

## 分割放送型配信においてチャンネル間ジッタの与える影響に関する一検討 A study on inter-channel jitter effect on cyclic-broadcasting video

安里 諒† 青木 輝勝†† 沼澤 潤二††  
Ryo Asato Terumasa Aoki Junji Numazawa

### 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ふ。それにより、企業では配信に十分な帯域を確保するためのインフラコストの増大が生じており、個人では配信を行うことが難しい。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きている。

しかし、放送型配信では、クライアントは現在サーバが送信しているデータしか受信できず、接続を開始した後、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。特に、コンテンツを時間によって分割し、複数のチャンネルで各セグメントを並列に送信する分割放送型配信は、待ち時間を削減する有効な手法である。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を考慮せず、理想的なネットワーク上での動作を想定しているため、それらが生じるとコンテンツの再生が中断してしまうという問題がある。

そこで本研究では、データの損失に耐性のある手法として筆者らが提案した SDBB(Synchronized Double Buffering Broadcasting)法[1]を、転送遅延によるチャンネル間ジッタが存在するネットワーク上において評価を行い、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

Juhn らの提案した HB(Harmonic Broadcasting)法[2]は、時間軸に沿って等間隔に分割したセグメントを、そのセグメントの再生すべき順番に応じてさらにサブセグメントに等分し(図1)、全サブセグメントの受信時間が等しくなるような帯域幅のチャンネルを用いて送信する(図2)ことで、配信に必要な帯域の圧縮を実現している。これにより、待ち時間の削減に必要な送信帯域幅の増大を抑えることが出来る。

しかし、図3に示すように、チャンネル2にチャンネル間ジッタが存在すると各チャンネル間の同期が取れず、再生すべき時刻までに必要なサブセグメントの受信を完了することが出来ない。その結果として、コンテンツの再生途中で次のセグメントの再生に移る際に中断が発生してしまっていることが分かる。さらに、ジッタを固定してセグメント長

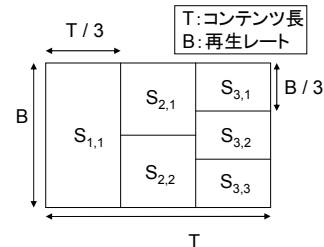


図1 HB法におけるコンテンツの分割例  
(3チャンネル使用)

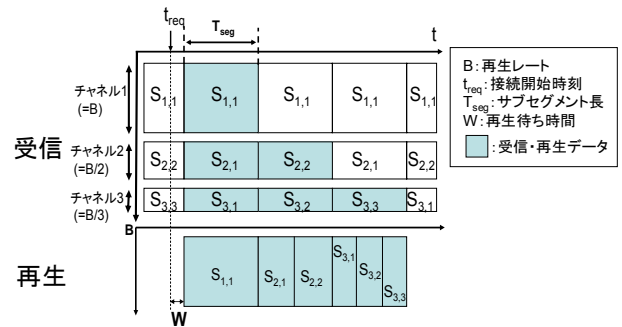


図2 HB法のスケジューリングと受信・再生例  
(3チャンネル使用、ジッタ無し)

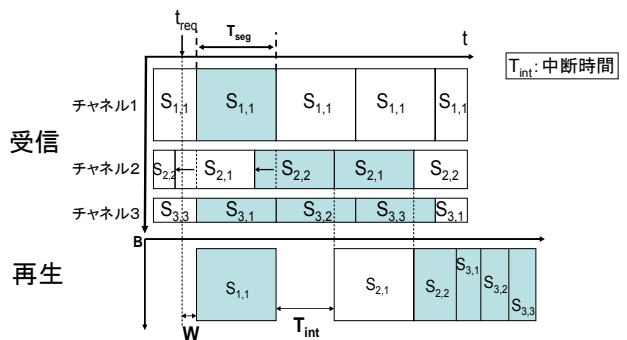


図3 HB法のスケジューリングと受信・再生例  
(3チャンネル使用、ジッタ有り)

を変化させることでセグメントのジッタに対する相対的な大きさをパラメータとし、その時の再生中断確率の変化を図4に示した。この図より、チャンネル間ジッタが存在する場合、その大きさによらず常に再生の中断が生じる可能性があることが分かる。

従って、再生の中断が無い視聴環境を目指す際に、チャンネル間ジッタという実ネットワーク上で考慮すべき要素に耐性を持つ配信手法の検討が必要であると言える。

† 東北大学大学院情報科学研究科 (GSIS, Tohoku Univ.)

†† 東北大学電気通信研究所 (RIEC, Tohoku Univ.)

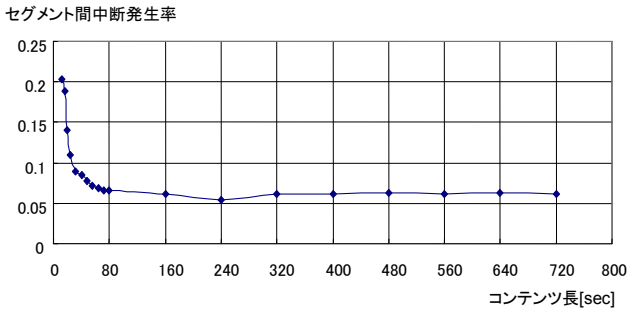


図4 HB法におけるジッタと再生中断確率の関係 (ジッタ: 2sec、チャンネル数: 4)

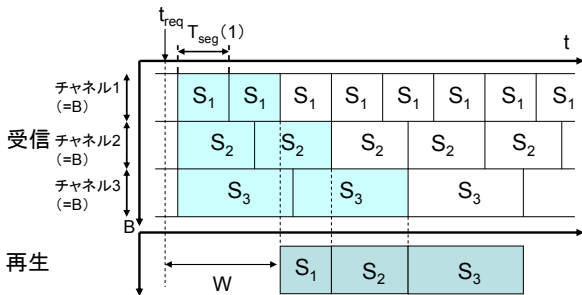


図5 SDBB法のスケジューリングと受信・再生例 (3チャンネル使用、ジッタ無し)

### 3. SDBB法

#### 3.1 SDBB法の概要

筆者らが提案したSDBB法は、単純化した受信エラーを想定しており、図5のようにデータの受信開始からセグメントの再生までにそのセグメントを2回受信できるようなコンテンツの分割とスケジューリングを行うものである。従って、再生順序が前後になるセグメント間で、 $2S_{(i+1)} = 3S_{(i)}$ の関係が成り立っている。

#### 3.2 ジッタの解析

ジッタの解析を行う前に、SDBB法の模式図をもとに変数の定義を図6に示す。ここで、再生側の変数は接続開始時刻  $t_{req}$  により決まるが、受信側の変数は実際にセグメントの受信開始や受信終了が生じた時間や時刻を指すものとする。

セグメント間で再生の中断が起きない条件は、再生しようとするセグメントの再生開始予定時刻より前に受信が開始していればよく、下の式で表すことができる。

$$t(i) \leq t_{play}(i)$$

ここで、 $t(i)$ 、 $t_{play}(i)$ は次の2式で表すことができる。

$$T(i) = t_{req} + \Delta T(i), \quad t_{play}(i) = t_{req} + W + \sum_{j=1}^{i-1} T_{seg}(j)$$

また、 $\Delta T(i)$ 、 $W$ はその性質から下のように表せる。

$$\Delta T(i) < T_{seg}(i) + \Delta T'(i), \quad 2T_{seg}(1) < W$$

これら4式を用いて連続再生の条件式を整理すると、次の不等式が得られる。

$$\Delta T'(i) < T_{seg}(i)$$

よって、SDBB法では、セグメントの受信遅延  $\Delta T'(i)$ がそのセグメントよりも短ければセグメント間の再生中断

$t_{req}$ : 接続開始時刻	$\Delta T(i)$ : $S_i$ の受信待ち時間
$t(i)$ : $S_i$ の受信開始時刻	$\Delta T'(i)$ : $S_i$ の受信に余分にかかった時間
$t_{play}(i)$ : $S_i$ の再生開始予定時刻	$T_{seg}(i)$ : $S_i$ の再生時間
$W$ : 再生待ち時間	

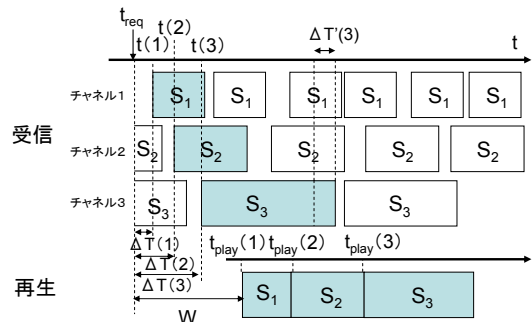


図6 解析に用いる変数の定義

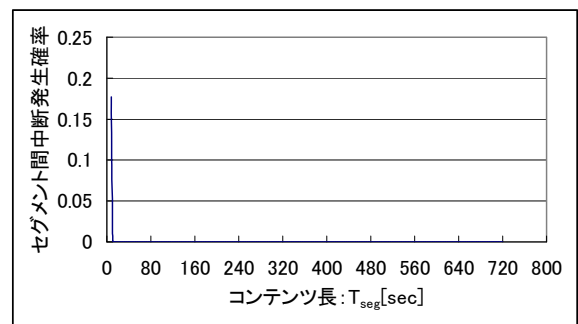


図7 SDBB法におけるジッタと再生中断確率の関係 (ジッタ: 2sec、チャンネル数: 4)

は生じないことを保証する。これは逆に、一定の遅延が存在する回線を用いた時に、チャンネル数を増やしすぎるとセグメント長が遅延よりも短くなり、再生の中断が生じる可能性も示していることが分かる。

#### 3.3 シミュレーション

図4と同じように、ジッタ 2sec、チャンネル数4を条件として、SDBB法におけるセグメント間中断確率をシミュレーションし、その結果を図7に示した。この図より、SDBB法を用いるとジッタに比べて大きなコンテンツを扱う時にはセグメント間中断を考慮する必要が無いことが分かる。

### 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に、SDBB法を用いて連続再生が可能であることを示した。今後は、セグメント内ジッタや複数のジッタが存在する時の再生時の影響を検討し、実ネットワーク上での問題の解決を行っていく予定である。

#### 参考文献

- [1]安里 諒, 青木 輝勝, 山田 洋, 沼澤 潤二, “連続メディアデータの分割スケジューリング放送方式に関する一検討”, 情報処理学会第70回全国大会講演論文集, Vol.3, pp109-110 (2008).
- [2]Li-Shen Juhn, Li-Ming Tseng, “Harmonic Broadcasting for Video-on-Demand Service”, IEEE Trans. On Broadcasting, Vol.43, No.3, pp.268-271 (1997).