

研究計画書

移動体通信環境におけるプロセスの移動透過性に関する研究

慶應義塾大学総合政策学部 4 年

自署：_____

学籍番号 79903390

平成 14 年 4 月 29 日

概要

無線通信機器の普及により、移動中に利用される計算機の数が増加しており、今後様々なサービスが移動体計算機を対象に提供される。しかし既存の移動体通信技術は計算機、ネットワーク単位での移動を前提に設計されているため携帯型計算機環境が受ける制約も多い。

本研究計画書では移動体通信環境におけるプロセスの移動透過性の研究について述べる。既存の移動体通信プロトコルが計算機及びネットワーク単位での移動透過性を提供しているのに対し、サービスごとに移動透過性を提供する基盤を構築する。この環境でプロセスが計算機間を自由に移動できる環境を実現する。本研究により、移動体通信環境において個人が所有するリソースを有効に利用できる。よって、今までのように小型デバイスのリソースの制限にとらわれず、新しいサービスが提供できるようになる。

1 背景

Internet Protocol version 6(以後 IPv6) は、より多くの計算機をネットワークに接続するための基盤を提供する。それに伴い計算処理能力に劣る小型デバイスをネットワークに接続させることで新たなサービスを提供生み出すことが可能となった。

また、携帯電話や IEEE802.11b 等の無線デバイスの普及は移動しながら通信を行える環境を、PDA などの小型デバイスのような利用者と共に移動する計算機に提供する。

このような多数の小型デバイスが移動しながらネットワークにつながる環境を移動体通信環境と呼び、今後様々なサービスが提供されることが予想される。移動体通信環境では、ユーザーのみならず自動車や電車のような交通機関を常時ネットワークに接続させることで情報化において新たな価値を産む。

様々な計算機がネットワークに接続され、利用者と共に移動することによって今まで処理能力が高い計算機にのみ提供されていたサービスと同等のものを小型デバイスにて移動しながら利用できる環境の構築が現在望まれている。

PDA など、処理能力が低い計算機で多様なサー

ビスを利用可能にするためには個人又は組織が所有している計算機資源(以後リソース)を有効に利用できる環境の構築が必要である。しかし既存の移動体通信プロトコルは計算機単位またはネットワーク単位での移動透過性のみ提供するため効率的なリソースの利用には不十分である。リソースを有効に利用するためには、既存の分散処理機構と、移動体通信プロトコルの両方を効率的に利用できる必要がある。

2 これまでの研究活動

2.1 未踏ソフトウェア創造事業

私は学部 2 年次に、「次世代移動体通信支援システムの構築」として平成 12 年度未踏ソフトウェア創造事業 [6] に採択された村井研究室のプロジェクトに参加した。本プロジェクトの目的は MIPv6 の開発及び Voice over IP (VoIP) の開発によるインターネット携帯電話システムの構築である。

本プロジェクトの開発を通じて IPv6 の基礎や移動体通信プロトコルの基礎を学ぶことができた。また、開発時点での MIPv6 の問題点等も見ることができ、学部 3 年次に論文、「移動体通信プロトコル Mobile IPv6 の実用性の検証」を成果物として発表し、平成 13 年度情報処理学会 SIG-ITS 優秀論文賞を受賞した。

2.2 インターネット電車プロジェクト

また、学部3年次より NOKIA-JAPAN の Research Center にてインターネット電車プロジェクトに参加し、動的に IPv6 over IPv4 トンネルを設定する Dynamic Tunnel Configuration Protocol(DTCP)[?] やネットワークに移動透過性を提供する為のプロトコルである Mobile Network(MONET)[?] の開発及び実験に携わった。

本プロジェクトを通じて、計算機に対する移動透過性とは別に、ネットワークに移動透過性を提供する事によって自動車や電車等の交通機関単位での移動透過性の提供の有用性を認識することができた。自動車等にサーバーが組み込まれて移動透過性を提供している世界では頻繁なネットワーク間の移動が予測され、さらに常時起動していることがないことから、今後解決しなければならない制約や問題が多々残っていることを学んだ。

3 本研究が想定する環境

本研究では、図1のように様々なサービスが稼働している小型デバイスが利用者と共に移動する環境を想定する。このような環境で、効率良く個人が所有するリソースをその位置に依存せずに利用できるように技術が移動体通信環境でのサービスの可能性を広げる。

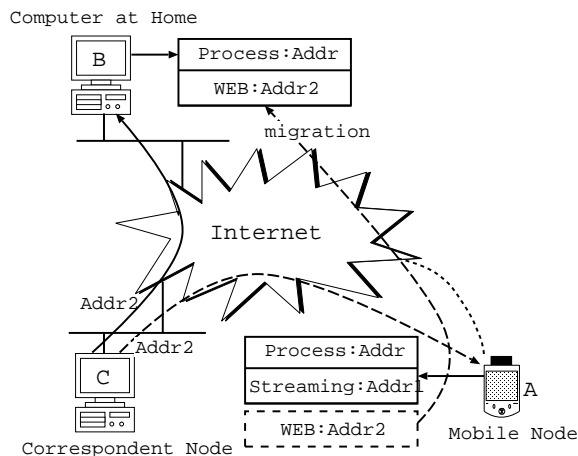


図 1: 想定される環境

例えば、図1中の小型デバイス”A”を利用しながら移動している利用者があるとする。利用者は

小型デバイス上で WEB サーバーを利用して情報発信を行いながら音声通話を利用していたとする。

音声通話のようなデバイスへの負荷が高いサービスを利用している状況では、ネットワークの帯域や計算処理能力を少しでも有効に利用しなければならない。よってこの場合、WEB サーバーを利用可能な他の計算機”B”に移動させることによって小型デバイスへの負荷を軽減する。これは、音声通話の品質を WEB サーバーを同時に稼働させていた場合よりも良好に保てる等の利点がある。

また、移動後の WEB サーバーも同一のアドレス”Addr2”にて到達性が提供されるため第3者の通信相手”C”は全く影響を受けない。

このように本研究では移動体通信環境において全ての計算機が稼働させているサービスを自由に移動させることができる環境を想定する。サービスを移動させ、一意のアドレスにて特定可能にすることで移動体通信環境にてリソースを有効利用するための基盤が提供される。

4 対象とする移動体の定義

想定する環境では、サービスの移動及び移動透過性が提供される事が必要である。本研究では、計算機よりも小さな単位として「プロセス」に対する移動と移動透過性を実現することによって想定される環境を提供することを目的とする。

ここでのプロセスとは、システム上にてサービスを提供しているアプリケーション等を実行したものであり、プロセスに関する全ての情報を含む。

プロセスに関する情報は、UNIX のシステムを例に考えれば場合以下のようなものが挙げられる。

- 全てのステータス：
全てのステータスとは、OS が管理しているプロセスの状態に関する情報を指す。
- 全てのネットワーク情報：
ネットワークを利用して通信を行う際に必要なセッション情報やプロトコル制御情報等を指す。
- 全てのソケット入出力情報：
プロセスがファイル等に出力する際に利用するファイル指示子等に関する情報を指す。

5 解決しなければならない問題

本研究が想定する移動体通信環境は、現在の移動体通信技術では実現することができない。以下

に現在の移動体通信環境に不足している点を述べる。

5.1 計算機単位での移動透過性

既存の移動体通信プロトコルでは、移動体計算機または移動体ネットワークを一意のアドレスにて通信可能にするが、サービスは一意のアドレスにて通信可能ではない。

そのため、様々なサービスを稼働させている小型デバイスのリソースの限界は、利用者が移動時に利用できるサービスの種類または数に直接影響する。

これは、小型デバイスのリソースに依存している既存の移動体通信環境におけるサービスの提供手法に問題がある。リソースは個人が所有しているものであれば場所、計算機に関係なく利用できるものとして扱える必要がある。また、これらは場所や計算機を移動した際に通信が途絶えてしまうため、常に一意のアドレスで通信が行える必要がある。

5.2 稼働させるサービスに対するセキュリティ

自由にプロセスを移動させて提供することによって、移動中の小型デバイスでも様々なサービスが利用できる環境において、セキュリティは必須である。

既存の移動体通信プロトコル及びプロセス移動機構は、以下の点においてセキュリティ機構が欠けている。

- 一意のアドレスに対応付けられているサービスが正当なものかを認証
- サービスの処理を依頼している計算機が正当な利用者であるかを認証
- サービスの移動先の計算機が正当なものであるかを認証

これらに対してセキュリティ機構を確立しなければ、不当な利用者にリソースを悪用される危険が伴ってしまうため、想定している環境の実現にとって不可欠である。

6 関連研究とその問題点

既存の先行研究では、上記のような解決しなければならない問題が発生する。ここでは、なぜ現

在の技術でサービスに対する移動透過性が実現できないのかについて具体的に述べる。

6.1 移動体通信プロトコルの研究

ここでは、Internet Engineering Task Force (IETF) にて標準化が進められている移動体通信プロトコルである Mobile IPv6 とその応用としてネットワークに対する移動透過性を提供するためのプロトコルである Mobile Network に関して概要を述べ、想定される環境の実現の際に発生する問題点を整理する。

6.1.1 Mobile IPv6, Mobile Network

Mobile IPv6(以後 MIPv6)[2] 及び Mobile Network(以後 MONET)[?] は移動体計算機及び移動体ネットワークに対して一意の識別子を与え、その識別子にて通信を行わせることによってそれぞれに移動透過性を提供するための技術である。

これらの技術により移動体に対して以下のような事柄の実現が可能となった。ここでの移動体とは移動体計算機や移動体ネットワークを指すこととする。

- 移動体との通信を一意的な識別子を用いて行うこと (着信可能性)
- 移動体が常時安定してインターネットに接続し、通信を行うこと (常時接続性)
- アプリケーションから移動を隠蔽すること (移動透過性)

これらの成果により、移動体を特定することができない問題及び移動中に通信が遮断される問題が解決された。

6.1.2 これらのプロトコルにおける問題点

しかし、既存の移動体通信プロトコルは同一の識別子を用いた計算機間の移動を隠蔽することはできない。

MIPv6 による一意の識別子と実際のアドレスの対応を更新した場合、計算機が異なっても着信可能性は提供できる。しかし、計算機が保持しているセッション情報等を移動させることができないため、着信することはできても通信を継続させることができないからである。

これは、MIPv6 が対象としている IP 層では無くより上の層での問題なため困難である。現時点でも様々な解決へのアプローチが取られているが

いずれもアプリケーションに変更を加える必要があったりと不便である。

6.2 プロセスの移動に関する研究

6.2.1 Process Migration

現在 Process Migration の主な実装は、仮想計算機を利用し異なった OS 上でもプロセスの移動を実現する。

仮想計算機を用いることによってプロセスを実 kernel 空間から隔離し、その上でプロセスを実行する。移動の際には仮想空間上のプロセスに関する情報を移動させることによって他の計算機上でも継続して実行可能にする。

6.2.2 Mobile Agent

また、移動体通信環境において通信状況の悪化などでサービスが提供できなくなることにに対する解決策として提案されている Process Migration の一種を Mobile Agent という。

Mobile Agent は動的に移動先を決め、移動することにより非同期処理や並列処理による計算機資源の有効利用を促す。また、接続性を失った場合でも単体で処理を継続することができるため通信が再開された時に処理結果だけを送信することも可能である。

6.2.3 プロセス移動機構における問題点

既存のプロセスの移動では、セッション情報等も同時に移動させることによって通信を継続させながら移動することが可能である。しかし、移動後のプロセスは一意のアドレスで着信可能ではないため新たな通信相手に対して一意のアドレスでの到達性を提供しない。

また、Mobile Agent に関しては独自の機構を利用しなければ Mobile Agent によって提供されているサービスの検知を行うことができない。このように Mobile Agent モデルでは、移動後 Mobile Agent に対する一意のアドレスでの到達性に欠けるため具体的な用途がなく普及に至っていない。

7 移動体通信環境におけるプロセスの移動支援システムの提案

本研究では、既存の移動体通信プロトコル及びプロセス移動機構の問題点を解決し、プロセス単位での移動透過性及び着信可能性を提供するシステムを構築する。

本システムを利用することにより、利用者は自由にプロセスを移動させることが可能となる。プロセスを自由に移動させ、移動に関係なく一意のアドレスで通信を継続可能とすることにより、これまでになくリソースの利用方法を実現する。

7.1 システム概要

本研究では、プロセスを IP アドレスで識別可能にすることで既存の移動体通信プロトコル及びプロセス移動機構の問題点を解決する。

プロセスに IP アドレスを付加することによって既存の移動体通信プロトコルをプロセスに対して適用できるようになる。これにより、既存の移動体通信プロトコルで実現できなかったサービスごとの移動透過性を実現可能とする。

以下に現在視野に入れている 2 通りの解決手法を述べる。

7.2 新たな仮想計算機システムの提案

既存の仮想計算機の実装に変更を加え、計算機内で実行されている仮想計算機に対して IPv6 ネットワークを提供する。既存の実装でも仮想計算機内に IPv4 における NAT ネットワークを提供しているものがあるが、本研究では global な IPv6 アドレスでパケットを配信する機構を実装する。

また仮想計算機上ではそれぞれのプロセスを 1 ノードとして扱えるよう、IP アドレスを動的に割り振る機構を提供する。

7.3 新たな Binding 管理機構の提案

Binding とは、移動体通信プロトコルが提供する一意のアドレスと実際にネットワークから計算機が取得する IP アドレスの対応を指す。本研究では、移動プロセス機構を支援する形で外部エージェントより一意のアドレスを割り振らせることで疑似的にプロセスが一意の IP アドレスを持って移動しているように見せる。外部エージェントに登録される Binding 情報はプロセスの IP アドレスとプロセスが稼働している計算機が持つアドレスの対応となる。

8 提案モデルの設計・実装に関して

8.1 仮想計算機システムについて

仮想計算機システムでは、仮想計算機に対して global な IPv6 アドレスでの通信を実現するため、

図2のように実行している計算機を1つのネットワークとして捉えることが可能である。

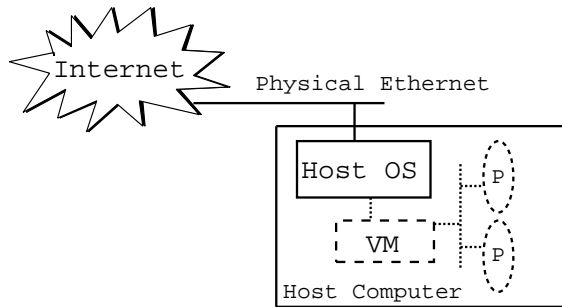


図 2: 仮想計算機によるプロセスの通信モデル

また、プロセスの移動を視野に入れて仮想計算機を設計しなければならない為、仮想のリソースをプロセスに割り振る機構等の実装も重要である。

実装は、アプリケーション層で行う。仮想計算機上に IP 等のプロトコルスタックの実装を行い、MIPv6 等が利用できる枠組の構築を行う。

8.2 Binding 管理機構の場合

Binding 管理機構では、既存の通信モデルに一切変更を加えずにサービスごとの移動透過性及び着信可能性を提供することに主眼を置く。

図3のように、エージェントを利用することでプロセスに対して一意のアドレスを与える。

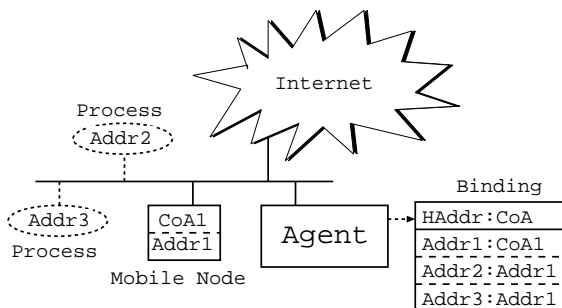


図 3: 仮想計算機によるプロセスの通信モデル

ここで HAddr とは MIPv6 における一意の識別子であり、CoA は計算機がネットワークから取得するアドレスである。

このモデルでは、プロセスはエージェントから計算機に対して与えられている一意のアドレスと

同じネットワークに存在するノードとしてアドレスが割り振られる。

また、プロセスの一意のアドレスに対応する実際のアドレスとして計算機が所有している一意のアドレスを利用することにより計算機の移動を隠蔽することができる。計算機間の移動は、プロセスの一意のアドレスに対応する計算機のアドレスを更新することで着信可能性を提供する。

本機構は既存の MIPv6 と移動プロセス機構を拡張することで実装を行う。

9 解決しなければならない課題

上記の実装内容と同時に、本システムの構築に向けて解決しなければならない課題を以下に述べる。

- リソースの動的検索及び割り当て機構
- ネットワーク接続状態に基づいた動的なプロセス移動管理機構
- セキュリティー機構

10 本システムの利用、応用

10.1 インターネットカー

現在実用化に向けて企業を交えて開発及び実験が行われているインターネットカーが普及した場合を考える。車載サーバー上のサービスはバッテリーの電力に限りがあるため、エンジン停止に伴いサービスも休止させなければならない。

しかし本システムを利用し、エンジン停止前に他の計算機に全てのサービスを移動させることによって車の現在の状態の通知等のサービスを同一のアドレスで提供することができる。

また、インターネットラジオ等を利用していた場合は自宅の計算機に受信していたプロセスを移動させることによって駐車後継続してラジオを聞くことができるようになる。

10.2 分散コンピューティング

プロセスを自由に移動し、一意のアドレスにて識別可能にすることから、今後 Grid Computing[?] のような分散処理環境においても本システムは応用できる。

例えばリソースを必要とする処理を分散処理環境にて行っている際にリソースを要求した計算機が移動してしまった場合等、IP アドレスを分散

環境における識別子とすることで処理結果の到達可能性を提供できる。

また、要求したプロセス自体を移動させることも考えられるためその用途は多岐にわたる。

11 政策・メディア研究科に進学を希望する理由

今後 IPv6 が普及し、我々の日常生活において IPv6 でネットワークに接続されたデバイスが増えて来ることが予想される。また、移動中の利用が増えること明白であることから移動体通信環境における研究が盛んに行われている SFC の環境は必須である。

実利用環境におけるテストを行うことは、本システムの普及には必須である。SFC の村井研究室ではインターネットカープロジェクトが名古屋や横浜で実際にタクシーをインターネットに接続して実験を行っており、本システムを実際にテストするための環境として最適である。

このような理由から、政策・メディア研究科でのさらなる研究を強く希望する。

参考文献

- [1] C. Rigney, A. Rubens, W. Simpson, S. Willens, “Remote Authentication Dial In User Service (RADIUS)”, Request for Comments, April 1997.
- [2] C. Perkins, “IP Mobility Support”, Request for Comments, October 1996.
- [3] Pat R. Calhoun, Charles E. Perkins, “Diameter Mobile IP Extensions”, Internet-Draft, April 2001.
- [4] David B. Johnson, Charles E. Perkins, “Mobility Support in IPv6”, Internet-Draft, 17 November 2000.
- [5] Fumio Teraoka, Masahiro Ishiyama, Keisuke Uehara, Mitsunobu Kunishi, Hiroshi Esaki, “LIN6: Mobility Support in IPv6 based on End-to-End Communication Model”, Internet-Draft, 8 December 2000.
- [6] 平成 12 年度未踏ソフトウェア創造事業, <http://www.ipa.go.jp/NBP/12nendo/12mito/>.