

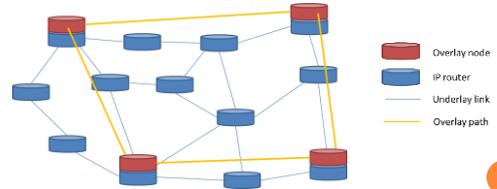
Improving estimation accuracy of packet loss ratio on overlay networks based on spatial composition

オーバーレイネットワークにおける空間的合成に基づく  
パケット廃棄率計測手法の精度向上

飯島 優介†, 長谷川 剛††, 村田 正幸†  
† 大阪大学 大学院情報科学研究科  
†† 大阪大学 サイバーメディアセンター

## 研究背景 (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アプリケーション層ネットワーク
- IP ネットワークの変更なくアプリケーションに適したネットワークを構築できる



2014/3/13

ICM 研究会

2

## 研究背景 (2)

### オーバーレイネットワークでの性能の計測

- アプリケーションの性能を維持・向上するには IP ネットワークの性能の計測が必要
  - 遅延時間, パケット廃棄率, 帯域など
- 全てのパスの計測コスト:  $O(n^2)$  ( $n$ : オーバーレイノード数)
- 計測コストを下げる既存手法の問題点の例
  - $O(n)$ で計測できるが重要なパスしか計測しない
  - 遅延時間の計測に対してのみ適用可能

3

2014/3/13

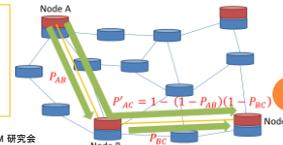
ICM 研究会

## 研究背景 (3)

### 空間的合成手法

- 重複関係にある複数のオーバーレイパスの一部の計測を避けることで計測コストを削減
- 計測を行わないパスの性能は部分パスの計測結果を用いて推定
- 遅延時間については精度評価が行われている
- パケット廃棄率に関する精度検証が行われていない

ノード A, B 間のパケット廃棄率  $P_{AB}$   
ノード B, C 間のパケット廃棄率  $P_{BC}$   
の時,  
ノード A, C 間のパケット廃棄率  $P'_{AC}$  を  
 $P'_{AC} = 1 - (1 - P_{AB})(1 - P_{BC})$   
と推定



2014/3/13

ICM 研究会

4

## 研究の目的

- オーバーレイネットワークにおけるパケット廃棄率の計測結果に対する, 空間的合成手法の計測精度を向上させるためのデータ処理手法を提案
  1. スミルノフ・グラブス検定による外れ値の検出
  2. 統計的指標に基づく信頼できないデータの検出
- PlanetLab 環境におけるパケット廃棄率の計測結果を用いて, 空間的合成手法・データ処理手法の精度評価を行う

5

2014/3/13

ICM 研究会

## パケット廃棄率の計測

- パケット廃棄率の計測は継続的に行われていると仮定
- 計測が行われた時刻によって計測結果を分割し管理する
  - $i$  番目の計測結果を  $P_i$  とする
- 直近の  $K$  個の連続する計測結果を計測データとし, それを基に空間的合成手法を適用し, 計測を行っていないパスのパケット廃棄率の計測結果を推定する

6

2014/3/13

ICM 研究会

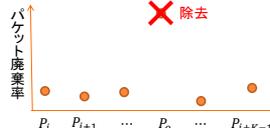
### 計測精度向上のためのデータ処理手法

- 異常な計測結果を廃棄し、計測し直す
  - サーバや仮想マシンの高負荷、一時的なネットワークの変化により異常に高いバケット廃棄率が計測される
    - 安定時のネットワークの性能を表さない
  - そのような計測結果を用いて空間的合成を行うと推定精度が低下する
  - 普段から変動が大きい場合
    - 空間的合成によって計測値を推測せず、直接計測する

7

### スミルノフ・グラブス検定による外れ値の検出

1. 各パスにおける計測結果の中でバケット廃棄率が最大のものを外れ値の候補とする
2. 計測回数、平均値、不偏分散、有意水準より外れ値かどうかを判定
  - 有意水準を大きくすると外れ値と判定されやすくなる
3. 外れ値である場合はその結果を除去し外れ値がなくなるまで繰り返す



8

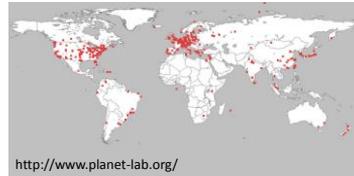
### 統計的指標に基づく信頼できないデータの検出

1. 直近の  $K$  個のバケット廃棄率の計測結果  $P_i, P_{i+1}, \dots, P_{i+K-1}$  に対して、以下の指標値を評価する
  - $I_1 = \frac{\sigma}{\bar{P}}, I_2 = \frac{P_{max} - P_{min}}{\bar{P}}, I_3 = \frac{P_{max}}{\bar{P}}$ 
    - $\sigma$ : 標準偏差,  $\bar{P}$ : 平均値,  $P_{max}$ : 最大値,  $P_{min}$ : 最小値
2. 指標値が大きい場合にはその計測結果は信頼できないと判断し、空間的合成は行わない
3. 空間的合成を行わない場合は再計測を行うか、空間的合成による推定をせず直接計測する

9

### 計測データを取得したネットワーク環境

- PlanetLab 環境を利用して取得したバケット廃棄率の計測データを用いて提案手法の性能評価を行う
  - PlanetLab とは
    - 世界規模の実験用ネットワーク
    - 537 箇所に 1,109 ノード (計測時)
    - 参加者は任意のノードに仮想マシンを設置可能

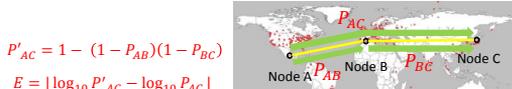


<http://www.planet-lab.org/>

10

### ネットワーク性能の計測データ

1. 3台のノード上の仮想マシンをランダムに選択
  - A, B, C とする
2. パス AB, BC, AC (Bを経由) の性能を計測
  - 各経路で 1 秒間隔での 2,500 パケット送信を 20 回繰り返し、 $P_1, P_2, \dots, P_{20}$  とする
  - 2012/1/21 - 2012/5/30 に計測した 3,348 組のデータ
  - パス AC の実際の計測値が  $P_{AC}$ 、推定値が  $P'_{AC}$  のとき推定誤差を  $E = |\log_{10} P'_{AC} - \log_{10} P_{AC}|$  と定義する



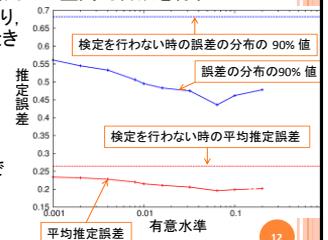
$$P'_{AC} = 1 - (1 - P_{AB})(1 - P_{BC})$$

$$E = |\log_{10} P'_{AC} - \log_{10} P_{AC}|$$

11

### スミルノフ・グラブス検定による外れ値の除去の性能評価

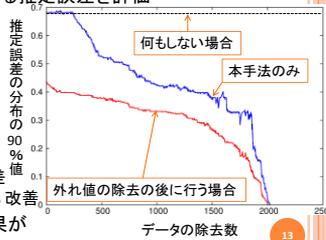
- $P_1, P_2, \dots, P_{20}$  のうち、外れ値と判断された計測結果のみを破棄し、残りの計測結果を用いて空間的合成を行う
- 検定により誤差が小さくなり、特に有意水準が 0.064 のとき平均推定誤差が 26%、誤差の分布の 90% 値が 36% 改善
- 有意水準が小さすぎると外れ値を十分除去できず、大きすぎると除去すべきでない計測結果を除去してしまうため、誤差が大きくなる



12

## 統計的指標に基づく信頼できないデータの検出による精度向上の評価

- 信頼できないと判断されたパスの空間的合成を行わず、残りの計測データに対する推定誤差を評価
- 例えば  $I_1$  の大きい順に 500 個除去すると、
  - この手法のみで推定誤差の分布の 90% 値が 23% 改善
  - スミルノフ・グラブス検定による外れ値の除去と組み合わせると推定誤差の分布の 90% 値が 45% 改善
- 他の指標でも同様の結果が得られる



13

2014/3/13

ICM 研究会

## まとめと今後の課題

- オーバレイネットワークにおけるパケット廃棄率の計測結果に対する、空間的合成手法の計測精度を向上させるためのデータ処理手法を提案した
  1. スミルノフ・グラブス検定による外れ値の除去
    - 推定誤差の平均値が 26%、誤差の分布の 90% 値が 36% 改善
  2. 統計的指標に基づく信頼できないデータの検出
    - 推定誤差が改善
    - 外れ値の除去と組み合わせるとさらに改善
- 今後の課題
  - TCP スループットや利用可能帯域などの指標に対する適用
  - 異なるネットワーク環境における評価

14

2014/3/13

ICM 研究会