

ネットワークシステム研究会 (NS)

SDI における仮想網制御の進化適応性を高める
計算資源増強手法

大阪大学 大学院情報科学研究科
情報ネットワーク学専攻 村田研究室

○井上 昴輝, 荒川 伸一, 村田 正幸

2018/ 1/ 19 @ 石垣市商工会館

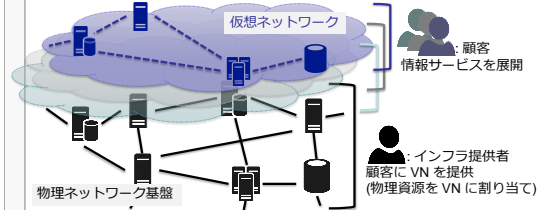
1

研究背景

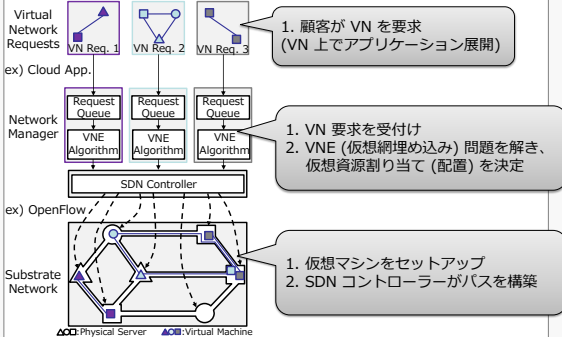
SDI (Software Defined Infrastructure) 環境構築への期待

- 迅速かつ柔軟に仮想ネットワーク (VN) を提供可能
- CAPEX/OPEX の削減効果

※要素技術 (SDN/NFV) の研究開発・標準化も進行中



SDI 環境のサービスモデル



SDI 環境構築へ向けた制御設計戦略に関する課題

キャパシティ設計

- 基盤ネットワーク中の資源増強が必要
 - 仮想スライス数や資源要求量の増加に伴い資源利用率が逼迫すると、遅延が増大し VN 上で提供されるサービスの性能が劣化する恐れ
- 一般的には、増強時点の需要/予測に基づく将来需要に対して性能最適化
- 課題:

軽微な環境変動であれば多少の性能劣化で済むが、設計時点の想定を超える急激な変動への対応は困難

- 仮想網制御による適応が機能するよう物理資源を具備しておくことが重要
仮想網制御:
 - デマンドの変動による性能劣化を VN の再配置により解消
 - SDI 環境では、変動に即応する動的な制御アプローチが必須

研究目的・アプローチ

- 目的:
仮想網制御の適応性を促進する物理資源増強手法の実現

⇒ SDI 環境における物理ネットワーク基盤の
ノード計算資源のキャパシティ増強プランニング

- 将来にわたって良好な性能を維持するため、仮想網制御に多様な環境変動への適応性を持たせる
- アプローチ:
 - 生物が未知なる環境変動に対する進化適応性を高める知見に着目
 - 仮想網制御が環境変動に応じて適切な VN 配置を構築できるようにノード計算資源を増強する
- 仮想網制御に関する取り組み
 - 遺伝子発現の“ゆらぎ原理”にもとづく SDI 環境における VNE 手法 (ゆらぎ VNE 手法) [5]

[5] K. Inoue, S. Arakawa, S. Imai, T. Katagiri, and M. Murata, "Adaptive VNE method based on Yuragi principle for software defined infrastructure," in Proceedings of IEEE HPSR, pp. 191-196, June 2016.

ゆらぎ VNE 手法のダイナミクス [5]

活性度

- 通信遅延などの性能観測値
にもとづくフィードバック

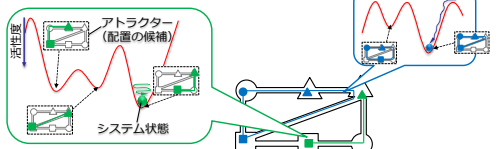
活性度 (性能指標) $\frac{dx}{dt} = \alpha f(x) + \eta$ ゆらぎ

ゆらぎ

- ノイズ (乱数値)

→ 活性度の良い VN 配置を探索

安定的な動作
(アトラクターに引き込む制御構造)
(x は仮想ノード配置を決定する状態変数)



[5] K. Inoue, S. Arakawa, S. Imai, T. Katagiri, and M. Murata, "Adaptive VNE method based on Yuragi principle for software defined infrastructure," in Proceedings of IEEE HPSR, pp. 191-196, June 2016.

Osaka University 7

アトラクター構造と VN 配置

アトラクター構造 (配置の候補)

環境要因

VN 配置

表現型

遺伝型

ゆらぎ

デマンド変動

解空間

$$x = \begin{bmatrix} 1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & \dots \\ -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & 1 & \dots \\ -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 & \dots \end{bmatrix}$$

制御行列 $W = \{W_{ij}\}$: 複数の状態 (ベクトル x) を候補として記憶する働き

Osaka University 8

生物の適応戦略【進化適性の獲得】

• 遺伝型の変異により多様な表現型を発現させることで新環境に対する進化適応を促進^[6]

遺伝型

表現型

変異

ノイズ

多様な表現型を発現させ、新環境に適した形質を獲得し、進化適応を促進

[6] K.Kaneko, "Evolution of robustness and plasticity under environmental fluctuation: Formulation in terms of phenotypic variances," *Journal of Statistical Physics*, vol. 148, no. 4, pp. 687-705, Sept. 2012.

Osaka University 9

仮想網制御の進化適性を高める計算資源増強手法

• 表現型多様性の増加が見込まれる増強箇所を同定

生物の遺伝子	ゆらぎ VNE 手法
表現型	VN 配置 ("解")
遺伝型	アトラクター構造
変異	VN 候補のランダム改訂
表現型多様性	VN 配置の多様性 $H(G)$

$$H(G) = - \sum_{g \in \{0, \dots, P-1\}} p(g) \log_2 p(g)$$

(g は VN 配置の識別子)

1. ノード毎に $H(G)$ を算出
 1. 計算資源を仮に増強
 2. シミュレーションにより $H(G)$ を算出
2. 最大の $H(G)$ を示したノードを増強
3. 既定回数、繰り返す

増強前

増強1段階

増強2段階

発見される解

発見された解

解空間

Osaka University 10

シミュレーションによる性能評価

• 評価シナリオ

- 新規 VN 要求を収容していく過程で当該 VN のデマンド変動に対するゆらぎ VNE 手法の制御成功率を評価
- 制御成功: 有限時間内に所与の遅延性能を満足する VN 配置を得ること

比較手法 (Ad-hoc 増強手法)

1. ノード毎に遅延期待値 \bar{d}_i を算出
 1. 計算資源を仮に増強
 2. ヒューリスティック VNE 手法により想定デマンド変動に対する遅延の期待値 \bar{d}_i を算出
2. 最小の \bar{d}_i を示したノードを増強
3. 既定回数、繰り返す

Osaka University 11

シミュレーション結果: ゆらぎ VNE 手法の制御成功率

制御成功率

新規 VN 到着数

Ad-hoc

提案手法

変動幅が小さい場合は、両増強とも 100% 収容可能

提案手法は、大きな環境変動に対する仮想網制御の適応性維持に貢献

デマンド変動

- メモリ変動: $m_i \rightarrow m'_i$
- $m_i^{exp} := m_i + U[0, \Delta]$
- $m_i^{mp} := m_i^{exp} + N[0, (C.V. \times m_i^{exp})^2]$
- $m'_i := m_i^{mp} \times \sum_{m_i^{mp}}$
- トラヒック変動: $t_{ij} \rightarrow t'_{ij}$
- $t'_{ij} := \frac{1}{2}(m'_i + m'_j)$

Osaka University 12

まとめと今後の課題

• まとめ

- SDI 環境における、ノード計算資源増強手法を提案した
- 生物進化 (普通生物学の知見) に倣い、仮想網制御の適応性維持を考慮した
- シミュレーションにより、デマンド変動に対する仮想網制御成功率を向上させることを示した

• 今後の課題

- 今回の結果は当該 VN のデマンド変動に着目した評価であり、他の VN についても同様の適応性向上が見られるか検証する
- 提案手法が当該 VN に依存しており、複数 VN や異なるトポロジーを扱えるよう改良する