

無線伝送路におけるユーザの注視点を考慮したハイブリッド映像伝送に関する基礎検討

水谷 繁門† 藤橋 卓也‡

遠藤 慶一‡ 小林 真也‡

†愛媛大学工学部情報工学科

‡愛媛大学大学院理工学研究科

1 はじめに

近年、スマートフォンなどの無線端末の普及とともに、無線端末上での映像視聴に対する需要が高まってきている。その中で、ユーザの注視点を考慮したデジタル映像圧縮を用いた映像伝送手法が提案されている。一方で、デジタル映像符号化を利用した無線映像伝送では、無線伝送路の品質が低いとき、伝送途中に発生するビット誤りなどによって、映像品質が急激に劣化する。また、無線伝送路の品質が高いときは、量子化による劣化が要因となって映像品質が頭打ちになってしまう。これらの問題を解決するためにユーザの注視点を考慮したニアアナログ映像伝送として FoveaCast[1] が提案されている。

FoveaCast では、離散ウェーブレット変換 (Discrete Wavelet Transform: DWT) を用いて映像信号の周波数成分を取得する。その後、ニアアナログ変調を用いて得られた周波数成分をそのまま送信信号とみなして伝送するため、伝送路品質の低下にともなう映像品質の急激な劣化を抑えることができる。また、映像視聴において多くのユーザが注視する部分に多くの送信電力を割り当てることによって、視聴者の知覚品質を向上させる。しかし、ニアアナログ変調を利用する FoveaCast では、周波数成分内の最大値と最小値の差が大きくなるにしたがって、映像品質が劣化してしまう。

デジタル映像符号化やニアアナログ変調を用いた映像伝送における問題を解決するために、本研究では、デジタル映像符号化と FoveaCast を組み合わせたハイブリッド映像伝送手法を提案することで、再生停止回数の減少や映像品質の劣化を抑えることのできる、ユーザの注視点を考慮した無線映像伝送を実現する。

2 既存研究

2.1 FoveaCast

FoveaCast では、ある画像において視聴者がどの部分に注目しやすいかを考慮し、注視点周辺の品質を改善する。まず、FoveaCast では各ビデオフレームを離散ウェーブレット変換を用いて周波数成分に変換する。離散ウェーブレット変換では、低周波成分を持つ LL 成分、縦のエッジを持つ LH 成分、横のエッジを持つ HL 成分、斜めのエッジを持つ HH 成分の 4 種類の周波数成分を得るこ

とができる。次に、与えられたユーザの注視点に基づいて、その注視点から離れていく程画質が低下することを示すエラー感度 S_f と各周波数成分におけるエラー感度 S_ω を取得した後、得られた S_f および S_ω からエラー感度 S を取得する。このとき、 S に応じて映像信号に送信電力を割り当てる。このとき S_f, S_ω, S は以下の式で計算される。

$$S_f(v, f, x) = \begin{cases} \exp(-0.0461f \cdot e(v, x)) & f \leq f_m \text{ のとき} \\ 0 & f > f_m \text{ のとき} \end{cases} \quad (1)$$

$$S_\omega(\delta, \theta) = \frac{A_{\delta, \theta}}{a \cdot 10^{k[\log r - \log(2^\delta g_\theta f_\theta)]^2}} \quad (2)$$

$$S(v, x) = [S_\omega(\delta, \theta)]^{\beta_1} \cdot [S_f(v, r \cdot 2^{-\delta}, d_{\delta, \theta}(x))]^{\beta_2}, x \in B_{\delta, \theta} \quad (3)$$

S_f の式で用いられている変数は v を注視点からの距離、 f を空間周波数、 x を注視点から離れた座標、 $e(v, x)$ を注視点からのズレ、 f_m をカットオフ周波数としている。 S_ω の式では、 δ を DWT において映像を成分ごとに分解する回数、 θ を LL 成分, LH 成分, HL 成分, HH 成分のどれを選択しているか、 r をディスプレイの解像度としている。他の定数については、 $a = 0.495, k = 0.466, g_\theta = 1.501$ (LL 成分), 1.0 (LH, HL 成分), 0.534 (HH 成分), $f_\theta = 0.401$ とする。また、 $A_{\delta, \theta}$ は図 1 のとおりである。 S の式では d を注視点からの距離、 $B_{\delta, \theta}$ をウェーブレット係数位置の集合としている。

FoveaCast は、他のニアアナログ映像伝送と比べ、人間の知覚品質向上につながると示されている。しかし、映像信号を符号化せずに伝送するため、周波数成分の最大値と最小値の差にしたがって映像品質の劣化が起こる。

2.2 ハイブリッド映像伝送

ハイブリッド映像伝送 [2] は、デジタルエンコーダとアナログエンコーダで構成される。デジタルエンコーダでは、ひとまとまりのビデオフレームに対してデジタル映像符号化を用いてエンコードする。その後、エンコード後に得られるビット列に対して、チャンネル符号化およびデジタル変調を行う。一方、アナログエンコーダでは、デジタル映像符号化後に得られるビット列を一度復号して、デコード後のビデオフレームを取得し、エンコード前のビデオフレームとデコード後のビデオフレームの差

BASIS FUNCTION AMPLITUDES $A_{\delta, \theta}$ FOR A SIX-LEVEL LINEAR-PHASE 9/7 DWT

Orientation	Level					
	1	2	3	4	5	6
1	0.62171	0.34537	0.18004	0.091401	0.045943	0.023013
2	0.67234	0.41317	0.22727	0.11792	0.059758	0.030018
3	0.72709	0.49428	0.28688	0.15214	0.077727	0.039156
4	0.67234	0.41317	0.22727	0.11792	0.059758	0.030018

図 1 $A_{\delta, \theta}$ の値

A Discussion on Hybrid Wireless Video Transmission Considering User's Foveation Point

†S. Mizutani

Department of Computer Science, Faculty of Engineering, Ehime University

‡T. Fujihashi, K. Endo, S. Kobayashi

Graduate School of Science and Engineering, Ehime University

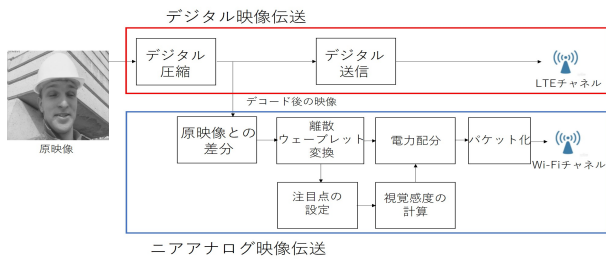


図2 エンコーダ

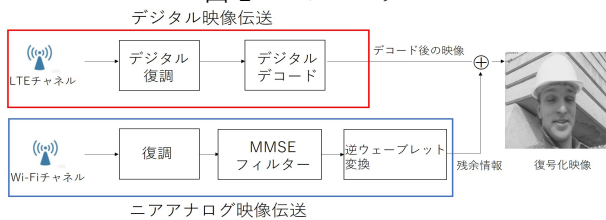


図3 デコーダ

分情報を取得する。取得した差分情報に対して離散コサイン変換を用いて、周波数成分を得る。そして、デジタルエンコーダやアナログエンコーダで得られた情報を送信し、デコーダ側で復号化処理をデジタルデコーダ、アナログデコーダで実行した後、各デコーダから得られた映像信号を足し合わせることで復号化映像を取得する。

この技術を活用することによって、デジタル符号化技術において起こるビット誤りによる問題を防ぐことができ、アナログにおいて起こる周波数成分の最大値と最小値の差による性能の低下を防ぐことができる。そのため、ハイブリッド映像伝送は、無線伝送路がある品質以上で保証されているとき、有用な配信手法である。

3 提案手法

図2および図3に提案手法におけるエンコーダおよびデコーダを示す。本研究ではデジタル映像符号化を用いた映像情報をLTE (Long Term Evolution) チャンネルを用いて多くのユーザに伝送する。また、ユーザがWi-Fiに接続可能であるときは、Wi-Fi チャンネルを介して残余情報をニアアナログ変調を用いて送信する。

3.1 エンコーダ

エンコーダの処理として、まずデジタルエンコーダを使用して一度元映像をエンコードする。次にエンコードした映像を一旦復号化し、復号化映像と元映像との差分を取得する。取得した差分に対して、FoveaCastと同様に、離散ウェーブレット変換や注視点に基づくエラー感度算出、送信電力割当、ニアアナログ変調を用いる。デジタルエンコーダでエンコードした映像情報はLTEチャンネルを介して送信する。そしてアナログエンコーダでエンコードした残余情報はWi-Fiチャンネルを介して送信する。

3.2 デコーダ

デコーダ側の処理の順として、まずデジタルデコーダではLTEチャンネルで送られてきた映像に対して、映像復号化を用いて映像情報を取得する。次にアナログデコー



図4 元映像(左)FoveaCast(中)提案手法(右)

ダでは、Wi-Fiチャンネルで送られてきたデータに対して、Minimum Mean Square Error (MMSE) フィルタを用いてデコードする。その後、Daubechies 9/7 フィルタに基づく逆ウェーブレット変換を用いて復号化残余情報を取得する。最後にデジタルデコーダで取得した映像に対して、アナログデコーダで取得した残余情報を足し合わせることによって、注視点を考慮した映像をデコードする。

4 評価

性能評価では、MATLAB を用いて実装した FoveaCast, 提案手法から得られた復号化映像を取得した。

図4に、映像情報として Foreman を利用した場合における FoveaCast および提案手法の復号化映像を示す。このとき、画像の中心を注視点として設定している。

FoveaCast では注視点は鮮明に表示されているのに対して、明らかに注視点周辺以外の映像品質が低下していることがわかる。一方で、提案手法では、注視点周辺は FoveaCast 同様に鮮明に表示されている。また、注視点周辺以外の映像情報に関しては品質は劣化しているが、FoveaCast ほど大きく劣化することを抑えることができる。

5 おわりに

本研究では、ユーザの注視点を考慮したハイブリッド映像伝送を構築した。性能評価から、FoveaCast の問題点を克服でき、全体的な映像品質が高くなることが分かった。

今後の課題として、ユーザの体感品質や伝送に要するトラフィックを指標として提案手法の有効性を評価する。

参考文献

[1] Jian Shen, Lei Yu, Li Li, and Houqiang Li, "Foveation Based Wireless Soft Image Delivery", IEEE Transactions on Multimedia, Vol. 20, No. 10, pp.2788 - 2800, Mar. 2018.

[2] 藤橋 卓也, 渡辺 尚, "無線伝送路を考慮した高品質映像伝送技術", 情報処理学会モバイルコンピューティングとパーベイシブシステム (MBL) 研究会, Vol.2016-MBL-80, No.18, pp. 1-7, Aug. 2016.