

インターネットのトポジ構造が  
輻輳伝播現象に与える影響

平山 孝弘  
大阪大学基礎工学部情報科学科  
村田研究室

1

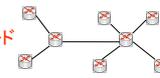
発表内容

- 研究の背景
- 研究の目的
  - 輻輳伝播現象
- シミュレーション評価
- トポジ構造の比較
- まとめと今後の課題

2

研究の背景

- インターネットトポジの次数分布はべき則[9]
  - 多数のリンクを持つ少数のハブノード
  - 少数のリンクを持つ多数の非ハブノード
- BAモデル
  - 次数分布がべき則に従うトポジを生成する手法
  - べき則に従うトポジの研究で広く用いられている
- 同じ次数分布を持つトポジは複数存在
  - 次数分布が同じでも、構造が異なる
  - トポジの構造の違いにより、ネットワークの性能も異なる[3]



[3] L. L. D. Alderson, W. Willinger, and J. Doyle, "A first-principles approach to understanding the Internet's router-level topology," in ACM SIGCOMM Computer Communication Review, vol. 34, pp. 3-14, Oct. 2004.  
[9] M. Faloutsos, P. Faloutsos, and C. Faloutsos, "On power-law relationships of the Internet topology," in SIGCOMM '99: Proceedings of the conference on Applications, technologies, architecture, and protocols for computer communication, pp. 251-262, ACM, Aug. 1999.

3

研究の目的

- トポジの構造の違いにより、ネットワークの性能も異なる
- べき則に従うという特性のみに着目した議論では不十分
- トポジの構造が有する特性を説明するために輻輳に着目
- 特にどのように輻輳が伝播していくかを調査

↓

- 輻輳を伝播しにくいトポジ構造を持つ特徴を明らかにする
  - ルータの接続関係や回線容量などの効率のよい設計へ応用

4

輻輳伝播現象

1. パケットを受け取れなくなる (輻輳状態)

2. ルータ間フロー制御によりパケットを送れず輻輳する (輻輳の伝播)

3. さらに手前のバッファにもパケットがたまる

□ バッファ  
■ パケット

5

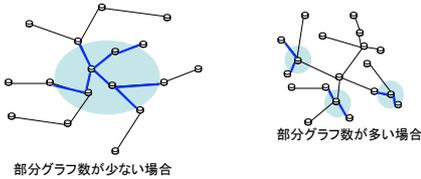
シミュレーション評価(1/2)

- ルータ間フロー制御が行われた場合の輻輳伝播の状況を評価
- 対象としたトポジ
  - BATポロジ...467ノード、2584リンク
  - 現実のISPトポジ
    - AT&Tトポジ...523ノード、2608リンク
    - Sprintトポジ...467ノード、2560リンク
- シミュレーションモデル
  - 各ノードが毎秒一定確率でパケットを生成し、ランダムに選んだ他のノードへ送信
  - 各リンクは同じサイズ10のバッファを持ち、毎秒1パケットを処理

6

### シミュレーション評価 (2/2)

- 各トポロジの輻輳伝播の状況を比較
  - パケット生成率を変化
  - 評価指標: 輻輳したリンクによってできる部分グラフの数



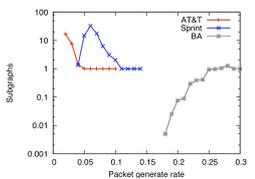
部分グラフ数が少ない場合

部分グラフ数が多い場合

7

### シミュレーション評価 (2/2)

- 各トポロジの輻輳伝播の状況を比較
  - パケット生成率を変化
  - 評価指標: 輻輳したリンクによってできる部分グラフの数

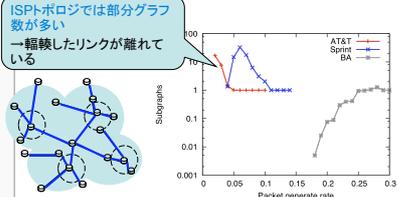


8

### シミュレーション評価 (2/2)

- 各トポロジの輻輳伝播の状況を比較
  - パケット生成率を変化
  - 評価指標: 輻輳したリンクによってできる部分グラフの数

ISPTトポロジでは部分グラフ数が多い  
一輻輳したリンクが離れている



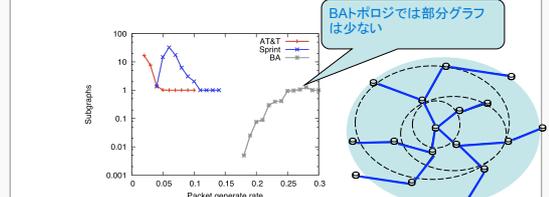
時間が経過するにつれて1つに収束していく

9

### シミュレーション評価 (2/2)

- 各トポロジの輻輳伝播の状況を比較
  - パケット生成率を変化
  - 評価指標: 輻輳したリンクによってできる部分グラフの数

BAトポロジでは部分グラフは少ない

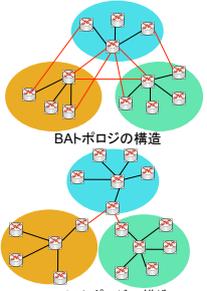


時間が経過するにつれて拡大していく

10

### トポロジ構造の比較

- 各トポロジをいくつかのモジュールに分割[15]
- モジュール間、モジュール内の接続状況を調査
  - ISPTトポロジ
    - モジュール同士がハブで連結されておらず、モジュール間を結ぶリンクは少ない
    - モジュール性が高く、モジュール間で輻輳が伝播しにくい
  - BATトポロジ
    - ハブ・非ハブノードによってモジュール同士が繋がっていることが多く、モジュール間を結ぶリンクが多い
    - モジュール性が低く、モジュールから別のモジュールへと輻輳が伝播する



[15] R. Guimerà and L. A. N. Amaral, "Functional cartography of complex metabolic networks," Nature, vol. 433, p. 895, 2005. 11

### まとめと今後の課題

- まとめ
  - 3つのトポロジの輻輳の伝播状況を調査
    - BATトポロジに比べ、ISPTトポロジは輻輳伝播を抑制
  - トポロジの構造を比較
    - ISPTトポロジはモジュール性が高い
    - モジュール性が高いため、輻輳の影響が他のノードに伝播しにくい
- 今後の課題
  - エンドホスト間でのフロー制御の適用
  - ルータのバケット処理能力の制約などの条件を適用したシミュレーションでの評価

12