

Osaka University

Yuragi-based Virtual Network Embedding Method for Software Defined Infrastructure with Uncertain Environments

ゆらぎ原理にもとづく
仮想化基盤制御手法の提案と評価

井上 昴輝
学籍番号: 33E14003
村田研究室

平成 27 年度情報ネットワーク学専攻修士論文発表会 (Feb. 15th, 2016)

Osaka University

SDI (Software Defined Infrastructure) への期待

- SDI: 新たな情報サービスの即時展開をサポート
 - 迅速かつ柔軟に仮想ネットワーク (VN) を提供

需要の変動に対する物理資源割り当ての管理が重要 *要素技術 (SDN/NFV) の研究開発・標準化も進行中

Osaka University

資源割り当ての管理: (Dynamic) VNE 問題

- VNE (Virtual Network Embedding)
 - VN の配置を決めるマッピング問題
 - 仮想ノード → 物理ノード上の仮想マシン
 - 仮想リンク → 物理ネットワーク上の経路

VNE は資源利用率・サービス QoE 等の性能に影響

- VNE 問題への一般的なアプローチ: 集中管理による性能最適化
 - トラフィック情報・各 VN の資源利用率情報を収集
 - 現状にもとづく性能最適化 (収益の最大化・資源利用率の最小化など)

Osaka University

従来手法のスケラビリティに関する問題点

- 最適化手法 (集中管理方式) の問題
 - ネットワークの大規模化・多重 VN 数の増加
 - ネットワーク情報が莫大となり、ネットワークの現状把握が複雑化
 - 正確性・緻密性が求められる場合、収集すべき情報は更に増加

最適化問題の計算時間の増加
ヒューリスティック手法により緩和

*SDI 環境では要求変動に対する迅速かつ柔軟な対応が必須

Osaka University

研究の目的・アプローチ

- 目的
 - 大規模かつ変動の多い SDI 環境のための VNE 手法を提案する
 - 環境の変動に適切、スケール性を確保するため制御に必要なネットワークの情報収集を少なくする
- アプローチ
 - IP-over-WDM ネットワークにおける“ゆらぎ原理”にもとづく仮想網制御手法^[13]を拡張
 - 限られた情報で環境変動への適応性を有する
 - シミュレーション・実機実験により高い適応性が示されている
 - SDI 環境に拡張する際の課題
 - ノード属性を考慮
 - 多重スライスへの対応
 - etc.

仮想ノードの属性: 用途やカスタム要件
 ex) 計算用, ストレージ用
 ex) OS, RAID タイプ

[13] Y. Koizumi, et al., "Adaptive virtual network topology control based on attractor selection," IEEE Journal of Lightwave Technology, vol. 28, no. 11, pp. 1720-1731, June 2010.

Osaka University

ゆらぎ原理にもとづく VNE 手法

- 属性 k の仮想ノードをどの物理ノード n に割り当てるかを決定
 - システム状態 $x = (x_{kn})$ のダイナミクス

$$\frac{dx}{dt} = \alpha \cdot f(x) + \eta$$

活性化 (性能指標) ゆらぎ

安定的な動作 (アトラクターを持つ制御構造)

$x_{kn} > 0$	物理ノード n を割り当て候補に
$x_{kn} < 0$	物理ノード n を候補から除外
$x_{kn} = 0$	物理ノード n が属性 k をサポートしない場合

アトラクター (配置の候補)

システム状態

VN 要求 1 個につき 1 個のプロセスを実行
*他スライスの挙動を環境変動とみなす

Osaka University 7

シミュレーション評価シナリオ

- 物理ネットワーク基盤 (固定): 50 ノード
- VN 要求: 2~5 ノード [計 20 個]
 - ノード資源量 (CPU, メモリ, ストレージ)・リンク資源量を指定
 - 仮想ノード・仮想リンクの要求資源量の変動 (/10 [time])
 - VN のトポロジー変更 (/100 [time])

ゆらぎ手法の制御周期を 1 [time] とする

- 1 [time] = 秒オーダー程度の時間を想定
- ゆらぎの計算時間ではなく、VN マイクレーションに要する時間がボトルネック

- 活性度の指標: 仮想ノードのエンド間遅延
 - ネットワーク中で発生する遅延 + 仮想マシンに起因する遅延

Osaka University 8

評価方法

- 評価項目
 - 所望の遅延要求を達成できているか
 - ゆらぎ原理由来の適応性の確認
 - VN 要求の埋め込み棄却率
 - 種々の遅延特性への適用可能性
- 性能のベンチマーク
 - Greedy 手法^[25]: ヒューリスティック手法の 1 つ
 - 空き資源量の多い物理ノードへ順に割り当てていく
 - 資源利用率を低く抑える
- 制御 (マッピング計算) のために収集すべきネットワーク情報

ゆらぎ手法	当該 VN の観測遅延
Greedy 手法	物理ネットワーク全体のノード資源利用率とリンク利用率 (空き容量) 全 VN の観測遅延

[25] M. Yu, et al., "Rethinking virtual network embedding: Substrate support for path splitting and migration," *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*, vol. 38, pp. 17-29, March 2008.

Osaka University 9

*M/M/1-based 遅延特性モデルにおける評価

遅延の時間推移

- 20 個の内、ある VN におけるエンド間遅延の最大値

トポロジー変更に対する適応 (安定点の探索)

要求量の変動に対する適応 (配置移行)

要求量の変動に対する適応 (配置維持)

環境変動に応じて一定値以下の遅延を達成

Osaka University 10

*M/M/1-based 遅延特性モデルにおける評価

仮想ネットワーク移行回数の評価

- 配置位置が変更された VN の個数

要求の変動に対してより良い性能を達成

要求の変動に対して少ない変更数で適応

小さな変動にはロバスト
大きな変動には柔軟に適応

Osaka University 11

まとめと今後の課題

- ゆらぎ原理にもとづく VNE 手法を提案
 - ゆらぎ原理: システム状態が活性度を基準に環境変化へ適応
 - 提案手法: 仮想ネットワークの配置を決定
 - システム状態: 仮想ネットワークの埋め込み位置
 - 活性度: 遅延などの性能指標
 - 環境変化: 仮想ネットワークの要求変化・物理ネットワーク基盤の状態変化
- シミュレーション評価
 - 提案手法が仮想資源要求の変動に適応して動作することを示した
 - 変動に応じて小さい遅延を達成
 - 仮想ネットワークの移行回数を削減
 - ヒューリスティック手法と同程度の低棄却率を達成
 - 様々な遅延特性にも対応可能
- 今後の課題
 - 異なる活性度設定での評価 (制御目標の汎用性評価)
 - アトラクター構造の設計 (探索時間・性能向上への取り組み)