

近藤 正章

東京大学大学院情報理工学系研究科
准教授

エッジでの高効率なデータ解析を実現するグラフ計算基盤

§ 1. 研究成果の概要

本研究は、特にヒト・モノのモビリティ最適化の実応用を例としつつ、ハードウェアとソフトウェアの両面から将来あるべきエッジ指向グラフ処理基盤に関して研究開発を実施するものである。エッジ側でのグラフ処理の主な課題は、メモリアクセスが処理性能のボトルネックとなること、消費電力を抑える必要があること、またこのような性能・電力の制限により厳密なグラフ処理ではリアルタイムな最適化と実世界へのフィードバックを実現できないことなどがあげられる。

これらの課題に対し、本研究では低遅延・低電力なリアルタイム指向グラフ処理専用アクセラレータの開発、グラフ処理と人工知能・アニーリング計算技術の融合、Society5.0に資する実グラフアプリケーションを題材としたコードデザインの推進をアプローチとして、エッジ側での高効率なグラフ処理基盤の実現を目指す。そのために、エッジ環境向けグラフ処理アクセラレータの開発(研究項目 A)、エッジ環境向けグラフ処理ソフトウェア基盤の開発(研究項目 B)、エッジ環境向けグラフアプリ・システムコードデザイン(研究項目 C)、産業界との連携によるオープンイノベーションの推進(研究項目 D)の4つの研究項目を柱に据えて研究を実施する。

2018年度は、エッジ側での高効率なグラフ処理基盤開発に向けた初期ステップとして、グラフ処理のアクセラレーションに必要となる要件調査やツール・環境等の調査、また協力企業との連携開始に向けた準備を行うことを主としつつ、要素技術の研究開発を開始した。

【研究項目 A】(1) エッジ指向グラフ処理アクセラレータ・アーキテクチャの研究項目では、動的グラフを容易に扱える edge-centric グラフに着目し、そのためのアーキテクチャ検討を行った。実行時にグラフ処理と並行して、ハードウェアが Edge Array をある程度再利用性のあるブロックへと再構築しつつ処理を進める法式を検討した。初期評価をしたところ、かなり大まかなまとまりへと再構築するだけでも、数倍程度のメモリアクセス回数削減効果があることがわかった。

【研究項目 A】(3) エッジ指向グラフ処理アクセラレータ向け電力管理技術開発と実チップ検証では、エッジグラフ処理応用向けに、演算部に Approximate Computing を導入する VMM (Vector

Matrix Multiplier)の演算方式を検討した。また、近似VMMをメモリの近傍で、かつしきい値電圧近傍の低い動作電圧(ニアスレッシュホールド電圧)で実行するための回路方式を検討した。

【研究項目 B】(4) エッジ指向グラフ処理アクセラレータ向けソフトウェアスタックの開発、および【研究項目 B】(5) グラフ・AI/アニーリング処理のシームレスな連携を実現するソフトウェアフレームワークの研究では、ソフトウェアの要件検討を目的に、既存のグラフデータベースのAPIと性能を評価した他、アニーリングアクセラレータのソフトウェアオーバーヘッドを実際のアニーリングアクセラレータ環境を利用して評価した。

【研究項目 C】(6) エッジ指向グラフ処理向けアルゴリズムの開発では、大量のセンサーデータ等を利用したサイバー空間での最適化やシミュレーションを行うモビリティ最適化エンジンの開発を行った。特に動線補完アルゴリズム及び混雑解析システムの構築を行った。

【研究項目 D】(8) 協力企業との連携と応用展開では、グラフ解析や最適化の応用展開として複数の企業と共同でCPSを対象としたモビリティ最適化エンジンの開発を行っ他、グラフ処理アクセラレータ開発や応用展開等での協力関係を築くべく、半導体関係企業、メモリ関連企業とも議論を行った。

【代表的な原著論文】

1. Nozomi Hata, Takashi Nakayama, Akira Tanaka, Takashi Wakamatsu, Akihiro Yoshida, Nariaki Tateiwa, Yuri Nishikawa, Jun Ozawa, and Katsuki Fujisawa, “Mobility Optimization on Cyber Physical System via Multiple Object Tracking and Mathematical Programming”, the Fifth International Workshop on High Performance Big Graph Data Management, Analysis, and Mining (BigGraphs 2018), in conjunction with the 2018 IEEE International Conference on Big Data, 2018.

§ 2. 研究実施体制

(1) 近藤グループ

- ① 研究代表者:近藤 正章 (東京大学大学院情報理工学系研究科 准教授)
- ② 研究項目
 - ・エッジ指向グラフ処理アクセラレータ・アーキテクチャ
 - ・エッジ指向グラフ処理アクセラレータ向けソフトウェアスタックの開発
 - ・グラフ・AI/アニーリング処理のシームレスな連携を実現するソフトウェアフレームワーク
 - ・協力企業との連携と応用展開

(2) 藤澤グループ

- ① 主たる共同研究者:藤澤 克樹 (九州大学マス・フォア・インダストリ研究所 教授)
- ② 研究項目
 - ・エッジ指向グラフ処理向けアルゴリズムの開発

- ・将来的なアニーリングアクセラレータ連携に向けた要件調査と性能解析
- ・協力企業との連携と応用展開

(2) 石原グループ

- ① 主たる共同研究者: 石原 亨 (名古屋大学大学院情報学研究科 教授)
- ② 研究項目
 - ・AI/AC 処理との連携が可能なグラフ処理システムアーキテクチャの開発
 - ・エッジ指向グラフ処理アクセラレータ向け電力管理技術開発と実チップ検証
 - ・協力企業との連携と応用展開