

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

Capacity dimensioning method for efficient and reliable communication in power-law networks

牧野 暢孝
n-makino@ist.osaka-u.ac.jp

大阪大学大学院情報科学研究科
博士前期課程2年 村田研究室

Feb 17, 2006 修士論文発表会 1

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

発表内容

- 研究の背景
 - べき乗則と信頼性の研究
- 研究の目的
- オーバプロビジョニング手法による評価
 - Power-lawネットワークでの回線容量の特性
- 信頼性を向上させる回線容量設計手法の提案
- 提案手法の評価
- まとめ

Feb 17, 2006 修士論文発表会 2

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

べき乗則の性質を持つネットワーク

- インターネットのトポロジはべき乗則に従う
 - 多くの隣接ノードを持つ、少数のノード
 - あまり隣接ノードを持たない、多数のノード

- 隣接ノードの数がkである確率P(k)

$$P(k) \approx k^{-\gamma}$$

Feb 17, 2006 修士論文発表会 3

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

Power-lawネットワークにおける信頼性

- 信頼性に関する研究 [1-3]
 - 障害発生時のネットワークの接続性を評価
 - ランダム障害やアタック障害への耐性

↓

ネットワークの研究では、トポロジ形状以外にも回線容量の分布も重要

- 回線容量設計に着目
 - Power-lawネットワークに適した容量設計

Feb 17, 2006 修士論文発表会 4

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

研究の目的

- 設備投資を抑え、信頼性を保った回線設計手法の提案
- トポロジ特性の調査
 - 障害発生時の負荷分布の特徴を明らかにする
 - 負荷の上がりやすいリンクを特定
 - トポロジ、障害の種類を変えて比較
- 現在の回線容量設計手法の評価
 - 対応できる障害の規模
 - 必要な回線容量との関係を明らかにする

Feb 17, 2006 修士論文発表会 5

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

従来の回線容量設計

- Over provisioningによる設計
 - 回線容量を経験的に見積もり
 - 流れるトラフィックに対し R 倍の空き容量を設定
 - 回線容量のうち、トラフィックが占める割合が 50% ~ 20%

回線容量 $T*(1+R)$

トラフィック量 T

空き容量 $T*R$

従来手法における回線割当量

- 従来手法を用いた評価
 - トラフィック量 = リンクを通る最短経路数
 - $R = 1.0, 2.0, 4.0$
 - 流れるトラフィック量の大きいリンクを順に故障
 - 評価指標
 - 障害発生時に収容できなかったトラフィック量

= 障害に対する耐性

Feb 17, 2006 修士論文発表会 6

Osaka University Advanced Network Architecture Research Group <http://www.anarg.jp/>

従来手法の評価

- **リンク故障の規模と収容できなかったトラフィック量の関係**
 - BAトポロジでは迂回トラフィックをよく収容しており、障害に強いと言える
 - Sprintトポロジでは、大きくトラフィック量が上昇している
 - 物理距離の制限により、迂回経路が集中
 - 従来手法で設計したSprintトポロジは、障害に弱い

Feb 17, 2006 修士論文発表会 7

Osaka University Advanced Network Architecture Research Group <http://www.anarg.jp/>

提案手法

- **負荷分布の特徴**
 - 1つのリンクが故障したときに増えるトラフィック量の分布(右図)
 - トポロジによりばらつきがある

増加量の少ないリンク 増加量の大きいリンク

実験によるトポロジではばらつきが大きい
モデルによるトポロジではばらつきが小さい

- **提案手法**
 - トラフィックの増加量の最大値を用いた割り当て手法
 - 負荷の上がりやすいリンクに多くの容量を設定
 - 負荷の上がりにくいリンクの容量を削減
 - 障害に対する耐性を保ちつつ、必要な回線容量を低減

1つのリンク故障時のトラフィック増加量の分布 (Sprintトポロジ)

1リンク故障でのトラフィック増加量の最大値 × N
流れるトラフィック量

提案手法における回線割当量

Feb 17, 2006 修士論文発表会 8

Osaka University Advanced Network Architecture Research Group <http://www.anarg.jp/>

提案手法の評価

- **あふれ量(耐故障性)と総割り当量(コスト)の評価**
 - Sprintトポロジでは従来手法(R=2)と同じ割当量での提案手法(N=3)が3倍の故障量に対応できる
 - 提案手法(N=3)とおなじ溢れ量の従来手法(R=4)に比べて、全体の割り当て回線容量を40%削減

Feb 17, 2006 修士論文発表会 9

Osaka University Advanced Network Architecture Research Group <http://www.anarg.jp/>

まとめ

- **Power-lawネットワークにおける回線容量設計**
 - 負荷分布のばらつきを用いた帯域の割り当て
 - 対応できる障害の規模はそのままネットワーク全体で40%の回線容量を削減
- **Power-lawネットワークにおけるフロー特性の評価**
 - ISPTポロジでは増加トラフィック量の分布が大きい
- **従来手法による評価**
 - BAトポロジはISPTポロジに比べアタック障害に強い

Feb 17, 2006 修士論文発表会 10

Osaka University Advanced Network Architecture Research Group <http://www.anarg.jp/>

関連研究

- **文献**
 - [1] R. Albert, H. Jeong, and A. Barabasi, "Error and attack tolerance of complex networks," *Nature*, vol. 406, pp. 378-382, 2000.
 - [2] R. Cohen, K. Erez, D. Avraham, and S. Havlin, "Breakdown of the Internet under intentional attack," *Physical Review Letters*, vol. 86, Apr. 2001.
 - [3] P. Holme, "Edge overload breakdown in evolving networks," *Physical Review Letters*, vol. 66, Sept. 2002.
 - [4] L. da F Costa, F. A. Rodrigues, G. Travieso, and P. R. V. Boas, "Characterization of complex networks: A survey of measurements," *ArXiv Condensed Matter e-prints*, May 2005.

Feb 17, 2006 修士論文発表会 11