

(別紙 2)

論文審査の結果の要旨

論文提出者氏名 竹内 理

竹内理氏が提出した博士論文は、「複数 OS を活用した高コストパフォーマンスを実現するストリームサーバアーキテクチャの提案」と題するもので、マルチメディアコンテンツのネットワークストリーム配信サーバを、汎用 OS と専用 OS を適切に組み合わせることで、コストの低い汎用 PC サーバにおいても十分な高い性能を達成しつつ同時に、マルチメディアサーバの高い開発効率を達成するための方式を提案するものである。

本研究の背景は、商用ストリーム配信サービスの普及に伴い、低コストでありながらも、高い配信性能や QoS 保証性能を達成するストリーム配信サーバに対するニーズが高まりつつあることである。こうした分野において、既存のストリーム配信サーバは、汎用 OS 上のアプリケーション層で配信機能と管理機能を実現していることが多く、アプリケーション層の最適化だけで、高い配信性能や QoS 保証性能を達成することが困難であった。一方、ストリーム専用 OS を利用し、その上で配信機能と管理機能を実現するアプローチもありうるが、ストリーム専用 OS の開発環境が充実していない上に、頻繁な最新 I/O デバイス向けのドライバ開発が必要となるため、開発コストが高くなる、という課題もあった。

そこで、本博士論文の研究では、これらの課題の解決のため、汎用 PC サーバを利用してハードウェアコストを抑えつつも、ストリーム専用 OS を用いて高性能を達成するストリームサーバの効率の良い開発方式を提案した。効率の良い開発のためには、(1) 少ない開発コード規模と高性能配信の両立方式、(2) 専用 OS 向けデバイスドライバ開発効率の改善、の実現が必要である。

(1) を実現するためには、汎用 OS 上のアプリケーション層で配信機能と管理機能を実現している既存のストリーム配信サーバから、配信機能のみを専用 OS を搭載する外付けの別サーバに移植、2 サーバを連携させて 1 つのストリーム配信サーバを実現するストリームサーバアーキテクチャ (外付け I/O エンジンアーキテクチャ) を提案した。そして、当該アーキテクチャに基づいて Apple 社の Darwin ストリームサーバを改変し、9K 程度のコード開発で、配信性能を約 5 倍向上できることを確認した。

また、(2) を実現するため、軽量仮想計算機モニタを利用した専用 OS 向けデバイスドライバ開発環境を提案、実装した。本開発環境では、従来のリモートデバッガと同様、ターゲットマシン上でデバッグ対象となる専用 OS を動作させる。しかし、ターゲットマシンに、リモートデバッガが使用するハードウェア資源のみを仮想化する軽量仮想計算機モニタを搭載する改良を加え、デバッグ中の安定稼働を保証した。また、タイミングクリティカルなバグが発生した際に、当該実行を命令レベルで忠実に再現できるロギング&リプレイ機能も組

み込むことで、デバッグ効率向上を目指した。当該軽量仮想計算機モニタを用いた開発環境の I/O 性能を評価した結果、VMware と比べた I/O 性能劣化は 38% に抑えられることが判明し、現実的なオーバーヘッドで目標機能を実現できることを確認できた。

本研究の成果の主要な業績として、情報処理学会論文誌に 3 本、国際会議 IEEE DATE に 1 本が掲載されており、十分に高い業績を有している。それだけでなく、当該研究成果は製品化されており、実際の商用のビデオストリーム配信に利用されていることは、高く評価できる。また、竹内氏は、過去においては、すでに先行研究を含めれば、10 本以上の査読付き論文及び、2005 年に情報処理学会の論文賞も受賞としており、計算機科学分野の研究者として、すでに十分に確立している。

そこで、本審査委員会は、本論文が博士（学際情報学）の学位に相当するものと判断する。