

## 令和元年度研究開発成果概要書

採択番号 : 19104  
 研究開発課題名 : 未来を創る新たなネットワーク基盤技術に関する研究開発  
 副題 : 時空間ダイナミクスの記述を可能とする拡張Bow-Tie構造に基づく進化発展可能なネットワーク化情報処理基盤アーキテクチャの創出

## (1) 研究開発の目的

本研究開発では、仮想化技術を前提にしたネットワーク化情報処理基盤のための設計原理を、自己組織化原理に基づく環境適応性だけでなく、進化適応性を有する時間的・空間的構造を明らかにすることによって確立する。そのために、生物システムのBow-Tie構造に着目する。生物システムにおいて、Bow-Tie構造は生物システムにおける情報処理ユニットであり、コアネットワークと入出力ネットワークからなり、かつ、階層的に構成されることによって全体システムをなすことがすでに知られている。ただし、これらの性質はいずれも相対的なものであり、Bow-Tie構造の詳細については対象システムに依存する。本研究開発では、対象とするネットワーク化情報処理基盤を対象としたBow-Tie構造の詳細な検討を行うとともに、進化生物学における最新の研究成果に基づいて、進化適応可能なコアの内部構造を明らかにする(拡張Bow-Tie構造)。さらに、拡張Bow-Tie構造に基づいた具体的なシステム設計例として、NFVを用いて検証するとともに、具体的サービス例としてDesignated Realityを実装することによってその有効性を実証する。

## (2) 研究開発期間

平成28年度から令和2年度(5年間)

## (3) 実施機関

国立大学法人大阪大学<代表研究者>

## (4) 研究開発予算(契約額)

総額 85百万円(令和元年度17百万円)  
 ※百万円未満切り上げ

## (5) 研究開発項目と担当

研究項目1: Bow-Tie構造に基づくネットワーク仮想化情報処理基盤の設計(大阪大学)  
 研究項目2: 進化適応性を有するための拡張Bow-Tie構造のモデル化と検証(大阪大学)  
 研究項目3: 拡張Bow-Tie構造に基づいたサービス実装による実証実験(大阪大学)

## (6) 特許出願、外部発表等

|       |            | 累計(件) | 当該年度(件) |
|-------|------------|-------|---------|
| 特許出願  | 国内出願       | 0     | 0       |
|       | 外国出願       | 0     | 0       |
| 外部発表等 | 研究論文       | 1     | 0       |
|       | その他研究発表    | 14    | 3       |
|       | 標準化提案      | 0     | 0       |
|       | プレスリリース・報道 | 0     | 0       |
|       | 展示会        | 3     | 2       |
|       | 受賞・表彰      | 0     | 0       |

## (7) 具体的な実施内容と成果

### 研究項目1：Bow-Tie 構造に基づくネットワーク仮想化情報処理基盤の設計

#### 1-1 Bow-Tie 構造に基づくネットワーク仮想化情報処理基盤設計論の確立

5G/beyond5G/6G の関連研究動向を調査し、Bow-Tie 構造を用いた情報処理アーキテクチャの展開について検討した。特に Vertical Domains すなわち垂直統合型（物理ネットワークから上位 NW、サービスに至る垂直統合的なサービスセット）のシステムへの展開例として、5G システムの中でのネットワークスライス機能に着目し、ユーザー端末とユーザー端末が利用するアプリケーションに紐づくネットワークスライスを構築・管理する情報処理アーキテクチャ UONA (User-Oriented Network Architecture) を示した。

### 研究項目2：進化適応性を有するための拡張 Bow-Tie 構造のモデル化と検証

#### 2-3 拡張 Bow-Tie 構造に基づく NFV の実証実験

DPI 機能に代表される機能群 (VNFs) を組み合わせてサービスを提供する NFV において、ネットワーク機能 (VNF) の設計・配置に Core/Periphery 構造 (BowTie 構造) を取り入れる効果を定量的に評価した。まず、新たなサービス要求を収容する際の VNF 開発コストを削減可能な設計方針として CPBD (Core/Periphery Based Design) を導入した。CPBD では、コア VNF を事前に開発し、現在および将来のサービス要求の収容に繰り返し用いられる。また、ペリフェリー VNF がそれぞれのサービス要求専用に関与され、コア VNF のみでは対応できない機能を担う。評価の結果、CPBD は、コア VNF を用いない設計方針と比べて、長期的な VNF 開発コストを約 23% 削減することを示した。次に、CPBD に適切な VNF の配置方針を検討した。CPBD におけるコア VNF の配置方針が異なる CLCP (Center-Located Core/Periphery placement) policy および GDCP (Geographically-Distributed Core/Periphery placement) policy を考案し、長期的な NFV のシステムコストを比較評価した。リソース制約がない場合、CLCP および GDCP は、コア VNF を考慮せずに配置する既存の VNF 配置アルゴリズムの結果と比べ、長期的なコストを約 16% 削減することを確認した。さらに、VNF 実行時のコンピューティングリソースや帯域リソースの制約がある場合、GDCP は CLCP と比べ約 11% のコストを削減可能であることを示した。

### 研究項目3：拡張 Bow-Tie 構造に基づいたサービス実装による実証実験

#### 3-1 Designated Reality の実装による実証実験

買い物代行サービスに特化した Designated Reality サービスの質向上に取り組んだ。ロボットに外部カメラを設置して高精細化を図り、H30 年度実装の 4 倍以上の解像度の高精細映像伝送と、高精細映像に対するリアルタイム物体識別機能・情報付与機能を実装した。実装したサービスを NICT オープンハウス 2019 (6 月) およびらぽーと EXPOCITY (11 月、約 260 名) でデモ展示し、来訪者にサービスを体験してもらうとともに、東京⇄大学研究室 (大阪)、商業施設⇄大学研究室の広域で動作することを確認した。

なお、本年度は視野角が向上した最新の MR レンズを用いた検証を行う予定であったが、MR レンズを入手できなかったため、エミュレーターを用いたアプリケーションの動作確認に留まっている。令和 2 年度も引き続き入手に努め、Designated Reality サービスの質向上に取り組む。

#### 3-2 拡張 Bow-Tie 構造に基づいた Designated Reality の実証実験

また、リアルタイム物体識別機能・情報付与機能に加え、ロボットを配置する遠隔地側のマップと現在地を提示する機能からなる Designated Reality サービスを、Bow-Tie 構造にもとづいて設計、実装した。ユーザーの要求や実環境に変動があっても変化しない機能をコア機能、ユーザーの要求や実環境によって振る舞いが変わり得るものをペリフェリー機能とし

た。実験により、Core/Periphery 構造に基づいてサービスを設計することで、アプリケーションレベルの遅延の増加を 30 [ms]に留めつつ、実装コストの増大を抑制することがわかった。