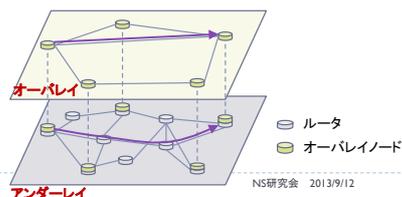


オーバーレイネットワークにおける経路重複の推定に基づく分散型利用可能帯域計測手法

○デイン 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: 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
- ▶ 迅速なサービス展開を可能に
 - ▶ 利用サービスやアプリケーション: Skype, Bittorrent, Akamaiなど
- ▶ オーバーレイノード間パスの性能情報が重要
 - ▶ 性能情報: 遅延、パケットロス率、利用可能帯域など



▶ 2 NS研究会 2013/9/12

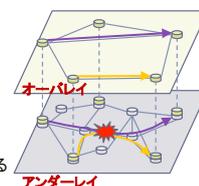
研究の背景: 利用可能帯域

- ▶ 多くのオーバーレイネットワークサービスの動作において重要な指標
 - ▶ Video on demand, Peer assisted streaming,...
- ▶ 利用可能帯域の計測の問題点
 - ▶ 1回計測の計測用トラフィック量が多い
 - ▶ Pathload: 1OMB/1回
- ▶ 既存手法[5-7]
 - ▶ 計測パス数の削減に着目
 - ▶ 計測パス数を $O(n)$ まで削減可能 (n : オーバーレイノード数)
 - ▶ 1回計測の計測用トラフィックの削減を考慮しない

▶ 3 NS研究会 2013/9/12

研究の背景: 計測衝突

- ▶ 経路が重複するパスを同時に計測すると計測衝突が発生する可能性がある
 - ▶ 発生する場合、計測精度が低下、重複部分の負荷が増大
 - ▶ 計測ツールの計測方式により、衝突が発生する確率が小さい場合もある
- ▶ 計測頻度を向上するために
 - ▶ 計測衝突を軽減する
 - ▶ 高い計測頻度を維持する
- ▶ 既存手法[8,9]
 - ▶ 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
 - ▶ 計測頻度が小さく、精度向上に限界がある



▶ 4 NS研究会 2013/9/12

研究の目的とアプローチ

- ▶ **研究の目的**: 計測トラフィックを削減し、高い計測精度をもつ分散型利用可能計測手法を提案
- ▶ **研究のアプローチ**: **オーバーレイノード間の情報交換**を利用
 - ▶ オーバーレイパスの経路情報を交換し、パスの重複を検出
 - ▶ 重複状況に基づいた計測精度向上方法
 - 計測衝突を軽減
 - 高い計測頻度を維持
 - ▶ 重複パスの計測結果を交換し、計測トラフィックを削減
 - ▶ 1回計測の計測トラフィックの削減に着目

▶ 5 NS研究会 2013/9/12

提案手法の概要

1. 重複パスの検出
2. 計測タイミングの決定
 - ▶ パスの重複状況に基づく
3. 計測の実行
 - ▶ 計測トラフィックを削減するためのパラメータ設定

▶ 6 NS研究会 2013/9/12

重複パスの検出方法[10]

Step 1: 始点ノードが同じ重複パスをtracerouteを用いて検出

Step 2: 始点ノードが異なる重複パスを推定

Step 3: 経路情報を交換し、始点ノードが異なる重複パスを確認

CDがABの重複パスであると推定

ABとCDの経路情報を交換

始点ノードが異なる重複パスを90%以上検出できる[10]

7 NS研究会 2013/9/12

計測タイミングの決定方法

(1) パス p_i の計測頻度の算出

$$f_i = \min\left\{\frac{\beta_i}{\sum_{j=1}^G \beta_j}, \frac{1}{K_i + 1}\right\}$$

パス p_i の計測結果のパラジキの割合

パス p_i の始点ノードが異なる重複パスの数

→ 始点ノードが同じ重複パス
→ 始点ノードが異なる重複パス

(2) パス p_i の計測タイミングの割当

タイムスロット(1回の計測時間)

パス p_i の計測タイミング

パス p_G の計測タイミング

1計測結果集計期間: Tタイムスロット

Aの計測時間

8 NS研究会 2013/9/12

エンド端末間パスの計測

計測パケットストリーム

送信側

ネットワーク

受信側

- ▶ Pathload [3] に基づいた計測アルゴリズム
 - ▶ 高精度を得る
 - ▶ パラメータを調整
 - ▶ 計測トラフィック量を削減する

9 NS研究会 2013/9/12

計測アルゴリズム

Pathload [3] の計測原理

40 Mbps

60 Mbps

送信側

ネットワーク

受信側

利用可能な帯域幅 = 50 Mbps

送信レートを変化させて利用可能帯域の推定範囲を求める

パケット間隔が変化しない

パケット間隔が伸びる

[推定範囲の求め方: 二分探索]

初期

1回目

2回目

n回目

推定範囲

送信レート

利用可能帯域

Pathloadのデフォルト設定: 十分大きい初期推定範囲を用いる

計測トラフィックが大きい

計測トラフィックを削減するための初期推定範囲の設定方法を提案

10 NS研究会 2013/9/12

初期推定範囲の設定方法(1/2)

- ▶ 計測結果を用いて、初期推定範囲を求める
 - ▶ 重複パスの始点ノードは以下の情報を交換する
 - ▶ 計測結果
 - ▶ ボトルネックリンクが重複部分に存在する確率

A

B

C

D

R₁

R₂

重複部分

$\Phi(AB, R_1, R_2)$: ABの計測結果

$\Phi(CD, R_1, R_2)$: CDの計測結果

$\Phi(AB, R_1, R_2)$: ABのボトルネックリンクが R_1, R_2 間に存在する確率

$\Phi(AB, R_1, R_2) = \frac{\text{Latency}(R_1, R_2)}{\text{Latency}(AB)}$

11 NS研究会 2013/9/12

初期推定範囲の設定方法(2/2)

- ▶ 交換した情報を用いて、初期推定範囲を算出する
 1. 重複パスの計測結果が同じになる確率 α を計算

$$\alpha = \Phi(AB, R_1, R_2) \times \Phi(CD, R_1, R_2)$$
 2. 計測結果に対して、統計処理を行い、95%信頼区間を初期推定範囲とする
 - 計測結果の重み: α

A

B

C

D

R₁

R₂

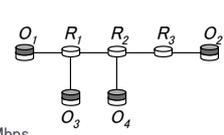
$\Phi(AB, R_1, R_2)$: ABの計測結果

$\Phi(CD, R_1, R_2)$: CDの計測結果

12 NS研究会 2013/9/12

提案手法の動作確認

- シミュレーションの目的
 - 提案手法が設計通りに動作するかを確認
 - 提案した初期推定範囲の計算方法の有効性を確認
- シミュレーション設定
 - ネットワークモデル
 - オーバーレイノード: 4個

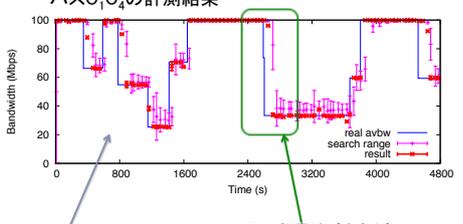


- 全てのリンクの物理帯域: 100Mbps
- オーバーレイノード間パスにランダムにクロストラフィックを発生させる

13 NS研究会 2013/9/12

提案手法の動作確認の結果

パスO₁O₄の計測結果



初期推定範囲は幅が小さく、利用可能帯域に近い

利用可能帯域が大きく変化しても、初期推定範囲が早く利用可能帯域に近づく

提案手法を使わないときの初期推定範囲

14 NS研究会 2013/9/12

既存手法との比較評価

- 評価方法
 - 既存手法[8]と比較
 - 評価指標
 - 計測精度: 計測結果の相対誤差
 - 計測トラフィック量: 1回計測におけるパケットストリームの送信回数
- シミュレーション設定
 - アンダーレイネットワークトポロジ: AT&T, BA, ランダム
 - ノード数: 523, リンク数: 1304
 - 全てのリンクの物理帯域: 100Mbps
 - オーバーレイノード: ノード数の20%

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

15 NS研究会 2013/9/12

評価結果(AT&Tトポロジ)

計測結果の相対誤差の分布

手法	相対誤差			
	≥0.05	≥0.1	≥0.2	≥0.4
既存手法	56.600%	32.184%	9.576%	1.432%
提案手法	41.999%	18.087%	3.260%	0.194%

提案手法の計測精度は既存手法より大きく上回る

手法	パスあたりの計測回数	衝突回数	一回計測におけるパケットストリームの送信回数
既存手法	3.287	0.000	6.000
提案手法	11.050	1.554	5.674

提案手法の計測回数が既存手法より大きく上回る

衝突回数が計測回数全体の約10%

一回計測における計測トラフィックは既存手法より小さい

16 NS研究会 2013/9/12

まとめと今後の課題

- まとめ
 - オーバーレイネットワークにおける分散型利用可能帯域計測手法の提案
 - パスの経路重複の状況に基づいた計測タイミング決定方法
 - 高い計測頻度
 - 計測衝突を軽減
 - 計測結果の交換によるエンド端末パス計測方法
 - 一回計測におけるパラメータ設定方法
 - シミュレーションによる性能評価
 - 提案手法の計測精度が既存手法と比べて大きく上回る
 - 一回計測における計測トラフィックを削減
- 今後の課題
 - より厳密な性能評価
 - 提案手法の応用方法

17 NS研究会 2013/9/12