

新しいネットワークサービスを創出する IPv6 エニーキャスト通信アーキテクチャの研究開発 (033107002)

Research and Development on IPv6 Anycast Communication Architecture for Innovation of Future Network Services

村田 正幸 大阪大学 大学院情報科学研究科

Masayuki Murata, Graduate School of Information Science and Technology, Osaka University

阿多 信吾[†] 北村 浩^{††}

Shingo Ata[†] Hiroshi Kitamura^{††}

[†]大阪市立大学 大学院工学研究科

[†]Graduate School of Engineering, Osaka City University

^{††}日本電気株式会社 ソリューション開発研究本部 / ユビキタス基盤開発本部

^{††} Ubiquitous Platform Development Division, Solution Development Laboratories, NEC Corporation

研究期間 平成 15 年度～平成 17 年度

概要

IPv6 アドレス体系で定義されているエニーキャストアドレスを用いた新しいネットワークサービスを創出するためのエニーキャスト通信アーキテクチャを確立し、そのルーティングプロトコルの開発、および標準化への提案を行うことによって、エニーキャスト基盤技術を確立する。その結果、今後ますます増大する情報機器のネットワーク接続に際して、真のプラグアンドプレイ、ネットワークの自動構成 (auto configuration) の提供を可能とする。これにより、ユビキタスネットワークにおけるネットワーク自動構成の実現など IPv6 にふさわしいアプリケーション開発を促進する。

Abstract

In this project we research and develop an anycast communication architecture which enables to create new network services in IPv6 network. Especially, we first make clarifications on terminologies about anycasting, and show applications which are suitable to use anycast. We next design new routing protocols to realize global anycast communications, and also develop a communication architecture to support stateful communications (e.g., TCP/UDP applications) in anycasting. Through contributions from this project, we promote innovation of original network services such as true plug-and-play in IPv6 networks.

1. まえがき

本研究では、IPv6 で定義された新しいアドレス体型であるエニーキャストアドレスを「より使いやすく」することを目標とし、エニーキャスト通信の実現に必要な基盤技術を確立する。

2. 研究内容及び成果

2.1 アプリケーション適用範囲の明確化

すべてのサービス提供にエニーキャストアドレスを用いることは必ずしも最善の方法とはいえない。エニーキャストアドレスを用いる目的は必ずしも既存技術の置き換えではない。本項目では、まずエニーキャストが広く利用されない一つの要因である、エニーキャスト定義の不明瞭性を解決することを目的とし、エニーキャスト関連用語の明確な定義を行った。また、エニーキャストを実現するために必要とされる機能を列挙し、「エニーキャストとはなにか?」「どういう場面で利用できるのか?」という基本的な疑問を解決することを目指し、エニーキャストの仕様から導かれるエニーキャスト独自の機能 (上位層への変更なく経路の最適化が可能、冗長性が容易、アドレス空間を拡張することなくノードの追加が可能など) について説明し、それらを利用したエニーキャスト独自のアプリケーションについて示した。

2.2 エニーキャストを用いた TCP 通信の実現

エニーキャストアドレスを用いた通信では、同一エニーキャストアドレスに対するパケットは必ずしも同一ホストに到達するとは限らない。したがって、エニーキャストアドレスを直接 TCP などのプロトコルで利用することはできない。このような場合、通信開始前にあらかじめエニーキャストアドレスをユニキャストアドレスに変換 (エニーキャストアドレス解決) すれば、同一ホストへの到達性が確保され、TCP 接続を行うことができる。本項目では、エニーキャストアドレス解決を実現する Anycast Address Resolving Protocol (AARP) を設計・開発し、エニーキャストアドレスを用いた通信においても、実際の通信時にはユニキャストアドレスを用いることで、TCP 通信を実現する機構を提案した。さらに、このメカニズムを SOCKS などを用いられる動的ライブラリの手法を用いて実装 (図 1 参照) し、すべてのアプリケーションがソースコード修正をすることなくシームレスにエ

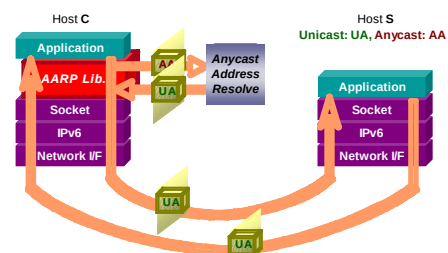


図 1 AARP の概要

ニーキャスト・ユニキャスト通信が行える環境を実現した。

2.3 エニーキャストルーティングプロトコルの設計

本項目では、既存のマルチキャスト・ユニキャストルーティングプロトコルを可能な限り利用し、マルチキャストおよびユニキャストとエニーキャストの相違点より既存プロトコルの修正を行うことでエニーキャストルーティングプロトコルを設計した。ルーティングプロトコルはその情報交換および管理方式にいくつかの種類が存在する。現在広く利用されているルーティングプロトコルの方式は、その方法によって以下の3つに大別される。

- ① ディスタンスベクタ (Distance Vector) 方式
- ② リンクステート (Link State) 方式
- ③ コアベースツリー (Core Based Tree) 方式

本研究では、それぞれの方式にもとづくルーティングプロトコル ARIP (Anycast Routing Information Protocol), AOSPF (Anycast Open Shortest Path First), PIA-SM (Protocol Independent Anycast, Sparse Mode) の設計、および実装を行った。

さらに(1)より実用的、かつ既存の技術を用いて容易に実現可能であること、(2) TCP などのセッション情報を保持する通信に対応できることの2点を目標とし、エニーキャストルータが存在しない環境においてグローバルなエニーキャスト(異なるセグメントに属するエニーキャストノードへの通信)を実現するために、Mobile IPv6 のメカニズムを応用した方法を新たに提案した。発想の原点は全く異なるものの、移動体端末をサポートした Mobile IPv6 とエニーキャストの間にはよく似た特徴が存在することから、双方の類似点、相違点を元に Mobile IPv6 の動作を応用したエニーキャスト通信を新しく提唱した(図2)。

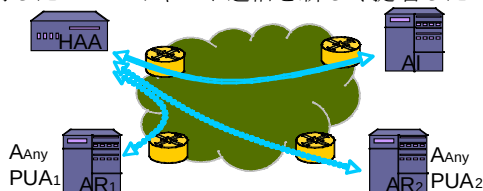


図2 MGA (MIPv6 based Global Anycast)

2.4 エニーキャストルーティングアーキテクチャへの移行モデルの確立

本項目では、まず既存の技術を用いたエニーキャスト通信の導入ストーリーをケーススタディとして列挙したドラフトを作成した。エニーキャスト通信が広く普及していない要因として、「エニーキャスト通信がどの範囲で実用できるかが不明」「エニーキャスト独自のアプリケーションが不明確」と考える。しかし、これらの問題点は「ニワトリと卵」の状態であり、いずれか一方のみを考えれば解決する問題ではない。これら2つの問題点を解決するために、現在の技術だけで実現可能なエニーキャスト通信のストーリーを列挙した。そして、前節のルーティングプロトコルの設計により、すべての環境においてエニーキャスト通信を実現するための仕組みを確立させた。

具体的には、

- ・ 初期段階として既存のネットワークにおいて運用面でのエニーキャストサポート (AARP)
- ・ エンドノードだけで実現する (Mobile IPv6 にもとづくエニーキャスト)
- ・ 少数のエニーキャストルータが存在する場合: PIA-SM
- ・ 多くのエニーキャストルータが存在する場合: ARIP, AOSPF

である。これにより、どの段階においてどのような方法(ル

ーティングプロトコル)を用いてエニーキャストを実現するのがよいかについて明らかにした。

2.5 エニーキャスト技術を用いたアプリケーションの開発

本項目では、エニーキャスト独自のアプリケーションとして、エニーキャストノードの多重化によるストリーミングサービスの信頼性向上について検討した。提案アーキテクチャでは同一セグメント内に同じエニーキャストアドレスを付加したサーバを複数設置し、クライアントからの制御メッセージのうち、セッション開始と損失パケット再送要求に関するメッセージについて、サーバのエニーキャストアドレスを指定して送信する。これにより、サービス中のサーバが突如停止したとしても、エニーキャストアドレスによる再送要求メッセージはその時点で空いている別のサーバに転送され、サービスを継続させることができる。実験環境による動作検証の結果、サービス提供中(ストリーミング配信中)にサーバが停止した場合、従来ではサービスが一旦停止することになるが、エニーキャストアドレスを用いた提案手法の場合、サーバが停止した段階で再送要求パケットがエニーキャストによって代替サーバへと配信され、サービスがとぎれることなく別サーバによるサービス維持が可能であることを明らかにした。

3. むすび

本研究では、エニーキャスト実現のためのプロトコル、通信アーキテクチャの整備を行ってきた。また、エニーキャストを使ったアプリケーションでは容易に耐障害性を向上させ、信頼性の高い通信が実現できることを示した。

【国際標準提案リスト】

- [1] Shingo Ata, Hiroshi Kitamura and Masayuki Murata, "A protocol for anycast address resolving," Internet Draft draft-ata-ipv6-anycast-resolving-04.txt, January 2006.
- [2] Masakazu Hashimoto, Shingo Ata, Hiroshi Kitamura and Masayuki Murata, "IPv6 Anycast Terminology Definition," Internet Draft, draft-doi-ipv6-anycast-func-term-05, January 2006.
- [3] Shingo Ata, Masakazu Hashimoto, Hiroshi Kitamura, and Masayuki Murata, "MIPv6-based Global Anycasting," Internet Draft draft-ata-anycast-mip6-02.txt, January 2006.

【参加国際標準会議リスト】

- [1] 第63回 IETF (パリ、平成17年8月)
- [2] 第64回 IETF (バンクーバー、平成17年11月)
- [3] 第65回 IETF (ダラス、平成18年3月)

【誌上発表リスト】

- [1] Satoshi Doi, Shingo Ata, Hiroshi Kitamura and Masayuki Murata, "IPv6 Anycast for Simple and Effective Communications," *IEEE Communications Magazine*, vol.42, no. 5, pp. 163-171, May 2004.
- [2] Satoshi Doi, Shingo Ata, Hiroshi Kitamura and Masayuki Murata, "Design and implementation of routing protocols for IPv6 global anycast communications," to appear in *International Journal on Internet Protocol Technology*, 2006.
- [3] Masakazu Hashimoto, Shingo Ata, Hiroshi Kitamura and Masayuki Murata, "Making practical use of IPv6 anycasting: Mobile IPv6 based approach," in *Symposium on Applications and the Internet*, (Phoenix, AZ), pp. 307-315, January 2006.

【ホームページによる情報提供】

<http://anycast.anarg.jp/>

メーリングリスト anycast@anarg.jp