

氏 名	ま と ば な お と 的 場 直 人
学位(専攻分野)	博 士 (情 報 学)
学 位 記 番 号	論 情 博 第 34 号
学位授与の日付	平 成 14 年 3 月 25 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	Study of Image and Video Transmission over Mobile Communication Channel (移動通信における静止画像及びビデオ伝送に関する研究)

論文調査委員 (主 査)
教 授 吉 田 進 教 授 松 山 隆 司 教 授 佐 藤 亨

論 文 内 容 の 要 旨

携帯電話に代表される移動通信技術の進展に伴い、音声やデータのみならず画像情報を伝送したいという要求が高まりつつある。しかしながら、マルチパスフェージングに伴うバースト的な誤りが発生する移動通信路を介して、高密度に圧縮された画像情報の伝送を行おうとすると、わずかな伝送誤りでも致命的な劣化を引き起こす可能性がある。そのため、いかなる伝送誤りに対してもその影響を極力低減可能な誤り制御技術が不可欠である。本論文では、移動通信路における高品質な静止画像およびビデオ伝送の実現を狙いとして、特に情報源 - 通信路統合符号化技術、ARQ (自動再送要求) 誤り制御を用いた場合のビデオ符号化レート制御技術、ビデオ品質の劣化を最小限にする伝送方式の提案、性能評価について述べており、全8章から構成されている。

第1章は序論であり、本研究の背景、目的、主要成果、本論文の構成について述べている。

第2章および第3章では、移動通信を用いた静止画像伝送において、伝送誤りによる画質劣化の改善法を提案している。

第2章では速度 - ひずみ (Rate-Distortion) 理論に基づいた、移動通信路の伝送レートと誤り率に対して最適な情報源 - 通信路統合符号化レート割り当て方式を提案している。これまで不均等通信路符号化レート割り当てについては検討されていたが、実際の静止画像への割り当てアルゴリズムは提案されておらず、また圧縮率が高く実用的な可変長符号化を用いた場合への適用についても検討されていなかった。そこで新たに可変長符号化に適用可能なアルゴリズムを提案し、計算機シミュレーションにより有効性を確認した。

第3章では ARQ を用いる場合の効率的な誤り検出法を提案している。従来は受信側で誤り検出符号により伝送誤りを検出し再送要求を行っていたが、画質劣化の度合とは無関係に伝送誤りを検出しているために非効率的であった。そこで画像の冗長性と付加情報を用いた誤り検出方式を提案している。本方式により、より少ない冗長度で誤り検出を行うことが可能となり、復号側での画質劣化を抑制しつつスループットの向上を図ることが可能であることを明らかにした。

第4章から第7章では、移動通信路におけるビデオ伝送に関して問題となる遅延時間の低減技術を提案している。

第4章では、ビデオ伝送に ARQ, FEC (誤り訂正符号)、ハイブリッド ARQ 方式を用いた場合の特性評価を行っている。ARQ を用いる場合は再送制御、FEC ではインターリーブのバッファリングに起因する遅延の増大が問題となる。従来はこの遅延を考慮にいれた特性評価は行われていなかった。そこで通信路としてレイリー、ライスフェージング通信路を仮定し、様々な誤り制御を用いた場合の画質劣化と遅延時間との関係を計算機シミュレーションにより定量的に評価した。

第5章では、ARQ を用いた場合を仮定し、遅延の増大に対処するための、遅延を低減する ARQ 方式と再送要求信号に基づいた符号化レート制御法を提案している。最適パラメータ決定のために主観評価を用いている。さらに様々な通信路モデルを想定した場合の遅延を含めた品質評価を行い、提案方式の有効性を確認した。

第6章では、第5章で提案した方式の有効性を確認するために、双方向ビデオ伝送システム試作機を用いた性能評価について述べている。本試作機を PHS 通信路シミュレータに接続した屋内実験系を構成し、主観評価を実施した。これにより提案方式を用いた場合では伝送誤りが 3×10^{-3} 程度のレイリーフェージング通信路においても伝送誤りが0の場合とほぼ

同様の主観評価値が得られることを明らかにした。

第7章では、品質劣化を許容することにより、さらに遅延の低減が可能となる方式を提案している。ビデオ伝送における伝送誤りの大規模な劣化は、ビデオフレーム内でブロック同期が外れるフレーム内誤り伝搬と、前フレームとの差分を符号化していることによるフレーム間誤り伝搬に分類される。ここではARQを用い、上記の誤り伝搬を防止しつつ、受信側で再送されるARQフレームの到着を待たずに遅延なく復号化するアルゴリズムを提案し、計算機シミュレーションにより有効性を確認した。

第8章は結論であり、本論文で得られた主要な成果について要約している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、誤りが発生しやすい移動通信路を介して高品質な静止画像およびビデオ伝送を実現することを目的として行われた情報源、通信路符号化技術、誤り制御技術に関する研究成果をまとめたものであり、得られた主な研究成果は次の通りである。

- (1) 速度-ひずみ(Rate-Distortion)理論に基づき、静止画像符号化に可変長符号化を用いた場合に符号化レート割り当てが最適となるアルゴリズムを提案した。静止画像符号化にJPEG、誤り訂正符号にパंकチャド畳み込み符号を用いた場合の特性評価により提案方式の有効性を明らかにした。
- (2) 静止画像伝送における自然画像の冗長度を利用した誤り検出方式と、付加情報を用いた誤り検出方式を提案した。これらの組み合わせにより、従来の誤り検出符号より低い冗長度で誤り検出が可能となり、さらに復号側での画質劣化を抑制しつつスループットの向上が図れることを明らかにした。
- (3) ビデオ伝送に関して、FEC、ARQなどの誤り制御方式を用いた特性を明らかにした。画質評価のパラメータとして遅延時間を評価尺度として加えた。通信路としてレイリー、ライスフェージング通信路を仮定した場合の性能評価により、各種誤り制御方式の適用範囲を明らかにした。
- (4) ビデオ伝送に関してARQの再送制御による遅延の増大に対処するため、遅延を低減するARQプロトコル、再送要求信号に基づいた符号化レート制御方式を提案した。また試作装置を用いた屋内実験系により主観評価を実施し、提案方式の優れた特性を明らかにした。
- (5) ビデオ伝送に関して、画質劣化を許容しつつ再送による遅延を防止するために、受信側でARQフレームの再送を待たずに復号化するアルゴリズムを提案した。その結果、受信側において致命的な画質劣化となるフレーム内、フレーム間誤り伝搬を防止しつつ、再送制御による遅延の低減が可能となった。

以上要するに本論文は、移動通信における高品質静止画像およびビデオ伝送の実現に不可欠な情報源、通信路符号化技術、誤り制御技術を提案するとともに、その有用性ならびに優れた特性を明らかにしたものであり、学術上、實際上寄与するところが少なくない。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14年2月7日に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。