ハイブリッドクラウド環境における各種コスト指標に基づいたデータインテンシブアプリケーション最適配置ミドルウェア

笠江　優美子[†]　小口　正人[†]

1. はじめに

近年，コンピュータシステムにおける情報量は爆発的に増加し，大量のデータを効率よく処理するシステムが求められている．それを実現する有用な手段としてクラウドが期待され，普及する一方で，世界的なエコ志向によって，消費電力の削減が求められている．そこで本研究は，ハイブリッドクラウド環境において，大量のデータ処理を行うデータインテンシブアプリケーションを効率良く実行しながら，生じる処理コストや消費電力コストのバランスに対しても柔軟に対応し、ジョブを最適配置するミドルウェアを提案する．

2. 関連研究

クラウドでのロードバランスに関する論文として，例えば文献[1] などがある．しかしこれらは，本研究と異なり，CPU インテンシブなジョブを対象としている．また，文献[2] なども，CPU インテンシブなジョブをクラウド上で実行するときの省電力化への取組みである．さらに，文献[3] は，クラウドのデータセンタにおける省電力化への取組みである．

3. パレート最適負荷分散ミドルウェア

3.1 概　　要

本ミドルウェアは，大量のデータインテンシブなジョブを処理する際に，すべてのリソースの /proc/diskstats ファイルをモニタリングすることで I/O 負荷状況を判断し，ジョブを最適配置していく．これは，データインテンシブなジョブの場合，処理が I/O 待ちとなってしまう場合が多く，CPU 負荷では，正確な判断が行いづらいためである．そのため，ミドルウェア実行前に，投入するジョブの一部を用いた判断基準となるディスクの飽和測定を行う．この測定によって得られたリソースの飽和の値を，”飽和の基準閾値”と名づけ，リソースの飽和の値を定義する．本飽和測定では，様々な分析を行った結果，diskstats ファイルの中でも DiskRead とキューの長さの値に注目し，この 2 つの値で負荷を判断する．さらに，本ミドルウェアでは，飽和測定で定義した飽和の基準閾値の情報を元に，”負荷分散の閾値”をユーザが自由に決めることができる．負荷分散の閾値をユーザが制御することによって，プライベートクラウドとパブリッククラウドのリソースに対し，要望するコストバランスとなるようなジョブ配置を提供する．

3.2 ミドルウェアの評価指標

クラウドにおいて負荷分散することを考えた場合，処理時間とパブリッククラウドの従量制料金はトレードオフの関係にあり，ユーザの要望によってこの 2 つのコストへのバランスも異なる．従ってハイブリッドクラウド環境で効率よく，金銭的コストを抑えるような負荷分散を実現するには，実行時間などのパフォーマンスとともに，金銭的コストも考慮してリソースを配分することが重要である．そこで本ミドルウェアでは，生じるコストとして，ジョブの実行時間という時間的コストと，パブリッククラウドの従量制料金およびプライベートクラウドの消費電力量料金を合わせた金銭的コストを考える．具体的には，以下の式で評価を行う．

時間的コスト：T_{exec}
金銭的コスト：$T_R * N_R * C_R + P_L * C_L$
T_{exec}:ジョブ全体の実行時間
T_R:パブリッククラウドでのジョブの実行時間
N_R:パブリッククラウドの使ったインスタンス数
C_R:パブリッククラウドの従量制料金
P_L:プライベートクラウドの消費電力量
C_L:消費電力料金単価

さらに，本評価では金銭的コストの中でも，従量制料金単価と消費電力料金単価の比率を，1:3，1:1，3:1 と変化させ，様々な金銭的コスト体系に対応する．

4. ミドルウェア実行実験概要

図 1 に，本ミドルウェアの実行環境を示す．本実験環境では，クラウド環境構築ソフトウェア Eucalyptus を用いて，パブリックとプライベートに相当する 2 つのクラウドを作り，ハイブリッドクラウド環境とした．本実験では，合計 8 つのインスタンスに対し，ミドル

† お茶の水女子大学
Ochanonizu University

© 2012 Information Processing Society of Japan

ウェアを実行する．

ミドルウェアの Monitor 部では，すべてのインスタンスのディスク状況を監視しており，その内容で負荷を判断する．Dispach 部では，Monitor 部で得た情報を元に，ジョブをどこで実行するかの判断を行う．

本実験では，前章で述べた負荷分散の閾値を様々に変化させた場合の処理時間，パブリッククラウドの従量制料金，プライベートクラウドの消費電力料金を測定し，ユーザの要望するコストバランスとなるパレート最適な負荷分散が実現できているか評価を行った．本実験環境でのデータ配置としては，遠隔バックアップ等によりインスタンス内に既にデータが配置されている場合を想定し，実験を行った．

実行するジョブとしては，異なる 2 つの特性を持つデータインテンシブなジョブのワークロードでそれぞれ実験を行った．1 つは，自作したベンチマークツールで，ディスクにランダムに read 処理のみを行い，もう 1 つは，配布されている PostgreSQL のベンチマーク pgbench を用いた．これは自作ベンチマークツールと異なり，read 処理や write 処理を様々に行う．

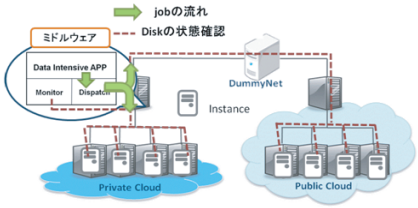

図 1　実験システム

5. 実験結果と評価結果

本章では，汎用ベンチマークの用いたミドルウェア実行結果と評価を示す．

5.1 飽 和 測 定

まず，ミドルウェア実行前に，飽和の基準閾値を決める飽和測定を行った．この飽和測定では，pgbench を用い，様々なジョブの大きさで測定を繰り返した結果，リソースのディスクアクセスが飽和すると diskstats ファイルの DiskRead は 1200，キューの長さは 2000 を必ず上回ることを確認し，この値を飽和の基準閾値と決定した．

5.2 ミドルウェア実行と評価

前節で決定した飽和の基準閾値をもとに，負荷分散の閾値を様々に変化させ，本ミドルウェアを実行した場合のコストを測定し，本ミドルウェアの評価を行った．ここでは，3 章で述べた通り，金銭的コストの中でも，従量制単価と電力単価の比率を変化させ評価したが，本論文では，図 2 に，従量制単価：電力単価= 3:1 の時の拡大図のみ示す．

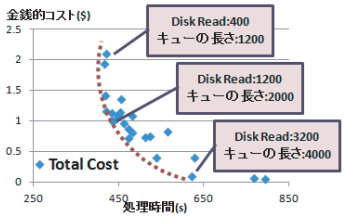

図 2　Total Cost の拡大図
(pgbench: 従量制単価：電力単価= 3:1)

いずれの単価比率においても図 2 のように，プロットさせた点からパレート最適な曲線が示せ，この曲線に乗るような負荷分散制御を行えば，ユーザの考えるコストバランスを実現することが可能であった．

また，図 2 のように，基準閾値は線上にのっていて，この点がパレート最適の 1 つであり，飽和の基準閾値を中心に，その値を上下させることでそれぞれの条件下におけるパレート最適な負荷分散を行えていることがわかる．

6. まとめと今後の課題

ハイブリッドクラウド環境において，データインテンシブなジョブを，ディスク状態を示すパラメータを用いてパレート最適に負荷分散するミドルウェアを提案し，評価した．本ミドルウェアによって，ユーザが考えるコストバランスに従いパレート最適に負荷分散することが可能であることを示した．今後の課題としては，その他のベンチマークツールなどを用いて評価を行い汎用性を示していく．さらに，実験では，様々なデータ配置のケースも考慮していきたい．

参 考 文 献

1) Evangelia Kalyvianaki, Themistoklis Charalambous and Steven Hand, ”Self-Adaptive and Self-Configured CPU Resource Provisioning for Virtualized Servers Using Kalman Filters”, In Proc. 6th International Conference on Autonomic Computing and Communications (ICAC2009)”, June, 2009
2) Kazuki Mochizuki and Shin-ichi Kuribayashi, ”Evaluation of Optimal Resource Allocation Method for Cloud Computing Environments with Limited Electric Power Capacity,” In Proc. 2011 14th International Conference on Network-Based Information Systems, pp.1-5, 2011
3) Cathryn Peoples, Gerard Parr and Sally McClean, ”Energy-aware data centre management”, In Proc. Communications (NCC), 2011 National Conference, pp.1-5, Jan, 2011

© 2012 Information Processing Society of Japan