

Society5.0を支える革新的コンピューティング技術
2019年度採択研究代表者

2020年度 年次報告書

天野 英晴

慶應義塾大学工学部
教授

MEC用マルチノード統合システムの開発

§ 1. 研究成果の概要

MEC 用の SoC 型 FPGA ボードとして商用化に成功した MKUBOS ボードを 6 ボード接続し、システムソフトウェアとして PYNQ を搭載し、高速シリアルリンクと STDM スイッチにより接続した PYNQ クラスタを開発、各種アプリケーションを実装して評価した。

このクラスタを MEC に用いるため、マルチテナントジョブを受け付け、空いているボードに割り付けて実行するリソースマネージャを実装した。また、本提案システムを実際のロボットアプリケーション (ROS) に適用するための拡張実装である Fogcached-ros を開発した。高性能な FPGA 回路を高位合成により開発し、MEC において ROS コンポーネントとして使用するための開発環境の構築のための自動生成ツール(forest)を開発した。

本システム上に、Differential Privacy(DP)と呼ばれる情報匿名化手法についてハードウェア実装を行った。また、MEC で実装したハードウェアを自由にエッジやクラウド間でマイグレーションできるスキャンチェーンおよびストリームバッファ機構を実装し、回路のネットワークトランスペアレントな(他の通信機器からみて完全に隠ぺいされた状態)マイグレーションを実現した。

マルチ FPGA にスムーズにアプリケーションを実装するために System-C を用いた記述環境、シミュレーション環境を統合設計環境 CWB 上に実装し、マルチボード間で通信制御をおこなうインターフェース回路を自動挿入する機能を装備し、実際のボード上で検証した。

将来の MEC 用の再構成可能デバイス用に、SLM 再構成可能チップを設計、実装し、USJC50nm プロセスを利用し、そのプロトタイプをテープアウトした。この再構成部は、DP 回路の実装が可能である。

プロジェクトの成果は、国際学会 CANDAR2021 スペシャルセッションで報告した。

§ 2. 研究実施体制

(1) 天野グループ

① 研究代表者: 天野 英晴 (慶應義塾大学理工学部、教授)

② 研究項目

(1) MEC 用マルチ FPGA システム開発

(2) MEC 用再構成ロジックの開発

(2) 飯田グループ

① 主たる共同研究者: 飯田 全広 (熊本大学大学院先端科学研究部、教授)

② 研究項目

(1) 高集積再構成ロジック IP の研究・開発

(2) 超高速開発方式の研究・開発

(3) 菅谷グループ

① 共同研究者:菅谷 みどり (芝浦工業大学工学部、教授)

② 研究項目

- (1) FiC, MKUBOS 向け管理システムの研究開発
- (2) エッジクラウド連携ミドルウェアの設計と開発
- (2) ROS コンポーネントの MEC 向け FPGA 化の推進

(4)西グループ

① 共同研究者:西 宏章 (慶應義塾大学理工学部、教授)

② 研究項目

- (1) Society5.0 に資するリアルタイム情報匿名化向け差分プライバシーアクセラレータ
- (2) リアルタイム情報匿名化地域実証に向けた地域負荷分散機構
- (3) IEEE 技術標準化ワーキンググループでの連携および技術提案

(5)若林グループ

① 共同研究者:若林 一敏 (東京大学システムデザイン研究センター、上席研究員)

② 研究項目

- (1) マルチ FPGA ボード間の転送回路の自動合成
- (2) 1 ボード内の FPGA 内の CPU との通信回路の自動合成

【代表的な原著論文情報】

[1] Yuxi Sun, Hideharu Amano, “FiC-RNN: A Multi-FPGA Acceleration Framework for Deep Recurrent Neural Networks”, IEICE Trans. on Inf&Tech, Vol.E103-D, No.12, pp.-, Dec. 2020

[2] Takuya Kojima, Nguyen Anh Vu Doan, Hideharu Amano, “GenMap: A Genetic Algorithmic Approach for Optimizing Spatial Mapping of Coarse Grained Reconfigurable Architectures”, IEEE Transactions on Very Large Scale Integration Systems (VLSI), Vol. 28, no. 11, pp.2383-2396, Nov 2020.

[3] W.A. Shanaka P. Abeysiriwardhana, Janaka Wijekoon, and Hiroaki Nishi, ”Smart Community Edge: Stream Processing Edge Computing Node for Smart Community Services”, IEEJ Transactions on Electronics, Information and Systems, Vol.140, Issue.9, pp.1030-1039, <https://doi.org/10.1541/ieejeiss.140.1030>, 2020.

[4] Yuiko Sakuma, Hiroaki Nishi, ”Adaptive Control Method of HVAC for Uniformizing Comfort at Japanese Residential Living Rooms Using Deep Reinforcement Learning”, IEEJ Transactions on Electronics, Information and Systems, Vol.141, Issue.3, pp.373-382, <https://doi.org/10.1541/ieejeiss.141.373>, 2021.