

氏名	岩寄 正明
授与した学位	博士
専攻分野の名称	工学
学位授与番号	博甲第3629号
学位授与の日付	平成20年 3月25日
学位授与の要件	自然科学研究科産業創成工学専攻 (学位規則第5条第1項該当)
学位論文の題目	連続メディア通信処理向けオペレーティングシステムの研究
論文審査委員	教授 谷口 秀夫 教授 山崎 進 教授 名古屋 彰

### 学位論文内容の要旨

近年、マイクロプロセッサ、あるいは通信ネットワーク・ハードウェアはその性能が著しく向上している。これに伴い、コンピュータシステムは、単なる情報処理システムからインターネットに接続された情報通信統合システムへと変貌し、IP電話、テレビ会議、オンデマンド型の映像配信の利用などが急速に広まりつつある。1990年代以降、プロセッサやネットワーク・ハードウェアが、ビデオやオーディオといった連続メディアをリアルタイムに圧縮、転送、伸張できる性能に到達したことで、このような新たな応用が実現された。これらの効率的な実現には、連続メディア通信処理を効率的に行えるオペレーティングシステム(OS)が必要である。しかしながら、「OSは既存のアプリケーションとの互換性を維持しなければならない」という制約により、これまでのOSは必ずしも連続メディア通信に適した設計とは言い難い状況となっている。そこで、連続メディア応用システムの特徴、およびハードウェア性能向上の技術潮流を踏まえながら、既存OSやネットワークシステムに内在する問題点を明確化する。さらに本論文では、これらの問題点の解決に必要な技術として、高精度な周期駆動スケジューリング、優先度逆転を解消する内部排他制御、セグメント内通信の帯域保証技術、セグメント間通信の帯域保証技術、および多段接続ネットワーク環境における遅延抑制技術があることを示し、これらの各技術について具体的な内容を述べる。

周期駆動スケジューリングの技術として、高品質な連続メディア処理に不可欠な高精度な周期スケジューリング機能を実現する機構を提案し、この機構を実装したOSを用いて、その周期駆動性能や処理オーバーヘッドの定量的な評価を行ない、十分に小さいオーバーヘッドで性能の低下を防止しつつ、ジッタが1ミリ秒以内の高精度なスレッドの周期駆動を実現できることを示す。

優先度逆転を解消する内部排他制御として、細粒度プリエンプト制御方式を提案し、その概要と評価について述べる。また、この方式のスケジューリング遅延時間が100 $\mu$ 秒未満で実現していることを、実アプリケーションを用いた性能測定により確認し、その有効性を示す。

セグメント内通信の帯域保証技術として、Ethernetのハードウェア仕様や、上位プロトコルを変更することなくQoS保証を実現するTTCP/ITM方式を提案する。TTCP/ITM方式は、セグメント内の総トラフィックを一定値以下に抑えることで、遅延時間の増大を回避可能にする。

セグメント間通信の帯域保証技術として、QoS保証ルーティング方式を設計・実装し、その性能を定量的に評価する。評価の結果、背景トラフィックが混在する状況下においても、本方式が品質を維持して連続メディアデータをルーティング可能であることを示す。

多段接続ネットワーク環境における遅延抑制技術として、スケジューラ内部での遅延の拡大を低減する「周回遅れRTパケットの優先送信」方式を提案する。本方式の評価により、背景トラフィックが混在する多段接続環境において、連続メディアデータに対してパケットロス率0を維持しつつ、ルータ1段当りの最大遅延時間を送信周期の2倍以内に抑えることが可能であることを示す。

以上のように、本論文では、従来のイベント駆動によるベストエフォート制御に替え、連続メディア通信の時間的な継続性に着目し、CPU能力やネットワーク帯域といった資源を予約し、周期駆動によってタスク間やホスト間の競合を回避する技術を確立した。

## 論文審査結果の要旨

ハードウェア技術の進歩により、通信路の高速化と計算機の高性能化が進んでいる。これに伴い、ビデオやオーディオといった連続メディアをリアルタイムに圧縮、転送、伸張できることが可能になり、これらの効率的な実現のために、連続メディア通信処理を効率的に行えるオペレーティングシステム(OS)が必要になっている。

論文提出者は、連続メディア応用システムの特徴、およびハードウェア性能向上の技術潮流を踏まえながら、既存OSやネットワークシステムに内在する問題点を明確化し、これらの問題点を解決する連続メディア通信処理向けOSに必要な技術を確認している点が素晴らしい。

具体的には、連続メディア応用システムの予測可能性を活用しコンテキストスイッチの多発を抑制する周期駆動スケジューリング、周期駆動の阻害要因となる優先度逆転を解消する内部排他制御、送信トラフィック抑制によるセグメント内通信の帯域保証技術、リアルタイムルーティング制御によるセグメント間通信の帯域保証技術、およびパケットの特徴を考慮した送信量制御による多段接続ネットワーク環境における遅延抑制技術について、新たな機構や方式を提案している。

以上のように、本研究は、従来のイベント駆動によるベストエフォート制御に替え、連続メディア通信の時間的な継続性に着目し、CPU能力やネットワーク帯域といった資源を予約し、周期駆動によってタスク間やホスト間の競合を回避する技術を確認しており、情報工学に寄与するところが大きい。よって、本論文は博士(工学)の学位論文に値すると認める。

なお、論文発表会では、適切な説明が行われ、また質疑に対する応答も適切であった。これにより、十分な学力を有することが確認でき、研究者として自立して研究活動を行うに必要な能力を有することも認められた。