

量子計算機への自動オフロード初期検討

An initial study of automatic offloading to quantum computers

山登庸次
Yoji Yamato

NTT
NTT Corporation

1. はじめに

近年, IoT ([1]-[4]) 等様々な領域で, ヘテロジニアスなハードウェア利用が増えているが, 活用の壁は高い. 私は, 配置する環境に合わせ, 既存のコード変換等を自動で行い適切に動作させる, 環境適応ソフトウェアを提案してきた [5]-[9].

これまで検証してきた環境適応の自動オフロードは, GPU や FPGA 等の以前からあるヘテロジニアスなハードウェア向けであった. 本稿では, 量子計算機や光電融合デバイス等新たなハードウェアに, 自動オフロードできる方式を検討することで, 環境適応対象を増やす.

2. 量子計算機の利用について

以前に著者は, 環境適応ソフトウェアの処理と全体像を提案した. 環境適応ソフトウェアの処理は, Step1-6 は, コード分析し, 配置環境に応じたコード変換, リソース量調整, 配置場所調整, 検証の一連を行い, アプリケーション運用を開始する. Step1-6 の流れを, GPU や FPGA 等の以前からあるアクセラレータ, 向けで検証してきた. 更に, IoT 機器等のリソースが低い端末でも自動構築を容易化する方式についても検討してきた.

本稿の課題を整理する. 著者は環境適応ソフトウェアのコンセプトを以前提案し, GPU や FPGA 等にプログラムを自動オフロードする方式を検証してきた. しかし, オフロード先の対象は以前からあるハードウェアが対象で, 量子計算機や光電融合デバイス等新たなハードウェアにオフロードすることはできなかった. また, GPU 向けに自動オフロードする際は遺伝的アルゴリズムを用いて検証環境での性能測定を繰り返し行い, 高速なオフロードパターンを残していく方式をとっていたが, 量子計算機は 1 時間 100USD 程度のそれなりの額の利用率のため, 高速パターンを探す性能測定を繰り返し行うことは難しい. そこで, 本稿は, 量子計算機を対象に, 新機器に自動オフロードできる方式を検討する.

3. 量子計算機向けオフロード方式

量子計算機は, Microsoft, Amazon, IBM, D-wave 等多くの企業が手掛けており, Azure Quantum や Amazon Braket 等はクラウドで量子計算機サービスを, 一時間単位の一定額で提供している. 量子計算機は, 量子の特性から, 固有値解析問題, 巡回セールスマン問題, 素因数分解問題等が適していると言われ, 通常の計算処理は CPU の方が適していると言われる.

量子計算機は高額利用率のため, 検証のため性能測定を

繰り返し行うことは現実的でなく, 量子計算機に向いている計算は限られることから, ユーザからオフロードしたいコードが提供されたらそれを分析し, 量子計算機に向けた計算処理があるかどうかを判定し, ある場合はその部分を量子計算機呼び出し処理に置換することで, 量子計算機にオフロードすることを検討する. このようにすることで, 量子計算機利用する際は, 一度の置換で最終コードが決まるため試行での利用率増大は無く, 適切な問題だけ利用するため, CPU の方が向いている処理がオフロードされることはない.

そのために, まずオフロードサービス提供者は, 量子計算機向けの処理として, 固有値解析問題, 巡回セールスマン問題, 素因数分解問題等の量子コンピュータに適した計算を解く呼び出しプログラムを企業が提供する量子計算機に応じた開発環境で準備する. ユーザからオフロードしたいコードが提供されたら, コードを分析し, 量子計算機に向けた計算処理が含まれるかを照合する. 照合の結果, 量子計算機に向けた処理が含まれる場合は, 提供する企業の量子計算機に合わせた呼び出しプログラムを取得して, オフロードする.

4. まとめ

本稿では, 環境適応ソフトウェアの新要素として, 量子計算機向けのオフロード方式を初期検討した. 特定処理のオフロード自体は, 光電融合デバイス等の他ハードウェアにも利用できると考える. 方式を詳細検討して実装し, Azure Quantum を用いた量子計算機オフロードの実現性と性能を確認する.

参考文献

- [1] H. Noguchi, et al., "Autonomous Device Identification Architecture for Internet of Things," IEEE WF-IoT 2018, 2018.
- [2] H. Noguchi, et al., "Distributed Search Architecture for Object Tracking in the Internet of Things," IEEE Access, 2018.
- [3] Y. Yamato, "Automatic Verification for Plural Virtual Machines Patches," ICUFN 2015, pp.837-838, July 2015.
- [4] Y. Yamato, "Improvement Proposal of Automatic GPU Offloading Technology," ICJET 2020, pp.242-246, Mar. 2020.
- [5] Y. Yamato, "Automatic Offloading Method of Loop Statements of Software to FPGA," Int J Parallel Emergent Distrib Syst., Taylor and Francis, Apr. 2021.
- [6] Y. Yamato, "Study and Evaluation of Automatic GPU Offloading Method from Various Language Applications," Int J Parallel Emergent Distrib Syst., Taylor and Francis, Sep. 2021.
- [7] Y. Yamato, "Proposal of Automatic Offloading for Function Blocks of Applications," ICIAE 2020, pp.4-11, Mar. 2020.
- [8] Y. Yamato, "Study and Evaluation of Improved Automatic GPU Offloading Method," Int J Parallel Emergent Distrib Syst., Taylor and Francis, June 2021.
- [9] Y. Yamato, et al., "Fast Restoration Method of Virtual Resources on OpenStack," IEEE CCNC 2015, pp.607-608, 2015.

抄録：

私は、環境に合わせ、既存のコード変換等を自動で行い適切に動作させる、環境適応ソフトウェアを提案してきた。これまで検証してきた環境適応の自動オフロードは、GPUやFPGA等の以前からあるヘテロジニアスなハードウェア向けであった。本稿では、量子計算機や光電融合デバイス等新たなハードウェアに、自動オフロードできる方式を検討する。

キーワード：

環境適応ソフトウェア, 自動オフロード, 量子計算機, ソフトウェア分析, 類似性判定

Keywords :

Environment-adaptive software, Automatic offload, Quantum computers, Software analysis, Similarity detection

連絡先：

山登庸次

NTT

yoji.yamato@ntt.com