



# Design, Implementation and Evaluation of Routing Protocols for IPv6 Anycast Communication

---

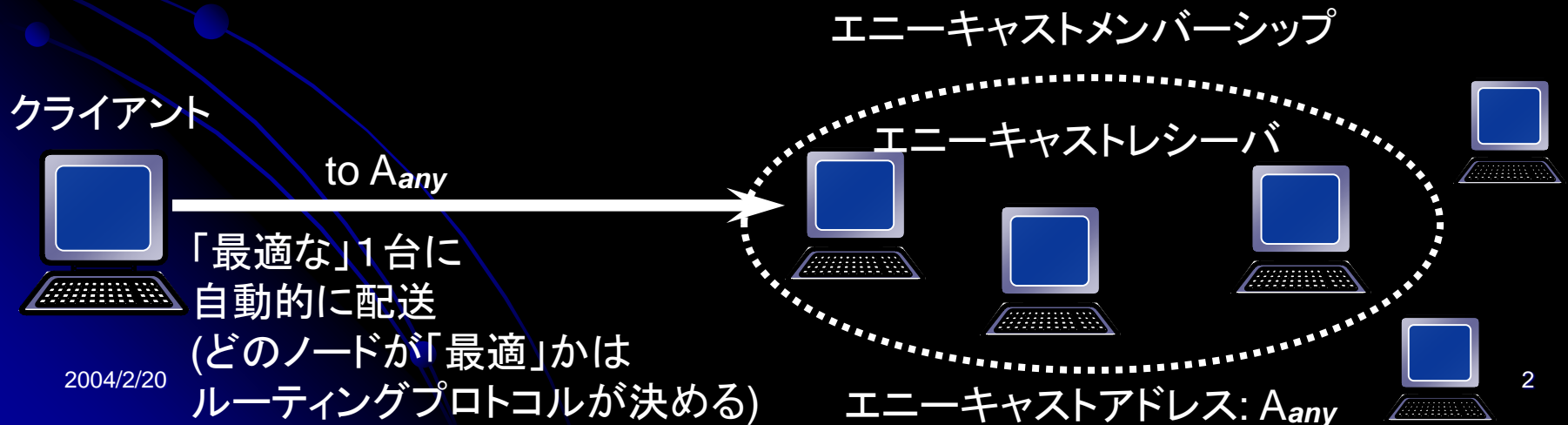
IPv6 エニーキャスト通信を実現する  
ルーティングプロトコルの設計, 実装および評価

大阪大学 大学院情報科学研究科  
博士前期課程2年 宮原研究室  
土居 聡  
e-mail: s-doi@ist.osaka-u.ac.jp



# 研究の背景

- エニーキャストアドレス
  - 機能(サービス)に対して割り当てられるアドレス
    - 複数のノードの集合を識別
    - グループのうち「最適な」ノードに配送
      - 「最適さ」はルーティングプロトコルによって決まる
  - 応用例: ミラーサーバ, DNS サーバの自動設定





# 問題点と研究の目的

- 現在のインターネットではエニーキャスト通信の利用は限られている
  - 問題点
    - エニーキャストのためのルーティングプロトコルが規定されていない  
→ 同じエニーキャストアドレスを持つ複数のエニーキャストレシーバが異なるセグメントに存在する場合に利用できない
- 研究の目的
  - エニーキャスト通信のためのルーティングプロトコルを提案する



# エニーキャストルーティング

## ● 解決すべき問題点と解決策

- エニーキャストレシーバへの到達性
  - 既存のインターネットからの移行
- } アドレス割り当て方式

- 「最適な」エニーキャストレシーバの選択法
  - メンバーシップ探索
- } ルーティングプロトコル

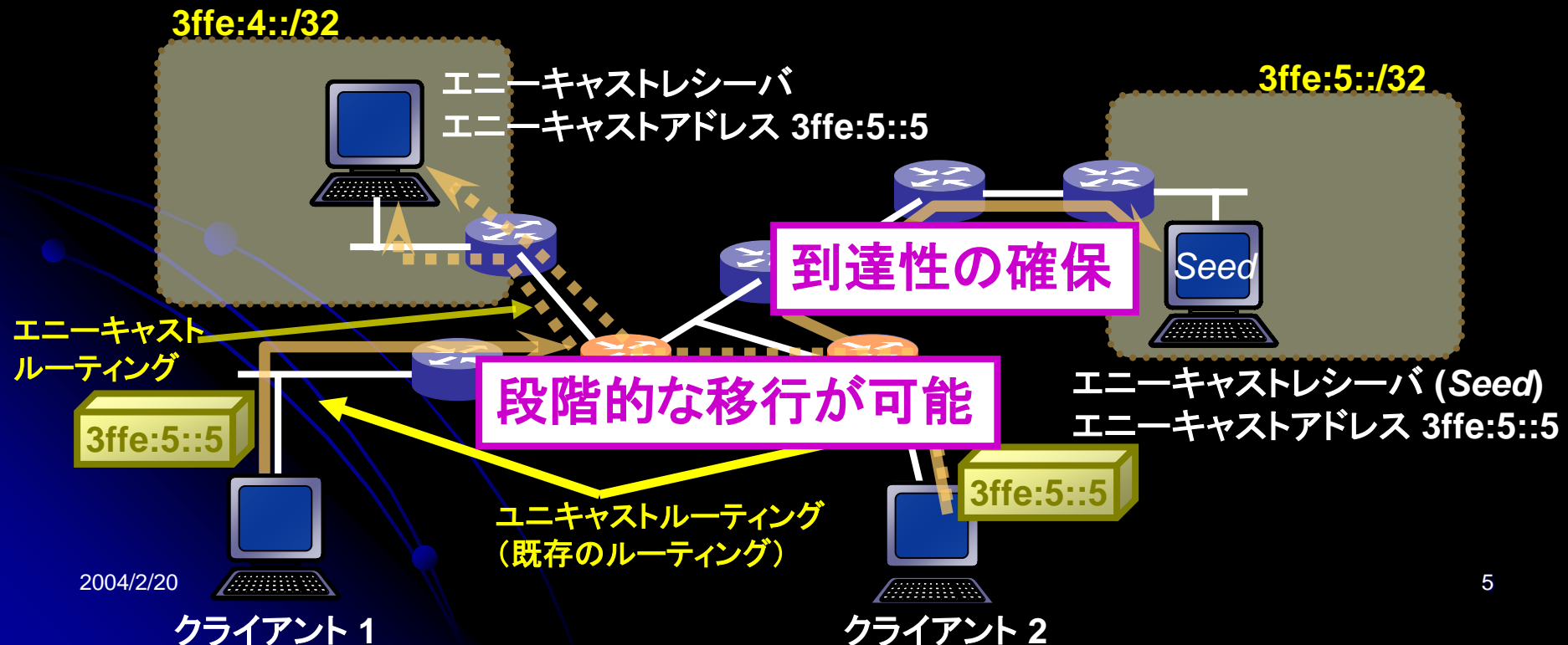
- スケーラビリティ → 階層化ルーティング



# エニーキャストルーティングアーキテクチャの設計

## ● アドレス割り当て方式

- 既存のユニキャストアドレスから割り当てるエニーキャストアドレスを選択  
→ 既存のルータ (ユニキャストルータ) はエニーキャストパケットをエニーキャストレシーバ (Seed) に配送可能





# エニーキャストルーティングプロトコルの設計

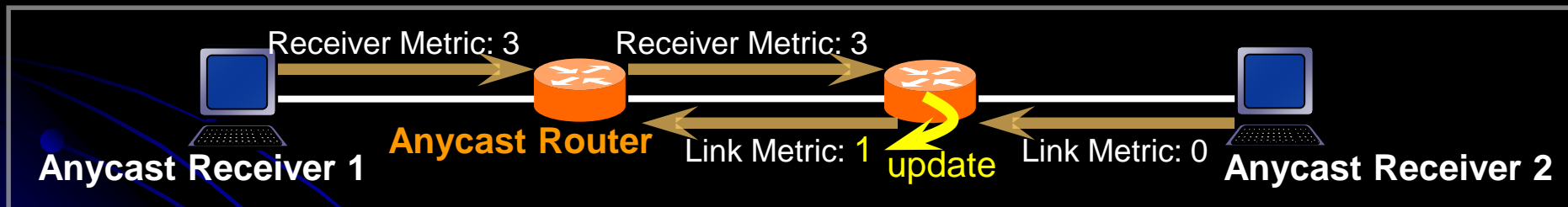
- 既存のルーティングプロトコルを適用できないか
  - 実装の容易さ
- ユニキャスト/マルチキャストルーティングプロトコルをエニーキャストに適用
  - RIP (ユニキャスト) → ARIP
  - OSPF (ユニキャスト) → AOSPF
  - PIM-SM (マルチキャスト) → PIA-SM [12]

[12] S. Doi, S. Ata, H. Kitamura, and M. Murata, "Protocol design for anycast communication in IPv6 network," in Proceedings of 2003 IEEE Pacific Rim Conference on Communications, Computers and Signal Processing (PACRIM' 03), pp. 470-473, Aug. 2003.



# メトリックを用いた最適なノードの選択

- 「最適さ」を表す基準: **メトリック**
- アプリケーションによって求められる「最適さ」は異なる
  - 2種類のメトリック (メトリックタイプ)
    - レシーバメトリック: エニーキャストレシーバの性質を表す (例: CPU 資源)  
ルータを経由しても変化しない
    - リンクメトリック: エニーキャストルータ間のリンクの性質を表す (例: 伝播遅延)  
ルータを経由すると変化する



- 最もメトリックの小さなエントリのみ既存の (ユニキャストの) ルーティングテーブルにホストエントリとして保持  
→ パケット転送処理の簡略化



# エニーキャストルーティングプロトコルの処理手順

1. エニーキャストメンバーシップへの参加  
→ 各ルーティングプロトコル共通
2. ルーティングテーブルの作成と更新
  - レシーバメトリックの場合: 各ルーティングプロトコル共通
  - リンクメトリックの場合: ルーティングプロトコル毎に異なる
3. エニーキャストパケットの配送
  - 受信したパケットの宛先アドレスで最長一致検索  
→ ユニキャストルーティングと同じ処理





# 1. エニーキャストメンバーシップへの参加

- 新規参加ノードがエニーキャストルータに通知
  - Host-based Anycast using MLD [9] で提案されている方法を拡張
    - 新規参加ノードの通知: ARD report  
→ エニーキャストアドレス, メトリック (タイプ, 値) を通知

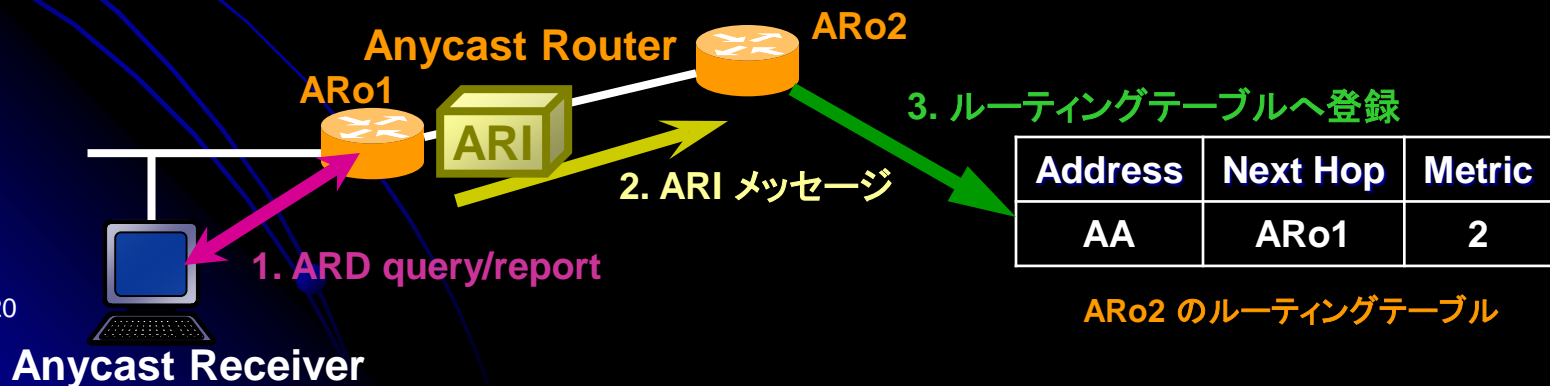


[9] B.Haberman and D. Thaler, "Host-based Anycast using MLD,"  
*Internet draft* draft-haberman-ipngwg-host-anycast-01.txt, May 2002.



## 2. ルーティングテーブルの作成と更新 (ARIP: リンクメトリックの場合)

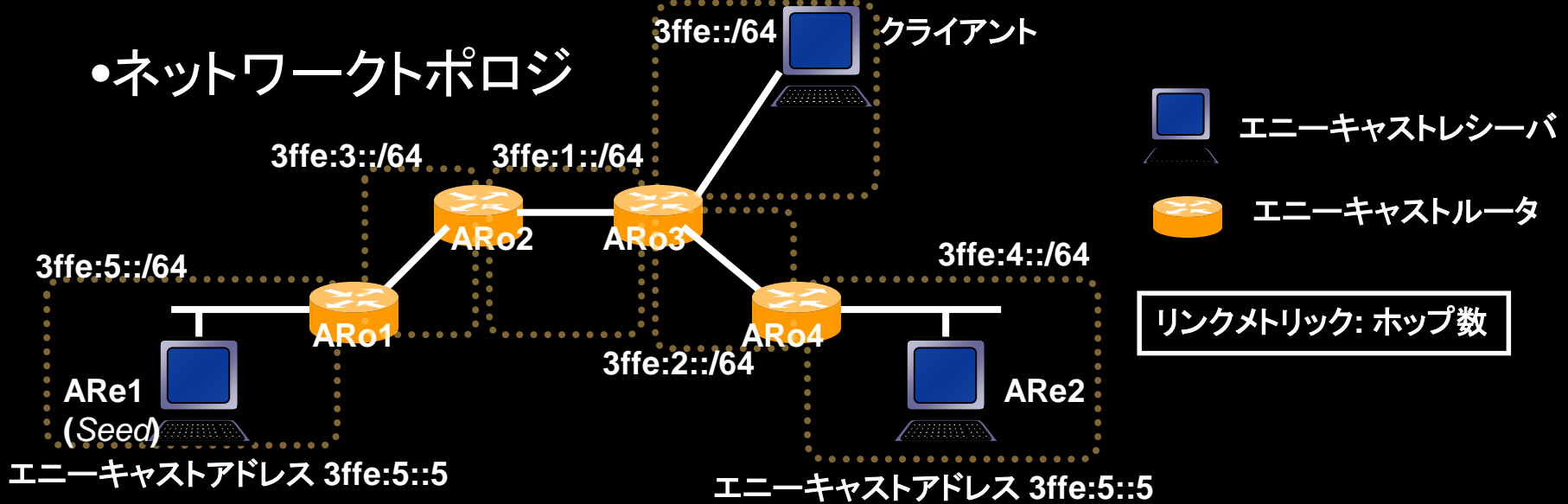
1. 定期的に ARD query/report で生存確認
2. ARD report 受信 → ARI (Anycast Routing Information) メッセージの作成と送信
  - エニーキャストアドレス, メトリック (タイプ, 値) をとりのエニーキャストルータに送信
  - 送信する際に出カインターフェースのリンクメトリックを加算
3. ARI メッセージ受信 → ルーティングエントリの作成/更新
  - メトリックの最も小さなエントリ (最適なエントリ) をルーティングテーブルに登録
  - 最適でないエントリは Blocking List に登録  
→ メトリックの更新に対応





# 実装実験による動作確認

## • ネットワークポロジ



## • クライアント: traceroute6 を実行

```
>traceroute6 3ffe:5::5
```

### ARe1 のみの場合

```
1 ARo3 0.627 ms 0.322 ms 0.240 ms
2 ARo2 0.564 ms 0.362 ms 0.500 ms
3 ARo1 0.647 ms 0.696 ms 0.651 ms
4 ARe1 0.920 ms 0.985 ms 0.936 ms
```



### ARe2 を追加した場合

```
1 ARo3 0.526 ms 0.250 ms 0.336 ms
2 ARo4 0.550 ms 0.398 ms 0.465 ms
3 ARe2 0.803 ms 0.616 ms 0.648 ms
```



# 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の提案
  - 既存のルーティングプロトコルを元に設計
  - 段階的な移行を実現する方法の提案
  - 実装実験により提案プロトコルの動作を確認

- 今後の課題

- 実装実験による性能評価