

Eucalyptus を用いたプライベートクラウドの消費電力量評価に関する一検討

笠江 優美子[†]

豊島 詩織[†]

小口 正人[†]

[†]お茶の水女子大学

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 を用いてプライベートクラウドを構築した。Eucalyptus は、代表的なクラウドである Amazon EC2 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での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おいて、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 サーバとしては、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) を用いた。Node サーバ 3 では、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。

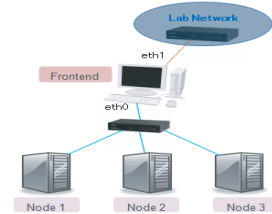


図 1: 構築したプライベートクラウド

この実験環境における電力測定器として、システムソフトウェア製の高精度小型電力計ワットアワーメータ SHW3A 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。

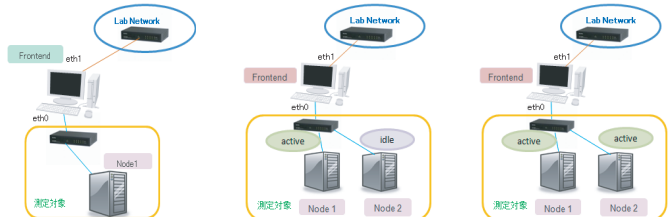


図 2: 実験環境 1

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 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 で分散させる。

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(秒) | 101 | 214 | 303 | 488 |
| 合計消費電力(W) | 12802 | 25697 | 37492 | 57707 |
| 実験環境2 | | | | |
| 起動完了までの時間(秒) | 113 | 259 | 316 | 502 |
| 合計消費電力(W) | 23829 | 56054 | 67276 | 106194 |
| 実験環境3 | | | | |
| 起動完了までの時間(秒) | 104 | 119 | 215 | 225 |
| 合計消費電力(W) | 22764 | 26851 | 48209 | 53918 |

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。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(秒) | 10 | 18 | 29 | 97 |
| 合計消費電力(W) | 1054 | 1935 | 3009 | 3857 |
| 実験環境2 | | | | |
| 終了完了までの時間(秒) | 12 | 21 | 27 | 38 |
| 合計消費電力(W) | 2484 | 4355 | 5616 | 7857 |
| 実験環境3 | | | | |
| 終了完了までの時間(秒) | 10 | 10 | 19 | 24 |
| 合計消費電力(W) | 2263 | 2341 | 4007 | 5058 |

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(秒) | 196.555 | 97.179 | 61.44493 | 51.9665 |
| 実行時の平均消費電力(W/s) | 131.57 | 146.29 | 154.48 | 158.53 |
| 合計消費電力(W) | 25860.74 | 14216.32 | 9492.013 | 8238.249 |
| 実験環境2 | | | | |
| 実行時間(秒) | 198.899 | 95.551 | 61.1586 | 52.462 |
| 実行時の平均消費電力(W/s) | 228.055 | 242.0735 | 253.7824 | 258.7281 |
| 合計消費電力(W) | 45359.91 | 23130.36 | 15521.59 | 13573.45 |
| 実験環境3 | | | | |
| 実行時間(秒) | 193.585 | 87.231 | 55.327 | 40.60525 |
| 実行時の平均消費電力(W/s) | 231.8689 | 254.771 | 268.169 | 283.5454 |
| 合計消費電力(W) | 44905.7 | 22223.93 | 14836.98 | 11513.43 |

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ので、合計消費電力は小さくなる。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。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。

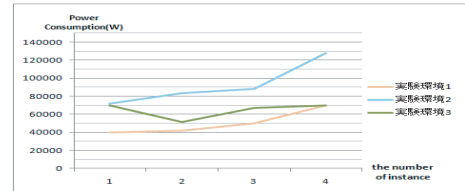


図 5: インスタンス数による総消費電力の比較

実験環境 2 での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 でのインスタンス数 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 が相応しかったことがわかるが、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。

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。

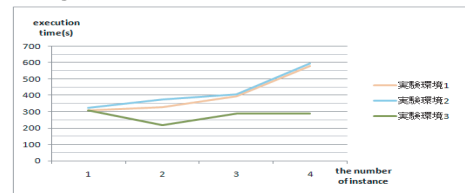


図 6: インスタンス数による合計実行時間の比較

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、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と考えている。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。