものとする。従って、目的関数 $F(s)$ を最小化する状態ベクトル s を求めることが、本稿の提案手法の最終的な目標となる。

3.1 消費エネルギーの定式化

消費エネルギー $E(s)$ は以下の式 (2) のように定める。

$$E(s) = \sum_{i=1}^{N_a} \text{Energy}(A_i) \times st_i(s) \quad (2)$$

式 (2) における $\text{Energy}(A_i)$ は機器 A_i の消費エネルギー、 $st_i(s)$ は機器 A_i の状態変数、 N_a は機器の総数を表す。

状態変数 $st_i(s)$ は機器の状態によって決定される変数である。オフとオンの2つの状態に限られる機器は0か1をとり、数段階の状態を持つ機器は段階に応じた変数をとる。後者の例として、空調は設定温度によってその消費エネルギーが変化するため、設定温度に応じた状態変数となる。

3.2 研究パフォーマンスの定式化

研究パフォーマンス $L(s)$ は以下の式 (3) のように定める。

$$L(s) = \sum_{i=1}^{N_p} PL_i(s) \quad (3)$$

式 (3) における $PL_i(s)$ はプロジェクト P_i の研究パフォーマンス、 N_p はプロジェクトの総数を表す。

また、 $PL_i(s)$ を以下の式 (4) のように定める。

$$PL_i(s) = \sum_{j=1}^{N_i} ML_j(s) \quad (4)$$

式 (4) における $ML_j(s)$ はメンバー M_j の研究パフォーマンス、 N_i はプロジェクト P_i の総メンバー数を表す。

更に、 $ML_i(s)$ を以下の式 (5) のように定める。

$$ML_i(s) = \{\text{Capacity}(M_i) + co_i(s)\} \times en_i(s) \quad (5)$$

式 (5) における $\text{Capacity}(M_i)$ はメンバー M_i の能力値、 $en_i(s)$ はメンバー M_i の環境変数、 $co_i(s)$ はメンバー M_i の協力変数を表す。

能力値 $\text{Capacity}(M_i)$ はメンバーごとに予め定義しておく。環境変数 $en_i(s)$ はメンバー M_i の周辺環境に左右され、例えば、デスクライト使用時には蛍光灯使用時に比べ $en_i(s)$ は小さな値をとる。協力変数 $co_i(s)$ はメンバー M_i と同室にいるメンバーの属性に左右され、例えば、アシスタントが同室にいるときには、いないときに比べて $co_i(s)$ は大きな値をとる。

4 既存研究

論文 [1] では、省エネルギーに役立てるために、7つのビルにおける約3000点の機器のエネルギー消費を自動計測、一元管理できるエネルギーマネジメントシステムの開発を行い、実際に試験導入している。また、論文 [2] では、IPv6を活用して公園などの照明器具をネットワークに接続し、センターサーバでの一元管理を行っている。その成果は実際に北京オリンピック公園に適用され、省エネルギーを目的とする施設管理を実現した。

これらの論文では、ネットワーク上で機器を一元管理する方法を提案しているが、どのように機器を運用すればより良い省エネ化に繋がるかを検討していない。そこで、本稿では、ネットワーク管理を用いた施設運用において、より省エネ化に繋がる機器の運用に関して具体的に定式化を行い、一例を示した。また、これらの論文では、省エネルギー支援システムという省エネを目的とした機器管理を提案しているが、利用者の環境には言及していない。本稿では、研究室における研究パフォーマンスを考慮することで、省エネ化によって利用者の環境が損なわれないような手法を提案している。

5 おわりに

本稿では、まず、省エネ化を行う環境と要件を定義した。次に、想定した環境において、ネットワークシステムで機器を運用するとき、消費エネルギーの減少と研究パフォーマンスの増加をバランスよく満足するためにはどのような最適化を行えばよいか検討し、定式化を行った。

参考文献

- [1] 蓮本 昌哉, 角野 浩三, 葛西 悠葵, 十河 知也, “ ネットワーク一元管理型省エネルギー支援システム ”, 松下電工技報, Vol. 54, No. 1, pp.77-83(2006) .
- [2] 藤村 英樹, 佐藤 俊孝, 天野 昌幸, 押部 直克, 長谷川 勝士, 高垣 宏章, “ 広域照明管理用エリアマネジメントシステム ”, パナソニック電工技報, Vol. 57, No. 2, pp.84-91(2009) .