

## オーバーレイネットワークの密度に スケーラブルなネットワーク計測手法

○長谷川剛 村田正幸  
大阪大学

### 研究の背景 (1)

- ▶ **オーバーレイネットワーク**
  - ▶ IPネットワーク上に論理的に構築されるネットワーク
  - ▶ アプリケーション指向な上位層ネットワーク
- ▶ **オーバーレイネットワークにおけるトラフィック制御**
  - ▶ 例：オーバーレイルーティング
    - ▶ ネットワーク性能に基いてトラフィックを経由させるオーバーレイレベルの経路を選択
    - ▶ ユーザ性能 (遅延時間、スループット等) の向上、障害箇所の迂回
    - ▶ オーバーレイノード間のネットワーク性能の把握が重要

▶ 2 2008年12月IN研究会 08.12.12

### 研究の背景 (2)

- ▶ **オーバーレイネットワークにおける計測**
  - ▶ N個のオーバーレイノードがあると、N<sup>2</sup>本のオーバーレイパスが存在
    - ▶ オーバーレイノード数の増加にともない計測が困難に
  - ▶ 複数のオーバーレイパスが同じIP経路を共有
    - ▶ お互いが経路の共有に気がつかない場合がある
      - 計測によるネットワーク負荷の増大、計測の競合による精度の低下
- ▶ **計測オーバーヘッドの削減手法**
  - ▶ ASレベル/IPレベルの(完全な)トポロジ情報が必要
    - ▶ 把握するためにはノード間での情報交換が必要
      - N<sup>2</sup> のオーバーヘッドが発生
  - ▶ 計測の量と計測精度はトレードオフの関係
    - ▶ 計測の量を削減すると、計測精度が犠牲になる

▶ 3 2008年12月IN研究会 08.12.12

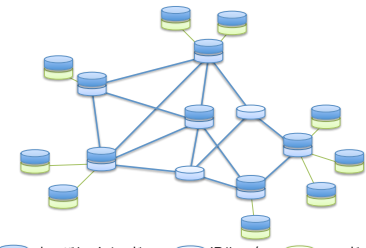
### 研究の目的

- ▶ **オーバーレイネットワークにおけるネットワーク計測手法の提案**
  - ▶ 計測精度をできるだけ損わない
  - ▶ 計測数を大幅に削減
  - ▶ 計測の競合による精度低下を回避
- ▶ **オーバーレイネットワークの密度に着目**
  - ▶ 密度：IPルータ数に対するオーバーレイノード数の比率
  - ▶ 密度に対してスケーラブルな計測手法

▶ 4 2008年12月IN研究会 08.12.12

### 対象とするオーバーレイネットワーク

- ▶ エンドホスト上だけではなく、ネットワーク内にノードが設置されるオーバーレイネットワーク

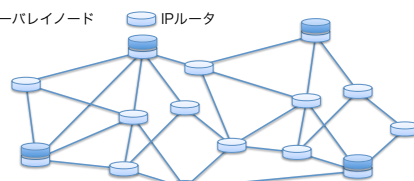


● オーバーレイノード   
 ● IPルータ   
 ● エンドホスト

▶ 5 2008年12月IN研究会 08.12.12

### オーバーレイネットワークの密度

- ▶ **IPルータ数に対するオーバーレイノード数の比率**
  - ▶ 密度が小さい場合
    - オーバーレイパスのホップ数が大きい→計測精度は低い
    - オーバーレイパス上に他のオーバーレイノードが存在する確率は低い
    - オーバーレイパスの経路共有は少ない



● オーバーレイノード   
 ● IPルータ

▶ 6 2008年12月IN研究会 08.12.12

### オーバーレイネットワークの密度

- ▶ IPルータ数に対するオーバーレイノード数の比率
  - ▶ 密度が**大きい**場合
    - オーレイパスのホップ数が**小さい**→計測精度は**高い**
    - オーレイパス上に他のオーバーレイノードが存在する確率は**高い**
    - オーレイパスの経路共有は**多い**

▶ 7 2008年12月IN研究会 08.12.12

### オーバーレイパスの経路共有

- ▶ 共有パターン (1)
  - ▶ パスの途中で他のオーバーレイノードが存在する場合
    - ▶ パスACとパスAB、パスACとパスBCが同じ経路を共有
    - ▶ AがCまでtracerouteを実行することで検知可能
    - ▶ パスACの計測を、パスABとパスBCの計測結果から推定することで、競合を回避可能

▶ 8 2008年12月IN研究会 08.12.12

### オーバーレイパスの経路共有

- ▶ 共有パターン (2)
  - ▶ パスの途中まで経路を共有する場合
    - ▶ パスABとパスACが途中まで同じ経路を共有
    - ▶ AがBとCまでtracerouteを実行することで検知可能
    - ▶ Aが、パスABとパスACの計測を逐次的に行うことで計測の競合を回避可能

▶ 9 2008年12月IN研究会 08.12.12

### オーバーレイパスの経路共有

- ▶ 共有パターン (3)
  - ▶ パスの途中部分のみが共有されている場合
    - ▶ パスACとパスBDが途中の経路のみを共有
    - ▶ AとBが情報交換をしない限り、検知は不可能
    - $N^2$ の情報交換をして初めて共有を知ることができる
    - ▶ 共有パス数を推定することで、計測の競合を確率的に回避可能

▶ 10 2008年12月IN研究会 08.12.12

### 計測数削減手法

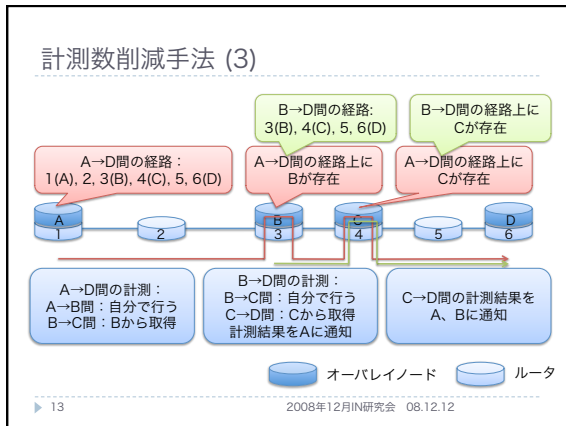
- ▶ 共有パターン (1) に対する手法
- ▶ 前提
  - ▶ オーレイノードのIPアドレスは既知
  - ▶ オーレイノードはtracerouteを実行可能
- ▶ 手順
  - ▶ オーレイノードは他のオーバーレイノードへtracerouteを実行
  - ▶ 他ノードからのtracerouteパケットが自ノードを通過する場合、そのパケットをキャプチャする
    - ▶ 送信・受信ノードを記録
  - ▶ 自ノードのtracerouteの結果、およびキャプチャした結果から計測するパス、計測結果を伝える相手を決定

▶ 11 2008年12月IN研究会 08.12.12

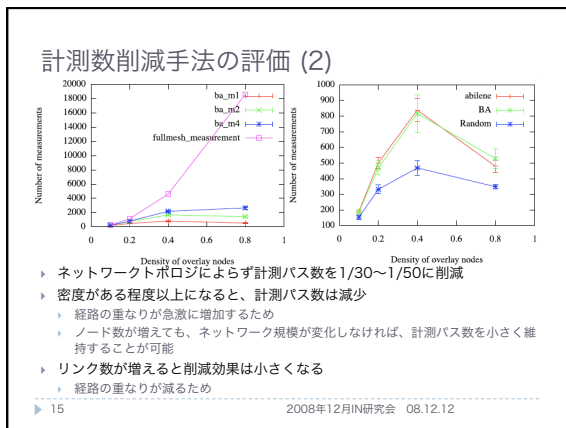
### 計測数削減手法 (2)

- ▶ 部分パスの計測結果から全体の計測結果を推定
  - ▶ RTT：和、帯域：最小値、廃棄率： $1-(1-p_1)(1-p_2)$

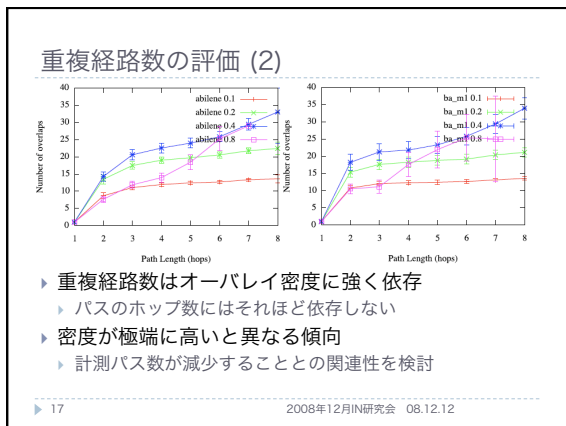
▶ 12 2008年12月IN研究会 08.12.12



- ### 計測数削減手法の評価
- ▶ 提案手法によって必要となる計測パス数を評価
    - ▶ 全てのノード間の計測結果を知るために必要な計測パス数
    - ▶ フルメッシュ計測との場合と比較
  - ▶ 評価環境
    - ▶ ネットワークトポロジ
      - ▶ Abilene-inspired, BA, ランダム (WAXMAN)
      - ▶ ルータ数171、リンク数はルータ数の1倍、2倍、4倍
    - ▶ オーバレイノード
      - ▶ ルータ数の10%、20%、40%、80%
      - ▶ ランダムに選択
    - ▶ ノード間の経路: ダイクストラ法により算出
- ▶ 14 2008年12月IN研究会 08.12.12



- ### 重複経路数の評価
- ▶ 共有パターン (3) に対する手法
    - ▶ 部分的に経路を共有しているパス数 (重複経路数) がわかれば、それに応じて計測周期を設定しランダムに計測を行う
      - ▶ 周期2倍→競合確率はほぼ1/2倍
      - ▶ 計測の競合を確率的に回避
  - ▶ 重複経路数が何に依存するかを明らかにする
    - ▶ 各オーバレイノードで観測可能な値に基いて重複経路数が推定可能になる
- ▶ 16 2008年12月IN研究会 08.12.12



- ### まとめと今後の課題
- ▶ まとめ
    - ▶ オーバレイノード密度にスケーラブルなオーバレイパス計測手法の基礎検討
    - ▶ ネットワークトポロジにかかわらず、計測数を最大で1/50にすることが可能
    - ▶ 計測すべきパスの経路重複の発生頻度は、オーバレイノード密度に強く依存
  - ▶ 今後の課題
    - ▶ 密度にかかわらず重複経路数を推定可能な指標
    - ▶ 計測手法の確立、性能評価
    - ▶ 計測手法を基にしたパス選択、障害回復手法
- ▶ 18 2008年12月IN研究会 08.12.12

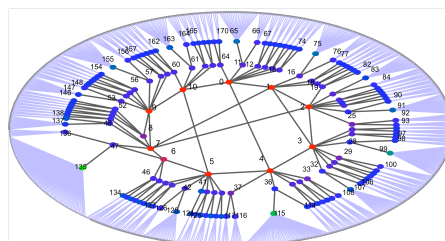
## 予備スライド

▶ 19

2008年12月IN研究会 08.12.12

## Abilene-inspired トポロジ

- ▶ 実際のルーターレベルのトポロジが基になっている
- ▶ ノード度数分布はべき乗則に従う

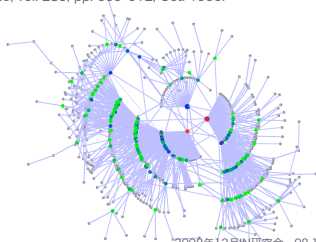


▶ 20

2008年12月IN研究会 08.12.12

## BAトポロジ

- ▶ アルゴリズムに基づき人工的に生成
- ▶ ノード度数分布はべき乗則に従う
- ▶ [4] A. Barabasi and R. Albert, "Emergence of scaling in random networks," Science, vol. 286, pp. 509-512, Oct. 1999.



▶ 21

2008年12月IN研究会 08.12.12

## CQR2009 Workshop

- ▶ **IEEE Communications Society 2009 International Communications Quality and Reliability (CQR) Workshop**
- ▶ May 12-14, 2009
  - ▶ The Naples Beach Hotel & Golf Club  
851 Gulf Shore Boulevard North  
Naples, Florida 34102, USA
- ▶ Submission Deadline: 2008/12/15
  - ▶ Will be extended to 2008/12/29
- ▶ Accepted papers will be included in IEEE Explore
- ▶ <http://www.ieee-cqr.org/>

▶ 22

2008年12月IN研究会 08.12.12