

Osaka University

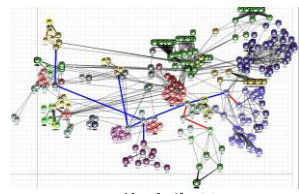
ISP トポロジーにおける局所連結性が 回線容量制約下のフロー量分布に与える影響

大阪大学基礎工学部情報科学科
村田研究室 松井佑記

Osaka University

研究背景

- ネットワーク制御手法の性能評価にインターネットトポロジーのモデル化が重要
- インターネットトポロジーの構造的特徴
 - 度数分布がべき則に従う
 - ノードに接続されるリンクの数が k であるノードの出現確率が $P(k) \propto k^{-\gamma}$ (γ は定数)
 - モジュール性が高い
 - 地域ごとのノード集合 (モジュール) において局所的に密に接続



AT&T 社のトポロジー

Osaka University

研究目的と得られた結果

- ネットワーク性能には接続関係だけでなく回線を通るフロー量が重要
 - ISP は各リンクを通るフロー量をもとに、回線容量を設計

研究の目的

- ISP トポロジーの各リンクを通るフロー量の分布と構造的特徴の関係を明らかにする
 - 既存研究：モジュール性の高いトポロジーはフロー量分布の偏りが大きい^[1]

↓

- フロー量分布の特性を決定づけるのはモジュール性ではない
- フロー量分布の偏りは、回線の物理距離の総和に大きく依存

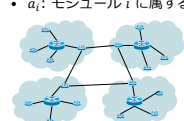
[1] Shigehiro Hosoki, "Structural analyses of router-level topologies having a power-law flow distribution," Master's thesis, Graduate School of Information Science and Technology, Osaka University, 2011.

Osaka University


モジュール性の評価指標

- モジュール性 (Modularity)
 - モジュール間に接続するリンクの疎密さを表す
 - モジュール性 Q の定義式^[2]

$$Q = \sum_i (e_{ii} - a_i^2)$$
 - e_{ii} : 同一のモジュール i に属するノード間のリンク数の割合
 - a_i : モジュール i に属するノードへ接続するリンク数の割合



モジュール性 Q : 高
モジュール内リンク: 密
モジュール間リンク: 疎



モジュール性 Q : 低
モジュール内リンク: 疎
モジュール間リンク: 密

[2] M. E. J. Newman, M. Girvan, "Finding and evaluating community structure in networks," *Physical Review E* 69 (026113), 2004.

Osaka University

フロー量分布に影響を与える要因

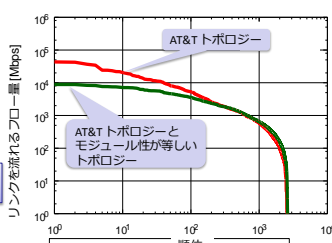
- 既存研究：モジュール性の高いトポロジーはフロー量分布の偏りが大きい^[1]
- AT&T トポロジーとモジュール性が等しくても、フロー量分布の偏りが小さいトポロジーが存在

↓

- モジュール性とは異なる構造的特徴がリンクを通るフロー量の特性を決定づけている

↓

回線の物理距離の総和に着目

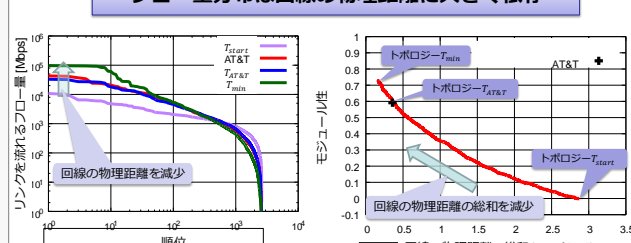


Osaka University

回線の物理距離の総和がフロー量分布に与える影響

- 回線の物理距離の総和を減少させ、フロー量分布を評価
 - 回線の物理距離の総和を減少させると、フロー量分布の偏りが大きくなった
 - AT&T トポロジーと同程度の回線の物理距離の総和を持つトポロジーでは、AT&T トポロジーと似たフロー量分布が得られた

フロー量分布は回線の物理距離に大きく依存



Osaka University 7

回線の物理距離の総和に影響を与える要因

- AT&T トポロジーは回線の物理距離の総和が最小となる構造をとっていない
 - 回線の物理距離を減少させることで、AT&Tトポロジーより回線の物理距離が小さいトポロジー T_{min} を生成可能
- 現実には回線容量の制約があるためフロー量分布の偏りが大きくなると性能が低下する可能性

↓

回線容量制約下で収容可能なトラヒック量に着目

Osaka University 8

回線の物理距離の総和が最小でない要因

- 回線の物理距離の総和を減少させたとき、回線容量の制約下で収容可能なトラヒック量がどのように変化するかを評価
 - 通信需要: AT&T トポロジーが回線容量制約下で流せる最大のフロー量に設定

ISP トポロジーの持つ高いモジュール性は回線容量制約下での物理距離の最適化により得られる

回線容量の上限: 40Gbps

Osaka University 9

まとめと今後の課題

- まとめ
 - ネットワーク制御手法の性能評価にインターネットトポロジーのモデル化が重要
 - ISPトポロジー特有の性質であるフロー量に着目
 - リンクを流れるフロー量の分布と構造的特徴の関係を調査
 - フロー量分布の特性を決定づけるのは回線の物理距離
 - フロー量分布の偏りは、回線の物理距離の総和に大きく依存
 - ISP トポロジーの持つ高いモジュール性は回線容量制約下での物理距離の最適化により得られる
- 今後の課題
 - ルーターの処理性能による制約下で、回線の物理距離がフロー量分布に与える影響の調査