

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

松永 怜士

大阪大学 大学院情報科学研究科

情報ネットワーク学専攻 博士前期課程

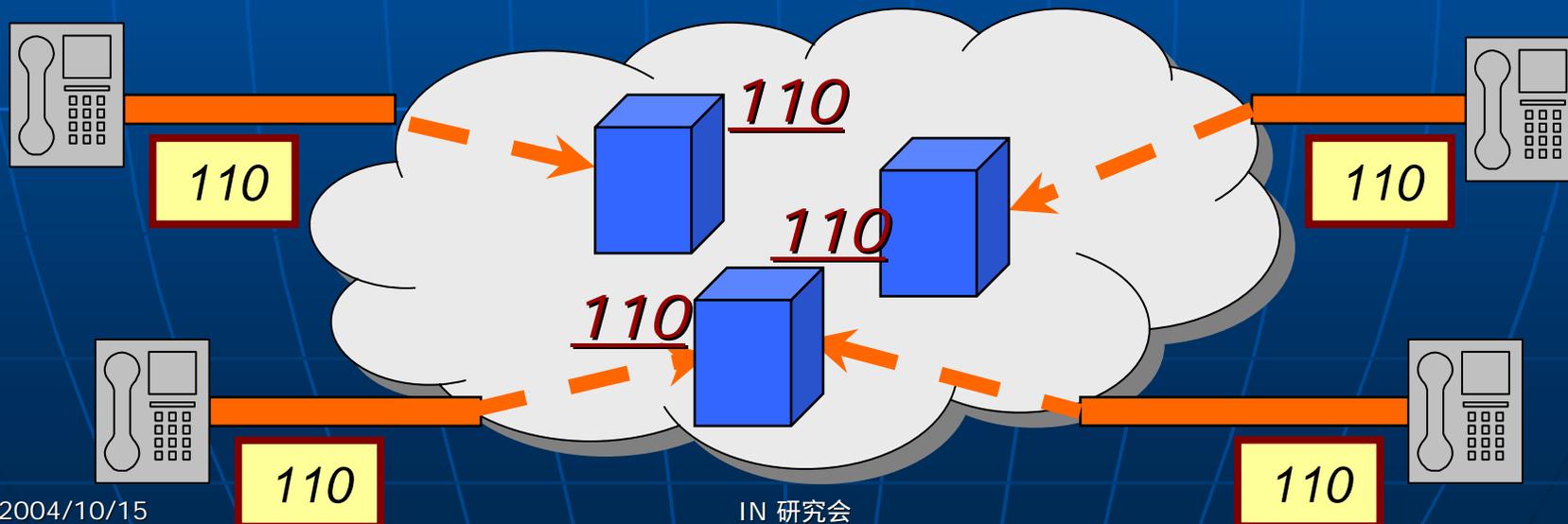
E-mail: s-matung@ist.osaka-u.ac.jp

発表内容

- エニーキャストの背景
 - エニーキャストの概要
 - 現状の問題点
- 研究の目的
- 新しいエニーキャストルーティングプロトコルの設計と実装
 - マルチキャストとエニーキャスト
 - 設計するプロトコルの概要
 - 動作確認
- まとめと今後の課題

エニーキャストの概念

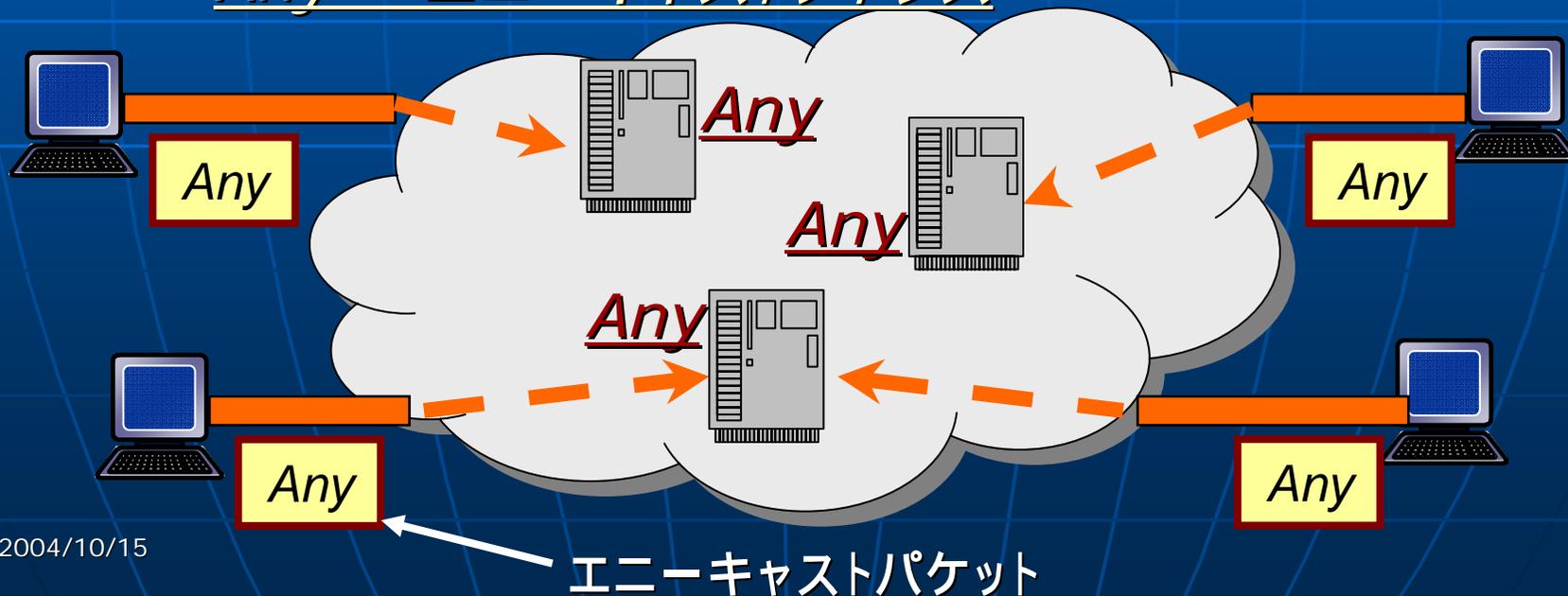
- どの電話からでも 110 番で警察につながる
 - 電話 = クライアント
 - 警察 = サーバ
 - 電話番号 = IP アドレス
- つながる相手は最寄りの警察
 - 最寄の警察 = 最適なサーバ



エニーキャストのモデル

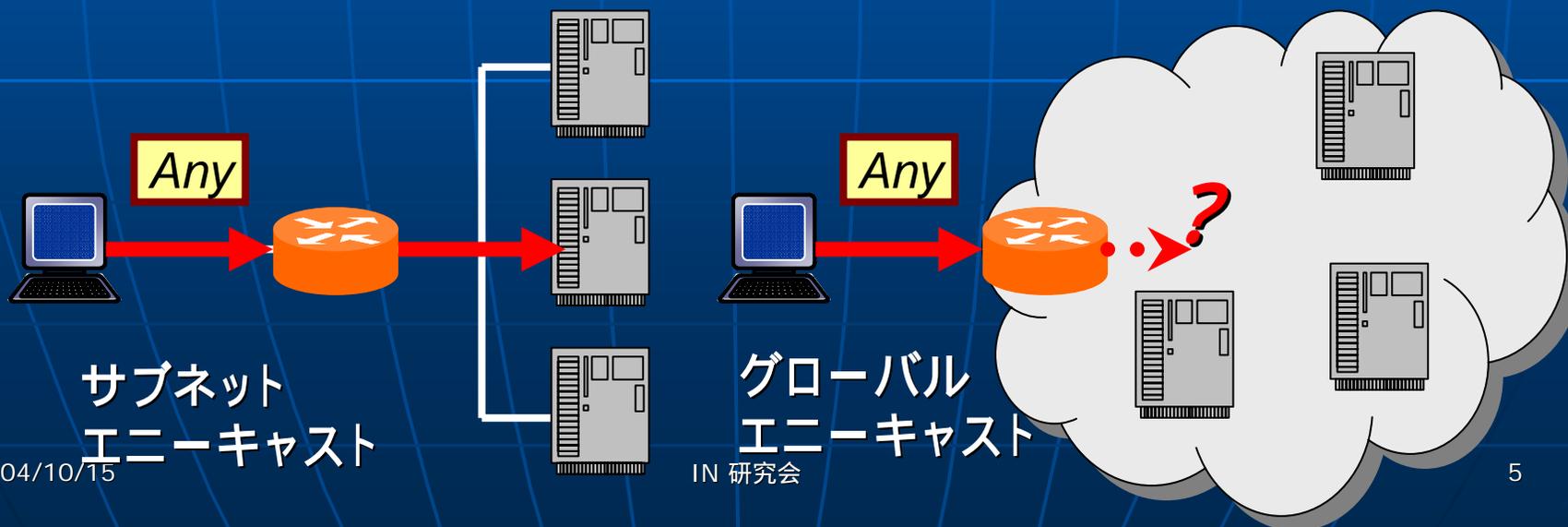
- IPv6 で新たに規定された通信形態
- 複数のサーバに同じアドレスを割り当て
 - アドレス = エニーキャストアドレス
- クライアントは最適な1台のサーバと通信

Any = エニーキャストアドレス



サブネットエニーキャストと グローバルエニーキャスト

- サブネットエニーキャストはプロトコルが不要
 - 1 台のルータがパケットの転送先を決めればよい
実現することは容易
- **グローバルエニーキャストはプロトコルが必要**
 - 点在するサーバを管理する必要がある
実現することは困難



問題点と研究の目的

■ 問題点

- エニーキャストアドレスが割り当てられた複数のノードを管理する方法が存在しない
 - ネットワーク上の任意のノードにエニーキャストアドレスを割り当てて通信することができない
エニーキャストの利用が制限される

■ 研究の目的

- グローバルエニーキャストを実現するための新たなルーティングプロトコルを設計、実装する

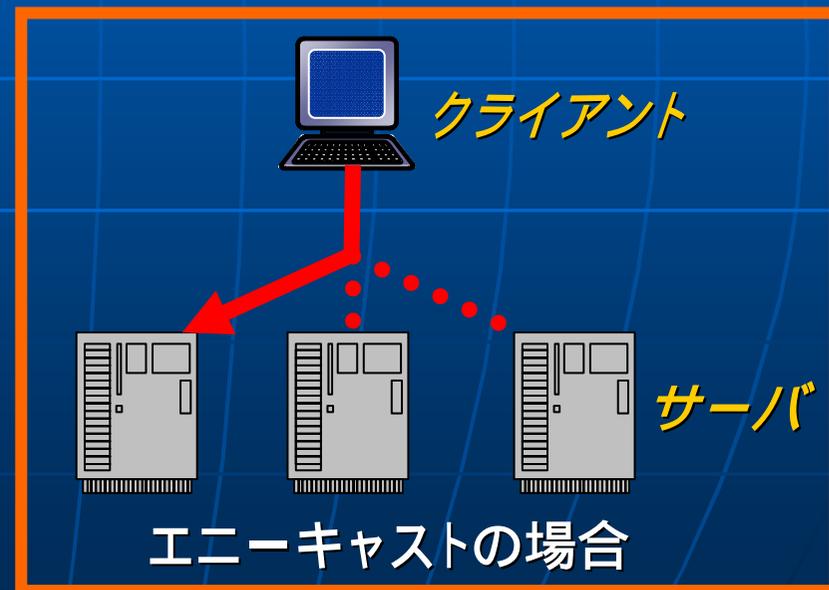
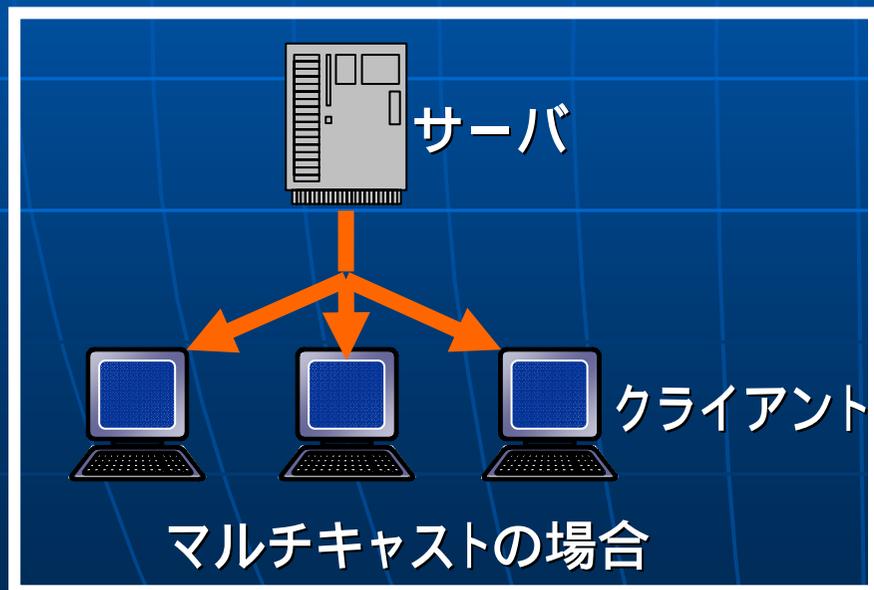
エニーキャストと既存の通信との比較

- 同じアドレスを割り当てられたノードが複数存在
 - マルチキャストと共通の性質
- 1台のノードにパケットを転送
 - ユニキャストと共通の性質
- エニーキャストとユニキャストは用いるアドレス空間が同一
 - マルチキャストアドレスとエニーキャストアドレスは区別される
 - ユニキャストアドレスとエニーキャストアドレスは区別されない

	通信対象	通信形態	アドレス空間
ユニキャスト	1	1 対 1	マルチキャストアドレス以外
エニーキャスト	多数	1 対 1	ユニキャストアドレスと共用
マルチキャスト	多数	1 対 多数	専用のアドレス空間

マルチキャストとユニキャスト

- マルチキャストでは受信ノードがクライアント
 - 受信ノード = マルチキャストリスナー
- ユニキャストでは受信ノードがサーバ
 - 受信ノード = ユニキャストレシーバ



新たなエニーキャストルーティング プロトコルの設計方針

- 既存のプロトコルとの共通点を利用する
 - エニーキャストレシーバの管理手法
 - マルチキャストルーティングの手法を利用
 - エニーキャストパケットの配送
 - ユニキャストルーティングの手法を利用
- 新たに導入する機能
 - 最適なエニーキャストレシーバの選択
 - レシーバ選択の基準となる値（メトリック）の導入
 - メトリックにもとづくレシーバ選択機能の導入

既存のマルチキャストルーティング プロトコルの性質

- PIM-SM (Protocol Independent Multicast - Sparse Mode)
 - ネットワーク内に広くリスナーが分散している場合に
適した設計
- DVMRP (Distance Vector Multicast Routing Protocol)
- MOSPF (Multicast Open Shortest Path First)
 - ネットワーク内のある場所にリスナーが密集してい
る場合に適した設計

エニーキャストルーティングプロトコル PIA-SM

- **PIA-SM** (Protocol Independent Anycast – Sparse Mode)
 - 新たに提案するルーティングプロトコル
 - レシーバの管理手法を PIM-SM をもとに設計
 - グローバルエニーキャストを実現するのにもっとも適している
 - ユニキャストルーティングをパケットの転送に利用
 - エニーキャストレシーバの選択機能を導入
 - 最適なエニーキャストレシーバを選択

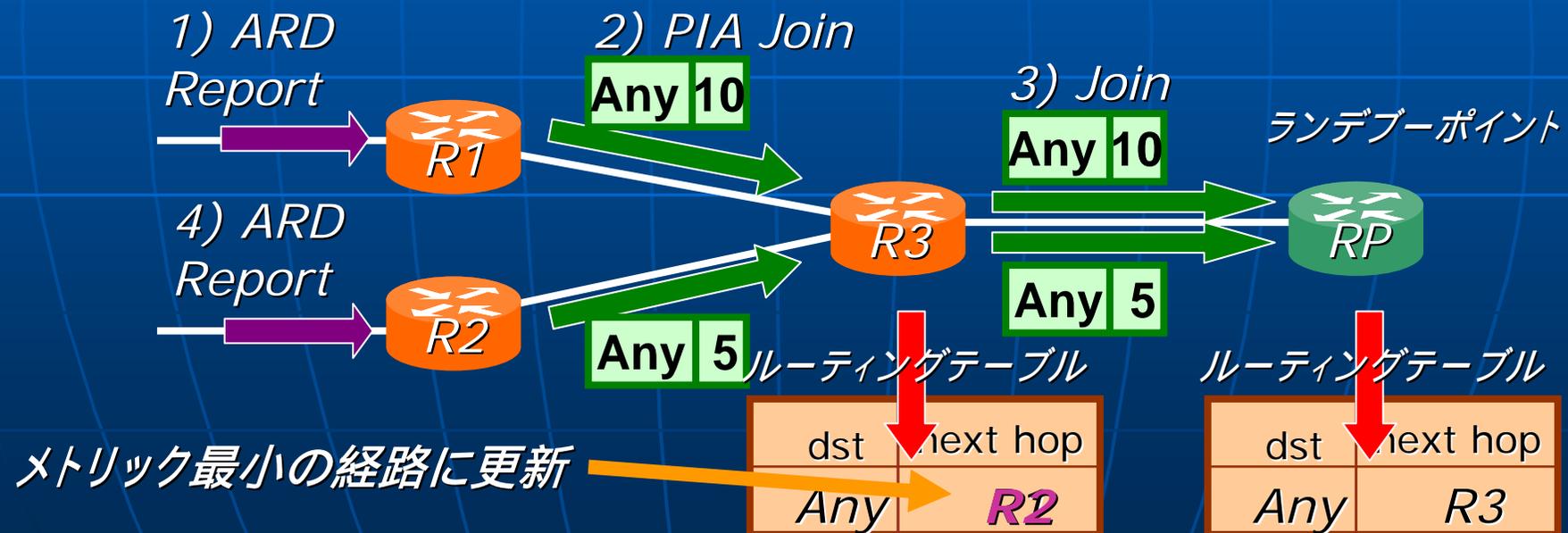
1. エニーキャストレシーバの参加

- エニーキャストレシーバが PIA ルータへ通知
 - 受信するエニーキャストアドレス
 - **エニーキャストレシーバのメトリック**
- 直接接続している PIA ルータが検知
 - 新規参加ノードの通知: ARD Report
 - Host-based Anycast using MLD で提案されている手法にメトリックを追加



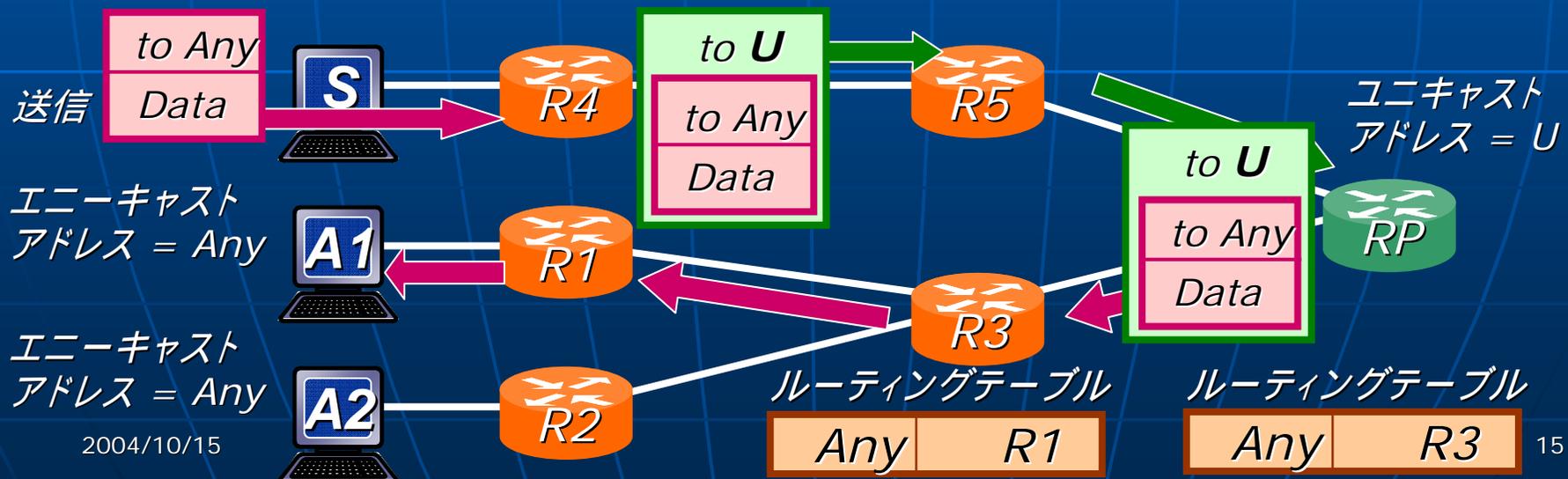
2. ランデブーポイントツリーの作成

- PIA Join の転送によりランデブーポイントツリーを構成
- ツリー構成時にレシーバのメトリックを上流の PIA ルータに通知
 - PIA ルータはメトリックが最小のエニキャストレシーバを選択
 - 既存のユニキャストルーティングテーブルに登録



3. エニーキャストパケットの配送

1. ランデブーポイントへパケットをカプセル化して転送
2. ランデブーポイントで元のパケットを取り出す
 - PIM-SM と同様の手法
3. ユニキャストルーティングを用いてエニーキャストレシーバまで配送
 - ユニキャストルーティングと同様の手法

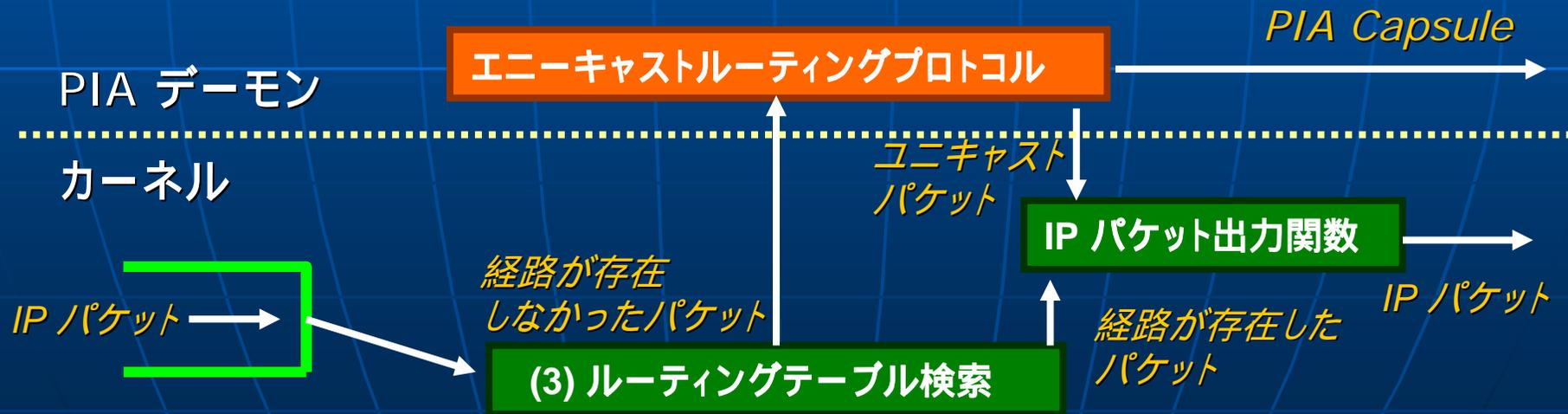


PIA-SM の実装方法

- PIA-SM ルータを BSD 系 OS のデーモンとして実装
 - PIM-SM のプログラムソースをもとに構成
 - カーネルの packets 処理を変更
 - カーネル内部では、ユニキャストアドレスはユニキャストアドレスと区別が付かない
 - アドレスを見ただけではどちらかわからない
- 
- アドレスを判別するためデーモンに packets を渡す

実装にともなうカーネルの変更点

- 経路が存在しない場合 PIA デーモンに処理を渡す
 - カーネルはエニーキャストアドレスを識別しない
 - PIA デーモンがエニーキャストアドレスを識別する
- ユニキャストアドレスの場合デフォルトルータへ転送
 - カーネルにパケットを再度渡す



動作確認

■ 確認すること

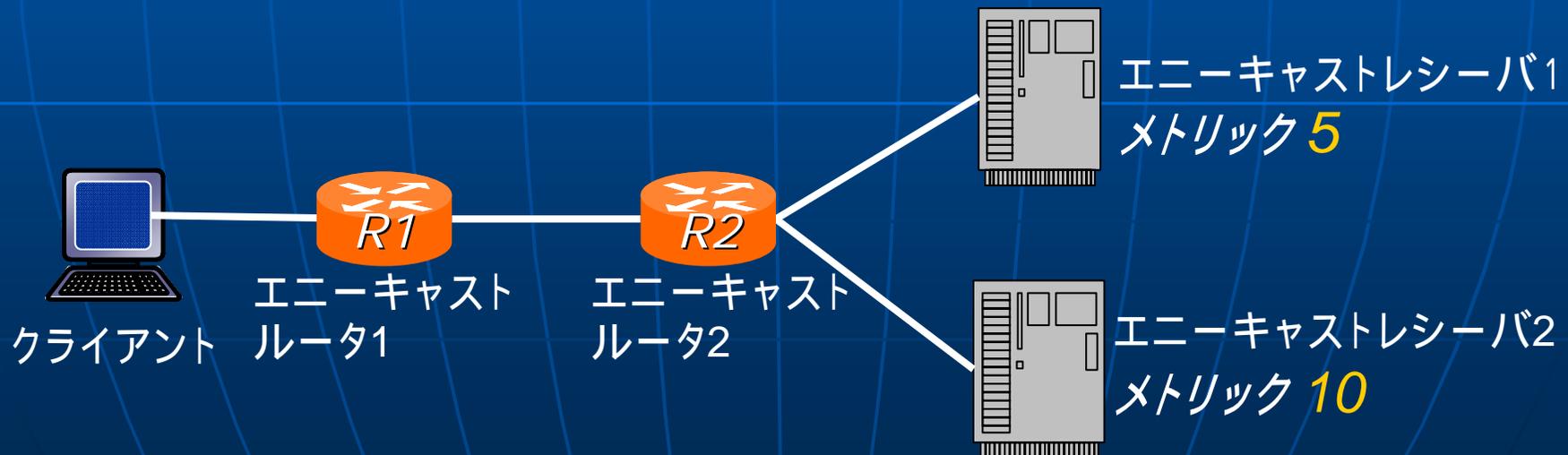
- エニーキャストアドレス宛のパケットが最適なエニーキャストレシーバまで配送されること
- エニーキャストアドレスを用いて通信が行えること

■ 確認の方法

- エニーキャストアドレス宛の Echo Request に対し Echo Reply が返ってくるか？
- エニーキャストアドレスの Web サーバとの通信を行い、最適な Web サーバと通信が行えるか？

実験環境

- 2 台の PIA ルータ
 - R2 はランデブーポイント
- 2 台の エニーキャストレシーバ
- 1 台のクライアント
 - Echo Request を送信
 - エニーキャストレシーバ1からの Echo Reply を受信



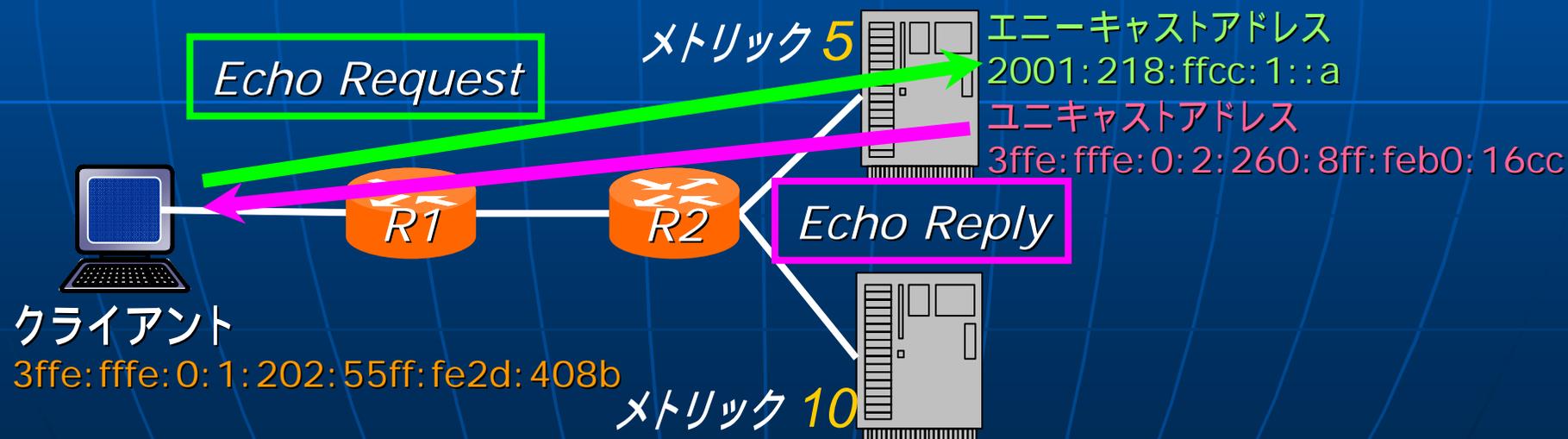
実験結果 (1)

Echo Request の送信

17:19:03.646384 3ffe:ffff:0:1:202:55ff:fe2d:408b
> 2001:218:ffcc:1::a: icmp6: echo request

Echo Reply の受信

17:19:03.646432 3ffe:ffff:0:2:260:8ff:feb0:16cc
> 3ffe:ffff:0:1:202:55ff:fe2d:408b: icmp6: echo reply



実験結果 (2)

Echo Request の送信

```
17:19:03.646384 3ffe:ffff:0:1:202:55ff:fe2d:408b  
> 2001:218:ffcc:1::a: icmp6: echo request
```

Echo Reply の受信

```
17:19:03.646432 3ffe:ffff:0:2:260:8ff:feb0:16cc  
> 3ffe:ffff:0:1:202:55ff:fe2d:408b: icmp6: echo reply
```

エニーキャストアドレス宛の Echo Request

ユニキャストアドレスからの Echo Reply

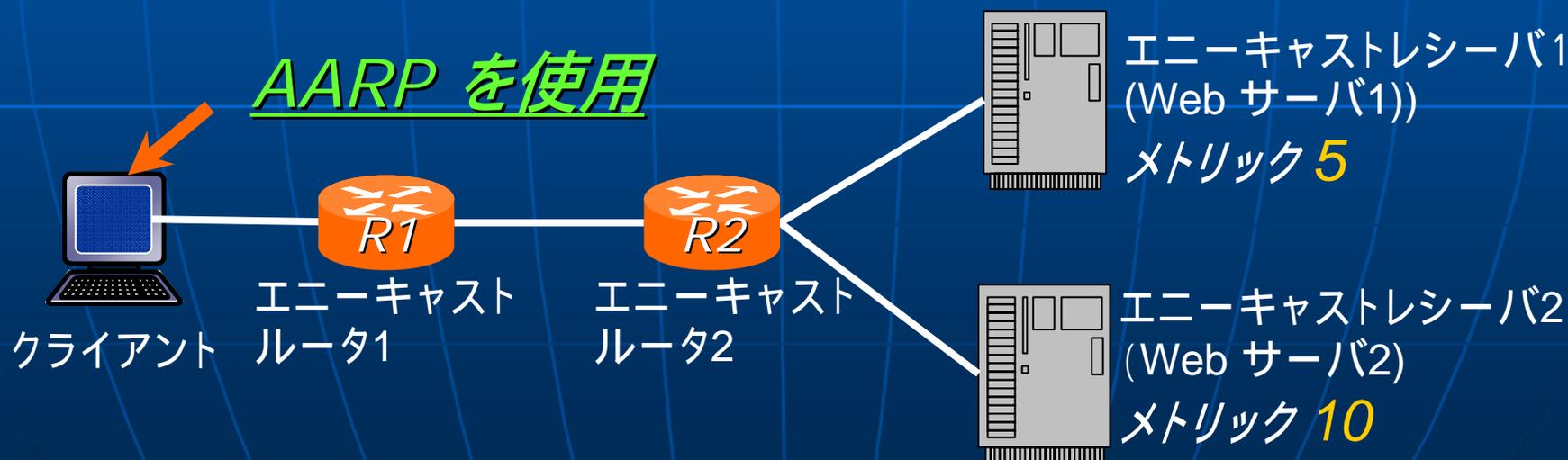
- エニーキャストアドレスはパケットの送信元に使えないため
 - IPv6 の仕様として規定されている
- 同様に SYN に対する ACK の送信元にも使うことができない



エニーキャストによるステートフルな通信が行えない

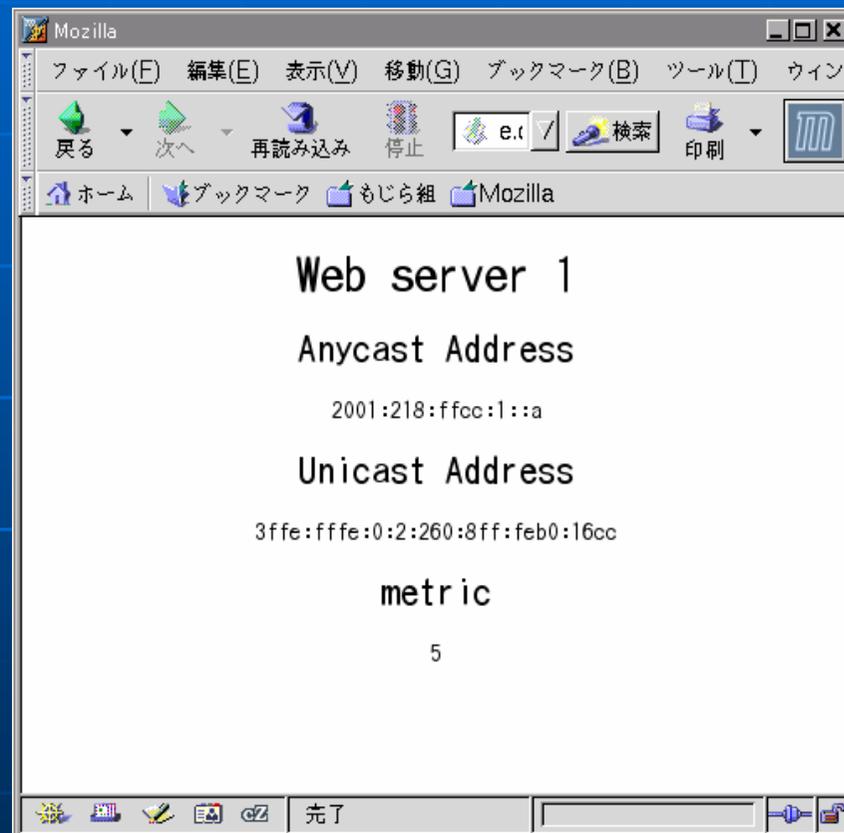
AARP との連携による実験

- エニーキャストレシーバを Web サーバに
 - クライアントはエニーキャストアドレスで Web ページを取得する
- クライアント上で AARP を動作させる
 - AARP -> Anycast Address Resolving Protocol
 - 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して TCP 通信を実現



AARP を用いた実験結果

- メトリックが小さい
Web サーバ 1 と通信
 - Web サーバ 1
 - メトリック 5
 - Web サーバ 2
 - メトリック 10
- エニーキャストアドレスを用いた TCP 通信が実現



まとめと今後の課題

■ まとめ

- エニーキャストルーティングプロトコル PIA-SM の設計
 - マルチキャストルーティングにもとづくグループ管理
 - ユニキャストルーティングにもとづくパケットの転送
 - メトリックによるエニーキャストレシーバの選択
- PIA-SM の実装および動作確認
 - 実際のネットワークで利用可能

■ 今後の課題

- ネットワークトポロジーにもとづくメトリックの導入
- 大規模なネットワークへの適用および実験