

クラウド教育環境における過飽和状態のボトルネック調査

木部真一郎[†] 上原稔[†]

多くの企業や大学がクラウドを用いた教育環境が取り入れられるようになった。しかし、環境は高性能なサーバを用いているため高コストとなってしまう。そこで市販で手に入れることができる低コストのマシンを使い、クラウド教育環境を構築した。しかし、高性能なサーバと比べ、低コストのマシンでは、インスタンスの台数によって性能は低下することが考えられる。本研究では稼働中のインスタンスにおけるボトルネックを調査した。

Research Bottlenecks in the Cloud Educational Environment

SHINICHIRO KIBE[†] MINORU UEHARA[†]

Many company and university apply a Cloud based Educational Environment. But, this environment is high cost using high performance server. In our study, using low cost PC in the market getting, we constructed at Cloud based Educational Environment. But, comparing high performance server, we think increasing instance, performance is low. In this paper, we survey the bottleneck of running instances.

1. はじめに

クラウドコンピューティング[1]の発展により、多くの人がネットワークからサービスを利用できるようになった。SaaS、PaaS、IaaSの基本的なサービススタイルからDaaS(Desktop as a Service)のような新しいスタイルなど、多種多様なサービスが提供されてきた。しかし、多くはパブリッククラウドとして従量課金制によるサービス提供が一般的である。このようなシステムでは頻繁にサービスを使用する場合、コストが高くなってしまふ。そこで、自社内や大学内に OSS を用いてプライベートクラウドを構築することで、個々の組織が専用のクラウド環境でサービスを利用することができる。特に大学では教育環境としてクラウド環境を構築する動きが見られてきた[2][3]。大学内の IT 教育環境は生徒が自由に利用できる教育環境ではなく、授業で必要となるソフトが事前にインストールされており、最低限のネットワークストレージを個々の容量として提供されている。しかし、このような教育環境では生徒の自主性の妨げとなってしまう。そこで、クラウドを用いた教育環境を構築することで、生徒は自分専用の仮想マシンを利用できる。また、仮想マシンは1台だけでなく複数台稼働できるため大規模な分散処理や演習、グリッドコンピューティングなど多種多様な技術を行うことができる。しかし、これらは高性能のサーバと高速なネットワーク環境下が必要であり、その分高コストとなってしまう。

そこで本研究として市販で手に入れることができるマシンを利用した低コストなクラウド教育環境を構築する。以前我々が研究した教育環境では Ubuntu Enterprise Cloud[4]を用いてクラウドに基づく教育環境を構築し、ユーザの利用方法について考えた。しかし、いくつかの問題を発見した。そこで、本論文では発生した問題に対する解決策と、新たな対応策について述べる。今回、実際に授業に利用した事例を挙げ、それに伴う問題に述べる。さらに、最大稼働数による過飽和状態でのボトルネックを調査し、評価を行う。

本文の構成は第2章では関連研究及び事例について、第3章から本研究のシステム、第4章では第3章のシステムを用いた実例、第5章で bonnie++による I/O 評価、最後に考察、結論を述べる。

2. 関連研究及び事例

2.1 クラウド環境に基づく情報教育環境の構築

我々が以前提案した研究で、Eucalyptus[5]を用いて生徒がスーパーユーザとして利

[†] 東洋大学大学院
Toyo University

用できる情報教育環境を構築する研究である。EucalyptusはIaaSとしてプライベートクラウドとパブリッククラウドを実装できるOSSである。これを利用して生徒が制限ユーザとしてIT教育環境をクラウド化し、スーパーユーザとして仮想マシン(以降、インスタンスと呼ぶ)を提供することを提案した。研究内容は、複数のインスタンスを起動し、同時にスーパーユーザを実行してのCPU評価を行った。評価に使用したインスタンスはメモリが512MBと256MBで、コア数と容量は同じ1コアと4Gである。結果として各インスタンスは台数が増加すると実行時間が長くなった。しかし、起動時間が256MBより512MBが速く、実行時間も速かったため教育として512MBのマシンが適切と判断した。ユーザの利用方法についてはElasticfoxを用いることを提案した。Elasticfoxはfirefoxの拡張機能でクラウドをGUIで操作することができる。しかし、この利用方法は実際に授業で利用させておらず、同じ研究室の研究員に利用させての評価しかなく、十分な結果はできていない。問題としてElasticfoxでは稼働中のインスタンスイメージ保存する機能がないことであった。

そこで本論文ではまず、環境の一部とユーザの利用方法も変更した。まず、ElasticfoxによるGUI利用ではなく、クラウド環境との中継としてフロントサーバを用意し、ユーザは一度フロントサーバ(以降フロントと呼ぶ)へアクセスしてからインスタンスへログインを行うCUI利用に変更する。詳しい内容は4章で説明する。次に各物理マシンの監視としてzabbixを使用していたが、メモリの消費が高いことと、仮想マシンの情報を取得することができない。そのため、Gangliaを用いた。これはOSSの管理ツールであり、Eucalyptusが公式にサポートしている。また、物理マシンだけでなく、仮想マシンも監視することができるので、両方の状態を監視することが可能となった。

2.2 edubase

国立情報学研究所Craceセンターが運用する統合プラットフォームである。edubase[6]は3つの技術から構築されている。edubase Cloudは「思う存分自分のアイデアを試せるIT実験室」をコンセプトに開発したオープンソースソフトウェアベースのクラウド基盤で4つの特徴をもつ。1つ目が専有性でネットワーク的に分離された実験環境を自分専用に確保する。2つ目が連帯性でオープンインターフェースにより外部商用クラウドとの連携が可能。3つ目が改変性で新しい機能の追加や古い機能の削除、更新といったカスタマイズ、そしてチューニングを利用者が直接することができる。4つ目が保守性で仮想計算機環境において構築したプロジェクト成果をマシンイメージとしてアーカイブすることができる。edubase Spaceはグループ演習や遠隔教育などさまざまな教育スタイルをサポートする「IT教室」で、edubase Streamは全国の大学等教育機関における講義映像、教材、その他電子教材を各教育機関がアップロードを行うことができるWebサイトである。この技術にはEucalyptus1.6.2を使用し、仮想化ソ

フトとしてXenを使用している。また、edubase Cloudには200台のPCサーバから構成されており、総ディスク容量は120TBのストレージが備えられている。

本論文でもedubase Cloudを参考にして考える。本論文としては専有性と保守性を参考にする。この技術はさまざまな教育スタイルに対応されている。講義ライブ配信やWeb会議、プロジェクト型学習などがある。しかし、本論文では限定した教育スタイルとして提供する。限定したスタイルとはライブ配信ではなく、利用者に仮想マシンを貸し出し、その上で自習、講義を行うスタイルとする。主にLinux系OSを用いたインスタンス環境とする。Windowsによる操作も可能であるが本論文ではこれは使用しない。また、高コストな物理マシンを使用せず、低コストな物理マシンを使つての教育環境を構築する。また、Eucalyptusのバージョン2.0を使用する。このバージョンではEBSがISCSI対応となっている。仮想ソフトはKVMを使用し、完全仮想化でインスタンスを起動をさせる。

2.3 クラウド基盤評価報告書

edubaseの改善を目的として、複数のクラウド基盤ソフトウェアの性能評価を行った研究である[7]。Eucalyptus1.6.2とEucalyptus2.0を評価対象としている。評価に使用してマシンはラックマウント型サーバクラスタを使い、5台ずつEucalyptus1.6.2用と2.0用に割り当てて評価を行っている。マシンのネットワークには1000Base-TのNICを3枚使用している。評価内容はeuca2oolsの動作チェック、単体VMレベルでのベンチマーク、VM連帯レベルでのベンチマークである。

各評価に関してだが、euca2ools[8]の動作では、本論文で使用するeuca2ools1.2にはバグがあることが判明しているが、実習への妨げになるような問題ではない。単体、連帯のベンチマークでVM起動時間において2.0より1.6.2のほうが速いことが判明しているが、原因は判明していない。仮説としてエラーチェック等か、退行バグの可能性と考えられている。本論文でもこれは大きな問題であるが、利用時間が決まっているため、事前に自動起動できるようにcronコマンドで設定をすることでこの問題を解決する。bonnie++によるI/O評価は単体による評価だが、単体によるローカルディスクとEBSの比較の結果、2.0のほうが性能が高く、2つを比較するとバイト毎の書き込みのみがローカルディスクのほうがよく結果となり、残りがほぼ同じ結果となった。本論文では単体ではなく、複数のマシンを起動しすべてのインスタンス上で同時に実行しての評価としている。また、本論文のマシンの性能についてだが、低コストによる教育環境の構築を考慮しているため、市販で手に入れられるマシンを使用する。コストとして15万円のマシンを使用する。

3. 実装

2.1 節の環境を用いるが、一部変更を加えた。システム構成全体図を図 1 に示す。

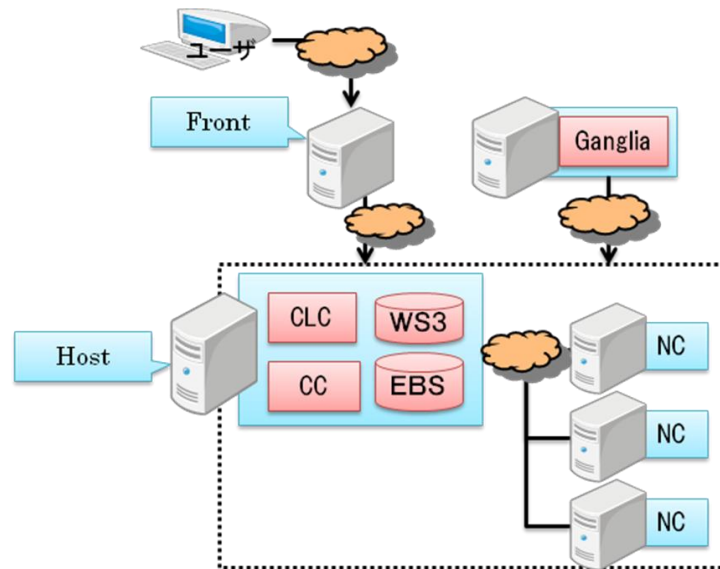


図 1 システム構成

以前の研究では直接 Host マシンにユーザをアクセスさせ、そこからインスタンス等の操作をさせていたが、今回システムを利用するのにフロントサーバを用意する。ユーザは一度フロントサーバにログインしてからシステムを利用する。以前の研究と同様に 1 台のホストマシン上に CC、CLC、WS3、EBS を集約させる。また、ノードマシンは 3 台使用する。以前の研究では各マシンの管理ツールとして zabbix を使用したが、メモリの消費と仮想マシンの監視に不向きだったため、今回 Ganglia を使用した。

フロント OS は CentOS5.6、ホストとノードの OS は Ubuntu server10.10 を使用し、Eucalyptus は 2.0 のバージョンを使用する。実際に授業としてシステムを利用させるが人数は少ないため、EBS や WS3 を 1 台に集約しても十分使用可能である。IP アドレスは研究室のみで使用できるものとする。

ホストとノード、フロントマシンのスペックは表 1 と表 2、表 3 に示す。

表 1 ホストマシンの仕様

CPU	AMD Athlon II X4 Processor
Memory	8GB
HDD	500GB
OS	Ubuntu10.10

表 2 ノードマシンの仕様

CPU	Intel corei7 860 +8-core
Memory	16GB
HDD	1TB
OS	Ubuntu10.10
仮想化ソフト	KVM+QEMU

表 3 ホストマシンの仕様

CPU	Intel corei3 550
Memory	2GB
HDD	500GB
OS	CentOS5.6

4. システム利用方法の変更と実例

以前の研究からユーザの利用方法を変更した。以前はElasticfoxによる利用だったが、イメージが保存することができないことと、複数人で利用するとブラウザがフリーズする問題があった。Elasticfoxではインスタンスの状態を常に監視しているため、ネットワークが高負荷となったためと考える。そのため、GUIによる利用を止め、CUIによる利用を考えた。利用方法はフロント内にユーザを作成し、システムに必要なファイルを設定しておく。また、利用を簡単にするためシェルスクリプトによるインスタンスの起動と停止を各ユーザに用意しておく。

今回、3 つの授業で実際に利用させた。1 つ目は 4 年生の卒業研究として利用させた。人数は 3 名で、主にクラウドの研究と使い方について行う。2 つ目は 2 年生の授業である。人数は 8 名で、主に linux で Web アプリの使い方を学ぶ内容である。3 つ目は 4 年生である。人数は 2 名で 1 つ目と同様の内容を行う。

利用してまず問題となったのはインスタンスの起動時間である。人数が3名以下の授

業では同時にインスタンスを起動すると10~20分ほどで、8人では30分ほどで起動した。しかし、急激にホストマシンに負荷をかけるため、一部のインスタンスにはログインできない状態が発生した。授業は90分で、そのうち1/3を消費するためインスタンス起動の待ち時間は無駄といえる。そこでcronコマンドを用いて授業で使用するのに必要なインスタンス数を事前に起動させ、授業開始時には完全に起動した状態で利用できるようにする。また、一斉に起動させず、複数回に分けることで急激な負荷をさげ、確実にインスタンスを起動させる。

次の問題はインスタンスのイメージ保存方法である。授業終了後、使用したイメージを保存し、次回保存したイメージから起動する必要がある。まず、ユーザが使用するインスタンス内に各ユーザの環境ファイルを設定してEucalyptusのコマンドが使えるようにする。あとはイメージを保存するのだが、コマンドによる保存だけでは3回実行しなければいけない。慣れた人であればそれほど時間はかからないが初めての人が使うとコマンドの入力ミスが起きる。そのため、イメージ保存のシェルスクリプトを作成する。イメージを保存するにはイメージデータを複製、圧縮したのち、暗号化してデータを分割しWS3へとアップデートを行う。しかし、インスタンスの容量が大きいとそれだけアップデートに時間がかかってしまう。そこでシェルスクリプトにnohupコマンドを追加することで、インスタンスからログアウトしてもコマンドは停止しない。処理が終了したらインスタンスを停止する。

ログアウトしても保存することは可能となったが、この動作をイメージ上で行った場合、低スペックではかなりの時間がかかる。そのため、EBSのような外部ストレージにイメージデータを保存することでインスタンスへの負荷を防ぐ必要がある。そこで次節ではインスタンスのI/O評価を行い、何がボトルネックとなるかを調査する。

表 4 インスタンスのスペック

CPU	1 コア
HDD	8GB
Memory	512MB
OS	CentOS5.6

5. bonnie++による I/O 評価

稼働中のインスタンスイメージを保存する場合、使用するストレージによって I/O 性能は異なる。本論文では 2.3 節で使用された bonnie++を用いてストレージの I/O 性能を調査する。bonnie++は I/O の性能を測るベンチマークであり、読み込み、書き込み、ファイル作成、シークの速さを測定することができる。2.3 節のような単体での

評価ではなく、複数のインスタンスで bonnie++を実行する。高負荷な環境で何が I/O のボトルネックなのかを考える。本論文では、このような状態を過飽和状態と定義する。使用するストレージはローカルディスク、EBS、ISCSI の 3 つで行う。以降各ストレージを local、ebs、iscsi と呼ぶ。調査方法としてインスタンスの台数を 1 台目から倍計算で増やしていき、起動したインスタンス全てで bonnie++を実行する。bonnie++の実行対象のディレクトリ容量は 5G とする。評価に用いた環境と対象となるインスタンススペックは図 2 と表 4 である。

表 5 bonnie++の計測項目

Sequential Write	
Per chr(putc)	1 バイト毎のファイル書き込み速度
Block(put_block)	ブロック毎のファイル書き込み速度
Rewrite(rewrite)	読み込み後内容を変更して書き戻す速度
Sequential Input	
Per chr(getc)	1 バイト毎のファイル読み込み速度
Block(get_block)	ブロック毎のファイル読み込み速度
Random Seeks	
1 秒間に実行できる lseek の回数(seeks)	
Sequential Create	
Per chr(seq_create)	ファイル名順のファイル作成速度
Block(seq_stat)	ファイル名順のファイル状態取得速度
Delete(seq_del)	ファイル名順のファイル削除速度
Random Create	
Per chr(ran_create)	ランダム順のファイル作成速度
Block(ran_stat)	ランダム順のファイル状態取得速度
Delete(ran_del)	ランダム順順のファイル削除速度

使用する bonnie++には表 5 のような測定項目がある。()内は CSV 形式で表示いされたときの対応である。本論文では CSV 形式で表現する。

測定した結果が図 3、図 4 である。図 3 では Sequential Write、図 3 では Sequential Input となっている。

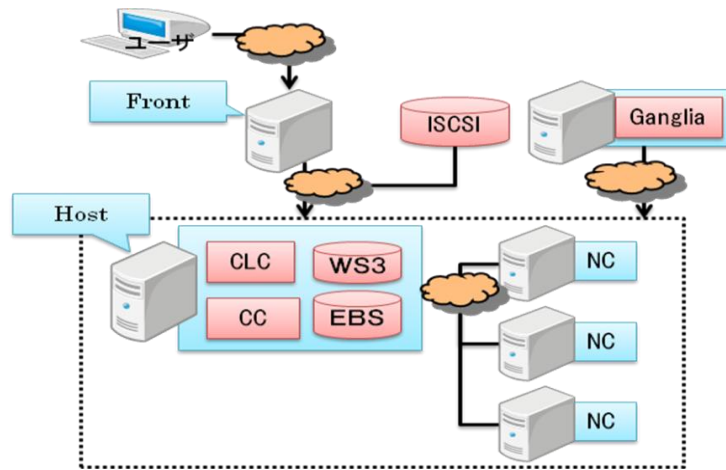


図 2 bonnie++の評価環境

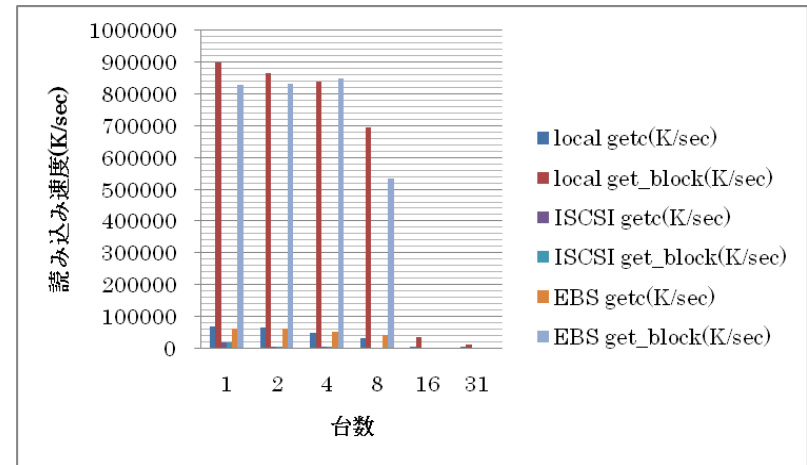


図 4 各ストレージの Sequential Input 速度

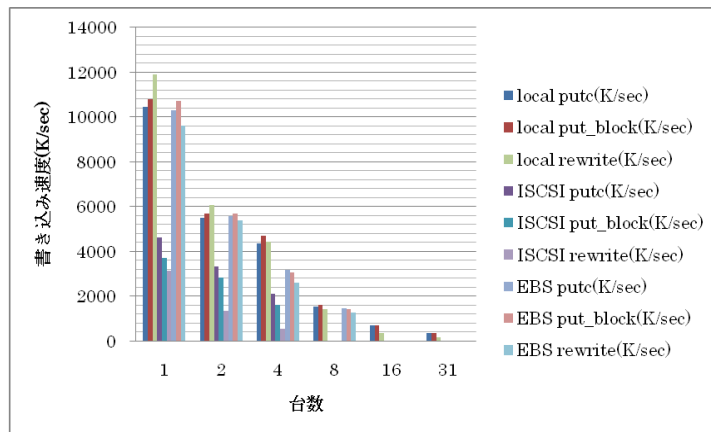


図 3 各ストレージの Sequential Write 速度

6. 考察

6.1 システム利用方法の変更と実例に関する考察

利用方法の変更と cron を用いたインスタンス起動の結果、授業開始がスムーズとなった。今までインスタンスが遅かった原因としては Eucalyptus のシステムとネットワークが問題と考える。Eucalyptus は WS3 上にあるイメージを NC にダウンロードし、インスタンスを起動する仕組みとなっている。1 インスタンスのイメージサイズが G 単位なので起動するのに時間がかかってしまう。また、複数台を同時に起動する場合、WS3 側の I/O 速度もあるが、ネットワークに負荷がかかるため起動に時間がかかってしまう。これらの問題に対し、フロントサーバを用いて、cron コマンドによるインスタンスの自動起動によって起動にかかる無駄な時間がなくなり、効率よく授業を進められようになった。自習などの時間が決まっていない時の利用が問題となる。今後の課題としてはイメージの起動時間をどう短縮するかとなる。

実際に授業で利用させた結果、クラウドを用いた教育環境は十分に利用できるとわかった。今回の授業では研究室での利用だったため、デスクトップ PC の不足から一部の生徒には自分のノート PC を使ってシステムを利用させたが、ノート PC でも十分利用できることもわかった。しかし、今回の利用人数が最大で 10 人だったため、3 台のノードマシン上でインスタンスを分散しての利用だったのでマシンに対し負荷

は少なかった。しかし、利用人数が増えれば負荷が増加するため、今後高負荷に対する対策も考える必要がある。

6.2 bonnie++の I/O 評価に関する考察

測定結果として Random、Seeks、Sequential Create、Random Create を測定することができなかった。これは作成されたファイル数が少ないことが原因と考える。各 Random 測定で作成されるファイル数はデフォルトでは 16 となっている。そのため、bonnie++の処理が短時間で終了したため、数値で得られなかった。図 3 では local は最大数の 31 台まで起動することができたが、ISCSI は 4 台、EBS は 8 台までしか測定することができなかった。2 つともネットワークストレージなので、ネットワークの通信が原因と考える。また、ISCSI はクラウド環境外にあるため通信の負荷は EBS 以上となる。書き込み速度は台数が増加するに従い、減少する結果となった。図 4 では図 3 と同様であるが、全体的に get_block が高いことがわかる。しかし、31 台で local の読み込み速度はかなり減少している。数値を比較すると、読み込み速度の減少の割合は書き込み速度よりも少ないことがわかった。

しかし、図 3、図 4 では EBS、ISCSI はほぼ同じ数値を出しているが、実行時間に違いがある。そこで実行時間の違いを評価する。4G のイメージを使い、各ストレージを使い、インスタンスから WS3 へアップロードするまでの時間を測定する。台数は 1 台で、それぞれ 5 回行い平均を出す。

表 6 各ストレージによるイメージアップロード時間

ストレージ	時間(分)
local	7
ISCSI	24
EBS	5

起動中のインスタンスからイメージをアップロードするのにかかった時間の結果が表 6 である。この結果と図 3、図 4 から ISCSI はネットワークが原因で遅いと考える。local、EBS は I/O 評価としては同じ結果となっているが、アップロードの時間は 2 分の差となっている。local ではインスタンスに負荷がかかるため高くなるため、負荷のかからない EBS のほうが時間は速くなる。今後、イメージ保存に使用するストレージの利用方法を考える必要がある。

7. まとめ

本論文では、Ubuntu Enterprise Cloudを用いたクラウド教育環境の構築を行い、以前研究したときの問題と解決策、利用方法の変更と実例による問題、過飽和環境下での I/O評価を行った。

以前の研究よりシステム環境の一部とユーザの利用方法を変更した。システム環境を GUI操作から CUI操作にすることでホストへの負荷が軽減し、かつ cronコマンドによるインスタンスの自動起動を実現できた。今回、実際にシステムを授業に利用した。また、過飽和環境における I/O評価を行った。

利用方法については起動時間に関する問題に対処したが、今後は起動時間を短縮させ、いつでも起動できるようなシステムを構築する必要がある。また、ローカルディスクだけでは性能を低下させるので、外部ストレージからの利用を考える必要がある。

参考文献

- [1] P. Mell, T. Grance “The NIST Definition of Cloud Computing” NIST Special Publication 800-145(draft), (2011)
- [2] 木村 昌史、大学教育系ネットワークにおけるクラウドコンピューティング、情報科学研究 第 18 号
- [3] 梶田 将司、アカデミッククラウド環境:大学の情報化における新たなパラダイム、Journal of Multimedia Education Research 2010、Vol7. No. 1. S9-S18
- [4] Cloud | Ubuntu
<http://www.ubuntu.com/cloud>
- [5] Eucalyptus Beginner's Guide UEC Edition
http://cssoss.files.wordpress.com/2010/06/book_eucalyptus_beginners_guide_uec_edition1.pdf
- [6] edubase
<http://edubase.jp/index/>
- [7] クラウド基盤評価報告書
http://www.honiden.nii.ac.jp/~soramichi/pdf/cloud_report.pdf
- [8] Euca2ools User Guide
http://open.eucalyptus.com/wiki/Euca2oolsGuide_v1.3