

## 1. 研究課題・受託者・研究開発期間・研究開発予算

- ◆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
- ◆実施機関 : 国立大学法人九州工業大学
- ◆研究開発期間 : 平成30年度～令和3年度 (36か月)
- ◆研究開発予算 : 総額45百万円 (令和2年度 15百万円)

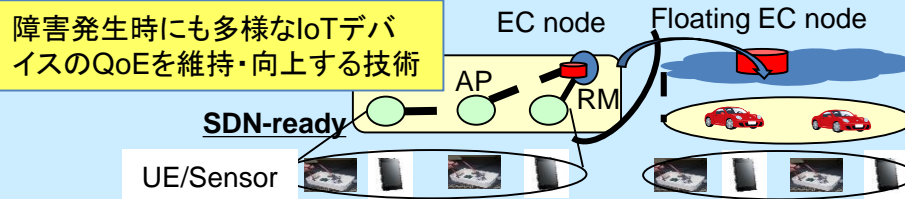
## 2. 研究開発の目標

・多数・多様な端末を收容する資源アクセス技術、分散配置エッジノードの計算/通信資源の適応仮想化技術、Bio-inspiredセキュリティ基盤技術、及び分散データベース処理技術を開発し、連携協調動作する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、スマートシティ(人物認識)/分散スマートグリッド管理などの特定のユースケースに対する有用性を示す。

## 3. 研究開発の成果

\* 九工大がメインのタスクのみについて記載

### Task1: Resilient Resource Access for Massive End Devices



- 1: Spatio-temporal Floating EC function over vehicular nodes
- 2: Resilient communication via flow based control

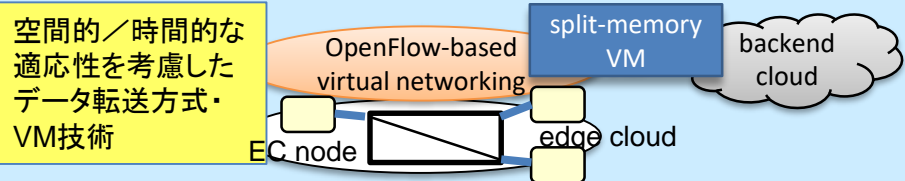
### 研究成果 1. Spatio-temporal Floating EC function over vehicular nodes

- Floating EC を実現するためのデータ滞留方式の確立が課題
- データ拡散時間とデータ生存時間を考慮したデータ拡散手法、及び自律分散制御によるデータ送信手法を提案し、現実都市移動モデルを用いたシミュレーション評価を通じて有効性を示した。
  - 現実環境を想定した評価のために、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を用いて実証評価を行った。

### 研究成果 2. Resilient communication via flow based control

- ネットワーク上からのフローレベルのQoE推定と適切な経路制御の実現手法の確立が課題
- 動画ストリーミングを対象にSDN制御メッセージの計測誤差の発生特性を活用してQoE推定値を補正する手法を提案し、有効性を実機実験を通じて明らかにした。
  - 推定QoE値、及びQ学習を用いた強化学習に基づくフローレベルの経路制御手法を提案した。

### Task2: Virtualized Adaptable Computing and Networking



- 1: Fast and Resilient OpenFlow-based Networking
- 2: Elastic and Resilient Split-memory VMs

### 研究成果 1. Fast and Resilient OpenFlow-based Networking

- OpenFlow上での大容量データの1対多高速転送や品質劣化リンクの監視手法の確立が課題
- 送信者符号化付き複数経路マルチキャスト転送技術を改善し、Openflowテストベッド上で検証・評価し、パケットロスに対するスイッチでの再送手法をP4を用いて試作し、検証・評価した。
  - ネットワーク連携形アクティブ計測技術として、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改善し、検証・評価した。

### 研究成果 2. Elastic and Resilient Split-memory VMs

- 分割メモリVMの性能と信頼性の向上および、その障害検知・復旧手法の確立が課題
- 分割メモリVMの実行時ネットワーク転送量を削減する機構を高速化した。また、動作中のVMを整合性を保って並列に複製し、障害発生時に複数ノードに復元する手法を提案した。
  - 内省機構を用いてVMの異常を検知し、疑似シグナルを送信して回復する手法を提案した。

### Testbed Experiments

Integrated Testbed for Large-Scale Real and Emulation Experiments

### 準備状況

- 日米横断実験のための統合テストベッドの第2フェーズを構築・運用し、実証実験に向けた各種要素技術評価実験や実証実験の準備実験を行うと共に、最終的な実証評価のアプリケーションシナリオを検討し、実証実験計画を立案した。

#### 4. 特許出願、論文発表等、及びトピックス

国内出願	外国出願	研究論文	その他研究発表	標準化提案・採択	プレスリリース 報道	展示会	受賞・表彰
0 (0)	0 (0)	9 (6)	86 (36)	0 (0)	1 (0)	0 (0)	12 (3)

※成果数は累計件数、( )内は当該年度の件数です。

##### (1)CCNYメンバとのオンラインワークショップの開催と定期的な遠隔会議の実施

当初、米国CCNYにおいて開催予定であったが、COVID-19の影響により中止となったことから、オンラインワークショップとして2020年4月24日、5月8日、5月22日、6月5日の全4回に分けて、全参加者がJST22時～24時(米国時間8時～10時)の時間帯で一堂に会して実施した。オンラインワークショップでは活発な議論が行われ盛況の内に終了した。また、その後も1ヶ月に一度のペースで全関係者が参加する遠隔会議の実施を継続している。

##### (2)国際ワークショップWIND内での本プロジェクトセッションの実施

9月1日～2日の日程でオンラインで開催された国際会議INCoS併設のワークショップWINDにおいて、当該プロジェクトに関するセッションを開催し、当プロジェクトからの5件(九工大3件、CCNY2件)を含む7件の発表が行われ、オンライン参加者から活発に質問や議論が交わされた。

##### (3)本PJの研究成果を国際共著論文として国際論文誌上で数多く対外的に発表

本プロジェクトはメインとサブに分けて主導する研究機関を設定しているものの、全てのタスクにおいてCCNYと九工大が連携協調しながら研究を推進している。R2年度においては、国際論文誌IEEE Accessに2本(内、1本が国際共著論文)、IEEE Trans. on Mob. Comp.に1本、IEICE招待論文に1本(全て国際共著論文)を掲載している。これらを含む論文誌6本、査読付き国際会議36件(内、16件が国際共著論文)を対外発表した。

##### (4)NSF PJ「COSM-IC」への参画、及びNSF US-Japan Workshop on Programmable Networkingへの参加と論文発表

Columbia大学, Rutgers大学, CCNY, Arizona Stat大学が中心となって、世界規模のテストベッド環境の構築を目指すNSFプロジェクト「COSM-IC Testbed Project」に参画し、JUNO2で構築した日米回線をCOSM-ICの一部として接続させた。更に、NSF US-Japan Workshop on Programmable NetworkingにCCNYの研究者と共に参加し、3件の国際共著論文を対外発表した。

#### 5. 今後の研究開発計画

- Task1:** 資源管理フレームワークに必要な各種要素機能(Floating EC機能、フロー別資源割当機能)を広域統合テストベッドを含む多様な環境で性能評価し、Task2との連携機能に関する検討、評価を行う。また一部機能を広域統合テストベッド等を活用した実証実験に組み込み、広域環境での実適用への課題を抽出する。
- Task2:** ネットワーク仮想基盤および各ECノード間やBC上での柔軟な情報処理用の計算仮想基盤上の要素機能を広域統合テストベッドを含む多様な環境で性能評価し、サブタスク間連携機能の評価する。また一部機能を広域統合テストベッド等を活用した実証実験に組み込み、広域環境での実適用への課題を抽出する。
- Task3:** CCNY側を中心として、ブロックチェーンを開発中のテストベッドに拡張して、より広範囲でBIOIDSのポリシーを共有する際の性能評価を行う。また、攻撃を検知するためにIoTデバイス用に開発した内省機構の性能評価も行う。
- Task4:** StarBED上の端末を用いてハイパーキューブ構造のトポロジ性能を評価する。具体的には、32もしくは64ノードから成る中規模のハイパーキューブ構造と様々なランダムグラフをMininet上で仮想的に構築し、エミュレーションによりデータ維持に必要なコスト等の性能評価を行う。
- Testbed Experiments:** これまで構築してきた九工大、CCNY、StarBEDをRISEなどで結んだ日米広域統合テストベッド等の上で、各要素機能ソフトウェアの試験・評価に必要な実験環境を整備すると共に、九工大—StarBED間、CCNY—StarBED間、そして3点を連携させた形で、いくつかのアプリケーションシナリオに沿ってタスク間およびサブタスク間連携を含む実証実験を行う。

#### 6. 外国の実施機関

City University of New York, City College (CCNY)