

Advanced Network Architecture Research Group
http://www.anarg.jp/

On Feedback-induced Packet Delay Dynamics in Power-law Networks

大阪大学 大学院情報科学研究科
情報ネットワーク学専攻 村田研究室
平山 孝弘

修士論文発表会
2010/02/17

2

研究の背景

- **インターネット利用形態の多様化**
 - トラフィックの変動や多様な通信品質要求への対応の必要性
- **インターネットにおけるトラフィックの特徴を把握することが、ネットワーク制御・設計のためには重要**

↓

インターネットポロジを持つべき則に着目した、トラフィックの特徴やネットワーク性能の評価

3

トポロジの構造とネットワーク性能

- **インターネットポロジの出線数分布はべき則に従う**
 - べき則: 出線数が k であるノードの出現確率が $k^{-\gamma}$ に比例する
- **同一の出線数分布を持つポロジは複数存在する**
 - 出線数分布だけではトポロジの構造は決定されない
 - 構造の違いにより、ネットワーク性能も異なる [7]

↓

べき則に従うという性質にのみ着目した議論は十分でない

[7] R. Fukumoto, S. Arakawa, and M. Murata, "On routing controls in ISP topologies: A structural perspective," in Proceedings of Chinfoom, Oct. 2006.

4

研究の目的

- **トポロジの構造とエンドホスト間フロー制御との相互作用に着目**
 - トポロジを持つ構造的特徴がパケット転送遅延時間に与える影響を評価
 - 構造が異なるトポロジにおけるエンドホスト間フロー制御により生じるトラフィックの変動を評価

↓

インターネットポロジ特有のトラフィックの性質と、その要因となる構造的特徴を解明

5

シミュレーション評価

- **構造が異なる2つのトポロジを使用**
 - 523 ノード、1304 リンク
 - AT&T 社のルータレベルトポロジ ... AT&T トポロジ
 - BA モデル [5] により生成したトポロジ ... BA トポロジ
 - パッファサイズ、回線容量は均一
- **2種のエンドホスト間フロー制御を比較**
 - ランダムに選択した 2 ノード間でセッションを生成
 - セッション数: 10,000 または 100,000
 - ストップアンドウェイトによるフロー制御
 - TCP Reno によるフロー制御

[5] A.-L. Barabási and R. Albert, "Emergence of scaling in random networks," Science, vol. 286, pp. 509-512, Oct. 1999.

6

トポロジの構造がスループットへ与える影響

- **スループット: 単位時間毎の宛先に到着したパケット数**
- **AT&T トポロジでは TCP を用いるとスループットが向上**
- **BA トポロジではどちらのフロー制御を用いても同程度**
 - TCP を用いるとは輻輳が頻発し、パケット棄却が多発

(セッション数: 100,000)

BA トポロジ

AT&T トポロジ

7

リンクを経由するトラフィック量の時間変動

- 各リンクのキュー長の時間変動に着目
 - キュー長の変動が大きい = パース的にパケットが到着
- ハースト値 (H) より時間変動の大きさを評価
 - 長期依存性の強さを示す指標 ($0.5 < H < 1$)
 - R/S plot により測定 (セッション数: 100,000)
- キュー長の時間変動の例
 - AT&Tトポロジ内のあるリンクのキュー長 (バッファサイズは1,000)
 - キュー長の変動が小さいため、低いハースト値を計測

8

リンクを経由するトラフィック量の時間変動

- 各リンクのキュー長の時間変動に着目
 - キュー長の変動が大きい = パース的にパケットが到着
- ハースト値 (H) より時間変動の大きさを評価
 - 長期依存性の強さを示す指標 ($0.5 < H < 1$)
 - R/S plot により測定 (セッション数: 100,000)
- キュー長の時間変動の例
 - AT&Tトポロジ内の別のリンクのキュー長 (バッファサイズは1,000)
 - キュー長の変動が大きいため、高いハースト値を計測

9

トポロジの構造とキュー長の時間変動

- トポロジ内全リンクのハースト値を計測し分布を作成
- TCP を用いた場合にハースト値が上昇
 - TCP 特有の制御機構が変動を拡大
- AT&Tトポロジでは低い増加量
 - キュー長の変動を抑制 (セッション数: 100,000)

10

AT&Tトポロジの構造的特徴

- モジュール性の高い構造に着目
 - モジュール性: 局所的なノード集合への分割のしやすさ
- モジュール内は密に、モジュール間は疎に接続

11

AT&Tトポロジによるトラフィック変動の抑制

- モジュール間を結ぶリンクで高いハースト値
 - 多数のセッションにより生成されたパケットが集中するため
- モジュール内を結ぶリンクでは低いハースト値
 - AT&Tトポロジの構造により変動を抑制

AT&Tトポロジにおける $H \geq 0.8$ のリンク (セッション数: 10,000)

12

まとめと今後の課題

- トポロジの構造とエンドホスト間フロー制御の影響を評価
 - TCP によりパケット転送遅延およびキュー長の変動が増大
 - AT&Tトポロジでは TCP によりスループットが向上
- AT&Tトポロジはキュー長の変動を抑制
 - AT&Tトポロジが持つモジュール構造が要因
 - モジュール内を結ぶリンクのキュー長の変動を抑制
 - セッション数が増加するとモジュール内を結ぶリンクで大きな変動
- 今後の課題
 - トラフィック変動を考慮した回線容量割り当て手法の検討
 - トラフィックの複雑な変動に適応可能なトポロジ設計手法の検討