

学 位 論 文 題 名

Two-step error concealment method for 3-D wavelet video coding in wireless networks

(ワイヤレスネットワークにおける3次元ウェーブレット動画像符号化の
ための二段階エラーコンシールメント法に関する研究)

学位論文内容の要旨

本論文は、ワイヤレスネットワークにおける3次元ウェーブレット動画像符号化のための二段階エラーコンシールメント法に関する研究の成果をまとめたものである。

近年、モバイルネットワークや無線LAN等、様々なワイヤレスネットワーク技術の急速な発展し無線通信端末は急速に普及し、さらにユーザがそれらの端末を介して映像を閲覧する機会が増加している。このような背景から動画像の符号化を行う手法は活発に研究が行われており、様々な手法が提案されている。従来の符号化手法では一般に、動き補償とDCT変換、さらに可変長符号化を用いることで高い符号化効率を実現している。一方、近年では、DCT変換に換えてウェーブレット変換を用いることで動画像の符号化を行う手法が種々提案されている。

ウェーブレット変換に基づく動画像の符号化手法は、従来手法より研究されているDCT変換に基づく符号化手法と比較して符号化効率においては劣るものの、伝送の際の帯域によって符号化する後動画像の時空間解像度を自由に変更することが可能な利点を有している。このような性質は、近年のユーザが帯域幅の異なる様々な端末で映像を視聴する状況に合致しており、非常に注目され、Scalable Video Coding (SVC) として活発に研究されている。SVC符号法は送信側で送られる動画像は1つの符号化法によって符号化されるが、受信側では受信状態に応じて最適な画面サイズ、画質を適応的に復号可能な動画像符号化法である。

ところで、符号化された動画像を無線通信など、通信環境が劣悪な状況下で伝送を行った場合、符号化されたビットストリームを含むパケットが伝送エラーにより失われる場合がある。このような場合、ウェーブレット変換を用いたSVCで符号化された動画像では、フレーム全体に渡ってエラーが目立ち、動画像の品質を大きく劣化させることとなる。このような問題を解決するため、これまで2つの技術が提案されている。一方はエラー耐性と呼ばれ、余分な情報を付与することにより伝送エラーが生じた際の影響を低減するものである。もう一方の技術は、エラーコンシールメントと呼ばれ、受信した情報のみから動画像の再構成を行うものである。

誤り耐性技術に関する従来手法では、チャンネルの独立性から考案されたデータパーティショニング (Data Partitioning) や低周波信号と高周波信号を分離して送る方式が提案されている。また、従来のエラーコンシールメント手法では、動画像の対象フレームのエラー部分に最も近い部分のデータを挿入する最近傍補間 (Nearest neighbor) やエラー部分の周辺データ平均を用いる双一次補間 (バイリニア補間, Bilinear) 方式を用いることで動画像の再構成を行う手法が存在する。しかしながら、これらの手法では非常に簡単な処理によって動画像の再構成が可能である反面、特に重要な特徴であるエッジ部における再構成の精度が不十分となる問題が存在する。したがって、これまでに時空間におけるウェーブレット係数の相関によって符号化されたビットストリームの特性に基づいたエラーコンシールメント手法に関する研究が種々提案されている。具体的に、ウェーブレットフィルタに基づき、サブバンド符号化によって分解された画像の低周波成分と高周波成分に加重値を付与したエラーコンシールメント手法が提案されている。

本論文では、3次元ウェーブレット動画像符号化における新たな誤り耐性手法及びエラーコンシールメント手法の提案を行う。本論文ではまず、3次元ウェーブレット動画像符号化において誤り耐性を実現するため、以下の2つの処理を新たに導入する。最初に、ウェーブレット変換により得られる近接する係数を異なるグループに振り分けて伝送する Dispersive Grouping を用いることにより、動画像の情報が集中して消失することを防止する。さらに、動画像の再構成において最も重要な成分を異なるグループにおいて重複させて伝送する Duplicated lowest sub-band coefficients 法を行うことで、エラーコンシールメントのみでは再構成が困難となる問題の解決を行う。次に、提案手法では、エラーコンシールメントにおいて、二段階の再構成処理を導入する。まず、先のエラー耐性において得られる Duplicated lowest sub-band coefficients を用いることにより、動画像の再構成において重要な要素を復元する。さらに、時空間におけるウェーブレット係数の相関に基づいた未知の計数の補間法を導入することで、最終的な再構成結果を得ることを可能とする。

本論文では、まず第2章でウェーブレット動画像符号化のための従来のエラーコンシールメント手法について説明を行い、それらの手法の問題点を示す。さらに、本論文で解決すべき課題について明確にする。次に、第3章では無線通信において誤り耐性を有する新たな3次元ウェーブレット動画像符号化手法を提案し、その有効性を評価する。さらに第4章では、第3章で提案された手法における最適の受信端末のエラーコンシールメント技術として二段階エラーコンシールメント法を提案する。さらに、第5章では動画像のワイヤレスネットワーク転送に適合したシステムやチャンネルについての定義を行い、その無線環境の下で提案された二段階エラーコンシールメント法の有効性を検討する。最後に、第6章では、本研究の成果について要約し、論文全体のまとめとする。

以上のことを要約すると、本研究では無線動画像通信における3次元ウェーブレット動画像符号化の時空間特性を利用した誤り耐性技術とエラーコンシールメント法を提案している。また、実際の無線伝達システムの packets 単位の伝送により発生する問題点を調査して、提案手法が実際無線伝送システムに適合していることを検証している。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 長谷山 美 紀

副 査 教 授 小 川 恭 孝

副 査 教 授 山 本 強

副 査 教 授 荒 木 健 治

学 位 論 文 題 名

Two-step error concealment method for 3-D wavelet video coding in wireless networks

(ワイヤレスネットワークにおける3次元ウェーブレット動画像符号化の
ための二段階エラーコンシールメント法に関する研究)

本論文は、ワイヤレスネットワークにおける3次元ウェーブレット動画像符号化のための二段階エラーコンシールメント法に関する研究の成果をまとめたものである。

近年、モバイルネットワークや無線LAN等、様々なワイヤレスネットワーク技術の急速な発展に伴い、無線通信端末が急速に普及し、ユーザがそれら端末を介して映像を閲覧する機会が増加している。このような背景から動画像の符号化を行う手法が活発に研究され、様々な手法が提案されている。従来の符号化手法では一般に、動き補償とDCT変換、さらに可変長符号化を用いることで高い符号化効率を実現している。一方、近年では、DCT変換に換えてウェーブレット変換を用いることで動画像の符号化を行う手法が種々提案されている。

ウェーブレット変換に基づく動画像の符号化手法は伝送帯域や受信端末の能力によって符号化後の動画像の時空間解像度を自由に変更することが可能な利点を有している。このような性質は、ユーザが帯域幅の異なる様々な端末で映像を視聴する状況で有用であることから、非常に注目され、Scalable Video Coding (SVC) として活発に研究されている。

ところで、符号化された動画像を無線通信等、通信環境が劣悪な状況下で伝送を行った場合、伝送エラーによるパケットロスで符号化された動画像の情報が失われる場合がある。このような場合、ウェーブレット変換を用いたSVCで符号化された動画像では、フレーム全体にエラーが伝搬する危険性があり、動画像の品質を大きく劣化させる場合がある。このような問題を解決するため、これまで2つの技術が提案されている。一方は誤り耐性と呼ばれ、余分な情報を付与することにより伝送エラーが生じた際の影響を低減するものである。もう一方の技術は、エラーコンシールメントと呼ばれ、受信した情報のみから動画像

の再構成を行うものである。

誤り耐性に関する従来手法では、チャンネルの独立性から考案されたデータパーティショニング (Data Partitioning) や低周波信号と高周波信号を分離して送る方式が提案されている。また、従来のエラーコンシールメント手法では、動画像の対象フレームのエラー部分に最も近い部分のデータを挿入する最近傍補間 (Nearest neighbor) やエラー部分の周辺データ平均を用いる双一次補間 (バイリニア補間, Bilinear) 方式を用いることで動画像の再構成を行う手法が存在する。しかしながら、これらの手法では非常に簡単な処理によって動画像の再構成が可能である反面、特に重要な画像特徴であるエッジ部において再構成の精度が不十分となる問題が存在する。したがって、この問題を解決するために、ウェーブレット変換により符号化された動画像のそれぞれのサブバンドの特性に基づいたエラーコンシールメント手法が種々提案されているが、それらの精度は十分ではない。

本論文では、3次元ウェーブレット動画像符号化における新たな誤り耐性手法及びエラーコンシールメント手法の提案を行う。本論文ではまず、3次元ウェーブレット動画像符号化において誤り耐性を実現するため、以下の2つの処理を導入する。最初に、ウェーブレット変換により得られた近接する係数を異なるグループに分けて伝送する Dispersive Grouping を用いることにより、動画像の情報が集中して消失することを防止する。さらに、動画像の再構成において最も重要な成分を異なるグループにおいて重複させて伝送する Duplicated lowest sub-band coefficients 法を用いることで、エラーコンシールメントのみでは再構成が困難となる問題の解決を行う。次に、エラーコンシールメントにおいて、二段階の再構成処理を導入する。まず、先の誤り耐性において伝送された Duplicated lowest sub-band coefficients を用いることにより、動画像の再構成において重要な要素を復元する。さらに、時空間におけるウェーブレット係数の相関に基づいた未知の係数の補間法を導入することで、最終的な再構成結果を得る。

本論文では、まず第2章でウェーブレット動画像符号化のための従来のエラーコンシールメント手法について説明を行い、それらの手法の問題点を示す。さらに、本論文で解決すべき課題について明確にする。次に、第3章では無線通信において誤り耐性を有する新たな3次元ウェーブレット動画像符号化手法を提案し、その有効性を評価する。さらに第4章では、第3章で提案された手法に基づいたエラーコンシールメント手法として、二段階エラーコンシールメント法を提案する。さらに、第5章では動画像のワイヤレスネットワーク転送に適合したシステムやチャンネルについての定義を行い、無線環境下で提案手法の有効性を実験により確認する。最後に、第6章では、本研究の成果について要約し、論文全体のまとめとする。

以上を要約すると、本研究では無線動画像通信における3次元ウェーブレット動画像符号化の時空間特性を利用した誤り耐性手法とエラーコンシールメント法を提案している。また、動画像伝送においてパケットロスにより発生する問題点を調査し、提案手法が高い精度でそれらの再構成を可能としていることを検証している。本研究を通じて、情報メディア工学・通信工学への大きな貢献をしたので、著者は、北海道大学博士 (情報科学) の学位を授与される資格があるものと認める。