

## 顕著性マップを用いて無線帯域変動に適応する ライブビデオストリーミングシステム

††丸山 大貴 ††矢向 高弘

†慶應義塾大学

### 1 序論

近年携帯端末と無線ネットワークの急速な普及に基づき、LTE 網や 3G 網などの無線を用いたライブビデオストリーミングの需要が増えている。しかし無線環境でライブビデオストリーミングを行う場合、時間と場所により実効帯域が変動してしまうので、映像の遅れや欠損、品質劣化が起こってしまう。

この帯域変動に適応するための方法として、輻輳によるパケットロスと送信レートを制御する VTP[1] などが提案されているが、本論文では受信側のスループットをフィードバックし送信ビットレートを帯域変動に適応させるシステムを提案し、さらに送信ビットレートの調整方法として、顕著性マップを用いて人間の視覚的注目度が高い領域を重要視したデータ削減手法を提案する。

### 2 LTE 網の帯域変動

実際の無線ネットワークとして KDDI 社の LTE の帯域変動を測定した。ライブビデオストリーミングの使用用途として、室内に遠隔操作ロボットを侵入させ LTE を用いて映像を室外へ送信、室外から遠隔操作をすることを想定し実験を行った。測定した場所は学校内総距離 185m である。2.4m 毎に 75 サンプルの LTE のデータの送信ビットレートを測定した。

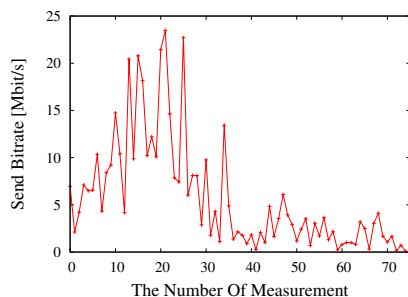


図 1: 学校内の LTE の送信ビットレート

図 1 では、LTE の帯域は最大で 23.8 Mbit/s、最低で 0.9 Mbit/s となっており、約 25 倍もの帯域変動が測定

された。これは 185m という距離の中でも送信ビットレートが時間と場所に依存していることの現れである。

### 3 提案手法

本章において本論文の提案手法を説明する。

#### 3.1 提案手法の基本設計

私が提案するライブビデオストリーミングシステムの概要を示す。

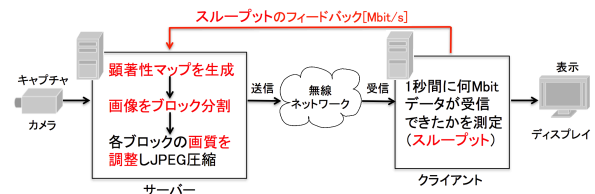


図 2: 受信側のスループットをフィードバックするライブビデオストリーミングシステム

このシステムは以下のような基本特徴を持っている。伝送遅延を抑える為に UDP を用いる。符号復号速度の速い JPEG 圧縮を用いる。1 枚のフレームを 25 個ブロックに分割してブロック毎に圧縮送信することで、フレーム全体での欠損を避ける。

#### 3.2 帯域変動への適応方法

本システムは通信プロトコルとして短い送信周期と低遅延を両立する UDP を用いる。ただし UDP はパケット欠損保証を行わないため、アプリケーション層において無線帯域変動に適応する機能として、クライアントのスループットのフィードバックを提案する。スループットとは、クライアント側の 1 秒間あたりの映像再生データ量のことを指し、1 秒間に何バイトの受信データが復号されたかを確認することで得ることができる。これをサーバ側にフィードバックすることで、受信側の状況に合わせて送信ビットレートを動的に制御する。

#### 3.3 送信ビットレートの制御方法

ライブビデオストリーミングでは、映像品質の劣化を許容しても決められたフレームレートを必ず守るという基本方針がある。ゆえに帯域が変動し送信ビットレートを下げる必要があるときは、映像のフレームレートを一定に保ちながら映像品質を意図的に劣化させデー

Live Video Streaming System adjusting Wireless Band Fructuation using Saliency Map  
††Taiki Maruyama ††Takahiro YAKOH  
†Keio University

タを削減させることで送信ビットレートを制御する．そこで映像品質の調整方法として，顕著性マップ[2]を用いて，フレーム内の視覚的注目度が高い領域を高画質に JPEG 圧縮する方法を提案する．

顕著性マップとは itti らによって提案され，画像中の色や輝度のコントラストの計算のみで視覚的注意を引く領域を抽出することができる．顕著性  $s$  は画素毎に算出され， $0 \leq s \leq 1$  の値を取り，図 4 では 1 に近づく程白く見え顕著性も高くなる．

提案手法では，この顕著性マップを元にフレーム全体のデータサイズを顕著性により 25 個に分割されたブロックに比例分配する．この比例分配は以下の式で表される．制約条件は送信されるフレームのデータサイズ  $D_{frame}[\text{Mbit}]$  であり，フィードバックされたスループット  $Th[\text{Mbit/s}]$  をフレームレート  $R = 30[\text{fps}]$  で割った値となる．この制約条件の元，各ブロックのデータサイズを顕著性の比例分配により調整する．

$$D_{block} = \frac{Th}{R} \cdot \frac{S_{block}}{S_{frame}} \quad (1)$$

ここで  $D_{block}$  は (1) 式によって求めたいブロック毎のデータサイズであり， $S_{frame}$  はフレーム全体の顕著性の合計値， $S_{block}$  はブロック毎の顕著性合計値である．

以上より求めた各ブロックの目標圧縮サイズ  $D_{block}$  に対して，JPEG 圧縮のデータサイズと画質の関係式を適用し目標画質を算出し JPEG 圧縮する．JPEG 圧縮のサイズと画質の関係式はランダムに撮影した画像 100 枚から最小二乗法で求めた．

以上により，提案手法では顕著性マップを用いて視覚的注目度が高いブロックを高画質に，注目度が低いブロックを低画質に JPEG 圧縮することで，重要な領域の画質を保ちながら送信ビットレートを制御し無線帯域変動に適応することができる．

## 4 実験と評価

表 1: 実験環境

|     |                          |
|-----|--------------------------|
| OS  | mac OS                   |
| CPU | 1.7GHz Intel Core i5     |
| 言語  | C++                      |
| カメラ | 720p Face Time HD Camera |
| 解像度 | 1280 × 720               |

提案手法を用いて 2 章で示した学校内の LTE の帯域変動への適応性を実験し評価した．本実験では，図 3 のキャプチャ画像を提案手法を用いて圧縮し，1 秒間同じ画像が送られたと仮定し圧縮後のデータサイズにフ

レームレート 30fps を掛け，LTE の送信ビットレートと比較した．



図 3: キャプチャ画像

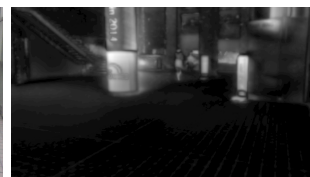


図 4: 顕著性マップ

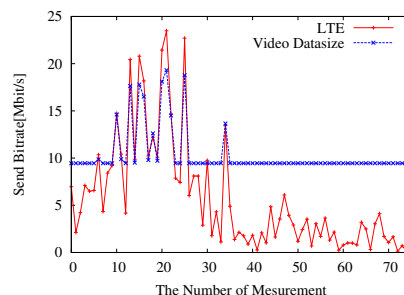


図 5: 画像 1 枚を LTE 帯域変動に合わせて提案手法で圧縮した結果

図 5 において，送信ビットレートが約 10[Mbit/s] 以上のとき，帯域の変動に適応できていることが分かる．しかし，10[Mbit/s] 以下のときは，全てのブロックを最低画質で圧縮してもデータサイズが大きすぎ適応できていないことが分かった．ゆえに今後の対策として画像の解像度を下げる機能等の実装を行い低帯域時にも適応可能にすることが必要である．

## 5 今後の課題

今後課題として，画像の解像度調整方法の実装が残っている．それができ次第，最適なフィードバック頻度の設計と処理遅延・通信遅延の評価に取り掛かる．

## 6 謝辞

本研究は JSPS 科研費 24300086 の助成を受けたものです．

## 参考文献

- [1] Mario Gerla Guang Yang and M.Y.Sanadidi. Adaptive video streaming in presence of wireless errors. *MMNS 2004 LNCS 3271*, pp. 26-38, December 2004.
- [2] L. Itti, C. Koch, and E. Niebur. A model of saliency-based visual attention for rapid scene analysis. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 20, No. 11, pp. 1254–1259, Nov 1998.