

JAIST におけるサーバールーム構築: 負荷と電力消費の関係, 空調

小原 泰弘^{†1} 岡本 忠男^{†1} 宇多 仁^{†1}

CPUの消費電力の増加, 発熱量増加, サーバー機器の高密度化が進んでいる。グリーン IT への要請から, 消費電力の低減や, 効率的な冷却手法が重要となってきた。本稿では, 北陸先端科学技術大学院大学 (以下 JAIST) のサーバールームの構築と運用管理の一環として, 1) メールサーバーの負荷と消費電力の関係調査, 2) 効率的な冷却を目指した空調とラックの構築を紹介する。JAIST においてはメールサーバーの負荷と消費電力の相関関係は低いこと, より精度の高い電力測定器などを利用しなければ詳細な関連は測れないこと, 空調とラックをダクトで直接接続するラック冷却方法は効果的であることがわかった。

Implementation of Server Rooms in JAIST: Relation between Load and Power Consumption, and Air Condition

YASUHIRO OHARA,^{†1} TADAOKAMOTO^{†1} and SATOSHI UDA^{†1}

Recently CPU power consumption, amount of CPU heat, and space-density of servers are growing. From the demands for Green-IT, suppression of power consumption and efficient server-cooling methods have become important. In this paper we introduce, as part of the implementation/administration/operation of server rooms in JAIST, 1) Investigation of correlation between server's system load and its power consumption, and 2) a method to construct air-conditioning system and server racks that is aimed at efficient server cooling. It is observed that in JAIST, the correlation between server load and its power consumption is weak, higher precision measurement device is necessary for further detailed investigation, and a cooling system that connects air-conditioner and server racks directly using ducts is effective.

1. はじめに

近年, 環境への配慮が進み, 発熱量の低減や電力の効率的な利用に注目が集まっている。加えて, JAIST では, これまでのサーバールームの冷却能力に構造的限界が来ており, 重要な学内サーバーが熱で停止するような障害も起きている。

本稿では, JAIST におけるサーバールームの構築と運用管理の一環として, 1) メールサーバーの負荷と電力消費の関係調査, 2) 効率的な冷却を目指した空調とラックの構築を紹介する。

1) は, JEITA¹⁾の要請から, 実運用のサーバ群の消費電力を調査する第一歩のテストケースとして行われたものである。この調査の結果は, 今後 JEITA のグリーン IT への研究活動に活用される予定である。

^{†1} 北陸先端科学技術大学院大学 情報科学センター
Center for Information Science,
Japan Advanced Institute of Science and Technology

表 1 メールサーバー定格消費電力
Table 1 Power Consumption of Mail Servers

| | |
|----------------------------|------|
| IRONPORT C350 | 750W |
| Sun SPARC Enterprise T5120 | 641W |

2. メールサーバー電力調査

本節ではメールサーバーが定期的な担う負荷によって, 消費電力がどれほど変化するか, どれほど関連性があるかを問う調査である。

2.1 構成

JAIST では, IRONPORT C350⁷⁾ 2 台, Sun SPARC Enterprise T5120⁶⁾ 2 台の構成で全学約 1,300 人のメール (正常メールは平均受信約 6400 通/日, 送信約 7300 通/日) を送受信している。スパムメールは C350 で廃棄され, T5120 は主に正常メール処理とウェブメールサーバーの役割を担っている。

メールシステムの概念図を図 1 に示す。定格消費電力を表 1 に示す。

2.2 測定手法と結果

測定は Raritan PX DPCR8-15-J³⁾ を用いた。測定

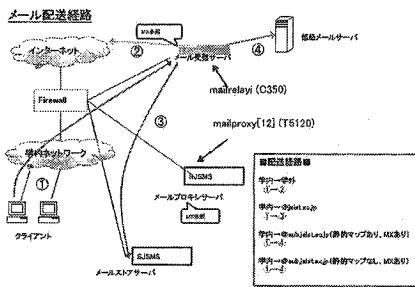


図 1 メールシステム概念図
Fig. 1 Overview of JAIST Mail System

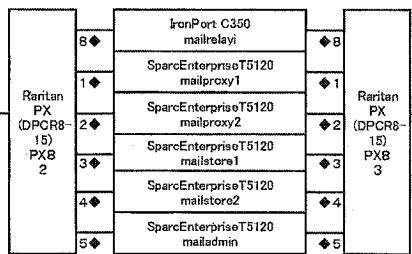


図 2 メールサーバー電源系統図
Fig. 2 Power Sources of Mail Servers

はサーバラームの特定のラックで行った。このラックには、前述のメールシステムの構成のうち、IRONPORT C350 1台、Sun SPARC Enterprise T5120 2台が収容されている。もう一台のIRONPORT C350は、耐故障性の目的のため別の場所に配置されている。サーバラームのラックには、ストレージと管理のために、T5120 がもう 3台収容され、結果として、C350 1台、T5120 5台の構成になっている。電源系統図を図 2 に示す。

mailproxy1 (T5120) に電源を供給している二つの DPCR8-15、左側 PX8-2 および右側 PX8-3 に対し、cacti⁵⁾ で毎分ポーリングしデータを取得した。DPCR8-15 が計測する電流値の精度は 0.1A であり²⁾、これは瞬間値である。これを cacti に付随する RRD-tool で平均化したものを、cacti から export し比較のために重ね合わせた。mailproxy1 の CPU Usage は、5 分間隔でポーリングしている。電流も CPU Usage も 120 分平均の値となっている (電流値は 1 分間隔、CPU Usage は 5 分間隔の値取得となっている)。

mailproxy1 の 2009-08-24 00:00 から 2009-08-31 00:00 までの消費電力と CPU Usage の関係を、図 3 に示す。mailproxy1 について、左右の PX8-2 で計測した電流値の和と見比べた図を、図 4 に示す。

T5120 の左右の電源の消費電力を別々に見ると、電力が左右で均等に消費されているわけではないことが分かる。このことは本論文の主題ではないが、それぞ

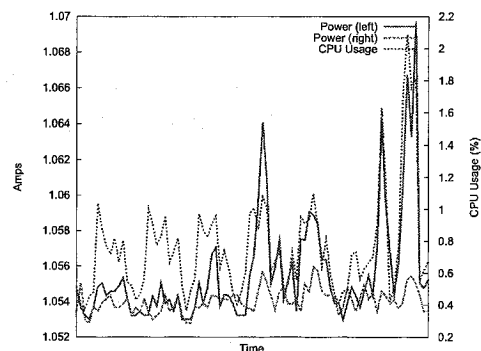


図 3 mailproxy1: 電流 (左右) と CPU Usage の関係
Fig. 3 mailproxy1: Comparison on Power (Left, Right) and CPU Usage (2nd)

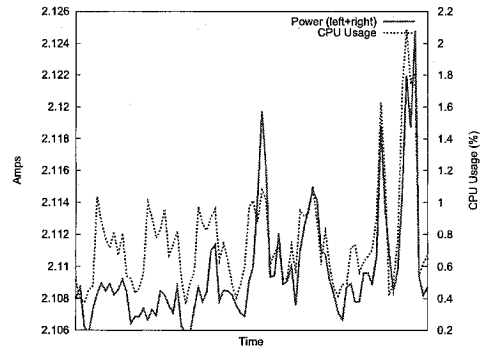


図 4 mailproxy1: 電流 (和) と CPU Usage の関係
Fig. 4 mailproxy1: Comparison on Power (Left+Right) and CPU Usage (2nd)

れの状況での左右の電源の消費のばらつきを示すのは重要なことであると考え、以降でも左右を別々にした図と和にした図をそれぞれ示す。

同様に、mailproxy2 についての図を、図 5、図 6 に示す。

2.3 測定手法と結果：一日内

cacti の制約から、古いデータは荒い粒度でのみ保存されるため、2.2 節の比較は 120 分平均の値に対してとなっている。より細かい時間単位で比較するため、ここでは一日の中で 5 分平均の値を比較する。

2009-09-13 00:00 から 2009-09-14 00:00 における、5 分平均の値での比較を、図 7、図 8、図 9、図 10 に示す。

2.4 考察

JAIST では、メールサーバーが負荷を十分に低く (約 1.2%以下) 保てるようなシステム構成であるため、負荷が低く、消費電力への影響はあまり見られなかった。消費電力への影響が低いことには、低消費電力を目指した Sun SPARC Enterprise T5120 のアーキテ

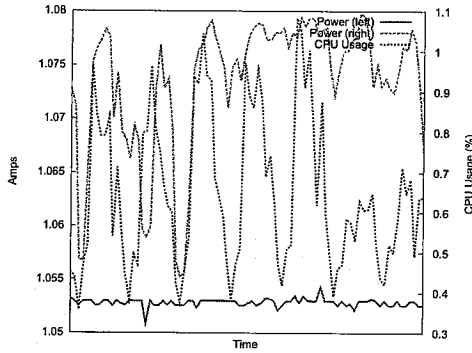


図 5 mailproxy2: 電流 (左右) と CPU Usage の関係
Fig. 5 mailproxy2: Comparison on Power(Left, Right) and CPU Usage (2nd)

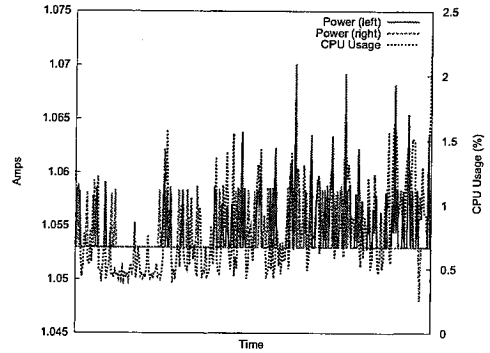


図 7 mailproxy1: 電流 (左右) と CPU Usage の関係 (一日内)
Fig. 7 mailproxy1: Comparison on Power(Left, Right) and CPU Usage (1-day)

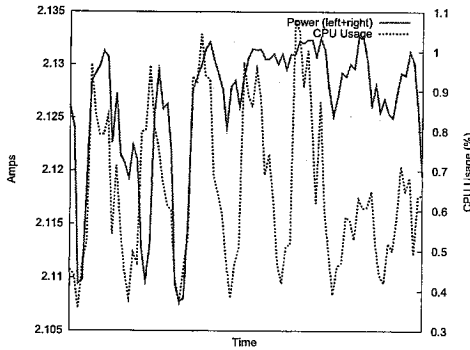


図 6 mailproxy2: 電流 (和) と CPU Usage の関係
Fig. 6 mailproxy2: Comparison on Power(Left+Right) and CPU Usage (2nd)

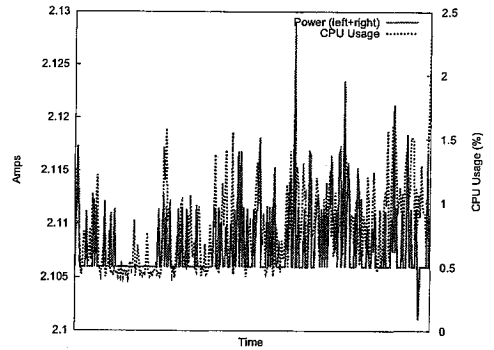


図 8 mailproxy1: 電流 (和) と CPU Usage の関係 (一日内)
Fig. 8 mailproxy1: Comparison on Power(Left+Right) and CPU Usage (1-day)

クチャの特徴も影響している可能性がある。

しかしながら、このような低負荷でも電力消費はまったく相関が無いわけではなさそうである。測定装置 (DPCR8-15) の測定精度や、cacti による平均化の問題はあるが、2.2 節、2.3 節の比較からは、弱い相関があるように見える。

図 4 の CPU Usage と消費電流の総和について、ピアソンの積率相関係数を求めたところ、0.82 となった。図 6 についての相関係数は、0.38 となった。同様に、一日以内の mailproxy1 (図 8)、mailproxy2 (図 10) についての相関係数はそれぞれ 0.35、0.09 であった。相関係数を見ると、相関があるとは言えない。これは、負荷と消費電力の相関が測定精度に比べて低く、相関が測定誤差に隠れてしまっているのではないかと考察する。測定精度を向上する、より負荷や消費電力が大きいシステムで調査する必要があるだろう。

加えて、相関はシステムのアーキテクチャや外部要因などから影響を受けることも容易に想像できる。相関が隠される要因には、以下が考えられる。

- ディスク IO などから、消費電力のみ向上する
- ある程度の CPU 負荷では消費電力が変化しない (何らかの閾値の存在)
- CPU 負荷が存在しない場合でも、一定の電力を消費する

より精度の高い計測は、今後の課題である。

T5120 が低負荷であるのは、IRONPORT C350 でスパム (メール処理量の 80% 程度) を処理していることによる。C350 も交えた負荷と消費電力の相関を調査する必要がある。

3. 効率的ラック冷却手法

大規模なファイルサーバーは多量の熱を発生する。この熱を効率的に処理することが求められる。また、現行の 1U、将来的なさらに高密度なサーバー群を定常的に安定して運用するためには、空調を利用した効率的なラック冷却手法が必要となる。

本節では、JAIST 情報科学センターが採用したダ

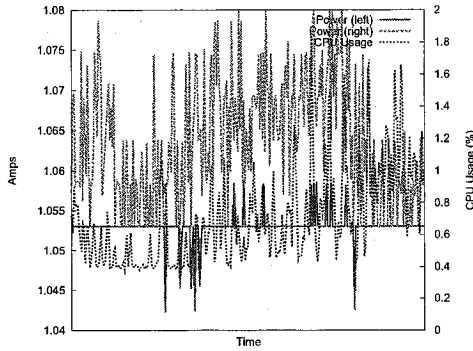


図 9 mailproxy2: 電流 (左右) と CPU Usage の関係 (一日内)
Fig.9 mailproxy2: Comparison on Power(Left, Right) and CPU Usage (1-day)

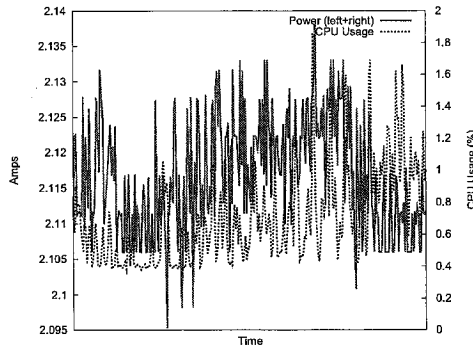


図 10 mailproxy2: 電流 (和) と CPU Usage の関係 (一日内)
Fig.10 mailproxy2: Comparison on Power(Left+Right) and CPU Usage (1-day)

クト接続式ラック冷却手法を紹介する。

3.1 構成, 冷却手法

空調機は部屋備え付けの天吊り型 PMAC 2 台と、ダイキン SZVCP450MK (冷房能力 45kW) 2 台を利用している。SZVCP450MK 2 台の冷気は、それぞれラック 6 台ずつの上部にエアダクトで直接送り込まれる (図 11, 図 12)。ラックは摂津⁴⁾社製の特注であり、上部から吸気した冷気を前面に集中させ、各設置機器が前面吸気背面排気することにより、ラックの背面に排気する設計となっている。排気された暖気は、SZVCP450MK の前面より吸気され、再度冷気として上部ダクトに送り込まれる。

このラックに搭載されたファイルサーバーシステムを式に図 13, 図 14 に示す。仕様を以下に示す。

- DELL fs1: 構成: PowerEdge2950 × 6 + Equal-Logic (PS5000X × 38 + PS5000E × 21) 物理容量: 579TB 論理容量: 417TB
- DDN fs4: 構成: S2A6620 + S2A9900 × 2 + SS6000 × 20 物理容量: 1,200TB 論理容量:



図 11 ラックへのダクト接続
Fig.11 Duct Connection to Racks



図 12 空調機からのダクト接続
Fig.12 Duct Connection from Air-Conditioner

911TB

各ファイルサーバーシステムの定格発熱量 (peak 時) を表 2 に示す。

3.2 測定手法と結果

DDN の搭載されたラックの前面と背面で温度計で温度を測定した。計測地点を図 15 に示す。結果は、表 3 のようになった。

3.3 考察

3.2 節の結果から、以下の点がわかる。

- (1) 空調機からダクトで直接取り込んだ前面吸気部分は十分に冷却された空気であること、
- (2) 背面の温度が高いことから、計算機から効果的

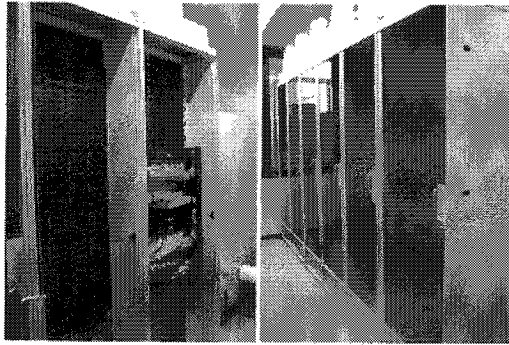


図 13 DELL ファイルサーバー
Fig. 13 DELL File Server

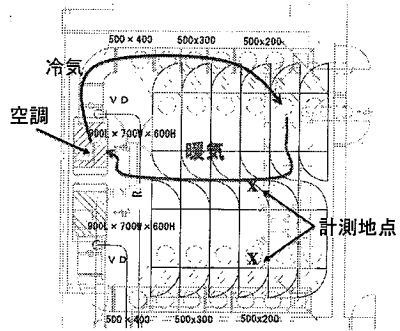


図 15 計測地点
Fig. 15 Place Where Temperature Was Measured

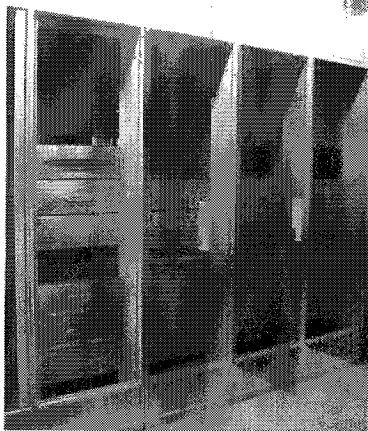


図 14 DDN ファイルサーバー
Fig. 14 DDN File Server

表 2 ファイルサーバーの容量と定格発熱量 (peak)
Table 2 Amount of Storage and Maximum Amount of Heat in File Servers

| ファイルサーバー | 定格発熱量 |
|----------|--------------|
| DELL fs1 | 99,050 BTU/時 |
| DDN fs4 | 90,527 BTU/時 |

に熱を吸収していること。
計測地点のラック背面側は、図 15 の上下のラックに挟まれており、双方から暖気が注入される場所である。そのため 30°C 以上という高い温度になっている。冷気の温度が十分に低いことから、双方のラックから効率的に熱を吸収できていると考えられる。

表 3 温度測定

Table 3 Measurement of Temperature

| 日時 | 前面 | 背面 |
|------------------|------|------|
| 2009/08/19 01:38 | 16°C | 30°C |
| 2009/08/19 20:03 | 19°C | 31°C |

4. まとめと今後の課題

2 節の調査では、メールサーバーにおいて、低負荷の場合でも消費電力の変化に若干の相関があるのではないかとこの疑問が生まれた。いずれにせよ、消費電力の変化も微小なものである。

人工的に負荷を作り出す調査は容易であり実運用サーバーで実施する価値は薄いですが、Sun SPARC Enterprise T5120 のアーキテクチャの特徴であるかを切り分けるためにも、故意にメールサーバーの負荷を高めて消費電力の変化を見る調査を今後行う予定である。また、前述したように (2.4 節)、スパムによる消費電力の変化を知るため、C350 の測定も継続して実施する。

3 節では、空調機からダクトで直接ラックに冷気を送り込む方式を紹介し、効率的に熱を処理していることを示した。さらに室内のさまざまな地点で温度を計測し、熱だまりなどを調査することが課題である。

謝辞 2 節の調査は JAIST と JEITA との共同研究により支援された。

参考文献

- 1) Japan Electronics and Information Technology Industries Association: JEITA 社団法人電子情報技術産業協会, <<http://www.jeita.or.jp/>>.
- 2) Raritan Inc.: Dominion PX User Guide Release 1.3.5, <<http://www.raritan.com/support/dominion-px/v1.3.5/user-guides/english/DPX-OK-v1.3.5-E.pdf>>.
- 3) Raritan Japan Inc.: Dominion PX DPCR8-

- 15-J, <<http://www.raritan.co.jp/products/power-management/Dominion-PX/DPCR8-15-J/>>.
- 4) Settsu Metal Industrial Co.,Ltd.: IDEAL 摂津金属工業株式会社: トップページ, <<http://www.settsu.co.jp/>>.
- 5) The Cacti Group: Cacti: The Complete RRDTool-based Graphing Solution, <<http://www.cacti.net/>>.
- 6) サン・マイクロシステムズ: Sun SPARC Enterprise T5120 サーバ - 概要, <<http://jp.sun.com/products/servers/coolthreads/t5120/>>.
- 7) シスコシステムズ: IronPort C シリーズ メールセキュリティアプライアンス, <<http://www.ironport.com/jp/pdf/ironport.jp.datasheet.c-series.pdf>>.