

広告再生を伴う連続メディアデータ放送におけるスケジューリング手法

後藤 佑介^{†1} 義久 智樹^{†2}
谷口 秀夫^{†1} 金澤 正憲^{†3}

近年の放送のデジタル化にともない、音楽や映像といった連続メディアデータの放送型配信に対する注目が高まっている。連続メディアデータ放送では、一般に、クライアントはデータの再生が開始されるまで待つ必要があるため、この待ち時間を短縮する様々な手法が提案されている。筆者らは、これまで、データの再生中に途切れを許容しない環境で待ち時間を短縮する手法を提案してきたが、データの再生中に広告を再生する場合を考慮していなかった。本論文では、連続メディアデータの放送型配信において、広告再生を考慮したうえで再生中断時間を短縮する手法を提案する。提案手法では、広告の再生時間を考慮してデータを分割して効率的にスケジューリングすることで、受信時の待ち時間を短縮する。

A Scheduling Method for Continuous Media Data Broadcasting Considering Internet Advertisement

YUSUKE GOTOH,^{†1} TOMOKI YOSHIHISA,^{†2}
HIDEO TANIGUCHI^{†1} and MASANORI KANAZAWA^{†3}

Due to the recent spread of the Internet, delivering continuous media data, i.e. audio and video, has been attracted great attention. In broadcasting systems, generally, clients have to wait until their desired data is broadcast. Therefore, there are many researches to reduce the waiting time. Although several methods to reduce waiting time in continuous media data broadcasting are proposed, we do not consider the case of where the server broadcasts the Internet advertisement while playing data. In this paper, we propose a scheduling method to reduce the waiting time considering the Internet advertisement. In our proposed method, by dividing the data and producing an effective broadcasting schedule according to the playing time of Internet advertisement, the waiting time is reduced.

1. はじめに

近年のインターネット放送の普及¹⁾にともない、音声や映像といった連続メディアデータの放送型配信に関する研究が多数行われている。放送型配信では、一般に、サーバは周期的に同じデータを繰り返して放送する。複数のクライアントに同じデータをまとめて配信できるため、クライアント数が多い場合に有効な手段であるが、クライアントは所望のデータが放送されるまで待つ必要がある。このため、クライアントがデータを途切れずに再生できることを考えたうえで、この待ち時間を短縮する様々な手法が提案されている。これらの手法では、分割放送型配信と呼ばれる手法で、連続メディアデータを幾つかのデータサイズに分割し、初めの方を頻りに放送することでデータ受信時に発生する待ち時間を短縮している。

筆者らは、これまで、データ再生において途切れを許容しない環境で待ち時間を短縮する手法を提案してきた。しかし、現在のサービスでは、再生中のデータと次に再生するデータの間にコマーシャルといった広告を挿入する番組放送形態が一般的である。広告を再生する場合、広告の再生時間を利用してデータを効率的に放送することで、データ受信時に発生する待ち時間を短縮できる。

そこで本論文では、広告再生を伴う連続メディアデータ放送におけるスケジューリング手法を提案する。提案手法では、広告の再生時間を考慮した上でデータを分割して効率的にスケジューリングすることで、受信時の待ち時間を短縮する。

以下、2章で関連研究について説明し、3章で分割放送型配信において待ち時間が発生する仕組みについて説明する。4章で提案手法について説明し、5章で評価を行い、6章で考察を行う。最後に7章で本論文をまとめる。

2. 関連研究

放送型配信において、受信中に発生する待ち時間を短縮するためのスケジューリング手法はいくつか提案されている²⁾⁻⁹⁾。

^{†1} 岡山大学大学院自然科学研究科

Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University

^{†2} 大阪大学サイバーメディアセンター

Cybermedia Center, Osaka University

^{†3} 京都情報大学院大学

The Kyoto College of Graduate Studies for Informatics

Heterogeneous Receiver-Oriented Broadcasting (HeRO)¹⁰⁾ では、セグメントと呼ばれる分割したデータが $1, 2, 2^2, \dots, 2^{K-1}$ の比率になるように、データを K 個に分割する。使用できる帯域幅が小さいクライアントが、再生を開始するまでに発生する待ち時間に着目した手法である。しかし、 K 番目のチャンネルで放送するデータのサイズは、全体の約半分の大きさになるため、クライアントが受信を要求するタイミングによって、再生中に途切れが発生する可能性がある。

BroadCatch¹¹⁾ では、放送するデータを 2^{K-1} 個のセグメントに等分割して、再生レートと等しい K 個のチャンネルを用いて繰り返し放送する。チャンネルによって、放送するデータの大きさを変えたり、再生を開始する時刻をずらすことで、クライアントがデータの受信を要求してから再生を開始するまでにかかる待ち時間を減少させる。しかし、使用する帯域幅がチャンネルの数に比例するため、帯域幅に上限がある場合、放送に使用するチャンネルの数を確保できない可能性がある。

HB (Harmonic Broadcasting) 法¹²⁾ では、連続メディアデータを N 個の部分に等分割する。分割したデータをセグメントと呼び、初めのセグメントから順に S_1, \dots, S_N で示す。さらに S_i ($i = 1, \dots, N$) を i 個のサブセグメント $S_{i,1}, \dots, S_{i,i}$ に等分割する。 N 個のチャンネル C_1, \dots, C_N を用い、 C_i で $S_{i,1}, \dots, S_{i,i}$ を繰り返して放送する。例えば、MPEG2 で符号化された 5.0 Mbps の 60 分の連続メディアデータを衛星デジタル放送を想定した 24 Mbps の帯域幅を用いて放送する場合、 $N = 67$ となり、67 個のチャンネルが必要になる。

AHB (Asynchronous Harmonic Broadcasting) 法¹³⁾ では、MPEG2 の GOP(Group of Pictures) や MP3 のフレームといった再生の単位を考慮してスケジューリングすることで、HB 法に比べて平均待ち時間を短縮している。再生の単位ごとにデータを分割するため、使用するチャンネルの数は再生の単位と同じ数になる。例えば、MPEG2 で符号化された 5.0 Mbps の 60 分の連続メディアデータを、衛星デジタル放送を想定した 24 Mbps の帯域幅を用いて放送する場合、再生の単位を 0.6 秒とすると、その数は 6000 個になり、使用チャンネル数も 6000 個と膨大になる。

筆者らは、分割放送型配信におけるスケジューリング手法として、Bandwidth Equivalent-Asynchronous Harmonic Broadcasting (BE-AHB) 法¹⁴⁾ を提案してきた。この手法では、サーバが使用できる帯域幅とクライアントの再生レートをもとに、連続メディアデータを幾つかの部分に分割することで、データを途切れなく放送できる。

これまでの研究では、一続きのデータを分割して待ち時間を短縮するスケジューリング手法を提案してきた。本研究では、連続メディアデータの再生中に、コマーシャルといった広

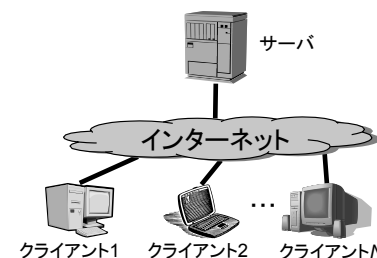


図 1 放送型配信環境

Fig.1 Broadcast communication environment

告を挿入する番組形態を対象とする。広告の再生時間を受信時間に利用することで番組視聴時におけるユーザの待ち時間を短縮する。

3. 分割放送型配信

本章では、放送型配信環境について説明した後、分割放送型配信において待ち時間が発生する仕組みについて述べる。

3.1 配信環境

図 1 に、想定する放送型配信環境を示す。サーバは、複数の放送チャンネルを使用してデータを繰り返して放送する。また、データを幾つかのセグメントに分割して、複数のチャンネルを使用して放送する。本研究では、クライアントは、再生中のデータと次に放送するデータの間で広告を再生する。映像再生中に広告再生が挿入される形式は、Yahoo!動画¹⁵⁾ や GyaO!¹⁶⁾ といった動画配信サービスで一般的に用いられており、放送型配信においても、コマーシャルを定期的に放送する番組形式として、データ再生中の広告再生は一般的である。

3.2 待ち時間が発生する仕組み

放送型配信では、クライアントがデータの受信をサーバに要求してから受信を完了するまでの間に待ち時間が発生する。ここで待ち時間とは、ユーザが番組の受信要求を出してから最初の部分が再生されるまでの時間を指す。受信要求からデータの最初の部分を受信するまでの間は受信開始を待つため、データを繰り返して放送している場合、この待ち時間は、連続メディアデータの受信時間分発生する。例えば、受信に 60 分かかる連続メディアデータを 1 つのチャンネルで受信する場合、60 分の待ち時間が発生する。このため、一般的には、連続メディアデータを分割して、初めの部分を頻繁に放送することで、待ち時間を短縮して

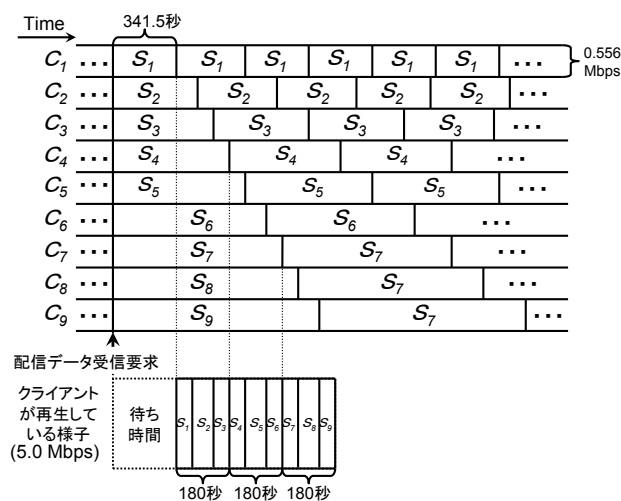


図 2 BE-AHB 法の放送スケジュール例

Fig. 2 An example of a broadcast schedule under the BE-AHB method

いる．このような放送形式を分割放送型と呼ぶ．分割放送型では，連続メディアデータを幾つかのセグメントに分割し，複数の放送チャネルを用いて放送する．サーバは，データの初めの部分のセグメントを頻繁に放送することで，クライアントの待ち時間を短縮する．このような放送形態は，電波放送や帯域が保証された IP マルチキャストといった放送を想定している．

分割放送型では，クライアントのデータ再生中に途切れが発生しないようにスケジューリングすることが重要である．これまでの研究では，クライアントが使用できる帯域幅を用いて，複数のチャネルから同時に受信することで，途切れのない再生を実現していた．このことについて，以下に説明する．

クライアントがデータの受信要求を出してから再生が終了するまでの様子を図 2 に示す．理解しやすい例として，ここでは，サーバが BE-AHB 法¹⁴⁾を用いて，MPEG-2 で符号化された，再生時間が 180 秒の連続メディアデータを 3 つ順番に，帯域幅を 9 分割して放送する場合を考える．BE-AHB 法では，各チャネルの帯域幅はすべて等しい．使用するチャネルを C_1, \dots, C_9 とし，使用できる帯域幅を 5.0 Mbps とすると，各チャネルの帯域幅は $5.0/9 = 0.556\text{Mbps}$ となり， $C_1 = \dots = C_9 = 0.556\text{Mbps}$ となる．再生レートは

5.0 Mbps とする． S_1 は，連続メディアデータを S_1, \dots, S_9 に 9 分割したときの 1 番目の部分であり，再生時間が 37.9 秒のデータである．また， S_2 は再生時間が 42.2 秒となり， S_9 は再生時間が 88.2 秒のデータとなる． S_1, \dots, S_9 のデータサイズは，数式で与えられる¹⁴⁾． C_1 では，再生時間が 37.9 秒で再生レートが 5.0 Mbps の S_1 を 0.556 Mbps の帯域を用いて放送するため， $37.9 \times 5.0/0.556 = 341.5$ 秒ごとに繰り返して放送する．同様に， C_2 では $42.2 \times 5.0/0.556 = 379.5$ 秒， C_9 では $88.2 \times 5.0/0.556 = 793.4$ 秒ごとに繰り返して放送する．BE-AHB 法の場合，最初のセグメントの受信が完了した後で再生を開始するため，9 分割して放送する場合の待ち時間は S_1 の受信時間となり，341.5 秒となる．分割せずに放送する場合，再生時間が合計 540 秒で再生レートが 5.0 Mbps のデータを 5.0 Mbps の帯域を用いて放送するため，540 秒ごとに繰り返して放送することになり，待ち時間は 540 秒となる．このため，9 分割したときの平均待ち時間は，分割していない場合に比べて $(540 - 341.5)/540 \times 100 = 36.8\%$ 減少できる．

これまでの手法では，クライアントのデータ再生中に途切れが発生しないようにスケジューリングを行っていた．しかし，1 章で説明したように，近年では，放送中にコマーシャルといった広告映像を挿入する番組が多く放送されている．広告再生を考慮した場合，既存手法では，広告の再生時間をデータの受信時間として有効に利用できない．このことについて，以下で説明する．

広告を再生する場合のスケジューリングを図 3 に示す．広告の再生時間を 30 秒とし，3 つの連続メディアデータの再生中に 2 回放送する．先ほどの例と同様に，サーバは BE-AHB 法で分割したデータを複数のチャネルを使用して繰り返して放送する．このとき， S_1 の再生終了後に S_2 が再生可能になるが，広告が 30 秒間再生されるため， S_2 の再生開始を待つことになる．本研究では，広告の再生時間を考慮して，広告の再生終了時刻までに次のデータの再生を開始できるようにデータを分割して放送することで，データ受信時の待ち時間を短縮する．

4. 提案手法

広告配信を考慮した連続メディアデータの分割放送型スケジューリング手法として，AHB-CC (AHB Considering Commercial) 法を提案する．提案手法では，広告の再生時間を考慮して，再生中にデータの途切れが発生しないようにした上で，最初のデータの放送に使用する帯域幅をできるだけ大きくなるようにスケジューリングする．また，データを分割して効率的に受信することで，受信時の待ち時間を短縮する．

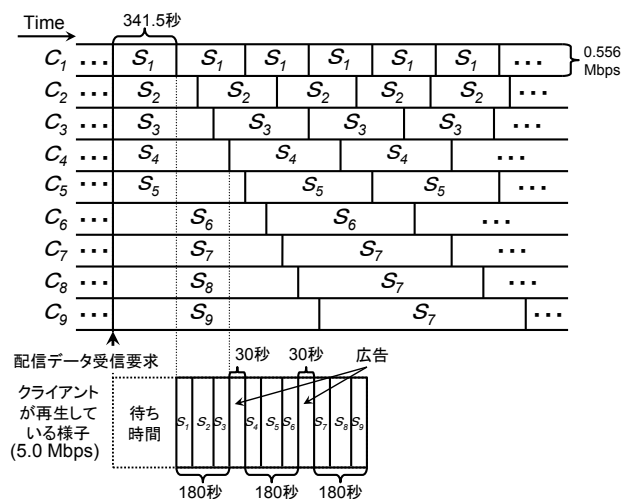


図3 番組再生中にCMを挿入する場合の例

Fig. 3 An example of broadcasting situation with Commercial

4.1 想定環境

スケジューリング手法を提案するにあたって、想定する環境を箇条書きで示す。

- 複数の連続メディアデータを再生する。
- 再生中のデータと次に再生するデータの間に広告が再生される。
- 放送帯域には制限がある。
- 連続メディアデータは受信開始と同時に再生できず、分割されたひとかたまりのデータ（セグメント）を受信しなければ再生を開始できない。
- サーバは擬似オンデマンド型の放送を行い、複数のチャンネルを用いてセグメントを繰り返し放送する。
- クライアントがデータの再生を開始すると、最後まで途切れずに再生できる。
- クライアントはバッファを持ち、受信したデータを再生している間も放送されているデータを受信し、バッファに保存できる。
- 広告は事前にバッファに保存しているデータを再生する。

既存の BE-AHB 法においても分割放送型配信を想定しているが、本研究では、広告の再生時間を利用してデータを受信する点異なる。また、BE-AHB 法では、使用する帯域幅

表 1 定式化のための変数

Table 1 Variables for formulation

記号	説明
r	再生レート
D_l	連続メディアデータのデータサイズ
D_c	広告のデータサイズ
M	連続メディアデータの数
N	セグメントの数
S_i	i 番目に再生する連続メディアデータ, $i = 1, \dots, M$
s_{i-j}	S_i の j 番目の分割部分, $j = 1, \dots, N$
C_i	S_i を放送するチャンネルの帯域幅
$c_{i,j}$	s_{i-j} を放送するチャンネルの帯域幅
B_{total}	サーバが使用できる帯域幅
B_i	C_i の帯域幅
$b_{i,j}$	$c_{i,j}$ の帯域幅

に制限がない。使用する帯域幅に制限がある場合、チャンネルごとに使用できる帯域幅が減少し、待ち時間が増加する。

4.2 待ち時間短縮手法

本節では、広告再生を伴う連続メディアデータの分割放送型配信における待ち時間短縮手法について説明する。用いる記号を表 1 に示す。

連続メディアデータの分割放送型配信の待ち時間短縮問題は、 S_1 における最初のセグメント s_{1-1} の受信待ち時間と、データ再生の途切れ時間ができる限り短くなるようにスケジューリングすることになる。これらの組み合わせは無数にあり、数学的に解くことは困難である。提案手法では、平均待ち時間が最小になるように各チャンネルの帯域幅を選択し、待ち時間を効率的に削減する。このとき、広告の再生時間を次のデータの受信時間に使用することで、受信時間を長くし、各チャンネルの帯域幅を減少することができる。広告再生時間を考慮することで、各チャンネルの帯域幅の導出は多少複雑になるが、サーバが使用できる帯域幅をもとに、簡単な計算機シミュレーションで求められる。

4.3 スケジューリング手順

提案手法では、想定する受信端末の環境に合わせてサーバの帯域を分割し、受信可能帯域を最大限利用するために、同時に複数個のチャンネルを使用してデータを受信することで、待ち時間を短縮する。提案手法の放送スケジュールは、以下の手順である。各記号の意味は表 1 に示している。スケジューリング手順の基本的なアイデアについては、4.2 節に記した。

- (1) M 個のチャンネル C_1, \dots, C_M を用いて、 C_1 の帯域幅を B_1 としたとき、 C_i ($i = 2, \dots, M$)

の帯域幅 B_i を以下の式で与える .

$$B_i = \frac{D_i}{\frac{D_i}{B_1} + (i-1)\left(\frac{D_i+D_c}{r}\right)} \quad (i = 2, \dots, M). \quad (1)$$

$$B_{total} = \sum_{i=1}^M B_i. \quad (2)$$

(2) 連続メディアデータ S_i をデータサイズが a_1, \dots, a_N の N 個のセグメント s_{M-1}, \dots, s_{M-N} に分割する .

(3) N 個のサブチャネル $c_{i,1}, \dots, c_{i,N}$ ($i = 1, \dots, M$) を用いて, 各サブチャネルの帯域幅 $b_{i,j} = \frac{B_i}{N}$ ($j = 1, \dots, N$) としたとき, a_j を以下の式で与える .

$$a_j = \frac{b_{i,j} \times d_i}{N} \times \frac{(1 + \frac{B_i}{Nr})^{i-1}}{(1 + \frac{B_i}{Nr})^N - 1}. \quad (3)$$

なお, (3) 式で用いた d_i は, a_j の導出に用いた変数であり,

$$d_i = \begin{cases} D_i & (i = 1) \\ D_i + D_c & (i = 2, \dots, M) \end{cases} \quad (4)$$

とする .

(4) $c_{i,j}$ で s_{i-j} を繰り返して放送する .

以上の手順でスケジューリングを行う .

4.4 導入方法

連続メディアデータは, 再生単位となるデータサイズごとに分割され, 使用できる帯域幅に合わせて各サブチャネルの帯域幅を調整する . そして, AHB-CC 法で作成した放送スケジュールをもとに, データを繰り返し放送する . 実際にセグメントを放送する場合, セグメントの番号が分かるように, 番号情報をデータの初めに付加する . 付加情報のデータサイズはセグメントのデータサイズに比べて非常に小さくなるため, 本研究では付加情報の放送にかかる時間は無視する .

クライアントがサーバに連続メディアデータの受信を要求すると, クライアントは複数のチャネルで放送されている連続メディアデータの受信を開始し, s_{1-1} の受信完了を同時に再生を開始する . データの再生中も放送されているデータを受信し, バッファに保存する . S_i ($i = 2, \dots, M$) のセグメントをすべて受信すると, すぐに分割前の順番通りに結合して S_i を再生する . また, s_{i-1} の再生終了後にバッファに保存した s_{i-2} を続けて再生するこ

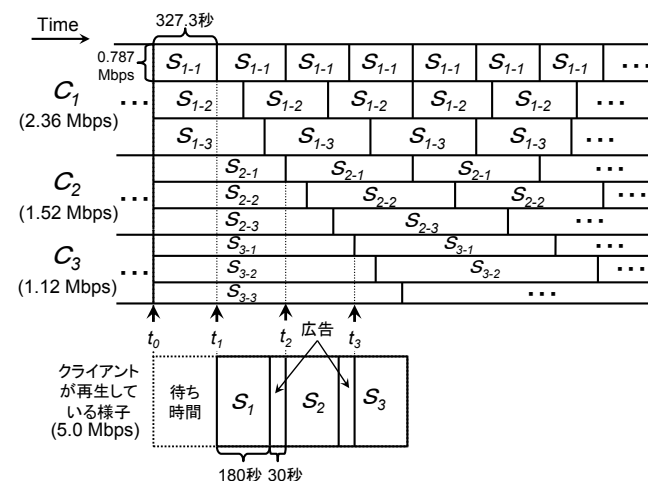


図 4 AHB-CC 法の放送スケジュール例

Fig. 4 An example of a broadcast schedule under the AHB-CC method

とで, クライアントは連続メディアデータを最後まで途切れずに再生できる . 例えば, 図 4 において, 時刻 t_0 で受信要求とともに受信を開始し, t_1 で s_{1-1} の受信完了とともに再生を開始する場合を考える . このとき, b_{1-1} の帯域幅は 0.691Mbps となるため, s_{1-1} の受信時間は 327.3 秒となる . 次に, 広告を 30 秒再生し, t_2 で S_2 に S_2 の受信が完了するため, 広告の再生終了後, すぐに S_2 を再生できる . 次の広告の再生終了時刻 t_3 には S_3 の受信が完了しているため, 最後まで途切れずに再生できる .

5. 評価

提案する AHB-CC 法の評価を行う . 初めに, AHB-CC 法のパラメータに対する平均待ち時間の変化を示し, その後, 既存の BE-AHB 法との比較を行う . グラフに示す待ち時間は計算機によるシミュレーション結果である .

5.1 平均待ち時間

ユーザが連続メディアデータの視聴を要求してから再生が開始されるまでの待ち時間が短いほど, ユーザは満足する . 許容される待ち時間の長さはユーザによって異なるため, 本節では, 既存手法と比べて AHB-CC 法の待ち時間が短縮されることを示し, AHB-CC 法の有効性を示す .

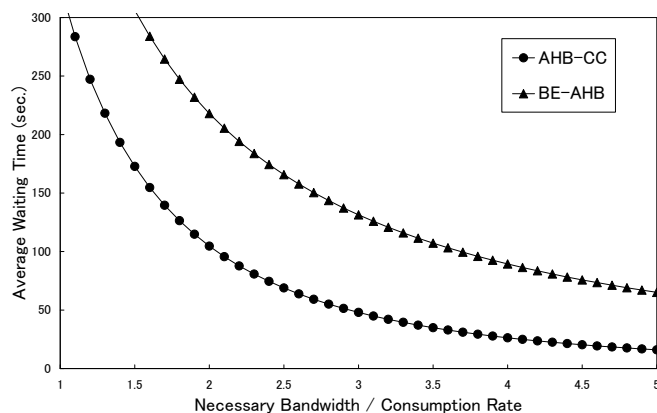


図 5 帯域幅と待ち時間

Fig. 5 The average waiting time and the necessary bandwidth

連続メディアデータの再生時間は 180 秒，広告の再生時間は 30 秒とする．ユーザは連続メディアデータを 3 つ再生し，次のデータの再生を開始するまでの間に広告を再生する．また，再生レートは 5.0 Mbps とする．

5.1.1 帯域幅

サーバが使用する帯域幅に応じて平均待ち時間が変化するため，平均待ち時間の長さを考慮したうえで，使用する帯域幅を決定することが考えられる．そこで，帯域幅を変化させた場合の平均待ち時間の評価を行った．結果を図 5 に示す．横軸は，使用する帯域幅をデータの再生レートで除した値である．縦軸は，平均待ち時間である．“AHB-CC” は，提案手法 AHB-CC 法の場合，“BE-AHB” は，既存手法 BE-AHB 法の場合である．

このグラフより，AHB-CC 法の平均待ち時間は既存手法よりも短くなる事が分かる．AHB-CC 法では，広告の再生時間を考慮して，最初のセグメントを放送する帯域幅ができるだけ大きくなるようにスケジューリングする．例えば，広告の再生時間が 30 秒，180 秒の連続メディアデータを 3 個視聴する場合，15 Mbps の帯域幅を用いて放送すると，待ち時間は，AHB-CC 法で 48.0 秒，BE-AHB 法では 131.4 秒となり，BE-AHB 法に比べて 63.5% 短縮されている．

5.1.2 データ数

放送する連続メディアデータの数に応じて待ち時間は変化する．そこで，データ数に関す

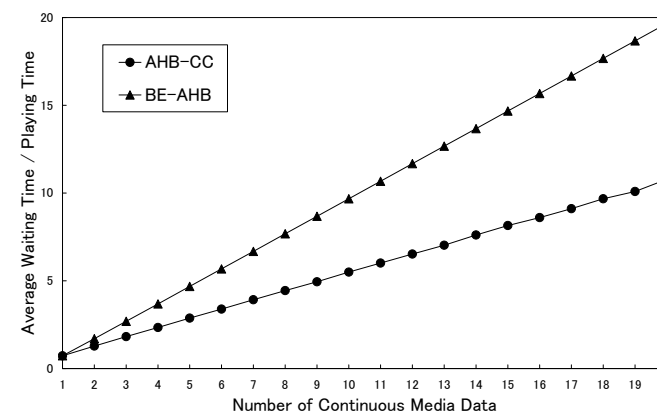


図 6 連続メディアデータの数と待ち時間

Fig. 6 The average waiting time and the number of continuous media data

る評価を行った．結果を図 6 に示す．横軸は，放送するデータの数である．縦軸は，平均待ち時間をデータの再生時間で除した値である．

このグラフより，BE-AHB 法，AHB-CC 法について，データ数の増加とともに待ち時間が比例的に増加することが分かる．データ数が増加すると再生時間の合計値がほぼ比例的に増加するため，スケジューリングによる s_{1-1} の受信時間もほぼ比例的に増加する．また，AHB-CC 法では，広告の再生時間を考慮して放送スケジュールを作成する．データ数が増加すると広告の数も増加するため，広告の再生時間が増加し，スケジューリングにより平均待ち時間を短縮できる．例えば，広告の再生時間が 30 秒，180 秒の連続メディアデータを 10 個視聴する場合，15 Mbps の帯域幅を用いて放送すると，待ち時間は，BE-AHB 法では 9.67 秒，AHB-CC 法で 5.49 秒となり，BE-AHB 法に比べて 43.2% 短縮されている．

5.1.3 セグメント数

セグメント数が増加すると，各セグメントのデータサイズは減少するが，セグメントを放送する帯域幅も減少するため，待ち時間は変化する．そこで，セグメント数に関する評価を行った．結果を図 7 に示す．横軸はセグメント数，縦軸は平均待ち時間をデータの再生時間で除した値である．

このグラフより，BE-AHB 法，AHB-CC 法それぞれについて，セグメント数が 1 から 5 のときに平均待ち時間が大きく減少することが分かる．これは，セグメントのデータ分割

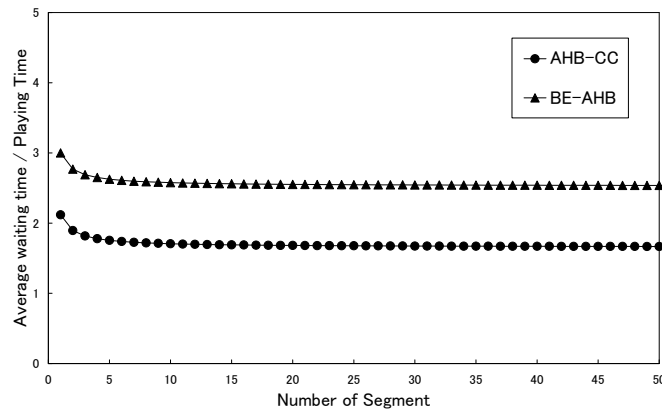


図 7 セグメント数と待ち時間

Fig. 7 The average waiting time and the number of segment

によるデータサイズの減少の影響が大きいためである。また、セグメント数 6 以上になると、セグメントのデータサイズとサブチャネルの帯域幅の間のトレードオフにより、平均待ち時間はほとんど変化しなくなる。広告の再生時間が 30 秒、180 秒の連続メディアデータ 3 個を 15 個のセグメントに分割して視聴する場合、15 Mbps の帯域幅を用いて放送すると、待ち時間は、BE-AHB 法では 2.56 秒、AHB-CC 法で 1.69 秒となり、BE-AHB 法に比べて 34.0% 短縮されている。

5.2 c_{1-1} の帯域幅

放送スケジューリングにより、データ受信時に発生する待ち時間は、最初のセグメントである s_{1-1} の受信時間となる。すなわち、 s_{1-1} を放送するサブチャネル c_{1-1} の帯域幅の大きさに応じて待ち時間は変化する。そこで、 c_{1-1} の帯域幅に関する評価を行った。結果を図 8 に示す。横軸は、使用する帯域幅をデータの再生レートで除した値である。縦軸は、 c_{1-1} が使用する帯域幅である。

このグラフより、AHB-CC 法は、BE-AHB 法に比べて c_{1-1} が使用する帯域幅が大きいことが分かる。AHB-CC 法では、データごとに使用する帯域幅を算出した上でセグメント数に応じて帯域幅を等分割するため、すべてのチャンネルの中で C_1 の帯域幅が一番大きくなり、 c_{1-1} の帯域幅も大きくなる。一方、BE-AHB 法は、使用できる帯域幅をセグメント数に応じて等分割するため、すべてのチャンネルの帯域幅が等しくなり、AHB-CC 法に比べて

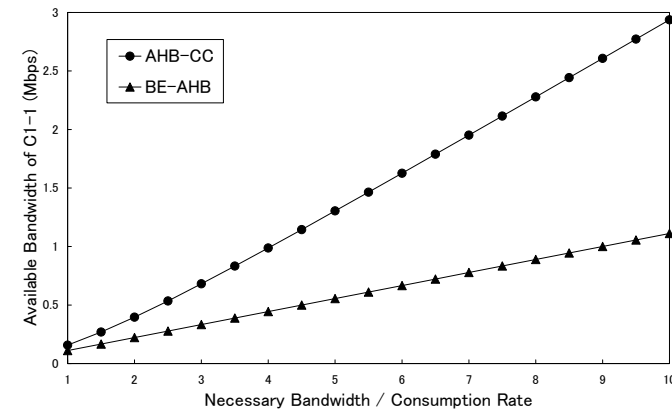


図 8 使用する帯域幅と c_{1-1} の帯域幅

Fig. 8 The average waiting time and the bandwidth of c_{1-1}

c_{1-1} の帯域幅が小さくなる。

6. 考 察

6.1 受信待ち時間比較

図 5 より、使用する帯域幅が増加すると待ち時間は減少する。提案する AHB-CC 法では、広告再生時間を受信時間として考慮することで、データの後半部のセグメントを放送するチャンネルの帯域幅を減少させている。減少した帯域幅は前半部の帯域幅に追加することで、最初のセグメントの受信時間が短縮され、待ち時間を短縮させている。一方、BE-AHB 法では、データを分割することで AHB-CC 法と同じように待ち時間を短縮できるが、広告の再生時間だけ次のデータの再生開始を待つスケジューリングになる問題がある。

6.2 既存研究との比較

BE-AHB 法では、使用する帯域幅に上限がある場合を考慮していないため、上限があると各チャンネルの帯域幅が比例的に減少し、受信時間が増加するため、データ受信時の待ち時間を増加させる。また、広告の再生時間をスケジュールに導入できないため、広告の再生時間や回数が増加しても、待ち時間を効率的に短縮できない。一方、AHB-CC 法では、広告の再生時間を考慮した上で放送するデータの放送周期を算出することで、各チャンネルごとに使用する帯域幅を導出している。また、サブチャネルを設定し、幾つかのセグメントに分割

して複数のサブチャンネルで放送することで、データ受信時の待ち時間を効率的に短縮できている。

7. おわりに

本論文では、連続メディアデータの放送型配信において、広告再生を考慮したうえで再生中断時間を短縮する手法 AHB-CC 法を提案した。提案手法では、広告再生を考慮して、各データを放送するチャンネルの帯域幅を算出した上で、セグメント単位で複数のチャンネルを用いて放送することで、受信時の待ち時間を短縮する。広告の再生時間が 30 秒、180 秒の連続メディアデータを 3 個視聴する場合、再生レートが 5.0 Mbps で、15 Mbps の帯域幅を用いて放送すると、待ち時間は、BE-AHB 法では 107.5 秒、AHB-CC 法で 66.3 秒となり、BE-AHB 法に比べて 38.3% 短縮されることを確認した。

今後の予定として、広告とデータを同時に放送する場合のスケジューリング手法や、データを選択して視聴する選択型コンテンツ¹⁷⁾において、広告再生を考慮したスケジューリング手法を考えている。

謝 辞

本研究の一部は、平成 21 年度総務省委託研究「ユビキタスサービスプラットフォーム技術の研究開発」、科学研究費補助金(基盤研究(S))「モバイルセンサネットワークのための効率的なデータ処理機構に関する研究」(課題番号:21220002)および科学研究費補助金(若手研究(B))「端末伝送型インターネット放送におけるコンテンツ配信方式」(課題番号:21700108)の研究助成による成果である。また一部は、財団法人岡山工学振興会の研究助成による成果である。ここに記して謝意を表す。

参 考 文 献

- 1) 総務省: 情報通信白書平成 21 年版 (2009).
<http://www.johotsusintokei.soumu.go.jp/whitepaper/ja/H21/pdf/index.html>.
- 2) B. Jinsuk, and F.P. Jehan: A Tree-Based Reliable Multicast Scheme Exploiting the Temporal Locality of Transmission Errors, *Proc. IEEE Int. Performance, Computing, and Communications Conference (IPCCC'2005)*, pp.275-282 (2005).
- 3) L.-S. Juhn, and L.M. Tseng: Fast data broadcasting and receiving scheme for popular video service, *IEEE Trans. Broadcasting*, vol.44, no.1, pp.100-105 (1998).
- 4) J.-F. Paris, S.W. Carter, and D.D.E. Long: A hybrid broadcasting protocol for

- video on demand, *Proc. Multimedia Computing and Networking Conference (MMCN'99)*, pp.317-326 (1999).
- 5) J.-F. Paris, D.D.E. Long, and P.E. Mantey: Zero-delay broadcasting protocols for video-on-demand, *Proc. ACM Int. Multimedia Conf. (Multimedia'99)*, pp.189-197 (1999).
- 6) J.-F. Paris: An Interactive Broadcasting Protocol for Video-on-Demand, *Proc. IEEE Int. Performance, Computing, and Communications Conference (IPCCC'01)*, pp.347-353 (2001).
- 7) S. Viswanathan, and T. Imilelinski: Pyramid broadcasting for video on demand service, *Proc. SPIE Multimedia Computing and Networking Conf. (MMCN'95)*, pp.66-77 (1995).
- 8) L. Shi, P. Sessini, A. Mahanti, Z. Li, and D.L. Eager: Scalable Streaming for Heterogeneous Clients, *Proc. ACM Multimedia*, pp.22-27 (2006).
- 9) Y. Zhao, D.L. Eager, and M.K. Vernon: Scalable On-Demand Streaming of Non-Linear Media, *Proc. of IEEE INFOCOM*, vol.3, pp.1522-1533 (2004).
- 10) K.A. Hua, O. Bagouet, and D. Oger: Periodic Broadcast Protocol for Heterogeneous Receivers, *Proc. of MMCN*, pp.220-231 (2003).
- 11) M. Tantaoui, K. Hua, and T. Do: BroadCatch: A Periodic Broadcast Technique for Heterogeneous Video-on-Demand, *IEEE Trans. Broadcasting*, vol.50, issue 3, pp.289-301 (2004).
- 12) R. Janakiraman, and M. Waldvogel: Fuzzycast: Efficient Video-on-Demand over Multicast, *Proc. IEEE INFOCOM*, pp.920-929 (2002).
- 13) T. Yoshihisa, M. Tsukamoto, and S. Nishio: A Broadcasting Scheme for Continuous Media Data with Restrictions in Data Division, *Proc. IPSJ Int. Conf. on Mobile Computing and Ubiquitous Networking (ICMU'05)*, pp. 90-95 (2005).
- 14) 義久智樹, 塚本昌彦, 西尾章治郎: 再生単位を考慮したスケジューリング手法における使用チャンネル数について, 日本データベース学会 Letters, vol.4, no.3, pp.5-8 (2005).
- 15) Yahoo!動画: <http://streaming.yahoo.co.jp/>.
- 16) GyaO!: <http://gyao.yahoo.co.jp/>.
- 17) Y. Gotoh, T. Yoshihisa, M. Kanazawa, and Y. Takahashi: A Broadcasting Scheme for Selective Contents Considering Available Bandwidth, *IEEE Trans. Broadcasting*, vol.55, issue 2, pp.460-467 (2009).