

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3年度 7百万円)

2. 研究開発の目標

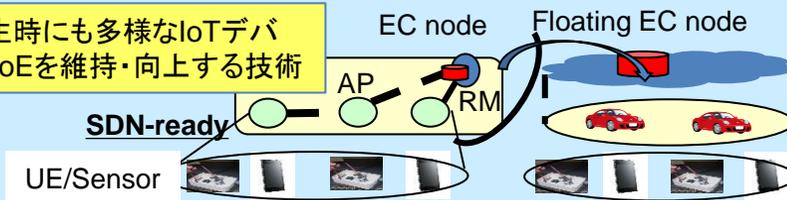
多数・多様な端末を收容する資源アクセス技術、分散配置エッジノードの計算/通信資源の適応仮想化技術、Bio-inspiredセキュリティ基盤技術、及び分散データベース処理技術を開発し、連携協調動作するRECNの基盤技術を確立する。また、日米大規模テストベッドを用いた実証実験を行い、スマートシティ(人物認識)/分散スマートグリッド管理などの特定のユースケースに対する有用性を示す。

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

障害発生時にも多様なIoTデバイスのQoEを維持・向上する技術



- 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

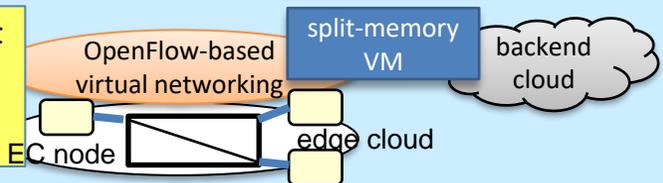
- Floating ECを実現するためのデータ滞留方式の確立が課題
- データ拡散時間とデータ生存時間を考慮したデータ拡散手法、及び自律分散制御によるデータ送信手法を提案し、現実都市移動モデルを用いたシミュレーション評価を通じて有効性を示した。
 - 現実環境を想定した評価のために、NICTが保有するマルチエージェントシミュレーション/エミュレーション環境Smithsonianと無線通信エミュレーターNEToriumを用いて実証評価を行った。

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
- 動画フローを対象に、SDN制御メッセージの計測誤差特性を活用しQoEを推定する手法を提案
 - QoE推定/予測値、及び学習アルゴリズムを活用したフローレベルの経路制御手法を提案した
 - 一部機能を実機実装し、九工大内エッジネットワーク上で提案手法の有効性を実証評価した。

Task2: Virtualized Adaptable Computing and Networking

空間的/時間的な適応性を考慮したデータ転送方式・VM技術



- 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開発し、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Mininet上で評価した。
 - ネットワーク連携形アクティブ計測技術として、マルチキャスト計測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、複数計測サーバ方式等を開発し、検証・評価した

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

- 複数ノードにまたがる分割メモリVMの性能と信頼性の向上、異常検知・復旧手法の確立が課題
- 分割メモリVMの柔軟な部分マイグレーションおよび未使用メモリに着目した通信量の削減手法を実装・評価した。また、各ノードで並列にVMの状態を保存・復元する手法を実装・評価した。
 - 内省機構を用いてVMの外から異常を検知し、障害から復旧する手法を実装・評価した。

Testbed Experiments

Integrated Testbed for Large-Scale Real and Emulation Experiments

実証実験の環境構築と成果

- 日米横断実験のために、JGN/RISE/StarBED、CCNY、九工大をつないだ広域統合テストベッドを構築・運用し、効率的な実験実施のための管理・支援ツールを開発し、九工大とCCNYの連携によって、各種要素技術評価実験やアプリケーションシナリオに基づく実証実験を実施した。

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	プレスリリース 報道	展示会	受賞・表彰
0 (0)	0 (0)	10 (1)	93 (7)	0 (0)	1 (0)	0 (0)	13 (1)

(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 ※成果数は累計件数、()内は当該年度の件数です。
 平成30年度は米国CCNYで開催したが、令和元年度以降はCOVID-19の影響により訪問できなかつたため、オンラインワークショップとして令和2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を実施した。

(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
 令和元年度以降、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特別セッションを継続して開催した。令和2年度は9月1日~2日の日程でオンラインで開催され、本プロジェクトからINCoS/WINDワークショップに計6件(内国際共著論文4件)の発表が行われ、参加者の間で活発な議論が交わされた。さらに令和3年度は同国際会議/ワークショップに計5件の国際共著論文が採録され、9月に発表を予定している。

(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た。その成果として、令和2年度には国際論文誌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)が採録された。PJ全体では、令和3年度8月末までに論文誌10本、小論文1件(内、5件が国際共著)、査読付国際会議41件(内、16件が国際共著)の対外発表を行った。さらに令和3年度9月末までに論文誌1件(国際共著)、査読付国際会議7件(内、6件が国際共著)を発表予定。

(4) NSF US-Japan Workshop on Programmable Networkingへの参加と論文発表、及びNSF PJ「COSM-IC」への参画
 令和2年11月に開催された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。更に、Columbia大学、Rutgers大学、CCNY、Arizona State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の一部として接続する準備を行った。

5. 研究開発成果の展開・普及等に向けた計画・展望

- ・ 計画
 - Task1: Beyond 5G/6Gを視野に入れ、(1)MECが保有する「データ」に加え、「各種機能」の時空間滞留と(2)ネットワーク機器での学習によりデバイス/通信フローに適した柔軟なネットワーク制御を目指す。
 - Task2: P4技術による柔軟性・拡張性向上やCOSM-ICを活用した大規模検証を目指す。多様なユースケースに合わせて、より柔軟なVMマイグレーションの実現を目指す。
- ・ 展望
 - ・ 九州工業大学 未来志向キャンパス構想の活用 (IoTサービス実現のための基盤として活用)
 - ・ 複数の地域での実証実験の実施 (QBPや九州テレコム振興会の会員との産学官連携による実証実験の推進)
 - ・ JUNO3を含む新規の研究プロジェクトへの積極的な申請

6. 外国の実施機関

City University of New York, City College (CCNY)