

令和元年度研究開発成果概要書

採 択 番 号 : 19304  
研究開発課題名 : スマートコミュニティを支える高信頼ネットワーク構成技術の研究開発  
副 題 : 高信頼設計エッジ・クラウド・ネットワーク

(1) 研究開発の目的

多数・多様な IoT 端末を収容する無線アクセスと分散配置エッジノードとの連携技術、分散配置エッジノードおよび中央クラウドでの計算やネットワークの仮想化・高信頼化技術、IoT 端末を考慮した分散型セキュリティ基盤技術、さらにエッジノード上に構築される高効率・高信頼な分散データベース技術を開発し、これらの技術が連携協調動作する Resilient Edge Cloud Network (RECN) の基盤技術を確立する。また、日米大規模テストベッドを用いた実証実験を行い、安全・安心のためのスマートシティ（人物認識）及び分散電カグリッドの管理応用などの特定のユースケースに対する有用性を示す。

(2) 研究開発期間

平成 30 年度から令和 3 年度（36 ヶ月）

(3) 実施機関

国立大学法人九州工業大学<代表研究者>

(4) 研究開発予算（契約額）

総額 45 百万円（令和元年度 15 百万円）  
※百万円未満切り上げ

(5) 研究開発項目と担当

Task1 : Resilient Resource Access for Massive End Devices

1. Spatio-temporal Floating EC function over vehicular nodes  
(メイン：国立大学法人九州工業大学、サブ：CCNY)
2. Resilient communication via flow based control  
(メイン：国立大学法人九州工業大学、サブ：CCNY)

Task2 : Virtualized Adaptable Computing and Networking

- (メイン：国立大学法人九州工業大学、サブ：CCNY)
1. Fast multi-path data exchange among EC nodes and BC
  2. Distributed monitoring and control for resiliency of backbone networking
  3. Elastic split-memory VMs in EC nodes and BC
  4. Distributed introspection and control for resiliency of split-memory VMs

Task 3 : Bio-Inspired Intrusion Detection System (BIIDS) for Protecting Internet of Things Devices

(メイン：CCNY、サブ：国立大学法人九州工業大学)

Task4 : Distributed Database using Hypercube

(メイン：CCNY、サブ：国立大学法人九州工業大学)

Testbed Experiments

(合同：国立大学法人九州工業大学、CCNY)

(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	3	3
	その他研究発表	49	30
	標準化提案	0	0
	プレスリリース・報道	1	1
	展示会	0	0
	受賞・表彰	8	4

(7) 具体的な実施内容と成果

Task1 : Resilient Resource Access for Massive End Devices

1. Spatio-temporal Floating EC function over vehicular nodes

Floating EC 機能を実現するための車両ネットワークを用いた時空間データ滞留方式において、滞留させるデータおよび機能のデータ拡散時間と生存期限を時空間データ特性と定義し、これを考慮した動的送信間隔決定手法を提案して評価した。また、この時空間データ滞留方式をより現実に近い環境で評価するため、NICT が保有するマルチエージェントシミュレーション/エミュレーション環境 Smithsonian と無線通信エミュレーター NETorium を用いた評価環境を構築した。さらに、より効率的な時空間データ滞留方式を実現するため、車両の送信位置と受信信号レベルに基づく送信制御手法を提案し、シミュレーション評価を実施した。これらに関し2件の国際会議発表（共に国際共著論文）、2件の国内発表を行った。

2. Resilient communication via flow based control

フローベースのレジリエントな通信制御を実現するために、動画ストリーミングを対象に昨年度提案した Openflow メッセージを用いてネットワーク上で QoE を推定する手法を拡張し、特にパケットロスが頻発する劣悪なネットワーク環境において QoE をリアルタイムかつ正確に推定できる事を示した。加えて、Openflow メッセージで得られる情報を基に再帰型ニューラルネットワーク RNN を用いてアプリケーションを推定する手法を提案し、実験ネットワーク環境において有効性を示した。その他、時空間コンテンツ管理のためのネットワークアーキテクチャで必要となる検索機能や実装方法を明らかにした。これらの要素技術に関して、3件の国際会議発表（内、2件が国際共著論文）、4件の国内発表を行い、国際共著論文の一つが Best paper award を、国内研究会の1件が若手研究奨励賞を、受賞した。

Task2 : Virtualized Adaptable Computing and Networking

1. Fast multi-path data exchange among EC nodes and BC

大容量データの1対多高速転送のための送信者符号化を用いる複数経路マルチキャスト技術に関して、ブロック割り当て手法を改善し、ノード数が百以上でリンク帯域も不均一な多数種類のネットワークにおいて最適スケジュールが生成できることを確認し、OpenFlow テストベッド上での動作検証を開始した。耐パケットロス仮想リンクのための符号化 TCP トンネル技術に関して、逆方向ロスへの耐性を高める ACK 制御手法を考案し有効性を検証した。また、複数経路マルチホップ無線ネットワークでのデータ収集技術に関して、転送スロット割り当て、転送経路、パケット符号化合成の統合手法を考案しシミュレーションによって有効性と課題を確認した。さらに、マルチパス TCP による送受信ノード間の複数パス設定環境において、TCP 転送制御に基づくパス利用率の推定方法と推定結果に基づく複数パス利用方針の決定方法について検討した。これらの要素技術に関して、1件の学術論文誌発表、3件の国際会議発表、1件の国内発表を行い、そのうち国際会議の1件が Outstanding paper award を受賞した。

2. Distributed monitoring and control for resiliency of backbone networking

全リンク品質監視（パケットロス率や遅延変動）のネットワーク連携形アクティブ計測技術

に関して、品質劣化リンクを特定するまでに必要なスイッチへのアクセス数の低減のために、過去の計測結果を利用した、計測パケットを流すマルチキャスト経路の動的最適化やネットワークトモグラフィによる被疑区間の絞り込み等を考案し、各々の手法の有効性と課題を大規模ネットワークポロジータ上でのシミュレーションによって確認した。また OpenFlow テストベッド上での動作検証を開始した。これらの要素技術に関して、4件の国際会議発表、1件の国内発表を行った。

### 3. Elastic split-memory VMs in EC nodes and BC

分割メモリ VM の信頼性を向上させるために、VM の一部分を EC ノード単位でマイグレーションする機構を実装した。さらに、分割メモリ VM を1つの EC ノードに統合できるようにし、実験を行った。エッジクラウド環境で分割メモリ VM を効率よく動作させられるように、実行時にネットワーク転送量を減らす機構を開発し、実験を行った。また、分割メモリ VM の VM コアとメモリ断片を EC ノードと BC ごとに複製する機構についての検討を行い、VM を停止させた状態で複製を行えるようにした。これらの要素技術に関して、1件の学術論文誌発表、1件の国際会議発表、4件の国内発表を行った。

### 4. Distributed introspection and control for resiliency of split-memory VMs

分散内省機構を実現するために分割メモリ VM のメモリ断片に透過的にアクセスするためのランタイムシステムの実装を行い、侵入検知に関して2つの実装の性能を比較する実験を行った。また、OS の内部情報を用いた障害検知システムを実装し、実験を行った。さらに、VM 内の OS の内部情報を変更することで回復が可能な障害の種類についての分析を行い、CPU 障害およびメモリ障害からの回復手法の検討を行った。これらの要素技術に関して、1件の学術論文誌発表、3件の国際会議発表、2件の国内発表を行い、そのうち国際会議の1件が Best paper award を受賞した。

## Task 3 : Bio-Inspired Intrusion Detection System (BIOIDS) for Protecting Internet of Things Devices (九州工業大学にて実施したサブ Task)

CCNY 側で開発している BIOIDS を VM に対して安全に適用できるようにするために、CCNY 側と議論を行いながら、内省機構を用いて VM 内の OS やネットワークなどの必要な情報を取得できるようにした。また、IoT デバイスにおいて軽量の仮想化システムを動作させ、VM のメモリ、ディスク、ネットワークに関する内省機構の実装を行った。これらの要素技術に関して、2本の国際共著論文を執筆し、国際会議に投稿中である。

## Task 4 : Distributed Database using Hypercube (九州工業大学にて実施したサブ Task)

ハイパーキューブもしくはそれと似た構造を持つネットワークのリンク品質を効率的に監視するための経路木を生成する手法についての考察を行った。その結果、枝から次の枝までの距離が2の累乗もしくはそれに近い数で、かつ葉に最も近い枝から葉までの距離ができるだけ大きい経路木を用いることによって、従来手法よりも高速なリンク品質の監視が可能という知見を得た。

## Testbed Experiments

広域実験テストベッドネットワークの第1フェーズとして、1つの制御・管理用 VLAN と3つのデータ転送用 VLAN の構築とそれを使った予備の実験を進め、九州工業大学の学内3拠点（3研究室）、SINET 経由 JGN 福岡、JGN 大手町、JGN StarBED、JGN Seattle、そして PacificWave および Internet2 経由による CCNY の1拠点（1研究室）を結び日米広域接続が完成し、その上の RISE による OpenFlow ネットワークでの通信実験や、StarBED 内の VM と九州工業大学内の VM 間でのメモリ転送実験などを行った。CCNY 内での拡張および CCNY から COSMOS テストベッドへの拡張に関して、調査・調整中である。

## (8) 外国の実施機関

City University of New York, City College (CCNY)