

機関番号：12611

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2008 ～ 2010

課題番号：20500063

研究課題名（和文） クラスタ型サーバにおける仮想空間実現に適したIP-SAN制御モデルウェアの構築

研究課題名（英文） Realization and Optimization of Metaverse using Cluster Servers suitable for IP-SAN Control

研究代表者 小口 正人（OGUCHI MASATO）

お茶の水女子大学・大学院人間文化創成科学研究科・教授

研究者番号：60328036

研究成果の概要（和文）：

将来的な普及が期待されている仮想空間（メタバース）は、電子データとして構築された仮想3次元空間に、インターネットを通じて接続し利用する新しいサービスである。このメタバースサービスの高性能化のために、サーバのレスポンスに関する評価を行った。具体的には、まずクラスタ型サーバ上に分散型の仮想空間を実現し、メタバース実行時のサーバ側の実測評価に焦点を当て、ログイン時のサーバの動作解析等を通し、ボトルネックに関する評価を行った。その結果、本実験環境におけるレスポンスについては Databaseサーバへのアクセスがボトルネックにはなっていない事がわかった。そこでストレージアクセスも含めたシステム全体の制御について解析して行く事により、サーバとクライアント間のデータ通信とデータ処理の蓄積時間が長くなっている事が明らかになった。サーバとクライアントのマシンスペックを変化させてその影響を調べながらシステムを構築した結果、ログイン時間の大幅な短縮が実現された。

研究成果の概要（英文）：

"Metaverse" is a new service that connects users to three dimensional virtual space constructed as electronic data through the Internet, which is expected to be popular in the future. Although Metaverse is expected as a promising platform for information exchange and communication among Internet users, it has several shortcomings such as a requirement of relatively high-performance client terminals and its long response time in some cases. We have analyzed the problem of the response time from a viewpoint of load of the server in order to construct an efficient and high-performance server. In this paper, we have made OpenSim server in grid mode to analyze distributed Metaverse service. We have evaluated Metaverse server performance during the phase of user login to Metaverse service That is to say, we have focused on a server side of Metaverse system, analyzed its behavior, and clarified the cause of its long response time. As a result we have achieved to shorten the response time by means of analyzing the control of whole system including storage access.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2009年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2010年度	500,000	150,000	650,000
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・計算機システム・ネットワーク

キーワード：サービス構築基盤技術、ストレージネットワーク、仮想空間（メタバース）

1. 研究開始当初の背景

(1) 仮想空間（メタバース）は多くの注目を集めている。コンピュータ内に仮想的な空間を構築するというアイデアは以前より存在したが、これまではゲーム等の単純な娯楽性しか持ち得なかった。しかし近年のコンピュータおよびネットワークの急激な進歩により、インターネット上でのコミュニケーションや情報発信などのツールとして高い将来性があると期待されるようになってきた。Second Life を始め既に実社会で広範囲に使われ始めているものもあり、将来的にはウェブの後継媒体としても期待されている。

(2) 仮想空間の特徴としては、双方向或いはユーザ同士容易にコミュニケーションや情報交換が行えるインタラクティブ性と、ビジュアルをベースにしているため発信できる情報の量が非常に多く種類も豊富であることが挙げられる。動画などのマルチメディアデータや従来のウェブアプリケーションは、仮想空間内のオブジェクトの一部としてそのまま取り込むことができ拡張性も高い。ただし現状ではレスポンスを含めていくつかの問題があり、期待されている程の広範囲の普及には至っていない。

2. 研究の目的

(1) 仮想空間には、ユーザインタフェース、端末側の処理性能や通信性能、CG のクオリティ向上など多くの課題が挙げられ、これらの点には多方面から取り組みがなされている。しかしもう1つ非常に重要な課題として、仮想空間のサーバをどのように構築すべきであるかという問題がある。サーバについては、現在のところはまだ仮想空間がクローズドなサービスとして提供されている形態が多いため殆んど注目されていないが、仮想空間が近い将来ウェブのようにオープンなシステムとなることは必至であると考えられる。その場合には現在のウェブサーバと同様、インターネット上に数多くのサーバが構築され、アクセスが集中するサーバには相当の負荷が掛かり、適切なサービスが提供できなければ仮想空間の信頼性は損なわれてしまう。このことから、まずは広域分散環境に仮想空間のサーバを実装して利用する場合、

どのようにサーバシステムを分散させて動かしたらよいかについて検討し、実装して確認するという事が本研究の目的の1つとなる。

(2) ウェブサーバを始めとする現在の大規模コンピュータシステムは、コモディティなノードを用いたクラスタ構成となっている。近年ではデータインテンシブ・アプリケーションを実行するため、クラスタのバックエンドにストレージを配置し、フロントエンドとストレージネットワークで接続する構成のクラスタが一般に用いられるようになってきた。申請者はクラスタが研究され始めた当初の1990年代半ばよりPCクラスタの研究を行ってきたが、その後クラスタのバックエンドのストレージネットワークに研究の焦点を移してきた。さらにその後は次世代のストレージネットワークとしてIP-SANに着目し、IP-SANの解析やこれを制御するミドルウェアの研究を進めてきた。ただし仮想空間を実現するメタバースサーバは、サーバ環境が複雑であり、またサービスのクオリティを高めるためにはスループットを上げるだけでなく、レスポンスタイムが短くなるようシステムの改善を行って行かなければならず、これが本研究の目指す所となる。

3. 研究の方法

(1) 本研究ではメタバースが将来Webのように普及することを期待しているため、メタバースサーバを分散型で構築し評価を行った。分散型サーバは広域な範囲で通信されることが一般的である。そこで本研究ではメタバースサーバを個々のサーバモジュールで分散させるだけでなく、広域分散環境の下での評価を行った。クラスタ型サーバ上でそのような形で仮想空間を実現するメタバースサーバを構築し、動作を確認して評価を行った。

(2) 次に性能面の検討を行った。このようにして仮想空間を実現することができるメタバースサーバであるが、環境によってはログインレスポンスが極めて遅く、仮想空間が広く用いられるための大きな障害となっている。そこで個々のサーバモジュールのログイン時の動きとその連携がどのように行われているか調べ、レスポンスの遅い理由として考え得る可能性について検証を行った。特に

メタバースサーバにおけるストレージへのアクセスがボトルネックとなっている可能性が考えられるため、これらの解析を行い、仮想空間実現に適した制御を行うべく詳細な検討を行った。

4. 研究成果

分散型サーバは、データのやりとりがリンクを構成しており、分散したサーバ間で情報が有機的に結びつけられたシステムである。Webサーバはこの分散型サーバの典型例と言える。OpenSim などメタバースにおける分散型サーバは、サーバ同士のリンクが張られている。OpenSim サーバのどこかにクライアントはアクセスをしており、クライアントが欲しいデータは、あちらこちらに散らばった OpenSim サーバのどこかに置かれている。OpenSim 0.6.8 を用いてメタバースサーバをグリッドモードで構築すると、User サーバ、ROBUST サーバ、Messaging サーバ、Region サーバ、Database サーバの5つのサーバモジュールに分かれ、役割を分散させることが出来る。これらのサーバモジュールは、同一のマシン上で実行することも、異なるマシン上で実行することも可能である。User サーバは、ユーザ(アバタ)の管理サーバ、ROBUST サーバは、オブジェクトとアバタの持ち物とグリッドの位置などを管理するサーバ、Messaging サーバはメッセージ処理を行うサーバ、Region サーバは、リージョン(土地、一般には256m x 256mの領域)を管理するサーバである。Database サーバとしては、ストレージにIP-SANを用いてリモートノードからアクセスさせる形態も構築可能である。

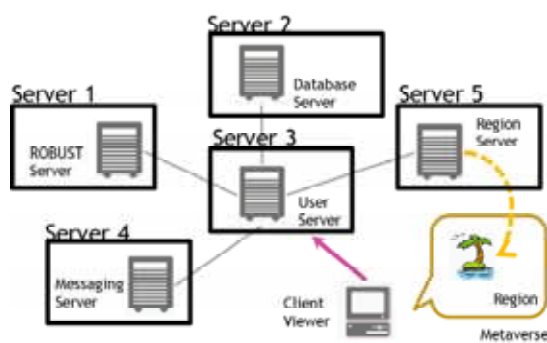


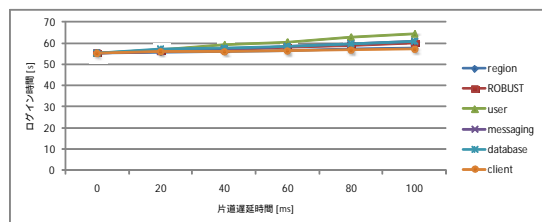
図 1. クラスタ型サーバを用いた仮想空間の構築

本研究での分散型メタバースサーバの実験環境を、図1に示す。各サーバに、各サーバモジュール (User サーバ、ROBUST サーバ、Messaging サーバ、Region サーバ、Database サーバ) を構築した。

このようなクラスタ型サーバと疑似遅延ネットワーク環境を用い、分散環境に仮想空間を実現した。各モジュールが複数台のサーバ機に分散され、これらが連携してメタバースが動作する複雑な構成であるが、これを動かして評価を行うプラットフォームを構築する事ができた。

この実験プラットフォームにおいて、まず誰もが OpenSim システムを使用する際に必ず行う、ログインの実行における時間の測定を行った。本研究ではログイン時間を、ユーザがログインボタンを押してから、実際に OpenSim システムが使用出来るようになるまでの時間と定義する。

図2の横軸はサーバモジュールの分散環境の片道遅延時間である。この図から、ユーザサーバにおいては、0ms と 100ms で差が出ているが、その差は僅かであり、OpenSim システムにおいて、広域分散環境によるログイン時間への影響は少ないと言える。一方で、元々のログイン時間は、最速の場合でも約 54 秒かかっている。ログインまでの時間としては、



Web を基準に考えると明らかに長すぎる。そのため本研究では、メタバースサーバの元々のログインレスポンス短縮を目的とし、OpenSim システムにおけるログイン時のボトルネックの解析を行う。

図 2. 広域分散環境におけるメタバースサーバへのログイン時間

まずログイン時にどのような処理が行われているか、解析を行った。ログイン時のサーバモジュールのログを集めてマージし、これを解析して行く事により、サーバモジュールの振舞を明らかにする事ができた。ログイン時の認証手順を図3に、アバタの初期化手順を図4に示す。

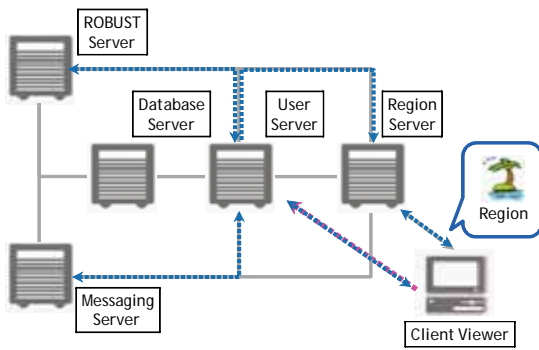


図 3 . ログイン時のサーバにおける認証手順

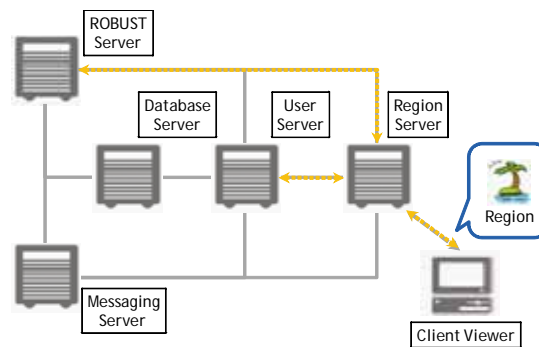


図 4 . ログイン時のアバタの初期化手順

ログイン時のサーバモジュールの振舞から、ボトルネックとしては Database サーバへのアクセスが可能性として挙げられた。そこで Database サーバのストレージを高速な SSD に取り換えて実験を行った。これを図 5 に示す。しかしその結果は殆んど変わらず、本実験環境においてはストレージがボトルネックになってログインレスポンスが悪くなっている訳ではない事がわかった。もしこれがボトルネックになっている場合には、ストレージ部分を IP-SAN に置き変えて高速な処理が行えるようミドルウェアでアクセスを制御することにより、メタバースシステム全体の性能向上に繋げる事が可能となる。

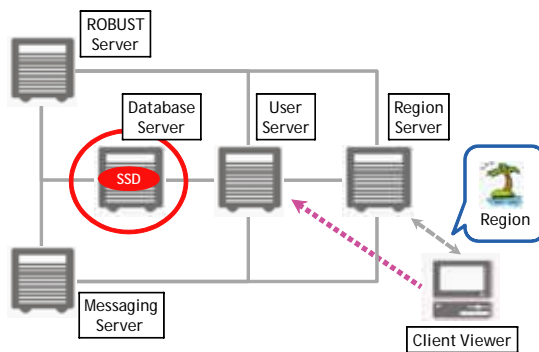


図 5 . ストレージに SSD を用いた実験

そこでさらに解析を進めた。パケットをキャプチャして解析したり、CPU、メモリ、ネットワークの使用率などを測定したりすることにより、Region サーバとクライアント間のデータ通信とデータ処理の蓄積時間が長くなっている事が明らかになった。そこでサーバマシンとクライアントマシンをそれぞれ高いスペックのものに交換して実験を行った。初めに Region サーバのスペックのみを上げ、ログイン時間を測定した。しかし、結果はログイン時間短縮には繋がらなかった。そこで、次はクライアント端末の性能のみを上げ、ログイン時間を測定した。この時の測定結果を図 6 に示す。

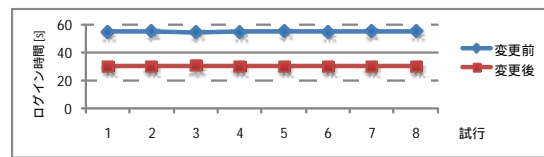


図 6 . クライアント端末変更時のログイン時間

その結果、図 6 のように、ログイン時間が平均約 31 秒に変化した。また、再現性も保たれていることがわかる。つまり本実験において、クライアント端末のスペックを上げた場合に、ログインレスポンスの短縮に繋がることが明らかになった。

本実験で使用したクライアント端末は、64bit CPU と 64bit 対応 OS を搭載しているため、一度に処理出来るデータ量が多く、更にメタバースでは重要なグラフィックの処理が速くなったことが要因だと考えられる。PC のマシン性能は時間と共に向上していくものであるが、ユーザは常に最新のマシンを使用している訳ではない。さらに近年の傾向として、クライアント端末はスペックや重量を軽量化し、処理をサーバ側で行わせるいわゆるシンクライアントの利用が広がっており、高性能なクライアントを前提としたシステムは受け入れられにくいことが考えられる。従って将来的にメタバース環境を広く普及させるためには、本研究で示したサーバモジュールとクライアントとのやり取りの部分において、クライアント側で行われている処理の一部をサーバ側で処理するように実装を変更して行くことが望ましいと言える。

以上のように本研究では、現在の典型的なスペックを有するサーバ機とクライアント端末を用いて OpenSim によるメタバース環境を構築した場合、ログインレスポンスが極めて悪くなる事を示し、この原因の解析を行った。メタバースシステムは、様々なサーバモジ

ールが役割を分担し、サーバモジュール間やクライアントとの間で複雑な処理が行われているため、性能を決める要因も様々なものが考えられる。本研究では、ログ解析結果などを基にして、これらの処理の振舞を明らかにした。

この際、図5に示したようにストレージアクセスを高速化しても性能に対する影響は少なかった。影響が多く出る場合は、ストレージ部分を高速処理が行える IP-SAN に置き換えてミドルウェアによりそのアクセス処理を制御することによって、メタバースシステム全体の性能向上につなげる事ができる。その場合にも本研究で示したようなアクセス処理の解析を行い、ボトルネックを明らかにする事によって、ミドルウェアによる IP-SAN 制御を有効に機能させることが可能となる。

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2件)

[1] 千島望, 山口実靖, 小口正人:「VPN 複数経路接続時における iSCSI ストレージアクセスの性能評価」情報処理学会論文誌, 査読有, Vol.49, No.10, pp.3645-3656, 2008年10月.

[2] 千島望, 山口実靖, 小口正人:「VPN 複数経路接続を用いた iSCSI 並列ストレージアクセス解析」日本データベース学会論文誌, 査読有, Vol.7, No.1, pp.127-132, 2008年6月.

[学会発表](計17件)

[1] 松原麻佑, 小口正人:「分散型メタバースサーバにおけるログイン時のレスポンス性能に関する評価」DEIM2011, B5-3, 伊豆修善寺, 2011年3月.

[2] 松原麻佑, 小口正人:「分散型メタバースサーバのログインタイム短縮に関する一検討」第151回DBS研究会, 早稲田大学 西早稲田キャンパス, 2010年11月.

[3] Mayu Matubara and Masato Oguchi: "Evaluation of Metaverse Server in a Widely-Distributed Environment" In Proc. the 2nd International Workshop on Information Systems in Distributed Environment (ISDE2010) in conjunction with the 18th International Conference on Cooperative Information Systems

(CoopIS2010), LNCS Vol.6428, pp.307-316, Crete, Greece, October 2010.

[4] 松原麻佑, 小口正人:「分散型メタバースサーバにおけるサービス提供時の動作解析」並列/分散/協調処理に関するサマー・ワークショップ (SWoPP2010), CPSY-6, 金沢, 2010年8月.

[5] 松原麻佑, 小口正人:「分散型メタバースサーバにおけるレスポンスに関する評価」マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOM02010) シンポジウム, 6G-3, pp.1474-1479, 下呂温泉, 2010年7月.

[6] Masato Oguchi, Reika Higa, Kosuke Matsubara, Takao Okamawari, and Saneyasu Yamaguchi: "Performance Improvement of iSCSI Remote Storage Access," In Proc. the Fourth International Conference on Ubiquitous Information Management and Communication (ICUIMC2010), pp.332-338, Suwon, Korea, January 2010. (Invited Paper)

[7] Reika Higa, Kosuke Matsubara, Takao Okamawari, Saneyasu Yamaguchi, and Masato Oguchi "Analytical System Tools for iSCSI Remote Storage Access and Performance Improvement by Optimization with the Tools," In Proc. the 3rd IEEE International Symposium on Advanced Networks and Telecommunication Systems (ANTS2009), New Delhi, India, December 2009.

[8] 松原麻佑, 小口正人:「メタバースサーバにおける高負荷時のレスポンスに関する検討」並列/分散/協調処理に関するサマー・ワークショップ (SWoPP2009), 電子情報通信学会技術研究報告 Vol.109, No.168, CPSY2009-15, pp.31-35, 仙台, 2009年8月.

[9] 比嘉玲華, 松原幸助, 岡廻隆生, 山口実靖, 小口正人:「Linux カーネルのログ解析によるバースト的 iSCSI 遠隔ストレージアクセス時のパケット送信に関する考察」マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOM02009)シンポジウム, 1E-1, pp.98-106, 別府, 2009年7月.

[10] 松原麻佑, 小口正人:「OpenSim を用いたメタバースサービスにおけるサーバ負荷の一検討」マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOM02009)シンポジウム, 8E-4, pp.1736-1741, 別府, 2009年7月.

[11] 比嘉玲華, 松原幸助, 岡廻隆生, 山口実靖, 小口正人:「ハードウェア Target を用いた遠隔 iSCSI アクセス性能評価」DEIM2009, E1-1, 掛川, 2009年3月.

[12] 原明日香, 神坂紀久子, 山口実靖, 小口正人:「並列データ処理アプリケーション実行時の IP-SAN 統合型 PC クラスタの動作解析」, DEIM2009, D3-5, 掛川, 2009年3月.

[13] 松原麻佑, 小口正人:「メタバースサーバにおけるサーバ構築に関する評価」, DEIM2009, E2-1, 掛川, 2009年3月.

[14] 原明日香, 神坂紀久子, 山口実靖, 小口正人:「IP-SAN 統合型 PC クラスタにおける並列データ処理アプリケーション実行時の特性解析」コンピュータシステム研究会 (CPSY), 信学技報, Vol.108, No.361, pp.19-24, 京都, 2008年12月.

[15] Asuka Hara, Kikuko Kamisaka, Saneyasu Yamaguchi, and Masato Oguchi: "Analyzing Characteristics of PC Cluster Consolidated with IP-SAN using Data-Intensive Applications," In Proc. 20th IASTED International Conference on Parallel and Distributed Computing and Systems (PDCS2008), No.631-042, Orland, Florida, November 2008.

[16] 比嘉玲華, 神坂紀久子, 山口実靖, 小口正人:「パケットロス発生における iSCSI 遠隔ストレージアクセスに関する評価」マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOM02008) シンポジウム, 3D-4, pp.609-615, 札幌, 2008年7月.

[17] 原明日香, 神坂紀久子, 山口実靖, 小口正人:「並列データマイニング実行時の IP-SAN 統合型 PC クラスタのネットワーク特性解析」マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOM02008) シンポジウム, 3H-2, pp.705-714, 札幌, 2008年7月.

〔図書〕(計0件)
〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

取得状況(計0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

〔その他〕
ホームページ等

<http://ogl.is.ocha.ac.jp/research.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小口 正人 (OGUCHI MASATO)

お茶の水女子大学・大学院人間文化創成科学研究科・教授

研究者番号: 60328036

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし

()

研究者番号: