HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	A Study on High Reliable Wireless Video Transmission Scheme [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	田中, 宏和
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(情報科学)
Dissertation Number	甲第11974号
Issue Date	2015-09-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/59962
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Hirokazu_Tanaka_review.pdf, 審査の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称　博士 (情報科学)　氏名　田中　宏和

審査担当者　主　査　教　授　長谷山 美紀
副　査　教　授　山本 強
副　査　教　授　荒木 健治
副　査　教　授　坂本 雄児

学位論文題名

A Study on High Reliable Wireless Video Transmission Scheme
（無線ビデオ伝送方式における高信頼化に関する研究）

本研究は, 無線システムでビデオ (動画像) を伝送する際, 伝送路誤り等によって生じる復号画像の劣化や消失を削減するための対策技術について研究した成果をまとめたものである.

近年, ディジタル放送の普及やインターネットによる番組配信だけでなく, 携帯端末向けのビデオ・マルチメディアサービスや携帯電話やスマートフォンのカメラによって撮影された動画像の交換等, 動画像コンテンツが急増している.

これまで動画像符号化は主として放送や映画等の蓄積メディア向けの用途が多かった. 従って, 動画像符号化方式も高精細の動画像を伝送するために符号化効率を向上させることを目的として新しい符号化方式の研究, 国際標準化が行われてきた.MPEG-2 から MPEG-4,H.264,H.265 へと, 新しい動画像符号化方式を標準化するに従って, 前の方式よりも符号化効率を大幅に向上させることを目標に技術開発が進められてきた.

一方で, 最近はスマートフォンやモバイルパソコンなどの普及に伴い, 放送番組や映画だけでなく, 身近に動画像の伝送を行う機会が増えている. これらの背景にはスマートフォンやモバイルパソコンなどの普及で簡単に動画像を撮影し伝送する手段ができたこと, これまでは専用の動画像処理 LSI が無ければ符号化・復号処理ができなかったが, 最近では LSI 技術の発達によって, プロセッサの処理能力が向上し, ソフトウェアによる動画像の符号化・復号処理が可能となったことなどが挙げられる. このような状況の中, 無線ビデオ伝送の新たな用途として, 危険サイトや災害現場の監視や状況把握など安全・安心の分野や, 見守りや介護など医療ヘルスケアの分野への広がりが注目されている. これらの用途では,Mobile Ad-hoc Network(MANET) などの無線システムによって構築されることも多く, 動画像符号化に対する要求も放送や映画のような高符号化効率への関心だけでなく, 無線伝送誤りによる動画像の劣化や消失などへの対策も重要な課題となっている. すなわち, 従来の高品質のビデオ伝送に加えて, 高信頼のビデオ伝送の実現が求められる.

そこで, 本研究では高信頼の動画像伝送を実現するための手段として, 動画像のエラーコンシールメント方式と無線伝送方式の 2 つの視点から対策技術を提案する. まずエラーコンシールメント方式として,3 次元ウェーブレット変換による誤り耐性動画像符号化方式をベースにした時空間方向のエラーコンシールメント方式を提案する. 動画像符号化器では 3 次元ウェーブレット変換後の各フレーム内における隣接画素の画素値はお互い相関性が高いことに着目し, 送信の際に隣接する画素を異なるグループにグループ分けすることで, できるだけ均等な画素値をもつ複数のグループに分割する. このグループ分割を Dispersive Grouping(DG) と呼ぶ. 次に, 分割された各グループに対して, 最も低い周波数成分領域の画素を所定の他のグループにも複製して配置し, それぞれのグループを時系列に順番に送信する. このように DG による各グループを時系列に送信することで, 伝送中に生じたバースト誤りによって一部のグループが伝送路上で欠落しても, 他のグループが正しく受

信されれば, 画質は劣化するもののそれらのグループのみで画像を再生することができる. 更に, 復号画像の画質に最も影響を与える最も低い周波数成分領域の画素は, 他のグループにもお互い複製されて伝送されるため, 一部のグループが欠落しても, 他のグループが受信できれば復号できる可能性が高まる. これまでの研究ではこの誤り耐性動画像符号化方式によって符号化された動画像系列を, 受信機側で空間方向 (フレーム内) のエラーコンシールメントを行い, その有効性を確認した. 本研究では, 更に時間方向のエラーコンシールメントを行うことで, 劣化領域・消失領域をより高精度に復元できる手法を提案しその有効性を確認する.

次に, 無線伝送方式の高信頼化技術として, ①対フェージング対策, ②効率的な誤り訂正方式, ③伝送効率向上の 3 つの観点から検討を行う. まず, 対フェージング対策に有効な広帯域無線通信の 1 つである, マルチキャリア直接拡散 CDMA(MC-DS-CDMA) 方式について検討を行う. 本研究では陪直交符号による拡散変調を行うことで, 拡散符号と情報信号の両方で情報伝送することが可能な MC-DS-CDMA 方式の誤り訂正方式として, 周波数方向に Reed-Solomon(RS) 符号化を行うことで, 全サブキャリアの陪直交符号の符号選択誤りを 1 つの RS 符号で効率よく低減する方式を提案する. 更に受信機側で RS 符号の復号結果を相関復調装置にフィードバックすることで, 情報信号のビット誤り率も合わせて低減できることを明らかにする. そして情報信号の伝送に多値変調を適用することで, 更なる伝送効率の向上について検討する. 多値化に当たっては, 誤り訂正符号化による冗長成分を信号点多値数の増大に転換するのではなく帯域の拡大に割り当てるトレリス符号化変調方式である Generalized Symbol Rate Increased- Trellis Coded Modulation(GSRI-TCM) による適応変調方式を採用することで, より伝送路効率の向上を図る.

本論文では, まず第 2 章で 3 次元ウェーブレット変換による誤り耐性動画像符号化方式と空間方向のエラーコンシールメントによる, 従来方式について説明を行う. そして, 時空間方向のエラーコンシールメント法を提案し, 具体的なコンシールメント手法について説明する. また, シミュレーションによる特性評価を行い, 従来方式と提案方式の比較検討を行う. 第 3 章では, 陪直交符号を適用した MC-DS-CDMA 方式の全サブキャリアの符号選択信号を 1 つの RS 符号で符号化する手法を提案し, 具体的な構成について説明する. 加法性ガウス雑音 (AWGN) 通信路上での陪直交符号の符号選択誤り率, 情報信号のビット誤り率及び全体のビット誤り率を理論式によって導出し, シミュレーション結果と一致していることを確認する. 更に受信機側で RS 符号の復号結果を相関復調装置にフィードバックすることで, 情報信号のビット誤り率も合わせて低減できることを理論式とシミュレーションによって示す. 等利得 2 波モデルフェージング通信路における特性をシミュレーションにより評価検討を行い, 提案方式の有効性を確認する. 第 4 章では情報信号の伝送効率 (周波数利用効率) を向上させるため,GSRI-TCM による適応変調方式を用いたシステム構成について説明する. そして, 等利得 2 波モデルフェージング通信路におけるビット誤り率特性, スループット特性の評価を行い, 通常の TCM 方式を採用した場合に比べ, 伝送効率が向上することを確認する. 第 5 章に本研究の成果について要約し, 論文全体のまとめとする.

これを要するに, 著者は, 高信頼な無線ビデオ伝送方式を実現することを目的に,3 次元ウェーブレット変換による誤り耐性符号化方式に基づく, 時空間方向のエラーコンシールメント方式及び陪直交符号を適用した MC-DS-CDMA 方式を提案し, 理論式やシミュレーションにより, その有効性を示しており, 本研究を通じて, 情報科学分野の発展に貢献するところ大なるものがある. よって著者は, 北海道大学博士 (情報科学) の学位を授与される資格あるものと認める.