

# フローティングサイバーフィジカルシステムにおける機能滞留を実現するためのアプリケーション配信手法の検討\*

Study on Application Delivery Method  
for Function Retention in Floating Cyber Physical System

田中 明弥<sup>1</sup>      野林 大起<sup>1</sup>      塚本 和也<sup>1</sup>      池永 全志<sup>1</sup>      関川 柊<sup>2</sup>  
Meiya Tanaka      Daiki Nobayashi      Kazuya Tsukamoto      Takeshi Ikenaga      Shu Sekigawa

九州工業大学大学院<sup>1</sup>  
Kyushu Institute of Technology

株式会社 KDDI 総合研究所<sup>2</sup>  
KDDI Research, Inc.

## 1 はじめに

データの発生場所や時間に依存する時空間データ (STD) とそれを処理・活用するための「機能 (アプリケーション)」を特定の地域内に滞留させ、地域内におけるデータの地産地消を促進するフローティングサイバーフィジカルシステム (F-CPS) が提案されている。先行研究では、F-CPS における地域内に流通する機能として WebAssembly (Wasm) を活用した小型で汎用的な実行基盤が提案されている [1]。F-CPS では不特定多数のユーザが地域内に入出入りするため、地域内で利用可能な機能を適切にノードに配信する必要がある。そこで本研究では、「機能を受信するための情報」を地域内に滞留させる機能配信手法を提案し、機能配信から実行までのシステム検証を行う。

## 2 提案手法

F-CPS における機能滞留は、オーケストレータとなるサーバと、滞留エリア内のデバイスエッジ群、そしてユーザ (クライアント) から構成される。F-CPS において機能は、情報滞留システムを用いたデバイスエッジによる周期的なブロードキャスト通信によって、滞留エリア内での拡散・維持を目指しているが、新規に参入するユーザに対して既に滞留している機能を通知し、配信する機能は想定されていない。そこで本研究では、機能滞留の実現に向けて、サーバの IP アドレスとサーバに保存されている機能の名称と場所を「機能を受信するための情報」としてエリア内に滞留させる。F-CPS に参入したユーザは受動的にそのデータを受信し、機能をダウンロードするシステムを提案する。図 1 に提案手法の動作フローを示す。まず、クライアント端末は、滞留エリア内のデバイスエッジが周期的にブロードキャスト通信により配信している「機能を受信するための情報」を受信する。そして、Wasm ファイルの転送ツールである Wasm-to-oci を利用し、サーバから機能である Wasm ファイルを受信する。その後、実行ツールである wasmer を利用し、Wasm ファイルの実行処理を行う。

## 3 実機実験および評価

エリア内にクライアント端末が進入し、機能を受信、実行するまでの処理に着目し、実機実験により検証した。図 2 に実験環境を示す。本実験では、提案手法の有効性を評価するため、IEEE802.11ac を利用した無線

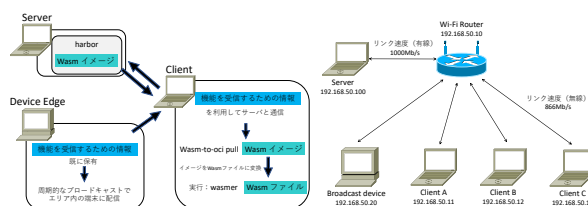


図 1 動作フロー

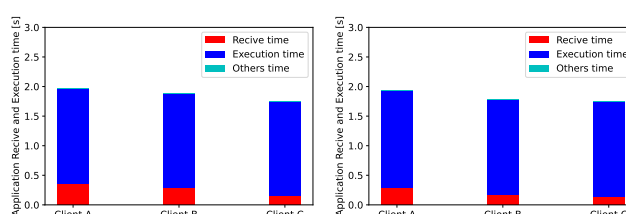


図 2 実験環境

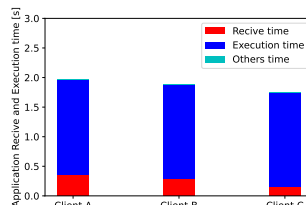


図 3 1台ずつの場合

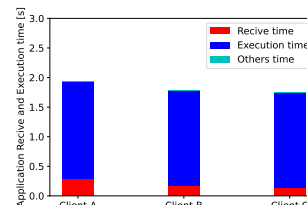


図 4 3台同時の場合

通信環境において検証を行った。サーバ・クライアント端末として、ノート PC (Dell latitude E5440)、情報滞留を模擬したブロードキャスト端末として、Raspberry Pi 4 Model B を利用した。また、Wi-Fi ルータとして、ASUS 社の TUF Gaming AX3000 を利用した。

構築した実験環境において、提案手法により機能の受信から実行までの一連の処理の動作検証を行い、正常に実行できることを確認した。図 3 にクライアント端末 1 台ずつに機能を転送した場合、図 4 に 3 台同時に機能を転送した場合の一連の処理時間を示す。1 台ずつに転送した場合の一連の処理時間の平均は 1.8679 秒、3 台同時の場合には 1.8265 秒となり、複数台に同時に転送した場合でも大きな差がないことが明らかになった。これは、Wi-Fi ルータにおける Multi User-MIMO (MU-MIMO) により、複数端末への効率的なデータ転送が実行されたためと考えられる。

## 4 まとめ

本研究では、「機能を受信するための情報」を滞留させる手法を提案し、実機実験を通じて、その有効性を明らかにした。今後はより実用的なアプリケーションによる検証を行う。

## 参考文献

- [1] 関川 柊, 佐々木 力, 野林 大起, 田上 敦士, “フローティング CPS を実現する軽量・高可搬な Beyond コンテナ技術の検討と課題,” 信学技報, vol. 122, no. 274, NS2022-125, 2022 年 11 月.

\*本研究の一部、JSPS 科研費 21H03430 による成果を含む。ここに記して謝意を表す。