

IPv6 エニーキャストを用いた サーバ探索の一手法

梶 田 真 吾*, 趙 悦

(平成19年 9月20日受理)

A Method Searching a Server by Anycast in the Environment of IPv6

Shingo KAJITA and Yue ZHAO
(Received September 20, 2007)

This paper addresses the issue of server searching in the environment of IPv6 by using Anycast. An Anycast address is used to provide a service with two or more servers in the environment of IPv6 internetworks. It allows clients to send a packet of data to the Anycast address to communicate with one of the servers in addition, the internetwork is responsible for providing the best effort delivery of the packet to at least one - and preferably only one - of the servers that accepts the packet from the Anycast address. However there are a lot of problems in the implementation of Anycast in the internetwork. In this paper, in order to solve these problems, we propose a method of searching for a server, and discuss potential applications of this method.

Keyword : IPv6, Anycast, UDP

エニーキャストアドレスは、特定の機能（サービス）に割り当てられるアドレスであり、同一のサービスを提供する複数のサーバに同一のエニーキャストアドレスを割り当てることで、クライアント側は、エニーキャストアドレスを指定すれば、複数のサーバから適切な一台のサーバと通信を行うことができる。しかし、エニーキャスト通信は、実際の実装、実現方法について課題が多く存在する。本稿では、エニーキャストを用いたサーバ探索の一実現手法として、エニーキャストアドレスを割り当てるサービスをアドレス解決、付加情報の取得に利用し、実際のサービスとは切り離して実現する手法を提案する。

* 広島国際学院大学大学院工学研究科 修士課程

1. はじめに

IPv6 (Internet Protocol Version6) は主に IPv4 アドレスの枯渇への対策として実用化されている。また、アドレス不足への対策だけではなく、IPsec などのセキュリティに関する機能や、移動端末のサポートを考慮した mobile IPv6 など、様々な機能の強化、追加が行われている。IPv6 エニーキャストは、IPv6 アドレス体系の1つであり、IPv6 の新しい機能である。エニーキャストアドレスは特定の機能（サービス）に割り当てることができるアドレスで、サービスの利用者は、そのサービスがどこで提供されているのかを知らなくても複数の同一サービスを提供しているサーバの内の最適な1つのサーバからサービスを受けることが可能となる。代表的な例として DNS が挙げられる。DNS サービスに既知のエニーキャストアドレスを割り当てておくことで、オペレーティングシステムにあらかじめ設定しておくことが可能になり、ホストごとの設定が不要となる^[1]。

このように、エニーキャストアドレスは様々な可能性を持っているが、その反面、多くの課題を抱えている。例えば、エニーキャストアドレスとユニキャストアドレスの区別ができない、通信中の相手の変更される可能性があり、TCP などのコネクション型のプロトコルでは利用できない、などの問題がある。

本稿では、これらの課題を解消する手法として、エニーキャストアドレスを割り当てるサービスをアドレス解決、付加情報の取得に利用し、エニーキャスト通信の実現、活用する手法を提案する。

2章では、IPv6 アドレス体系の簡単な説明と、エニーキャストアドレスの実装に関する問題点を明確にし、3章では、本手法の実現方法を記述し、4章では、本手法の実験結果を示している。

2. IPv6アドレス体系と、エニーキャストアドレスの実装に関する問題点

エニーキャストアドレスは手法としては確立され理論的には利用可能となっているが、現在、実装段階ではまだまだ数多くの課題があり、実機への実装や、その利用には様々な問題点を解決する必要がある^[3]。

2.1 アドレス体系

IPv6 のアドレス体系には、表1に示すように、ユニキャストアドレス、マルチキャストアドレス、エニーキャストアドレスがある^[4]。

ユニキャストアドレスは指定した唯一のアドレス（例：図1の Unicast B）に届けられる。マルチキャストアドレスは、同一のマルチキャストアドレスグループ（例：図1の Multicast A）の全てに届けられる。エニーキャストアドレスは、経路制御機構によって選ばれたエニーキャストアドレスへ届けられる（例：図1では3台の Anycast A の中から上から2番目の Anycast A が選ばれた）。

表1. IPv6 アドレス体系概要

種 類	概 要
ユニキャストアドレス (Unicast Address)	唯一のアドレスとなり、ユニキャストアドレス宛のパケットは唯一のユニキャストアドレスに届けられる。
マルチキャストアドレス (Multicast Address)	同一アドレスを持つインタフェースが複数存在し、その全てに届けられる。
エニーキャストアドレス (Anycast Address)	同一アドレスを持つインタフェースが複数存在し、最適なインタフェースだけに届けられる。

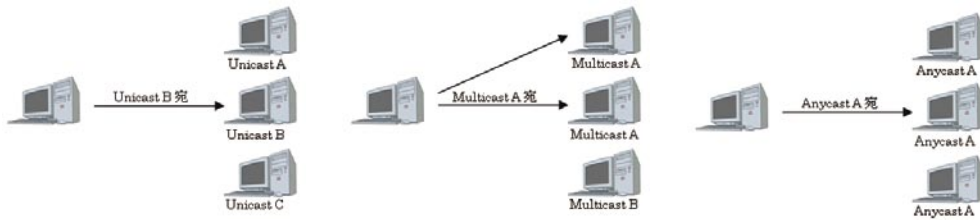


図1 各アドレス体系

2.2 エニーキャストアドレスの実装に関する問題点

問題点として次の3点が挙げられる。

- ① エニーキャストアドレスとユニキャストアドレスの区別がつかない。

エニーキャストアドレスはユニキャストアドレスのアドレス空間を利用して割り当てられるだけでなく、ユニキャストアドレスと同じ構造をとるため、見かけ上は区別できない。

- ② 同一のエニーキャストアドレス宛のパケットが必ずしも同一のホスト（サーバ）に届くとは限らない。

エニーキャストは経路制御機構によって最適な通信相手に接続する。経路制御機構が経路を決定する指針とするのは、回線速度、負荷率、ホップ数などが考えられる。しかし、これらの要素は常に一定であるとは限らず、常に最適な通信相手は変化すると考えられる。従って、固定した相手と通信を行いたい場合は利用できない。

- ③ TCP などのコネクション型プロトコルが利用できない。

②で説明したように、同一の通信相手と常に通信できるわけではない。従って、パケットの返送時にエニーキャストアドレス宛に返送されると、必ずしも送信したホストへと届くとは限らない。このことからエニーキャストアドレスは、送信元アドレスとして利用できない仕様となっている。TCP 通信において、スリーウェイハンドシェイクを行う際も同様の事が言えるので、TCP などのコネクション型のプロトコルや、返送時に何らかの情報を利用する形式の通信は行えない。

3. エニーキャストをサーバ探索に用いた一手法

サーバ探索の一手法として、エニーキャストアドレスをアドレス解決に利用し、サーバ探索に ICMPv6 Echo Request/Reply を利用した AARP が提案されている^[3]。AARP では、ICMPv6 Echo Request パケットの宛先がエニーキャストアドレスである場合、対応するユニキャストアドレスを送信元アドレスとして ICMPv6 Echo Reply を返すという機能を利用している。OS の機能としてエニーキャストアドレスをサーバ探索に利用することで、既存のアプリケーションを変更することなく利用できるという大きな利点がある。

本稿では、エニーキャストアドレスを用いたデータ伝送、チャットシステムなどの特定のサービスにおいて利用する場面を想定し、サーバ探索の一手法を提案する。本手法では、エニーキャストアドレスをサーバ探索に用い、サーバ探索を行う際のパケットを用いて付加情報の取得を行い、その情報を利用することを可能とする。以後サーバ探索や付加情報の取得を行うパケットをサーバ探索 UDP セグメントと呼ぶ。

3.1 エニーキャストアドレスを用いたユニキャストアドレスの取得

2.2に挙げた問題点を解決するために、エニーキャストアドレスの割り当てられた複数のサーバから、エニーキャストアドレスを用いて最適なサーバを選択する。選択されたサーバからクライアントへユニキャストアドレスを渡すことで、エニーキャストアドレスをサーバ探索に利用し、その後の通信はユニキャストアドレスで行う手法を採用する。

大まかな流れは、図2の通りとなる。

- ① エニーキャストサーバ群は同一のサービスを提供するとし、同一のエニーキャストアドレスを割り当てる。
- ② クライアントからエニーキャストアドレス宛にリクエストを送信する。送信されたリクエストは、経路制御機構によって選択されたサーバのみに送信される。(図2の丸印)
- ③ リクエストを受け取ったエニーキャストサーバはユニキャストアドレス、付加情報をクライアントへ返す。

サーバの選択方法には、経路制御機構により回線速度やホップ数などを考慮して経路制御を行い、最適なサーバ選択を行う方法と、任意に経路を設定しサーバ選択を行う方法が考えられる。本稿では、経路制御機構によるサーバ選択を行っている。

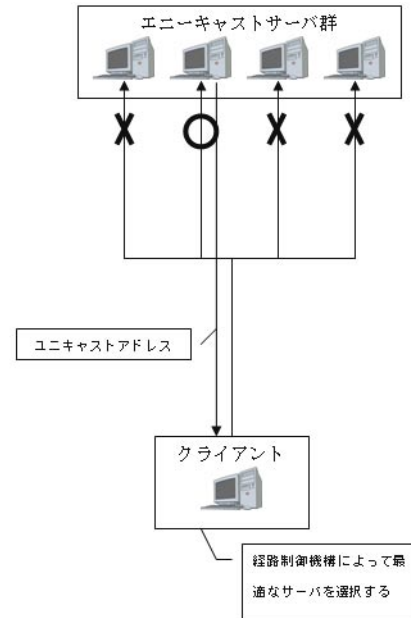


図2 ユニキャストアドレス取得の流れ

3.2 サーバ探索 UDP セグメント

本手法では、サーバ探索時に発生するパケットを活用し、サーバ側から何らかの情報を取得し、その情報をサービスにて活用する手法を提案する。エニーキャストでは、返送される情報を通信に利用するUDPを利用したプロトコル(例: RTP など)などを除けば、UDPを用いて通信を行うことが可能である。既に利用されているDNSや、本稿のサーバ探索もこれを利用している。

その概要は、次の通りとなる。

- ① クライアントからエニーキャストアドレス宛へ、通信するサーバのユニキャストアドレスやその他の付加情報の取得を行うためにリクエスト(探索UDPセグメント)を送信する。3.1で説明したように、経路制御機構により複数のエニーキャストサーバから最適なサーバが選択され、それに探索UDPセグメントが送信される。この際それぞれの特定のサービスにおいて必要であれば、探索UDPセグメントによって、同時にクライアント側の情報をサーバへ通知することができる。
- ② リクエストを受け取ったサーバはリクエストの内容に基づき、ユニキャストアドレス等、必要な情報をクライアントへと送信する。
- ③ 取得した情報をもとに通信を開始する。これ以降は通常のユニキャストアドレスを用いて通信することが可能となる。

4. 実験結果

実装は FreeBSD6.2 RELEASE を搭載した PC をサーバ 3 台、クライアント 2 台を用い、ネットワーク構成は全ての PC がハブを介し接続されている状態とした。

本実験では、アドレス解決を行うプログラムによりアドレス解決が正常に行われること、ネットワークの障害だけでなく、サーバプログラムの障害への対応、アドレス解決時に付加情報取得の可能性を実証することを試みた。

4.1 実機による検証

図 3 のネットワーク構成で実験を行った。まず、それぞれのサーバ A, B, C にエニーキャストアドレスを割り当てる。この状態で、全てのサーバにおいてサーバ探索応答のプログラム、特定のサービスのプログラム（本実験ではメッセージの交換を行うチャットプログラムを使用）を起動させておく。クライアント側は IPv6 ネットワークに対応した環境である。

Any : エニーキャストアドレス

Uni : ユニキャストアドレス

MAC : MAC アドレス

本実験では、エニーキャストアドレスをサーバ探索に利用し、エニー

キャスト通信を実現すること、付加情報の取得が可能であること、サーバプログラムの耐障害性などの確認を、経路制御情報（NDP のエントリ）を用いて行った。

- ① クライアントにて、サーバ探索を開始する。実験環境はローカルなネットワークであるため、経路制御は NDP エントリを参照して行った^[2]。（ルータを介したネットワークでは、各ルーティングプロトコルで解決される）
- ② 経路制御機構により選択されたサーバはリクエストを受け取り、自身のユニキャストアドレスをクライアントへと送信する。以下はその時のクライアント側の NDP エントリの一部となる。

Neighbor	Linklayer Address
fec0:1::222	0:14:2a:a5:fa:97
fec0:1::214:2aff:fea5:fa97	0:14:2a:a5:fa:97
fec0:1::290:27ff:fe35:7fdc	0:90:27:35:7f:dc

エニーキャストアドレス fec0:1::222 がサーバ A の MAC アドレスとマッピングされていることが確認できた。エニーキャストアドレス宛のサーバ探索要求はサーバ A へと渡され、サーバ A は自身のユニキャストアドレスを送信する。ここまででアドレス解決が正常に行われている事、サーバより付加情報の取得が可能である事が確認できた。

- ③ 次にネットワークの障害、サーバプログラムが停止するなどの障害が起こったと仮定する。

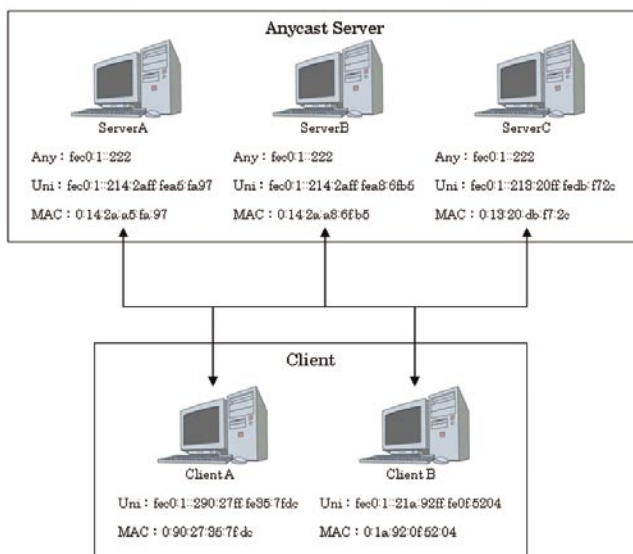


図 3 ネットワーク構成

ネットワークが切断された場合は NDP エントリの更新（再取得や追加，削除など）により，最適なサーバが再度選択される。しかし，ネットワークが正常に稼動していて，サーバプログラムに障害が起こった場合は NDP エントリの更新をしても再度，そのサーバが選択される可能性がある。本実験では，サーバプログラムの起動とエニーキャストアドレスの割り当てを1つの流れと考え，サーバプログラムが終了された場合などはエニーキャストアドレスの割り当てを中止することでサーバプログラムに対する障害に対応した。以下はサーバ A のサーバプログラムに障害が発生した際のクライアント A の NDP エントリの一部となる。

Neighbor	Linklayer Address
fec0:1::222	0:14:2a:a8:6f:b5
fec0:1::214:2aff:fea8:6fb5	0:14:2a:a8:6f:b5
fec0:1::290:27ff:fe35:7fdc	0:90:27:35:7f:dc

新たに NDP によって選択されたサーバ B がエニーキャストアドレスとマッピングされている事が確認できた。これにより，ネットワーク，サーバプログラムの障害への対応が可能である事が確認できた。

- ④ 複数のクライアントがサービスを同時に利用した場合，①～③と類似の実験結果が得られるが，必ずしも同一のサーバを選択するとは限らない。各クライアントの NDP エントリにより決定されるため，クライアントが複数存在する場合，簡易的な負荷分散を実現しながら，正常に通信を行っている。

4.2 考 察

サーバ探索に ICMPv6 Echo Request/Reply を利用した AARP^[3] では，OS の機能としてエニーキャストアドレスをサーバ探索に利用することで，既存のアプリケーションを変更することなく利用できる。本手法では，アプリケーションによりエニーキャストアドレスを用いたサーバ探索を行っているため，既存のアプリケーションを使用することはできない。その反面，アプリケーションにより解決を図っているため，アプリケーションの制御が可能となり，サーバ探索 UDP セグメントによって付加情報の取得や，アプリケーションへ障害が発生した場合の対応が可能となっている。

5. おわりに

本稿では IPv6 エニーキャストを用いたサーバ探索の一手法を提案した。現状のエニーキャストが持つ問題点を解消し，実験により，エニーキャスト通信が可能であること，付加情報の取得，サーバプログラムの耐障害性を示した。また，活用の一手法として，サーバ探索時のパケットの活用を提案した。今後の課題として，サーバ探索 UDP セグメントをどの様な形で利用するのか，また，クライアント側のアプリケーションにおいて，探索時に取得した情報の活用方法の模索，などが挙げられる。

本研究の経費の一部は平成18年度特別研究費より支弁したものである。

参 考 文 献

- [1] C. Partridge, T. Mendez, W. Milliken, "Host Anycasting Service" RFC1546 1993
- [2] T. Narten, IBM, E. Nordmark, Sun Microsystems, W. Simpson, " Neighbor Discovery for IP Version 6 (IPv6)" RFC2461 1998
- [3] 土居 聡, 阿多信吾, 北村 浩, 村田正幸, 宮原秀夫, "IPv6 ネットワークにおけるエニーキャスト通信実現のためのプロトコル設計と実装" 電子情報通信学会技術研究報告, (IN2002-1), pp. 1-6, May 2002
- [4] IRI・ユビキタス研究所, "マスタリング TCP/IP IPv6 編" オーム社, 2005