

## ユーザ視聴品質劣化を回避するストリーミング配信 パケット転送方式の評価

黒田 広樹<sup>\*1</sup>, 畠山 賢一<sup>\*1</sup>, 栗林 伸一<sup>\*2</sup>

Evaluation of the influence of packet discarding pattern on the perceptual video quality in streaming media distribution services

Hiroki KURODA<sup>\*1</sup>, Kenichi HATAKEYAMA<sup>\*1</sup> and Shin-ichi KURIBAYASHI<sup>\*2</sup>,

**ABSTRACT** : When temporary network congestion occurs while movies or TV programs are being delivered in streaming media distribution over an IP-based network, packets may be discarded, resulting in the deterioration in perceptual video quality. In a network where resources are shared but cannot be reserved, it is difficult to prevent temporary congestion from occurring, and so packet transfer for streaming delivery must take occasional occurrences of packets being discarded into consideration.

In this paper, we propose a packet discarding method that minimizes the deterioration in the perceived video viewing quality in the event of temporary network congestion. Specifically, we assume a UDP-based MPEG2 streaming video, evaluate the relationship between packet discarding patterns and perceptual video quality, and, based on the results of this evaluation, present an optimum packet discarding method that does not cause deterioration in perceptual video quality.

**Keywords** : streaming, perceptual video quality, packet loss.

( Received March 5, 2007 )

### 1. まえがき

ADSL, 光ファイバ等の高速アクセス網の普及に伴い, 映画や音楽番組などをネットワーク経由で視聴するストリーミング配信サービスが普及してきている。Youtube<sup>(1)</sup>などユーザが爆発的に急増しているのはその典型例である。今後は映像レートの高速度化, 次世代ネットワーク(NGN)やIPTVの本格導入などが想定され<sup>(2)</sup>, サービス品質の維持がサービス提供上ますます重要になってくると考えられる<sup>(3),(4)</sup>。

インターネットなどIP技術を前提としたネットワークでは帯域を複数のユーザで共用しかつサービス要求毎に帯域を予約しないことを基本としているため, 一時的な輻輳によりパケット廃棄が発生し, 結果としてサービス品質が劣化してしまう可能性がある。ストリーミング配信においては, 画面チラツキ, コマ飛び, 画面停止などのユーザ視聴品質劣化として影響を与える。このた

め, 一時的なネットワーク輻輳時には送信側の転送レートを落としたり, 映像レートそのものを落とす, などの方法が提案されている<sup>(5)</sup>。また, ユーザ視聴品質劣化を事前に予測し劣化を回避することを狙った検討も行われている。例えば, 文献(6)はUDPベースのMPEG2ストリーミング配信を前提にネットワーク側で主観品質(DMOS値)<sup>(8)</sup>を推定する方法を評価している。文献(7)はTCPベースのMPEG2ストリーミング配信を前提に品質劣化予兆を検出し劣化を事前に回避する方法を提案している。しかし, これら方式は制御が効くまでに一定時間がかかる, 映像レートを落とすこと自体品質劣化となる, 予測は必ずしもうまくいかない, ことから, 一時的に視聴品質の劣化をどうしても避けることができないという課題がある。

本論文では, ストリーミング配信におけるパケット廃棄パターンとユーザ視聴品質の関係を評価することにより, 一時的なネットワーク輻輳時にもユーザ視聴品質を極力劣化させないパケット廃棄方法とその実現条件を明らかにする。まず2章では, UDPベースのMPEG2ストリーミング配信を前提に, パケット廃棄パターンと

<sup>\*1</sup> : 成蹊大学工学部物理情報工学科 学生

<sup>\*2</sup> : 成蹊大学理工学部情報科学科 教授 (Professor, Dept. of Computer and Information Science, e-mail : kuribayashi@st.seikei.ac.jp)

ユーザ視聴品質の関係を評価する。次に3章では、2章の評価結果に基づき、ユーザ視聴品質に影響を与えないパケット廃棄方法ならびにその実現条件を明らかにする。4章はまとめである。なお、本論文で提案する手法はMPEG2以外の他の映像符号化方式にも適用できるものである。

## 2 パケット廃棄パターンとユーザ視聴品質の関係評価

### 2.1 評価条件

- 1) UDPベースのMPEG2ストリーミング配信(6 Mbps)を前提とする。つまり、パケット廃棄が発生した場合パケットは回復されない。
- 2) 図1に示すように、サーバから送出されたUDPパケットから任意のパケットをフィルタツール(ソフトウェア)で廃棄し、その後クライアント端末で再生してユーザ視聴品質を評価する。なお、フィルタツールは予め設定されたRTPパケット<sup>(9)</sup>のシーケンス番号に該当するパケットだけを廃棄し、それ以外は通過させるものである。
- 3) ユーザ視聴品質は本来主観評価(DMOS値)など正式な評価手法を用いて実施すべきであるが、今回は基本的な評価を行うことを目的にしているため、数名の試験者が眼と耳で視聴品質を評価する。今回は、画面または音声に1秒以上影響が出た場合(画面であれば、チラツキ、コマ飛び、画面停止など)に品質劣化と判断することとする。

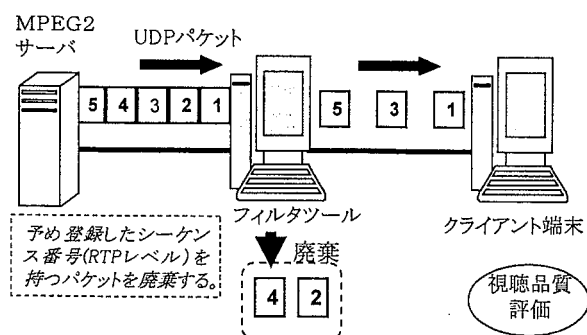


図1 評価システムの概要

### 2.2 パケット廃棄パターンと視聴品質評価

評価で使用するパケット廃棄パターンを図2に示す。これは、 $m$ 個連続でパケット廃棄が発生し、その後 $n$ 個連続で転送するという繰り返しを示す。 $m, n$ を振らせることにより、数多くの廃棄パターンを疑似することができる。 $m$ 個連続廃棄、 $n$ 個連続転送を $L$ 回まで繰り返しても品質劣化せず、かつ $L+1$ 回繰り返した段階で始めて品質劣化する場合に、品質劣化しない最大廃棄パケット数を $m \cdot L$ 個として算出する。MPEG2には、I, B, Pの3種類の画像(Picture)タイプがあるが<sup>(6)</sup>、ここでは図2のパケット開始位置をI, B, Pと変化した場合の影響を評価する。さらに、動きの激しい場面ならびに動きが少ない場面を選択し、その影響も評価する。

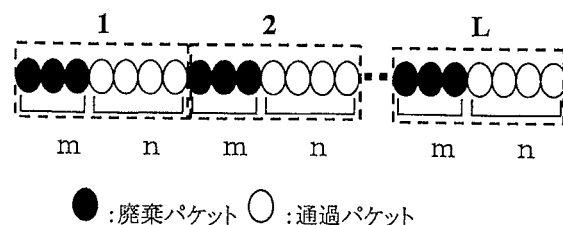
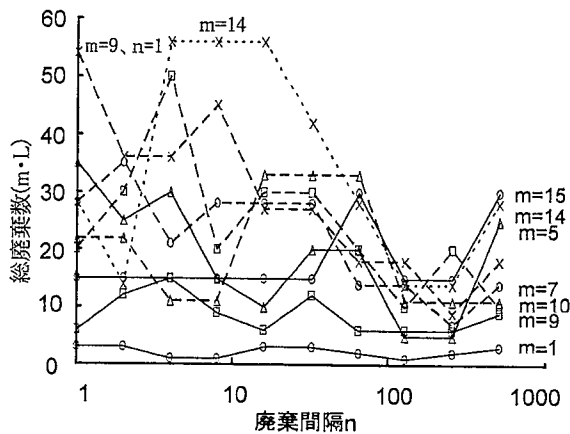


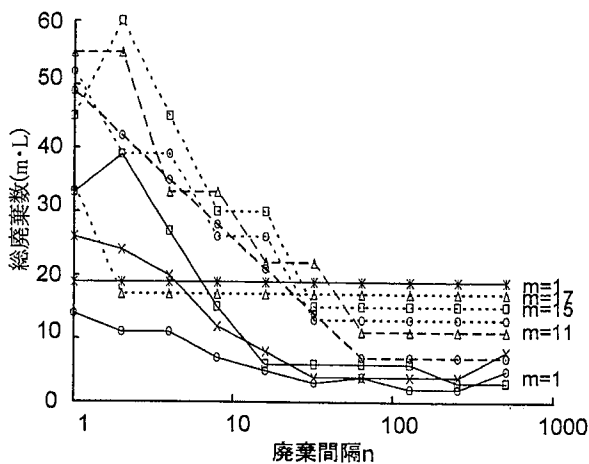
図2 評価に用いるパケット廃棄パターン

### 2.3 評価結果と考察<sup>(10)</sup>

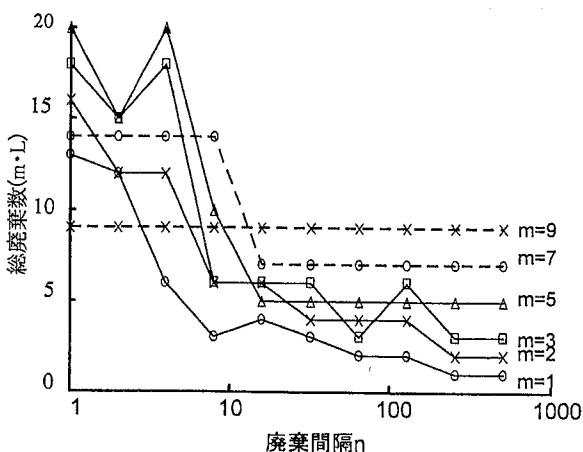
廃棄開始時点がI画像タイプでかつ動きの激しい場面を前提とした評価結果を図3(1)に示す。図3は横軸に間隔 $n$ 、縦軸に最大廃棄数( $m \cdot L$ )をプロットしたものである。 $m$ の値によって最大廃棄数は異なるため、図3は複数のグラフを含む。図3(1)を前提にすると、例えば、パケットを50個廃棄しても品質劣化しない廃棄パターンは $\{m=9, n=1\}, \{m=10, n=4\}, \{m=14, n=4\}, \{m=14, n=8\}, \{m=14, n=16\}$ の5つ存在する。廃棄は出来るだけ早く実施することが望ましいため(今後さらに混雑する可能性があるため)、 $\{m=9, n=1\}$ を最適廃棄パターンとする。図3(2)は廃棄開始時点がB画像タイプでかつ動きの激しい場面を前提とした評価結果、図3(3)は廃棄開始時点がP画像タイプでかつ動きの激しい場面を前提とした評価結果、をそれぞれ示す。なお、廃棄開始時点に関係なく、動きの少ない場面を前提とした場合は動きの激しい場面を前提とした場合に比べ廃棄条件が緩やかになったため、本章では動きの激しい場面を前提とした評価結果のみを示す。



(1) I 画像タイプの先頭からパケット廃棄を行う場合



(2) B 画像タイプの先頭からパケット廃棄を行う場合



(3) P 画像タイプの先頭からパケット廃棄を行う場合

図3 パケット廃棄パターン (m, n) による最大廃棄パケット数の評価結果

### 3. ユーザ視聴品質に影響を与えないパケット廃棄方法

2章で述べた評価結果 (図3 (1) ~ (3)) をもとに、最適廃棄パターンをまとめたものを表1に示す。この表を用いることにより、

(1) 例えば、50 個程度パケット廃棄が必要な一時的なネットワーク輻輳が発生した場合には、廃棄開始時点が I 画像タイプであれば  $\{m=9, n=1\}$ 、廃棄開始時点が B 画像タイプであれば  $\{m=11, n=1\}$ 、に従ってパケット廃棄を行うことにより品質劣化を回避できることがわかる。

(2) また、表1では廃棄できるパケット数の上限は60 個程度であるが、これは2秒間に転送されるパケット総数の4%程度である。つまり、これ以上のパケット廃棄が必要な輻輳が発生した場合には品質劣化を回避することはできない。

なお、今回は、UDPベースで6 Mbps のMPEG2 ストリーミングを前提とした評価を行った。符号化速度が6 Mbps 以外の場合、あるいは符号化装置が異なるメーカーの場合、など条件が変われば表1に示した数値そのものは変化すると考えられる。しかし、今回提案した最適廃棄パターンの求め方はそのまま適用可能と考えられる。

表1 パケット廃棄数と最適な廃棄パターン

パケット 廃棄数 k	最適廃棄パターン
1 ~ 9	廃棄開始地点 (または B または P) $\{n=k, n=0\}$
10 ~ 15	廃棄開始地点 (I) $\{n=k, n=0\}$
16 ~ 20	廃棄開始地点 (I) の時 $\{m=9, n=1\}$ または 廃棄開始地点 (B) の時 $\{m=11, n=1\}$ または 廃棄開始地点 (P) の時 $\{m=4, n=1\}$
21 ~ 54	廃棄開始地点 (I) の時 $\{n=9, n=1\}$ または 廃棄開始地点 (B) の時 $\{m=11, n=1\}$
55	廃棄開始地点 (I) の時 $\{n=14, n=4\}$ または 廃棄開始地点 (B) の時 $\{m=11, n=1\}$
56	廃棄開始地点 (I) の時 $\{n=14, n=4\}$ または 廃棄開始地点 (B) の時 $\{m=15, n=2\}$
57 ~ 60	廃棄開始地点 (B) $\{m=15, n=2\}$

#### 4 . むすび

本論文は、UDPベースのMPEG2ストリーミング配信を前提に、パケット廃棄パターンとユーザ視聴品質の関係を評価し、その評価結果に基づきユーザ視聴品質を劣化させない最適なパケット廃棄方法とその実現条件を明らかにした。これにより、全転送パケット数の数%程度以下のパケット廃棄が必要な一時的なネットワーク輻輳であれば、パケット廃棄の仕方により品質劣化を回避することが可能となる。なお、今回の評価は符号化速度 6 Mbps 特定メーカの符号化を前提に評価を実施したため、これら条件が変われば最適な廃棄パターンの数値も変化すると考えられるが、今回提案した最適廃棄パターンの求め方ならびにその傾向は他にも流用可能である。今後、主観評価を用いた評価を進める予定である。

#### < 参考文献 >

- (1) <http://www.youtube.com/>
- (2) M. Montpetit and S. Ganesan, "2007 CCNC tutorial T03 'IPTV architecture and deployment'", 2007.1
- (3) Zamora, J., Jacobs, S., Eleftheriadis, A., Chang, S.F. and Anastassiou, D., "A Practical methodology for guaranteeing quality of service for video-on-demand", IEEE Trans. Circuit and Systems for Video Technology. Vol.10, No.1, pp.167-178 (2000)
- (4) Y. Nagafuchi, K. Yanagimoto, N. Takagi and S. Kuribayashi, "Perceptual video quality management system for streaming media distribution" APCC2003 (2003)
- (5) C.Huang, L.Xu, "SRC: Stable Rate Control for Streaming Media" GLOBECOM2003.
- (6) S.Hazama, M.Watanabe, K.Yanagimoto, and Y. Katayama, "A Method for perceptual video quality measurement of MPEG-2 stream using UDP layer information", B-11-5 2005 IEICE society conference (Japanese)
- (7) S.Kuribayashi and M.Tanabe, "Method of preventing the perceptual video quality deterioration in streaming media distribution services based on the detection of deterioration sign", J. Fac. Sci. Tech., Seikei Univ. Vol.42, No.2 (2005) pp.7-17. (Japanese)
- (8) ITU-R Rec.500-10, "Methodology for the subjective assessment of the quality of television pictures", Mar.2000.
- (9) RFC3550 "RTP: A transport protocol for real-time applications" RFC2250 "RTP payload format for MPEG1/MPEG2 video"
- (10) 黒田, "ストリーミング配信におけるパケット廃棄パターンとユーザ視聴品質の関連評価"成蹊大学工学部卒業論文(2007.1)