

H.264 映像配信の品質評価

奥村 誠司 出原 優一 中島 宏一 山田 悦久
三菱電機株式会社

1. はじめに

我々は、通信衛星を利用した映像 IP 伝送装置の開発を行っている。現状、衛星回線は数十～数百 kbps 程度と狭帯域であるため、映像符号化方式として低ビットレート符号に適した H.264/AVC[1]を検討している。また、衛星地球局に航空機や船舶などの移動体プラットフォームも想定しており、気象状況以外にも移動体の位置・速度・高度・衛星仰角/方位角によって頻繁に衛星回線品質(帯域)が変動することが考えられる[2]。そこで、当社 H.264 映像の IP 伝送において、帯域変動が及ぼす映像品質の客観的評価を実施した。本稿では、その評価結果を報告する。

2. 映像品質の客観的評価

2.1. 評価実験構成

図 2-1 に評価実験の構成を示す。H.264 エンコーダで様々な符号化レートの映像データ(2.2章)を RTP パケット送信し、帯域制御シミュレータで回線帯域を制御してデコーダで受信および復号結果を出力する。また、今回我々は衛星回線 1 チャネルの最大帯域を 288kbps と想定しているため、20k～280kbps の範囲(20kbps 間隔)で回線帯域を制御する。なお、今回の実験では衛星回線のビット誤りは考慮しない。

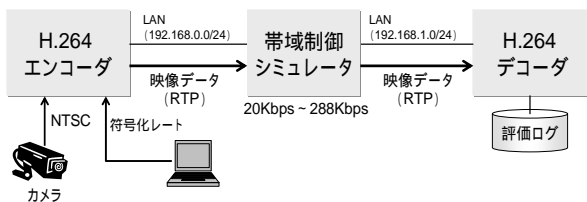


図 2-1 評価実験構成

2.2. 映像サンプルのエンコード属性

本実験では、エンコーダに入力するカメラ映像として 3 種類の映像サンプルを用意し、表 2-1 に示した様々な符号化レートでエンコードおよび伝送を行う。なお、符号化レートは IP/UDP/RTP ヘッダを含んだものとする。また、映像の伝送時間は 60 秒間とする。

表 2-1 映像サンプルのエンコード属性

符号化レート	フレームレート		画像サイズ	I フレーム間隔
	設定	実測値*		
288kbps	15fps	10.73fps	QVGA	5 秒
256kbps	15fps	10.08fps	QVGA	5 秒
192kbps	15fps	8.58fps	QVGA	5 秒
128kbps	10fps	5.35fps	QVGA	5 秒
64kbps	5fps	2.14fps	QVGA	5 秒
38.4kbps	5fps	1.49fps	QVGA	5 秒

*実測値：映像サンプル(3 種類)の実フレームレートの平均

2.3. 評価項目

帯域変動下における映像伝送品質の客観的評価項目として、以下の 4 項目を測定・算出する。

- パケットロス率(%)
- 有効データ率(%)
= $\frac{\text{デコードできたデータ量} \times 100}{\text{送信データ量}}$
- フレームレート(fps)
- 平均 PSNR(dB)
デコードした映像の各フレームの PSNR(式 1)の平均。ただし、帯域制御を行わない(ロスレス)時のデコード画像を原画像とする。また、バーストロスによりデコードできなかったフレームに対しては前フレームを比較対象とする。

$$PSNR = 10 \times \log_{10} \frac{255 \times 255}{\frac{1}{N} \sum (y - y')^2} \dots (\text{式 1})$$

N：画素数

y：帯域制御なし(ロスレス)時のデコード画像の輝度

y'：帯域制御を行った時のデコード画像の輝度

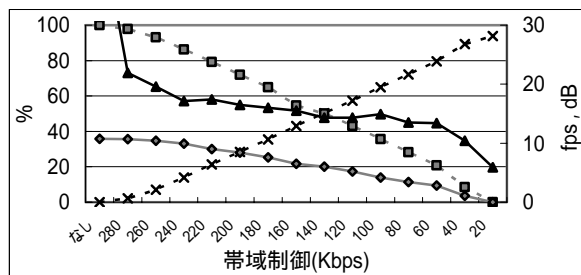
2.4. 評価結果

表 2-1 の符号化レートに設定した映像データに対し、帯域制御シミュレータによる回線の帯域制御の下、2.3 章の評価項目を測定した結果を図 2-2(a～f)に示す。また、これらの結果は 3 種類の映像サンプルの平均値である。

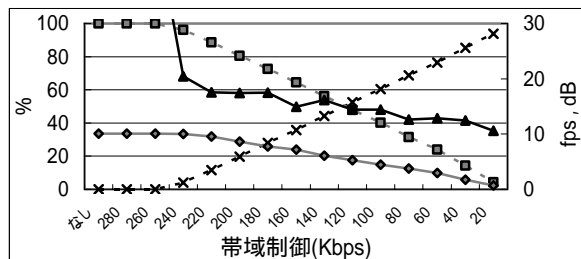
図 2-2 の凡例：

---x---	パケットロス率 (%)	—▲—	平均 PSNR (dB)
---■---	有効データ率 (%)	—◆—	フレームレート (fps)

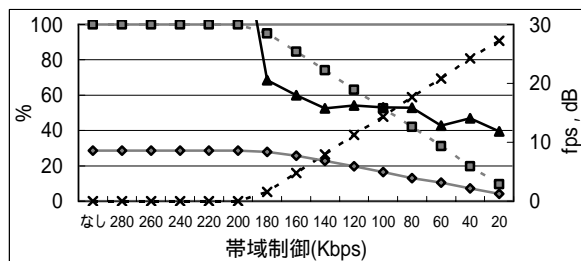
Quality evaluation of H.264 video streaming,
Seiji Okumura, Yuichi Idehara, Koichi Nakashima,
Yoshihisa Yamada, Mitsubishi Electric Corporation.



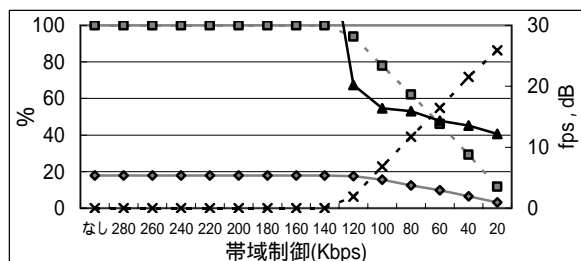
(a) 288kbps の映像



(b) 256kbps の映像



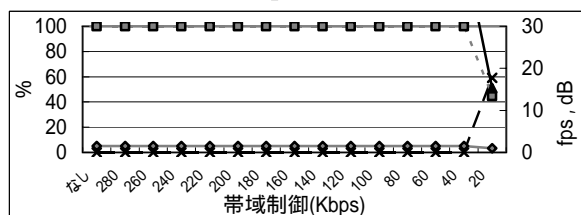
(c) 192kbps の映像



(d) 128kbps の映像



(e) 64kbps の映像



(f) 38.4kbps の映像

図 2-2 映像品質の評価項目値

今回の評価実験では、符号化レート 256kbps 以上の映像では、回線帯域が 40kbps 以下に制限されると 1 フレームも正常にデコードできなかった。また、著者の主観評価では、フレームレートに関係なく PSNR が約 16dB を下回ると映像の内容が分からなくなる程度まで品質が劣化する。帯域で表記すると、本実験では、288kbps の映像で 200kbps 以上、128kbps の映像では 100kbps 以上の回線帯域が最小限必要となる。したがって、回線帯域に応じて符号化レートを制御する仕組みが必要であり、さらに回線帯域が狭いほど細かい符号化レート制御が必要である。

図 2-3 は、288kbps の映像(a)と 128kbps の映像(b)をそれぞれ回線帯域 140kbps に制御したときのデコード画像である。(a)の方が(b)よりもフレームレートは高いが、パケットロスにより画面の半分以上のマクロブロックが正常にデコードできていない(デコードできないマクロブロックは前フレームの同位置マクロブロックを表示している)。(b)のように 128kbps まで符号化レートを制御する方が視覚的にも良く、また回線リソースを有効に利用できる。



(a) 288kbps

(b) 128kbps

図 2-3 回線帯域 140kbps 時のデコード画像

2.5.まとめ

今回の評価実験により、パケットロスが少しでも発生すると映像品質に大きな影響が及ぼすことがわかった。そのため、回線帯域の検知手段や帯域変動に応じた動的な符号化レート制御が必要となる。また、ビット誤り対策としても回線帯域に応じた FEC パケット伝送を検討する必要がある。

3. おわりに

本稿では、当社 H.264 映像の IP 伝送において、帯域変動が及ぼす映像品質の客観的評価を行った。この結果を基に、今後は衛星回線による映像ストリームの符号化レート制御や FEC などの QoS 配信制御の開発を検討していく。

参考文献

- [1] ISO/IEC 14496-10, "Advanced video coding", ITU-T Rec. H.264, 2003.
- [2] 石出明, 藤田光紘, 新美賢治, "飛行実験による航空衛星データ通信の伝送誤り特性測定", 電子航法研究所報告, No.104, 2003.