

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

自己組織型仮想網制御手法の 制御オーバーヘッドの評価

山添伸晃
大阪大学基礎工学部情報科学科
村田研究室

2011/2/23 特別研究報告 1

Osaka University

IP-over-WDM ネットワークと仮想網制御

- IP-over-WDM ネットワーク
 - WDM (波長分割多重) ネットワーク
 - 波長ルーティング→波長を予約し、光スイッチ (OXC) の設定を書き換えることにより光バスを切替
 - 仮想網
 - IP ルータ、光バスにより構築される論理的なトポロジ
 - IP ネットワーク
 - 仮想網を用いて IP トラフィックを転送
- 仮想網制御
 - 仮想網を再構築してトラフィック変動へ対応

2011/2/23 特別研究報告 2

Osaka University

集中型制御と自己組織型制御

- 集中型仮想網制御
 - 管理ノードがトラフィック需要を収集し仮想網を構築
 - ネットワークの規模が拡大すると収集する情報量が増加
- 自己組織型仮想網制御
 - 個々のノードが局所情報にもとづいて仮想網を構築
 - 少ない制御情報での制御が可能
 - 制御情報に誤差が含まれる場合でも仮想網の制御への影響が小さい
 - アトラクター選択を用いた仮想網制御手法 (アトラクター制御) [15,16]

[15] Y. Koizumi, T. Miyamura, S. Arakawa, E. Oki, K. Shimoto, and M. Murata, "Adaptive virtual network topology control based on attractor selection," *IEEE/OSA Journal of Lightwave Technology*, vol. 28, pp. 1720-1731, June 2010.
[16] Y. Minami, Y. Koizumi, S. Arakawa, T. Miyamura, K. Shimoto, and M. Murata, "Adaptive virtual network topology control in WDM-based optical networks," in *Proceedings of INTERNET*, Sept. 2010.

2011/2/23 特別研究報告 3

Osaka University

アトラクター選択

- アトラクター選択の概要
 - 未知の環境変化に対する生物の適応性をモデル化 [18]
 - システムの動作を決定する 3つの要素
 - 活性度 (コンディション)
 - 決定的な制御
 - ゆらぎ
- ゆらぎと決定的な制御がシステムの挙動に与える影響を活性度に応じて制御 ⇒ 環境変化に対する適応性を実現

[18] C. Furusawa and K. Kaneko, "A generic mechanism for adaptive growth rate regulation," *PLoS Computational Biology*, vol. 4, p. e3, Jan. 2008.

2011/2/23 特別研究報告 4

Osaka University

アトラクター選択を用いた仮想網制御

システムの挙動 $\frac{dx_i}{dt} = \alpha \cdot f(x_1, x_2, \dots, x_n) + \eta$

活性度
決定的な制御
アトラクター選択の基本式
ゆらぎ

x_i : 光バス数を決定する変数
 α : 最大リンク利用率により決まる活性度
 η : ゆらぎ

最大リンク利用率が小さければ右辺第一項が 0 に近くなり、ゆらぎによって仮想網を構築

IPネットワークの動きが円滑かをフィードバック

2011/2/23 特別研究報告 5

Osaka University

研究の目的

- アトラクター選択を用いた仮想網制御 [15,16]
 - ネットワーク環境の変化に適応可能
 - より大きなトラフィック変化に対してリンク利用率を改善
 - 改善に必要な制御時間を 1/10 に抑制
- 仮想網制御手法の制御オーバーヘッドの評価
 - 制御オーバーヘッド: 仮想網再構築に必要な光バス切替回数
 - 集中型および自己組織型の制御オーバーヘッドの比較評価
 - トラフィック需要が既知である場合の集中型制御との比較
 - トラフィック需要を推定した場合の集中型制御との比較
 - リンク利用率からトラフィック需要を推定
 - トラフィック変動の大きさを変化させた場合の集中型制御との比較

2011/2/23 特別研究報告 6

Osaka University 7

評価モデル

- 計算機シミュレーションによる性能評価
- 物理トポロジ
 - ランダムトポロジ: 50ノード、100リンク
- 各ノードの入力ポートと出力ポート数は40個に制限
- トラフィック需要は制御ステップごとに変動
- 全てのリンク利用率を取得できると仮定
- 比較手法
 - ランダム…ランダムに選んだノード間に光パスを設定
 - 自律分散型…各ノードが利用率の低い光パスを削除し他ノードと接続
 - 集中型制御手法
 - MLDA [7]…トラフィック需要の大きいノード間に優先的に光パスを設定
 - WR-LDA [8]…MLDA を改良し IP の経路制御を考慮して光パスを設定

2011/2/23 特別研究報告

Osaka University 8

トラフィック需要が既知である場合の評価

- 集中型制御は制御に必要な情報をすべて取得できると仮定
- 集中型制御は最大リンク利用率を抑えられているものの、光バス切替回数が多い
- アトラクター制御は少ない光バス切替回数で、最大リンク利用率も集中型制御と同程度に抑えられている

2011/2/23 特別研究報告

Osaka University 9

トラフィック変動の大きさを变化させた場合の評価

- トラフィック変動の大きさに対する光バス切替回数の評価
 - トラフィック変化量の分散 σ^2 を変化させ変動の大きさを調整
 - 変動の大きさは Pearson の積率相関係数で評価
 - 相関係数の値が小さいほどトラフィック変動は大きい

2011/2/23 特別研究報告

Osaka University 10

トラフィック変動の大きさを变化させた場合の評価

- トラフィック変動の大きさに対する光バス切替回数
 - トラフィック変化量の分散 σ^2 を変化させ変動の大きさを調整
 - 変動の大きさは Pearson の積率相関係数で評価
 - 相関係数の値が小さいほどトラフィック変動は大きい

2011/2/23 特別研究報告

Osaka University 11

まとめと今後の課題

- まとめ
 - 集中型制御および自己組織型制御の制御オーバーヘッドを評価
 - 自己組織型制御
 - 少ない光バス切替回数で、最大リンク利用率を低く抑えることが可能
 - トラフィック変動の大きさにかかわらず少ない光バス切替回数で仮想網の再構築が可能
 - 集中型制御
 - 最大リンク利用率を抑えられるが光バス切替回数が多い
 - トラフィック需要が正確に把握できない場合、適切な仮想網を構築できない
- 異なるポート数、物理トポロジでも同様の傾向を確認
- 今後の課題
 - 一時的かつ急激なトラフィック変動により、計測したリンク利用率に誤差が含まれる場合の評価

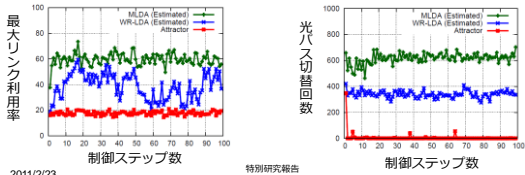
2011/2/23 特別研究報告

Osaka University 12

2011/2/23 特別研究報告

トラフィック需要を推定した場合の評価結果

- 得られる制御情報をリンク利用率のみに限定
- 集中型制御はリンク利用率からトラフィック需要を推定し制御
 - 推定誤差により仮想網を再構築してもネットワーク性能は改善せず
 - MLDA では光バス切替回数も増大
- アトラクター制御は推定誤差の影響を受けずに、効果的に仮想網を再構築することが可能



2011/2/23

特別研究報告

2011/2/23

特別研究報告

2011/2/23

特別研究報告