

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 4月 15日現在

機関番号：12301

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22510139

研究課題名（和文） 多数利用者の多様な要求に応答可能なサービスシステム構成

研究課題名（英文） Service system configuration capable of responding for various requests from many users

研究代表者

小野里 好邦 (ONOZATO YOSHIKUNI)

群馬大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：10143710

研究成果の概要（和文）：高速通信回線を利用した多様なアプリケーションを実現するため、統合したサーバ構成法について考察した。通信を意識したCPU管理技術、メモリ管理技術について提案し評価した。本研究の成果は、計算機システムの全体数を削減し、エネルギーの節約、装置の縮小を実現し、グリーンITに貢献する。また、ネットワークアクセスの増加により、通信に関するユーザ端末消費電力問題についても対応策を提案した。

研究成果の概要（英文）：Service system configuration for various requests from many users was investigated. In order to cope with the high demands of peak hours, we use computer virtualization technology, which allows us to modify the allocation of resources, such as memory and number of CPU cores, across the running virtual machines. We estimated the performance of consolidated servers. An efficient power management was also proposed and its effectiveness is evaluated through simulations.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2011年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2012年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：複合領域

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学・社会システム工学・安全システム

キーワード：OR, スケジューリング, 仮想化, 無線ネットワーク, セキュリティ, 性能評価, 消費電力削減, モバイル

1. 研究開始当初の背景

仮想化は、システムの安全性、信頼性、利便性、柔軟性を向上し、コストを下げられるため、システム、記憶装置、ネットワーク等あらゆるレベルで研究されている。アプリケーションを仮想マシンでカプセル化された環境で隔離して実行することでセキュリティ、信頼性を強化する研究がなされている。計算機技術の発達により、複数の計算機を結合した計算機クラスターやグリッドコンピューティングの技術を用いると、仮想化された大きなコンピュータが構成できるようになり、実用化が進んでいる。

国内では、生物に学ぶアプローチがすでに研究されている。大阪大学 COE「ネットワーク共生環境を築く情報技術の創出」において生物界で見られる柔軟な原理をネットワークに応用する先進的な研究がなされている。

国外でも、従来の技術では将来のアプリケーション・サービスを支え切れないとの危機感から新しいサービス提供システムに関する研究が行われている。米国 NSF は、グリッドを応用した実用的な研究開発を支援している。欧州では、EC を中心に異種ネットワークに関するプロジェクトが開始されている。新しい時代に有用な情報システム開発の重要性はますます増している。

2. 研究の目的

本研究の目的は、仮想空間上で多様なアクセス形態、通信環境等を踏まえて高度な検索技術、選択・提供の枠組みをうまく組み合わせることにより、現実の問題の解を見つけることである。

来るべきユビキタスネットワーク社会において、多数の利用者の多様な要求を満たすシステム構成方法について研究する。多数の利用者の多様な要求を収容し、トラヒックの集中を避け、ピークトラヒックを柔軟に取り込み、利用者がいつでも利用できる良好なサービス提供システムの仕組みをいくつか提案する。そして、利用者の立場に立ったサービスの評価方法について検討する。

3. 研究の方法

(1)平成22年度

①仮想化技法を用いた仮想空間の構成と仮想空間を活用したセキュリティ強化に関する研究(担当者：山本、Ahmad Bazzi、小野里)

30台の仮想マシンをグリッド構成にして仮想空間を構成する。オープンソースの SUN VirtualBOX を使い、オペレーティングシ

ステムは Ubuntu LINUX を使用する。この仮想空間は山本、Ahmad Bazzi、小野里らにより構成される。

②バルクサービス及びパイプライン処理を応用したページング手法(Bulk Pipeline Paging)の提案(担当者：小野里、河西)

バルクパイプラインページング手法(Bulk Pipeline Paging)を図1に示す。PAを細分化していくと究極的には個別ページングになる。多数の利用者の場合について、個別ページングは、コスト、処理時間の両面において実現不可能である。そこで本研究計画では、まず仮想世界でページング操作を構成する。次に、現実の制約条件を満たすようにマッピングする。そして、仮想世界におけるページング操作と比べ、現実の制約条件下では、どの範囲まで効率的にページングできるか示す。この手法では、低トラヒックのときは、キュー内の PRs がある程度集まってからバルクサービス処理することにより、ページング回数が少なくなり、ページングの消費電力が低減できる。また高トラヒックのときは、一回のページングサイクルで多数の PRs を一括処理するため、キュー内のトラヒックが減少し、ネットワークにかかる負荷を大幅に軽減できる。さらに、トータル遅延の低減、スループットの増大等、システム性能の向上が図れる。

③無線ネットワークの変動する電波環境における多様なサービス提供メカニズムを解明するモデル構築(担当者：小野里、岩崎)

変動する電波環境において多様なマルチメディア情報を利用者の要求に応じて提供できる効率的なダウンリンク制御方式について研究するため、図2に示すモデルを仮想世界において構築する。仮想世界で構築したモデルを用いて、変動する電波環境下において多様な利用者の要求を実現するために必要な基本的機能メカニズムについて究明する。仮想世界においては、変動する電波環境下でも多様なマルチメディア情報を利用者の要求に応じて処理できる点に特徴がある。本モデルについて研究することにより、多数の多様な要求とそれらの要求に合致する資源を論理的に管理し、適宜判断を下して切り替えを行うことが効果的であることを示す。その結果、利用者の要求と電波環境に適応したダウンリンク制御が具備すべき基本的機

能メカニズムが何であるか明らかになる。

(2)平成23年度

①仮想化技法を用いた仮想空間の構成と仮想空間を活用したセキュリティ強化に関する研究（担当者：小野里、山本）

仮想世界から現実世界へのマッピングについて検討する。上記平成22年度（1）①で構成された仮想空間上で生物の細胞間通信に学びながらセキュリティを高める技術について提案し、実証実験を行う。本研究では、仮想マシンにより「デジタルリンパ球」の働きを模擬し、それらの仮想マシンをグリッド配列で構成した仮想空間上で全体として「デジタルリンパ」の役割を達成する。

②バルクパイプラインページング手法（Bulk Pipeline Paging）の評価（担当者：小野里、河西）

利用者から見た遅延時間とコスト、一方システムから見たトータル遅延時間、スループットとコストの関係についていろいろな制約条件の下でその性質を調べる。これらの性質がわかれば遅延時間の低減、スループットの増大等、システムの性能が向上できる。

③無線ネットワークの変動する利用環境における多様なサービス提供方式の提案と評価（担当者：小野里）

変動する電波環境において多様なマルチメディア情報を利用者の要求に応じて提供できる効率的なダウンリンク制御方式を提案し、現実世界へマッピングする。計算機シミュレーションにより、その方式の有効性を確認する。

(3)平成24年度

最終年度にあたるため、これまでの研究の総まとめを行う。当初計画のとおりに進まなかった研究項目についてはこの年度に完成する。本研究で開発する省電力化手法は、多数の多様な移動ノードの収容に資するものでその可能性について研究する。

4. 研究成果

(1)22年度研究の概要（2010年度）

利用者中心のサービスが提供できる仕組みを構築していくため、本研究では、仮想世界において、現実世界の制約に固執せず自由自在に考えて問題を解決する手法を採用した。本研究で開発する仮想化技術を用いた仮想世界は現実の世界からの制約を受けなくてすむので、現実世界では解決困難な問題でも仮想世界において解決できる。その解決手法は、まず仮想化の概念を整理し、解くべき問題の本質を仮想世界で解決することによ

り論理の充実を図り、次にそれを現実の世界へマッピングし、実現していく。本年度は、マルチコアから構成される数台の仮想マシンを用いて仮想空間を構成した。オープンソースの SUN VirtualBOX を使い、オペレーティングシステムは Ubuntu LINUX を使用した。まず、ポアソン到着を用いた仮想システム性能評価手法を提案し、仮想化ソフトウェア Xen を用いて構築した。HTTP サーバのリソース割り当て量に対するシステムの特性を評価した。次に、PC 向けのファイアウォールを仮想システムで実現し、その性能評価を行った。その結果、ファイアウォールを仮想システムにより実現することは、現在市販のプロセッサを用いれば十分可能であることを示した。近年、モバイルシステムにおけるネットワークアクセスの増加により、通信に関するユーザ端末消費電力が問題となっている。多数の利用者に対して、個別ページングは、コスト、処理時間の両面において実現不可能である。そこで本研究では、まず仮想世界でページング操作を構成する。次に、現実の制約条件を満たすようにマッピングする。そして、仮想世界におけるページング操作と比べ、現実の制約条件下では、どの範囲まで効率的にページングできるか示す。ユーザ端末と無線アクセスネットワーク間での処理を改良し、より消費電力の少ない通信方式を提案した。

(2)23年度研究の概要（2011年度）

①仮想化技法を用いると複雑な情報システムにおいてもセキュリティ強化が可能である。仮想化によるオーバーヘッドを評価するため、フリーソフトウェアであるファイアウォール「SmoothWall」を用いた場合、さまざまな動作環境でデータ伝送速度および処理時間を評価した。その結果、80Mbps の伝送速度が確保できること及び利用者あたり1秒間に2000接続収容できることを示した。仮想化技法を用いたセキュリティ強化策は、現在市販されている機器を用いても十分実現可能であることが確認できた。

②多数利用者にサービスを行うシステムでは消費電力の削減は必要な技術である。現在モバイル機器の消費電力改善に向けて様々な研究が行われている。利用者端末では、CPU やバッテリーに焦点を当てたものが多く、また通信インフラ側におけるシステム改善

に向けた取り組みも多く提案されている。本研究では、IEEE 802.11 で標準化されている Power Saving Mode (PSM) を基礎にして、利用者宛てのフレーム到達時間を考慮に入れることによりさらなる省電力化を図る接続予約型パワーセーブ方式 Adaptive LI Power Saving Mode (ALIPSM) を提案した。

シミュレーションを行った結果、ALIPSM が PSM に比べて受信完了までの時間は若干多くなるものの、フレームが長時間クライアントに送信されてこない場合は消費電力を大きく抑えることを示した。

(3) 24年度研究の概要 (2012年度)

①市販のPCを用いてサーバ統合を行ったとき、ユーザはどのような影響を受けるかについて考察した。まず、CPUの利用率が50%以下の2台のPCを仮想化技術により1台のPCに統合し、ウェブサーバーとして利用した場合について、ユーザの応答時間を比較評価した。その結果、負荷の高いときに応答時間は若干増えるが、ほぼ同じ性能が得られることを示した。結論として、サーバ統合は市販のPCを用いてもハードウェアの共用化に有用であることを示した。

②IEEE802.11において標準化されている無線LANの省電力モード(PSM: Power Saving Mode)に注目し、トラフィックの変動に合わせたLIとAPにおけるTCP機能を追加することによって、さらなる省電力化を図るAP順応型省電力モードAP Adaptive Power Saving Mode (APAPSM)を提案した。シミュレーションを行った結果、APAPSMがPSMに比べ、クライアントは無駄な送受信を抑えることが可能となり、消費電力だけでなく、受信時間も改善できると判明した。さらに、クライアントの受信時間が短縮されたことで、サーバにおけるクライアントの専有時間も短くなる。これによりPSMと比べてサーバの性能を向上させることもできると予想される。また、クライアントがアウェイク中に受信する予定のパケット数は、APAPSMの性能に大きく影響を与えないことが確認でき、このことにより、APにおいて確保すべきバッファサイズを大きくとる必要はないことが分かった。以上の研究結果により、トラフィックの影響を吸収して省電力化を図るAPAPSMは、平時だけではなく、トラフィックに大きな負担が発生している場合やパケットロスの頻度が高

い状況においてもPSMの上位互換として大きな効果を発揮するものと考えられる。

以上まとめると、本研究期間の間に、通信回線が大容量化し、テラビットクラスの通信が実現され、このような高速通信回線を利用した多様なアプリケーション開発が可能になってきている。電子商取引、教育、エンターテインメント等の分野では、通信を積極的に活用した新しい展開が期待できる。そこでは、従来のサーバからさらにスケールアップした統合したサーバが必要になる。さらに、通信を意識したCPU管理技術、通信を意識したメモリ管理技術の研究開発が不可欠である。このような新しいアプリケーション開発の母体となる電気通信システムは、多数のサーバと計算機システムから構成されている。通信回線自体はボトルネックになりにくくなってきているので、本研究は、通信を意識したCPU管理、通信を意識したメモリ管理を考察の対象とした。本研究の成果は、計算機システムの全体数を削減し、エネルギーの節約、装置の縮小を実現し、グリーンITに貢献する。

また、近年、モバイルシステムにおけるネットワークアクセスの増加により、通信に関するユーザ端末消費電力問題についても対応策が提案できた。

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 12件)

- ① 山本 潮, 小野里 好邦, "宛先ノードへの到達可能性を考慮した Greedy Forwarding" 情報処理学会論文誌, Vol. 54 No. 2, pp. 621-629, (2013), 査読有.
- ② Bin Han and Ken'ichi Kawanishi, "Using game theory to investigate stochastic channel selection for multi-channel MAC protocol", The 13th International Conference on Communication Systems IEEE ICCS, Singapore, pp. 172-176, November 21-23, (2012), 査読有.
- ③ Ahmad Bazzi and Yoshikuni Onozato, Ruttikorn Varakulsiripunth and Sakchai Thipchaksurat, "Server Consolidation and its Effect on Performance in Common Hardware", International symposium on technology for Sustainability (ISTS-2012), pp. 220-223, November 21-24, Swissotel Le Concorde, Bangkok, Thailand, (2012), 査読有.
- ④ Toshiki Kojima, Ahmad Bazzi and

- Yoshikuni Onozato, "Detecting Edges Causing Braess's Paradox via Simulation Feasibility", 31st JSST Annual Conference, JSST2012 International Conference on Simulation Technology, pp.162-165, September 27-28, 2012 Integrated Research Center, Kobe Univ., Japan (2012), 査読有.
- ⑤ Ahmad Bazzi and Yoshikuni Onozato, "Feasibility Study of Security Virtual Appliances for Personal Computing", Journal of Information Processing, Vol. 19, pp. 378-388 (2011), 査読有.
- ⑥ Kazushi Shinomiya, Ahmad Bazzi, Yoshikuni Onozato, "Power Saving in Wireless LANs by Adapting the Listen Interval", Jong-hyun kim, Kangsun Lee Satoshi Tanaka, Soo-Hyun Park (Eds.): Proceedings in Information and Communications Technology, PICT4, "Advanced Methods, Techniques, and Applications in Modeling and Simulation", Asia Simulation Conference 2011, Seoul, Korea, November 16-18(2011), Proceedings, Springer, pp. 281-290, ISBN978-4-431-54215-5(2011), 査読有.
- ⑦ Kazushi Shinomiya, Ahmad Bazzi, Yoshikuni Onozato, "Power Saving Mode with Adaptive Listen Interval for WLANs", 30th JSST Annual Conference (JSST2011) International Conference on Modeling and Simulation Technology, Tokai University Takanawa Campus, Tokyo, Japan, October 22-23, pp.24-31 (2011), 査読有.
- ⑧ Hung Tuan Do, Yoshikuni Onozato, Ushio Yamamoto, "Optimal aggregation factor and clustering under delay constraints in aggregate sequential group paging schemes", Wireless Networks, Vol. 16, No. 5, pp. 1427-1446 (2010), 査読有.
- ⑨ 福島 正敏, 山本 潮, 小野里 好邦, "アドホックネットワークにおける複数ビジートーンを利用したマルチチャネル MAC プロトコル", 日本シミュレーション学会論文誌, Vol. 2, No. 2, pp. 57-66 (2010), 査読有.
- ⑩ Ahmad Bazzi and Yoshikuni Onozato, "Network Performance of Security Virtual Appliances for Personal Computing", Proceedings of the Fourth IFIP WG11.11 International Conference on Trust Management (IFIPTM2010), pp. 167-174 (2010), 査読有.
- ⑪ Tomoaki Mizuide, Tatsuya Tsuchiya, Ahmad Bazzi, Yoshikuni Onozato, "Extended Diffused Key-information Based Routing Protocol in Ad hoc Networks", The 2nd International Symposium on aware Computing (ISAC2010), Tainan, Taiwan November 1-4, pp. 318-325 (2010), 査読有.
- ⑫ Li Wang and Kenichi Kwanishi, "Consideration of SCTP selective retransmission under the endpoints Time non-synchronization", The 2nd International Symposium on Aware Computing (ISAC 2010), Tainan, Taiwan, November 1-4, pp. 326-331 (2010), 査読有.
- [学会発表] (計 15 件)
- ① Bazzi Ahmad, ONOZATO Yoshikuni, "The Effect of OS Overhead on Server Consolidation", 日本オペレーションズ・リサーチ学会 2013 年春季研究発表会アブストラクト集, 2-F-9, pp. 254-255, 平成 25 年 平成 25 年 3 月 6 日, 東京大学本郷キャンパス(東京都文京区) (2013).
- ② BAZZI Ahmad, YABUTA Keisuke, ONOZATO Yoshikuni, "Waiting Time and Service Rate in a Virtual System", 日本オペレーションズ・リサーチ学会 2012 年秋季研究発表会アブストラクト集, 1-E-7, pp. 86-87, 平成 24 年 9 月 12 日, ウィンクあいち(愛知県名古屋市) (2012).
- ③ Bin Han and Ken'ichi Kawanishi, "Analysis of channel selection strategies for multi-channel MAC protocol using game theoretic models", 7th International Conference on Queueing Theory and Network Applications (QTNA2012), 平成 24 年 8 月 3 日, Kyoto University Clock Tower Centennial Hall (京都府京都市) (2012).
- ④ 安井 愛理, 佐藤佑紀, 山本潮, 小野里好邦, "アドホックネットワーク上のサービス発見における制御情報転送の効率化", 日本シミュレーション学会大会多次元移動通信網研究会発表論文集, pp. 30-37, 平成 24 年 6 月 22 日, 新潟工科大学 (新潟県柏崎市) (2012).
- ⑤ Ahmad Bazzi, Yoshikuni Onozato, "Peak Hours in Virtual Environments", 日本オペレーションズ・リサーチ学会 2011 年秋季研究発表会, 平成 23 年 9 月 16 日, 甲南大学岡本キャンパス(兵庫県神戸市) (2011).
- ⑥ 北爪 竜馬, 山本 潮, 小野里 好邦, "パケット到着間隔によるハンドオーバーリガを用いた異種無線システム切替方式", 電子情報通信学会無線通信システム研究会, 平成 23 年 10 月 26 日, 上智大学(東京都千代田区) (2011).
- ⑦ Ahmad Bazzi, Yoshikuni Onozato, Kazushi

Shinomiya, "Mobile Wireless Devices, Virtualization and Power Saving", 情報処理学会モバイルコンピューティングとユビキタス通信研究会, 第60回 MBL・第47回 ITS 合同研究発表会, 平成 23 年 11 月 10 日, かごしま県民交流センター (鹿児島県鹿児島市) (2011).

⑧Ahmad Bazzi, Yoshikuni Onozato, "Packet Drop Rate with Multiple Virtual Machines", 日本オペレーションズ・リサーチ学会 2010 年春季研究発表会, アブストラクト集, 1-B-7, pp. 36-37, 平成 23 年 3 月 17 日, 電気通信大学 (東京都調布市) (2011).

⑨Ahmad Bazzi, Yoshikuni Onozato, "Probability of packet loss in virtual environments", 2010 年度待ち行列シンプोजウム「確率モデルとその応用」報文集, pp. 21-30, 平成 23 年 1 月 17 日, 京都ガーデンパレス (京都府京都市) (2011).

⑩Yoshikuni Onozato, "Stability of Cooperative Communications in Wireless Networks", 日本オペレーションズ・リサーチ学会 2010 年秋季研究発表会, アブストラクト集, 2-D-6, pp. 186-187, 平成 22 年 9 月 17 日, コラッセふくしま (福島県福島市) (2010).

⑪Seyha Seng, Onozato Yoshikuni, "Dynamic Resource Allocation for Distributed Relay station in WiMAX", 日本オペレーションズ・リサーチ学会 2010 年秋季研究発表会, アブストラクト, 2-D-6, pp. 182-183, 平成 22 年 9 月 17 日, コラッセふくしま (福島県福島市) (2010).

⑫水出智彰, 土屋竜也, 小野里好邦, "拡張無線メッシュネットワークにおける位置情報を利用した経路探索", 情報処理学会研究報告, Vol. 2010-MBL-55, No. 16, 情報処理学会モバイルコンピューティングとユビキタス通信研究会, 平成 22 年 9 月 3 日, 群馬大学工学部 (群馬県桐生市) (2010).

⑬Li Wang and Kenichi Kawanishi, "Real-time, fairness, and perceptual performance of MPEG-4 transmission in SCTP selective retransmission", 第 11 回インターネットテクノロジーワークショップ, 平成 22 年 6 月 25 日, 山形テルサ (山形県山形市) (2010).

⑭手塚清人, 小寺健太郎, 山本潮, 小野里好邦, "アドホックネットワークにおけるサービス情報キャッシュを用いたサービス発見方式", 第 29 回日本シミュレーション学会大会, 平成 22 年 6 月 20 日, 山形大学工学部キャンパス (山形県米沢市) (2010).

⑮王旭, 小野里好邦, 河西憲一, "IP ページングにおけるバルクとパイプラインを組み合わせる方式の提案", 日本オペレーシ

ズ・リサーチ学会 2010 年春季研究発表会 アブストラクト集, 2-C-7, pp. 150-151, 平成 22 年 3 月 5 日, 首都大学東京南大沢キャンパス (東京都八王子市) (2010).

〔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://www.nzt1.cs.gunma-u.ac.jp/onozato-lab/research.html>

<http://www.onozato-lab.cs.gunma-u.ac.jp/onozato/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小野里 好邦 (ONOZATO YOSHIKUNI)

群馬大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号 : 10143710

(2) 研究分担者

山本 潮 (YAMAMOTO USHIO)

群馬大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号 : 292623

河西 憲一 (KAWANISHI KENICHI)

群馬大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号 : 50334131

(3) 連携研究者

なし