

機関番号：15401

研究種目：基盤研究 (B)

研究期間：2008 ～ 2010

課題番号：20300029

研究課題名 (和文) 移動透過アプリケーションレイヤマルチキャスト通信の研究

研究課題名 (英文) A Study of Mobility Support Protocols for Application Layer Multicast

研究代表者

相原 玲二 (AIBARA REIJI)

広島大学・情報メディア教育研究センター・教授

研究者番号：50184023

研究成果の概要 (和文)：

移動するコンピュータから複数の相手端末に対し同報通信を行うことができる移動透過マルチキャストとして、IP モビリティ通信方式から得られる IP アドレスなどのネットワーク情報を積極的に活用する移動透過アプリケーションレイヤマルチキャスト通信方式を提案した。研究代表者らが過去に提案している移動透過通信方式を、マルチキャスト通信が可能となるよう拡張し、その具体的な実装設計、プロトタイプ作成および性能評価を実施した。

研究成果の概要 (英文)：

We proposed a mobility support architecture for application layer multicast as a method that a mobile computer can simultaneously deliver the same message to multiple corresponding nodes. We have extended an existing mobility support architecture proposed by the representative of this research project to multicast capable protocol. Moreover, we demonstrated design of implementation on the extension, a prototype system and performance evaluation of the proposed method.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	6,700,000	2,010,000	8,710,000
2009年度	4,300,000	1,290,000	5,590,000
2010年度	3,200,000	960,000	4,160,000
年度			
年度			
総計	14,200,000	4,260,000	18,460,000

研究分野：情報工学

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：モバイルネットワーク技術、マルチキャスト通信

1. 研究開始当初の背景

無線通信技術および携帯端末技術の発展により、IP (Internet Protocol) 通信方式の拡張である移動透過通信 (IP モビリティ) への需要は非常に高い。IP モビリティ技術は、国際標準化機関 IETF (Internet Engineering Task Force) において MIP6 (RFC-3775: Mobility Support in IPv6) や NEMO-BS (RFC-3963: Network Mobility (NEMO) Basic

Support Protocol) として提案されていた。しかし、MIP6 や NEMO-BS はホームエージェントと呼ばれる中継ノードを経由することを基本としており、最適な経路での通信が困難である。NEMO-BS で通信を行う場合、必ず特定の中継ノードを経由する必要があるため、ほとんどの場合、エンドノード間の IP ユニキャスト通信経路よりも長くなる。MIP6 の場合、通信開始時点では中継ノードを経由す

る必要があるが、エンドノード両方が MIP6 に対応している場合に限り、その後の通信がトンネリング技術を使用した最適経路に変更される。

一方、移動環境においても、電話などの 1 対 1 双方向通信のみならず、テレビ放送のような 1 対多の一方同時通信に対する要求は強い。IP マルチキャストは長年研究開発されてきた技術であるが、固定ネットワークであっても設定管理の複雑さなどから、一般のネットワークではほとんど利用されていない。そのため、同一 LAN 内など限定されたエリアに限りマルチキャストを併用する場合はあるが、多くはユニキャスト通信で配送するアプリケーションレイヤマルチキャスト (ALM) 技術が利用されている。ALM は IP マルチキャストと異なり、物理ネットワークトポロジーと実際の配送トポロジーが異なる可能性がある、いわゆるオーバーレイ技術の一種である。ALM でもネットワークトポロジーを推定し、またはネットワーク性能等を評価し最適化することで、場合によっては IP マルチキャスト以上の効率的配送を行うことが可能であり、幾つかの検討がなされていた。研究代表者らも、過去に高品質動画像伝送システム開発の一環として、アプリケーションゲートウェイと呼ぶ、動画像配送技術の研究を実施し有益な成果を得ていた。

移動体を含むネットワーク上でのマルチキャスト技術の研究開発は十分とは言えず、IP モビリティを前提とした移動透過通信環境におけるマルチキャスト方式の詳細な検討が求められていた。

2. 研究の目的

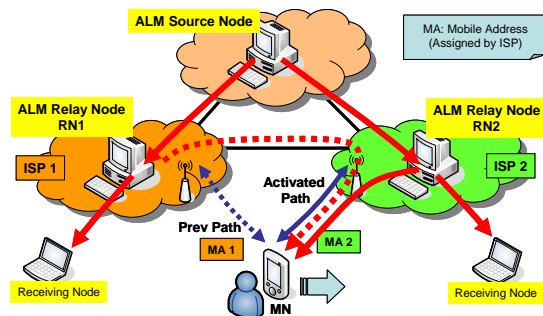
本研究は、IP モビリティを前提とし、その方式から得られる IP アドレスなどのネットワーク情報を積極的に活用する移動透過 ALM 通信方式を提案する。研究代表者らは、常に最適な経路での通信を行い、広帯域通信に適している MAT (Mobile IP with Address Translation) を提案しており、本研究では MAT を使用した場合の移動透過 ALM の具体的な実装設計、プロトタイプ作成および性能評価を実施する。

MIP6 および MAT による IP モビリティを対象とし、移動透過 ALM 配送アルゴリズムの研究開発を行う。IP モビリティでは、機器が移動先で使用する IP アドレス (MIP6 では「気付アドレス」、MAT では「モバイルアドレス」と呼ぶ) によりネットワークトポロジー上の位置情報を得ることが可能であるため、その情報を積極的に利用した配送ツリーまたは配送メッシュネットワーク構築アルゴリズムを提案し、機器やネットワークの移動に対する配送ネットワーク再構築にかかる時間

やメッセージ数などを、既存の ALM 方式との比較により評価する。MAT は常に最適な経路での通信が可能であることから映像伝送など広帯域通信に適している。そこで MAT を前提として、提案する移動透過 ALM アルゴリズムの具体的な実装設計を行い、研究期間内にその実装および評価を実施する。

3. 研究の方法

本研究では研究期間内に次のことを実施する。IP モビリティのうち IETF で提案されている MIP6 (RFC-3775) および研究代表者らが提案している MAT を対象とし、移動透過 ALM 配送アルゴリズムの研究開発を行う。IP モビリティでは、移動先ネットワークへ接続するために移動機器が使用する IP アドレス (MIP6 では「気付アドレス」、MAT では「モバイルアドレス」と呼ぶ) を何らかの方法により知ることが可能である。移動先の IP アドレスはネットワークトポロジー上の位置情報であるとも言えるため、その情報を積極的に利用して、移動機器から最寄りの配送中継可能ノード情報を得ることにより、配送ツリーまたは配送メッシュネットワーク構築を効率的に行うアルゴリズムを提案する。既存の ALM 配送アルゴリズムでも、受信機器や中継ノードが時々刻々変化することは想定しており、受信機器がネットワークを移動したとしても、配送ツリーまたは配送メッシュネットワークを再構築することは可能である。そこで、機器やネットワークの移動 (接続先ネットワークの変更) に対する配送ネットワーク再構築にかかるコストなどを、既存の ALM 方式との比較により評価する。さらに、常に最適な経路での通信が可能であることから映像伝送など広帯域通信に適している IP モビリティ MAT を使用し、提案する移動透過 ALM アルゴリズムの具体的な実装設計を行い、研究期間内にプロトタイプ実装およびその評価を実施する。



IP モビリティ MAT を使用した場合の、移動先 IP アドレス情報を利用した ALM 配送ツリー再構築の基本方針を上図に示す。移動ノード MN は、どの ISP のネットワークに接続しているかを IP アドレス MA により常に把握できる。ハンドオーバーにより接続が ISP1 から

ISP2へ変更されたとしても、MATの機能によりALM配送は維持(RN1⇒MN:赤の破線矢印)される。しかし、IPアドレス情報をもとにISP2の中継ノードRN2を探し出し、接続変更(RN2⇒MN:赤の実線矢印)することで、無駄な経路を避けるようにALM配送ツリーを再構築する。IPアドレス情報を用いることで、より少ない負荷で短時間に最寄りの中継ノードを発見することが期待できる。

4. 研究成果

平成20年度は既存アルゴリズムの調査、IPモビリティ通信方式の比較、配送方式に関する検討、プロトタイプシステム構築の準備などを以下のとおり実施した。

(1)既存のアプリケーションレイヤマルチキャスト配送アルゴリズムに関する調査を行った。特に、配送ネットワークの構築方針について類型化し、配送ネットワークのトポロジー(ツリー状やメッシュ状ネットワークなど)、配送ネットワークの再構築方針とコスト(時間、メッセージ数など)などについて調査した。この調査において、P2P型ファイル転送方式を活用した画像情報配送も有望な方法であり、検討に加える必要があることが判明した。

(2)IPモビリティのうちIETFで提案されているMIPv6および研究代表者らが提案しているMATを前提とし、新たな移動透過ALM配送アルゴリズムの研究開発を行った。IPモビリティでは、移動先ネットワークへ接続するために移動機器が使用するIPアドレスを何らかの方法により知ることが可能である。移動先のIPアドレスはネットワークトポロジー上の位置情報であるとも言えるため、その情報を積極的に利用することにより移動機器から最寄りの配送可能ノード情報を得るなど、配送ツリーまたは配送メッシュネットワーク構築を効率的に行うことができる方式の提案を行った。

(3)平成21年度以降開始する移動透過ALMを実装したプロトタイプ構築の準備として、既存設備を有効に利用しつつ、移動透過通信の実験環境を構築した。実験用中継ノードの設置などを行った上で、映像伝送アプリケーション用のシステムを構築した。また、IPv6上でのみ動作する実装であったMATをIPv4環境でも動作するよう拡張実装を行い、プロトタイプによる性能評価実施の準備を行った。

平成21年度は、常に最適な経路での通信が可能であることから映像伝送など広帯域通信に適している移動透過通信アーキテクチャMATの使用を想定し、提案する移動透過アプリケーションレイヤマルチキャスト(ALM)アルゴリズムの具体的な実装設計を

行った。ALM構成の一部として、研究代表者らが既に提案し、プロトタイプを試作しているアプリケーションゲートウェイを利用している。アプリケーションゲートウェイは、高品質動画伝送アプリケーションを対象とし、ユニキャストやマルチキャストを自由に選択して、配送ネットワークを構成する機能を持っている。あらかじめ指定された静的なものとなっている配送ネットワークを、本研究で提案する移動透過ALMの構築アルゴリズムを適用し、配送木の再構築手法について詳細な検討を行った。具体的な実装設計を行うことと並行して、提案する移動透過ALMアルゴリズムを見直し、改良するとともに、機器やネットワークの移動(接続先ネットワークの変更)に対する配送ネットワーク再構築にかかるコスト(時間、メッセージ数など)を、既存のALM方式との比較により再度評価した。また、性能評価実験の準備として、現在広く利用可能な通信方式であるIPv4においても利用できるようにMATプロトコルを拡張した。拡張したプロトコルをLinux OS上に実装し、詳細な動作検証を行った。さらに、高品質動画伝送などによる評価実験に必要な環境の構築整備等を行った。

平成22年度は、移動透過通信方式を用い、ある計算機上で動作している仮想計算機が異なる計算機上へ移行(マイグレーション)する際、外部との通信途絶時間を可能な限り小さくする移行方式を提案し、プロトタイプシステムを試作して評価を行った。さらに、IPマルチキャストが使用できるネットワークに接続した場合はIPマルチキャストを使用し、ユニキャストのみのネットワークに接続した場合はユニキャスト通信によるALM方式を選択可能とする方式を提案した。IPマルチキャストの利用を前提に作成されたアプリケーションは多数存在するため、それらアプリケーションを改修することなく、本提案手法によるALM通信を利用できるようIP層の一部を拡張する方式の詳細設計を行い、プロトタイプの試作を行った。具体的には、まず複数インタフェースを用いてネットワーク切り換え時の通信途絶を吸収する方式を設計し、継続的なマルチキャスト通信を可能とするためにIPマルチキャストとIPユニキャストを併用した透過型マルチキャスト通信手法を実装し、通信継続性などに関する定量的評価を行った。また、試作したプロトタイプシステムを用い動画伝送による評価実験を行い、提案手法の有効性を示すことができた。

本研究では、移動するコンピュータから複数の相手端末に対し同報通信を行うことができる移動透過マルチキャストとして、IPモ

ビリティ通信方式から得られる IP アドレスなどのネットワーク情報を積極的に活用する移動透過アプリケーションレイヤマルチキャスト通信方式を提案した。研究代表者らが過去に提案している移動透過通信方式を、マルチキャスト通信が可能となるよう拡張し、その具体的な実装設計、プロトタイプ作成および性能評価を実施した。本提案手法は様々な分野での応用が想定されるが、特に、近年普及が進む仮想計算機技術との組み合わせ利用に対する期待が大きい。

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. 関, 岩田, 森廣, 前田, 近堂, 岸場, 西村, 相原, IPv4 拡張した移動透過通信アーキテクチャ MAT の設計と性能評価, 情報処理学会論文誌, 52, 3, 2011, pp.1323-1333, 査読有.
2. 渡邊, 大東, 近堂, 西村, 相原, IP モビリティと複数インタフェースを用いたグローバルライブマイグレーション, 電子情報通信学会論文誌 B, J93-B, 7, 2010, pp. 893-901, 査読有.
3. 森廣, 岩田, 前田, 相原, 井上, ネットワーク移動を支援する移動透過通信アーキテクチャのスケラビリティ評価, 電子情報通信学会論文誌 B, J93-B, 2, 2010, pp. 201-210, 査読有.
4. 正岡, 田島, 岸場, 西村, 相原, 前田, 移動透過通信を用いたキャンパス案内システムのスケラビリティ評価, 情報処理学会論文誌, 50, 3, 2009, pp.963-972, 査読有.

[学会発表] (計18件)

1. 関, 相原, NAPT を利用した移動透過通信アーキテクチャ MAT4 におけるモバイルルータの設計, 情報処理学会インターネットと運用技術シンポジウム 2010, Vol.2010, No.14, pp.59-65, 2010年12月2日, 山口市.
2. 鎌田, 近堂, 相原, ユニキャストを併用する移動透過 IP マルチキャストの設計, 電子情報通信学会インターネットアーキテクチャ研究会, vol.110, no.304, IA2010-53, pp.13-18, 2010年11月24日, 山梨県.
3. H.Watanabe, H.Masaoka, T.Ohigashi, T.Kondo, K.Nishimura, R.Aibara, Supporting USB Devices for the Global Migration, 10th Annual International Symposium on Applications and the Internet (SAINT 2010), pp.153-156, 2010年7月22日, Seoul, South

Korea.

4. H.Masaoka, A.Seki, S.Kishiba, T.Kondo, K.Nishimura, R.Aibara, Evaluation of P2P File Distribution using IP Mobility, 10th Annual International Symposium on Applications and the Internet (SAINT 2010), pp.249-252, 2010年7月19日, Seoul, South Korea.
5. 鎌田, 関, 正岡, 近堂, 相原, 移動透過通信を利用した IP マルチキャストに関する考察, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2010) シンポジウム, pp.1783-1789, 2010年7月9日, 岐阜県.
6. H.Watanabe, T.Ohigashi, T.Kondo, K.Nishimura, R.Aibara, A Performance Improvement Method for the Global Live Migration of Virtual Machine with IP Mobility, Fifth International Conference on Mobile Computing and Ubiquitous Networking (ICMU 2010), pp.194-199, 2010年4月28日, Seattle, USA.
7. 関, 岩田, 森廣, 前田, 岸場, 相原, IPv4 拡張した移動透過アーキテクチャ MAT の設計と実装, 情報処理学会研究報告, Vol.2010-IOT-8 No.33, pp.1-6, 2010年3月1-2日, 仙台市.
8. 正岡, 岸場, 近堂, 西村, 相原, 移動透過通信を利用したアプリケーションレイヤマルチキャストにおける配送木再構築手法, インターネットと運用技術シンポジウム 2009, pp.69-74, 2009年12月10-11日, 金沢市.
9. 森廣, 岩田, 前田, 相原, 井上, 岸場, 移動透過通信のサポートで生じるオーバーヘッドの定式化と実験の評価電子情報通信学会技術報告, IA2009-61(2009-11), 2009年11月25日, 唐津市.
10. 岩田, 森廣, 関, 前田, 井上, 相原, 岸場, 移動透過アーキテクチャ MAT の IPv4 対応とその性能評価, 電子情報通信学会技術報告, IA2009-59(2009-11), 2009年11月25日, 唐津市.
12. 正岡, 関, 岸場, 近堂, 西村, 相原, 移動透過通信を利用した P2P 型ファイル配布システムの性能評価, マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム, pp.1026-1032, 2009年7月8-10日, 大分市.
12. 渡邊, 大東, 近堂, 西村, 相原, 広域移動を考慮した仮想ウェアラブルコンピューティングシステム, マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム, pp.1406-1414, 2009年7月8-10日, 大分市.
13. 正岡, 関, 岸場, 近堂, 西村, 相原, 移動透過通信を利用した P2P 型ファイル配布の評価, 電子情報通信学会技術報告, SITE2008-71, IA2008-94(2009-03), 2009年3月5-6日, 熊本.

14. 渡邊, 大東, 近堂, 西村, 相原, 仮想化技術と移動透過通を用いたウェアラブルデバイス支援システム, 電子情報通信学会技術報告, SITE2008-65, IA2008-88 (2009-03), 2009年3月5~6日, 熊本.
15. 関, 正岡, 西村, 相原, 前田, 従来端末に対する移動透過通信支援方法とそのプロトタイプ実装, 情報処理学会インターネットと運用技術シンポジウム (IOTS 2008), 2008年12月4~5日, 京都.
16. 近堂, 西村, 相原, 前田, 移動透過通信機能を持つ仮想計算機によるセッションモビリティの実現, インターネットコンファレンス 2008, 2008年10月23日, 沖縄.
17. K. Nishimura, A. Seki, H. Masaoka, T. Kondo, K. Tashima, S. Kishiba, and R. Aibara, Realizing policy Roaming by cooperating Edge-Mobility and Authentication Systems, 2008 International Symposium on Applications and The Internet (SAINT2008) 28 Jul-1 Aug, 2008, Turku, Finland.
18. 森廣, 島中, 前田, 井上, 相原, 岸場, 移動透過アーキテクチャ MAT のスケーラビリティに関する評価, 電子情報通信学会技術報告 IA2008-10(2008-5), 2008年5月30日, 東京.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

相原 玲二 (AIBARA REIJI)
広島大学・情報メディア教育研究センター・教授
研究者番号: 50184023

(2) 研究分担者

岸場 清悟 (KISHIBA SEIGO)
広島大学・情報メディア教育研究センター・助教
研究者番号: 30274137

近堂 徹 (KONDO TOHRU)
広島大学・情報メディア教育研究センター・助教
研究者番号: 90437575

(3) 連携研究者

(4) 研究協力者

西村 浩二 (NISHIMURA KOUJI)
広島大学・情報メディア教育研究センター・教授
研究者番号: 90263673

田島 浩一 (TASHIMA KOICHI)
広島大学・情報メディア教育研究センター

一・助教

研究者番号: 50325205