

仮想化、非仮想化サーバが混在したデータセンタにおける 省電力運用管理手法の提案

Proposal on Operation Scheme for Reducing Energy Consumption of Data Center including Virtual and non-Virtual Server

荒井 大輔†
Daisuke Arai

吉原 貴仁†
Kiyohito Yoshihara

1. はじめに

近年のトラフィック量増大に伴い、ICT 機器も増加し、その電力消費量もまた増加している[1]。ICT 機器の電力消費量の約半分がサーバやネットワーク機器(以下、ネットワークを NW と呼ぶ)によって消費されている[1]。そのため、それらが集中設置され、稼働するデータセンタ(以下、DC と呼ぶ)の電力消費量削減は、重要な課題となる。

これまで著者らは、仮想化されたサーバ群と NW 機器から構成される DC を対象に、仮想化サーバと NW 機器の構成を利用状況に応じて動的に構成変更することで、DC の電力消費量を削減する手法を提案している[2]。一方、実際の DC には、非仮想化環境が数多く存在し、電力消費量の削減が強く求められる昨今、非仮想化サーバへの適用を目的とした機能拡張が強く求められる。そこで、本稿では、非仮想化サーバへの適用を目的とする機能拡張を実施し、60 台規模の小規模な DC 環境で評価する。

2. 仮想化サーバと NW の動的構成変更による DC 省電力運用手法[2]と非仮想化サーバへの拡張

2.1. 想定環境

複数の NW セグメントに配置された NW 機器やサーバと、それらの安定稼働のための空調機が稼働する DC を想定する。サーバの一部は仮想化技術により、物理的なサーバ(以下、物理マシンと呼ぶ)の、計算機資源を論理分割し、複数の仮想マシンを割当て(以下、仮想化サーバ群と呼ぶ)。また、一部のサーバは、ロードバランサにより、例えば WEB 応答などのタスクを複数のサーバで分散実行する(以下、非仮想化サーバ群と呼ぶ)。仮想化サーバ群や非仮想化サーバ群の稼働率は、利用者からの要求に応じて変化し、例えば休日夜間の利用が少ない時間帯には稼働率が低くなるなど、時々刻々と変化する。

2.2. DC 省電力運用手法[2]の概要と機能拡張

従来、仮想化サーバ群の稼働率に応じて、1 台の物理マシン上で実行する仮想マシンの数と、それら仮想マシンを実行する物理マシンを NW セグメントの制限なく変更し、省電力化を図る手法を提案している。左記従来提案に加えて、本手法では、非仮想化サーバ群の稼働率に応じて、ロードバランサの設定を変更し、省電力化を図る。具体的には、休日夜間など、例えば WEB サービスの利用者が少なく非仮想化サーバ群の稼働率が低い時間帯には、一部の非仮想化サーバにのみタスクを割当て、タスク実行に不要となった非仮想化サーバの電源を停止することで、省電力化を図る。本手法の実現のため DC に新たに省電力管理サーバ(以下、管理サーバと呼ぶ)を導入する。本手法の詳細を図 1、図 2 とともに示す。

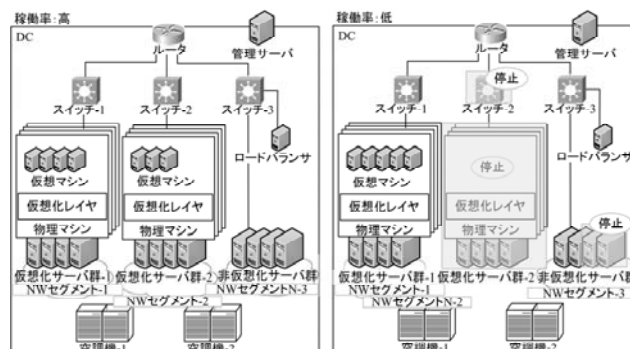


図 1: DC 省電力運用手法の動作概要

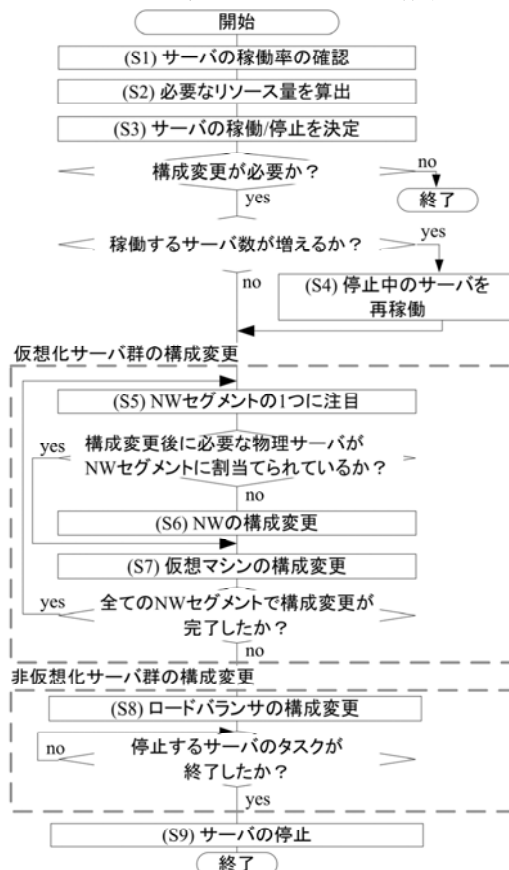


図 2: 管理サーバの動作概要

A. 仮想化、非仮想化共通処理

管理サーバは、全サーバより CPU 使用率やメモリ使用率などで表される稼働率を収集する(図 2(S1))。さらに管理サーバは稼働率に基づき、仮想化サーバ群であれば、各仮想マシンに割当ててるリソース量、非仮想化サーバ群であればタスクの処理に必要なサーバ数を求め、結果に応じて、

サーバの停止や稼働を決定する(図 2(S2),(S3)). 決定したサーバの停止や稼働が、現時点の DC の構成と異なる場合、構成変更が必要と判断し、仮想化サーバ群および非仮想化サーバ群の構成変更を行う。構成変更が不要な場合には処理を終了する。管理サーバは、停止中のサーバの中に構成変更後に使用する予定のサーバが含まれる場合、これを再稼働する(図 2(S4)).

B. 仮想化サーバ群の構成変更

仮想マシンを実行する物理マシンの変更はサービスの継続性維持の観点から、仮想マシンの IP アドレスを構成変更前後で維持する必要があるため、同一 NW セグメント内に限るという仮想化技術の制約より、1つの NW セグメント毎に仮想化サーバ群の構成変更を実施する(図 2(S5)). 1つの NW セグメントに注目し、NW セグメント内において構成変更(仮想マシンを実行する物理マシンの変更)を実施する。この際、NW セグメント毎に実施する仮想マシンの構成変更に加えて、NW 構成の変更(物理マシンが属する NW セグメントの変更)を実施する事により、仮想化技術の制約を無くす(図 2(S6),(S7)). 本手順により、NW セグメントの制約なく、仮想マシンの構成変更が可能となる(図 1 左から右、本手順により物理マシン群-1 に集約される)。

C. 非仮想化サーバ群の構成変更

非仮想化サーバ群の構成変更は、ロードバランサの設定変更により実施する。具体的には、休日夜間など、利用者が少なく非仮想化サーバ群の稼働率が低い時間帯には、タスクを一部の非仮想化サーバに集約する(図 2(S8)).

上記により、仮想マシンやタスクの実行に不要となったサーバを停止し、電力消費量を削減する(図 2(S9)).

3. 試作と小規模な DC における提案手法の評価

電力消費量の削減効果の評価するため、60 台規模の小規模な DC を構築し、提案手法を実行する。評価環境の概要を図 3 に示す。仮想化技術には Xen を使用し、40 台の物理マシンで 80 台の仮想マシンを実行する。また、仮想マシンの構成変更に必要な共有ストレージを導入する。ロードバランサには LVS(Linux Virtual Server)を使用する。

上記環境において、休日夜間など DC のサーバを利活用する利用者が減る時間帯へと変化する場面を想定し、全仮想化サーバ群と全非仮想化サーバが稼働する状態から、19 台の物理マシンと 2 台の非仮想化サーバのみが稼働する状態に構成変更する(図 1 左から右)。電力消費量の変化と構成変更に必要な時間を実測した。結果を図 4 に示す。電力消費量が構成変更により約 32.1%削減できることがわかる(22.4kWh から 15.2kWh)。これは、2011 年 7 月より経産省が電力の大口需要に対し求める 15%の削減目標を満たす。

構成変更に約 3 時間必要になることがわかる。構成変更中も、仮想化サーバ群については仮想化技術のライブマイグレーション機能により、非仮想化サーバ群についてはタスクの終了を待って停止する処理(図 2(S8)下の分岐)により、サービスの継続的な提供が可能のため、利用に影響しない。ただし、時々刻々と変化する稼働率を追従するためには、構成変更そのものの高速化や、複数のサーバを同時に構成変更する処理の組込、効率的に構成変更するための順序制御、稼働率の予測技術との組合せによる構成変更処理などの高度化が今後の課題となる。

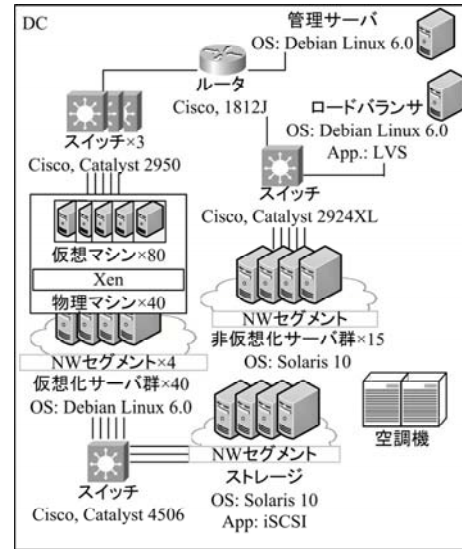


図 3: 評価環境の概要

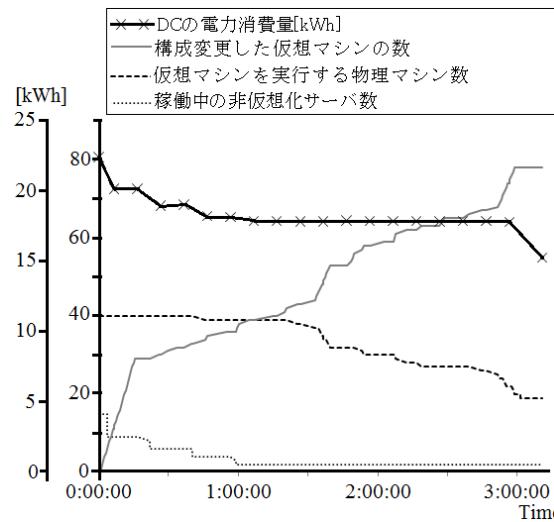


図 4: 電力消費量の変化と構成変更に必要な時間

4. おわりに

本項では、著者らが先に提案した手法の機能拡張を実施し、仮想化サーバ群に加えて、ロードバランサでタスクを分散処理する非仮想化サーバ群を含むデータセンタの省電力運用手法を提案した。本手順では、各サーバの稼働状況を定期監視する管理サーバを新たに導入し、管理サーバが稼働状況に応じて、仮想化サーバ群や NW 機器の設定変更、ロードバランサの設定変更により、データセンタの構成を動的に変更する。提案に基づく試作を行い、60 台規模のデータセンタ環境において、提案を評価した。結果、提案手法が最大約 32.1%の電力消費量を削減する可能性を示した。

[1] K. W. Roth et al., "Energy Consumption of Office and Telecommunications Equipments in Commercial Building Vol. I: Energy Consumption Baseline," NTIS, U. S. Department of Commerce, NTIS Number: PB2002-101438, 2002.

[2] D. Arai et al., "Proposal on ECO-friendly Operation Scheme for Reducing Energy Consumption of Data Center," To appear in Proc. of APNOMS 2011.