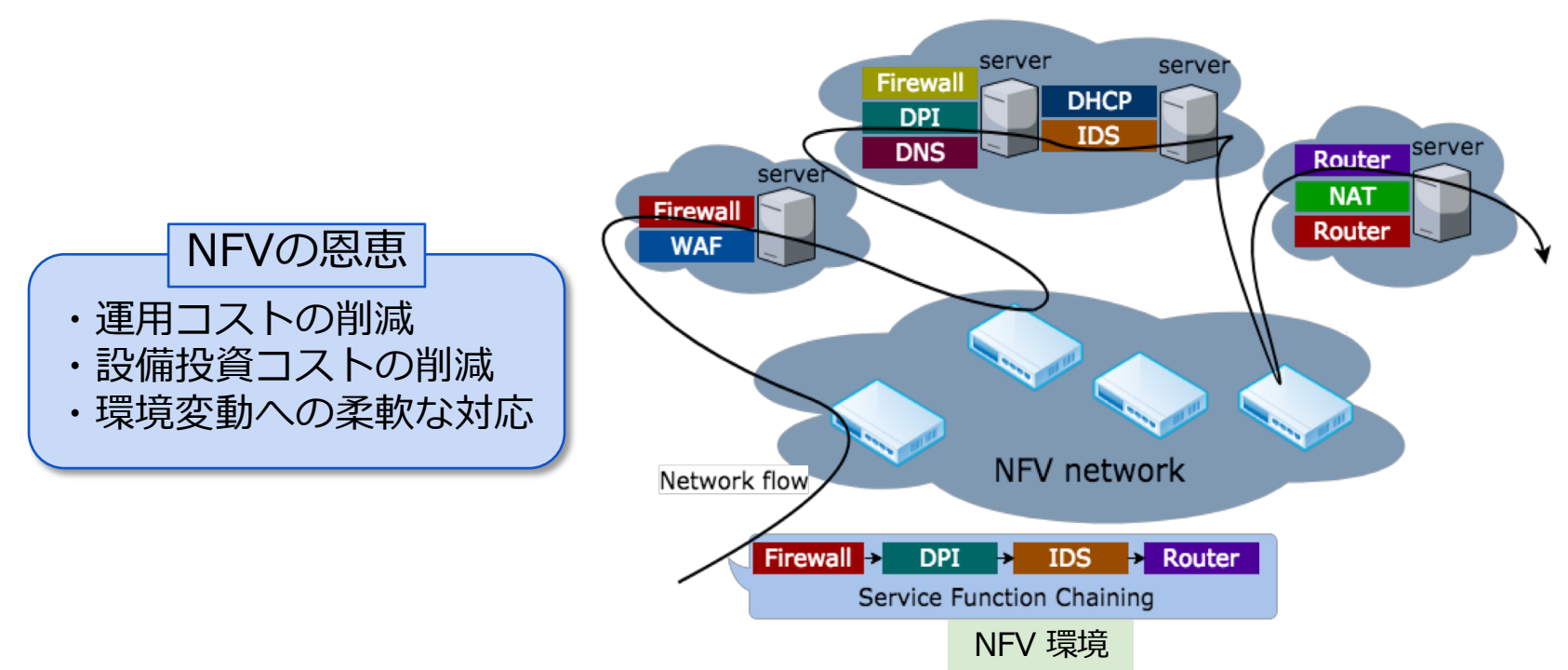


# 生化学反応モデルに着想を得た VNF 制御手法に関する一検討

大阪大学  
黒川 稜太, 長谷川 剛, 村田 正幸

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

- 仮想ネットワーク機能を汎用サーバ上で実現して, 提供する技術
  - 仮想ネットワーク機能 (Virtual Network Function: VNF)
  - サービスチェイニング要求 (Service Function Chaining: SFC)



NFVの恩恵

- 運用コストの削減
- 設備投資コストの削減
- 環境変動への柔軟な対応

## 研究背景と目的

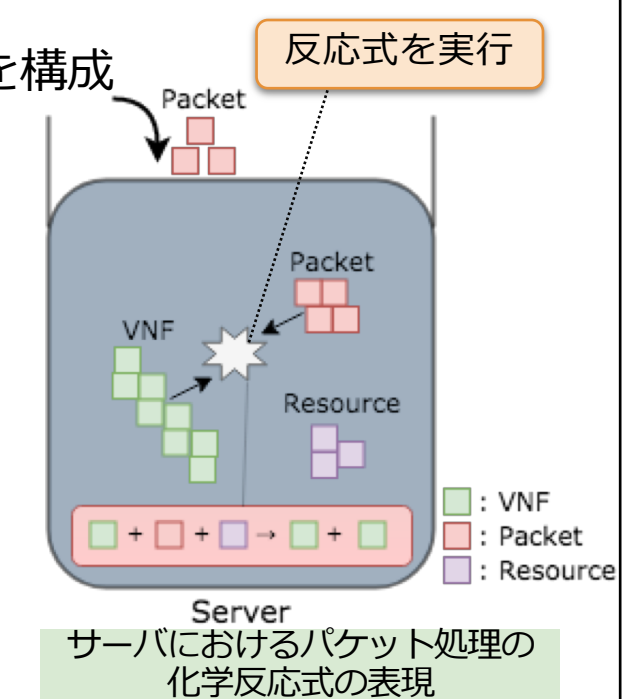
- NFV に基づくネットワークシステムに求められる機能
    - サービスチェイニング要求, 及びトラフィック量に応じた NFV システムの制御
      - VNF のサーバへの配置と資源割り当て, 及びフロー経路の決定
    - 自律分散的な動作
      - ネットワークの輻輳やシステム障害等の環境変動への対応
  - 生化学機構に着目
    - 自律分散性や自己組織性が高く, 自律分散的な挙動をモデル化するのに有効
- ↓ 提案
- 生化学反応モデルに基づくサービス空間構築手法
- 上述の手法の NFV への適用は, シミュレーションによる検証, 及び簡易な実験環境における検証のみが行われており, NFV 環境への適用について未検討

NFV 環境へ適用するために, NFV フレームワークに基づく実装方針を検討

3

## 生化学反応式を用いたタプル空間モデル [10]

- 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: 化学反応が起こる場
  - タプル空間には, 化学物質が存在し, 化学反応式が定義されている
  - 反応速度は, 物質の濃度の積によって決定される
  - 物質の濃度は, 化学反応によって変化する
- 複数のタプル空間を接続してネットワークを構成
  - 化学物質の拡散や移動を表現
- NFV への適用 [12]:
  - パケットへの VNF の適用, VNF へのサーバ資源の割り当て, VNF の拡散・衰退, パケットの移動を化学反応式を用いて表現
  - タプル空間: サーバ
  - 化学物質: VNF, パケット, 資源等
  - 化学反応式: 様々な挙動を表現

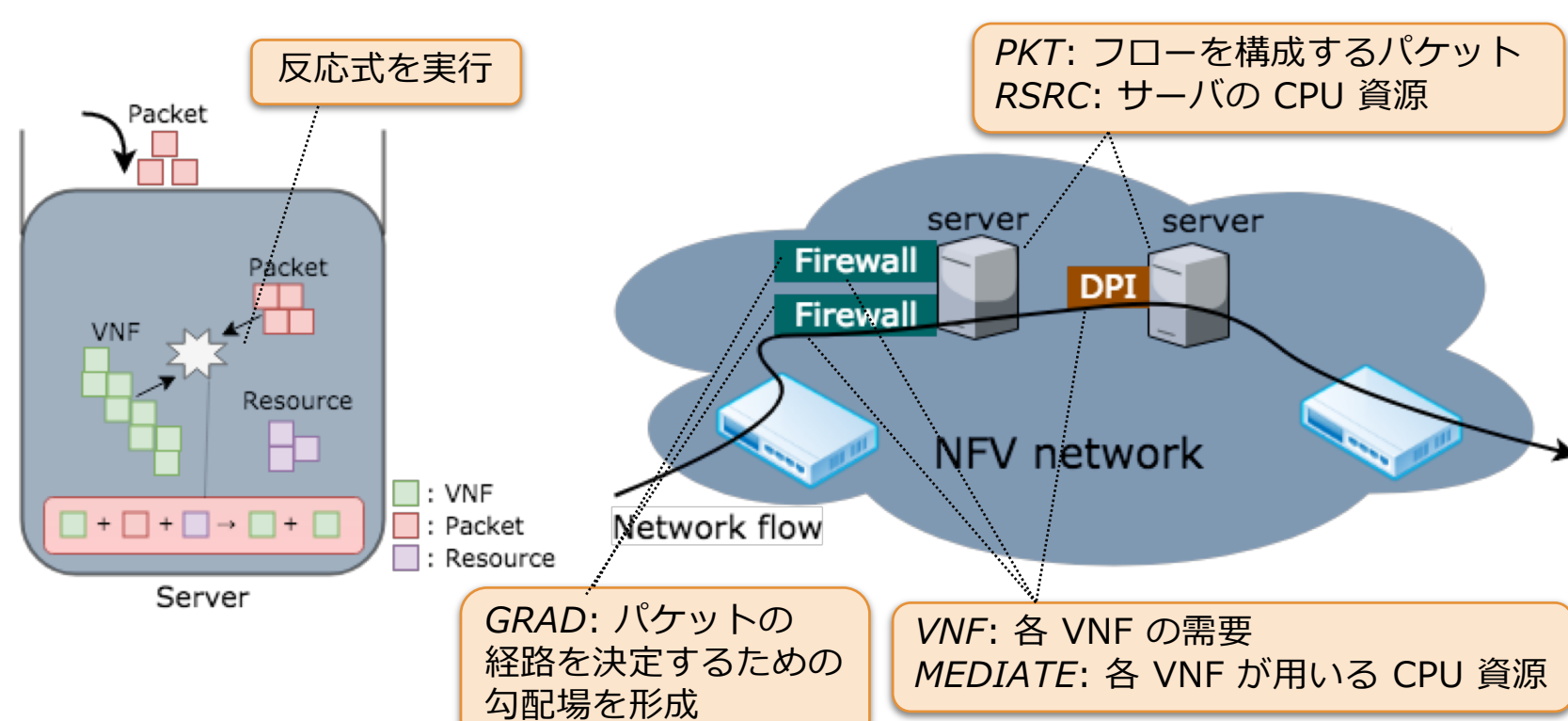


[10] Mirko Viroli, Matteo Casadei, Sara Montagna, Franco Zambonelli, "Spatial coordination of pervasive services through chemical-inspired tuple spaces," *ACM Transaction Autonomous and Adaptive Systems*, vol. 6, pp. 1-24, June 2011.  
[12] 坂田航樹, 長谷川剛, 村田正幸, "生化学反応モデルに着想を得た仮想ネットワーク機能の配置手法の提案と評価," 電子情報通信学会技術研究報告, vol. 115, no. 507, pp. 25-30, 2016年3月.

4

## 化学物質の設定

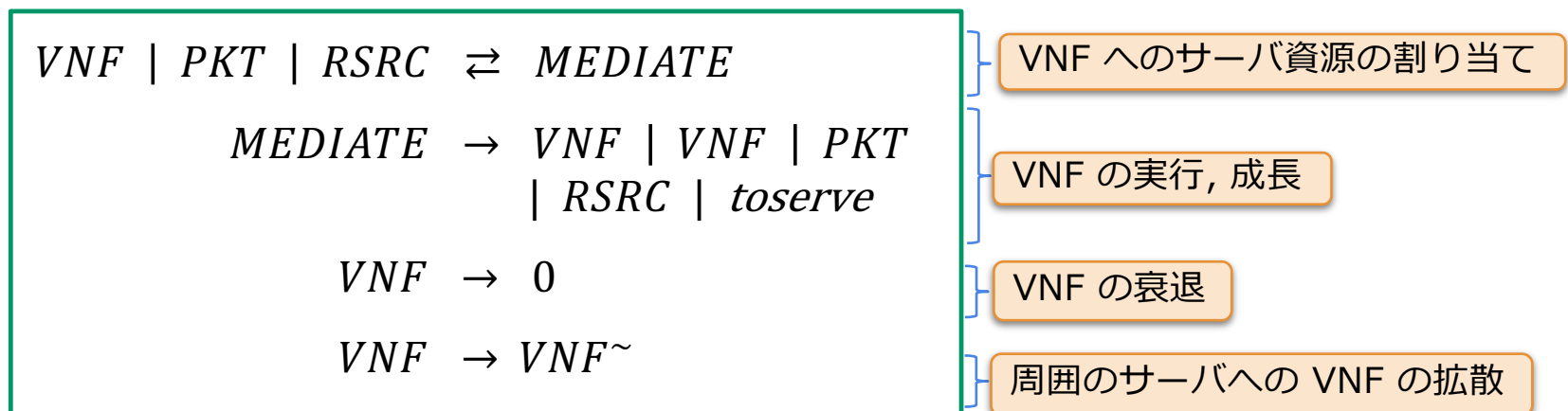
- 文献[12]で定義されている化学物質を, NFV に基づくネットワークシステムでは, 以下のように設定



[12] 坂田航樹, 長谷川剛, 村田正幸, "生化学反応モデルに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," 電子情報通信学会技術研究報告, vol. 115, no. 507, pp. 25-30, 2016年3月.

5

## NFV の様々な挙動を実現するための化学反応式 (1/2) [12]



VNF: VNF に対する需要  
 PKT: サービスチェイニング要求を持つパケット  
 RSRC: サーバ資源  
 MEDIANE: VNF に割り当てられたサーバ資源  
 toserve: パケットに対する VNF の適用

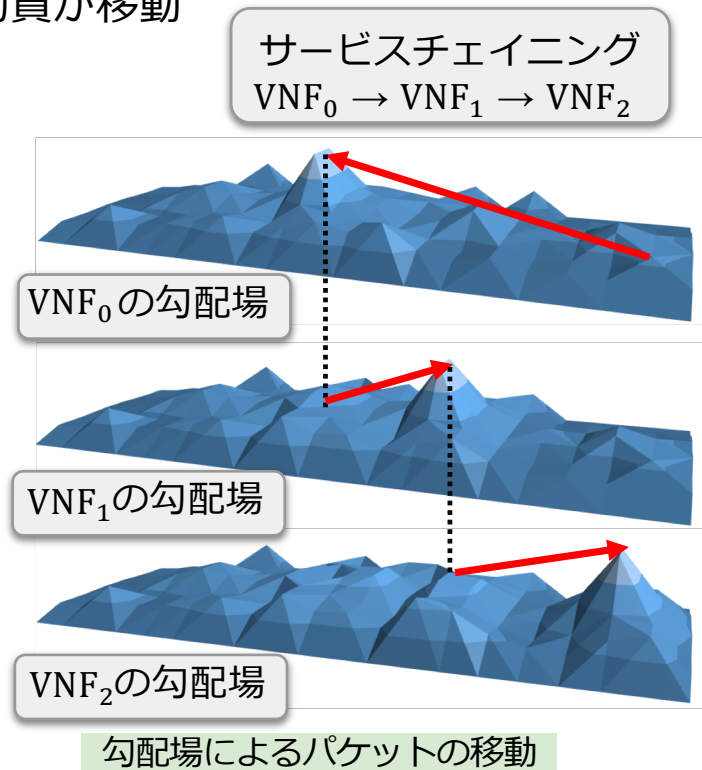
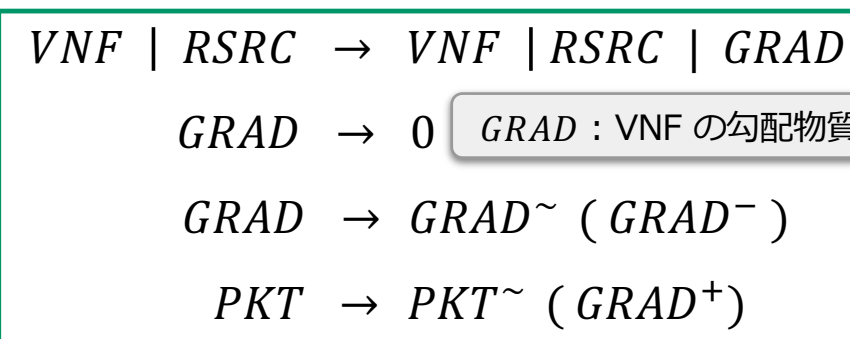
[12] 坂田航樹, 長谷川剛, 村田正幸, "生化学反応モデルに着想を得た仮想ネットワーク機能の配置手法の提案と評価," 電子情報通信学会技術研究報告, vol. 115, no. 507, pp. 25-30, 2016年3月.

6



### NFV の様々な挙動を実現するための化学反応式 (2/2) [12]

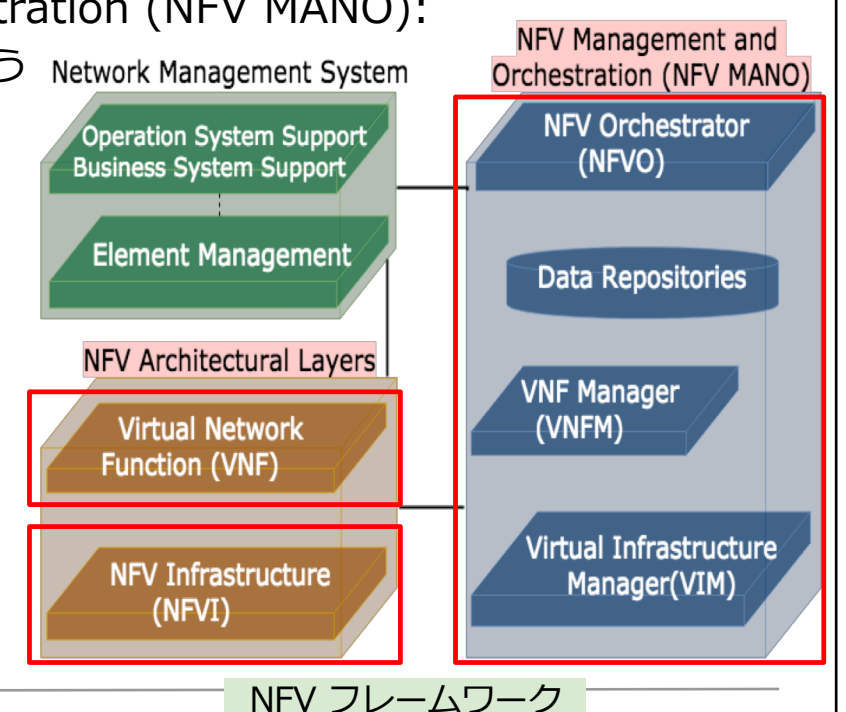
- VNF の需要が大きく、資源が多く残存するサーバにパケットを移動させるために、生化学機構の 1 つである**濃度勾配**を用いる
  - 濃度勾配: 体内の細胞間における物質濃度の傾きを表し、濃度の傾きに応じて、細胞間を物質が移動
- 勾配場を用いたパケット経路の決定
  - 勾配場: VNF の需要が大きく、資源が豊富なタブル空間を頂上とし、その周囲に裾野が広がるように形成
  - 勾配場の高い所へ登っていくようにパケットが移動



[12] 坂田航樹, 長谷川剛, 村田正幸, “生化学反応モデルに着目した仮想ネットワーク機能の配置手法の提案と評価,” 電子情報通信学会技術研究報告, vol. 115, no. 507, pp. 25-30, 2016 年3月.

### NFV フレームワーク

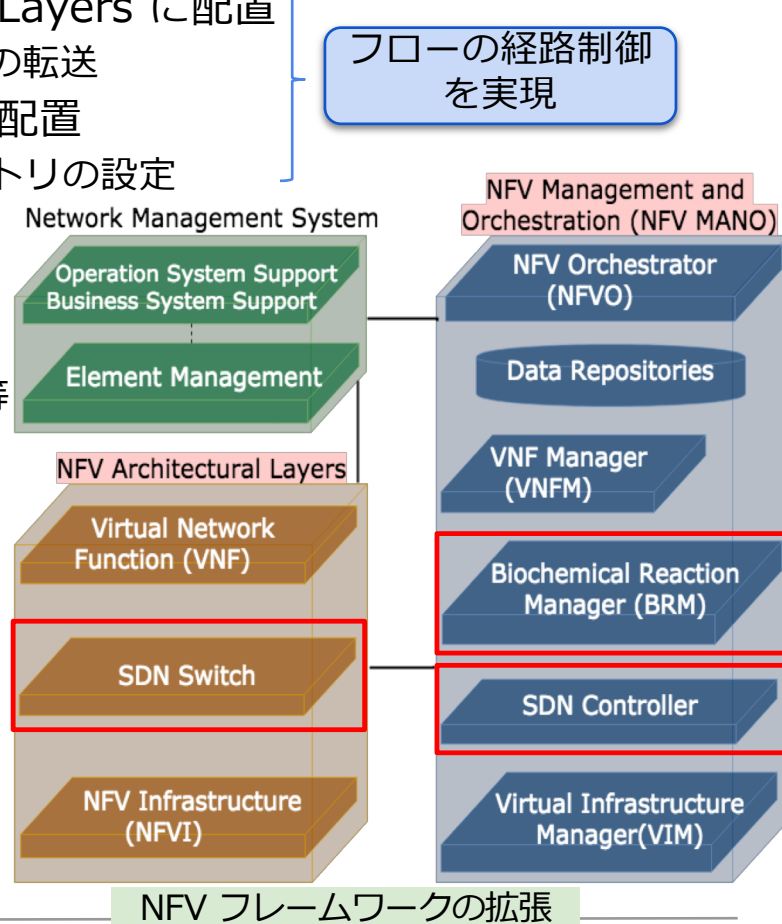
- ETSI によって提案
- 重要な機能
  - NFV Architectural Layers
    - VNF: 仮想化されたネットワーク機能であり、仮想マシンとして実現
    - NFVI: VNF が導入されるリソース
  - NFV Management and Orchestration (NFV MANO): VNF や NFVI の管理・調整を担う
    - VIM: NFVI における資源の管理・制御等
    - VNFM: VNFのライフサイクルの管理等
    - NFVO: サービスチェイニング要求の管理や、VNFのオーケストレーションの実行等



NFV フレームワーク

### 提案手法の実装方針

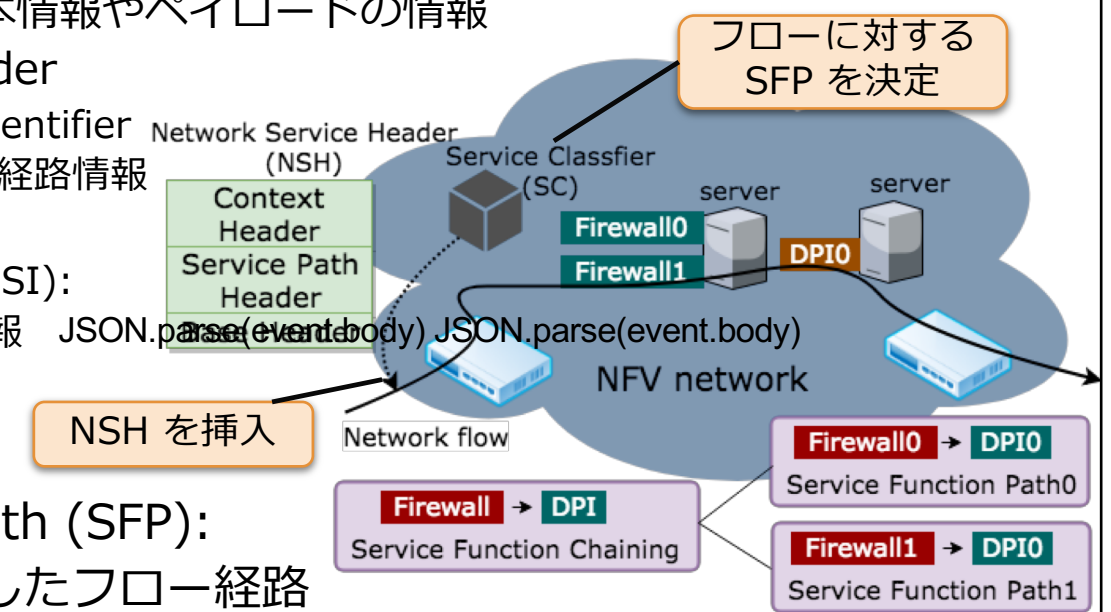
- NFV フレームワークを拡張
  - SDN Switch を NFV Architectural Layers に配置
    - フローエントリに従ったパケットの転送
  - SDN Controller を NFV MANO に配置
    - SDN Switch に対するフローエントリの設定
  - Biochemical Reaction Manager (BRM) を NFV MANO に配置
    - ネットワークトポロジの管理, タブル空間の定義, 反応式の実行等
- Open Platform for NFV (OPNFV) を用いた実装を検討する
  - OPNFV: OSS を用いた NFV フレームワークの実装の一つ



NFV フレームワークの拡張

### サービスチェイニングの実現 (1/2)

- Network Service Header (NSH): IETF によって提案され、サービスチェイニングの情報等を格納するヘッダ
  - Base Header: 基本情報やペイロードの情報
  - Service Path Header
    - Service Path Identifier (SPI): フローの経路情報を示す識別子
    - Service Index (SI): 経路上の位置情報
  - Context Header: メタデータの情報
- Service Function Path (SFP): サーバの位置を考慮したフロー経路
- Service Classifier (SC): 各フローに対する SFP の決定や、NFV 環境へ到着したパケットへの NSH の付与を行う機能



### サービスチェイニングの実現 (2/2)

- NSH の実現: IP パケットの TOS フィールドに Service Index を格納
  - 本研究では、Base Header と Context Header は実現しない
  - Service Path Identifier: 5-tuple (送信元, 送信先アドレス・ポート番号, プロトコル) で代用
  - Service Index:
    - 初期値: フローが通過する VNF の数
    - フローに VNF を適用する度に SI の値を 1 減らす
    - SI が 0 である場合には、全ての VNF が適用されたと判断する
- Service Function Path の実現: NFVO で保持
- Service Classifier の実現:
  - 各フローに対する SFP の決定: NFVO が、反応式的実行結果に応じて決定
  - パケットへの NSH の付与: SDN Controller が NFVO から SFP の情報を受け取り、SDN Switch へ NSH を挿入, 更新, 削除する設定を行う

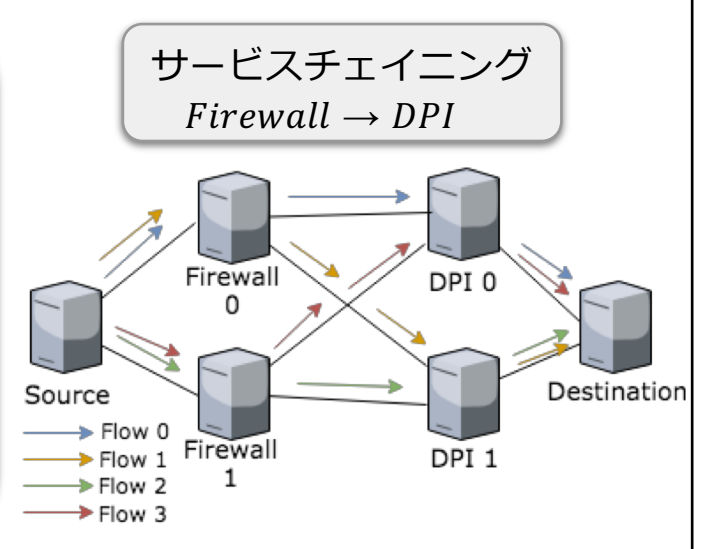
### 確率的なフロー経路の決定

- NFV では、フロー単位で経路が設定されるのに対して、提案手法では、パケット単位で確率的に経路が決まる
- 提案手法の実行結果に基づいて、フローに割り当てる SFP を確率的に決定
  - NFVO は、候補となる SFP を全て保持
  - 新しいフローに対して、GRAD の濃度に応じて、経路を確率的に割り当てる

右図: 2種類の VNF がそれぞれ 2 台のサーバで稼働  
 NFVO が持つ SFP :  
 $SFP_0 = \{Firewall0 \rightarrow DPI0\}, SFP_1 = \{Firewall0 \rightarrow DPI1\}$   
 $SFP_2 = \{Firewall1 \rightarrow DPI0\}, SFP_3 = \{Firewall1 \rightarrow DPI1\}$   
 GRAD の濃度 :  
 $GRAD_{Firewall0} = 2,000, GRAD_{DPI0} = 500$   
 $GRAD_{Firewall1} = 1,000, GRAD_{DPI1} = 1,500$

↓

確率  $0.67 \times 0.25$  で  $SFP_0$ , 確率  $0.67 \times 0.75$  で  $SFP_1$   
 確率  $0.33 \times 0.25$  で  $SFP_2$ , 確率  $0.33 \times 0.75$  で  $SFP_3$   
 をフローに対して、割り当てる



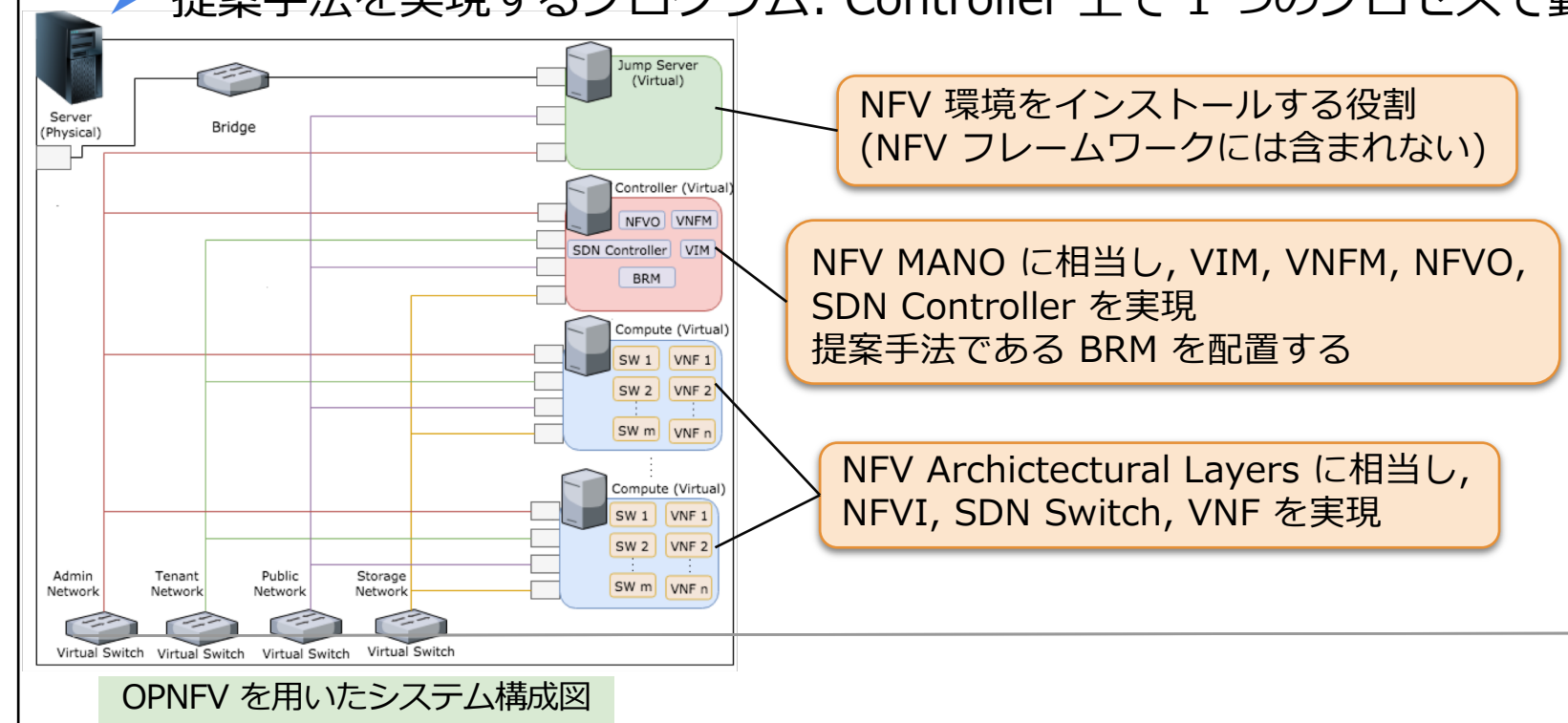


まとめと今後の課題

- ▶ **まとめ**
  - ▶ 生化学反応モデルに基づくサービス空間構築手法を NFV 環境に適用するために、NFV フレームワークに基づいた提案手法の実装方針を検討
    - ▶ 化学反応式を構成する物質や反応式を、NFV 環境の構成要素や挙動に対応
    - ▶ NFV フレームワークに基づいた提案手法の実装方針の検討
    - ▶ サービスチェイニングの実現方法に関する検討
    - ▶ アプリケーションの実装方針に関する検討
- ▶ **今後の課題**
  - ▶ 本報告で述べた、生化学反応式に着想を得た VNF 制御手法の実装、及び実験評価
  - ▶ 提案手法の拡張
    - ▶ サーバ間の伝播遅延時間やリンク帯域を考慮した評価
    - ▶ VNF 毎の資源要求量の違いを考慮した評価

提案手法の実現

- ▶ **Open Platform for NFV (OPNFV)** を用いる
  - ▶ OPNFV: OSS を用いた NFV フレームワークの実装の一つ
  - ▶ SDN は、OpenFlow を用いて実現
- ▶ 1 台の物理マシン上に構築
  - ▶ 複数の仮想マシンと仮想スイッチが存在
- ▶ 提案手法を実現するプログラム: Controller 上で 1 つのプロセスで動作



動画アプリケーションにおける VNF 制御の例

- ▶ サービスチェイニング: { Firewall → Transcoding }
- ▶ Firewall は 2 台, Transcoding は 1 台が稼働
- ▶ Controller
  - ▶ NFV システムの制御
  - ▶ 提案手法に基づいて、化学反応式を実行

