

リンクメトリックの不確実性が 経路制御に与える影響の評価

児玉瑞穂[†], 亀井聡^{††}, 長谷川剛[†]
川原亮一^{††}, 村田正幸[†], 吉野秀明^{††}
[†] 大阪大学 大学院情報科学研究科
^{††} NTT サービスインテグレーション基盤研究所

IPネットワークの変化

- ネットワーク利用形態の変化
 - インターネットの利用者数増加
 - ノード数の増加
 - インターネットの広域化
 - ワイヤレスネットワーク, P2Pネットワーク
 - ノードの浮動化
- 大量の浮動的ノードが広域に分布

↓

制御対象の広域化・多ノード化
既存の経路制御アルゴリズムの限界

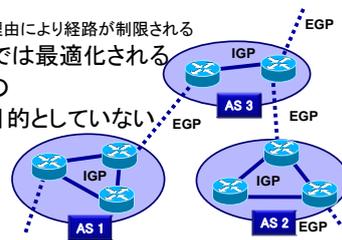
2008/2/17

CO研究会

2

既存の経路制御アルゴリズム

- AS内の経路制御(IGP: OSPFなど)とAS間の経路制御(EGP: BGP-4など)の組み合わせ
 - AS内
 - DiffServ, MPLS等により最適化可能
 - AS間
 - 経済的, 政治的理由により経路が制限される
- 局所的(AS単位)では最適化される
- ネットワーク全体の
大域的最適化を目的としていない



2008/2/17

CO研究会

3

大域的最適化可能とする経路制御を 実現するための課題

- スケーラビリティの実現
 - 制御層
 - P2P/DHTなどの技術により実現可能
 - 伝搬層
 - 経路表作成のために多数のリンクメトリック(経路制御に用いるリンクの重み)の取得が必要

2008/2/17

CO研究会

4

リンクメトリックの取得

- リンクメトリック取得の困難さ
 - 測定や伝送はネットワークに負荷をかける
 - フルメッシュでの完全な取得は困難
 - リンクメトリックの変動
 - 輻輳や障害の発生
 - 無線通信におけるノードの移動
 - 推定値と実際の値との誤差
- ↓
- 測定数の削減
 - 測定していない部分の推定
 - 測定対象のクラスタ化 [7]
 - リンクメトリックの不確実な場合における効率的な経路の選択

[7] 亀井聡, 川原亮一, "大規模分散環境における品質把握に向けたクラスタ化手法とそのシミュレーション評価," 電子情報通信学会技術研究報告, Feb. 2006.

2008/2/17

CO研究会

5

研究の目的

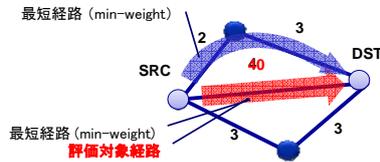
- リンクメトリックの不確実性が経路制御に与える影響を評価する
- 大域的最適化を可能とする経路制御に必要な条件を考察する

2008/2/17

CO研究会

6

評価内容



- 経路制御に用いるリンクメトリック集合と実際のリンクメトリック集合が異なる場合に、最短経路を選ぶことができなくなる制御ミス率に与える影響を評価する

2008/2/17

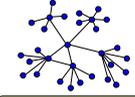
CO研究会

7

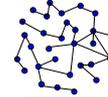
評価に用いたトポロジ

■ ネットワークトポロジ*

- リンク次数がべき乗則にしたがうネットワーク (BA)
- ランダムネットワーク (Waxman)
- フルメッシュ (Fullmesh)



リンク次数がべき乗則にしたがうネットワーク



ランダムネットワーク



フルメッシュネットワーク

* BRITE [11] により1000×1000の空間に一律乱数を用いてノードを配置し、リンクメトリックの初期値にはノード間のユークリッド距離を用いる

[11] A. Medina and I. Matta, "BRITE: A flexible generator of Internet topologies," Tech. Rep. BU-CS-TR-2000-005, Boston University, Boston, Mar. 2000.

2008/2/17

CO研究会

8

評価指標

経路制御に用いるリンクメトリック集合

実際のリンクメトリック集合



1. 評価対象経路が品質変化発生後に品質変化したリンクを含む割合
2. 評価対象経路が品質変化発生後のネットワークにおいて最短経路とまらない割合(制御ミス率)
3. 品質変化発生後、品質変化したリンクを含む評価対象経路が最短経路となる割合
4. 品質変化発生後の最短経路が品質変化したリンクを含む割合

2008/2/17

CO研究会

9

品質変化の発生方法

- 全リンクのうちランダムに品質変化を発生させるリンクを選ぶ
 - 輻輳などによってリンクの品質が急激に悪化する状況を想定



- 全ノードのうちランダムに品質変化を発生させるノードを選ぶ
 - 特定のルータの負荷が急激に増大する状況を想定



2008/2/17

CO研究会

10

パラメータ

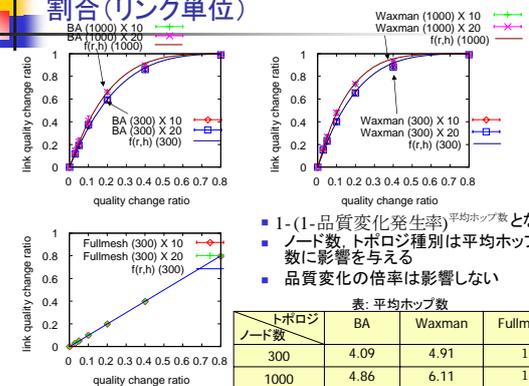
- ノード数
 - 300, 1000
- ノードあたりの平均リンク次数
 - 2
- 全リンク数に対する品質変化を発生させるリンク数の割合(品質変化発生率)
 - 0.03, 0.05, 0.1, 0.2, 0.4, 0.8
- リンクメトリックを増加させる割合(品質変化倍率)
 - 10倍, 20倍

2008/2/17

CO研究会

11

評価対象経路が品質変化したリンクを含む割合(リンク単位)

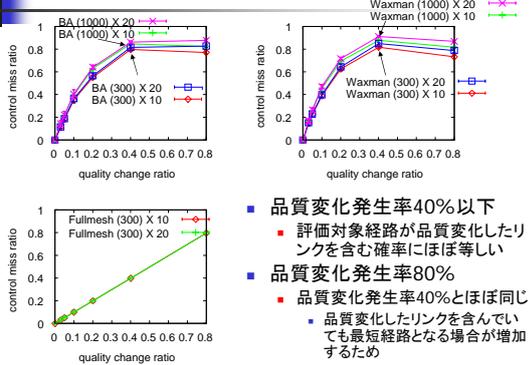


2008/2/17

CO研究会

12

制御ミス率(リンク単位)



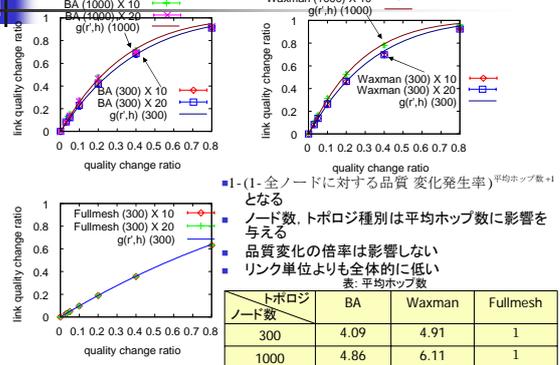
- 品質変化発生率40%以下
 - 評価対象経路が品質変化したリンクを含む確率にほぼ等しい
- 品質変化発生率80%
 - 品質変化発生率40%とほぼ同じ
 - 品質変化したリンクを含んでも最短経路となる場合が増加するため

2008/2/17

CO研究会

13

評価対象経路が品質変化したリンクを含む割合(ノード単位)



- $1 - (1 - \text{全ノードに対する品質変化発生率})^{\text{平均ホップ数} + 1}$ となる
- ノード数、トポロジ種別は平均ホップ数に影響を与える
- 品質変化の倍率は影響しない
- リンク単位よりもノード単位で品質変化が発生する方が制御ミスは少ない

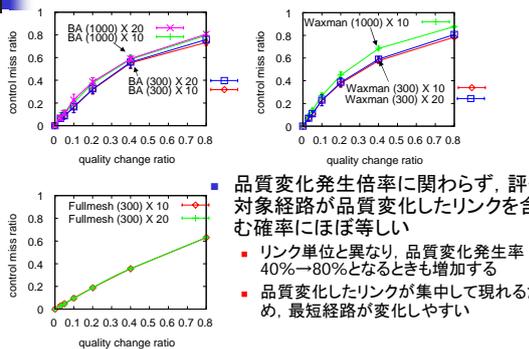
トポロジ ノード数	BA	Waxman	Fullmesh
300	4.09	4.91	1
1000	4.86	6.11	1

2008/2/17

CO研究会

14

制御ミス率(ノード単位)



- 品質変化発生倍率に関わらず、評価対象経路が品質変化したリンクを含む確率にほぼ等しい
 - リンク単位と異なり、品質変化発生率40%→80%となるときも増加する
 - 品質変化したリンクが集中して現れるため、最短経路が変化しやすい

2008/2/17

CO研究会

15

まとめと今後の課題

- 発表内容
 - リンクメトリックの不確実性が経路制御に与える影響の評価
 - 経路制御のミス率は平均ホップ数に影響する
 - リンク単位よりもノード単位で品質変化が発生する方が制御ミスは少ない
 - メトリック推定アルゴリズムへの応用
- 今後の課題
 - エンドホスト間の性能に与える影響の評価
 - 伝搬遅延時間、パケット損失率
 - 実ネットワーク環境に近い環境での評価
 - 品質変化の発生方法の検討

2008/2/17

CO研究会

16

評価対象経路が品質変化が発生したリンクを含む割合の導出

■ リンク単位

- $1 - (1 - \text{品質変化率})^{\text{平均ホップ数}}$
- 評価対象経路が経由するどのリンクも品質変化が発生しない事象に対する余事象

■ ノード単位

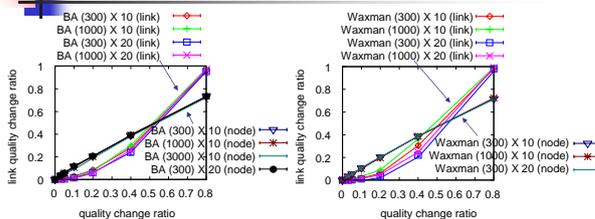
- $1 - (1 - \text{全ノードに対する品質変化率})^{\text{平均ホップ数} + 1}$
- 評価対象経路が経由するどのノードも品質変化が発生しない事象に対する余事象

2008/2/17

CO研究会

17

品質変化発生後の最短経路が品質変化したリンクを含む割合(比較)



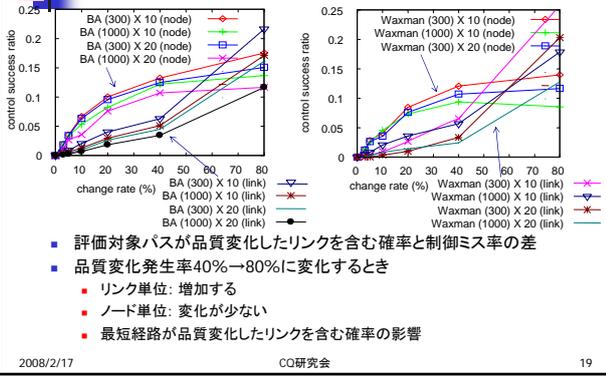
- リンク単位
 - 品質変化発生率が高くなるにつれて傾きが急になる
- ノード単位
 - 品質変化発生率の値に関わらず傾きが同じ
 - SRCとDSTが品質変化するノードに選ばれるとき以外は最短経路は品質変化したリンクをできるだけ通らないようにする

2008/2/17

CO研究会

18

品質変化したリンクを含む評価対象経路が最短経路となる確率(比較)



リンク次数の大きいノードから品質変化を発生させる場合

