

Osaka University NTT

On the stability of virtual network topology control for overlay routing services

Yuki Koizumi*, Takashi Miyamura**, Shin'ichi Arakawa*,
Eiji Oki**, Kohei Shiomoto** and Masayuki Murata*

* Graduate School of Information Science and Technology, Osaka University, Japan
** NTT Network Service Systems Laboratories, Japan

2007年10月12日 PN研究会

Osaka University NTT

発表内容

- 仮想網制御とオーバーレイルーティングの相互作用
 - 異なる2つの経路制御の競合
 - ネットワークの安定性と性能の劣化
- ネットワークの安定性と性能の向上
 - ヒステリシスによって安定性の向上
 - Two-stateヒステリシスによって安定性と性能の向上
 - フィルタリングによって安定状態への収束時間の短縮
- シミュレーション評価
 - オーバーレイルーティングに対しても安定した仮想網制御を実現

2007年10月12日 PN研究会 2

Osaka University NTT

対象とするネットワーク

- 3層から構成されるネットワーク
 - オーバーレイネットワーク
 - IPをインフラとして利用
 - **オーバーレイルーティング**
 - IPネットワーク
 - 仮想網をインフラとして利用
 - IPルーティング
 - WDMネットワーク
 - **仮想網制御**により仮想網を構築

オーバーレイネットワーク
IPネットワーク
WDMネットワーク

2007年10月12日 PN研究会 3

Osaka University NTT

仮想網制御

- 仮想網制御
 - WDM技術を用いたトラフィックエンジニアリング
 - 光パスを設定することにより観測したトラフィック行列に対して (準) 最適な論理トポロジ (仮想網) を構築
 - ネットワークの負荷分散、ボトルネック解消
- **オーバーレイルーティングがこの仮想網上で展開**

2007年10月12日 PN研究会 4

Osaka University NTT

オーバーレイルーティング

- **オーバーレイルーティング**
 - アンダーレイ (IP) ネットワーク上に論理トポロジを構築
 - 構築した論理トポロジ上で経路制御
- **オーバーレイルーティングの利点**
 - IPネットワークを変更することなくネットワークの機能、性能 (QoS, 信頼性) を改善
 - 配置が容易
- **オーバーレイルーティングの問題点**
 - オーバーレイルーティングと仮想網制御は独立して動作
 - **経路制御の競合**

2007年10月12日 PN研究会 5

Osaka University NTT

関連研究

- **MPLSによるトラフィックエンジニアリング (TE) とオーバーレイルーティングの相互作用 [Liu05]**
 - トラフィックエンジニアリングの性能劣化
 - オーバーレイルーティングも条件によって性能が劣化
- **2つの経路制御の目的の競合**
 - TE: ネットワーク全体の性能改善
 - 例: 最大リンク利用率の低下
 - オーバーレイ: 各オーバーレイノードの性能改善
 - 例: エンド・エンド間遅延の最小化

[Liu05] Y. Liu, H. Zhang, W. Gong, and D. Towsley, "On the interaction between overlay routing and underlay routing," in *Proceedings of IEEE INFOCOM*, pp. 2543-2553, Mar. 2005.

2007年10月12日 PN研究会 6

Osaka University NTT

仮想網制御とオーバーレイルーティングの相互作用

- 仮想網制御とオーバーレイルーティングも経路制御の目的が異なる
 - 仮想網制御とオーバーレイルーティングの相互作用
- 相互作用の悪影響
 - 最適に設計された仮想網の効率の低下
 - オーバーレイルーティングによりトラフィック行列が変化
 - 仮想網設計時のトラフィック行列と現在のトラフィック行列が異なる
- 相互作用に対する対策は提案されていない
- 研究目的
 - 仮想網制御とオーバーレイルーティングの相互作用を軽減
 - 安定かつ性能の優れた仮想網制御を実現
- アプローチ
 - ヒステリシス

2007年10月12日 PN研究会 7

Osaka University NTT

仮想網制御とオーバーレイルーティングの相互作用

Overlay node
Overlay network
オーバーレイネットワークはIPネットワーク上に論理トポロジを構築

IPルータ
IP network
IPネットワークは仮想網をインフラとして利用

OXC
WDM network
仮想網制御はWDMネットワーク上に仮想網を構築

2007年10月12日 PN研究会 8

Osaka University NTT

仮想網制御とオーバーレイルーティングの相互作用

オーバーレイネットワーク上のトラフィック

オーバーレイネットワーク上の経路

実際の経路

IPネットワーク上のトラフィック (仮想網制御が計測するトラフィック)

2007年10月12日 PN研究会 9

Osaka University NTT

仮想網制御とオーバーレイルーティングの相互作用

現在の経路 7ms

現在の経路の遅延 (7ms) よりも赤い経路の遅延 (6ms) の方が小さい

オーバーレイネットワークは新しい経路 (赤い経路) に変更

2ms 5ms 2ms 遅延

2007年10月12日 PN研究会 10

Osaka University NTT

仮想網制御とオーバーレイルーティングの相互作用

オーバーレイネットワーク上のトラフィック

IPネットワーク上のトラフィック

オーバーレイルーティングはIPネットワーク上のトラフィックを変動させる

仮想網制御実行の要因となる

2007年10月12日 PN研究会 11

Osaka University NTT

仮想網制御とオーバーレイルーティングの相互作用

オーバーレイルーティングの要因となる

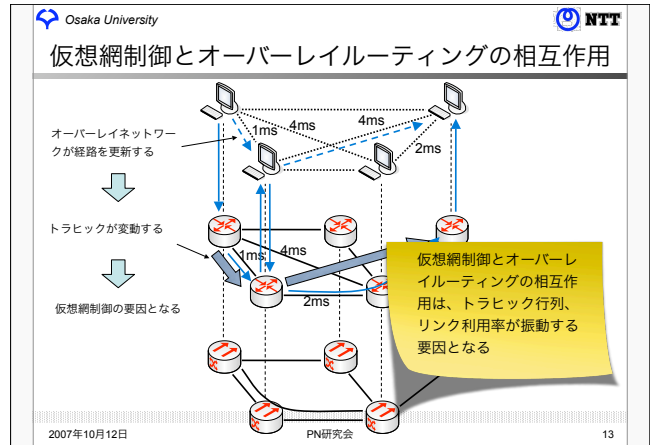
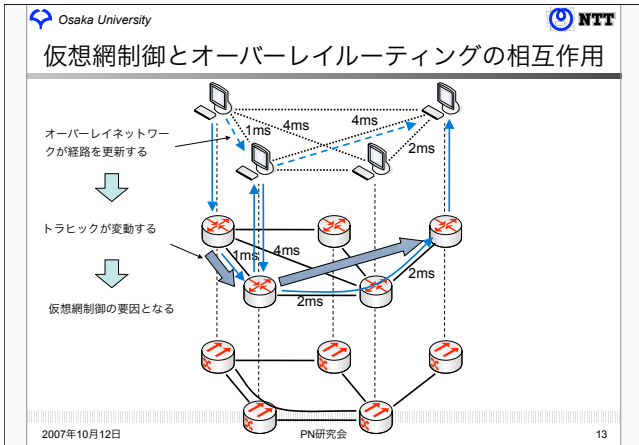
仮想網の再構成によりIPネットワーク上の遅延 (オーバーレイルーティングのメトリック) が変動する

仮想網制御は、オーバーレイルーティングによるトラフィックの変動に適切するために、仮想網を再構成する

赤い経路の遅延 (5ms) の方が現在の経路の遅延 (6ms) よりも小さい

1ms 4ms 4ms 2ms

2007年10月12日 PN研究会 12

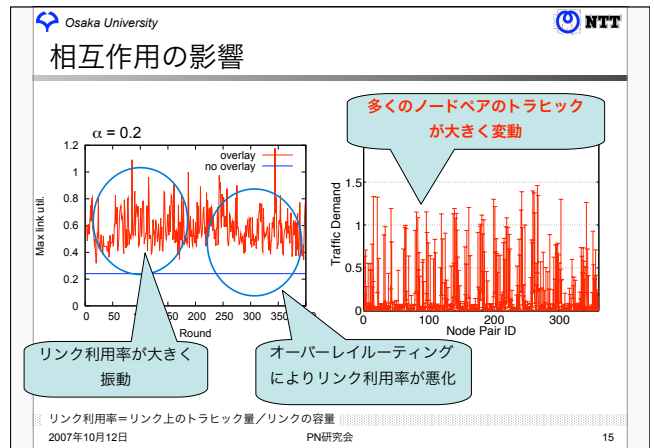


Osaka University NTT

シミュレーションモデル

- 物理トポロジ
 - European Optical Network
 - 19ノード、39リンク
- ネットワークモデル
 - 仮想網制御：ネットワークの最大リンク利用率の最小化
 - IPルーティング：最小ホップ経路を選択
 - オーバーレイルーティング：空き帯域最大の経路を選択
- 初期トラフィック行列
 - ランダムに生成
 - オーバーレイのトラフィック：一定の割合 (α) で配分
 - 以降、トラフィック行列は固定

2007年10月12日 PN研究会 14

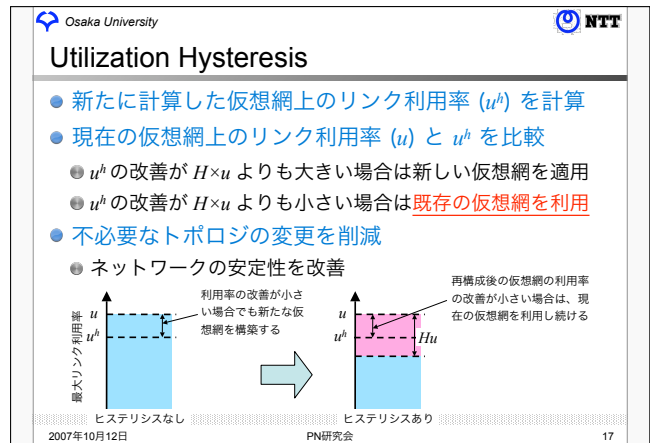


Osaka University NTT

ヒステリシス

- ヒステリシス
 - 環境の変化に対して即座に反応しない性質
 - ノイズに対する耐性を向上
- 仮想網制御の安定性を改善するために仮想網制御にヒステリシスを適用
 - Utilization hysteresis
 - リンク利用率に対してヒステリシスを適用

2007年10月12日 PN研究会 16



Osaka University NTT

Utilization Hysteresis

- 新たに計算した仮想網上のリンク利用率 (u^h) を計算
- 現在の仮想網上のリンク利用率 (u) と u^h を比較
 - u^h の改善が $H \times u$ よりも大きい場合は新しい仮想網を適用
 - u^h の改善が $H \times u$ よりも小さい場合は **既存の仮想網を利用**
- 不要なトポロジの変更を削減
 - ネットワークの安定性を改善

2007年10月12日 PN研究会 17

Osaka University NTT

Utilization Hysteresis (評価結果)

$\alpha = 0.2, H = 0.2$ $\alpha = 0.3, H = 0.2$

2007年10月12日 PN研究会 18

Osaka University NTT

Two-state Utilization Hysteresis

- 安定性と性能の両方を改善
 - Utilization Hysteresisを適用する範囲を制限
 - リンク利用率が高いときに仮想網制御が安定するのを防ぐ
- 最大リンク利用率が θ より小さい場合にのみUtilization hysteresisを適用
 - $\theta = u_l + (u_u - u_l)/k$
 - u_u, u_l : 最大リンク利用率の最大・最小値

2007年10月12日 PN研究会 19

Osaka University NTT

Two-state Utilization Hysteresis (評価結果)

$\alpha = 0.3$
 $H = 0.2$
 $k = 3.0$

2007年10月12日 PN研究会 20

Osaka University NTT

フィルタリング

- 短時間の光パス数の変動の重量
 - → 大きなトポロジの変化
 - → ネットワークの振動
- フィルタリングにより短時間の光パス数の変動を削減し収束時間を短縮
 - 過去20回の仮想網制御の履歴において、80%以上の時間で n 本の光パスが設定されている場合
 - 仮想網制御によって要求される光パス数を破棄し、 n 本の光パスを設定

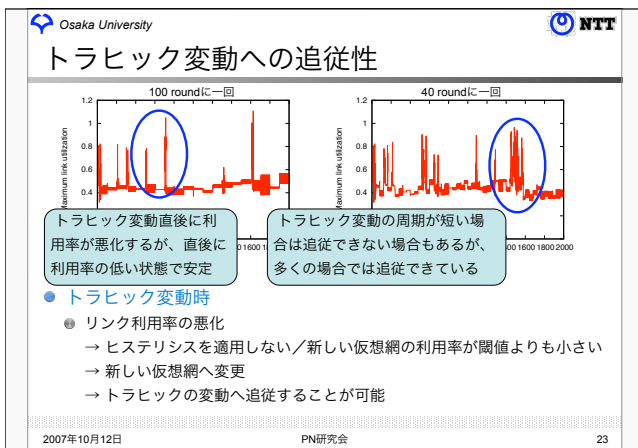
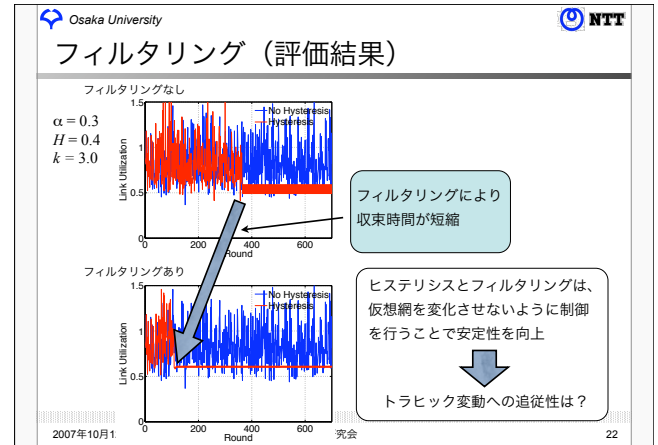
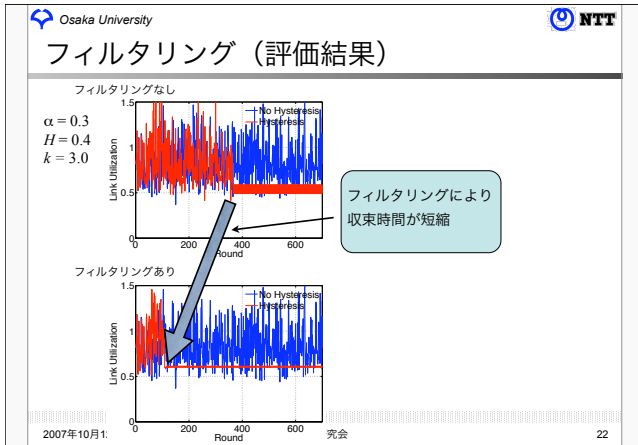
2007年10月12日 PN研究会 21

Osaka University NTT

フィルタリング

- 短時間の光パス数の変動の重量
 - → 大きなトポロジの変化
 - → ネットワークの振動
- フィルタリングにより短時間の光パス数の変動を削減し収束時間を短縮
 - 過去20回の仮想網制御の履歴において、80%以上の時間で n 本の光パスが設定されている場合
 - 仮想網制御によって要求される光パス数を破棄し、 n 本の光パスを設定

2007年10月12日 PN研究会 21



- Osaka University NTT
- ### まとめ
- 仮想網制御とオーバーレイルーティングの相互作用
 - ネットワークの安定性と性能の劣化
 - ネットワークの安定性・性能改善
 - Utilization hysteresis → リンク利用率の安定性の改善
 - Two-state utilization hysteresis → リンク利用率の安定性・性能の改善
 - フィルタリング → 安定状態への収束の高速化
 - 今後の課題
 - 複数のオーバーレイルーティングを安定して収容する仮想網制御の実現
- 2007年10月12日 PN研究会 24