

氏 名	藤 井 寛
学位(専攻分野)	博 士 (情報学)
学 位 記 番 号	論 情 博 第 1 号
学位授与の日付	平成 12 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	動画データへの多重アクセス制御とデータ保護

論文調査委員 (主 査) 教 授 石 田 亨 教 授 上 林 彌 彦 教 授 美 濃 導 彦

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、ビデオ・オン・デマンド実現のために、複数の利用者へ独立にデジタル動画データを供給できる低コスト高性能な動画サーバの構築と、動画データの安全な提供方式の確立を目的として、動画データへの多重アクセス制御方式および動画データの保護方式について論じた結果をまとめたもので、7章からなっている。

第1章は序論で、ビデオ・オン・デマンド(VOD)サービス出現の背景とVOD実現のための必要条件および従来技術とその問題点について述べている。

第2章は連続メディアの一般的性質について述べ、さらにディスク上に格納された連続メディアである動画への多重アクセス制御の基本方式を提案している。この方式は、動画データストリームのセグメントへの分割と、セグメント転送のスケジューリングによって構成され、セグメント長を実時間スケジューリングに基づいて決定し、セグメント転送をディスクスケジューリングを用いて制御することで、従来困難であった、データストリームの途切れのない転送とディスクアクセスの最適化およびサーバの応答性向上を同時に実現している。さらに、この章では提案方式の性能評価を行い、単純な多重アクセス制御方式に比べて高い転送効率を得られることを解析とシミュレーションによって示している。

第3章はクライアントおよび動画データストリームの非定常状態に対応するための多重アクセス制御方式の拡張について述べている。アクセス効率とサーバの応答時間は相反する関係にある。ここでは動画の再生開始時など、動画データの消費状況が遷移状態にあるクライアントに対して高いアクセス優先度を与える方式を提案し、これによってアクセス効率を低下させることなくクライアントへの応答時間を短縮して、サーバの操作性を向上させることを可能にしている。第二の拡張は、高品質の動画符号化に必須である可変ビットレート符号化に対応する方式である。

これは動画データ・バッファ内のデータ量に基づいて転送セグメント長を動的に決定することで、従来、効率のよい制御が不可能であった可変ビットレート符号化動画の多重アクセス制御を少ないバッファ容量で行うことを可能にし、事前のビットレートの精密な予測を不要にしている。

第4章は提案した制御方式に基づいて構築した動画サーバについて述べ、その構成とデータフローおよび制御フローを示している。

第5章は画像データ提供時の違法コピーを防止するためのJPEGおよびMPEG画像スクランブル方式について述べている。この方式は画像の空間周波数値を符号化したビット系列を暗号化することでスクランブルを行う。スクランブル解除装置は簡単なハードウェアを通常の画像復号器に付加することで実現でき、非常に高速であるため、VOD端末に必要とされる、動画データ受信と同時にスクランブル解除して画面表示を行うオンザフライ・スクランブル解除再生が可能となる。この方式は、暗号化対象の周波数帯域と係数の変化量を指定することで、スクランブル程度を制御可能で、画像の宣伝広告と違法コピー防止を両立させ、さらに、独立に解除可能な多重スクランブルを可能にしている。ここではまた、本スクランブル方式の安全性について評価し、放送などで用いられる走査線単位のスクランブル方式に比べてスクランブルの解読が困難であることを示している。

第6章は本論文のスクランブル方式を利用した動画データ流通モデルを提案している。この方式では多重スクランブルを

利用して、支払いに応じた品質が制御でき、さらに、編集画像内の個々の素材データの著作権保護を可能にしている。この章ではさらに、スクランブルと電子透かしを併用することで、従来困難であった、VOD サーバから提供される動画の復号後の状態からの違法コピーを抑止する方式を提案している。この方式は、スクランブル解除と同時にクライアントの ID を電子透かしとして画像に埋め込むことで、サーバに負荷をかけずに提供先の個別 ID を埋め込むことを可能にしている。

7 章は結論で、本論文のまとめを述べている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、ビデオ・オン・デマンドを実現するために、低コスト・高性能な動画サーバを構築可能にする動画データへの多重アクセス制御方式と、動画データの著作権保護方式について研究した成果をまとめたものであり、得られた主な成果は次のとおりである。

1. ディスク上の動画データに対する多重アクセス制御方式を提案した。この方式は、データストリームのセグメント化と転送タイミング制御に実時間スケジューリングとディスクスケジューリングを適用して、高いアクセス効率を実現する。
2. クライアントの動画データ消費状態に基づいてアクセス順序を決定する制御方式を提案し、クライアントへの短い応答時間をアクセス効率を損うことなく実現することを可能とした。
3. 可変ビットレート符号化動画データに対応するために、セグメント長をバッファの状態に基づいて動的に決定する方式を提案した。これによって、可変ビットレート符号化された動画について、少ないバッファ容量で高いアクセス効率を得ることが可能なことを示した。
4. 提案した多重アクセス制御方式に基づいて動画サーバを構成し、制御およびデータフローを示した。
5. デジタル動画データ提供における違法コピー防止のために、画像の周波数係数値を暗号化してスクランブルする高速な処理方式を提案した。これは暗号化の帯域と変化量によってスクランブルの程度を制御可能であり、さらに多重スクランブルを可能とした。
6. スクランブルを利用した動画データ流通方式を提案し、スクランブル解除鍵による課金、支払いに応じた品質制御、編集画像の著作権保護方式を示した。さらに、電子透かしを併用することで、スクランブル解除後の画像からの違法コピーを抑止する方式を提案した。

よって、本論文は博士（情報学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成 12 年 1 月 26 日実施した論文内容とそれに関連した試問の結果合格と認めた。