

Advanced Network Architecture Research Group

べき則の性質を有するネットワークにおける オーバーレイによる経路制御手法の性能評価

大阪大学大学院情報科学研究科
○福元良太、荒川伸一、村田正幸

Advanced Network Architecture Research Group

概要

- 背景
- 関連研究
- 研究の目的
- シミュレーションモデル
- 結果
- まとめ

2007/2/19 2

Advanced Network Architecture Research Group

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
 - ユーザ性能が犠牲
- オーバーレイネットワーク
 - 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
 - IPルーティングの欠点を補う
 - » 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や性能を最大限向上
 - » システム全体の最適化は必ずしも考えない
 - ネットワーク管理者の制御が困難

2007/2/19 **オーバー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する必要がある** 3

Advanced Network Architecture Research Group

関連研究

- 計算機シミュレーションによるオーバーレイルーティングの評価 [1]
 - ISPルータレベルトポロジにおいて
 - » 平均レイテンシの減少
 - » 一部のリンクへの負荷の集中

ネットワーク設計の観点からは、より詳細な評価が必要
- 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干渉を評価 [2]
 - 小規模な (14ノード) トポロジにおいて
 - » オーバレイネットワークおよびIPネットワークの経路が不安定となる
 - » 両ネットワークの性能が低下

● 経路が不安定となる要因については議論されていない
● 大規模なトポロジに適用した場合の結果については議論されていない

[1] 福元良太, 荒川伸一, 村田正幸, "ISPトポロジにおけるオーバーレイルーティングの効果," 電子情報通信学会技術研究報告(IN2006-12), pp. 67-72, May 2006.
[2] Y. Liu, H. Zhang, W. Gong, and D. Towsley, "On the interaction between overlay routing and traffic engineering," in Proceedings of IEEE INFOCOM, Mar. 2005.

2007/2/19 4

Advanced Network Architecture Research Group

研究の目的

- ネットワークの構造がオーバーレイルーティングに与える影響を明らかに
 - 大規模なインターネットトポロジに現れる、べき則の性質
- 計算機シミュレーションを用いて以下を評価
 - オーバレイルーティングによるリンク利用率の分布
 - » リンクの負荷がどのように変化するか
 - 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
 - » 構造的特徴の表われる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

2007/2/19 5

Advanced Network Architecture Research Group

シミュレーションモデル(1/2)

- ネットワークトポロジ
 - ISPトポロジ
 - » Sprint (467 ノード, 1292 リンク)
 - » AT&T (523 ノード, 1304 リンク)
 - Random graph
 - » BA model topology (467 ノード, 1292 リンク)
- オーバレイネットワークのトポロジ
 - Full mesh
 - » 全オーバーレイノード間を論理リンクで接続
 - 全ノードがオーバーレイノードであると仮定
- リンクにおける遅延
 - 回線容量: 10 Gbps
 - キューイング遅延: M/M/1でモデル化
 - 伝播遅延: 1ms

2007/2/19 6

Advanced Network Architecture Research Group

シミュレーションモデル (2 / 2)

- オーバレイルーティング
 - オーバレイノードは自ノードから発生するオーバレイトラフィックのみを考慮
 - レイテンシが最小となるように各オーバレイノードが利己的に経路を制御
 - レイテンシ: 伝播遅延 + キューイング遅延
- トラフィックデマンド
 - 全トラフィック量のうち半分がオーバレイトラフィック
 - オーバレイトラフィック
 - » 全オーバレイノードペア間で均一
 - 非オーバレイトラフィック
 - » 全ノードペア間で均一
- 評価指標
 - リンク利用率

2007/2/19 7

Advanced Network Architecture Research Group

リンク利用率の変化の分布

- BAトポロジ
 - リンク利用率の変化が最小ホップ経路制御時の利用率にほぼ比例
 - 利用率の大きく上昇するリンクはほとんどない
 - → オーバレイルーティングによって負荷をトポロジ全体に分散
- ISP (Sprint, AT&T) トポロジ
 - 最小ホップ経路制御時に利用率の低いリンクの利用率が大きく上昇
 - オーバレイルーティングによって流れるトラフィック量が大きく変化するリンクが存在
 - → ネットワーク設計に影響

2007/2/19 8

Advanced Network Architecture Research Group

オーバレイルーティングとIPルーティングの相互作用

- IPネットワークにおける動的経路制御機構
 - ソースルーティングに基づいた経路制御機構
 - » 経由するトラフィックの経路を明示的に指定
 - » 利用率の高いリンクを避けるように動的に経路を選択
- シミュレーションモデル
 - 基本的に以前のシミュレーションと同じ
 - 経路の変更間隔
- 評価方法
 - 動的に経路を制御するノード数を変化
 - 出線数の大きい順に配置
 - 最大リンク利用率

2007/2/19 9

Advanced Network Architecture Research Group

相互干渉時の最大リンク利用率の評価

- ソースルーティングノード数が0の場合
 - オーバレイルーティングのみが動作
- 全てのトポロジにおいて
 - ソースルーティングノード数が増加すると平均値、ばらつきが大きくなる
- Sprint, BA トポロジ
 - ソースルーティングノード数が少ない場合でも
 - » 最大値、平均値ともに上昇
- AT&T トポロジ
 - ソースルーティングノード数が少ない場合でも
 - » 最大値、最小値、平均値が低下

2007/2/19 10

Advanced Network Architecture Research Group

ノード特性の分類 [3]

- ノードの特性を分類
 - 2つの指標を使用
 - » Participation coefficient
 - » Within module degree
- 役割ごとに7つに分類
 - Provincial hubs
 - » 多くの出線数
 - » 下位層のノードからトラフィックを集約
 - » 上位層 (コアネットワーク) のノードへトラフィックを中継
 - Connector hubs
 - » 多くの出線数
 - » バックボーンに存在
 - » 下位層のノードからトラフィックを集約
 - » バックボーンのトラフィックも経由

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

2007/2/19 11

Advanced Network Architecture Research Group

ISPトポロジの構造的特徴

- AT&T トポロジ
 - 出線数の大きいノードはほとんどが "Provincial hubs"
 - 出線数の大きいノードにソースルーティングノードを配置
 - » アクセスネットワーク内で発生したトラフィックを負荷の低い部分へ
- Sprint, BA トポロジ
 - 出線数が大きなノードはほとんどが "Connector hubs"
 - 出線数の大きいノードにソースルーティングノードを配置
 - » コアネットワークを流れるトラフィックも同時に経路制御
 - » 大量のトラフィックを代替経路へ
 - » 相互干渉の発生

	BA	Sprint	AT&T
Provincial	0	9	23
Connector	13	16	1
Deg上位10ノード中	0:10	2:8	10:0
Provincial:Connector			

2007/2/19 12



まとめ

■ ISPTボロジにおいてオーバレイルーティングを評価

- リンク利用率の分布
 - ▶ BATボロジ: 負荷をトボロジ全体に分散
 - ▶ ISPTボロジ: 特定のリンクの負荷が大きく上昇
- 動的なIPルーティングとの相互干渉
 - ▶ AT&Tボロジ: "Provincial hubs"でのみ動的にIPルーティングを行うことで、最大リンク利用率を抑えつつ、相互干渉を最小限に抑えることが可能
 - ▶ BA、Sprintボロジ: "Provincial hubs"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

■ 今後の課題

- オーバレイルーティングの振る舞いを考慮したIPネットワーク設計・設備増強法の考案