

## IPv6エニーキャストを活用した アプリケーション開発の試み

崔 光鶴\*, 李 霄峰\*, 趙 悦

(平成21年9月24日受理)

### An Effort on Application Development Utilizing IPv6 Anycast

Guanghe CUI\*, Xufeng LI\* and Yue ZHAO  
(Received September 24, 2009)

Anycast is a new type of communication address system introduced by IPv6. An anycast address is assigned to a specific service which is supported by multiple servers. By using the anycast address, the client communicates with the best server only. The routing protocol for the anycast address system, however, has not been standardized so that its applications in global networks are very limited. This paper addresses the issue of how to utilize anycast in broader areas. First, the possibility of implementation using the existing routing protocols is investigated. Second, a method of problem solving is proposed. Finally, some examples are analyzed. The result shows the effectiveness of the proposed method.

**Keyword** : IPv6, Anycast, Routing Protocol, Global Network

エニーキャストアドレスはIPv6から新しく導入された通信方式である。エニーキャスト通信のために規定されたエニーキャストアドレスは、特定のサービスに対して割り当てられるアドレスであり、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、サービスを提供する複数のサーバのうち最適なサーバと通信することができる。しかし、現状ではエニーキャスト専用のルーティングプロトコルが標準化されておらず、ローカル上での実現は可能であるが、グローバルなエニーキャストサービスの提供は非常に制限されている。本稿では、エニーキャストの応用の視点から、既存のルーティングプロトコルを利用した実装の可能性と問題点を探り、その問題点を解決する方法を提案し、実例で有効性を示す。

\* 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

エニーキャストアドレスは IPv6 から導入された新しいアドレス体系であり、IPv6 の新しい機能である。エニーキャストは特定のサービスを提供する複数のサーバに割り当てることが可能であり、クライアント側はエニーキャストを利用することにより、サーバがグローバル上のどこにあるかを知る必要なく、最適なサーバからサービスを受けることが可能である。例えば、コールセンターにエニーキャストアドレスを指定しておけば、地域制限に偏らずに複数エリアにコールセンターを設置することが可能となり、サービス提供する面において柔軟性を確保することができる。

一方、現状ではユニキャストのルーティングプロトコルである RIPng, OSPFv3 のようなエニーキャスト専用のルーティングプロトコルが標準化されておらず、ローカル上での実現は可能であるが、グローバルなエニーキャストサービスの提供は非常に制限されている。このエニーキャストの新しい考え方の実用化に繋がるものとして、エニーキャストのルーティングの実装と応用に関するさまざまな研究が行われ、若干の成果が上げられている。<sup>1) 2)</sup>

本稿では、エニーキャストの応用の視点から、既存のルーティングプロトコルを利用し、現状のインターネットに簡単に導入できるエニーキャスト通信の可能性と問題点を探り、その問題点を解決する方法を提案する。また、二つの応用例「コールセンター」と「並列ファイル伝送システム」を用いて、その有効性を示す。

以下、2章では、エニーキャストアドレスの概要と問題点について説明する。3章では、本稿で提案するアプリケーションの開発に必要なエニーキャストのルーティングプロトコルの実装、問題点及び解決方法について説明する。4章では、アプリケーション層の実際の応用例について評価と結果を示す。5章では、まとめと今後の課題について述べる。

## 2. エニーキャストの概要と問題点

IPv6 は IPv4 でのアドレス枯渇問題を回避するために開発された新しい通信方式である。アドレスの数がほぼ無限大で、パソコンだけではなく、家電製品でも利用できるようになり、家電の遠距離操作なども可能になる。

IPv6 のアドレス体系には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。(表1)

表1 IPv6 アドレス体系

	通信形態	アドレス空間
ユニキャスト	1 対 1	マルチキャスト以外のアドレス
マルチキャスト	1 対多	FF00::/8 (先頭 8 ビットがすべて 1 のアドレス)
エニーキャスト	1 対 1	グローバルユニキャストと共用

エニーキャストアドレスは新しいアドレス体系であり、アプリケーションの開発時に以下の問題点を持っている。

- ① エニーキャストアドレスはユニキャストアドレス空間から割り当てられているため、見た目ではユニキャストと区別できない。
- ② エニーキャストの通信はクライアントと最適なサーバのみとの通信となっている。ここで言う「最適」とはルーティングのメトリックで計られたものであり、インターネットの環境では常に

変化するので、同一エニーキャストアドレス宛のパケットは必ずしも同一ノードに届くとは限らない。従って、エニーキャストは TCP などのコネクション型双方向通信プロトコルには向いていない。

### 3. 既存のルーティングプロトコルを利用した実装の問題点

本章ではエニーキャスト通信をグローバル上で簡単に利用できる方法と実現のとき起きるエニーキャストの実装の問題点を説明し、その解決方法を提案する。

#### 3.1 エニーキャストの実装

1章で述べたようにエニーキャスト専用のルーティングプロトコルが標準化されていない。そこで、本稿では既存のルーティングプロトコル「RIPng, OSPFv3」をそのまま利用して簡単に現状のインターネットで利用できるルーティング方法を説明する。図1はルーティングの動作概要図である。

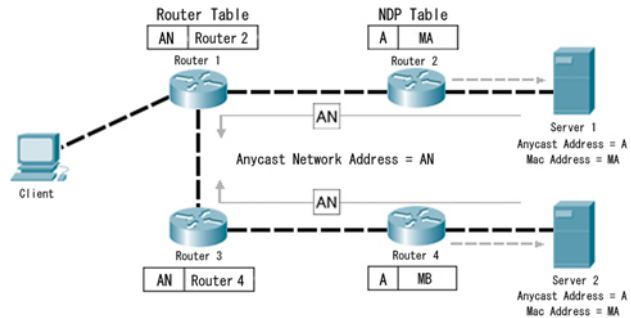


図1 Anycast Routing

##### ① エニーキャストの設定

図1のネットワークにユニキャストでの通信環境が既に設定されており、ルーティングプロトコルにはRIPngあるいはOSPFv3が実装されているとする。Server1とServer2にサービスに対応するエニーキャストアドレスを設定し、Router2とRouter4のサーバ側のインターフェースに同じプレフィックスを持つエニーキャストネットワークアドレスを設定する。

##### ② エニーキャストのルーティング

ユニキャストルーティングと同様にエニーキャストのルーティングも定期的アップデートによって、Router1とRouter3はRouter2とRouter4のエニーキャストネットワーク情報を受信する。2つの経路から来たエニーキャストネットワークアドレス情報はロードバランシングによって最適な経路が決められ、Router1とRouter2のルーティングテーブルに登録される。

##### ③ NDP (Neighbor Discovery Protocol) 「近隣探索プロトコル」

IPv4ではデータリンク層のアドレス解決にARPを使用したがる、IPv6ではデータリンク層のアドレス解決にNDP(近隣探索プロトコル)を使用する。NDPはICMPv6の一部として動作し、リンクローカル内ではしか動作しない。NDPテーブル(ルータのIPv6 Neighborテーブルは定期的に送信する)はすべてのノードに近隣要請パケットを同報し、すべてのノードから近隣通知パケットを受信する。同じエニーキャストアドレスを指定したノードが複数ある場合、最初に届いた近隣通知パケットの送り主を最適なノードと判断し、NDPテーブルに登録する。サーバのローカル側ではこのNDPによってアドレス解決される。

このような設定によって、エニーキャストの最適ルートが決められ、エニーキャスト通信を行うことが可能になる。

#### 3.2 エニーキャストルーティングの問題点

「3.1」のエニーキャストルーティング方法は既存のインターネット上で簡単に導入できるが、問題点もある。例えば、サーバに障害が起きてダウンされた場合とサーバがサービスを提供すること

ができない場合が想定できる。ルータのポートにはまだエニーキャストネットワークアドレスが設定されているので、ネットワーク上にエニーキャストの最適ルートはまだ残っており、クライアントからのエニーキャストパケットが依然としてルータまで送られ、サーバの障害などによって通信ができなくなる。

### 3.3 問題点の解決策

サーバがダウンしたりサービスが提供できなかつたりした場合、ルータのポートに設定されているエニーキャストネットワークアドレスを外せばルーティング制御によって、ネットワーク上の最適ルートが削除されたり、変更されたりして「3.2」の問題点が解決できる。しかし、現在の実験環境では、ルータは自動的にポートのアドレスを外したり指定したりすることができないし、IOSを変更することもできないので、本研究ではサーバに異常があったとき、自動的にルータポートのエニーキャストネットワークアドレスをダウンしたりアップしたりする監視PCを設置してリアルタイムにサーバの状況を把握するルータのシミュレーションで対応している。

## 4. エニーキャストを活用したアプリケーションの開発

本章は、二つの応用例の構築の流れとエニーキャストルーティングの問題点の解決手法および付加情報を追加してサーバ間の連携の手法を説明する。

### 4.1 応用例1「コールセンター」

#### ① 環境

図2は複数エリアに同じサービスを提供するコールセンターを設置し、複数のユーザがユーザごとに最適なコールセンターと通信する環境である。エニーキャストアドレスは「3.1」で説明したように、すべてのコールセンターの端末に同じエニーキャストアドレスを設定し、各コールセンターのルータのサーバ側のポートにもエニーキャストネットワークアドレスを設定する。

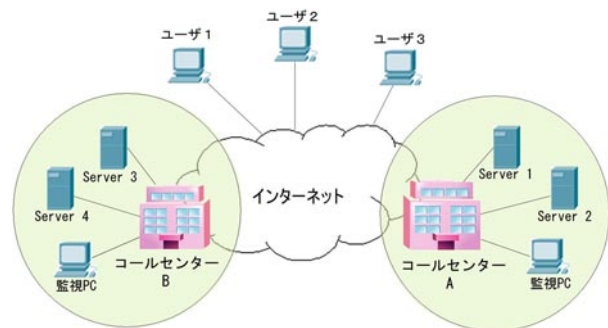


図2 コールセンター

#### ② システム流れ

##### I. サーバ探索と通信の確立

2章でも述べたが、エニーキャストアドレスは通常の双方向通信では使えないので、コールセンターの通常の双方向通信にはユニキャストアドレスを利用する。このユニキャストアドレスは文献 [3] のサーバ探索の手法を利用してコールセンター側の端末のユニキャストアドレスを取得する。ユーザがエニーキャストアドレスを送信先としてコールセンターに Request を送る。Request を受信した最適なコールセンターのサーバは自分のユニキャストアドレスをユーザ側に返す。この一回の送受信でユーザはコールセンターのサーバのユニキャストアドレスを取得することができ、サーバ探索が終了する。

コールセンターのユニキャストアドレスを取得したユーザは、このユニキャストアドレスを用いてコールセンターと通常の双方向通信を開始する。

## II. エニーキャストルーティングの問題点の解決

問題点：コールセンターの端末がダウンされたり、エリア内のすべての端末が通信中で一時的にサービスが提供できなくなったりした場合に、ユーザはほかのエリアのコールセンターと通信を行わなければいけない。しかし、ルータのポートにエニーキャストネットワークアドレスが指定されているため、ルーティングの制御によってインターネット上の最適なルートは変わらない。したがって、この最適なルートを利用するユーザはコールセンターと通信ができなくなるという問題点がある。

解決策：このルーティングの問題を解決するために、本稿ではコールセンターの情報をリアルタイムに管理する監視PCをコールセンターエリアごとに設置する。監視PCの役割は、定期的にエニーキャストアドレス宛に近隣要請メッセージ（Neighbor Solicitation：NS）を送信して、エニーキャストアドレスの到着可能性をチェックする。ユーザと通信中の端末は通常の通信が確立されたときに、自分のエニーキャストアドレスをダウンして、一時的にサービスが提供できないことを知らせる。コールセンターのすべての端末がサービスを提供できないときは、監視PCから近隣要請メッセージを送られても、ローカルネットワーク上にエニーキャストアドレスが無いため、エニーキャストアドレスが到着不可能になる。この場合、監視PCはコールセンターに待機中の端末が無いと認識して、ルータポートのエニーキャストネットワークアドレスをダウンさせて、インターネット上のルーティング情報を削除する。

### 4.2 応用例2「並列ファイル伝送システム」

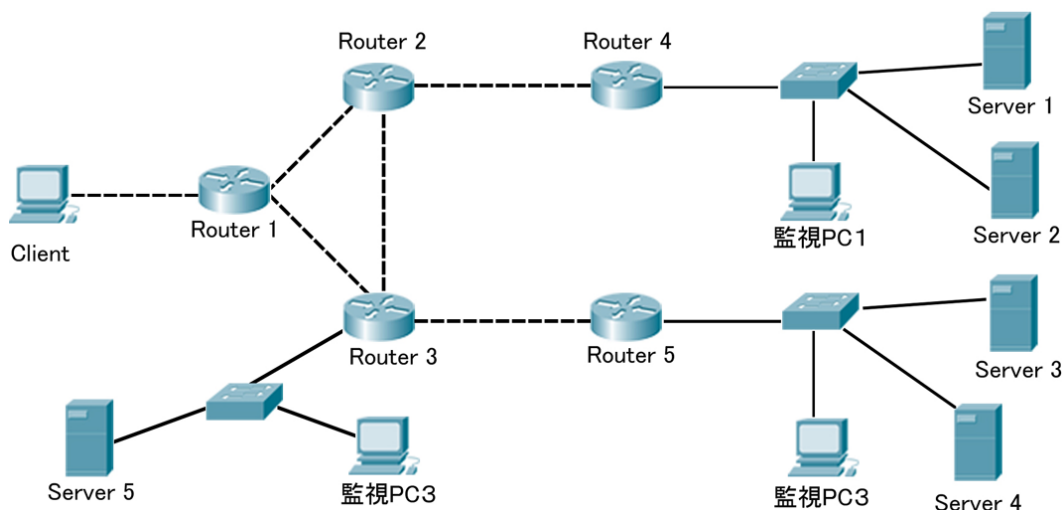


図3 並列ファイル伝送システム

#### ① 概要

応用例2では応用例1で説明したエニーキャストルーティングの問題点の解決手法を使用した上で、付加情報を追加してアプリケーションにより広いサービスを提供するサーバ間の連携の手法を提案しその有効性を示す。

付加情報を追加することによって、クライアント側で以下の機能を実現することが可能となる。

- ・ サーバの状況（負荷など）を把握する。
- ・ 最適なサーバをクライアント側で選ぶ。

- ・ 故障時のサーバの再選択と切換を行う。
- ・ 複数サーバとの同時通信（並列通信）を行う。

図3はサーバ（Server1～Server5）からファイルをダウンロードするネットワークの環境である

## ② システム流れ

サーバがクライアントとIP通信を行う前に、サーバ同士でエニーキャスト通信を行い、すべてのサーバのユニキャストIPアドレスなどの情報を把握する。

### I. サーバ間の連携

サーバが起動されたとき、まずインターネット上に同じサービスを提供するサーバがあるかを確認するため、サーバ探索を行い、サーバの状況に関する情報を交換する。

サーバが起動されるとまず仮サーバモードに入り、エニーキャストアドレスを送信先としてサーバにRequestを送る。返事が無かった場合、インターネット上に同じサービスを提供するサーバが無いと判断されサーバモードに入り、インターフェースにエニーキャストアドレスを指定する。監視PCはエニーキャストアドレスを検知して、ルータポートにエニーキャストネットワークアドレスを設定する。既にインターネット上にサーバが存在しており、そのサーバがRequestを受信した場合、自分が持っているすべてのサーバのユニキャストアドレスなどの情報を仮サーバに返す。これによって、仮サーバはすべてのサーバの最新の情報を持つことができ、ユニキャストアドレスですべてのサーバと通信を行い自分を含めたサーバの最新情報を知らせる。サーバ間の情報交換を完了すると仮サーバはサーバモードに入り、インターフェースにエニーキャストアドレスを設定し、エニーキャストアドレスを検知した監視PCはルータポートにエニーキャストネットワークアドレスを設定する。これでサーバ間の連携が終了する。

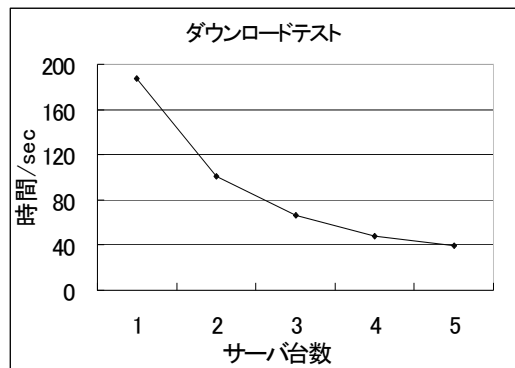
### II. サーバ探索と通信の確立

ユーザ（Client）がエニーキャストアドレスを送信先としてサーバにRequestを送る。Requestを受信したサーバはすべてのサーバのユニキャストアドレスを含めた情報をユーザに返す。これでユーザは同時にすべてのサーバと通信を行うことができ、各サーバの負荷状況なども把握できるので、クライアント側で最適なサーバを選んだり、複数のサーバと同時通信（並列通信）を行ったりすることができる。

## ③ 実験結果

本応用例は、クライアントがエニーキャストを用いて、同じサービスを提供する複数のサーバから同時に一つのファイルをダウンロードする実験を行った。表2はクライアントがサーバ1台から5台までの通信の結果である。ダウンロードしたファイルのサイズは98MB（100000021バイト）である。実験結果から分かるように、複数台との通信は一对一の通信より明らかに早い。

表2



## 5. まとめと今後の課題

本稿では、エニーキャストの応用例を挙げ、エニーキャストサービスをグローバル上での実現の可能性と問題点及びサービスの付加情報の追加について考察した。既存のユニキャストルーティングプロトコルをそのまま利用して、エニーキャストアドレスを現状のインターネットに簡単に導入できるエニーキャストルーティングの方法と問題点を探り、その問題点を解決する方法を提案し、応用例を用いてその可能性と有効性を示した。また、「並列ファイル伝送システム」を用いて、サーバ間の付加情報を取得することによって、より広いサービスを提供するアプリケーションを構築し、その有効性を示した。

本稿で提案したエニーキャストルーティングの方法は、エニーキャストの応用の視点から提案した方法で、監視PCを利用してルータのシミュレーションを行ったものである。これをルータのIOSに組込、ルータとサーバ間での通信プロトコルを開発することによって実現することが今後の課題として挙げられる。

本研究の経費の一部は平成20年度特別研究費より支弁したものである。

## 参 考 文 献

- [1] 松永怜士, 阿多信吾, 北村 浩, 村田正幸, 「IPv6 エニーキャストルーティングプロトコル PIA-SM の設計および実装」, 電子情報通信学会研究報告, IN2004-92, pp.53-58 (2004)
- [2] 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」, 電子情報通信学会研究報告, IN2002-1, pp.1-6 (2002)
- [3] 梶田真吾, 趙 悦, 「IPv6 エニーキャストを用いたサーバ探索の一手法」広島国際学院大学研究報告, 第40巻, pp.23-29 (2007)
- [4] 崔 光鶴, 李 胥峰, 趙 悦, 「IPv6 エニーキャストを活用したアプリケーションの開発」, 電気・情報関連学会中国支部第59回連合大会講演論文集, pp.274 (2008)