



On network function virtualization for dynamically changing service requests based on a Core/Periphery structure

大阪大学大学院情報科学研究科

村田研究室

津久井 佑樹

NFV への期待と課題

- **アプリケーションサービスの多様化**
- **NFV (Network Function Virtualization) を用いたサービス提供**
 - VNF (Virtual Network Function) を接続することで柔軟にサービスを提供
 - VNF はアプリケーションサービスを構成する細かなソフトウェア群
 - VNF の追加には、ソフトウェア開発のための開発コストと、VNF を実行するノード上での VM のブートや電力消費による配置コストが発生
- **柔軟な構成を維持し NFV のコストを削減することが課題**
 - VNF 配置を最適化し、電力や帯域リソースの消費量を削減^[3, 4]
 - 長期運用時には、新たなサービス登場に応じて VNF の追加が必要
 - サービスの多様化により、既存VNFを用いたサービス提供が困難になると予測



- 長期運用コストを削減する NFV システムのソフトウェア設計
- ソフトウェア設計により得られるVNFの配置方法

● 研究目的

- 現在および将来のサービス要求を
少ない追加コストで収容可能な NFV システムの構築

● 開発コストを削減するアプローチ

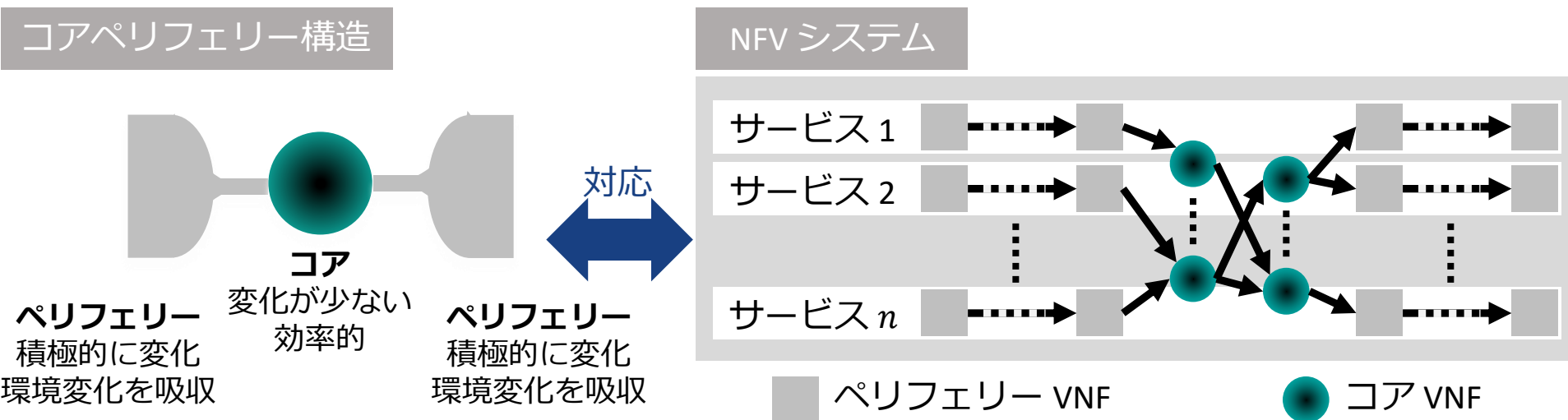
- 適切なソフトウェア設計により、追加の開発コストを削減
 - 生物システムで観察されるコアペリフェリー構造を用いた設計 (CPBD)
 - 開発コストをモデル化し、数値計算した結果より
CPBD が開発コストを削減可能であることを確認

● 配置コストを削減するアプローチ

- CPBD の設計方針に適切な VNF 配置により、配置コストを削減
 - コアペリフェリー構造のコアの特性に基づく二つの配置方針、CLCP と GDCP を考案
 - 比較により、優れた配置方針を確認

CPBD: Core/Periphery Based Design

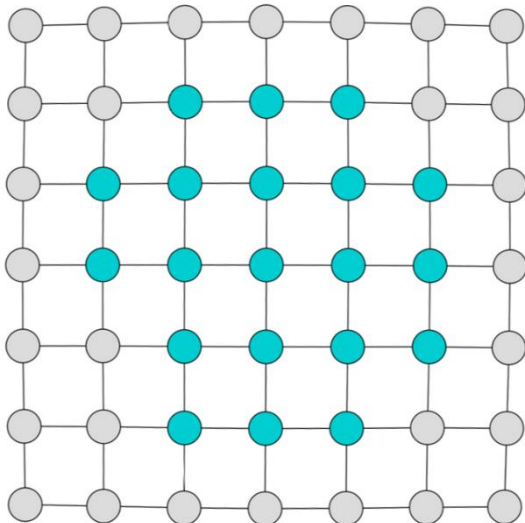
- **コアペリフェリー構造^[12]を用いた NFV システムの設計**
 - “ペリフェリー”が積極的に変化することで、システム全体の変化を吸収
→ペリフェリー VNF: サービスの収容ごとに追加される、そのサービス固有の VNF
 - “コア”はあまり変化せず、“ペリフェリー”同士の接続を効率的に媒介
→コア VNF: 複数のサービスの収容に繰り返し利用可能な VNF
- **事前に用意したコア VNF を繰り返し収容に用いることで長期的な視点での開発コストを約 23% 削減**
 - コア VNF を用いない場合との比較結果



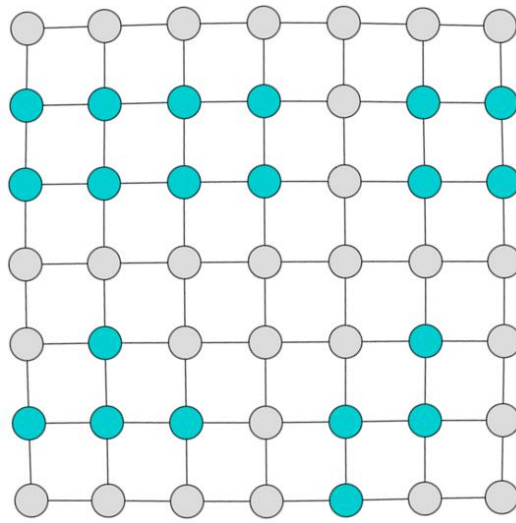
- CPBD がコア VNF を繰り返し利用することを踏まえた配置方針が必要
- 適切な VNF 配置方針によって
現在および将来のサービス要求収容に伴う配置コストを削減
- VNF 配置時には、リソース制約の考慮が必要
 - VNF を実行するノードのコンピューティングリソース制約
 - 物理回線の帯域リソース制約
 - あるコア VNF が多くのサービス収容に用いられるの、負荷による処理遅延
 - コア VNF を複製して配置することで負荷分散可能
 - ただし、ノードのリソースを圧迫や複製分の配置コスト増加の懸念
 - リソース制約が満たせない場合、新たなサービスを収容不可能

● 二つのヒューリスティックを検討

- CLCP policy: Center-Located Core/Periphery placement
 - 物理ネットワークの地理的中央にコア VNF の複製を配置
 - 地理的中央は多くの経路が通るため、コア VNF の利用効果を高め得ると予想
- GDCP policy: Geographically-Distributed Core/Periphery placement
 - CLCP では一部のノードや物理回線を集中的に利用し、リソース制約を生じる懸念
 - そこで、コア VNF の複製を地理的に分散させる GDCP を検討



CLCP のコア VNF 配置例



GDCP のコア VNF 配置例



コア VNF を
配置したノード



コア VNF を
配置しないノード

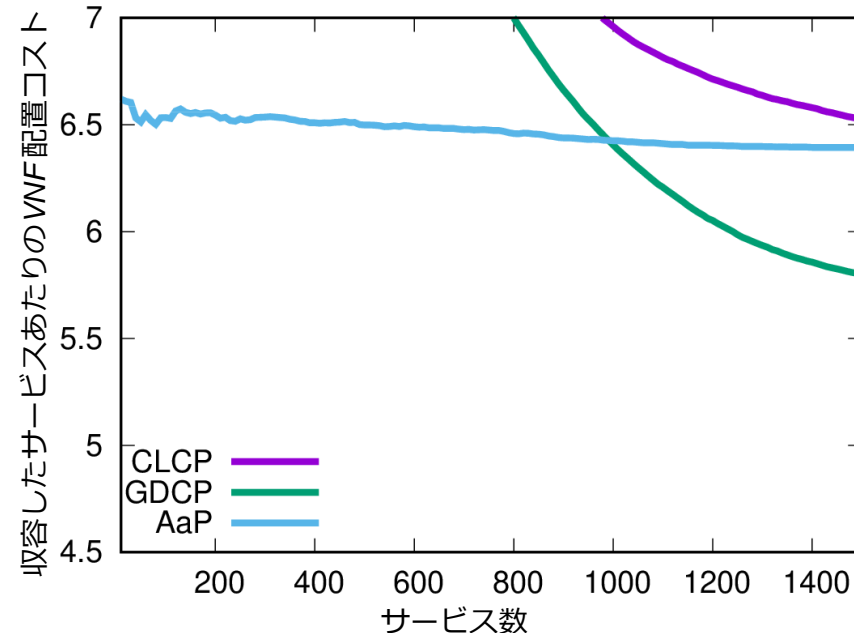
評価結果: VNF 配置

● 評価設定

- CLCP, GDCP, 既存手法 AaP^[7]を比較
 - それぞれが収容したサービスあたりの配置コストを算出
- 様々な基盤ネットワークのトポロジーや事前に配置するコア VNF 数で評価

● 長期的な視点ではGDCP が最もコストを削減可能

- 事前に用意したコア VNF を繰り返し利用したことが効果を発揮
- 約 1000 種類以上のサービスを収容する場合は GDCP のコストが最も優れる
- CLCP もコア VNF を利用するがサービスあたりに最多のコストを必要
 - リソース制約を受けやすく、収容可能なサービス数が減少
- 事前にコア VNF の利用回数も減少



7×7の格子状ネットワークに
500種類のコア VNF を
各種 5 個ずつ複製して配置した場合

● まとめ

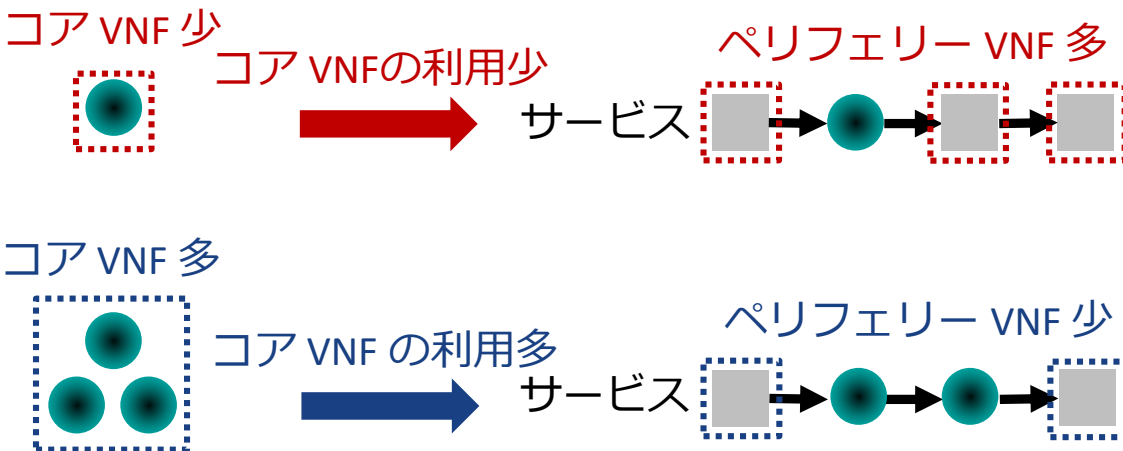
- コアペリフェリー構造を用いた NFV システムの設計方針 (CPBD) を検討
 - 複数のサービス収容に繰り返し用いられるコア VNF
 - 一種類のサービス収容のために用いられるペリフェリー VNF
 - コア VNF を用いて収容を行うことで、追加の VNF 開発コストを長期的に削減可能
- CPBD を前提とした VNF の配置方針を検討
 - 物理ネットワークの地理的中央にコア VNF を配置する CLCP
 - コア VNF を物理ネットワーク上に地理的に分散して配置する GDCP
 - 様々なトポロジーやパラメータを用いて評価した結果、GDCP が最優
 - リソース制約を回避
 - コア VNF を収容に利用し、追加の VNF 配置コストを長期的に削減可能

● 今後の課題

- コア VNF 間の利用頻度の差を検討
- 実アプリケーションサービスを用いて評価

● サービス収容に要する追加VNFの開発コストを導出

- コアVNF数に依存： $k = k\gamma f_c + k_p$
 - コア VNF 数が多いほどサービスの収容にコア VNF を利用する機会が増加
 - 収容に用いる VNF の総数を固定としたとき、コア VNF が多いほど
ペリフェリー VNF が収容に用いられる (追加される) 機会が減少



変数・パラメータ

k	各サービスの収容に用いる VNF の総数
f_c	コア VNF 数
$k\gamma f_c$	各サービスの収容に用いるコア VNF 数
k_p	各サービスの収容に用いる ペリフェリー VNF 数
γ	コア VNF がサービスの収容に 用いられる頻度を表すパラメータ

● 以下のような変数・パラメータを用いて配置コストを算出

- λ : タイムスロット t が増加するごとに新たに収容されるサービスの種類
- C_v : 各ノードが有するリソース量
- B_e : 各物理回線が有する帯域リソース量
- \hat{c} : 配置した VNF を実行するために消費するノードのリソース量
- b_r : 収容したサービスのデータ転送に用いられる帯域リソース量
- U : ある VNF を用いて収容可能なサービス数の上限
- k : サービスの収容あたりに用いられる VNF 数
- γ : コア VNF が、サービスの収容に用いられる頻度を表すパラメータ
- ω : 配置した VNF あたりに生じる配置・接続コスト

● ペリフェリー VNF のみ用いて収容を行う設計と比較

- サービスを一つずつ発生させ、VNF の開発コストの総和を観察
- 比較の設計は、グラフの NCBD で表示

● CPBD が長期的な視点から、コストの総和をより削減可能

- CPBD では約 50 の初期コストが発生
 - 事前にコア VNF の開発を行うため
- 収容するサービス数が増加するほど CPBD がコスト削減効果を発揮
 - 100 種類のサービスを収容する開発コストは約 23% 低下

