

オーバーレイルーティングに起因する ISP 間トランジットコスト削減手法の提案および評価

○松田 一仁† 長谷川 剛†† 亀井 聡††† 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

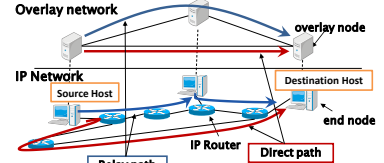
†††NTT サービスインテグレーション基盤研究所



研究背景

▶ オーバレイルーティング

- アプリケーションレベルで動作する経路制御技術
- エンド間ネットワーク性能指標 (遅延時間、利用可能帯域等) を用いて経路選択を行う
 - IP ルーティングはルータ・AS ホップ数、及び ISP 間の契約関係によってパスが決定される
- エンド間のネットワーク性能の向上や冗長性の確保などができることが知られている



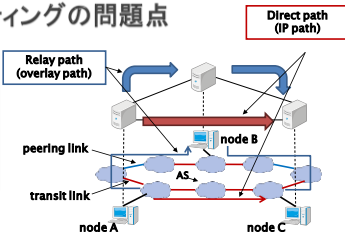
• 直接パス
送信元ノードから宛先ノードに直接至るオーバーレイパスで、IP パスに等しい

• 迂回パス
他ノードを経由するオーバーレイパス



オーバーレイルーティングの問題点

- ISP 間リンクの種類
- トランジットリンク
利用に際し下流 ISP が上流 ISP にトラフィックに応じた金銭的コストを支払う
 - ピアリングリンク
施設の維持費以外にコストが発生しない



- ▶ ISP の経路制御のポリシーに従わないトラフィックが発生
 - トラフィックが通過するトランジットリンク数が増加し、ネットワーク全体のトランジットコストが増大することが指摘されている



研究の目的

オーバーレイルーティングに起因する ISP 間のトランジットコスト削減手法の提案

- オーバレイパスに含まれるトランジット数を ISP 間トランジットコストの指標とし、オーバーレイルーティングによって経路を選択する際に増加するトランジット数を制限する
- オーバレイパスのトランジット数はオーバーレイノードが容易に取得できるネットワーク性能指標から推定する
 - トランジット数を得るための ISP 間の関係(トランジット/ピアリング)は一般には公開されていないため



提案手法の概要 (1)

▶ トランジット数の制限

1. 直接パスを基準とし、オーバーレイルーティングが経路を選択する際に増加するトランジット数を制限したうえで、エンド間性能の向上する経路を選択する

$$T_{ikj} \leq T_{ij} + \alpha$$

T_{ij} : 直接パスのトランジット数
 T_{ikj} : 迂回パスのトランジット数

トランジット数の増加が α 以下

2. 最良の迂回パスの性能を基準とし、トランジット数の削減による性能の劣化を制限したうえで、トランジット数を削減できる経路を選択する

遅延時間 $P_{ikj} \leq P_{ij} \times (1 + \beta)$ P_{ij} : 最良な迂回パスの性能

利用可能帯域 $P_{ikj} \geq P_{ij} \times (1 - \beta)$ P_{ij} : 迂回パスの性能

性能の劣化が β 以内



提案手法の概要 (2)

▶ トランジット数の推定

1. バックボーンルータなどを用いて得られる精度のよいトランジット数の情報を取得し、これを真のトランジット数と仮定する
2. 真のトランジット数とエンド間ネットワーク性能指標 (ルータホップ数、遅延時間、利用可能帯域等) の相関関係を求め、相関の強い性能指標を選出する
3. 選出した性能指標を用いてトランジット数を推定する重回帰式を導出する

$$m_{ij}^e = b_0 + b_1 x_{ij}^1 + b_2 x_{ij}^2 + \dots + b_n x_{ij}^n$$

ノード i, j 間のトランジット数の推定値

n 番目の性能指標の係数

n 番目の性能指標の値



提案手法の性能評価で想定するネットワーク

- PlanetLab ネットワーク
 - PlanetLab に属するノードによってオーバーレイネットワークが構成されることを想定する
 - 2008/11/12 に取得できた 459 ノード間の 64,077 本のエンド間パスのデータを用いる
 - ただし、全 PlanetLab ノードで構成されたネットワークは地理的な偏りがあるため、各地域インターネットレジストリ (RIR) に割り当てられた AS 番号数の比でランダムにノードを選出する

RIR (地域名)	AS 番号割当数	ノード数
ARIN (北アメリカ)	24,422	50
RIPE NCC (ヨーロッパ)	21,065	43
APNIC (アジア)	5,782	12
LACNIC (南アメリカ)	2,815	6

- 日本の商用ネットワーク
 - 日本の商用 ISP に属するノードによってオーバーレイネットワークが構成されることを想定する
 - 2009/3/22 に取得された 13 の商用 ISP に設置された 18 のノード間の 289 本のエンド間パスのデータを用いる

使用データ

- PlanetLab ノード間
 - ノード間の遅延時間及び利用可能帯域
 - Scalable Sensing Service (S³) より取得
 - IP レベルの経路及びホップカウント
 - ノード間でフルメッシュに traceroute を実行して取得
 - AS レベルの経路及びホップカウント
 - IP レベルの経路と Route Views Project より取得できる IP アドレスプレフィックス・AS 番号の対応を統合して取得
 - 経路上のトランジット数
 - CAIDA によって公開されている ISP 間の関係情報から取得
 - ここで取得したトランジット数を真のトランジット数とする
- 日本のノード間
 - ノード間の遅延時間および IP レベルの経路はそれぞれ ping, traceroute コマンドにより取得

評価結果: トランジット数の推定式

- PlanetLab ネットワークおよび日本の商用ネットワークに関してトランジット数の推定式を導出する
 - 真のトランジット数と相関関係が強いルータホップ数および遅延時間を推定式のパラメータとした

$$m_{ij} = b_y + b_r h_{ij} + b_d \delta_{ij}$$

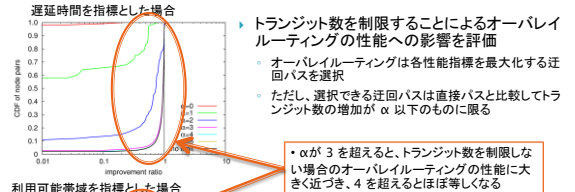
ノード i, j 間のトランジット数推定値

ノード i, j 間のルータホップ数

ノード i, j 間の遅延時間 (ms)

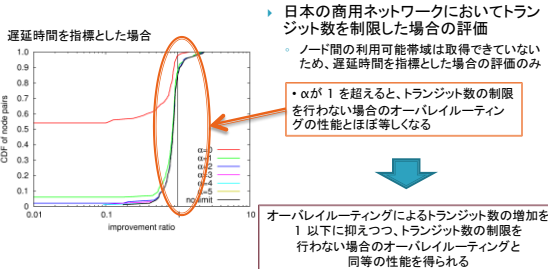
	b_y	b_r	b_d
PlanetLab	0.846	0.145	0.00120
日本	-1.48	0.240	-0.000889

評価結果: トランジット数を制限した場合のオーバーレイルーティングの性能 (PlanetLab ネットワーク)

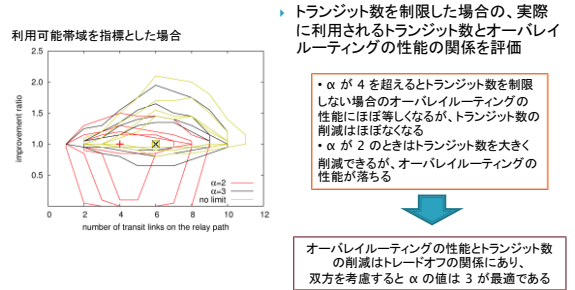


オーバーレイルーティングによるトランジット数の増加を 3 または 4 以下に抑えつつ、トランジット数の制限を行わない場合のオーバーレイルーティングとほぼ同等の性能を得られる

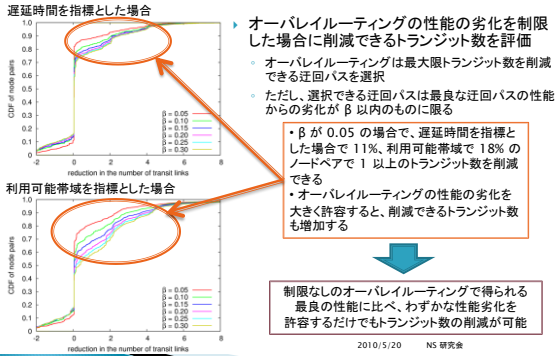
評価結果: トランジット数を制限した場合のオーバーレイルーティングの性能 (日本の商用ネットワーク)



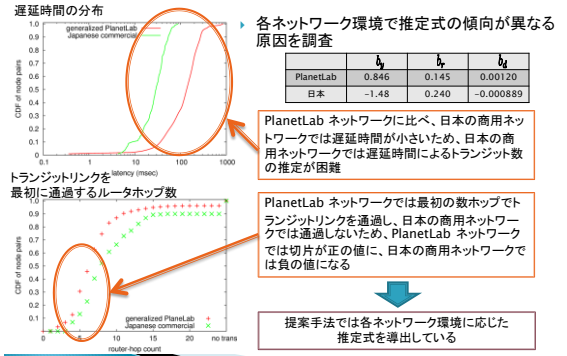
評価結果: トランジット数の削減とオーバーレイルーティングの性能の関係 (PlanetLab ネットワーク)



評価結果:
オーバレイティングの性能劣化を制限した場合に削減できるトランジット数 (PlanetLab ネットワーク)



評価結果: 推定式に影響を与えるネットワークの性質



まとめと今後の課題

- ▶ **まとめ**
 - 本研究では、オーバレイティングに起因する ISP 間トランジットコストを削減する手法を提案している
 - オーバレイノードが取得容易なエンド間ネットワーク性能指標からエンド間のトランジット数を推定する
 - 推定したトランジット数をトランジットコストの指標として経路選択を行う
 - PlanetLab 環境および日本の商用ネットワーク環境を想定して評価
 - ・ 提案手法を用いることで、オーバレイティングによるエンド間性能の向上を維持しつつ、トランジット数を削減できることを示した
 - ・ 提案手法によるトランジット数の推定が各ネットワークに適応して行っていることを示した
- ▶ **今後の課題**
 - ISP からの情報提供を想定したトランジットコスト削減手法の提案