

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經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^2 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^2 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

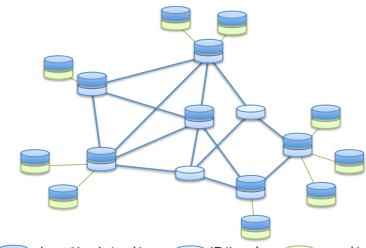
研究の目的

- ▶ **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

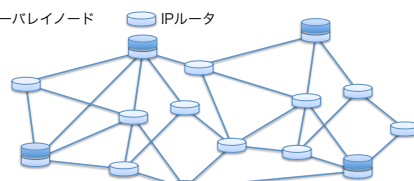


● オーバーレイノード
 ● IPルータ
 ● エンドホスト

▶ 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

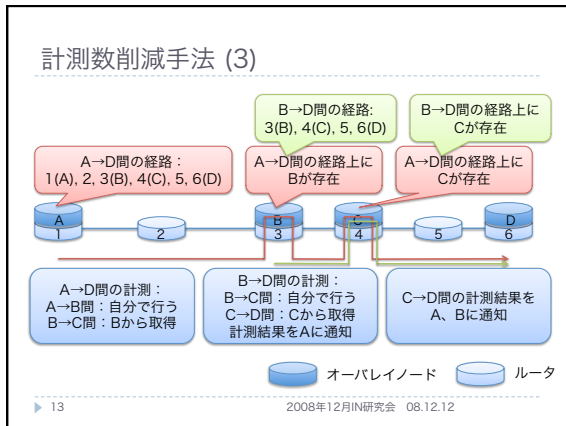
- ▶ 共有パターン (1) に対する手法
- ▶ 前提
 - ▶ オーレイノードのIPアドレスは既知
 - ▶ オーレイノードはtracerouteを実行可能
- ▶ 手順
 - ▶ オーレイノードは他のオーバーレイノードへtracerouteを実行
 - ▶ 他ノードからのtracerouteパケットが自ノードを通過する場合、そのパケットをキャプチャする
 - ▶ 送信・受信ノードを記録
 - ▶ 自ノードのtracerouteの結果、およびキャプチャした結果から計測するパス、計測結果を伝える相手を決定

▶ 11 2008年12月IN研究会 08.12.12

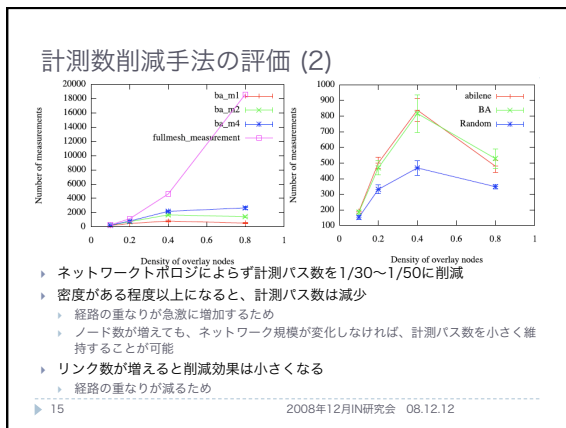
計測数削減手法 (2)

- ▶ 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： $1-(1-p_1)(1-p_2)$

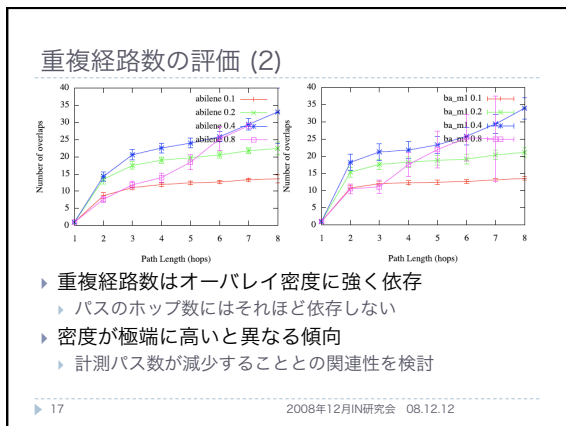
▶ 12 2008年12月IN研究会 08.12.12



- ### 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



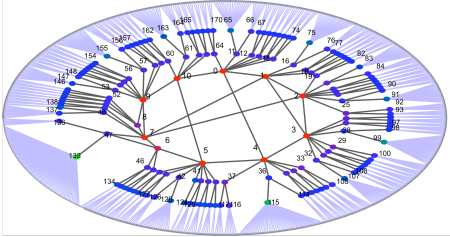
- ### まとめと今後の課題
- ▶ まとめ
 - ▶ オーバレイノード密度にスケーラブルなオーバレイパス計測手法の基礎検討
 - ▶ ネットワークトポロジにかかわらず、計測数を最大で1/50にすることが可能
 - ▶ 計測すべきパスの経路重複の発生頻度は、オーバレイノード密度に強く依存
 - ▶ 今後の課題
 - ▶ 密度にかかわらず重複経路数を推定可能な指標
 - ▶ 計測手法の確立、性能評価
 - ▶ 計測手法を基にしたパス選択、障害回復手法
- ▶ 18 2008年12月IN研究会 08.12.12

予備スライド

▶ 19 2008年12月IN研究会 08.12.12

Abilene-inspired トポロジ

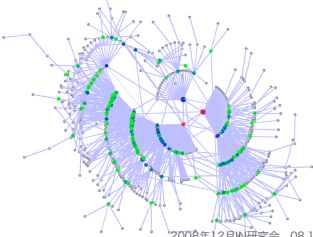
- ▶ 実際のルーターレベルのトポロジが基になっている
- ▶ ノード度数分布はべき乗則に従う



▶ 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