

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

初年度では MEC (Multi-access Edge Computing)用のマルチノードシステムの基本ハードウェア、ソフトウェア、アプリケーション、CAD に関して、それぞれのグループでイメージを固め、共通研究基盤を確立することを目的に以下の研究を行った。

1. NEDO プロジェクトの研究成果として開発された、FiC(Flow-in-Cloud)は、中規模なマルチ FPGA ボードをシリアルリンクにより密結合をして、様々なアクセラレータ間を接続すると共に、FPGA のロジックにより処理を行うシステムである。この FiC をプロジェクトのプロトタイプとして共有設計基盤とすることに決め、それぞれのグループに必要な応じてこの構成要素である FiC SW ボードと、I/O ボードを配布すると共に、24枚のシステムを共用使用する環境を整えた。^[1]

このシステムを用いて、菅谷グループでは、MEC 向け FiC ボードを元に、ROS による複数台ロボットのシステムの実装と評価を行なった。このシステムでは、ロボットごとに消費電力データをサーバに送り、サーバ上で個々のロボットの電力消費の予測モデルを作成し、その結果により最適化を行い、制御を変更する。一般的な PC サーバと比較し、FiC の FPGA 実装は、約 70 倍性能を実現した。また西グループは、同グループが推進するスマートシティのプロジェクト^[3]にこのボードの利用を進め、MEC 上に Apple などが採用することで業界標準として利用されつつある差分プライバシーを実装した。若林グループは、FiC に同社の高位合成システム Cyber を実装し、ボードへの自動分割への基本的な検討を行った。

2. 上記の実装を通じて、現在の FiC システムを MEC 用のクラスタとして利用するためには、① Raspberry Pi3 の GPIO を用いたインタフェースが貧弱、②PCIe を用いた I/O の性能が低い。③プログラミング環境が使い難い、という問題点が明らかになった。これを解決するために、PALTEK 社から、FiC の概念に基づき、MEC 用の基本システムとして利用可能な M-KUBOS が商品化されることになった。このボード(図 1)は CPU と FPGA が一体化した Zynq を用いており、現在の FiC ボードの上位互換である。豊富な入出力機能を持っており、様々なアクセラレータをボードに直結して用いることができる。
3. 新しいチップ開発に向けて IP の開発を進めた。飯田グループは、小構成メモリ論理セル SLM(Scalable Logic Module)のアーキテクチャ探索、およびビットストリームジェネレータの開発を行った^[2]。天野グループも搭載予定の CGRA(Coarse Grained Reconfigurable Architecture)の開発を進めた。
4. MEC 用のアーキテクチャ、システム、設計環境はどのように構成すべきかを議論するシンポジウムを情報処理学会全国大会で唯一の当日開催イベントとしてリモートで開催を行った。また、欧州で同様にマルチノード環境の構築を目指す Prof. Luka Benini を中心に実施されている PULP プロジェクトと連携し、共通インタフェースの開発を行うことにした。



図 1 M-KUBOS ボード

【代表的な原著論文】

- 1.H.Amano, et.al. “Flow-in-Cloud: a Scalable multi-FPGA System for HPC“, HIPEAC2020 EuroEXA workshop
2. Theingi Myint, Motoki Amagasaki, Qian Zhao, Masahiro Iida “A SLM-based Overlay Architecture for Fine-grained Virtual FPGA” IEICE Electronics Express (ELEX), Vol. 16, Issue 24, Feb. 2020
3. W. Dai, H. Nishi, V. Vyatkin, V. Huang, Y. Shi and X. Guan, Industrial Edge Computing: Enabling Embedded Intelligence, IEEE Industrial Electronics Magazine, vol. 13, no. 4, pp. 48-56, Dec. 2019. doi: 10.1109/MIE.2019.2943283

§ 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
 - ・FPGA システムの開発と評価
 - ・プロトタイプチップの検討

(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
 - ・高集積再構成ロジック IP と超高速開発方式の研究・開発
 - ・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、教授)
- ② 研究項目
 - ・FiC ボードでのアプリケーションを用いた実証実験
 - ・ROS コンポーネントの MEC 向け FPGA 化の推進

(4) 西グループ

- ① 主たる共同研究者:西 宏章 (慶應義塾大学理工学部 教授)
- ② 研究項目
 - ・コミュニティデータ収集と基盤技術の構築
 - ・リアルタイム情報匿名化アクセラレータ実装・評価

(5) 若林グループ

- ① 共同研究者:若林一敏(日本電気株式会社 スマートインダストリー本部 シニアエキスパート)
- ② 研究項目
 - ・MEC を実現する複数 FPGA 向けの高位合成システム手法の研究開発とツール開発