

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	ハードウェアアクセラレータを活用したクラウド基盤技術 “ Video Service Function Chaining ” に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	右近祐太
Author(English)	Yuta Ukon
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11937号, 授与年月日:2021年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:高橋 篤司,一色 剛,本村 真人,中原 啓貴,原 祐子
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11937号, Conferred date:2021/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名		右近祐太	
論文審査 審査員		氏名	職名		氏名	職名
	主査	高橋篤司	教授	審査員	原祐子	准教授
	審査員	一色剛	教授			
		本村真人	教授			
中原啓貴		准教授				

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「ハードウェアアクセラレータを活用したクラウド基盤技術“Video Service Function Chaining”に関する研究」と題し、和文6章から成る。

第1章「はじめに」では、近年、コンピュータビジョンや人工知能などに対する高度なクラウドサービスの需要が高まっており、特に、開発コストや開発時間を抑えつつユーザの個々の目的に合致した高度なサービスを高速かつ低消費電力で提供するために、本論文では柔軟なクラウド画像処理サービスを実現する Video Service Function Chaining (VSFC) を提案すると述べている。既存の Service Function Chaining (SFC) は、ネットワークサービスを柔軟に提供することを目的としているが、ユーザごとに異なった条件で高品質な画像処理サービスを提供するなどの高度な情報処理サービスに対する実現例はなく、その実現のためには低遅延かつ低消費電力のサーバノードの開発が必要であると指摘するとともに、ユーザの目的に合致した画像処理サービスを、本論文で提案する技術により、複数のサーバノードに実装された画像処理機を組み合わせる VSFC で提供できると述べている。

第2章「Video Service Function Chaining」では、ハードウェアアクセラレータ (HWA) を備えた汎用サーバを用いて画像処理機能を組み合わせる VSFC を提案している。まず、既存の Service Function Chaining (SFC) ネットワークの構成を紹介し、次に、SFC 技術を利用して複数のサーバノードに実装された画像処理機能を組み合わせる VSFC ネットワークのコンセプトを説明している。

第3章「パケット順序制御回路を備えた CPU-HWA サーバアーキテクチャの提案」では、サーバノード内で低遅延データ転送を実現する CPU-HWA アーキテクチャを提案している。提案アーキテクチャでは、CPU が受け取った画像データを含むパケットを、ハードウェアにネットワークレベルでそのまま転送したのち、リングバッファを用いたリアルタイムパケット順序制御回路を用いパケットを正しい順序に整列させ、適切なタイミングで処理回路に入力する。実験では、HOG 特徴量計算を、提案アーキテクチャによる回路で行うと、従来構成に比べデータ転送および処理を高速かつ低消費電力で実現でき、パケット順序の入れ替えが大きい場合でも高速な処理が可能であることを示している。

第4章「Approximate Completion-Detection 方式の可変レイテンシ回路の提案」では、計算エラーを許容するアプリケーションにおいて、処理を高速化するための可変レイテンシ回路を提案している。提案の Approximate Completion-Detection (ACD) 方式では、高速なサブクロックを用いて演算の出力を監視する。出力が一定時間変化しない場合、演算は完了したとみなし、各演算のレイテンシを動的に変更することで、回路の高速動作を実現している。ACD 方式では、計算完了を誤検出した場合、計算エラーが発生する可能性があるが、エラー率は制御可能であり、低いエラー率で高速に動作できる。実験では、画像処理機能を提案の ACD 方式の可変レイテンシ回路で実現し、わずかな計算エラーを許容することで従来方式の回路と比べて処理性能が向上することを示している。また、設計した画像処理回路では、面積遅延積が従来回路構成と比べて小さいことを示している。

第5章「VSFC 対応映像監視サービスの評価」では、2種類の画像処理機能 (HOG 特徴量計算、フレーム間差分法による移動物体検出) からなる VSFC 対応映像監視サービスの性能を評価している。まず、提案アーキテクチャを FPGA 搭載サーバノードで実現し、2種類の画像処理機能を組み合わせることで、50 台のネットワークカメラからの 60fps の VGA 映像をリアルタイムに監視できることを示している。次に、画像処理機能に ACD 方式の可変レイテンシ回路を用いることで、サービス品質をほとんど低下させることなく処理性能が向上し、低遅延な映像監視サービスを実現できると示している。

第6章「おわりに」では、CPU-HWA アーキテクチャによるサーバノード内のデータ転送遅延削減と ACD 方式の可変レイテンシ回路による画像処理遅延削減により、提案の VSFC が柔軟で高度なクラウド画像処理サービスを実現すると結果を総括するとともに、今後の展望について述べている。

以上を要するに、本論文は、ユーザごとに異なった条件で高度な情報処理サービスを可能とする VSFC を提案するとともに、その有効性を明らかにしたものであり、工学上、工業上貢献するところが大きい。よって我々は本論文が博士(工学)の学位論文として十分価値あるものと認める。