部分領域画質制御を用いた遠隔映像モニタリングシステム

A Remote Video Monitoring System Using Partial Area Picture Quality Control

正会員 矢萩 幸一[†], 正会員 福田 真史[†], 正会員 宮地 悟史^{††},
正会員 春日 正男[†], 正会員 山本 英雄[†]

Koichi Yahagi[†], Masashi Fukuda[†], Satoshi Miyaji^{††}, Masao Kasuga[†] and Hideo Yamamoto[†]

あらまし 介護支援などへの適用を目的とする遠隔映像モニタリングシステムにおいて、受信画像の指定される部分領域を選択的にズームアップあるいは、より高品質に符号化伝送する機能の実現について報告する。

キーワード: 遠隔介護, 部分領域画質制御, デジタルズーム, 映像モニタリングシステム,

1. ま え が き

高齢者や障害者の遠隔介護支援への適用を目的として、モニタ画像の特定領域を選択的により高品質な画像として伝送表示できる遠隔映像モニタリングシステムについて報告する。本システムは、KDDI 研究所で開発されたテレビ電話用 APC 符号化伝送方式¹⁾ (動き補償-DCT ハイブリット符号化方式にデータ発生量制御のための高度の前処理を行うことを特徴とする) を基本として、ユーザが注目する領域に対する“部分領域画質制御”機能を新たに付加している。この部分領域画質制御は、注目領域における量子化精度の制御、ならびに解像度決定のためのデジタルズームを行うことを特徴とする。さらに本システムでは、注目領域としてモニタ映像における被介護者が映っている領域を想定し、この注目領域を動ベクトル情報ならびに肌色情報を用いて、自動的に検出することを中心とする。

これまでに、画像情報に基づいたズームパラメータを制御する研究として、例えば、画素値などの特徴ベクトルをロバスト統計処理して抽出されるはずれ値に注目して、適切なズームパラメータを決定するような研究²⁾が行われている。これらに対し、本稿では自動で検出された映像中の人物領域に対して、効果的なビットレートの割り振りによる最適画質制御、およびレート制御の一部としてのディ

ジタルズーム制御を組合せたシステムの実現を目的としている。

本稿では、この部分領域画質制御の実現方法に焦点を当て、構築したモデルシステムの構成と機能を紹介し、実験によりその有効性を示す。

2. 遠隔映像モニタリングシステム

2.1 システムの構成と機能

本システムは、APC 方式によるテレビ電話システムに対して、以下に述べる

- ・部分領域画質制御
- ・自動人物領域検出

を組合せることにより、注目領域をより高品質に符号化伝送する機能を実現する。

対象とするシステムの概念的な構成を図 1 に示す。図 1 に示す通り、高齢者側とその通信相手先となる医者、家族といったモニタ側との一対一通信を基本とする。高齢者側は、モニタ対象の映像を取得する CCD カメラ、取得映像の処理ならびに映像の送受信を行う PC、および ISDN などの通信インタフェースから構成される。また、モニタ対象側は高齢者側との映像送受信を行うための PC、モニタおよび通信インタフェースから構成される。

2.2 部分領域画質制御

(1) フレームメモリ解像度制御

フレームメモリ解像度制御とは、送信側のフレームメモリ上に符号化する解像度よりも高い解像度 (例えば、640 × 480, 1280 × 960 など) のものをすべてキャプチャしておき、注目部分の大きさに応じてこのフレームメモリからの部分切り出しを行った後に、符号化伝送を行うものである。これにより指定した部分画像の鮮明な拡大映像を得ることができる。本システムでは、注目部分の切り出しは

2002 年 6 月 5 日受付, 2003 年 8 月 29 日最終受付, 2003 年 9 月 16 日採録

[†]宇都宮大学大学院 工学研究科

(〒321-8585 宇都宮市陽東 7-1-2, TEL 028-689-6005)

^{††}(株) KDDI 研究所

(〒356-8502 上福岡市大原 2-1-15, TEL 049-278-7450)

[†]Faculty of Engineering, Utsunomiya University

(7-1-2, Yoto, Utsunomiya-shi, Tochigi 321-8585, Japan)

^{††}KDDI Laboratories

(2-1-15, Ohohara, Kamifukuoka-shi, Saitama 356-8502, Japan)

図1 遠隔映像モニタリングシステム
A remote video monitoring system.

図2 フレームメモリー解像度制御
Resolution control of frame memory.

フレーム毎に行うが、切り出された範囲内に、後述の手法により検出される人物領域が存在する場合、同一範囲の切り出しが継続して行われる。そして、注目領域内に人物領域が検出されなくなった場合は、再度フレームメモリー全体から人物領域の検出を行い、それを含む部分を注目領域として切り出すこととする。このように、切り出し領域に人物領域が存在しつづける限り、切り出し位置の変更を行わないよう、符号化時のフレーム間予測効率低下に与える影響を最小限としている。

このフレームメモリー解像度制御の操作を図2に示す。なお、後述の実験システムでは入手可能なキャプチャボードの特性により 640×480 の解像度を用いている。

(2) 部分画像の高精度量子化

映像中の注目部分の符号化情報量を増やし、それ以外の部分の符号化情報量を減らすように、量子化パラメータ (MPEG でいうところの MQ 値) の制御を行う。以上の操作により、通常の符号化情報量に比べ、全体の符号化情報量を増やすことなく、部分画像の高精細映像を実現する。APC では符号化後のバッファ量を監視し、それによって以降の量子化パラメータの制御を行っている。通常の APC では、この量子化パラメータをフレーム全体に対し均一に制御しているのに対し、部分画像の高精度量子化を行う場合

図3 部分画像高精度量子化
precision quantization of partial picture.

には高精度量子化部分とその他の部分に異なる画質のプライオリティの差を与え、それに基づいた量子化パラメータの制御を行う。

具体的には、レート制御の結果算出される量子化パラメータに関して、通常の符号化処理では算出された値をそのまま使用するのに対し、本システムでは、高精度量子化を行う注目領域に対しては、得られた量子化パラメータを事前に設定した係数により減少補正した後適用し、それ以外の非注目領域においては、レート制御により、先に優先的に消費されたビット数の分だけ、この領域のビット割当てが減らされることとなり、トータルのビットレートを一定に保つような制御を行っている。注目領域の画質優先度の係数は、事前に設定した固定値とし、例えば、0.6 といった値を用いた場合は、算出された量子化パラメータ 5 に対して、3 が適用されることとなる。この部分画像の高精度量子化の操作を図3に示す。

2.3 映像中の人物領域検出

人物領域検出は、色および動きの検出を組合せることによって実現する。撮影している映像に対して、色情報の検出と動き情報の検出を独自に行う。映像中の動きの検出された領域内に色情報の検出結果が含まれていた場合、その動き検出領域を人物領域検出結果として出力する。この二つの検出情報を用いることによって、背景に人物の肌色と似た色があるような場合、もしくは背景に人物以外の動く物体があるような場合の誤検出を防ぐことができる。なお、完全に静止した状態の人物領域は検出されず、誤検出となることはないが、動いていた人物が病気によって倒れたりした場合を想定して、一度人物領域として検出した後に静止した場合には、その静止領域に対して人物領域であるという判定を続けるよう処理される。以下に色情報検出手法と動き情報検出手法について説明する。

(1) 色による人物領域検出

色による人物領域検出は、まず検出したい色範囲を決定する。人物検出の場合には、一般には肌色を用いるがカメラの特性の違いや照明、人間の個人差により事前に肌色の

色範囲を決定しておくことは困難なので、本システムでは、システム設置後に画像フレームを一枚だけ取得し、この中から検出したい物体を手動で選択し、その領域に含まれる色情報を検出のための色範囲とする。

その後、運用時には1フレームごとに画像全体から先ほど指定した色範囲のデータを持つものを検出し、一定以上（例えば、10[pixel] など）の範囲で固まった検出された部分を一つの領域、すなわち人物領域として検出する。このとき、色データは、 Luv^6 に色相変換を行っている。

(2) 動きによる人物領域検出

動きによる人物位置検出では、動画画像符号化時に検出される動きベクトルを流用することで、映像中の人物の位置検出を行っている。大きな動きベクトルがある一定以上（例えば、マクロブロック3×1サイズなど）の範囲で固まって検出された部分を一つの領域として検出を行う。

2.4 部分領域画質の適応制御

本システムでは、フレームメモリ解像度制御および部分画像の高精度量子化を適応的に組合せることにより、部分領域の画質をできる限り高品質に保つよう制御を行っている。部分画像の高精度量子化機能単独では、目標とする伝送ビットレートに対して符号化情報量が大きくなってしまった場合に、レート制御により、フレーム全体の符号化情報量を減らすよう制御が行われるため、注目領域に対しても、粗い量子化が行われることとなる。このため、非注目領域のみならず、高品質に伝送したい注目領域に対しても、品質の劣化を招くこととなる。そこで、部分領域画質制御に加えて、フレームメモリ解像度制御を適応的に組合せることにより、高品質に伝送したい注目領域の映像全体に占める割合を変化させることで、注目領域の符号化雑音を増加させることなく、目標とする伝送ビットレートに合った符号化情報量を送出する。

具体的には、まず、前述した部分領域画質制御により注目領域を高画質で符号化するように量子化パラメータを制御する。その後、符号化中のバッファ量をチェックし、目標ビットレートに対して余裕がない場合には、フレームメモリ解像度制御によって映像をズームアウトさせる。これにより、映像中に占める注目領域の割合を縮小させ、高品質な映像を提供する量子化パラメータを適用する領域の縮小を図るだけでなく、画面全体に対する動物体の相対的な動き量が減少するため、圧縮符号化におけるフレーム間予測効率が向上し、発生する符号化情報量を減らすことが可能となる。目標ビットレートを超過してしまった符号化情報量とそれにあわせてズームアウトする割合の関係は、あらかじめ調査した結果に基づいて制御されている。

一方、目標ビットレートに対して符号化情報量に余裕がある場合は、フレーム解像度制御を注目領域にズームインするよう制御する。

これらの制御によって注目領域をできる限り高品質に、か

図4 部分領域画質制御
Partial areas picture quality control.

図5 実験システム
Experimental system.

つ目標ビットレートに対し無駄のない映像情報を受信側に提供することができる。この部分領域画質制御の制御を図4に示す。

3. 遠隔映像モニタリングシステム実験

3.1 実験システム

高齢者の独居生活を想定し、図5に示すシステムで実験を行った。高齢者をモニタリングするCCDカメラ1台と高齢者の映像情報を符号化、その情報により位置検出を行うPC、送信されてきた符号化データを復号化し、映像モニタリングを行う遠隔地にあるPCによって構成する。ISDN回線で、音声データと映像を併せて64kbpsで伝送することを想定し、今回は映像の伝送レートとして48.8kbpsを用いた。キャプチャする画像サイズは、640×480と320×240の二つであり、1辺に対し2倍のズーム率でフレームメモリ解像度制御を行う。PCのディスプレイ上に表示される映像の解像度は320×240画素であり、ズーム機能などによって変更されることはない。

3.2 映像中の人物領域検出結果

図6に色と動きを組合せた人物領域検出結果を示す。四角で囲まれている部分が人物領域として検出された結果である。人物領域検出に色および動きによる検出を組合せることによって、背景に肌色に近い色がある場合に、それら

図 6 色および動きを組合せた人物領域検出結果
Results of human area detection by color and movement.

図 7 部分領域画質制御なし映像の結果
Picture without partial-area picture quality control.

図 8 部分領域画質制御あり映像の結果
Picture with partial areas picture quality control.

の領域も検出してしまうといった誤検出、および背景に動物体の映し出されているテレビ画面などがある場合に、その動き検出を人物領域として誤検出してしまうことをそれぞれを取り除くことができ、精度の高い人物領域検出を行うことができた。

3.3 部分領域画質制御の画質評価結果

図 7 に部分領域画質制御を行わない受信画像を示す。図 8 に部分領域画質制御を行った映像の結果を示す。図 7 と図 8 は人物が倒れた直後を想定したものである。動画像全体としては、人物が直立した状態から倒れるまでの動きを撮影したものである。図 8 において四角で囲まれている部分が、人物として検出された領域である。図 7 に比べ、図 8 の方が映像受信側が指定した注目領域の高品質映像を得ることができる結果となった。なお、この部分領域画質制御の効果は符号化画像の SNR の比較実験によっても確認されている⁷⁾。またこの効果は、画面中の動きが大きい場合により顕著である。これは、画面中に動きがあまり存在しない場合には、動き補償が有効に作用するためフレーム間差分情報が小さくなり、割り当て量子化ビット数の差による画質の差が出にくく、これに対し、画面中の動きが大きい場合には、フレーム間差分情報の割当てビット数の違いにより画質に差が出たものと思われる。

4. む す び

本稿では、遠隔介護支援などへの利用を目的として、遠隔地から送られてくるモニタ映像中から

(1) 設定した部分領域をより高精細画像として符号化伝送する機能(部分領域画質制御)、

(2) 映像中の人物領域(モニタされる被介護者)を自動的に検出する機能、

を備えた新しい高機能の遠隔映像モニタリングシステムの実現について検討し、実際にモデルシステムを構築した。そのモデルシステムによるモニタ実験を行い、画質の主観評価、SNR による客観評価から、このシステムの有効性を示した。

なお本稿は、部分領域画質制御による遠隔映像モニタリングシステムについてのこれまでの報告³⁾⁴⁾⁵⁾に基づいてとりまとめたものである。

最後に、本研究について日頃ご支援いただいている(株)KDDI 研究所浅見所長、松本取締役、ならびに和田執行役員に感謝申し上げる。また、実験資料のとりまとめ等に格別の援助を頂いた阿部健治氏に感謝する。なお、本研究の一部は電気通信普及財団の援助によるものである。

【文 献】

- 1) 宮地, 松本: “統合的時空間制御による超低ビットレート動画像符号化方式”, 映像学誌, 51, 10, pp.1706-1714(1997)
- 2) 戸田, 川嶋, 青木: “画像情報分布に基づく視覚ズームの適応制御”, 通信学論, J81-D-2, pp.84-92(1998)
- 3) 矢萩, 宮地, 長谷川, 春日, 山本: “可変解像度符号化を用いた遠隔映像モニタリング方式の検討”, 映像学技報, 25, 21, pp.19-24 (2001)
- 4) 矢萩, 宮地, 長谷川, 春日, 山本: “部分画質制御による遠隔映像モニタリング方式の検討”, 2001 年映像学年次大, 5-10 (2001)
- 5) 矢萩, 宮地, 春日, 山本: “部分領域画質制御を用いた遠隔映像モニタリングシステム”, 信学技報, MVE2001-118 (2002)
- 6) 大田 著: “色再現工学の基礎”, コロナ社 (2000)
- 7) 矢萩: “部分領域画質制御を用いた遠隔映像モニタリングシステム”, 宇都宮大学修士論文, § 5.3 pp.24-28 (2002-03)

やはぎ こういち
矢萩 幸一 2000 年、宇都宮大学工学部卒業。2002 年、同大学院修士修了。主として遠隔映像モニタリングシステムに関する研究に従事。現在、(株) 本田技術研究所朝霞研究所勤務。正会員。

ふくだ まさし
福田 真史 2000 年、宇都宮大学工学部卒業。2003 年、同大学院修士修了。主として遠隔映像モニタリングシステムに関する研究に従事。現在、NEC ソフトウェア事業ライン、システムソフトウェア事業本部勤務。正会員。

みやじ さとし
宮地 悟史 1993 年、早稲田大学理工学部卒業。1995 年、同大学院修士課程修了。同年、KDD 入社。以来、同研究所にてテレビ信号の高効率符号化に関する研究開発に従事。現在、(株)KDDI 研究所画像通信グループ研究主査。正会員。

かすが まさお
春日 正男 1971 年、名古屋大学大学院修士課程修了。同年、日本ビクター (株) 入社、総合技術研究所に勤務。1988 年、(株) リコー入社、中央研究所に勤務。1995 年、宇都宮大学工学部教授、情報工学科に勤務。工学博士。デジタル信号処理、感性情報処理および、それらの福祉、医学への応用に関する研究に関心を持つ。正会員。

やまもと ひでお
山本 英雄 1963 年、京都大学工学部卒業。1965 年同大学修士課程修了。同年 KDD 入社、研究所勤務。画像通信の研究開発に従事。1992 年以降 KDD アメリカ社、KDD コミュニケーション社を経て、2000 年 4 月より、宇都宮大学情報工学科教授。工学博士。正会員。