

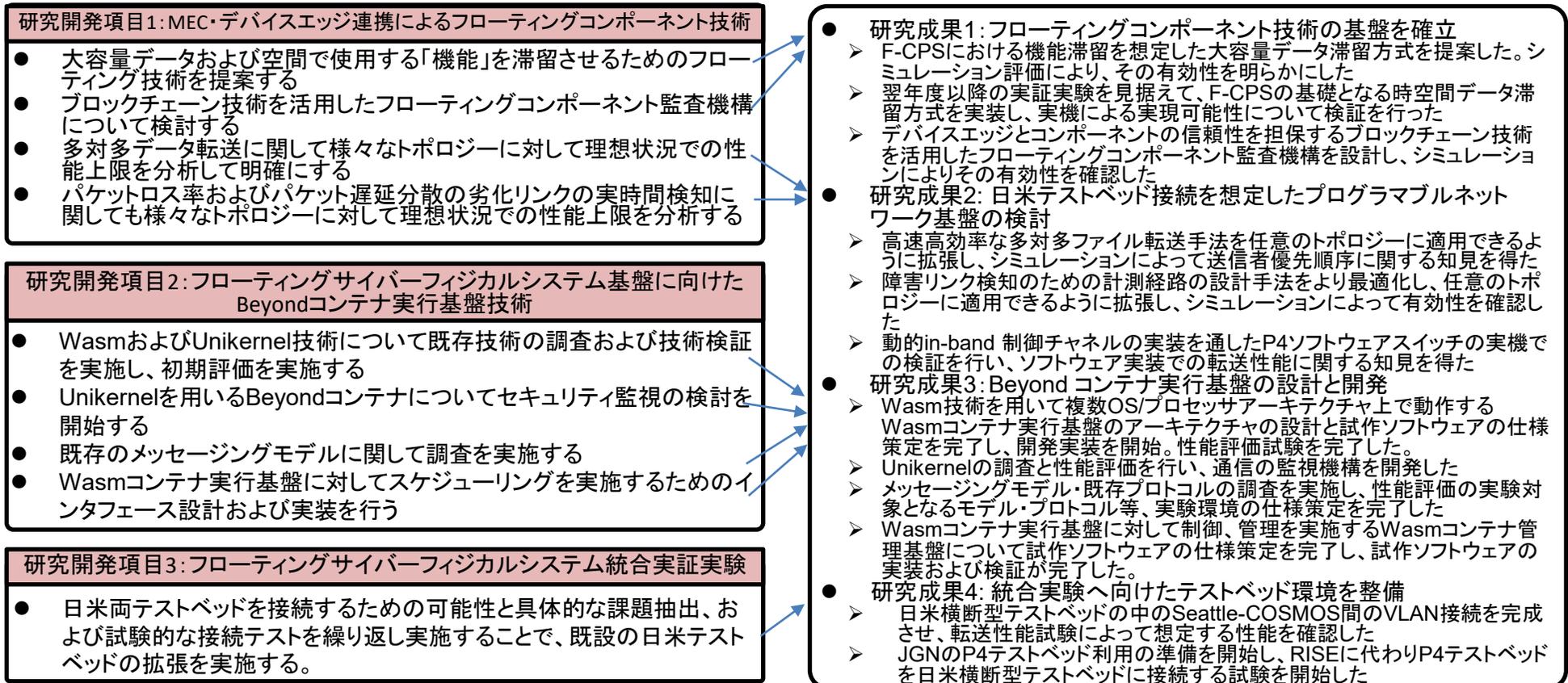
1. 研究課題・受託者・研究開発期間・研究開発予算

- ◆研究開発課題名：低遅延・自律性を実現するフローティングサイバーフィジカルシステムと広域連携の研究開発
- ◆受託者：国立大学法人九州工業大学、株式会社KDDI総合研究所
- ◆研究開発期間 令和4年度～令和6年度（3年間）
- ◆研究開発予算（契約額） 令和4年度95百万円（令和4年度95百万円）

2. 研究開発の目標

MEC・デバイスエッジ連携によるフローティングコンポーネント技術、フローティングサイバーフィジカルシステム基盤実現に向けたBeyond コンテナ実行基盤により得られる成果を統合することで、低遅延・自律性を実現するフローティングサイバーフィジカルシステム基盤を構築し、ユースケースに基づいた実証実験を日本および米国のBeyond 5G テストベッドを用いて実施することでその有効性、実現可能性を評価する。

3. 研究開発の成果



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 |
|----------|----------|----------|------------|----------|---------------|----------|----------|
| 2 (2) | 0 (0) | 0 (0) | 27 (27) | 0 (0) | 1 (1) | 1 (1) | 4 (4) |

※成果数は累計件数、()内は当該年度の件数です。

(1) その他研究発表27件(内、国際共著 5件)

本研究開発において合計27件の研究報告を実施し、同分野における様々な研究者と活発な議論が行われた。米国の連携先であるCCNYと国際共著論文として国際会議に5件採択されている。また、電子情報通信学会ネットワークシステム研究会において招待講演として報告している。このことから社会的期待が大きいことを確認できた。

(2) 国際ワークショップを開催

2022年11月7日～8日、九州工業大学 戸畑キャンパス 百周年中村記念館 多目的ホール

概要:「International Workshop on F-CPS: Floating Cyber-Physical Systems for Local-oriented Services and its Global Federation」を開催した。本ワークショップには、米国側連携先であるニューヨーク市立大学から3名が参加し、また、米国側のテストベッドである COSMOS の関係者 2 名を招へいた。日米の主要研究者の講演に加え、本研究開発に関係する日米間のテストベッド活用について今後の連携方針、研究推進計画について議論した。

5. 今後の研究開発計画

研究開発項目1 MEC・デバイスエッジ連携によるフローティングコンポーネント技術

- 研究開発項目1-a 車両・デバイスエッジを用いたフローティングコンポーネント技術
 - ・ 2022年度に引き続き、大容量データおよび空間で使用する「機能」を滞留させるためのフローティングコンポーネント技術の改良、評価を実施
 - ・ 数MBから数十MBのデータを100から1000台規模のデバイスエッジにより滞留できることをシミュレーションにより評価
 - ・ 提案手法を実機上に実装開発し、テストベッド環境上で実験をしつつ、得られた知見に基づき改良・評価を実施
- 研究開発項目1-b 効率的かつ高信頼なF-CPS運用を実現するMEC連携に関する研究
 - ・ 2022年度に引き続き、F-CPSデバイスエッジの監査機構の高度化と広域化に向けた改良と評価を実施
 - ・ 複数のF-CPS連携を目指し、複数台のMECと10台以上で構成されるF-CPSを1セットとし、隣接する2つ以上のF-CPSにおける監査機構の連携制御を設計し、ネットワークおよびブロックチェーンシミュレータを用いて評価
 - ・ 実証実験へ向けて本監査機構の開発実装を推進
- 研究開発項目1-c 広域のF-CPS間連携技術に関する研究
 - ・ 一対多および多対多にIn-networkキャッシュを利用した中継ノードでのデータ書き換えを導入し、ファイル転送完了時間を平均10%以上短縮し、20個以上のノードから成るネットワークにおいて5つ以上の異なる1対多データ転送を同時並列実行を適切なスケジューリングを実現
 - ・ 品質劣化リンクの実時間検知にIn-network処理を利用したスイッチ間連携による分散化を導入し、20個以上の仮想リンクを持つネットワークにおいて劣化リンク検知完了時間を平均10%以上短縮
 - ・ 動的コントロールチャネルの仕組みを導入し、上記のデータ転送や品質劣化リンク検知を複数の分散コントローラの連携の下で実現するP4ベースのフレームワークを設計

研究開発項目2 フローティングサイバーフィジカルシステム基盤に向けたBeyondコンテナ実行基盤技術

- 研究開発項目2-a 軽量性と高可搬性を備えたコンテナ技術
 - ・ コンテナ内で動作する滞留機能からユーザ端末やIoT機器に接続されたセンサーデバイス等へのアクセスやユーザ端末にGUI等で情報提示を行うための外部アクセス手法の検討およびインタフェースの実装
 - ・ 研究開発項目1で開発を行うフローティングコンポーネント技術のコンテナ実行基盤への実装
 - ・ 研究開発項目2-dで開発する機能スケジューリング基盤をコンテナ実行基盤上へ実装を進め、動的な滞留機能の配置が可能なことを確認
- 研究開発項目2-b Beyondコンテナのためのセキュリティ監視技術
 - ・ VM外部からVMのメモリを解析する技術であるVMIを用いてUnikernelを用いるBeyondコンテナの内部状態を監視する機構を実装
 - ・ Beyondコンテナがデバイスエッジ間で移行して異なるハイパーバイザ上で動作するようになった場合でも、監視をシームレスに継続できるようにする機構の実装
 - ・ Wasmを用いるBeyondコンテナについても、より適した監視方法を決定した上でアプリケーションの監視を行う機構を設計し、実装を開始
- 研究開発項目2-c 滞留機能の分散処理に対応するミドルウェア技術
 - ・ Wasmコンテナ実行基盤においてメッセージング機能を持ったミドルウェアを実装し、Wasmコンテナを連携可能とする
 - ・ ミドルウェアを用いて機能のステート情報をデバイスエッジで保持、移行する技術を設計、実装
 - ・ 機能のステート情報の保持、移行技術によって1デバイスエッジの接続持続時間が1分程度の環境で継続的に機能が実行できることを確認
- 研究開発項目2-d 機能滞留に対応する機能スケジューリング基盤技術
 - ・ デバイスエッジや滞留機能数に応じて、自律的に周辺のデバイスエッジ上で増減可能なスケジューリング機能の実装
 - ・ 本スケジューラを使用した際のCPU使用率、メモリ使用量、デバイスエッジへの機能のスケジューリング時間等を測定し、理論的に1,000台のデバイスエッジが含まれるコンテナ実行基盤上でスケジューラが動作可能なことを確認

研究開発項目3 フローティングサイバーフィジカルシステム統合実証実験

- 研究開発項目3-a F-CPS基盤の開発とユースケースに基づいた実証実験
 - ・ 本研究課題におけるユースケースに基づいた実証実験を実施するために、研究開発項目1および研究開発項目2により得られる成果を統合するための要件および課題を抽出した上で、設計、および試作を実施
- 研究開発項目3-b ポリシーの異なるF-CPS間の広域連携実証実験
 - ・ 広域連携実験に必要な日米の地域テストベッドとP4テストベッドを含む日米横断型広域テストベッドとを接続
 - ・ F-CPS間の連携に必要なAPI/インタフェースの設計、試験実装を完了
 - ・ ポリシーが同一のF-CPS間の連携をラポレベルでの実証実験を完了

6. 外国の実施機関

ニューヨーク市立大学 (City College of New York, アメリカ合衆国)