



高信頼度高エネルギー映像配信サービス実現のためのコンテンツハンドリング技術に関する研究

酒澤, 茂之

(Degree)

博士 (工学)

(Date of Degree)

2005-03-11

(Date of Publication)

2013-02-15

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

乙2794

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D2002794>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



【 296 】

氏 名・(本 籍)	酒澤 茂之	(兵庫県)
博士の専攻分野の名称	博士(工学)	
学 位 記 番 号	博ろ第268号	
学位授与の 要 件	学位規則第5条第2項該当	
学位授与の 日 付	平成17年3月11日	

【 学位論文題目 】

高信頼度高能率映像配信サービス実現のための
コンテンツハンドリング技術に関する研究

審 査 委 員

主 査	教 授	田中 初一
	教 授	沼 昌宏
	教 授	上原 邦昭

(別紙様式3)

論文内容の要旨

氏名 酒澤 茂之

論文題目 高信頼度高能率映像配信サービス実現のためのコンテンツハンドリング技術に関する研究

インターネットの高速化・低コスト化を受けて多種多様な映像コンテンツの配信サービスが注目されている。本論文では、高信頼度かつ高能率な映像配信サービスの実現を目指して、映像コンテンツの制作、映像素材の収集、最終視聴者への配信の各過程におけるコンテンツハンドリング技術に関する研究を行う。映像コンテンツの制作においては、近年、非常に関心が高まっている著作権保護の観点から、著作権者の情報をコンテンツ内に埋め込む電子透かし技術の新しい手法を提案する。映像素材の収集においては、ライブ中継等の即時性が必要な映像伝送への要求に対応して、高能率に多数の映像コンテンツを実時間伝送する技術を提案する。また、コンテンツ制作のための編集素材などの実時間性が要求されないコンテンツファイル伝送について、様々なネットワーク環境に対応して高信頼度で高速にファイルを伝送する技術を提案する。最後に、多様なネットワーク環境にある多数の受信者向けに高能率に映像を配信するマルチキャスト技術の新しい手法を提案する。

まず、電子透かし技術に関して、本論文では映像コンテンツの流通が MPEG で符号化されたファイルにより行われることに注目し、電子透かしを MPEG ビットストリームから直接検出することのできる方法を提案する。提案方式では、電子透かしは原画像の局所ブロックの DCT 係数を操作することにより埋め込まれる。このとき、単一の局所ブロックに電子透かしを埋め込むのではなく、複数の画像フレーム上の様々な位置に属する局所ブロックを選択し、その集合に対して同一の DCT 係数操作を加えることにより電子透かしの埋め込みを行う。検出にあたっては、MPEG ビットストリームに含まれている DCT 係数の中で、上記の局所ブロック位置の DCT 係数を取り出し、その集合において DCT 係数に加えられた操作を統計的に検出する。この方式は、MPEG 復号が不要であるため極めて高速に埋め込まれている電子透かしを検出することができる。提案

方式に対して MPEG 再符号化や電子透かし攻撃ツール StirMark に含まれるツールにより擬似的に攻撃を加えたときの電子透かしの耐性を評価し、再符号化や周波数領域における攻撃には強い耐性があることを示した。さらに、検出された電子透かしの信頼性に関する検討も行っており、統計的検定を応用することにより、本来存在しないはずの情報を読み出してしまう“false positive”問題を避ける方法も示した。

次に、複数の映像コンテンツを高能率に実時間伝送する技術について、複数の映像エンコーダを統一的制御の下で動作させるマルチエンコーダシステムを提案する。このシステムでは、各エンコーダの出力を多重して固定速度の通信路に入力するため、エンコーダの符号化速度の総和を一定に保つ制約の下で、各エンコーダへの符号化速度配分を決定する必要がある。予備検討として MPEG 符号化で用いられる MC+DCT 符号化方式における符号化速度・歪み関係を解析し、単純なベキ乗関数で近似できることを示した。これに基づいて、歪みの総和を最小化する意味で最適な符号化速度配分方式を導いた。また、符号化速度配分を定期的に再計算することで、映像シーンの切り替わりに追従して最適配分が更新される方式も提案した。計算機シミュレーションの結果、3台のエンコーダの多重のとき、符号化速度配分を行わない従来方式と比較して 35%もの歪みの削減が達成されることを示した。また、従来方式では情報量の特に多い映像シーンで大きな画質劣化が発生していた問題点に関して、提案方式では当該シーンに高い符号化ビットレートを配分することにより画質劣化を回避することができることも示した。

一方、非実時間での映像伝送においては、伝送された映像をコンテンツ制作のための編集用素材として用いるために、符号化された映像ファイルを伝送エラーなしで高速に伝送することが求められる。また、受信途中の映像データへアクセスし、映像内容の確認を行うなど、映像コンテンツ特有の機能要求がある。それに対して、従来の伝送プロトコルはファイル伝送を目的として設計されていたため、上記の映像コンテンツ特有の機能要求を満たすことができなかった。そこで、到達確認型プロトコルによる複数のコネクションを同時に用いて伝送速度を高速にするとともに、受信中のデータの整列済み領域と不連続領域を管理することで、整列領域からの映像再生を実現する手法を提案した。また、ネットワークの輻輳を発生させないために伝送ビットレートシェーピングが必要とされているが、複数のコネクションを利用する際に有効な送信側でのパケット送出制御手法を考案した。これらの提案手法に関して実験室内でのネットワークシミュレータ環境、ならびに日米間の実際のネットワークにおいてもその有効性を確認した。

最終視聴者への通信ネットワークによる映像配信方式に関連して、複数の受

信者に対して一斉同報的にパケットを届けることのできるマルチキャスト技術が注目されている。マルチキャストでは、送信側はパケットを特別なマルチキャスト用の IP アドレスへ送出し、そのパケットは当該マルチキャスト受信を登録した利用者のみ配送される。このため、不必要なパケット配送が発生しない利点がある。しかし、単純なマルチキャスト技術では、受信者ごとに異なる利用可能帯域に適応させることができず、所定の固定速度での画一的な映像配信となってしまう、正常に受信できない受信者が発生する問題点があった。そこで、MPEG 符号化された映像データを階層分割し、その階層別にマルチキャストする手法を考案した。これにより、受信者の利用可能帯域に応じて階層データのマルチキャストチャンネルを追加／削除することにより、マルチキャストの映像配信能率の高さを保ちつつ、各受信者に最適な映像配信を実現することが可能となる。特に、階層データ間の映像復号における依存関係に基づいて、受信側におけるバッファによる階層データ間の時間調整過程を詳細に理論解析し、具体的な初期バッファ値ならびに最大バッファ量の算出法を与えている。

以上のように本論文が映像配信サービスに果たす貢献は、まず、映像符号化方式と親和性の高い電子透かし技術によって映像コンテンツの著作権保護を行うことにある。ついで、複数の映像コンテンツの実時間伝送において、それぞれの映像シーンの情報量に応じて最適に符号化ビットレートを配分することで実時間伝送を高能率に実現する点にある。また、映像コンテンツの非実時間伝送についても到達確認型プロトコルを複数コネクション同時に用いることで高信頼、高能率かつ高機能な非実時間伝送を実現することにある。最後に、最終視聴者向けに通信ネットワークを用いて受信環境に適応的に映像配信する手法を示した点である。これらのコンテンツハンドリング技術により、コンテンツの制作、伝送、配信という映像配信サービスの一連の過程を高信頼かつ高能率に実現することが可能となる。

以上

氏名	酒澤茂之		
論文題目	高信頼度高能率映像配信サービス実現のための コンテンツハンドリング技術に関する研究		
審査委員	区分	職名	氏名
	主査	教授	田中 初一
	副査	教授	沼 昌宏
	副査	教授	上原 邦昭
	副査		
			印
			印
要 旨			
<p>○ 特記事項：平成 4 年 3 月に神戸大学大学院工学研究科修士課程(電気電子工学専攻)を修了後、(株)KDDI 研究所で 12 年 10 ヶ月間に渡って情報通信技術の研究活動に従事した。</p> <p>○ 特許登録数：14 件 (内訳：米国 5 件、日本 9 件)</p> <p>○ 発表論文数：7 編 (内訳：ジャーナル論文 4 編、国際会議 3 編)</p> <p>○ 論文要旨</p> <p>本論文は、高度情報ネットワーク社会において今後ますます重要となるであろう映像コンテンツを、能率よく取り扱うための技術を集積したものであり、映像コンテンツの制作から配信に至る全過程における諸問題の解決技術を提案したものである。</p> <p>第 1 章は緒論であり、研究の背景と研究テーマの概要を解説し、研究の全貌を展望している。</p> <p>第 2 章では、映像コンテンツの著作権保護を実現するための電子透かし技術について述べている。従来の映像用電子透かし技術では、符号化された映像データから透かし情報の検出を行うために、映像信号を復号して画像データに戻した後に透かし情報を検出する必要があり、計算量が多くなるという問題点があった。</p> <p>本論文では、映像信号から検出される符号化データのみを用いて、透かし情報を検出できる新しい電子透かし技術を提案している。その手法は、埋め込む透かし情報を単一の符号化データ要素(DCT 係数)に担わせるのではなく、時間的・空間的に異なる多くの符号化データ要素に拡散して格納する方式である。検出する時にはそれらの多数の符号化データ要素を集めて統計的に検出すると共に、検出結果の信頼性も同時に求められるという極めて有効かつ独創的な手法となっている。(第 2 章の内容の基礎となる論文は、平成 15 年度の電子情報通信学会論文賞を受賞している。)</p> <p>第 3 章では、固定速度の通信路により、映像コンテンツを符号化して伝送する際に最適な符号化を行うためのビットレートの制御技術について述べている。一般に符号化による映像コンテン</p>			

ツの歪みは、その映像シーンに含まれる情報量と符号化速度により決まるので、通常映像コンテンツの符号化は固定速度で行われているが、映像シーンによっては符号化歪みが顕著に現われるという問題がある。

本論文では、まず符号化制御の基礎となるレート対歪み特性について MPEG エンコーダを対象として解析し、簡単なベキ乗の関係で記述されることを導いている。次にその成果に基づいて、複数のエンコーダの符号化出力の総和が一定速度になるという条件下で、各エンコーダで発生する符号化歪みの総和が最小になるように符号化ビットレートの配分を決定している。シミュレーションの結果、僅か3台のエンコーダの最適制御を行うことにより符号化歪みが 35 [%] も削減できるという画期的な成果を得ている。

第4章では、映像コンテンツを非実時間で伝送する場合の伝送プロトコルに関する研究成果をまとめている。映像コンテンツの非実時間伝送技術では、ファイルが完全に相手に届くまでに要する時間を最小化することが目標である。その結果、受信側においては受信途中で映像内容の確認をすることができなかった。

本論文では、この問題を解決するために複数の通信路を並列に用いて伝送速度を高速化すると共に、受信中のデータの整列済み領域と不連続領域を管理することにより、整列領域から映像の再生を実現する手法を提案している。実験の結果、複数の通信路を並列に利用することにより、ファイル全体の伝送速度を高めるのみならず、受信した映像データの逐次復号が可能となる点で極めて有効な手法であることを確認している。

第5章では、映像コンテンツの高効率配信を実現できる階層型マルチキャスト技術について述べている。従来から、インターネット上で放送型サービスを行うために、必要な受信者に対してのみ一斉同報的にパケット配信するマルチキャスト技術が検討されている。しかし、マルチキャストの受信者全員に同じ伝送速度のパケットが配信されるので、受信者の属しているネットワークの伝送速度が遅い場合にはパケットを完全には受信できず、映像品質が著しく損なわれる。逆に、低速度のネットワーク上の受信者に合わせて配信される場合には、受信者が高速ネットワークに所属していても、その帯域を十分に活用できず、本来ならば提供できるはずの高画質の映像配信を行うことができない。

本論文では映像の符号化済みデータを対象として、階層分割方式並びに階層データのマルチキャストチャンネルへの割り当て手法を提案している。また、階層データ間に依存関係があることから、受信側で復号するためにはバッファによる階層データ間の時間調整を行う必要があるが、この過程を詳細に解析し、具体的な初期バッファ値ならびに最大バッファ容量の算出法を与えて、階層分割の基礎となる指針を与えている。

本研究は、高信頼かつ高効率映像配信サービスを実現するための映像コンテンツのハンドリング技術について研究し、多くの重要な知見を得たものとして価値ある集積であると認められる。よって学位申請者 酒澤 茂之 は、博士(工学)の学位を得る資格があると認める。