

オーバーレイネットワークにおける 局所的な情報交換に基づく分散型計測手法

○ディン ティエン ホアン, 長谷川 剛, 村田 正幸
大阪大学 大学院情報科学研究科

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
 - ▶ 利用サービス: Skype, Bittorrent, Akamaiなど
 - ▶ 性能の維持と向上のために、アンダーレイネットワークの性能情報を計測によって取得する必要がある
 - ▶ 性能情報: 遅延, 帯域, ロス率など

IN研究会 2012/7/19

研究の背景 (2)

- ▶ オーバーレイネットワークにおける計測
 - ▶ オーバーレイノードの密度が高くなるにつれて、経路が重複するパスの数が増える
 - ▶ 重複パスを同時に計測すると、計測トラヒックが衝突し、計測精度が低下
 - ▶ 精度低下の度合は計測メトリックによる
 - 帯域: 精度低下の度合が大きい
 - 遅延: 精度低下の度合が小さい

IN研究会 2012/7/19

研究の背景 (3)

- ▶ 衝突回避可能な既存計測手法[1]
 - ▶ 一箇所(マスターノード)に収集し、重複パスを検出
 - ▶ 重複パスを同時に計測しないようにスケジューリングする
 - ▶ 計測衝突を完全に回避
 - ▶ 同時に計測できるパスの数が少ない
 - 計測頻度が小さく、精度向上に限界がある
 - ▶ トラヒック量と計算量がマスターノードに集中

[1] M. Fraiwan and G. Manimaran, "Scheduling algorithms for conducting conflict-free measurements in overlay networks", *Computer Networks*, vol 52, pp. 2819-2830, Oct. 2008

研究の目的

分散型計測手法の提案

- ▶ 提案手法の方針
 - ▶ 隣接ノード間で必要最小限の情報交換を行う
 - ▶ 経路情報の交換
 - 重複パスを検出する
 - ▶ 計測頻度の削減
 - 計測衝突を軽減する
 - ▶ 計測結果の交換
 - 計測精度を向上する

IN研究会 2012/7/19

経路重複の分類

- ▶ 検出方法に基づいて分類する
 - ▶ 送信ノードからのtracerouteで検出できる重複
 - ▶ 完全重複: ひとつのパスが他方のパスを完全に含む
 - ▶ 送信側重複: 送信ノードからパス上のルータまでの経路を共有する
 - ▶ 受信ノードからのtracerouteで検出できない重複
 - ▶ 受信側重複: パス上のルータから受信ノードまでの経路を共有する
 - ▶ 部分重複: 送信ノードと受信ノードを含まない一部の経路を共有する

IN研究会 2012/7/19

経路重複の分類

- ▶ 検出方法に基づいて分類する
 - ▶ 送信ノードからのtracerouteで検出できる重複
 - ▶ 完全重複: ひとつのパスが他方のパスを完全に含む
 - ▶ **送信側重複**: 送信ノードからパス上のルータまでの経路を共有する
 - ▶ 送信ノードからのtracerouteで検出できない重複
 - ▶ 受信側重複: パス上のルータから受信ノードまでの経路を共有する
 - ▶ 部分重複: 送信ノードと受信ノードを含まない一部の経路を共有する

7 IN研究会 2012/7/19

経路重複の分類

- ▶ 検出方法に基づいて分類する
 - ▶ 送信ノードからのtracerouteで検出できる重複
 - ▶ 完全重複: ひとつのパスが他方のパスを完全に含む
 - ▶ 送信側重複: 送信ノードからパス上のルータまでの経路を共有する
 - ▶ 送信ノードからのtracerouteで検出できない重複
 - ▶ **受信側重複**: パス上のルータから受信ノードまでの経路を共有する
 - ▶ 部分重複: 送信ノードと受信ノードを含まない一部の経路を共有する

8 IN研究会 2012/7/19

経路重複の分類

- ▶ 検出方法に基づいて分類する
 - ▶ 送信ノードからのtracerouteで検出できる重複
 - ▶ 完全重複: ひとつのパスが他方のパスを完全に含む
 - ▶ 送信側重複: 送信ノードからパス上のルータまでの経路を共有する
 - ▶ 送信ノードからのtracerouteで検出できない重複
 - ▶ 受信側重複: パス上のルータから受信ノードまでの経路を共有する
 - ▶ **部分重複**: 送信ノードと受信ノードを含まない一部の経路を共有する

9 IN研究会 2012/7/19

提案手法：部分重複パスの検出アルゴリズム

1. tracerouteより送信側重複パスを検出する
2. 部分重複パスの候補を推定する
3. 経路情報を交換し、部分重複パスを検出する
 - ▶ 候補パスが部分重複パスであるかを確認
 - ▶ 新たな部分重複パスを検出

10 IN研究会 2012/7/19

提案手法：部分重複パスの検出アルゴリズム

1. tracerouteより送信側重複パスを検出する
2. 部分重複パスの候補を推定する
3. 経路情報を交換し、部分重複パスを検出する
 - ▶ 候補パスが部分重複パスであるかを確認
 - ▶ 新たな部分重複パスを検出

11 IN研究会 2012/7/19

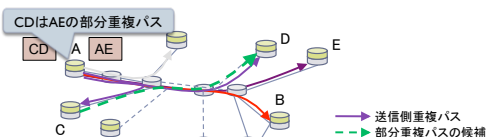
提案手法：部分重複パスの検出アルゴリズム

1. tracerouteより送信側重複パスを検出する
2. 部分重複パスの候補を推定する
3. 経路情報を交換し、部分重複パスを検出する
 - ▶ 候補パスが部分重複パスであるかどうかを確認
 - ▶ 新たな部分重複パスを検出し、情報交換を繰り返す

12 IN研究会 2012/7/19

提案手法：部分重複パスの検出アルゴリズム

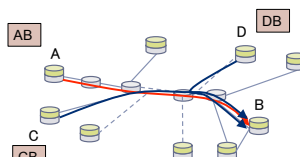
1. tracerouteより送信側重複パスを検出する
2. 部分重複パスの候補を推定する
3. 経路情報を交換し、部分重複パスを検出する
 - ▶ 候補パスが部分重複パスであるかどうかを確認
 - ▶ 新たな部分重複パスを検出し、情報交換を繰り返す



▶ 13 IN研究会 2012/7/19

提案手法：受信側重複パスの検出アルゴリズム

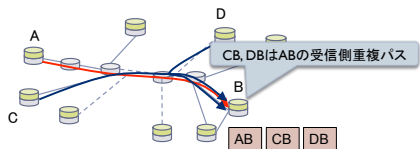
1. 送信ノードがパスの経路情報を受信ノードに送信する
2. 受信ノードが受信側重複パスを検出する
3. 受信ノードが送信ノードに受信側重複パスの経路情報を送信する



▶ 14 IN研究会 2012/7/19

提案手法：受信側重複パスの検出アルゴリズム

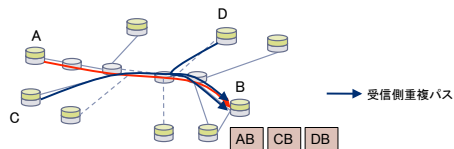
1. 送信ノードがパスの経路情報を受信ノードに送信する
2. 受信ノードが受信側重複パスを検出する
3. 受信ノードが送信ノードに受信側重複パスの経路情報を送信する



▶ 15 IN研究会 2012/7/19

提案手法：受信側重複パスの検出アルゴリズム

1. 送信ノードがパスの経路情報を受信ノードに送信する
2. 受信ノードが受信側重複パスを検出する
3. 受信ノードが送信ノードに受信側重複パスの経路情報を送信する



▶ 16 IN研究会 2012/7/19

提案手法：検出アルゴリズムの評価（1）

- ▶ 評価指標
 - ▶ 検出率
 - ▶ 情報交換回数
- ▶ 検出レベルの設定
 - ▶ 検出率と情報交換オーバーヘッドのトレードオフを評価するため
 - ▶ Algorithm 1は情報交換ループを含む
 - ▶ 情報交換ループの反復毎に、評価する
 - ▶ 4つの検出レベル
 - ▶ detecting level 1: Algorithm 1を情報交換ループの1回の反復まで実行
 - ▶ detecting level 2: Algorithm 1を情報交換ループの2回の反復まで実行
 - ▶ detecting level 3: Algorithm 1を完全に実行
 - ▶ detecting level 4: Algorithms 1と2を完全に実行

部分重複パス検出アルゴリズム : Algorithm 1
受信側重複パス検出アルゴリズム : Algorithm 2

▶ 17 IN研究会 2012/7/19

提案手法：検出方法の評価（2）

- ▶ full-mesh方法と比較する
 - ▶ full-mesh方法
 - ▶ ノードが自分を送信ノードとしたすべてのパスの経路情報を他のすべてのノードへ送信
 - ▶ 検出率: 100%
 - ▶ シミュレーション設定
 - ▶ アンダーレイトポロジ
 - ▶ AT&T, BA, ランダム
 - ▶ ルータ数: 523, リンク数: 1304
 - ▶ オーバレイノード
 - ▶ ルータ数の20%

▶ 18

提案手法：検出方法の評価（2）

▶ detecting level 1 : 検出率:約60%、情報交換回数:約1/6 (full-mesh手法と比べて)
 ▶ detecting level 2, 3 : 検出率:約70%、情報交換回数:約1/5
 ▶ detecting level 4 : 検出率:約90%、情報交換回数:約1/3

19 IN研究会 2012/7/19

提案手法：計測衝突軽減方法（1）

▶ 完全重複バス:

- ▶ 部分バスの計測結果から全体の計測結果を推定[3]
- ▶ ACの遅延時間 = ABの遅延時間 + BCの遅延時間

▶ 完全重複バスとの計測衝突が発生しない

[3] G. Hasegawa and M. Murata, "Scalable and density-aware measurement strategies for overlay networks", in Proc. ICIMP 2009, pp. 21-26, May 2009

20 IN研究会 2012/7/19

提案手法：計測衝突軽減方法（2）

▶ 送信側重複バス:

- ▶ 送信ノードが逐次的に送信側重複バスを計測する

AはAB, AC, AD...を逐次的に計測する

▶ 計測衝突を完全に回避できる

21 IN研究会 2012/7/19

提案手法：計測衝突軽減方法（3）

▶ 受信側重複バスと部分重複バス:

- ▶ 送信ノードが異なるため、計測衝突を完全に回避できない

計測衝突軽減方法

- 計測頻度の削減
 - 受信側重複バスと部分重複バスの総数が K-1 である場合、計測頻度を 1/K 以下にする
- 計測タイミングをランダムにする

22 IN研究会 2012/7/19

提案手法：計測精度の向上

- ▶ 計測衝突によって計測精度が低下する
- ▶ 計測精度の向上方法
 - ▶ 各送信ノードが重複部分の計測結果を交換する

AとCは経路RR₁の計測結果を交換する

▶ 計測結果の数が増えるため、計測精度が向上される

23 IN研究会 2012/7/19

性能評価

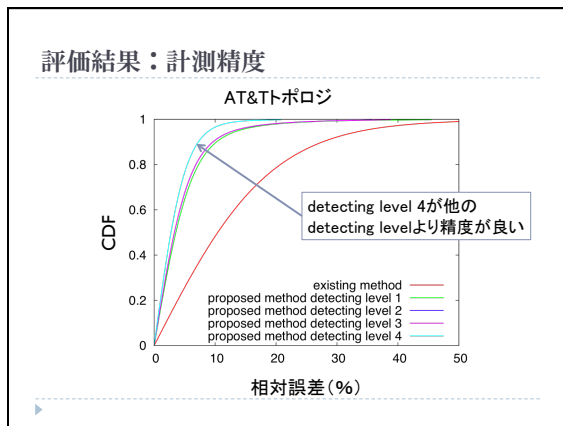
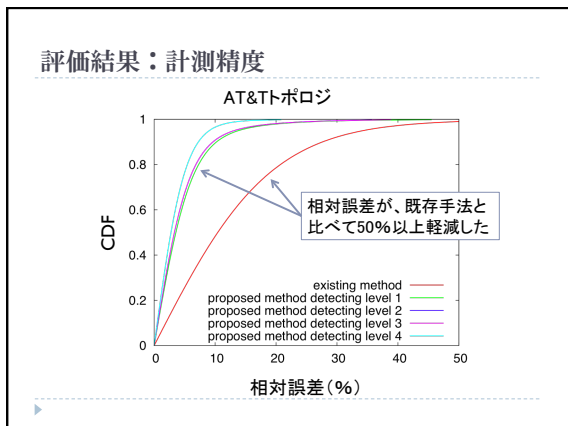
▶ 評価方法

- ▶ 計測メトリック: 遅延
- ▶ 既存手法[1]と比較する
 - ▶ 計測オーバーヘッドが同等になるように、計測頻度を調整
 - ▶ 計測結果の相対誤差を比較する

▶ シミュレーション設定

- ▶ アンダーレイトポロジ
 - ▶ AT&T, BA, ランダム
 - ▶ ルータ数: 523, リンク数: 1304
- ▶ オーバレイノード
 - ▶ ルータ数の20%

24 IN研究会 2012/7/19



評価結果の考察

- ▶ 計測精度に影響する指標を調べた
 - ▶ 計測結果の数
 - ▶ 同時計測回数
 - ▶ 計測衝突の度合を表す
 - ▶ 1に近いほど、計測衝突が少ない

手法	計測回数	計測結果の数	同時計測回数
existing method	10.626	10.626	1.000
proposed method detecting level 1	7.918	130.323	1.031
proposed method detecting level 2	8.213	136.889	1.029
proposed method detecting level 3	8.211	136.852	1.029
proposed method detecting level 4	6.798	168.294	1.022

既存手法と比べて、計測結果の数が多

評価結果の考察

- ▶ 計測精度に影響する指標を調べた
 - ▶ 計測結果の数
 - ▶ 同時計測回数
 - ▶ 計測衝突の度合を表す
 - ▶ 1に近いほど、計測衝突が少ない

手法	計測回数	計測結果の数	同時計測回数
existing method	10.626	10.626	1.000
proposed method detecting level 1	7.918	130.323	1.031
proposed method detecting level 2	8.213	136.889	1.029
proposed method detecting level 3	8.211	136.852	1.029
proposed method detecting level 4	6.798	168.294	1.022

計測衝突が少ない

- ### まとめと今後の課題
- ▶ まとめ
 - ▶ 分散型計測手法の提案
 - ▶ 隣接ノード間で経路情報を交換
 - 経路重複を検出
 - 計測衝突を軽減
 - ▶ 隣接ノード間で計測結果を交換
 - 計測精度を向上
 - ▶ シミュレーションによる性能評価を行った
 - ▶ 高い重複パス検出率が得られた
 - ▶ 計測結果の相対誤差が既存手法と比べて半分以上軽減した
 - ▶ 今後の課題
 - ▶ 実環境による性能評価