

平成 28 年度研究開発成果概要書

採 択 番 号 : 19104

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 年度から平成 29 年度 (2 年間)

(3) 実施機関

国立大学法人大阪大学 (実施責任者 教授 村田正幸) <代表研究者>

(4) 研究開発予算 (契約額)

総額 34 百万円 (平成 28 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) これまで得られた成果 (特許出願や論文発表等)

		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	研究論文	0	0
	その他研究発表	3	3
	プレスリリース・報道	0	0
	展示会	0	0
	標準化提案	0	0

(7) 具体的な実施内容と成果

・研究開発項目 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

仮想化技術に基づくネットワーク化情報処理基盤における Bow-Tie 構造について、環境適応性の観点から詳細化し、NFV を前提とした Bow-Tie 構造を用いたアーキテクチャ案を示した。

まず、ネットワーク化情報処理基盤における Bow-Tie 構造として、外部からの呼び出し回数にもとづいた Bow-Tie 分離に取り組んだ。Linux Kernel においては、3 万ほどの関数に対して 50～70 程度の関数が Bow-Tie 構造におけるノットとなっていることが明らかとなった。これらの関数群は、カーネル開発の進展にともなうネットワーク機能拡充がなされても、機能処理の中心となる関数群であり、環境適応性提供のための重要な役割を果たしている。また、NFV における動的 VNF 配置問題を対象として、VNF Chain の一部をモジュール化（共通化）することによって、ユーザーの処理要求変動に対する VM 再構成操作回数が抑制されることを示した。これらのことから、ノットの関数群を中心とする Bow-Tie 構造を用いた情報処理アーキテクチャによって、環境適応性が得られる見通しを得た。

次に、MANO (MANagement and Orchestration) に関するオープンソースソフトウェアを用いた実験環境を構築し、NFV を前提とした Bow-Tie 構造を用いたアーキテクチャを実現する上での課題を抽出した。

OpenMANO を用いてスイッチ 5 台・物理 PC3 台からなるネットワーク機能仮想化の実験環境を構築し、ロボットとユーザー PC を接続して通信遅延の測定実験を行った。ただし本年度は、仮想マシン上でロボット取得映像の加工と配信を行うアプリケーションと音声認識アプリケーションを動作させた。測定の結果、仮想化機能を使わない場合は 420 [ms] 程度の遅延がかかり、映像加工・配信による処理時間が 33 [ms]、仮想化によるオーバーヘッドによる遅延増大が 16 [ms]、アプリケーション配置の違いによって 9 [ms] 程度の遅延低減がなされることが確認された。一方で、本委託研究の研究開発の数値目標「サービス品質（帯域 100Mbps、エンド間遅延 50ms）」と比較すると、仮想化機能を使わない場合に生じる遅延は極めて大きくなる課題が明らかとなった。原因はロボットが取得する映像の圧縮化（mpeg 化）で生じる遅延であることが特定できており、コンピューティングリソースの乏しいロボットで圧縮するのではなく、仮想化環境で提供することを試みる必要があるとの結論を得た。また、NFV を前提とした Bow-Tie 構造を用いたアーキテクチャを実現する上での課題として、現状の OpenMANO では遅延時間を測定することなくリソース量均等になるように機能を実行する仮想マシンの配置を行うアルゴリズムを採用していることが新たにわかった。Bow-Tie 構造を用いたアーキテクチャ実現への課題として、遅延計測機構の開発と配置アルゴリズムの開発が必要であり、平成 29 年度に取り組む。

・研究開発項目 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

Bow-Tie 構造が進化適応性を有するための空間的構造について、公理となるべき性質としてグループ内リンク数およびグループ間リンク数に着目し、これらの大小関係によって Leader、Outstanding、Organized の 3 グループを定める数理モデルを提示した。

この数理モデルを Linux Kernel のネットワーク機能に関連する関数からなる call graph に適用した。Linux Kernel 2.4.0～Linux Kernel 4.7 までの開発過程を分析し、開発による機能拡張量と比較して、Leader グループは比較的安定しており、機能拡張による変化が Outstanding、Organized によって吸収されることを明らかにした。この結果より、Leader グループを中心とする Bow-Tie 構造をとることで進化適応性を得る見通しを得た。

・研究開発項目 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
実施計画に従い、本年度は実施していない。