

# 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

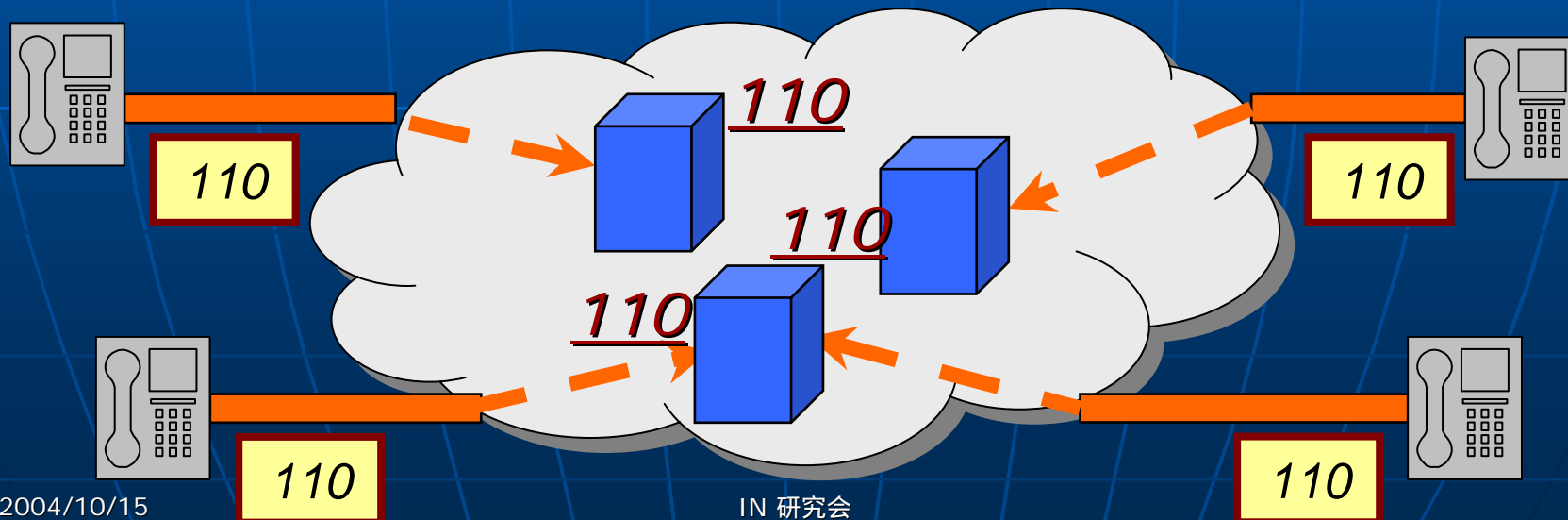
E-mail: [s-matung@ist.osaka-u.ac.jp](mailto:s-matung@ist.osaka-u.ac.jp)

# 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

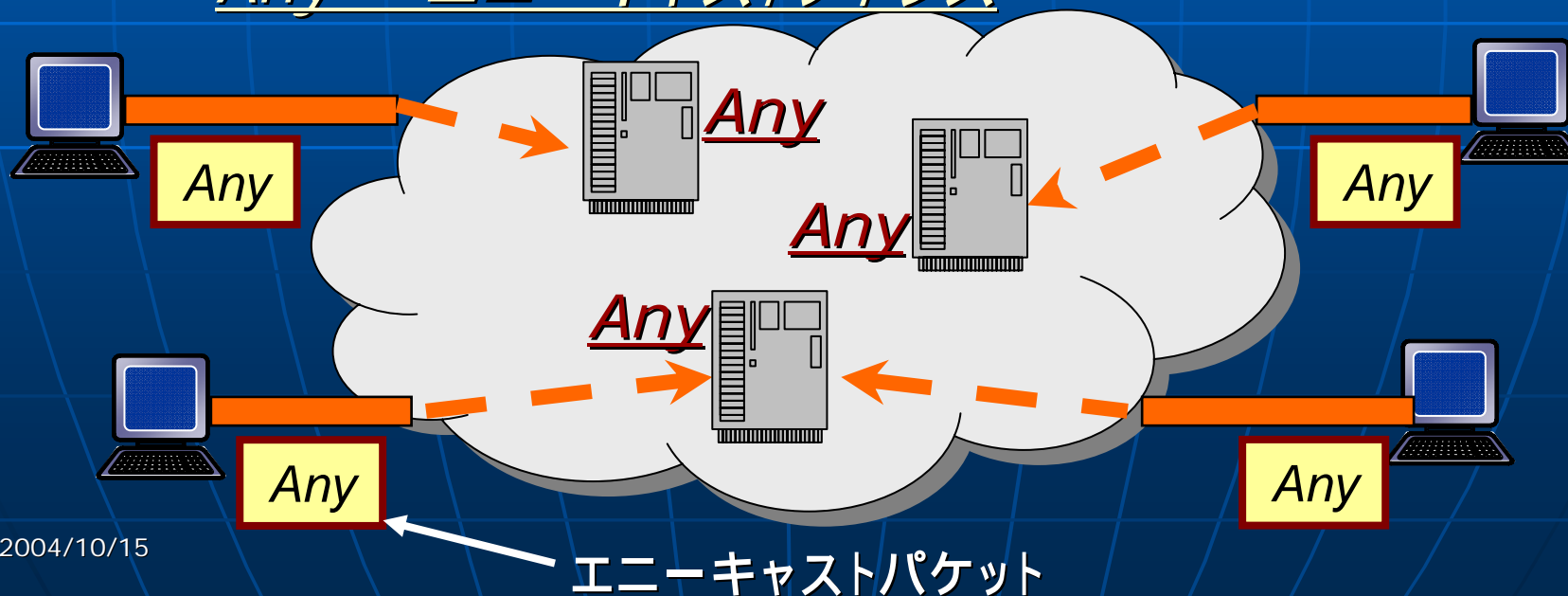
- どの電話からでも 110 番で警察につながる
  - 電話 = クライアント
  - 警察 = サーバ
  - 電話番号 = IP アドレス
- つながる相手は最寄りの警察
  - 最寄の警察 = 最適なサーバ



# エニーキャストのモデル

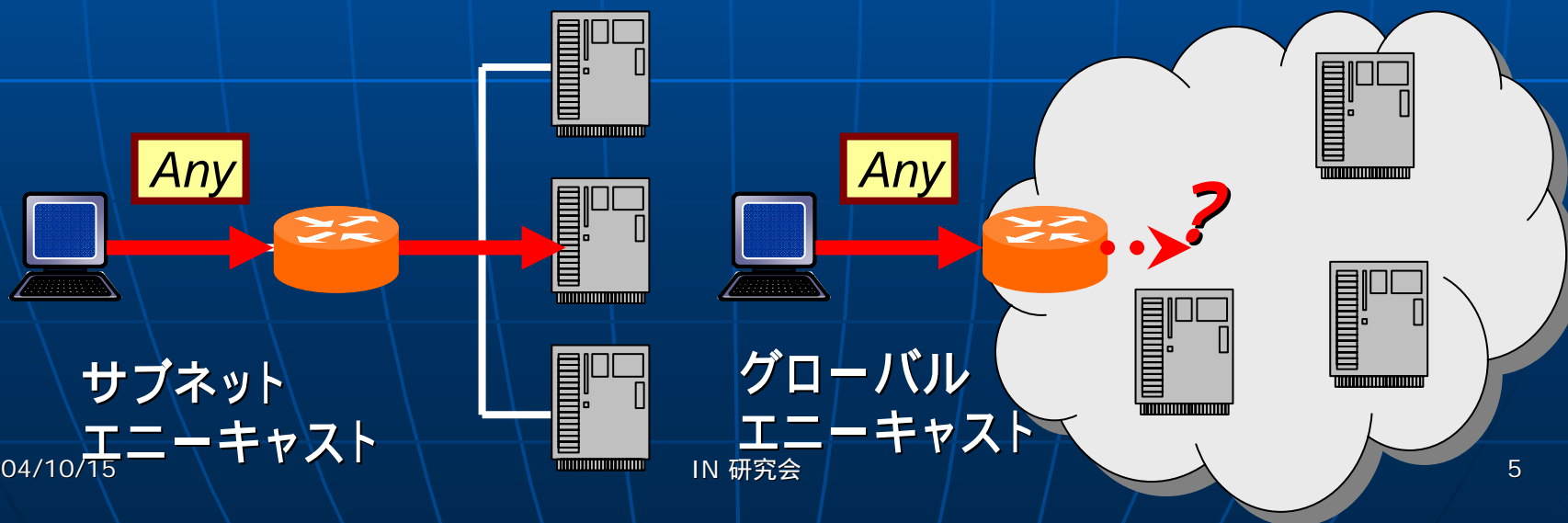
- IPv6 で新たに規定された通信形態
- 複数のサーバに同じアドレスを割り当て
  - アドレス = エニーキャストアドレス
- クライアントは最適な1台のサーバと通信

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

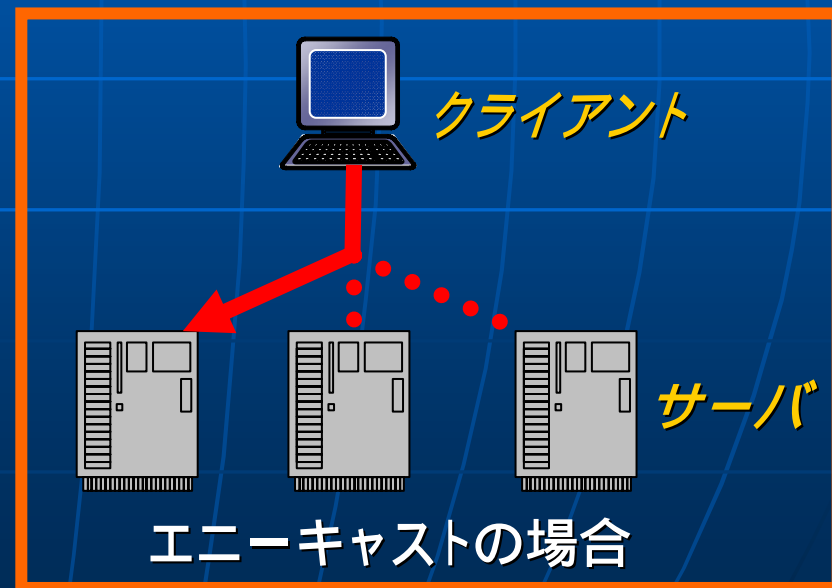
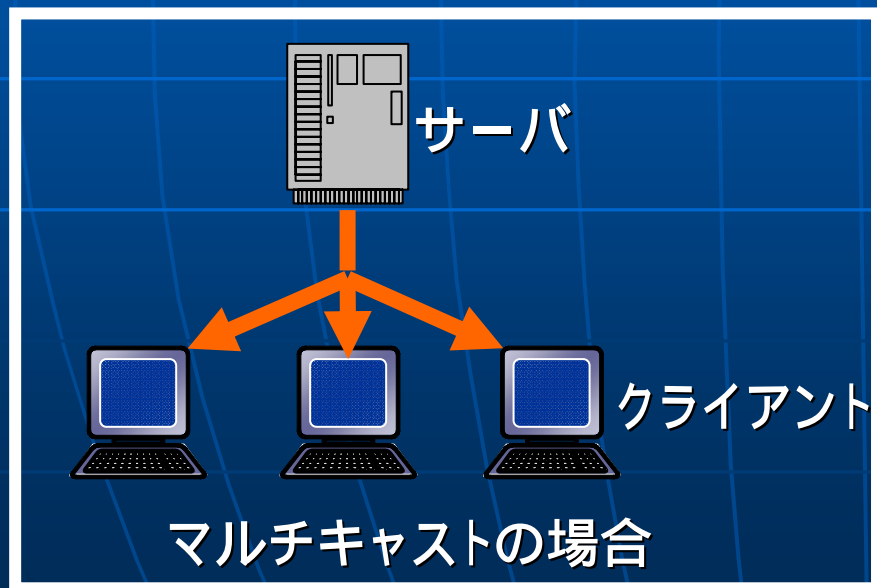
# エニーキャストと既存の通信との比較

- 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



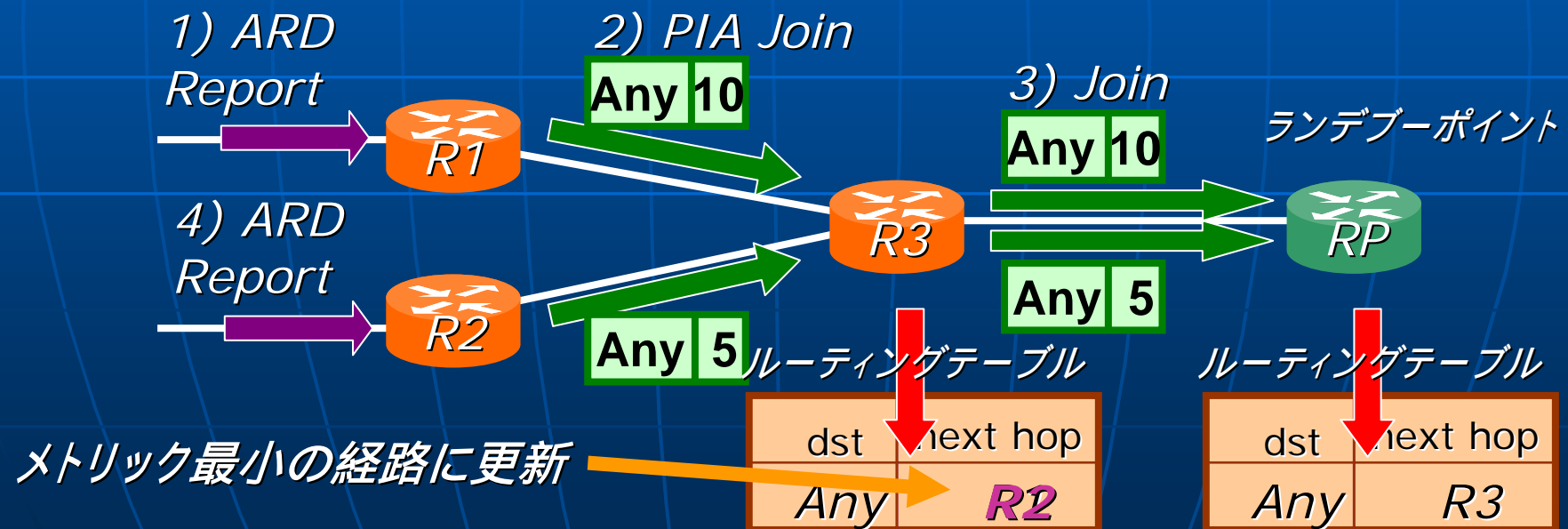
# 1. エニーキャストレシーバの参加

- 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



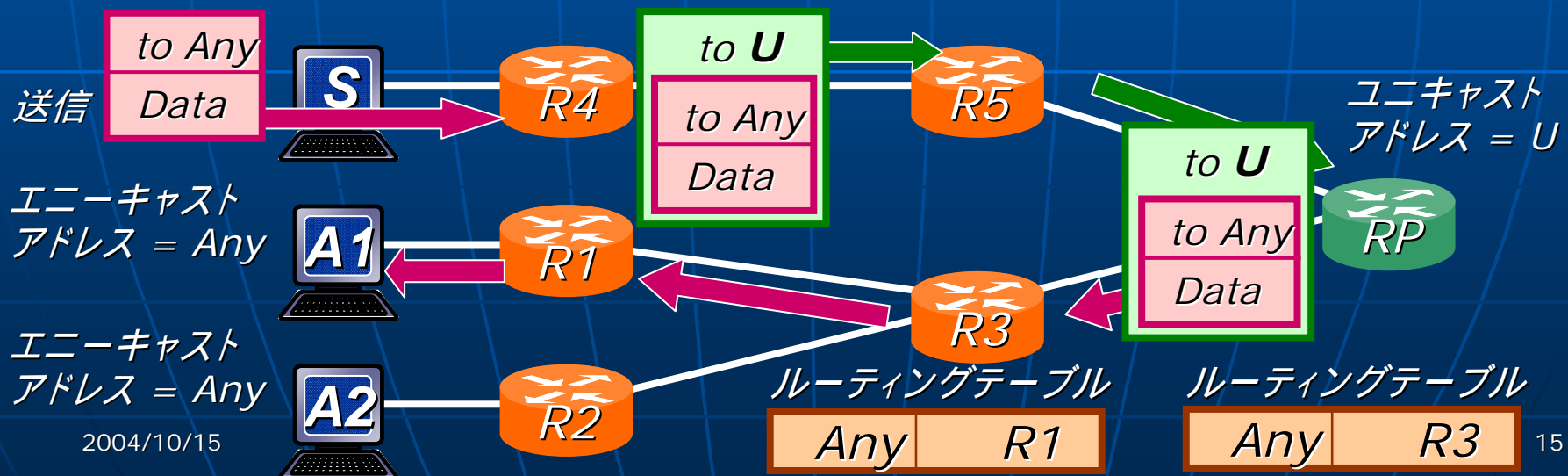
## 2. ランデブーポイントツリーの作成

- 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ー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



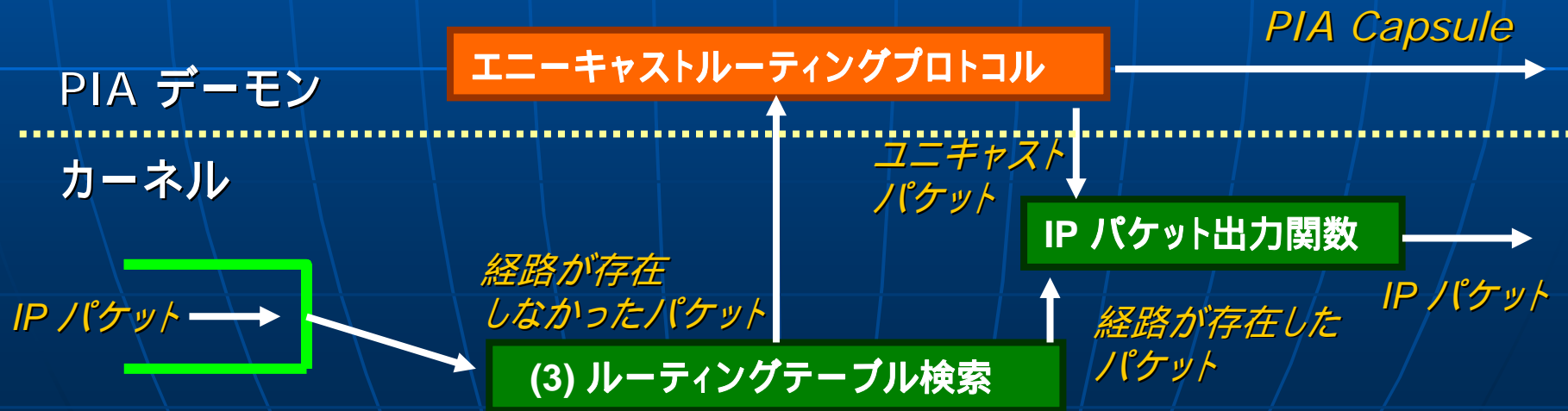
# PIA-SM の実装方法

- 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

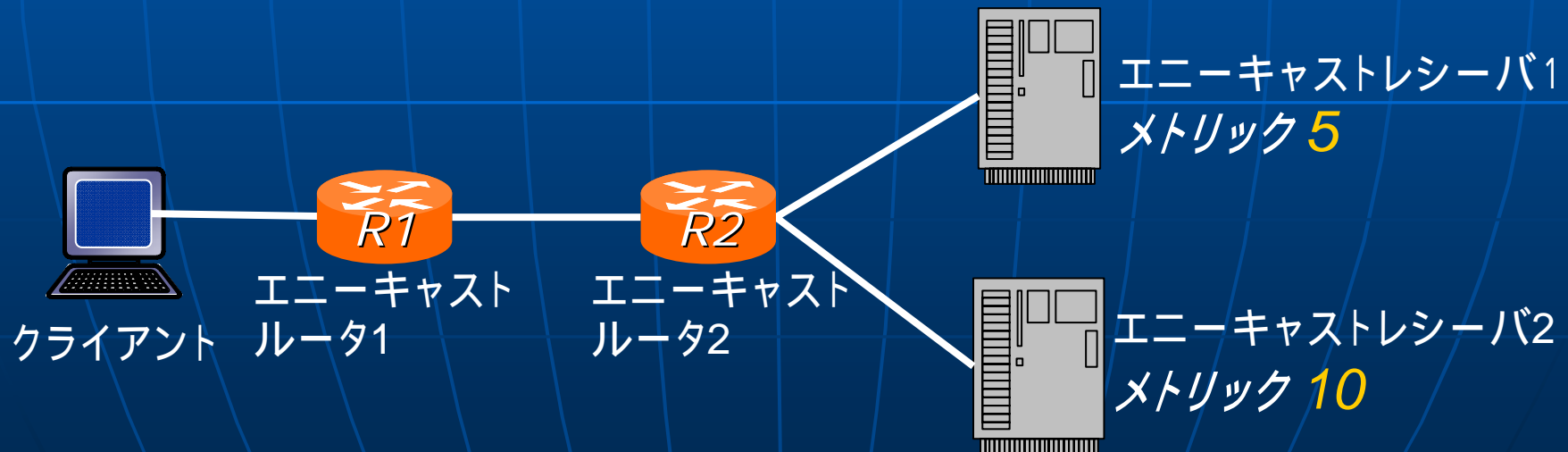
- エニーキャストアドレス宛のパケットが最適なエニーキャストレシーバまで配送されること
- エニーキャストアドレスを用いて通信が行えること

## ■ 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



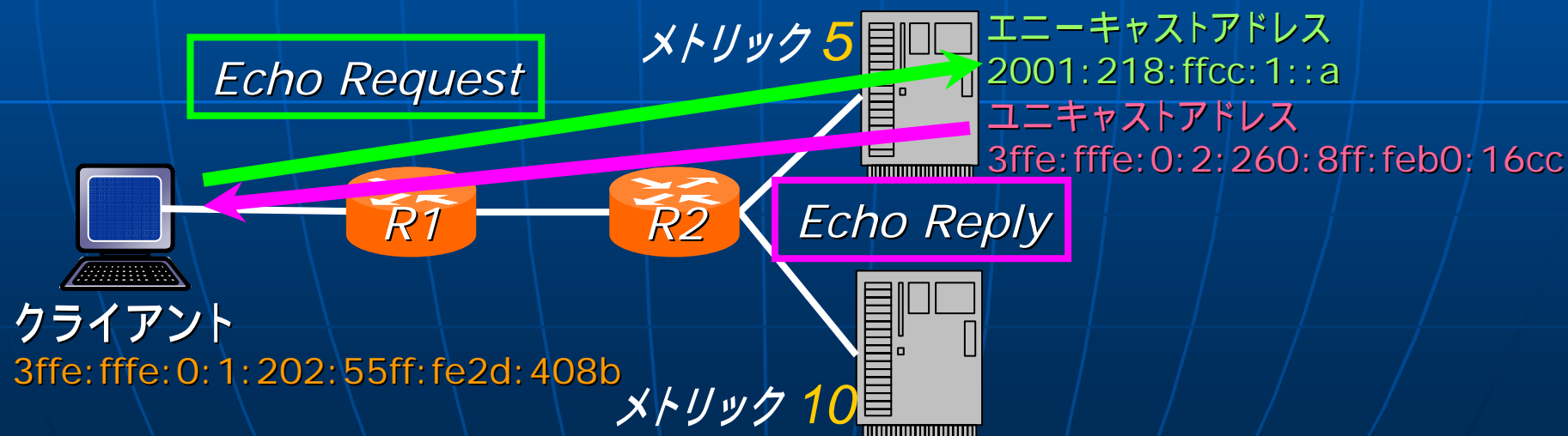
# 実験結果 (1)

## 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

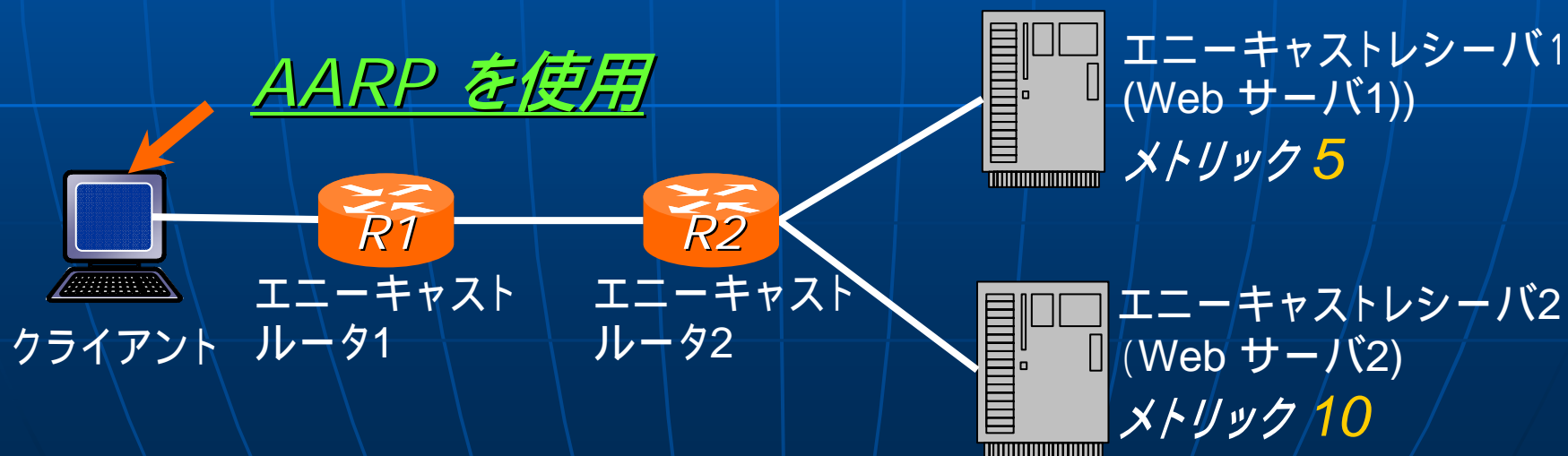
- エニーキャストアドレスはパケットの送信元に使えないため
  - IPv6 の仕様として規定されている
- 同様に SYN に対する ACK の送信元にも使うことができない



エニーキャストによるステートフルな通信が行えない

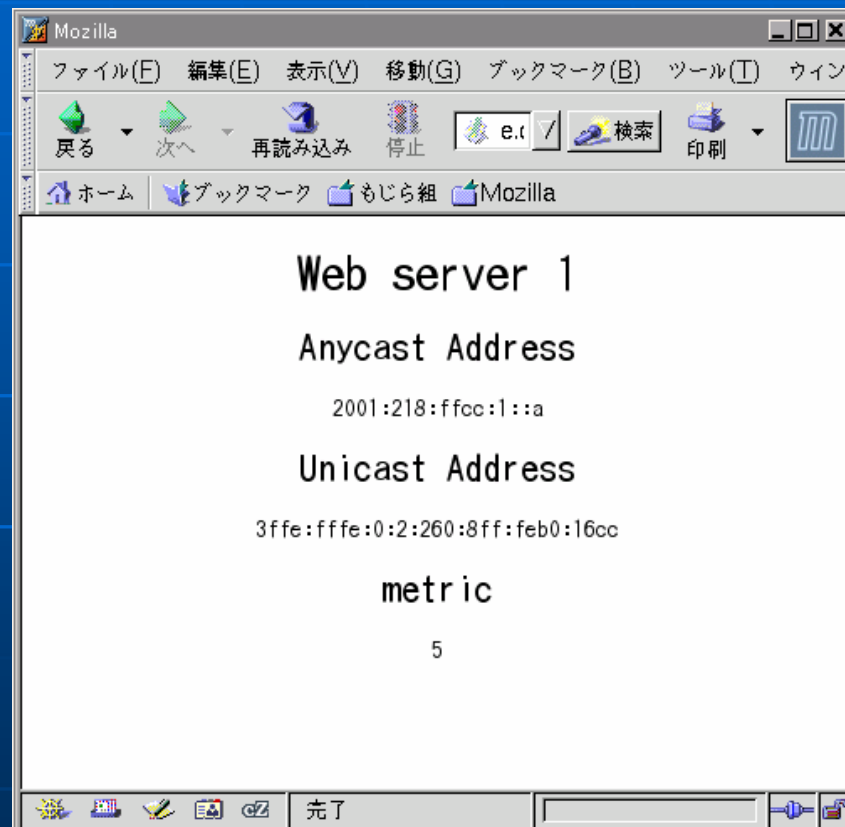
# AARP との連携による実験

- 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