

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

Design principles for ISP networks with consideration to overlay routing behaviors

福元 良太
大阪大学 情報科学研究科 博士前期課程2年
マルチメディアネットワーク講座(村田研究室)

2007/2/19 1

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

背景

- インターネットにおける経路制御 (IPルーティング)
 - ルーティングの階層化、ポリシー、故障
→ ユーザ性能に悪影響
- オーバレイネットワーク
 - IPネットワーク上にアプリケーション独自の論理的なネットワークを構築
 - オーバレイルーティング
 - ノード(エンドユーザ)が自身のサービスに適した経路を選択
- オーバレイルーティング
 - 信頼性の向上、レイテンシの改善
 - 利己的
 - エンドホストが自身のQoSの向上のみを考える
 - システム全体は必ずしも最適化させるわけではない
 - ネットワーク管理者による制御が困難

オーバレイルーティングがネットワークに与える影響を知り、適切にネットワーク設計を行う必要がある

2007/2/19 2

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

研究の目的

- オーバレイルーティングを考慮した適切なネットワーク設計を行うために以下の点を明らかにする
 - オーバレイルーティングが下位レイヤのネットワークへ与える影響
 - 下位レイヤのネットワークが持つ構造的特徴との関係性
 - オーバレイルーティングを考慮した適切な回線容量設計
- 修士論文の内容
 - オーバレイルーティングがリンク負荷へ与える影響を評価
 - オーバレイルーティングと動的なIPルーティングの相互作用を評価
 - 実際のルータレベルインターネットトポロジ上で評価
 - 相互干渉に大きく寄与するノードの構造的特徴を明らかに
 - オーバレイルーティングの振る舞いを考慮した回線容量設計の評価

2007/2/19 3

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

回線容量設計評価へのアプローチ

- オーバレイルーティングが行われるネットワークに対して回線容量設計
 - オーバレイルーティングを考慮した回線容量設計: Overlay optimal
 - 全てのリンクの負荷が一定の値以下
 - 回線容量のコストを最小化
 - 従来の回線容量設計: Conventional
 - 負荷の高いリンクの回線容量を順次増強
 - 固定回線容量: Fixed
- 回線容量が設計されたトポロジを評価
 - オーバレイルーティングがネットワークへ与える影響
 - ネットワークの最大リンク負荷
 - 回線容量の分布
- オーバレイルーティングに適した回線容量設計を考察

2007/2/19 4

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

回線容量設計の詳細

- 計算機シミュレーションを用いた繰り返し計算によりネットワークの回線容量を導出
 - Step 0: トポロジに初期回線容量を与える
 - Step 1: オーバレイルーティングを動作
 - Step 2: トポロジのリンク負荷を基に回線容量を再設定
 - Overlay optimal: 各リンクの負荷が一定の値となるように回線容量を増減
 - Conventional: 各リンクの負荷が一定の値以下となるように回線容量を増加
 - Step 1, 2を回線容量に変化がなくなるまで繰り返す

2007/2/19 5

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

オーバレイネットワークモデル

- ネットワークトポロジ
 - ISP トポロジ:
 - Sprint (467 ノード, 1292 リンク)
- IPにおける経路制御
 - 最小ホップ経路制御
- オーバレイルーティング
 - 各オーバレイノードが利己的に経路制御
 - オーバレイノードの目標: エンドエンド間遅延の最小化

2007/2/19 6

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

回線容量設計後のネットワーク評価

- 回線容量設計を行った Sprint トポロジ上でオーバーレイルーティングを動作させた際の最大リンク負荷

ネットワーク内の最大リンク負荷

Maximum link load

Overlay traffic factor

Fixed
Overlay optimal
Conventional

適切に設計を行うことで、より多くのオーバーレイトラフィックを収容可能

2007/2/19 7

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

回線容量分布の比較

- 設計によって得られた回線容量を比較
 - オーバーレイルーティングを考慮した回線容量設計 (Overlay optimal)
 - 従来の回線容量設計 (Conventional)
- 一どのような構造的特徴を持つノードに接続するリンクをより増強するべきか?
- ノード特性の分類 [3]
 - トポロジをいくつかのモジュールに分割
 - 2つの指標を使用
 - Participation coefficient, P
 - Within-module degree, Z
 - 各ノードの役割を右上の図のように分類

Participation coefficient, P

Within-module degree, Z

Module 1
Module 2

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

2007/2/19 8

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

回線容量分布の比較

- Overlay optimal による回線容量と Conventional による回線容量の比
- 既存の設計と比べてより増強しなければならないリンクの特性を評価
 - x, y : リンクの接続するノードの構造的特性を示す

Capacity ratio

Participation coefficient, P

Within module degree, Z

Sprint

Module 1
Module 2

2007/2/19 9

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

回線容量分布の比較

- Overlay optimal による回線容量と Conventional による回線容量の比
- 既存の設計と比べてより増強しなければならないリンクの特性を評価
 - x, y : リンクの接続するノードの構造的特性を示す

Capacity ratio

Participation coefficient, P

Within module degree, Z

Sprint

Module 1
Module 2

“Connectors hub”
 多くの出線数
 モジュール間のトラフィックが経由

2007/2/19 10

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

回線容量分布の比較

- Overlay optimal による回線容量と Conventional による回線容量の比
- 既存の設計と比べてより増強しなければならないリンクの特性を評価
 - x, y : リンクの接続するノードの構造的特性を示す

Capacity ratio

Participation coefficient, P

Within module degree, Z

Sprint

Module 1
Module 2

“Ultra-peripheral” or “Peripheral”
 へ接続するリンクに多くの回線容量が必要

“Ultra peripheral” or “Peripheral”
 少数の出線数
 モジュール内のノードと接続

Peripheral

2007/2/19 11

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

まとめと今後の課題

- ISPトポロジにおいてオーバーレイルーティングを評価
 - オーバーレイルーティングがリンク負荷へ与える影響を評価
 - オーバーレイルーティングと動的なIPルーティングの相互作用を評価
 - Sprintトポロジ: “Provincial hub” でのみ動的にIPルーティングを行うことで、最大リンク負荷を抑えつつ、相互干渉を最小限に抑えることが可能
 - BA, Sprintトポロジ: “Provincial hub” が少ないため、IPルーティングとの相互干渉が発生しやすい
 - オーバーレイルーティングの振る舞いを考慮した回線容量設計の評価
 - オーバーレイトラフィックに対してロバストな回線容量設計を行うには出線数の小さなノードに接続するリンクの増強も重要
- 今後の課題
 - 他のISPトポロジでのオーバーレイルーティングの評価
 - 最小化するメトリクスの異なるオーバーレイルーティングの評価

2007/2/19 12