

採 択 番 号 01201

研究開発課題名 Beyond 5G で実現する同期型 CPS コンピューティング基盤の研究開発

(1) 研究開発の目的

産業システムや社会インフラで用いる CPS では、センサやロボットのアクチュエータなどの OT デバイスに接続された通信ネットワークと、コンピューティング処理基盤によりシステムが構成される。高速の制御ループが必要な OT デバイスでは、通常その制御はデバイス内に閉じて行われる。今後、低遅延の Beyond 5G (B5G) を適用すれば、OT デバイスとネットワーク越しのコンピューティング処理基盤に処理を分散してリアルタイム処理を行うことが可能となる。その結果、単に OT デバイス内に必要な計算資源を減らすことができるだけでなく、多種多様な OT デバイスを CPS に収容し、コンピューティング処理基盤上のアプリケーションで OT デバイスを連携させることが容易に可能となるため、上記特徴は普及に際して重要な KSF (Key Success Factor) となる。本研究開発では、OT を対象とするリアルタイム処理が可能で、多彩なサービスを提供できるコンピューティング処理基盤を特長とする CPS (同期型 CPS と定義) の実現を目的とする。

(2) 研究開発期間

令和 3 年度から令和 5 年度 (3 年間)

(3) 受託者

日本電気株式会社<代表研究者>
国立大学法人東京大学

(4) 研究開発予算 (契約額)

令和 3 年度から令和 5 年度までの総額 1,325 百万円 (令和 5 年度 350 百万円)
※百万円未満切り上げ

(5) 研究開発項目と担当

研究開発項目 1 ネットワーク型 OT 制御コンピューティング処理基盤の研究開発(日本電気株式会社)

研究開発項目 2 QoE 指向時空間ダイナミック無線リソース制御の研究開発

研究開発項目 2-a) 時空間ダイナミックスライシング技術の研究開発 (国立大学法人東京大学)

研究開発項目 2-b) 時空間ダイナミックフロー制御技術の研究開発 (日本電気株式会社)

研究開発項目 2-c) End to End QoE コントローラの研究開発 (日本電気株式会社)

研究開発項目 3 ゼロトラスト・スケーラブルアクセス制御の研究開発 (日本電気株式会社)

(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	18	6
	外国出願	11	4
外部発表等	研究論文	4	0
	その他研究発表	46	17
	標準化提案・採択	0	0
	プレスリリース・報道	8	1
	展示会	4	3
	受賞・表彰	1	1

(7) 具体的な実施内容と最終成果

研究開発項目 1 :

OT 制御機能をクラウド/エッジに分散配信可能な OT 制御共通基盤を実現した。マイクロサービスを想定し、分散配信したプランニング (AI エンジン) により、遠隔による作業員一人当たり最大 7 台のロボット制御の実現性を確認した。さらに、ネットワーク遅延フィードバック制御により最大 2 倍のスループットを達成した。これにより、工場/倉庫を想定した遠隔 OT 制御 (遠隔ロボット操作) の適用シナリオにおいて、生産効率 10 倍に目途がついた。

研究開発項目 2 :

研究開発項目 2-a)

定義された領域を複数構築可能な時空間ダイナミックスライシングのアーキテクチャ設計・テストベッド上への実装・ユースケースによる実証を進め、提案手法によるきめ細かな動的な通信制御の有効性を明確化した。さらなるきめ細かな空間分解能にて制御するため、Sub6/ミリ波等を動的に切り替えて利用する動的周波数利用を検討した。また、メタサーフェス位相と基地局ウェイトの効率的同時制御手法を提案し、数値解析により効果を確認した。より具体的には、以下の成果が得られた。

- 1.5m 四方エリア毎に、異なる品質の通信 (セキュア、大容量・優先) を実現した。
- メタサーフェス利用のミリ波通信システムの制御手法、伝搬路推定、伝搬路モデリング手法の有効性を確認した。
- 研究開発項目 2-c と連携し、「今だけ・ここだけ・あなただけ安全安心堅牢な通信」を実証した。

研究開発項目 2-b)

アプリケーション毎に最適な経路制御が可能な QoE 指向型時空間ダイナミックフロー制御技術を確認した。研究開発項目 2-c で得られた QoE 予測技術を適用し、アプリケーション毎に経路を動的に変更することで、映像データ転送が混在する場合においても、サイクリック通信の制御周期 10ms (静止時)、30msec (移動時) の実現に目途がついた。

研究開発項目 2-c)

QoE 予測技術では通信品質変動の予測技術を確立し、研究開発項目 2-b との連携で最適 RAT 切り替えに適用した。スライス間リソース交渉技術ではリソース割当技術を確立し、研究開発項目 2-a の最適リソース制御に適用した。

研究開発項目 3 :

ゼロトラストに基づく OT ネットワークのアクセス制御ポリシーの自動生成技術を確認した。多段エンフォースに対するポリシー配信の動作検証を完了し、エッジ機器 10000 台へのポリシー生成は 606s で可能であることを確認した。優先度が異なる 2 つのリソースへのアクセス評価では、無線帯域逼迫時に低優先度リソースへのアクセスを制限し、アクセス応答時間を平均 35s から 2.8s へ改善した。研究開発項目 2b と連携し、実機環境を用いた、電波干渉下におけるアクセス制御の検証シナリオを評価した。

テストベッド活用 :

NICT テストベッドの B5G モバイル環境 (モバイルアプリケーション実証環境)、JGN (レイヤー 2, 3) を利用、NEC に構築した評価環境、外部のクラウド環境と接続し、研究開発項目 2-b で確立した時空間ダイナミックフロー制御技術を適用した広域サービスの実現可能性を実証した。

(8) 研究開発成果の展開・普及等に向けた計画・展望

同期型 CPS は、社会実装に資する全体システムとして、有用性を示す必要がある。展示会や事業説明会、顧客との共創活動を継続し、タイミングを考慮して広報などの対外発表を行う予定である。また同期型 CPS は、NEC のグローバル共通デジタルプラットフォーム (NEC Digital Platform) の一部として位

置づけており、中期経営計画 2025 の中核となる DX 事業として、グローバルな社会実装を進めていく。NEC は 2023 年 3 月、Digital Twin Consortium に参画しており、このような活動を通してグローバル戦略を進めていく。

同期型 CPS の目的は、IT と OT の融合を推し進め、現実社会の問題をサイバー空間で解き、これまでは個別に構築・運用している OT システムを効率よく提供することである。IT と OT の融合の必要性については、この 3 年間で世の中でも広がってきていると認識している。IT と OT の融合は、ロボット等 OT が強い日本の産業競争力を今後も維持・拡大するために不可欠だと考える。また特に人手不足が深刻になっている物流、製造業において、遠隔化や省人化、自動化は避けて通れない。こうした課題をしっかりと踏まえ、技術を世の中に還元していきたい。同期型 CPS は、物流、製造から導入が始まり、交通、スマートシティ、重要インフラなど 2030 年に向けて普及していくものと期待される。遠隔化、省人化、自動化だけでなく、エネルギー効率の向上や安心・安全の社会を実現するために、その有用性を訴求していきたい。