

# 受信エラー耐性を有する 分割スケジューリング放送方式に関する一検討

安里 諒<sup>1)</sup> 青木 輝勝<sup>1) 2)</sup> 沼澤 潤二<sup>1) 2)</sup>

<sup>1)</sup>東北大学大学院情報科学研究科 <sup>2)</sup>東北大学電気通信研究所

## 1. はじめに

近年、ブロードバンド環境が一般化してきており、その帯域の広さを利用した動画や音楽といったコンテンツの配信、および、その視聴が身近なものになってきている。しかし、制作したコンテンツを配信しようとした場合、現在主に用いられているオンデマンド配信では視聴者数の増加によって帯域にかかる負荷が非常に大きくなってしまったため、個人で行うことは難しい。そのため、帯域への負荷が視聴者数に依存しない放送型配信に対する注目が高まっている。

放送型配信では、クライアントは現在サーバが配信しているデータしか受信できず、接続を開始してから、コンテンツを再生するために必要な先頭のデータを受信し始めるまでの待ち時間が必要となる問題が存在する。そのため、この待ち時間をいかに短縮するか、ということが放送型配信において主な研究テーマとなっており、これまでも様々な手法が提案されてきている。しかし、これまで提案されてきた手法では、配信中のデータの損失や受信時のジッタといった受信エラーを考慮しておらず、理想的なネットワーク上での動作を想定している。そのため、それらが生じてしまうとコンテンツの再生が中断してしまう。<sup>[1]</sup>

そこで本研究では、ジッタの生起確率を半正規分布として考え、コンテンツの再生中に一定の範囲までのジッタであれば存在していても再生に影響を受けないような手法として、JTHB(Jitter-Tolerant HB)法を、提案する。さらに、その評価を行い、連続再生を行うことの出来る条件について考察する。

## 2. ジッタの影響

放送型配信において、図 1.a のようにコンテンツをセグメント化し、複数のチャネルを用いることで待ち時間を短縮する手法が一般的である。ここで現在広く普及しているインターネットを

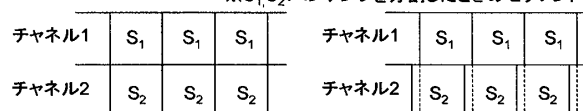
“A study for jitter-tolerant continuous play-out in the Internet.”

Ryo ASATO<sup>1)</sup>, Terumasa AOKI<sup>1) 2)</sup>,  
and Junji NUMAZAWA<sup>1) 2)</sup>

1) GSIS, Tohoku Univ.

2) RIEC, Tohoku Univ.

※S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>: コンテンツを分割したときのセグメント



a. 同期が取れている場合

b. 同期が取れてない場合

図 1. ジッタが存在するときの  
受信ストリームの概念図

利用して配信することを考えると、サーバからデータを送信する時に各チャネル間において同期を取ったとしても、クライアントでそのストリームを受信する時に同期が保たれている保証は無い。従って、サーバから図 1.a のようにチャネルのセグメント間の同期が取れたストリームを送信したとしても、クライアントの受信時にジッタが存在すると、受信ストリームが図 1.b のように各チャネルのセグメント間で同期のずれが生じてしまう。

従って、図 1.a のように同期の取れたストリームを前提に設計された、ジッタを想定せずに最適化した手法では再生の動作に何らかの影響が出る事が考えられる。

図 1.b において、セグメント S<sub>1</sub> の先頭のデータに合わせて受信・再生を開始するような手法を考えると、S<sub>1</sub> の再生の終了の後、セグメント S<sub>2</sub> の先頭のデータを受信するまでにいくらか時間がかかり、その結果コンテンツの再生が中断してしまうことが分かる。従って、このような環境において連続再生を行うためには、ジッタが存在しても再生の中断が生じ無いようなジッタ耐性を有している必要がある。

以上においてジッタによる影響をおおまかに示したが、HB 法におけるジッタの影響の程度について解析を行う。

## 3. HB 法におけるジッタ

Juhn らの提唱した HB(Harmonic Broadcasting)法<sup>[2]</sup>は、コンテンツをセグメント化すると、後半に再生するセグメントほど受信から再生までの時間が長くなっていることから、その時間に合うように送信レートを小さくすることで待ち時間を短縮している。具体的には、図 2 のように、

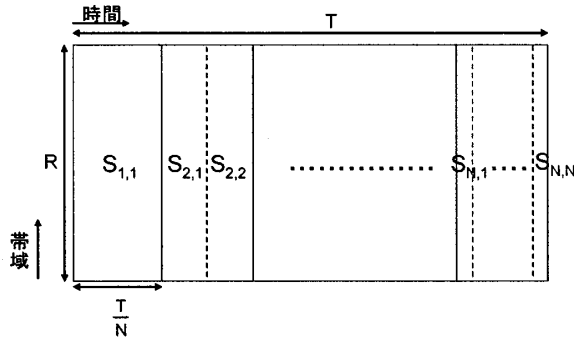


図 2.HB 法におけるコンテンツのセグメント化

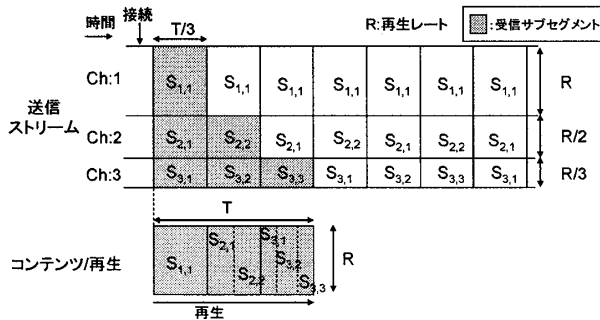


図 3.3 チャンネル用いた時の HB 法におけるスケジューリング例

時間軸に沿って  $N$  個に等分割したコンテンツのセグメントを、その順番に応じた個数に時間軸に沿ってさらに等分割し、図 3 のように任意のセグメント  $S_i$  のサブセグメントを帯域が再生レートの  $1/i$  であるようなチャンネル  $i$  で順に繰り返し送信する。

ここで、図 3 のチャンネルにおいて図 1.b に示すようなジッタが存在すると、図 4 に示すようにそのチャンネルで配信されているセグメントの再生時に中断が起きてしまう。

#### 4. JTHB 法の提案

HB 法の各チャンネルの帯域幅を広げることで、データの受信時間を短縮し、ジッタが存在しても再生の中断が生じ無いような条件を考える。ジッタが存在しても再生の中断が生じ無いような、任意のセグメント  $S_n$  におけるサブセグメントの受信とセグメントの再生の模式図を図 5 に示す。この図において、( $S_1$  から  $S_{n,1}$  までの再生時間)  $\geq$  (受信待ち時間 + 許容ジッタ +  $S_n$  の全サブセグメントの受信時間) であれば再生の中断は生じ無いことになる。

この条件式を定式化し、コンテンツの性質に基づいた条件に従って解くことで、HB 法の各チャンネルの帯域幅を何倍にすればジッタ耐性が得られるのかが分かる。

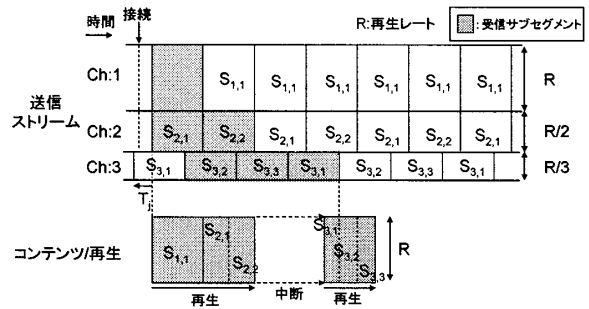


図 4.ジッタにより再生の中断が生じた HB 法のスケジューリング例

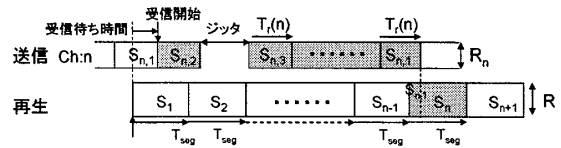


図 5.ジッタが存在しても再生の中断が生じ無い状態の模式図

こうして得られたジッタ耐性を有するための帯域幅の条件は (1) 式で表され、この帯域幅を持つチャンネルを用いて、HB 法と同様のセグメント化を行ったサブセグメントを繰り返し配信する手法を JTHB(Jitter-Tolerant HB)法として提案する。ここで、 $n$  はチャンネルの番号、 $R_n$  はチャンネル  $n$  の受信レート、 $R$  はコンテンツの再生レート、 $T_{seg}$  はセグメントの再生時間、 $T_{jitter}$  は許容するジッタの大きさである。

$$R_n \geq \frac{R}{n} (n+1) \left( \frac{n^2 - n + 1}{n} - \frac{T_{jitter}}{T_{seg}} \right)^{-1} \quad (1)$$

#### 4. まとめと今後の課題

本稿では、既存のスケジューリング方式において想定されていなかった伝送遅延のジッタが存在する時のクライアントにおける再生への影響を検討し、一定の大きさまでのジッタであれば耐性を有する手法として JTHB 法を提案した。

今後は、実際にジッタがある時のシミュレーションを行い、他の手法と比較を行い性能を検討していきたい。

#### 文献

- [1] 安里 諒, 青木 輝勝, 沼澤 潤二, “分割スケジューリング方式を用いた放送型配信に関する一検討”, 情報処理学会第 71 回全国大会講演論文集, Vol.1, pp571-572 (2009)
- [2] Li-Shen Juhn and Li-Ming Tseng, “Harmonic Broadcasting for Video-on-Demand Service”, IEEE Trans. On Broadcasting, Vol.43, No.3, pp.268-271 (1997)