

# Eucalyptus を用いたプライベートクラウドの消費電力量評価

笠江 優美子 (指導教員：小口 正人)

## 1 はじめに

近年、ネットワーク技術や仮想化技術の発展などによりクラウドコンピューティングが様々な形で社会に普及している。しかし、それに伴いクラウドを提供する側における IT 機器の消費電力量増加が問題となっている。そこで本研究では、特にセキュリティの観点からも今後の発展が予想されるプライベートクラウドに注目し、クラウド構築ソフトウェア Eucalyptus を用いて実際にプライベートクラウドを構築した上で、その構成を変化させた時の各機器の消費電力を測定し、性能と消費電力の相関関係等の評価を行う。

## 2 プライベートクラウド

プライベートクラウドとは、自身でクラウドを構築することによって、パブリッククラウドのセキュリティ等に対する不安の問題を改善し、ニーズに合ったクラウドを利用できるようにしたものである。大規模な企業におけるクラウドとして現在注目されている。

本研究ではクラウド構築基盤ソフトウェア Eucalyptus [1] を用いてプライベートクラウドを構築した。Eucalyptus は、代表的なパブリッククラウドである Amazon EC2 [2] と互換性があり、Cloud Controller (CLC)、Cluster Controller (CC)、Node Controller (NC) の 3 層構造でクラウドを構築する。

## 3 研究背景

現在、クラウドを提供する側における消費電力の増加が問題となっている。その改善策として、ハードウェアによる電力削減があるが、これを導入することは容易ではなく、ソフトウェアの観点からの省電力化が必要とされている。本研究では省電力に対するモチベーションを持ちやすい点から特にプライベートクラウドに注目し、実際に電力を測定し評価することによってソフトウェアの観点からの省電力化を目指す。

## 4 研究概要

本研究では、プライベートクラウドのシステム構成を変化させ、さらにその上で、インスタンス数を変化させた場合に、インスタンスの起動、終了、およびデータベースベンチマーク pgbench による負荷の消費電力を測定し、評価を行った。

### 4.1 実験環境

本研究で構築したプライベートクラウドを図 1 に示す。CLC と CC が動作する Frontend サーバ 1 台と、NC が動作する Node サーバ 3 台の計 4 台でクラウドを構築した。Frontend サーバは、DELL DIMENSION 9200(CPU が Intel Core 2 Duo 2.13 GHz, Memory が 1GB, OS が Debian GNU/Linux 5.0) を用いた。Node サーバ 1 と 2 に、DELL Power Edge T100(CPU が Intel Quad-Core Xeon CPU 2.60GHz, Memory が 8GB, OS が Xen 3.2-1-i386/Debian GNU/Linux5.0) を用い、Node サーバ 3 は、DELL DIMENSION 9200(CPU が Intel Core 2 Duo 2.13 GHz, Memory が 1GB, OS が Xen 3.2-1-i386/Debian GNU/Linux5.0) を用いた。

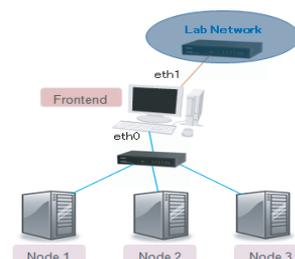


図 1: 構築したプライベートクラウド

この実験環境における電力測定器として、システムアークウェア製の高精度小型電力計ワットアワーメータ SHW3A [3] を用いた。これは、コンセントに接続された測定器に電気製品を繋ぐと、瞬時に消費電力を測定するというものである。

### 4.2 システム構成の変化

本実験では、プライベートクラウドのシステム構成を 3 パターンに変化させた。そのシステム構成を図 2 から図 4 に示す。どの環境でも、インスタンス数を 1 から 4 まで変化させた場合における、インスタンスの起動、終了、および pgbench による負荷の消費電力を測定した。

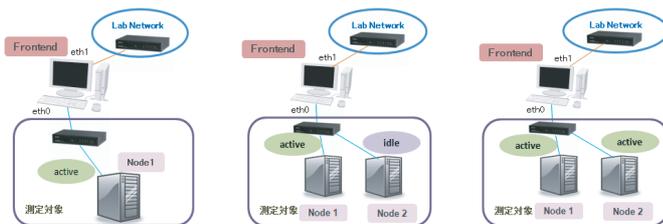


図 2: 実験環境 1

図 3: 実験環境 2

図 4: 実験環境 3

実験環境 1 では、消費電力の測定対象を Hub と Node サーバ 1 のみとした。実験環境 2 では、消費電力の測定対象を Hub と Node サーバ 1 と 2 とした。ただし、この環境では、Node サーバ 1 のみでインスタンスを動作させ、Node サーバ 2 は常にアイドル状態である。実験環境 3 では、実験環境 2 と変わらないシステム構成、測定対象であるが、使うインスタンスを Node サーバ 1 と 2 で分散させた。

## 5 消費電力測定結果

実験環境 1 から 3 において行った各実験の結果を、インスタンスの起動、終了、pgbench による負荷の 3 種類に分類し、比較していく。

### 5.1 システム構成変化ごとの起動時の消費電力の比較

表 1 に、上記 3 つの実験環境における、インスタンスの起動時の消費電力と起動にかかった時間を示す。

表 1: 起動にかかった時間と合計消費電力量

インスタンス数	1	2	3	4
実験環境1				
起動完了までの時間(s)	123	238	358	505
合計消費電力(W・s)	14354	27751	41858	59632
実験環境2				
起動完了までの時間(s)	125	236	369	507
合計消費電力(W・s)	26547	50000	78344	107580
実験環境3				
起動完了までの時間(s)	122	132	225	249
合計消費電力(W・s)	26149	29686	49086	55774

実験環境 3 と 2 で合計消費電力を比べると、全体的

に実験環境3のほうが小さいことが分かる。それに対し、実験環境3と1を比べると、実験環境3では2台のサーバを動かしているため、ベースの消費電力が大きくなり、インスタンス数1から3では、実験環境3のほうが実験環境1より消費電力が大きいが、実験環境1ではインスタンス数を増やすとその起動に時間がかかり消費電力が大きくなるため、インスタンス数4の場合は、その大小関係が逆転していることが分かる。

## 5.2 システム構成変化ごとの終了時の消費電力の比較

表2に、上記3つの実験環境における、インスタンスの終了時の消費電力と起動にかかった時間を示す。

表2: 終了にかかった時間と合計消費電力量

インスタンス数	1	2	3	4
実験環境1				
終了完了までの時間(s)	12	19	29	37
合計消費電力(W*s)	1324	2086	3178	4070
実験環境2				
終了完了までの時間(s)	10	20	30	38
合計消費電力(W*s)	2133	4158	6077	7826
実験環境3				
終了完了までの時間(s)	11	11	19	25
合計消費電力(W*s)	2352	2273	4021	5341

この表により、どの実験環境でも、インスタンスの個数が増えれば、終了が完了するまでの時間と合計消費電力が増えていることがわかる。

## 5.3 システム構成変化ごとの pgbench による負荷をかけた時の消費電力の比較

表3に、各測定において、pgbenchによる負荷をかけた場合の、実行時間と単位時間当たりにおける平均消費電力、および、その合計消費電力を示す。

表3: pgbenchの実行時間と平均消費電力、および合計消費電力量

インスタンス数	1	2	3	4
実験環境1				
実行時間(s)	196	96	60	52
実行時の平均消費電力(W)	133	148	160	162
合計消費電力(W*s)	26063	14176	9607	8490
実験環境2				
実行時間(s)	197	96	61	52
実行時の平均消費電力(W)	231	246	252	257
合計消費電力(W*s)	45408	23676	15453	13314
実験環境3				
実行時間(s)	196	88	54	40
実行時の平均消費電力(W)	230	253	268	285
合計消費電力(W*s)	45051	22262	14584	11256

各実験環境では、インスタンス数が増えれば、単位時間当たりの平均消費電力は増えるが、実行時間が短くなるため、合計消費電力は小さくなることがわかる。実験環境3と2を比べると、単位時間当たりの平均消費電力は、どのインスタンス数の場合も実験環境3のほうが大きいものに対し、実行時間は実験環境2のほうが長いことから、合計消費電力は実験環境3のほうが小さくなる。

## 6 評価

本章では、インスタンスの起動、終了、pgbenchによる負荷の3つによる総消費電力と性能の評価を行う。これら3つのインスタンスの状態の変化を一連の流れとしてとらえ、それらにかかった時間や消費電力を比較していく。

### 6.1 総消費電力の評価

図5に、インスタンス数による総消費電力の移り変わりを示す。

実験環境2における総消費電力が大きいことから、アイドル状態のサーバは電源を落としておくほうが望ましいことが分かる。実験環境3におけるインスタンス数2の場合の総消費電力が下がっているのは、起動、負荷、終了における消費電力のバランスがよかった

めだと考えられる。また、消費電力を考慮した場合、実験環境1が相応しかつたことがわかるが、インスタンス数4の場合は、実験環境1と3ではほぼ総消費電力量が等しくなっており、もしインスタンス数をさらに増やすことが可能な場合は、その大小が逆転する可能性もあるということがわかる。

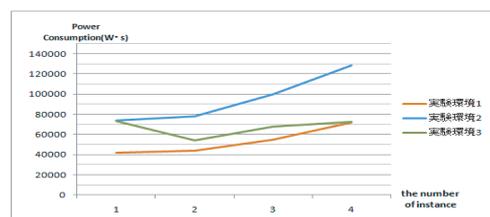


図5: インスタンス数による総消費電力の比較

### 6.2 実行時間の合計による評価

図6にインスタンスの個数による実行時間の合計の移り変わりを示す。

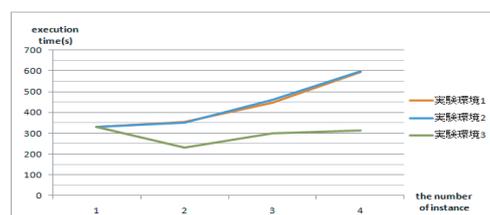


図6: インスタンス数による合計実行時間の比較

実験環境3において、インスタンス数2の場合の実行時間の合計が下がっているのは、起動、負荷、終了における実行時間のバランスがよかったためだと考えられる。また、実験環境1と2は、ほぼ似たグラフとなっているのに対し、実験環境3は、どのインスタンスの個数の場合でも値が小さいことから、性能を重視した場合におけるシステム構成として、実験環境3が相応しいことがわかる。

## 7 まとめと今後の課題

プライベートクラウドを構築し、そのシステム構成を変化させた場合の、インスタンスの起動、終了、およびpgbenchによる負荷の消費電力を測定した。

本実験において、性能を重視するには、サーバ台数の多い実験環境3のシステム構成が良いが、消費電力を考えるとサーバ台数の少ない実験環境1が良いことがわかった。しかし、負荷が大きくなりすぎた場合には、その負荷を分散させ、早く実行させることを目指した方が、消費電力的にも良くなるような傾向があるということがわかった。

今回の測定ではpgbenchのみでの評価だったため、今後は様々なベンチマークを使って評価を行っていきたい。また、ネットワークストレージを使ったときは、どのような振舞いになるか見ていきたいと考えている。

## 参考文献

- [1] Eucalyptus: <http://www.eucalyptus.com/>
- [2] Amazon EC2: <http://aws.amazon.com/jp/ec2/>
- [3] SHW3A: <http://www.system-artware.co.jp/shw3a.html>
- [4] 笠江優美子, 豊島詩織, 小口正人: "Eucalyptus を用いたプライベートクラウドのシステム構成変化時における消費電力量評価", データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2011), 2011年2月発表予定