

# Mobile IPv6 アーキテクチャにもとづく IPv6 グローバルエニーキャストの実現

橋本 雅和<sup>†</sup> 阿多 信吾<sup>††</sup> 北村 浩<sup>†††</sup> 村田 正幸<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 大阪大学 大学院情報科学研究科 〒 565-0871 大阪府吹田市山田丘 1-5

<sup>††</sup> 大阪市立大学 大学院工学研究科 〒 558-8585 大阪府住吉区杉本 3-3-138

<sup>†††</sup> NEC ソリューション開発研究本部/ 電気通信大学 〒 108-8557 東京都港区芝浦 2-11-5

E-mail: <sup>†</sup>{msk-hasi,murata}@ist.osaka-u.ac.jp, <sup>††</sup>ata@info.eng.osaka-cu.ac.jp, <sup>†††</sup>kitamura@da.jp.nec.com

あらまし IPv6 の持つ新たな機能であるエニーキャストは、同じサービスを提供する複数のサーバに共通の IP アドレスを割り当てて複数のサーバの中から最適なサーバを 1 つ選んで通信する機能であり、その特性から様々な用途が期待されている。特に IP 層でのエニーキャストの実現は、既存のアプリケーションに変更を加えず使用することができるという利点がある。しかし、通信の対象となるノードがインターネット上に広く分散しているという特徴を持つグローバルエニーキャストの実現には、既存の経路制御を大きく変更する必要があり、実現が困難であると思われてきた。そこで本研究では、Mobile IPv6 とグローバルエニーキャストのメカニズムの比較から多くの類似点を見いだして、Mobile IPv6 のメカニズムを応用することによりグローバルエニーキャストを容易に実現できることを発見したので、その手法を報告する。

キーワード エニーキャスト, IPv6, ルーティングプロトコル, Mobile IPv6 (MIPv6), Binding Update

## MIPv6-based Global IPv6 Anycasting Architecture

Masakazu HASHIMOTO<sup>†</sup>, Shingo ATA<sup>††</sup>, Hiroshi KITAMURA<sup>†††</sup>, and Masayuki MURATA<sup>†</sup>

<sup>†</sup> Graduate School of Information Science and Technology, Osaka University  
Yamadaoka 1-5, Suita-shi, Osaka, 565-0871 Japan

<sup>††</sup> Graduate School of Engineering, Osaka City University  
Sugimoto 3-3-138, Sumiyoshi-ku, Osaka, 558-8585 Japan

<sup>†††</sup> Solution Development Laboratories, NEC Corporation / University of Electro-Communications  
(Igarashi Building 4F) Shibaura 2-11-5, Minato-ku, Tokyo, 108-8557 Japan

E-mail: <sup>†</sup>{msk-hasi,murata}@ist.osaka-u.ac.jp, <sup>††</sup>ata@info.eng.osaka-cu.ac.jp, <sup>†††</sup>kitamura@da.jp.nec.com

**Abstract** Anycast is a new IPv6 function in which an anycast address can be assigned to multiple nodes providing the same service. One appropriate node is selected out of nodes assigned the same anycast address. Although various usages of anycast are expected, the use of anycast is quite limited today. One of the reasons is because it is difficult to realize global anycast which requires to change existing routing protocols greatly. In this paper, based on similarities between Mobile IPv6 and global anycast, we propose a new and practical communication architecture to enable global anycast based on MIPv6 functionalities.

**Key words** Anycast, IPv6, Routing Protocol, Mobile IPv6 (MIPv6), Binding Update

### 1. はじめに

エニーキャスト [1] は、IPv6 [2] のもつ新しい機能の一つである。エニーキャストでは、同じサービスを提供する複数のサーバに共通の IP アドレスであるエニーキャストアドレスを割り当て、その複数のサーバの中から通信を開始するノードにとつ

て最適なサーバ 1 つと通信することができる。

IP 層 (すなわちネットワーク層) でエニーキャストを実現すると、既存のサービスに対し、ソースコード等の修正を行うことなく新しい機能を付加することができる利点がある。付加される新しい機能として、

- ネットワーク設定の自動化

- サービス探索
- サーバ停止に対する冗長性の確保

などが挙げられる。

しかし、このように様々な用途が期待されながらも、現状ではエニーキャストはほとんど利用されていない。この理由のひとつとして、エニーキャストアドレスがパケットの送信元アドレスとして使用できないためにセッションを維持した通信ができないという問題がある。特に、現在インターネットで広く利用されている TCP を使用した通信ができないことが、エニーキャストの利用範囲を大幅に制限している。また別の理由として、異なるネットワークに属する複数のノードを対象としたグローバルエニーキャストを実現するための実用的なメカニズムが存在しないことが挙げられる。本稿では、以上の問題点を解決するための新しいグローバルエニーキャストアーキテクチャについて検討を行う。本稿では特に (1) 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点を目標とする。そこで、IPv6 における既存の通信モデルについて検討を行った結果、IPv6 の移動端末向けのプロトコルである Mobile IPv6 (MIPv6) とグローバルエニーキャストにおいて多くの類似点を見いだした。よって本稿では、MIPv6 のメカニズムを応用した、新たなグローバルエニーキャストの実現手法について示す。

以降、2. でエニーキャストの分類と実現手法について述べ、3. で MIPv6 とグローバルエニーキャストの比較をおこなう。次に、4. で提案するグローバルエニーキャストの通信プロトコルについて述べる。そして、最後に 5. でまとめと今後の課題について述べる。

## 2. エニーキャストの分類

本節ではエニーキャストをいくつかの項目に分類し、各項目ごとにその特徴をまとめる。

まず、エニーキャストはエニーキャストパケットを受信するノード (すなわち、同じエニーキャストアドレスが割り当てられたノード) が存在する範囲の違いによって、

- サブネットエニーキャスト
- グローバルエニーキャスト

の二つに分類できる。同一サブネット内のみエニーキャストパケットの受信ノードが存在する場合は、サブネットエニーキャストと呼ばれる (図 1)。これに対し、エニーキャストパケットの受信ノードがインターネット上に広く分散している場合はグローバルエニーキャストと呼ばれる (図 2)。図中の、エニーキャストパケットを送信するノードを AI (Anycast Initiator) と呼び、エニーキャストアドレスが割り当てられ、エニーキャストパケットを受信できるノードを AR (Anycast Responder) と呼ぶ。一般的なサーバ・クライアント通信モデルでは、AI がクライアント、AR がサーバに該当する。本稿で使用するエニーキャストに関連する用語は文献 [3] に従う。本稿では AR がインターネット上に広く分散しているために幅広い用途が期待されるが未だ実用化されていないグローバルエニーキャストのみ

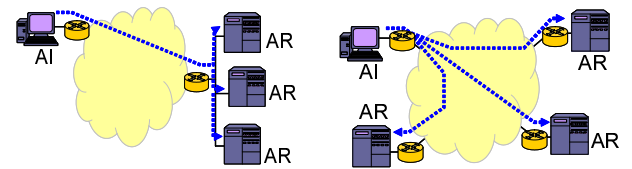


図 1 サブネットエニーキャスト 図 2 グローバルエニーキャスト

扱い、実現が比較的容易であり、既に実現手法が考案されているサブネットエニーキャストは扱わない。

グローバルエニーキャストの実現手法は、

- ルータによる実現
- エンドノードによる実現

の 2通りが考えられる。ルータによる実現は、インターネット上のルータに新たにエニーキャストルーティングプロトコルを実装し、エニーキャストパケットをルーティングするというものである。この手法は、エンドノードで拡張をおこなうことなくエニーキャストが実現可能であるが、そのためにインターネット上のルータにエニーキャストルーティングプロトコルを実装する必要があり、実現が容易ではない。ルータでのグローバルエニーキャストの実現手法は文献 [4] ~ [7] などで提案されている。これらの手法はルータの変更を伴うために実現が容易ではない。一方エンドノードによる実現は、エニーキャスト通信を実現したいエンドノード自身がエニーキャストパケットの転送先を決定するものである。この手法は、ルータに修正を加えることなくエンドノードの変更だけで実現できるが、クライアントである AI がエニーキャストパケットの転送先を決定するためには、あらかじめ AR に関する情報を収集しなければならないという問題がある。そこで本稿では、この問題を解決するために、AI, AR の両エンドノード以外の第三のノードが、一つのエニーキャストアドレスに関する情報を集中的に管理し、エニーキャストパケットを中継するという手法を検討する。すなわち、第三のノードであるエージェントが通信を中継することでエニーキャストを実現するというものである。これにより、ルータの修正を必要とせずグローバルエニーキャストを容易に実現することができるため、実現性に優れている。また、AI はエニーキャストパケットを単にエージェントに転送すればよく、あらかじめ AR の情報を収集する必要がないという利点もある。本稿では、Mobile IPv6 [8] のメカニズムが対象とするグローバルエニーキャストのモデルに類似していることに着目し、MIPv6 に若干の変更を加えるだけでグローバルエニーキャストを実現できると考えた。次節で、MIPv6 とグローバルエニーキャストの類似性を示す。

## 3. MIPv6 とグローバルエニーキャストの比較

本節では、まず MIPv6 のメカニズムを簡単にまとめる。次に MIPv6 とグローバルエニーキャストの類似点と相違点を挙げ、MIPv6 のアーキテクチャを用いることでグローバルエニーキャスト実現における課題点を解決し、容易にグローバルエニーキャストを実現できることを示す。

### 3.1 MIPv6 の概要

図 3 に MIPv6 の動作の概要を示す。MIPv6 では移動端末 (MN)、ホームエージェント (HA)、通信相手 (CN) の 3 種類のノードが存在する。また、HA が存在するネットワークをホームリンクと呼ぶ。さらに、MN にはあらかじめ 2 種類のアドレスが割り当てられており、それぞれ Home Address (HoA)、Care of Address (CoA) と呼ばれる。HoA は MN がホームリンクに接続している場合に与えられるアドレス、CoA は移動先で与えられているアドレスである。MN がホームリンクに存在しない場合 (すなわち移動先に存在する場合)、HA が MN の HoA 宛パケットを受信する。CN のアプリケーションが MN と通信を行いたい場合、宛先アドレスとして MN の HoA を指定する。そして HoA 宛のパケットは HA によって受信される。HA は MN の HoA と CoA に関する対応テーブル BC (Binding Cache) を持っており、HoA 宛のパケットを受信すると、BC から HoA に対応する CoA を取得する。その後、受信パケットをカプセル化し、CoA ヘトンネリング転送する。これにより、最終的に HoA 宛のパケットが MN へ送られることになる。また、MN から CN へのパケットはカプセル化されてリバーストンネリング転送により一度 HA に送られ、HA でカプセル化を解除した後に CN へ転送される。以下の節では、MIPv6 の主要技術であるハンドオーバー時のアドレス情報の管理と通信経路について簡単にまとめる。

#### 3.1.1 ハンドオーバー

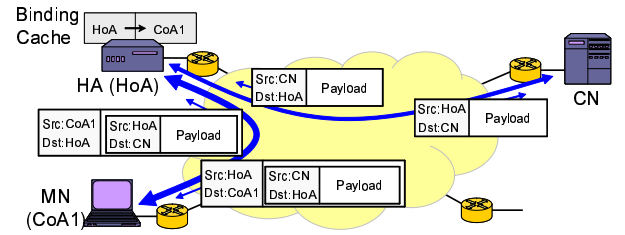
移動端末が、あるネットワークから異なるネットワークに移動することをハンドオーバーという。ここでは、MN がハンドオーバーする時のアドレス情報の扱いを説明する。MN がハンドオーバーしたとき、HoA は変わらないが CoA は変わるため、ハンドオーバー前に使っていた CoA では通信できなくなる。そこで MN は HA に新しい CoA を通達して、HA が持つ Binding Cache (BC) を更新する。この BC の更新作業を Binding Update と呼ぶ。Binding Update を行うことにより、MN がハンドオーバーしても MN と CN の通信は HA の中継により続けられる。例えば図 3(a) に示す状態から MN がハンドオーバーして Binding Update を行うと、図 3(b) に示す状態になる。

#### 3.1.2 通信経路

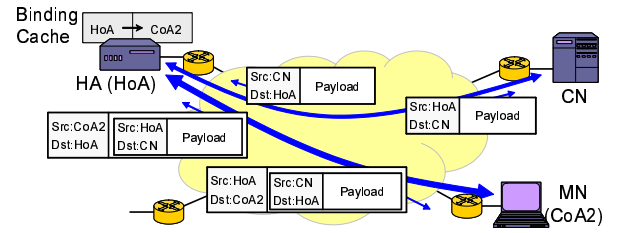
MN と CN が通信するとき、

- HA を経由する通信経路 (図 3(a))
- HA を経由しない通信経路 (図 3(c))

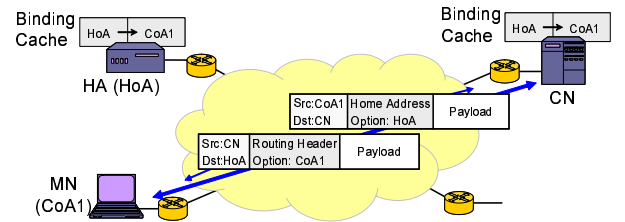
の二通りの通信経路がある。通信開始時は図 3(a) で示すような HA を経由する通信経路が用いられるが、この経路では CN と MN が近くに存在する場合でも CN-MN 間のパケット転送に遠くの HA に迂回して通信するため、直接通信する場合と比較して通信効率が悪い。そこで MIPv6 では、HA を経由した通信が確立した後に CN と MN が直接通信ができるよう経路を切り替える方法が提供されている。これを経路最適化 (Route Optimization) と呼ぶ。図 3(c) に経路最適化後の CN-MN の通信を示す。経路最適化を実現するためには、CN においても BC を持つ必要がある。経路最適化は、HA を経



(a) 経路最適化/ハンドオーバー前



(b) ハンドオーバー後



(c) 経路最適化後

図 3 MN と CN の通信

由した通信が確立し、Return Routability (RR) による認証を行った後、MN から CN に対して BC テーブルの CoA の登録要請 (Binding Update) メッセージを送ることで実現する。Return Routability とは、MN の CoA、HoA アドレス宛のパケットを同時に送信し、それらが同じノードに届くのを確認することで、MN の CoA が正しいことを確認する手法である。Binding Update が完了すると、CN の対応テーブル (BC) に MN の HoA に対する CoA が登録される。以降の通信では、HoA 宛のパケットについては、はじめに BC を参照し、そこに CoA が登録されている場合は、直接パケットの宛先を CoA として送出する。これにより HA を経由することなく CN-MN が直接通信することが可能になる。

### 3.2 類似点と相違点

#### 3.2.1 アドレスの対応情報の管理

MIPv6 では、MN が持つ HoA は固定だが、移動先に応じて CoA が変化する。MN の CoA が変わってもシームレスに通信を続けるために HoA と CoA の対応情報を HA の Binding Cache (BC) で管理している。これに対してグローバルエニーキャストでは、同じエニーキャストアドレスを指定しても状況によりパケットが到達する AR が異なる可能性がある。このこ

とは、エニーキャストアドレスに対応するユニキャストアドレスが状況によって変化することを意味する。このようにノードが2種類のアドレスを持つ点、そしてこのうち1つが固定でありもう1つが状況に応じて変化する点が MIPv6 と極めて似ている。したがって、グローバルエニーキャストを実現する場合、MIPv6 における HA の機能を活用できると考えられる。

### 3.2.2 送信元アドレスの制約

MIPv6 では、MN がホームリンク以外のネットワークに存在する場合は、MN から送るパケットの送信元アドレスとして HoA を使用できないという制約がある。これは、MN の移動先のネットワークにおいて HoA は外部のネットワークプレフィックスを持つアドレスであるという理由による。このため、経路最適化をしていない場合にはトンネリング機能を用い、経路最適化の場合には、MN から CN に送られるパケットの送信元アドレスを CoA とし、IPv6 の宛先オプションの一つであるホームアドレスオプションによって本来の送信元である HoA を指定することで、この制約を解決している。これらにより、セッションを維持した通信も可能となっている。

これに対しグローバルエニーキャストでは、パケットの送信元アドレスとしてエニーキャストアドレスを用いることができないという MIPv6 と類似した制約を持つ。そこで、提案アーキテクチャでも MIPv6 と同様、トンネリングと宛先オプションを使用する。

### 3.2.3 セッションの維持

以上のように、エニーキャストアドレスに起因する制約に関しては MIPv6 との類似性より MIPv6 のメカニズムを応用することが可能である。しかしながら、MIPv6 とグローバルエニーキャストには決定的に異なる点が存在する。それは Binding Update が発生する要因である。MIPv6 では Binding Update は MN が異なるネットワークに移動したタイミングで発生する。すなわち、Binding Update によって CoA が更新されたとしても、通信相手である MN 自体は同じノードである。これに対し、グローバルエニーキャストで Binding Update と同様のイベントが発生するのは、異なる複数の AR が選択候補となる場合である。すなわち、エージェントにおいてエニーキャストアドレスに対応するユニキャストアドレスが更新されるということは、通信相手のノード自体が変更されるということの意味する。これにより、トンネリングによるエージェントを経由した通信におけるセッションが切れる。つまり、エージェントを経由するモデルで TCP などの通信をおこなっている途中にアドレス対応テーブルの更新が発生すると、以降のパケットは異なるユニキャストアドレス宛に転送されることになり、TCP のコネクションが破壊される。以上より、グローバルエニーキャストにおいてはセッション中のテーブル更新は行われないことが必須となる。

この問題を解決するため、提案アーキテクチャでは MIPv6 ではオプションであった経路最適化機能を必須とし、エージェントを経由する通信は1ラウンドトリップで終了する通信、あるいはセッションの最初の往復パケットに限定する。セッション型の通信を行う場合は、セッション確立前に経路最適化を行

表 1 MIPv6 と提案アーキテクチャの対応

MIPv6	提案アーキテクチャ
ノード	
Mobile Node (MN)	Anycast Responder (AR)
Correspondent Node (CN)	Anycast Initiator (AI)
Home Agent (HA)	Home Anycast Responder (HAR)
アドレス	
Home Address (HoA)	Anycast Address (AA)
Care of Address (CoA)	Peer Unicast Address (PUA)
その他	
Binding Cache (BC)	Anycast Binding Cache (ABC)
Binding Update (BU)	Anycast Binding Update (ABU)
Home Address Option	Anycast Address Option

い、それ以降は AI-AR が直接通信を行わなければならないものとする。

## 4. MIPv6 アーキテクチャにもとづくグローバルエニーキャストのアーキテクチャ

本節では、前節で述べた MIPv6 とグローバルエニーキャストの類似性および相違性を利用し、MIPv6 のアーキテクチャにもとづいたグローバルエニーキャスト通信プロトコルを設計する。まず、提案するアーキテクチャの概要について説明し、次に MIPv6 に対する修正の必要性にもとづいた2種類の通信モデルについて述べる。

### 4.1 MIPv6 と提案アーキテクチャの対応

MIPv6 でのノードやアドレスが、提案アーキテクチャの何に対応するかを説明する。表 1 に各用語の対応をまとめたものを示す。

#### 4.1.1 ノード

MIPv6 で扱われるノードとして

- Mobile Node (MN)
- Correspondent Node (CN)
- Home Agent (HA)

がある。MIPv6 での移動端末 Mobile Node (MN) が、エニーキャストアドレスを割り当てられたノードである Anycast Responder (AR) に該当する。また、MN の通信相手 Correspondent Node (CN) が、提案アーキテクチャではエニーキャストパケットを送って通信を開始するノードである Anycast Initiator (AI) に該当する。MIPv6 での通信では MN がクライアント、CN がサーバの役割である場合が多いのだが、一方エニーキャストでは AI がクライアント、AR がサーバであることが多い。また、MIPv6 で通信を中継する Home Agent (HA) は、Home Anycast Responder (HAR) に該当する。

#### 4.1.2 アドレス

すでに述べたとおり MIPv6 では2種類のアドレスがあり、それぞれ

- Home Address (HoA)
- Care of Address (CoA)

とよばれている。MN の位置によらず常に不変のアドレスである Home Address (HoA) が、エニーキャストアドレス (Anycast

Address: AA) に該当する。また, MN の位置に依存したアドレスである Care of Address (CoA) が, AR ごとに異なるユニキャストアドレスである, ピアユニキャストアドレス (Peer Unicast Address :PUA) に該当する。

#### 4.1.3 その他の対応

MIPv6 では, その他に

- Binding Cache (BC)
- Binding Update (BU)
- Home Address Option

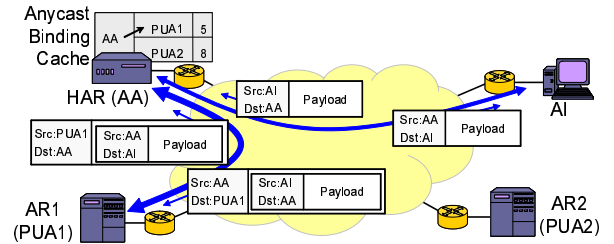
などがある。HoA と CoA の対応情報を保持するテーブルである Binding Cache に対応するものとして, エニーキャストアドレスとピアユニキャストアドレスの対応情報を保持する Anycast Binding Cache を定義する。また, Binding Cache を更新する Binding Update に対応するメッセージを Anycast Binding Update と定義する。さらに, IPv6 で定義されている宛先オプションの一つである Home Address Option は, 提案アーキテクチャでは新しく定義した宛先オプションである Anycast Address Option に該当する。

#### 4.2 提案アーキテクチャの概要

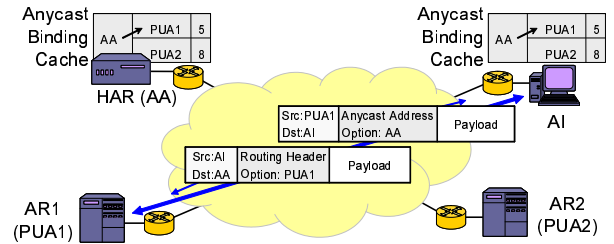
エニーキャストでは, 特定のサービスに付けられたエニーキャストアドレス宛のパケットを受信できる AR は複数存在する可能性があり, エニーキャストのサービスを受ける AI は状況に応じて最適な AR と通信することになる。AI が指定するのは AR が持つピアユニキャストアドレスではなくエニーキャストアドレスなので, どこかでエニーキャストアドレスとピアユニキャストアドレスを対応付ける必要がある。そこで, MIPv6 のメカニズムを参考にし, エニーキャストアドレスとピアユニキャストアドレスの対応情報である Anycast Binding Cache を Home Anycast Responder (HAR) で管理する。図 4 に提案アーキテクチャの動作の概要を示す。

エニーキャストアドレスはユニキャストアドレス空間より与えられるため, エニーキャストパケットはユニキャストルーティングによって転送される。よって, HAR が属するサブネットのプレフィックスを持つエニーキャストアドレスを宛先に持つパケットは, ユニキャストルーティングによって HAR が属するサブネットまで届けられる。HAR はそのパケットを受信し, Anycast Binding Cache にもとづいて受け取ったパケットを最適な AR へとトンネリング転送する。AR から AI にパケットを送るときは, リバーストンネリング機能を使って同様に HAR を経由して転送される。

エンド間でセッション情報を持たない通信や 1 ラウンドトリップで完了する通信などは HAR を経由する通信でも問題は発生しない。しかし TCP などのセッション型通信では, 前節で述べたとおり Anycast Binding Update により HAR の Anycast Binding Cache の変更が発生した場合, セッションが途中で破壊されることになる。したがって, このような通信においては速やかに AI と AR が HAR を経由せずに直接通信できるよう設定しなければならない。提案アーキテクチャではこれをテーブル固定 (Table Fix) と呼ぶ。例えば図 4(a) に示す状態でテーブル固定を行うと, 図 4(b) に示す状態になる。



(a) AR1 と通信



(b) テーブル固定後

図 4 AI と AR の通信

テーブル固定は MIPv6 の経路最適化とほぼ同様のしくみにより実現可能である。具体的には, エニーキャストパケットを AR が受信した段階で送信元に記述された AI のアドレスに対して Return Routability テストを行う。テストが完了し, AI が AR を正当な受信ノードと判断した段階で AR が AI に対して Anycast Binding Update を送信する。AR からの Anycast Binding Update を受信した AI は, 自身の Anycast Binding Cache を更新する。以降の通信は AR のピアユニキャストアドレスを用いて行われる。その際 MIPv6 と同様, Anycast Address Option を使用し, 本来用いていたエニーキャストアドレスも指定する。

#### 4.3 通信モデル

提案するグローバルエニーキャストでは, MIPv6 への修正の必要の有無により二つの通信モデルを考える。一つ目は MIPv6 のメカニズムのみを用いて実現できるベーシックモデル, そして二つ目は MIPv6 のメカニズムにさらに新たなプロトコルを追加して実現するアドバンスドモデルである。これらの二つの通信モデルについて詳しく説明する。

##### 4.3.1 ベーシックモデル

まず, MIPv6 のみを用いて実現できるグローバルエニーキャストのモデルを示す。ここでは HAR, AR, AI は MIPv6 のノードとして振る舞い, グローバルエニーキャスト独自のプロトコルは用いないとする。別の見方をすれば, このモデルでは HAR, AR, AI は MIPv6 のメカニズムさえ備えていれば, グローバルエニーキャストのサービスを提供することができるということになる。

このモデルではグローバルエニーキャスト独自のプロトコルは用いないので, Anycast Binding Update として MIPv6 の



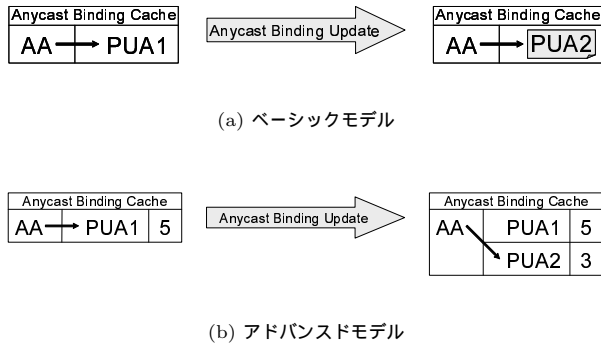


図 5 Anycast Binding Cache の更新

Binding Update と同じものを用い、Anycast Binding Cache として MIPv6 の Binding Cache と同じものを用いる。図 5(a) に Anycast Binding Update をおこなった時の Anycast Binding Cache の更新の様子を示す。AR からの Anycast Binding Update を受けた HAR は、保持している Anycast Binding Cache を書き換える。このとき、HAR の持っている Anycast Binding Cache は MIPv6 と同様、一つのエニーキャストアドレスに対し一つのピアユニキャストアドレスしか対応できない。このため、Anycast Binding Cache は Anycast Binding Update によって単純に上書きされ、最後に Anycast Binding Update を行った AR が最適な AR として HAR の Anycast Binding Cache に記録されることになる。

このモデルの最大の長所は、新たにプロトコルを定めなくとも 現行の MIPv6 に対応しているだけでグローバルエニーキャストが利用可能であるという点である。ただし、HAR が同時に単一の AR しか扱えず、最後に Binding Update を行った AR が自動的に最適なノードとして選ばれるため、同時に複数のエニーキャストパケットが到着してもそれらを複数の AR に分散させることはできない。また、AI ごとに最適な AR を決定するといった柔軟な転送ができないなどの問題もある。

#### 4.3.2 アドバンスドモデル

次に、HAR と AR に MIPv6 以外の新たなプロトコルを実装してグローバルエニーキャストを実現するモデルを示す。

このモデルでは、HAR の Anycast Binding Cache はベーシックモデルの 1 対 1 ではなく、1 対多のアドレス保持をサポートする。すなわち、単一のエニーキャストアドレスに対して複数のピアユニキャストアドレスを保持できる。また、Binding Update を拡張した Anycast Binding Update には、HAR において AR を選択するための基準となる情報を各 AR が通知するためのフィールドを追加する。図 5(b) に Anycast Binding Update をおこなった時の Anycast Binding Cache の更新の様子を示す。ベーシックモデルではエニーキャストアドレスに対応する Anycast Binding Update が HAR に届くと、Anycast Binding Cache 中の該当エントリを上書きするのに対し、アドバンスドモデルでは当該エニーキャストアドレスのピアユニキャストアドレスとして Anycast Binding Update に記述されたアドレスを追加することになる。これにより HAR はより柔

軟な AR への転送を行うことが可能になる。

#### 4.3.3 MIPv6 の性質による制約

提案アーキテクチャでは、MIPv6 のメカニズムを利用するため、MIPv6 の課題点も引き継いでいる。その一例として HAR へのトラフィック集中がある。提案アーキテクチャでは、テーブル固定を行うまでのトラフィックは全て HAR を一度通過する。これは HAR への負荷集中を引き起こし、さらには HAR が故障した場合にエニーキャストのサービスが使用できなくなる。これについては、複数の HAR を分散配置する方法などが考えられるが、AR に関する情報の同期など解決すべき問題があり、今後の課題である。

### 5. まとめと今後の課題

本稿では、グローバルエニーキャストと Mobile IPv6 のメカニズムの類似性を示し、Mobile IPv6 のメカニズムを応用することによりグローバルエニーキャストを容易に実現する手法を提案した。今後の課題として、提案アーキテクチャの実機への実装と評価が挙げられる。また、AR が出す Anycast Binding Update を適切に認証する必要があるが、エニーキャストでは不特定多数のノードが通信対象となるため、特定の移動端末だけと通信する MIPv6 に比べて認証が困難になる。本稿では Anycast Binding Update を認証する手法については検討していないため、今後検討する必要がある。さらに、MIPv6 では MN は移動するものの常に単一ノードであるのに対して、エニーキャストでは同時に複数の AR が存在し、複数の AR の中から状況によって一つの AR が選ばれる。よって、エニーキャストでは実際に通信する AR を一つ選び出す手法が必要となる。本稿では AR を選び出す手法については検討していない。これらは今後の研究課題としたい。

#### 文 献

- [1] R. Hinden and S. Deering, "IP version 6 addressing architecture," RFC2373, July 1998.
- [2] S. Deering and R. Hinden, "Internet protocol, version 6 (IPv6) specification," RFC2460, Dec. 1998.
- [3] M. Hashimoto, S. Ata, H. Kitamura, and M. Murata, "IPv6 Anycast Terminology Definition," Internet draft draft-doi-ipv6-anycast-func-term-02.txt, October 2004. work in progress.
- [4] S. Doi, S. Ata, H. Kitamura, M. Murata, and H. Miyahara, "Protocol Design for Anycast Communication in IPv6 Network," in Proceedings of 2003 IEEE Pacific Rim Conference on Communications, Computers and Signal Processing (PACRIM'03), (Victoria), pp. 470–473, Aug. 2003.
- [5] S. Doi, S. Ata, H. Kitamura, and M. Murata, "IPv6 Anycast for Simple and Effective Service-Oriented Communications," IEEE Communications Magazine, vol. 42, no. 5, pp. 163–171, May 2004.
- [6] Dong Xuan, Weijia Jia, Wei Zhao, Hongwen Zhu, "A Routing Protocol for Anycast Messages", IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, pp. 571–588, June 2000.
- [7] D. Katabi and J. Wroclawski, "A Framework for Scalable Global IP-Anycast", In Proceedings of ACM SIGCOMM, Stockholm, Sweden, pages 3–15, August 2000.
- [8] D. Johnson, C. Perkins, and J. Arkko, "Mobility Support in IPv6," RFC3775, June 2004.