

( 続紙 1 )

京都大学	博士 (情報学)	氏名	Damien Le Moal
論文題目	A Real-Time File System and Disk Scheduler for Constrained Quality of Service Embedded Applications (QoS制約を持つ組み込みアプリケーションのためのリアルタイムファイルシステムとディスクスケジューラ)		
(論文内容の要旨)			
<p>本論文は、Digital Video Recorder (DVR)をはじめとする、ファイルアクセスにリアルタイム性とQoS確保を要求されるシステムのために、著者らが開発したAudio/Video File System (AVFS)について論じたものである。AVFSは、複数のソースからのデジタルビデオ録画を行いつつ、それと並行して録画した複数のビデオファイルを同時再生するという、高機能な家庭用DVRへの適用を念頭に設計・開発されたものである。したがって本論文の第1章で述べているように、確実な録画・再生のためのQoS保証、それらの入出力処理をリアルタイムに実現するための高いディスク入出力性能と安定性、および家庭用機器として必要な高い電力効率が求められる。第2章で述べているように、これらの要求事項を満足するファイルシステムは存在せず、先行研究で提案されている種々の技術の組み合わせでも実現することができない。</p> <p>本論文の第3章では、上記の要求事項を全て満たすファイルシステムとしてAVFSを提案し、そのコンポーネントや技術が要求事項を満足するためにどのように貢献しているかを詳細に述べている。具体的にはまず、DVR上のアプリケーションが発行するディスク入出力要求を、ビデオ録画・再生のためのリアルタイム要求と、種々の付加的な機能を実現するためのベストエフォート要求に分離し、前者には要求完了のデッドライン時刻を付与することで、適切なスケジューリングが実現できると主張している。またディスク上のファイル割付方法として、一つのファイルを構成するデータブロック群をディスク全体にわたって一定間隔で配置するZone Round-Robin (ZRR)法を用いることで、予測可能で安定的な性能を高いレベルで達成できると主張している。さらに一連のリアルタイム要求に対して、シークを最小化するC-SCANスケジューリングとデッドラインを満たすEDFスケジューリングを併用した新たなスケジューリング法を適用することで、シーク時間短縮による性能向上と消費電力削減、およびベストエフォート要求の存在下でも安定した性能が得られると主張している。</p> <p>続く第4章でAVFSの各コンポーネントを具体的に実装する方法について述べた後、第5章では各々の要求事項に関するAVFSの性能を、標準的なファイルシステムであるext3とJFSの性能と対比する形で詳細に示している。まず基本的な単一ファイルアクセス性能については、ext3とJFSではファイルの割付位置により280Mbps~490Mbpsの範囲でばらつくのに対し、AVFSではZRRの効果で安定的に350Mbpsの性能が得られることを示している。次に2~8個のビデオファイルを同時にアクセスする場合、ext3とJFSでは最悪性能が250Mbps~320Mbpsとなるのに対し、AVFSでは常に325Mbps程度の安定性能が得られることを示している。またZRRとスケジューリングの効果により、AVFSのシーク時間はext3やJFSの最悪値の1/4~1/10程度に短縮されている。その結果、ext3やJFSではディスクの稼働率が100%となってQoSが保てないケースに対しても、AVFSでは安定的に60%以下の稼働率とすることができており、最大20%程度の消費電力削減効果もあることが示されている。さらにext3やJFSでは生じる、ファイル構造の経年変化やベストエフォート要求の並存によるQoS劣化が、AVFSでは生じないことも確認されている。</p>			

注) 論文内容の要旨と論文審査の結果の要旨は1頁を38字×36行で作成し、合わせて、3,000字を標準とすること。

論文内容の要旨を英語で記入する場合は、400~1,100 wordsで作成し  
審査結果の要旨は日本語500~2,000字程度で作成すること。

(続紙 2)

(論文審査結果の要旨)

ディスク上のファイルアクセス性能は、ファイルが外周部分にあるか内周部分にあるかで約2倍の開きがあり、また複数のファイルを並行アクセスする場合にはファイル間のシーク距離によっても大きく左右される。一方、常に一定のレートで録画・再生のためのファイルアクセスが必要なDigital Video Recorder (DVR)などでは、システムの性能がファイルアクセス性能の最悪値によって規定されるため、複数のHDTV品質ビデオファイルの同時並行的な処理が難しく、機器の高機能化・高性能化の障害となっている。したがってファイルアクセス性能の最悪値を改善し、一定水準以上のQoSが保証できるようなファイルシステムを構築することは、産業応用上きわめて重要な意義を持つ。またディスクファイルシステムは、現在の情報技術の根幹的な構成要素の一つであり、その性能向上は情報学分野における学術的な意義も大きい。

本論文は、家庭用DVRへの適用を主眼とする新たなファイルシステムAudio/Video File System (AVFS)に関するものであり、リアルタイム性とQoS保証が要求される、録画・再生のためのビデオファイルアクセスの高性能化と安定化のための技術の提案と評価について論じている。具体的には、第3～4章でAVFSの提案と実装について述べ、第5章ではAVFSの性能を詳細に示すとともに既存ファイルシステムとの性能比較を行っている。

AVFSは独創性と有用性を兼備した研究開発成果であり、その優れた特徴としてZone Round-Robin (ZRR)法によるファイル割付と、C-SCANとEDFを併用した入出力処理のスケジューリングが挙げられる。前者は、一つのファイルを構成するデータブロック群をディスク全体にわたって一定間隔で配置する方法であり、一般的な連続ブロック割付に比べて平均的なアクセス性能は劣るものの、最悪アクセス性能が優れ、かつ一定の性能が安定的に得られるため処理時間を高精度に予測できるという特徴がある。この予測精度の高さは、後者のスケジューリング法の有効性の源泉であり、処理のデッドラインを超えない範囲で多数の入出力処理を一括して扱い、それらの処理順序をディスクのシーク時間を最小化するC-SCAN法で決定することで、複数ファイルの並行処理性能を高く保っている。実際、第5章に記された性能評価結果が示すように、AVFSのファイルアクセス性能は既存のものとは比べて非常に安定しており、QoSが保証可能な操作対象ファイル数、ファイル構成の経年変化への耐性、録画・再生以外の付加機能のためのファイルアクセスの許容度、シーク時間とそれに起因する消費電力など、DVRに求められる様々な技術的要件について既存手法を大きく上回る性能が得られている。

以上のように本論文は、ビデオファイルシステムに関する新たな技術を提案しつつ、その有用性・有効性を実証したものである。したがって産業応用上の重要な貢献であることはもちろん、今後のリアルタイムファイル処理技術に関する学術的な貢献として高く評価することができるため、博士(情報学)の学位に値するものと判定した。また、平成22年8月6日に論文内容とそれに関連した口頭試問を行った結果合格と認めた。

注)論文審査の結果の要旨の結句には、学位論文の審査についての認定を明記すること。更に、試問の結果の要旨(例えば「平成 年 月 日論文内容とそれに関連した口頭試問を行った結果合格と認めた。」)を付け加えること。

Webでの即日公開を希望しない場合は、以下に公開可能とする日付を記入すること。  
要旨公開可能日： 年 月 日以降