

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 5月20日現在

機関番号：32663

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2012

課題番号：22500098

研究課題名（和文） ストレージ統合型軽量クラウドの研究

研究課題名（英文） A Study on Storage integrated Lightweight Cloud

研究代表者

上原 稔 (UEHARA MINORU)

東洋大学・総合情報学部・教授

研究者番号：70256775

研究成果の概要（和文）：既存システムにおいて巨大データを操作しようとする、ネットワークの隘路のために効率的な処理が困難である。本研究では、データの存在するストレージ側に処理を委託することでストレージと計算を統合した軽量クラウドを構築した。このクラウド統合型ストレージでは、オフライン状態になってもアプリケーションの処理をストレージ側で行うことで継続できる。また、データ転送を必要最小限に抑制し、ネットワークの隘路を避けることで計算資源を有効に活用できることを実証した。

研究成果の概要（英文）：It is hard for conventional to process large data because of network bottleneck. In this study, we have developed lightweight cloud which is integrated with storage. This storage integrated lightweight cloud continues to process in server-side even if off-line. Furthermore, it also reduces network traffics and avoids network bottlenecks. In this study, we evaluate the proposed method and verify the effectiveness.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合 計
2010年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2011年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2012年度	1,100,000	330,000	1,430,000
年度			
年度			
総 計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・メディア情報学・データベース

キーワード：Web サービス・クラウド

1. 研究開始当初の背景

インターネットはその巨大さ故に最も遅いネットワークといえる。特にラストワンマイルは、無線方式へ軸足を移しても、改善は困難である。したがって、当分インターネットがシステムの隘路となっている状況は続くと予想される。

グリッドおよび Web サービスはクライアント・サーバ方式に基づく。クライアントがネットブックのように小型化し、サーバが複数

コアで大型化している中で、クライアント・サーバ間を接続するネットワークが隘路となり、十分な性能が得られない。従来、データはコスト有利なクライアント側に保管されていたが、近年では余剰資源を有効に活用したクラウドが普及し、サーバ側で保管されるようになってきた。その結果、クライアント・サーバ間でデータを送受する方式より、サーバ側で一貫して処理する方式が有利となっている。

ここで代表的な PaaS 型パブリッククラウドを例に、その進化の方向を考察する。Amazon EC2 では、ユーザはサーバ側で稼働させた自己の専用仮想マシンを遠隔利用する。この方式では、サーバ側に仮想マシンを管理するしくみが必要になり、その負荷はサーバ側が本来行う処理に比べて小さくない。一方、Google Apps Engine (GAE) では、開発言語などの制約があるものの、より効率的な処理が可能である。要約すれば、効率と汎用性はトレードオフの関係にあり、両者はそれぞれの両極端にある。ここから両者の中間にも複数の解が存在すると予想できる。例えば、Web アプリ専用クラウドや特定言語専用クラウドである。これら専用クラウドは軽量クラウドともいえる。軽量クラウドはプライベートクラウドの解にもなり得る。そこで、本研究では複数の軽量クラウドが互いに協調する「雲海」をクラウドの進化形と想定する。雲海を従来の発想で実現しようとする、先に述べたネットワークの隘路に陥ってしまう。既存のグリッドおよび Web サービスはいずれもプロセッサとストレージを分離したため同質の困難に直面している。本研究ではストレージ側で計算も行う統合型軽量クラウドを実現する。

2. 研究の目的

既存 Web サービスにおいて巨大データを操作しようとする、ネットワークの隘路のために効率的な処理が困難である。本研究では、データの存在するストレージ側に処理を委託することでストレージと計算を統合した軽量クラウドを構築する。この統合型軽量クラウドでは、アプリケーションの処理の一部をストレージ側に移送し、安全にアクセス権を管理した上でクラウド上のデータへのアクセスを許可する。また、コピーなどのファイル操作を遅延処理することで隠ぺいし、ユーザの使い勝手を向上させる。

3. 研究の方法

ストレージ統合型軽量クラウドを実現し、その有効性を評価するために、3 年間でシステムの各要素を開発する。ストレージ統合型軽量クラウドの要素を基盤系とフレームワーク系に分割し、それぞれの中核を除く部分を初年度に開発する。基本的なアルゴリズム、手法は考案済みであり、実装を残すのみである。ただし、実装を通じて現実的な改良を適宜加えていく。また、先行研究の成果を転用することで開発自体も最小限に抑えることができる。最終的に、実際のクラウド上で評価を行い、実用性を検証する。

4. 研究成果

本研究の成果を大別すると 2 つに分類できる。

一つはストレージの高信頼化、もう一つはクラウドの軽量化である。

ストレージ統合型クラウドでは、ストレージの信頼性が重要な課題の一つとなる。高信頼ストレージの構築原理は既存科研「PC グリッドによる高信頼・高効率な分散仮想ストレージの研究」において構築済みであり、それを発展させ、応用した。

軽量クラウドでは、クラウドの軽量化が重要な課題である。軽量化方式は目的によって異なる。本研究では、大学におけるプライベートクラウド、すなわち教育クラウドとした。教育クラウドに適した軽量化方式として、我々は過飽和方式を提唱した。

過飽和方式は物理資源以上の論理資源を割り当てることである。過飽和方式に基づくクラウドを過飽和クラウドという。例えば、CPU 資源はコア数で計量される。あるノードの仮想マシンのコア数の合計がそのノードの物理的なコア数より大きいとき、そのノードは過飽和状態にあるという。単純に考えると過飽和方式では性能が劣化する。ビジネスクラウドでは深刻な問題となる。しかし、授業では、実際の演習より説明の時間の方が長いこともある。よって、性能の低下がほとんど気にならないかあるいは深刻な問題とならない。

当初は、特定言語専用クラウドによって軽量化する計画であった。しかし、この方式は言語が制限されるため教育クラウドには向かない。また、PaaS において特定言語のみをサポートするサービスから多様な言語をサポートするサービスへのシフトが明確に起きている。これらのことを勘案すると特定言語専用クラウドのニーズは小さいと考えられる。そこで、本研究では過飽和方式を中心にクラウドを軽量化した。

過飽和方式による軽量化の効果を示す。我々は Eucalyptus をベースに過飽和クラウドを試作した。

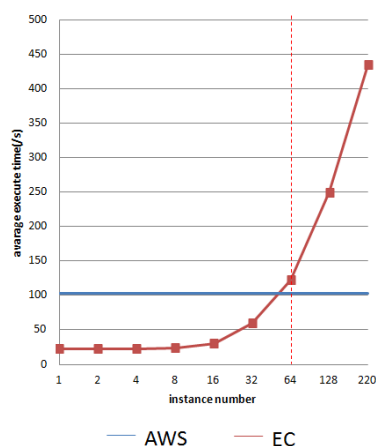


図 1 CPU 性能の比較

図1は試作した教育クラウド(EC)とほぼ同じ仕様の AWS micro instance の性能を比較している。ECのインスタンスはAWSの64倍の性能を持つ。言い換えれば、64インスタンスを過飽和状態で稼働してもSLAとしての性能劣化はない。

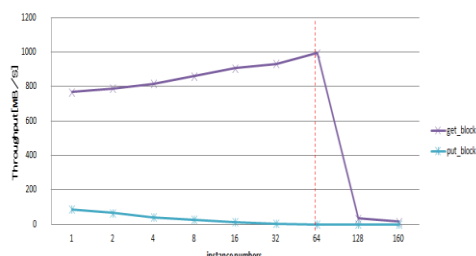


図2 I/O性能

図2はECのI/O性能(ストレージアクセス)を示す。ECでは、インスタンスを稼働するノードに2台のSSDを用いた。図から明らかに64台を超えると急激に性能が低下する。このような性能劣化は過飽和方式でも好ましくない。よって、過飽和の度合いはノードあたり64台が妥当といえる。

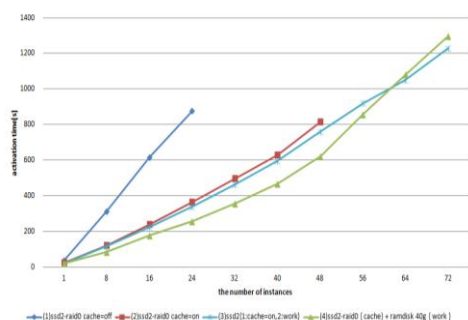


図3 インスタンス起動時間

図3にインスタンス起動時間を示す。ECでは、授業開始時に多数のインスタンスが一度に起動される。よって、その際の輻輳を避け、安定かつ短時間で起動できなければならない。そこで、我々は同時に起動できるインスタンス数にI/O性能で決まる上限を設け、それを超えるバースト的起動は逐次処理に切り替えた。また、ストレージの構成を工夫することで性能を改善した。インスタンス数を64と限ることで空いたメモリをramdiskとして使用することで64台を17分で起動することができた。複数のノードを用いて分散すればより短縮できる。

以上はECの基盤となるIaaSに対する評価であるが、ECのサービスはIaaSだけではない。一般にPaaSはIaaSより集約度が高く、SaaSはPaaSより集約度が高い。集約度は軽量化と一致する。過飽和方式により軽量化された

LAMPインスタンスは、そのままPaaSとして利用できる。このような軽量LAMPにはWebアプリのインストールを妨げる制約がほとんどない。よって、教育や高速配備に有用である。しかし、一般のPaaSに比べ、軽量化の度合いは低い。一般に、PaaSやSaaSの集約度はマルチテナント性によってもたらされる。我々は、マルチテナント性を異なる二つの概念に分類した。一つは管理ドメイン、もう一つはサービスの転売である。ビジネス的な性能は後者によってきまる。よって、管理ドメインをあえて一つのインスタンスに固定しなければ軽量LAMPでも十分な集約度が達成できる可能性がある。

最後に、ストレージとクラウドの統合について述べる。ストレージはクラウドサービスのSaaSに該当する。クラウドをハブとして複数のオンラインストレージを連携するシステムを構築した。このシステムでは大量のデータコピーもクライアントを介すことなくサーバ内で完了する。ゆえに効率よく性能も高い。オンラインストレージにはAWSを利用するものも多い。今後、ストレージサイド計算をAWS上で実現すれば実用的な価値は高いと考えられる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計4件)

- ① Minoru Uehara: "Advanced Orthogonal RAID based on Virtual Disks", Journal of Computer and System Sciences (JCSS), Elsevier, 査読有, (2013. 2. 12) <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcss.2013.01.026>
- ② Yuuta Ichikawa, Minoru Uehara, Yoshihiro Adachi, Haruo Ozaki: "Cloud Search Engine for IaaS", LNCS TCCI IX, 査読有, 2012 (TBA)
- ③ 上原 稔, 村上 真, 山際 基: "3 耐故障直交 RAID の提案と大規模故障ディスクにおける構成", 情報処理学会論文誌, 査読有, Vol. 52, No. 2, pp. 434-445, (2011. 2)
- ④ Minoru Uehara: "Composite RAID for Rapid Prototyping Data Grid", International Journal on Web and Grid Service, Vol. 7, No. 1, p. 58-73, 査読有, (2011. 1)

〔学会発表〕(計53件)

- ① Shinichiro Kibe, Motoi Yamagiwa, Minoru Uehara: "Grid on Cloud", In Proc. of 2013 27th IEEE International

- Conference on Advanced Information Networking and Applications (AINA2013), pp.213-218, (Barcelona, Spain, 2013.3.25-28) 査読有
- ② Shinichiro Kibe, Syota Watanabe, Kōhta Kunishima, Ryo Adachi, Motoi Yamagiwa, Minoru Uehara: "PaaS on IaaS", In Proc. of 2013 27th IEEE International Conference on Advanced Information Networking and Applications (AINA2013), pp.362-367, (Barcelona, Spain, 2013.3.25-28) 査読有
- ③ Minoru Uehara: "The Evaluations of 2P-3D Orthogonal RAIDs in Virtual Large-Scale Disks", In Proc. of the 14th International Symposium on Multimedia Network Systems and Applications (MNSA2012) in conjunction with the 7th International Conference on Broadband, Wireless Computing, Communication and Applications (BWCCA 2012), pp.584-589, (2012.11.12-14, Victoria, Canada) 査読有
- ④ Tatsunori Takahashi, Hidenao Tanaka, Shinichiro Kibe, Minoru Uehara: "Storage-Side Computing for Data Management in Private and Public Clouds", In Proc. of 1st International Workshop on Renewable Computing Systems (WReCS-2012) in conjunction with the 15th International Conference on Network-Based Information Systems (NBIS2012), pp.849-854, (2012.9.26-28, Melbourne, Australia) 査読有
- ⑤ Katsuyoshi Matsumoto, Shinichiro Kibe, Minoru Uehara, Hideki Mori: "Design of Development as a Service in Cloud", In Proc. of 1st International Workshop on Renewable Computing Systems (WReCS-2012) in conjunction with the 15th International Conference on Network-Based Information Systems (NBIS2012), pp.815-819, (2012.9.26-28, Melbourne, Australia) 査読有
- ⑥ Ryunosuke Ozawa, Minoru Uehara: "Long Term Management of Web Cache for Web Archive", In Proc. of 5th International Workshop on Information Technology for Innovative Services (ITIS2012-09) in conjunction with the 15th International Conference on Network-Based Information Systems (NBIS2012), pp.639-644, (2012.9.26-28, Melbourne, Australia) 査読有
- ⑦ Takamasa Miyano, Minoru Uehara: "Proposal for Cloud Search Engine as a Service", In Proc. of 5th International Workshop on Information Technology for Innovative Services (ITIS2012-09) in conjunction with the 15th International Conference on Network-Based Information Systems (NBIS2012), pp.627-632, (2012.9.26-28, Melbourne, Australia) 査読有
- ⑧ Shinichiro Kibe, Motoi Yamagiwa, Minoru Uehara: "The Evaluations of Desktop as a Service in an Educational Cloud", In Proc. of 5th International Workshop on Information Technology for Innovative Services (ITIS2012-09) in conjunction with the 15th International Conference on Network-Based Information Systems (NBIS2012), pp.621-626, (2012.9.26-28, Melbourne, Australia) 査読有
- ⑨ Ritu Endo, Junichi Kumamimi, Minoru Uehara: "Storage Deduplication by Virtual Large-Scale Disks", In Proc. of 5th International Workshop on Information Technology for Innovative Services (ITIS2012-09) in conjunction with the 15th International Conference on Network-Based Information Systems (NBIS2012), pp.615-620, (2012.9.26-28, Melbourne, Australia) 査読有
- ⑩ Minoru Uehara: "RAIDv: Extensible RAID based on Voting", In Proc. of the 15th International Conference on Network-Based Information Systems (NBIS2012), pp.128-133, (2012.9.26-28, Melbourne, Australia) 査読有
- ⑪ Shinichiro Kibe, Motoi Yamagiwa, Minoru Uehara: "Proposal for Improving Throughput in Supersaturated Cloud", In Proc. of 4th International Workshop on Information Technology for Innovative Services (ITIS-2012-03) in conjunction with 2012 26th IEEE International Conference on Advanced Information Networking and Applications (AINA2012), pp.981-986, (Fukuoka, Japan, 2012.3.26-29) 査読有
- ⑫ Minoru Uehara: "Design and Implementation of MeshRAID with Multiple Parities in Virtual Large-Scale Disks", In Proc. of 2012 26th IEEE International Conference on Advanced Information Networking and Applications (AINA2012), pp.67-72, (Fukuoka, Japan, 2012.3.26-29) (Best Paper Award) 査読有

- ⑬ Minoru Uehara: "Design and Implementation of 3D MeshRAID in Virtual Large-Scale Disks", In Proc. of the 13th International Symposium on Multimedia Network Systems and Applications (MNSA2011) in conjunction with the 3rd IEEE International Conference on Intelligent Networking and Collaborative Systems (INCoS2011), pp.490-495, (2011.11.30-12.2, Fukuoka, Japan) 査読有
- ⑭ Shinichiro Kibe, Minoru Uehara, Motoi Yamagiwa: "Evaluation of Bottlenecks in an Educational Cloud Environment", In Proc. of the 13th International Symposium on Multimedia Network Systems and Applications (MNSA2011) in conjunction with the 3rd IEEE International Conference on Intelligent Networking and Collaborative Systems (INCoS2011), pp.520-525, (2011.11.30-12.2, Fukuoka, Japan) 査読有
- ⑮ Minoru Uehara: "An Alternative Implementation of 3FT RAID in Virtual Large Scale Disks", In Proc. of the 3rd IEEE International Conference on Intelligent Networking and Collaborative Systems (INCoS2011), pp.203-208, (2011.11.30-12.2, Fukuoka, Japan) 査読有
- ⑯ Minoru Uehara: "The Evaluations of Stateful NMR in Byzantine Failures", In Proc. of the 6th International Conference on Broadband, Wireless Computing, Communication and Applications (BWCCA2011), pp.45-50, (2011.10.26-28, Barcelona, Spain) 査読有
- ⑰ Yuuta Ichikawa, Minoru Uehara: "Distributed Search Engine for an IaaS based Cloud", In Proc. of the 6th International Conference on Broadband, Wireless Computing, Communication and Applications (BWCCA2011), pp.34-39, (2011.10.26-28, Barcelona, Spain) (Best Paper Award) 査読有
- ⑱ Yuji Nakamura, Minoru Uehara: "Performance Evaluation of 2FT RAID", In Proc. of 3rd International Workshop on Information Technology for Innovative Services (ITIS2011) in conjunction with the 14th International Conference on Network-Based Information Systems (NBIS2011), pp.529-534, (2011.9.7-9, Tirana, Albania) 査読有
- ⑲ Shinichiro Kibe, Minoru Uehara: "Proposal for a Cloud-based Educational Environment", In Proc. of 3rd International Workshop on Information Technology for Innovative Services (ITIS2011) in conjunction with the 14th International Conference on Network-Based Information Systems (NBIS2011), pp.523-528, (2011.9.7-9, Tirana, Albania) 査読有
- ⑳ Yuji Nakamura, Minoru Uehara: "Improving the performance of N-ary RAID by writing with XOR operation", In Proc. of 2011 25th IEEE International Conference on Advanced Information Networking and Applications (AINA2011), pp.633-638, (Biopolis, Singapore, 2011.3.22-25) 査読有
- ㉑ Minoru Uehara: "Composite RAID: Rapid Prototyping Method for Virtual Large Scale Disks", In Proc. of 2nd International Workshop on Information Technology for Innovative Services (ITIS2010) in conjunction with 2010 International Conference on Network-Based Information Systems (NBIS2010), pp.445-450, (2010.9.14-16, Gifu, Japan) 査読有
- ㉒ Minoru Uehara: "3 Faults Tolerant Orthogonal RAID for Large Storage", In Proc. of 2010 International Conference on Network-Based Information Systems (NBIS2010), pp.209-215, (2010.9.14-16, Gifu, Japan) 査読有
- ㉓ Minoru Uehara: "XML based Virtual Disk Modeling Language for Constructing Large-Scale Storages", In Proc. of 9th IEEE/ACIS International Conference on Computer and Information Science (ICIS2010), pp.161-166, (2010.8.18-20, Yamagata, Japan) 査読有
- ㉔ Yuji Nakamura, Minoru Uehara: "Multiple Micro Virtual Disks based on NaryRAID for Large Scale Storage", In Proc. of IEEE 12th International Workshop on Multimedia Network Systems and Applications (MNSA2010), pp.142-147, (2010.6.21-25, Genova, Italy) 査読有
- ㉕ Yuji Nakamura, Minoru Uehara: "An Implementation of NaryRAID", In Proc. of 2010 24th IEEE International Conference on Advanced Information Networking and Applications (AINA2010), pp.134-141, (Perth, Australia, 2010.4.20-23) 査読有

6. 研究組織

(1) 研究代表者

上原 稔 (UEHARA MINORU)

東洋大学・総合情報学部・教授

研究者番号：7 0 2 5 6 7 7 5

(2) 研究分担者 (0)

(3) 連携研究者 (0)