

空調効率の改善を目的としたサーバ負荷配置方式

A Server Workload Placement Method for Enhancing Air Conditioning Efficiency

千喜良 和明 橋本 英明 浦田 穰司 増尾 剛
Kazuaki CHIKIRA Hideaki HASHIMOTO Joji URATA Tsuyoshi MASUO

NTT 環境エネルギー研究所
NTT Energy and Environment Systems Laboratories

昨今、通信ビルやデータセンタの省エネに向けた取り組みが推進されている。通信機械室やサーバールームでは空調機の消費電力が全体の 30%を占めるため、空調機の消費電力を低減することが重要である。これに対し、ICT 機器と空調機を統合的に制御し、通信機械室やサーバールーム全体の消費電力を最適化する手法について研究を進めてきた。本稿では、市中の仮想化基盤製品と空調機の連係制御による空調電力削減手法について報告する。

1. ICT-空調連係制御の概要

一般的な通信機械室やサーバールームでは ICT 機器と空調機の位置関係により熱だまりや過冷却が発生する可能性があり、それが空調効率の低下につながる。この問題に対し、ICT 機器と空調機の温度情報・運転情報を収集・分析し、空調機の設定温度と ICT 機器の負荷配置を最適化する手法（ICT-空調連係制御）が提案され、この手法によって最大で空調電力の 30%を削減できることが報告されている[2]。また、ICT-空調連係制御による電力削減を実現するためのシステムとして、エネルギー管理システム（以下 DEMS）が提案され、システム構成法等が報告されている[1]。

一方で、DEMS の実現のためには、市中で用いられている仮想化基盤製品と連係し、ICT 機器の負荷配置を制御する方式を確立する必要がある。本稿では、ICT 機器の負荷配置を制御するための仮想化基盤製品との連係方式を提案し、プロトタイプシステムを用いたフィジビリティ確認と空調電力の削減効果について実証した結果を報告する。

2. ICT-空調連係制御方式

2.1 DEMS と仮想化基盤の機能分担

ICT 機器の負荷配置を制御する主要なパラメータとして、図 1 に示すように①物理サーバ配置、②物理サーバ台数、③仮想サーバ配置が考えられる。また、これらのパラメータを DEMS/仮想化基盤のどちらで制御するかによって、3つの機能分担案が考えられる。

ICT 機器の負荷配置制御の観点でみると、案 3 が最も自由度が高く、案 2、案 1 の順で自由度が低くなる。このため、空調電力の削減効果は、案 3、案 2、案 1 の順で高い効果が期待できる。一方で、システムに要求される高可用性（異常発生時のライブマイグレーション等）やサービス性（適度な負荷分散によるレスポンス保証等）の観点でみると、案 1 の場合、仮想化基盤が基本的に備えている機能をそのまま活用できるのに対し、案 2 や案 3 の機能分担においては、DEMS に対して複雑な機能実装が必要となる。以上のように、各案は、期待される電力削減効果と機能実装の複雑さにおいてトレードオフの関係にあり、それぞれ一長一短があるが、本研究では、市中の仮想化基盤製品が備え

ている機能を最大限活用できる案 1 の機能分担を採用し、詳細な連係方式を検討することとした。

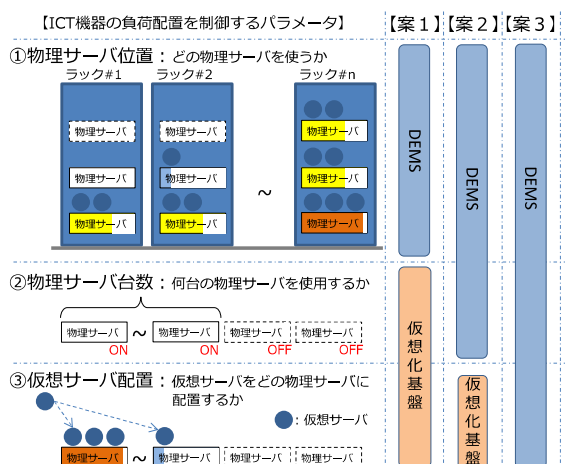


図1 決定すべきパラメータと機能分担案

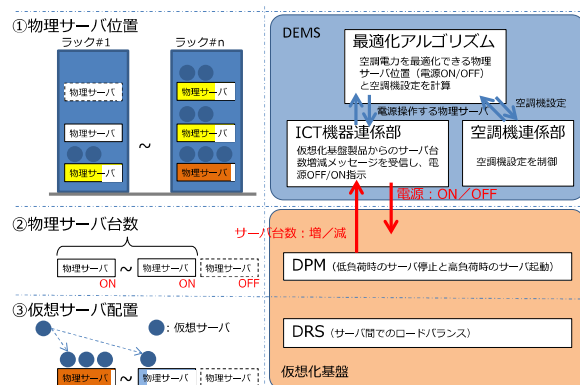


図2 連係方式

2.2 連係方式

提案する ICT-空調連係制御方式の実現可能性を実証するために、市中の仮想化基盤製品として、VMware を事例に、詳細な連係方式の検討を実施した。連係方式を図 2 に示す。VMware においては、仮想サーバの配置は DRS(Distributed Resource Scheduler)と呼ばれる機能で制御されている。DRS は物理サーバに割当ての負荷量が各サーバで均一化されるよう、仮想サーバを配置する。起動する物理サーバの台数は

DPM(Distributed Power Management)と呼ばれる機能で制御されている。DPM は各サーバの CPU 使用率が45%～81%の範囲に収まるよう、起動サーバ台数を制御する[3]。ここで、起動するサーバを DEMS で制御するため、DPM が自動的にサーバを起動・停止しないよう設定変更し、DPM の制御メッセージを DEMS で受け取り連係動作する方式を考案した。DEMS は DPM のサーバ起動・停止要求を監視し、起動・停止の要求があった場合には、起動台数の条件を満たしつつ空調効率の面で最適なサーバを選択して起動・停止する。必要な起動サーバ台数が満たされれば、DPM は起動・停止要求をキャンセルする。

3. 評価

3.1 実験環境

プロトタイプシステムを構築し、図 3 に示す実験環境において評価実験を行った。

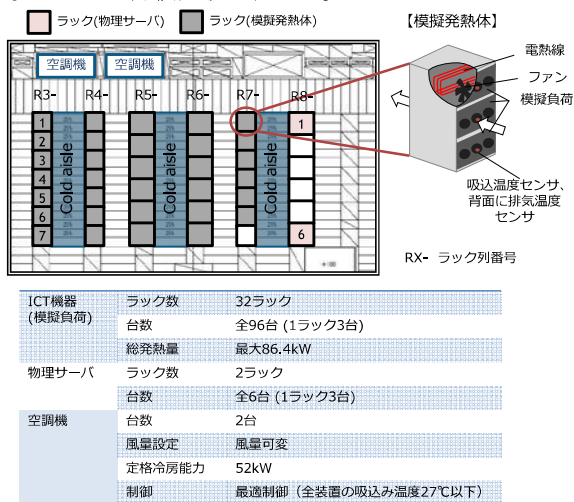


図 3 実験環境

仮想化基盤を導入した物理サーバを R8-1 および R8-6 の 2 ラックに 3 台ずつ計 6 台を搭載し、1つのクラスターを構成している。クラスターは仮想化基盤におけるサーバ群の管理単位であり、負荷配置は各クラスター内に閉じて制御される。

1 回の実験は 6 時間半、サーバに印加する負荷量は時間とともに 0%→100%→50%→0%と変化させる（クラスター内の全サーバが起動する負荷量を 100%と表記）。

3.2 実験結果

2 ラックに搭載される 6 台の物理サーバに着目し、サーバ負荷、ICT-空調連係制御の有無によるサーバ稼働状況の推移、空調消費電力（2 台の合計）の推移を図 4 に示す。図中①～⑥はそれぞれ物理サーバを表しており、節 1 で示した ICT-空調連係制御手法に基づき ICT-空調連係制御を行った場合、優先的に利用すると空調効率がよい順に①→⑥の番号を付与している。各サーバの行が塗りつぶされている時間帯はサーバの電源がオンであることを示す。色はサーバの吸込み温度（低温が青、高温が赤）を示す。

(1)ICT 機器の負荷配置制御

連係制御なしの場合は、VMware 製品の仕様に基づきランダムにサーバが利用されているのに対し、連係制御ありの場合は、負荷の増加に伴い①→⑥の順に電源オンに、逆に負荷の低減に伴い⑥→①の順に電源オフに制御されていることがわかる。以上のように、本稿で提案する ICT-空調連係制御方式により、市中の仮想化基盤製品と連係して、ICT 機器の負荷配置を制御できることが確認できた。

(2)空調電力削減効果

サーバの負荷配置に差がある時間帯（03:00～05:00）に着目すると連係制御ありの場合において空調機の消費電力が低下している。上記時間帯の平均消費電力は 25.4kW から 20.8kW に低下しており約 18%の消費電力削減を確認した。

また、サーバの吸い込み温度に着目すると、連係制御ありの場合は平均 22.8℃、連係制御なしの場合は平均 21.1℃であり、連係制御なしの場合は相対的にサーバの吸込み温度が低く、過冷却が発生している。冷却しにくい場所に配置されたサーバ（⑤⑥等）を冷却するために、空調機の設定温度が低く設定され、結果として空調消費電力が増加していると考えられる。以上のように、本稿で提案する ICT-空調連係制御方式によって、空調電力が削減できる効果が確認できた。

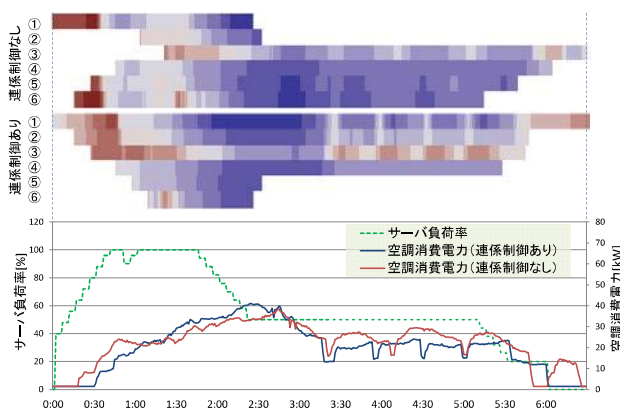


図 4 サーバ負荷と負荷配置の時間変化

4. おわりに

仮想化基盤と連係しながらサーバの負荷配置を制御する方式を提案し、プロトタイプシステムで連係制御方式の実現可能性および空調電力の削減効果を確認した。

参考文献

- [1] 浦田 穰司, 菅原 昌久, “データセンタにおけるエネルギー最適化システム構成法の検討”, 信学技報, IN2013-6, pp. 31-36, Apr. 2013.
- [2] 橋本 英明, 松尾 啓吾, 千喜良 和明, 中村 雅之, 浦田 穰司, “データセンタの省電力化に向けた混合整数二次計画法に基づくサーバーと空調機の協調制御手法”, 信学技報, CPSY2014-42, pp. 191-196, Jul. 2014.
- [3] A. Gulati, A. Holler, M. Ji, G. Shanmuganathan, C. Walds-purger, and X. Zhu, “VMware Distributed Resource Management: Design, Implementation and Lessons Learned” VMware Technical Journal, vol. 1, no. 1, pp. 45-64, 2012.