

生化学反応モデルに着着想を得た  
仮想ネットワーク機能の配置手法の提案と評価

大阪大学 基礎工学部 情報科学科  
村田研究室 坂田 航樹

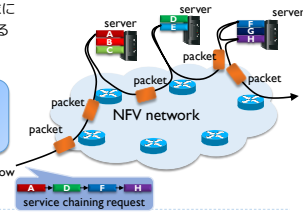
1

ネットワーク機能仮想化技術(Network Function Virtualization: NFV)

▶ ネットワーク機能をソフトウェアで実現

- ▶ 仮想ネットワーク機能 (Virtual Network Function: VNF)
  - ▶ ソフトウェアで実現されたネットワーク機能
- ▶ VNF をサーバ上に配置し、ネットワーク全体でサービスを提供
- ▶ NFVのサービスを受けるフローは、所望の VNF の適用順で示されるサービスチェイニング要求を所持
  - ▶ サービスチェイニング要求に従う順で VNF が適用されるようにフローの経路を決定

- 運用コストの削減
- 設備投資コストの削減
- 環境変動に柔軟に対応可能



▶ 2

研究背景と目的

▶ NFV に求められる機能

- ▶ サービスチェイニング要求及びフローのトラフィック量に応じた NFV システムの制御
  - ▶ 各サーバへの VNF の配置
  - ▶ 各サーバにおける VNF の資源配分
  - ▶ フローの経路
- ▶ 自律分散的な動作
  - ▶ サービス障害や需要の変化等の環境変動に素早く対応
  - ▶ サービスの拡張性の保持

▶ 生化学機構に着目

- ▶ 自律分散性及び自己組織性が高い

生化学機構に基づく手法により、  
NFV に求められる機能の実現を目指す

▶ 3

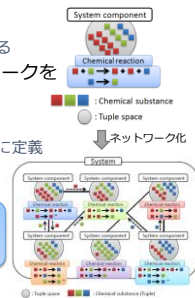
生化学反応式を用いたタプル空間モデル [13]

▶ システム内の挙動をタプル空間内の化学反応式で表現

- ▶ タプル空間: 化学反応の起こる場
- ▶ タプル空間には化学物質が存在
- ▶ 物質の濃度は化学反応の結果により増減する

▶ 複数のタプル空間を接続してネットワークを構成し、その挙動を表現

- ▶ 化学物質の拡散や移動を表現
- ▶ 化学反応式をそれぞれのタプル空間で独立に定義
- ▶ 各タプル空間の化学反応は独立に起こる



ネットワーク化されたシステムの自律分散的な挙動をモデル化するのに適している

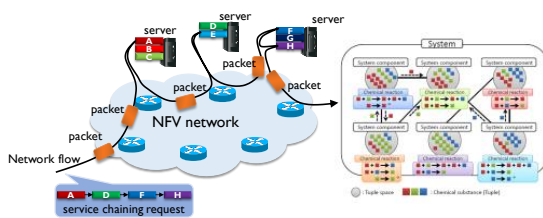
▶ 4

[13] Hideo Viroli, Matteo Casadei, Sara Montagna, Franco Zambonelli, Spatial coordination of pervasive services through chemical-inspired tuple spaces, ACM Transactions on Autonomous and Adaptive Systems, vol. 6, pp. 1-24, June 2011.

提案手法：概要

▶ NFV システムのタプル空間モデルを用いたモデル化

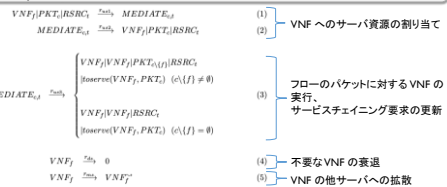
- ▶ タプル空間：サーバ
- ▶ 化学物質：VNFの需要、フローのパケット、サーバ資源等
- ▶ 化学反応式：パケットへの VNF の適用、VNF へのサーバ資源配分、ネットワーク内のパケットの移動等を表現



▶ 5

NFV のための化学反応式

$VNF_f$ : VNF  $f$  の濃度は需要を表す  
 $MEDIATE_{E_c}$ : サーバ  $i$  におけるサービスチェイニング要求  $c$  の先頭の VNF  $f$  に割り当てられた資源量  
 $toserve(VNF_f, PKT_c)$ : サービスチェイニング要求  $c$  のパケットに対して VNF  $f$  を実行したことを表す



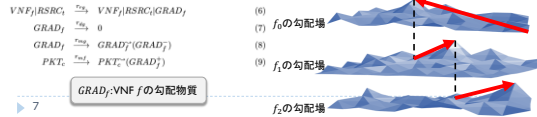
▶  $PKT_c$ : サービスチェイニング要求  $c$  を持つパケット

- ▶  $c$  の先頭の機能が適用されると、それを取り除いたサービスチェイニング要求を持ったパケット  $PKT_{c \setminus \{f\}}$  に変化
  - ▶  $c: \{f_0, f_1, f_2, \dots\} \rightarrow c \setminus \{f\}: \{f_1, f_2, \dots\}$  ( $f_i$ : VNF の種類)
- ▶ サービスチェイニング要求の全ての VNF が適用されると  $PKT_c$  は消失

▶ 6

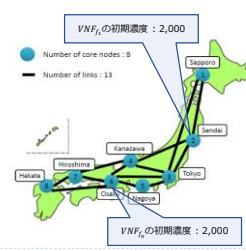
### フローの経路の決定

- ▶ VNFの需要が多く、かつ、サーバの利用可能な資源量の多いノードにパケットが移動
- ▶ 勾配場の形成
  - ▶ VNFごとに、その需要とサーバの利用可能な資源量に比例したレートで勾配物質を生成 (6)
  - ▶ 勾配物質が生成されないノードでは徐々にその濃度が減少 (7)
  - ▶ 勾配物質は勾配物質の濃度の低い周囲の接続されたノードに拡散 (8)
  - ▶ VNFの需要が多く、かつ、サーバの利用可能な資源量の多いノードを頂上として、周囲に向かって裾野が広がるように勾配場が形成される
- ▶ 勾配場に応じたパケットの移動
  - ▶ フローのパケットは次に適用するVNFの勾配場に応じて移動し、VNFを適用 (9)



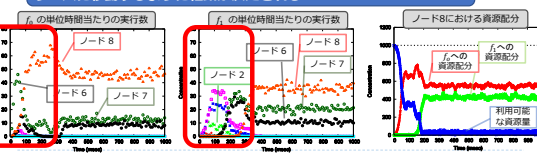
### 動作確認：シミュレーション環境

- ▶ ネットワークポロジ
  - ▶ SINET のバックボーンネットワークを利用
- ▶ 各ノードの処理能力
  - ▶ 83 Kpps
  - ▶ パケットサイズを 1,500 Bytes と考えると、1 Gbps のスループットに相当
- ▶ VNFの種類
  - ▶  $f_0, f_1$  の2種類
- ▶ 各ノードのVNFの初期値
  - ▶ 物質 VNF の濃度に応じてサーバに機能を配置する
  - ▶ ノード 6 の VNF $f_0$  の濃度の初期値: 2,000
  - ▶ ノード 2 の VNF $f_1$  の濃度の初期値: 2,000
  - ▶ それ以外: 0
- ▶ 確認する動作
  - ▶ 勾配場によるフローの経路の決定
  - ▶ VNF の適切なサーバへの配置
  - ▶ VNF への資源配分
  - ▶ VNF の分散実行



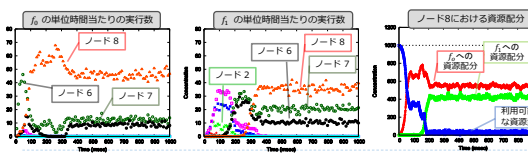
### シミュレーション結果と評価

- ▶ ノード 8 にパケットを 67 Kpps で投入
  - ▶  $c = (f_0, f_1)$  サービスステイニング要求
  - ▶ 1 台のサーバでは処理不可
- ▶ シミュレーション結果
  - ▶ パケットが  $f_0$  を適用するためにノード 6 へ移動する
  - ▶ ノード 6 で  $f_0$  が適用されると、続いて  $f_1$  を適用するためにノード 2 に移動する
  - ▶ ノード 2 で  $f_1$  が実行される



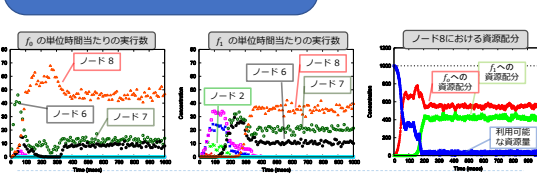
### シミュレーション結果と評価

- ▶ ノード 8 にパケットを 67 Kpps で投入
  - ▶  $c = (f_0, f_1)$  サービスステイニング要求
  - ▶ 1 台のサーバでは処理不可
- ▶ シミュレーション結果
  - ▶ VNF $f_0$  ノード 6 から、VNF $f_1$  がノード 2 から、フローが到着するノード 8 に移動
  - ▶ ノード 8 で処理しきれないパケットがノード 6、7 に移動して VNF が適用される
  - ▶ ノード 8 内で、 $f_0, f_1$  の 2 つの VNF による資源共有



### シミュレーション結果と評価

- ▶ パケットへの NFW 適用時間が短くなるようにVNFがサーバへ移動
- ▶ 1台のサーバ内における、需要に応じた複数の VNF への資源配分
- ▶ 1 台で処理しきれないパケットへの VNF の分散実行



### まとめと今後の課題

- ▶ まとめ
  - ▶ NFV における VNF の配置、資源共有、分散実行、及びフローの経路の決定を生化学反応に基づくタプル空間モデルを用いて行う手法を提案した
  - ▶ 複数のシナリオに基づくコンピュータシミュレーションによって動作確認を行い、提案手法が VNF に求められる機能を自律分散的に実現することを明らかにした
  - ▶ 単純な VNF 配置手法との性能比較評価を行い、提案手法の有効性を確認した
- ▶ 今後の課題
  - ▶ より詳細な評価
    - ▶ ノード間の伝搬遅延時間やリンク帯域を考慮した評価
  - ▶ NFV に求められる他の挙動の実現
    - ▶ VNF 毎の要求資源量の違い
  - ▶ 提案手法に基づく NFV システムの設計及び実装