

## 放送型配信における受信待ち時間を考慮した 選択型コンテンツのスケジューリング手法

後 藤 佑 介<sup>†</sup> 義 久 智 樹<sup>††</sup> 金 澤 正 憲<sup>††</sup>

近年のデジタル放送の普及にともない、ユーザがコンテンツを選択して視聴する選択型コンテンツの放送型配信に対する注目が高まっている。例えば、ニュース番組で、ニュースの概要を提示した後、ユーザが見たいニュースを選択し、視聴することが考えられる。選択型コンテンツの放送型配信では、コンテンツの再生を終了してから、次のコンテンツの再生を開始するまでの間に途切れが発生することがある。これまでの手法では、この途切れをなくするために必要な帯域幅を、削減しているが、使用する帯域幅に制限がなかった。帯域幅に制限がある場合、各コンテンツの受信を開始するまで待ち時間が発生する。そこで本研究では、選択型コンテンツの放送型配信において、受信待ち時間を短縮するためのスケジューリング手法を提案する。提案手法では、使用できる帯域幅に応じて各コンテンツを効率的にスケジューリングすることで、受信待ち時間を短縮する。

### A Scheduling Method on Selective Contents Broadcasting Considering Wait for Receiving Data

YUSUKE GOTOH,<sup>†</sup> TOMOKI YOSHIHISA<sup>††</sup> and MASANORI KANAZAWA<sup>††</sup>

Due to the recent popularization of digital broadcasting systems, selective contents, i.e., users watch their selected contents, have attracted great attention. For example, in a news program, after a user selects his/her desired content, the user watches the content. In selective contents broadcasting, users often wait for receiving the next content after playing a content. Although conventional methods reduce necessary bandwidth for playing the data without wait, they do not consider the upper limit in the bandwidth. When there is an upper limit in the bandwidth, users have to wait for receiving the data. In this paper, we propose a scheduling method to reduce the waiting time. In our proposed method, by producing an effective broadcasting schedule according to the available bandwidth, the waiting time is reduced.

#### 1. はじめに

近年のデジタル放送の普及にともない、ユーザがコンテンツを選択して視聴する選択型コンテンツに対する注目が高まっている<sup>1)</sup>。例えば、以下のような選択型コンテンツが考えられる。

- 2 択のクイズ番組で、選択肢が提示され、ユーザが回答を選択する。この後、選択した回答に対する映像を表示する。
- ニュース番組で、幾つかのニュースの概要を述べた後、ユーザが詳細を知りたいニュースを選択して視聴する。

- ドラマで、ユーザが主人公の行動を選択することでストーリーが展開し、選択肢に応じてエンディングが変化する。

選択型コンテンツを提供することで、ユーザは、自分の嗜好に応じてコンテンツを視聴できる。しかし、サーバは、選択肢となる幾つかのコンテンツを配信する必要がある。ここで、コンテンツとは、2 択クイズ番組などの番組中における選択肢の提示や、回答に対する映像といった、各場面の映像を示す。

選択型コンテンツの放送型配信では、コンテンツの再生を終了してから、次のコンテンツの再生を開始するまでの間に、途切れが発生することがある。例えば、選択肢の提示後、選んだ回答の映像が表示されるまで待つことがある。これまでの手法では、この途切れをなくするために必要な帯域幅を、削減しているが、使用する帯域幅に制限を設けていない。帯域幅に制限がある場合、コンテンツを受信完了するまで待ち時間が発

<sup>†</sup> 京都大学大学院 情報学研究所  
Graduate School of Informatics, Kyoto University

<sup>††</sup> 京都大学 学術情報メディアセンター  
Academic Center for Computing and Media Studies,  
Kyoto University

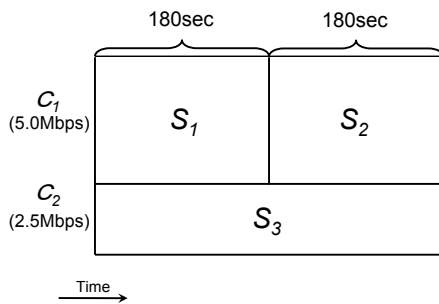


図 1 CCB 法の放送スケジュール例

Fig. 1 An example of a broadcast schedule under the CCB scheme

生する。

そこで本研究では、選択型コンテンツの放送型配信において、受信待ち時間を短縮するためのスケジューリング手法を提案する。提案手法では、各チャンネルの帯域幅を考慮してコンテンツを効率的にスケジューリングすることで、受信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章で受信待ち時間について説明する。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章で本稿をまとめる。

## 2. 関連研究

放送型配信において、受信待ち時間を短縮するためのスケジューリング手法がいくつか提案されている<sup>3)~10),12)~17)</sup>。

OPB (Optimized Periodic Broadcast) 法<sup>6)</sup>では、各コンテンツを2個の部分に等分割する。分割されたコンテンツをセグメントと呼ぶ。幾つかの放送用チャンネルを用い、各チャンネルで各セグメントを放送する。クライアントは、選択したコンテンツをセグメント単位で受信する。再生中のコンテンツの前半部の受信が完了すると、後半部のコンテンツを受信しながら、次にクライアントが選択する可能性のあるコンテンツの前半部を受信する。これにより、受信待ち時間を短縮できる。しかし、OPB法では、分割されたセグメントの数に合わせて帯域幅を確保する際、各チャンネルの帯域幅は再生レートと同じ大きさになる。このため、コンテンツの数が増加すると、帯域幅が増加する。

CCB (Contents Cumulated Broadcast) 法<sup>16)</sup>では、コンテンツの視聴順序を考慮して放送スケジュールを作成し、途切れのない再生に必要な帯域幅を削減する。例えば、再生レートが5Mbps、各コンテンツの再生時間が3分の2択クイズ一問分のデータを放送

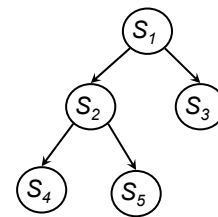


図 2 クイズ番組の視聴順序グラフ

Fig. 2 A watching-order graph for a quiz programs

する場合の放送スケジュールを図1に示す。MPEG2で符号化されたコンテンツを想定し、 $C_1$ 、 $C_2$ は放送チャンネルを示す。このとき、各チャンネルの帯域幅は、 $C_1$ が5Mbps、 $C_2$ が2.5Mbpsとなる。 $S_1, \dots, S_3$ は再生するコンテンツを示す。 $S_1, S_2$ の放送には3分かかり、 $S_3$ は、放送に6分かかる。クライアントは、再生開始と同時に $S_3$ を受信し、バッファに蓄積する。 $S_1$ の再生終了後、クライアントが $S_2$ を選択した場合、バッファに蓄積されている $S_2$ の再生を開始する。一方、 $S_3$ を選択した場合、 $S_3$ を受信しながら放送する。このとき、コンテンツのデータを受信している間に発生する受信待ち時間は発生せず、最後まで途切れなく再生できる。

## 3. 受信待ち時間

本節では、受信待ち時間が発生する仕組みについて説明する。文献16)に合わせて、本論文では、選択型コンテンツを選択型コンテンツの視聴順序を表記する状態遷移グラフを視聴順序グラフと呼ぶ。以下に、視聴順序グラフについて簡単に説明する(詳細は文献16)。

視聴順序グラフでは、各状態が各コンテンツを再生している状態を示し、コンテンツの再生が終了すると、次の状態に遷移する。例えば、クイズ番組の視聴順序グラフを図2に示す。下向きに各状態に遷移するまでの最短時間を示し、各コンテンツの再生時間は1分とする。状態 $S_1$ が出題の映像を再生している状態であり、再生が終了するまでの間に、ユーザは状態 $S_2$ または状態 $S_3$ を選択する。コンテンツの再生が終了すると、選択されたコンテンツに応じた状態に遷移する。

クライアントが待ち時間がなく番組を再生できることを考慮すると、単純なスケジュール手法(単純手法)では、幾つかの放送チャンネルを用いて、各コンテンツを再生開始時刻と同時に放送する。しかし、サーバは、使用する帯域幅に制限がある状態で放送する場合が考えられる。例えば、使用する帯域幅が8Mbpsに限ら

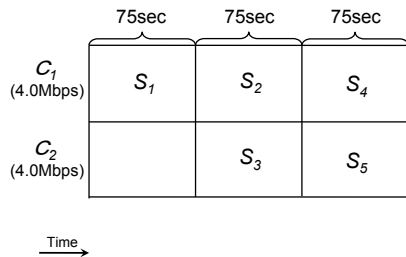


図 3 単純手法の放送スケジュール例

Fig. 3 An example of a broadcast schedule under the simple scheme

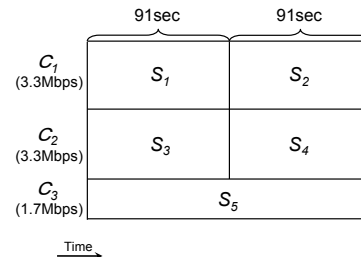


図 5 帯域幅を考慮した CCB 法の放送スケジュール例

Fig. 5 An example of a broadcast schedule under the CCB scheme considering bandwidth

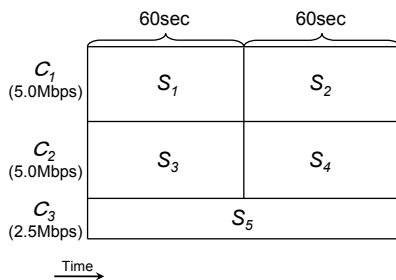


図 4 CCB 法の放送スケジュール例 (5 状態)

Fig. 4 An example of a broadcast schedule under the CCB scheme (5 states)

れている場合、2 択クイズの例を単純手法で配信する場合の放送スケジュールを図 3 に示す。このとき、 $C_1$ 、 $C_2$  の帯域幅は 4Mbps となる。各チャンネルの帯域幅が再生レートを下回るため、番組の放送が始まると、 $C_1$  で  $S_1$  を再生するとき、15 秒の再生待ち時間が発生する。また、 $S_2$ 、 $\dots$ 、 $S_5$  についても同様に、15 秒の再生待ち時間が発生する。

図 2 の視聴順序グラフについて、BCC 法による放送スケジュールを図 4 に示す。このとき、使用する帯域幅は 12.5Mbps になる。しかし、使用する帯域幅が 8Mbps に限られている場合、各チャンネルの帯域幅を単純に  $8/12.5=0.64$  倍すると、放送スケジュールは図 5 のようになる。 $C_1$ 、 $C_2$  の帯域幅は 3.3Mbps、 $C_3$  は 1.6Mbps となる。各チャンネルの帯域幅が再生レートを下回るため、クライアントがコンテンツのデータを受信している間に、受信待ち時間が発生する。 $S_1$ 、 $S_3$  を順番に放送した場合、受信待ち時間は合計で 61.8 秒発生する。受信待ち時間はコンテンツ数が増加するほど増加し、ユーザがコンテンツを視聴するまでの待ち時間は短い方が望ましいため、受信待ち時間を減少させる放送スケジュールが求められる。

## 4. 提案手法

選択型コンテンツのためのスケジューリング手法として、CCB-CB(CCB-Considering Bandwidth) 法を提案する。この手法は、再生レートと等しい帯域幅を確保すれば、受信待ち時間が短くなることに着目した手法である。先ほど述べた CCB 法において各チャンネルを単純に数倍するのではなく、できるだけ多くのチャンネルの帯域を再生レートと等しくしている。

### 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。

- 放送される番組は、選択型コンテンツである。
- サーバは複数のチャンネルから同時にデータを放送できる。
- クライアントは複数のチャンネルから同時にデータを受信できる。
- クライアントはコンテンツの蓄積に十分な容量のバッファをもつ。
- クライアントは番組の放送が始まってから、その番組のコンテンツを受信する。

近年のデジタル放送の普及にともない、双方向のコンテンツの要求が高くなっており、選択型コンテンツの放送型配信は今後一般的になると考えられる。デジタル放送では、セグメントと呼ばれる放送チャンネルから同時にデータを送受信できる。幾つかの番組が放送されており、再生する番組を予測する必要があるため、あらかじめ番組をバッファに蓄積することは考えない。以上のようなシステムの例として、地上波デジタル放送を用いてクイズ番組やニュース番組を放送する場合が考えられる<sup>2)</sup>。

### 4.2 スケジューリング手順

全状態数を  $n$ 、最大深さを  $b$ 、各コンテンツの再生時間を  $d$ 、再生レートを  $r$ 、使用する帯域幅を  $B$

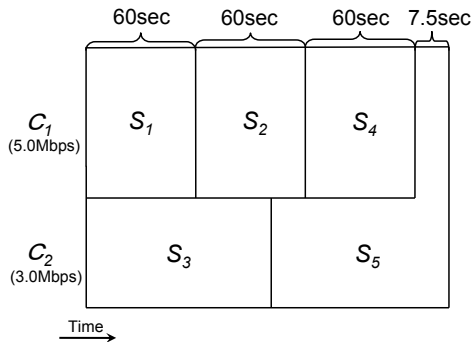


図 6 提案手法の放送スケジュール例

Fig. 6 An example of a broadcast schedule under the CCB-CB scheme

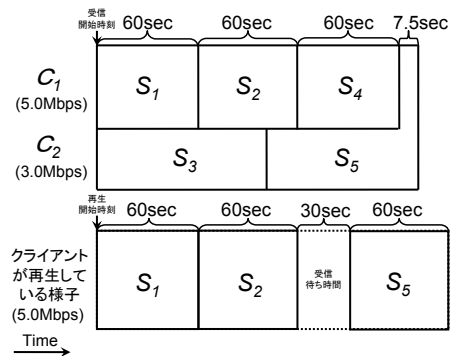


図 7 受信待ち時間の例

Fig. 7 An example of the waiting time for receiving the data

とする．各コンテンツを再生している状態を，状態  $S_i (i=1, \dots, n)$  で示し，深さ  $j (=1, \dots, b)$  で再生される未放送のコンテンツの集合を  $E_j$  で示す．提案手法では，根から葉までの全ての順序のうち，一番長い順序を主順序としてスケジューリングする．このとき，提案手法の放送スケジュールは，以下の手順である．

- (1)  $m = \lceil B/r \rceil$  個のチャンネル  $C_1, \dots, C_m$  を使い， $C_1, \dots, C_{m-1}$  の帯域幅を  $r$  とする． $C_1$  では，主順序上にある  $b$  個のコンテンツを順番に放送する． $C_2, \dots, C_{m-1}$  については， $E_1, \dots, E_b$  の順番に，未放送のコンテンツを  $b$  個ずつ，各チャンネル上で放送する．
  - (2)  $C_m$  の帯域幅  $B_m$  は，以下の式で求められる．  

$$B_m = B - r \times m \quad (1)$$
  - (3)  $E_j$  を  $C_m$  で順番に放送する． $b \times d$  秒の時点でまだ放送が完了していないコンテンツについては，帯域幅  $B$  のチャンネル上で順番に放送する．
- 以上の手順でスケジューリングを行う．

#### 4.3 導入方法

図 6 に，提案手法で配信する場合の放送スケジュールを示す．4.2 節のスケジューリング手順により， $C_1$  で 5Mbps， $C_2$  で 3Mbps となる．番組の放送が始まると， $C_1$  では  $S_1, S_2, S_5$  を順番に放送する． $C_2$  では  $S_3$  を 100 秒かけて放送した後， $C_1$  の主順序の再生終了時刻までの 20 秒間， $S_5$  を放送する．このあと， $C_1$  と  $C_2$  の帯域を合わせた計 8Mbps の帯域幅を用いて， $S_5$  を 7.5 秒放送する．

受信待ち時間が発生する状況について，説明する．図 2 の視聴順序グラフをもとに，CCB-CB 法の放送スケジュールを用いて， $S_1, S_2, S_5$  の順番に受信して放送する例を図 7 に示す．チャンネルの帯域幅が再生レートを下回ると，コンテンツの受信時間が再生時間

	受信待ち時間(sec)		
	単純手法	CCB法	CCB-CB法
$S_1 \rightarrow S_3$	30	62	0
$S_1 \rightarrow S_2 \rightarrow S_4$	45	31	0
$S_1 \rightarrow S_2 \rightarrow S_5$	45	31	30
平均待ち時間	40	41.3	10

表 1 各手法における平均待ち時間の比較

Table 1 Comparison of average waiting time under each method

より大きくなる．このとき，コンテンツの再生を開始しても再生終了までの途切れが発生するため，途切れが発生しないように再生開始時刻を遅らせる必要がある． $S_1, S_2$  は，同じ時間帯に受信したデータをそのまま放送するため，受信待ち時間は発生しない． $S_5$  は，帯域幅が 3.0Mbps の  $C_2$  で 80 秒， $C_1$  と  $C_2$  を合わせた 8.0Mbps の帯域幅で 7.5 秒間受信するため，放送時に 30 秒の受信待ち時間が発生する．

単純手法，CCB 法，CCB-CB 法について，図 2 の視聴順序グラフをもとにスケジューリングした場合の平均待ち時間の比較を表 1 に示す．左端が状態の遷移を示す．例えば， $S_1 \rightarrow S_3$  は， $S_1, S_3$  の順番に放送する際の受信待ち時間を示す．CCB-CB 法の受信待ち時間は，単純手法に比べて 75%，CCB 法に比べて 75.8% 減少していることが分かる． $S_1$  から  $S_4$  までと， $S_1$  から  $S_5$  までの放送については，CCB-CB 法は CCB 法よりも受信待ち時間が大きい，根に近い  $C_1$  から  $C_2$  までと  $C_1$  から  $C_3$  の受信待ち時間を短縮することにより，全体的な受信待ち時間を減少することができる．

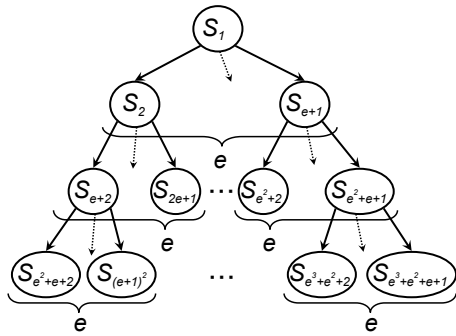


図 8 待ち時間評価のための視聴順序グラフ  
Fig. 8 A watching-order graph for evaluating waiting time

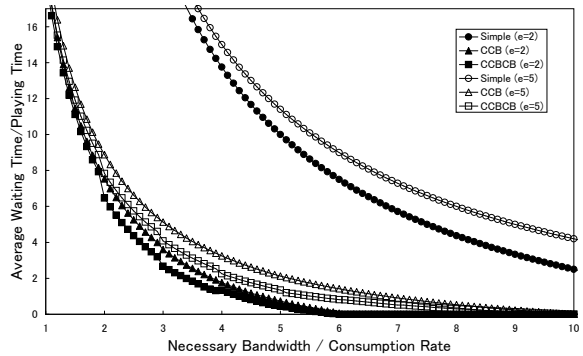


図 10 帯域幅と平均待ち時間  
Fig. 10 The average waiting time under each method

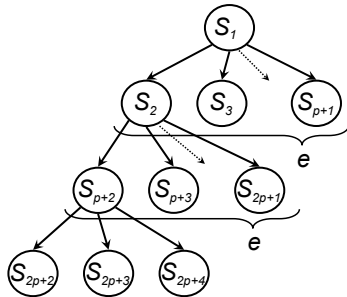


図 9 主順序の深さを評価するための視聴順序グラフ  
Fig. 9 A watching-order graph for evaluating depth of the main order

## 5. 評価

### 5.1 受信待ち時間

本節では、各手法における受信待ち時間の大きさを調べるため、評価を行った。

#### 5.1.1 帯域幅の影響

CCB-CB 法で、帯域幅に応じた受信待ち時間がどの程度になるかを、各手法について評価した。結果を図 10 に示す。横軸は必要な帯域幅、縦軸が受信待ち時間を示す。受信待ち時間はコンテンツの再生時間に比例するため、再生時間で除した値を示した。評価には、図 8 の視聴順序グラフを用い、状態数は 30 とした。図 8 は、根と葉を除く各深さに  $e$  個の状態があり、それぞれの状態から  $e$  個の枝が出ている視聴順序グラフである。“Simple( $e=i$ )”は、単純手法を示し、“CCBCB( $e=i$ )”( $i=2,5$ )は、図 8 の視聴順序グラフが出線数  $i$  の多分木の場合における CCB-CB 法を示す。また、“CCB( $e=i$ )”( $i=2,5$ )は、図 8 の視聴順序グラフが出線数  $i$  の多分木の場合における CCB 法を示す。例えば、 $B=5\text{Mbps}$ 、 $e=5$ 、再生時間が 1 分

のとき、単純手法における受信待ち時間は 10 分となる。このグラフより、使用できる帯域幅の増加とともに、受信待ち時間は減少することが分かる。これは、帯域幅が増加すると、再生レート  $r$  と同じ帯域幅で放送できるチャンネル数が増加し、受信待ち時間を短縮できるためである。例えば、 $B=23\text{Mbps}$ 、 $e=5$  のとき、単純手法では 15 秒、CCB 法では 3.25 秒、CCB-CB 法では 2.25 秒となり、単純手法に比べて 85%、CCB 法に比べて 44.4%の減少となる。

#### 5.1.2 状態数の影響

状態数が大きくなると、コンテンツの再生時に受信が完了していないコンテンツが増加し、受信待ち時間が大きくなる。そこで、状態数により、受信待ち時間がどの程度になるかを調べた。結果を図 11 に示す。横軸が状態数、縦軸が平均待ち時間を再生レートで除した値である。使用できる帯域幅をデジタル放送と同じ 23Mbps とする。5.1.1 項と同様に、出線数  $e$  の視聴順序グラフを評価に用いた。単純手法 ( $e=5$ ) において、状態数が 6 のときに受信待ち時間が発生するのは、 $S_6$  に割り当てた帯域幅が再生レートを下回り、受信待ち時間が発生するためである。単純手法 ( $e=2$ ) において、状態数の数が 16 から 23 の間に縦軸がほとんど変化していないのは、状態数が 5 で一定となり、再生時間と受信待ち時間の比が一定になるためである。図 12 より、CCB-CB 法の受信待ち時間が、CCB 法や単純手法に比べて短縮されていることが分かる。これは、CCB-CB 法では、CCB 法や単純手法に比べ、よりクライアントの視聴順序を考慮して、効率的にスケジューリングして放送しているためである。例えば、 $n=30$ 、 $e=5$  のとき、単純手法では 12.65 秒、CCB 法では 2.52 秒、CCB-CB 法では 1.66 秒となり、単純手法に比べて 86.9%、CCB 法に比べて 34.1%の減少

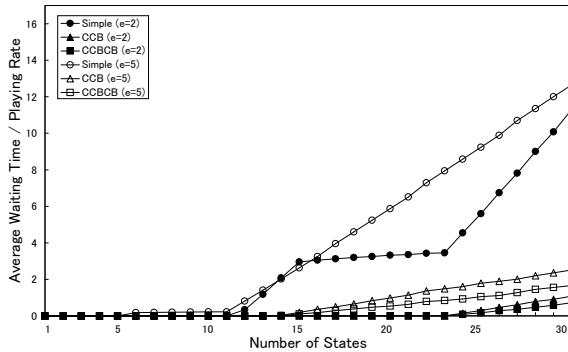


図 11 状態数と平均待ち時間

Fig. 11 The average time under the number of states

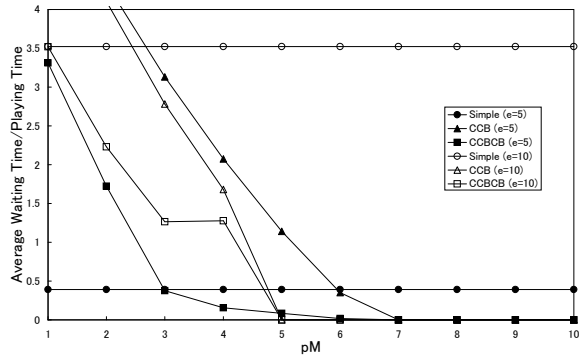


図 12 主順序と平均待ち時間

Fig. 12 The watching-order graph and the necessary bandwidth

となる。

### 5.1.3 主順序の影響

CCB-CB 法では、主順序の大きさによって各チャンネルの帯域幅が変化し、受信待ち時間が変化することが考えられる。主順序の長さを変化させるため、図 9 の視聴順序グラフを用い、状態数は 30 とした。図 9 は、根と葉を除く各深さに  $e$  個の状態があり、その中の 1 個の状態から  $e$  個の枝が出ている視聴順序グラフである。根から葉までの順序を  $P_k (k=1, \dots, p)$  で示し、 $P_k$  上にある状態の数を  $p_k$  で示す。結果を図 12 に示す。横軸が  $p_M$ 、縦軸が受信待ち時間を再生時間で除した値である。 $e=5$  の場合、 $b$  の最大値が 7、 $e=10$  の場合、 $b$  の最大値が 5 となり、それぞれ  $p_M=8$ 、 $p_M=6$  にならないため、グラフが途切れている。図 12 より、 $p_M$  が大きいほど、受信待ち時間が減少することが分かる。これは、 $p_M$  が大きいほど番組の放送時間が長くなり、受信待ち時間を再生時間で除した値を短縮できるためである。単純手法については、帯域幅が一定であるため、受信待ち時間と再生時間が比例の関係となり、 $p_M$  が増加しても縦軸は一定の値をとる。また、 $e=5$ 、 $e=10$  それぞれについて、CCB-CB 法は単純手法や CCB 法に比べ、受信待ち時間が小さいことがわかる。これは、CCB-CB 法では、主順序が  $p_M=b$  となるように  $P_M$  を選択しているためである。具体的には、 $p_M=3$ 、 $e=10$  のとき、単純手法では 3.5 秒、CCB 法では 2.8 秒、CCB-CB 法では 1.3 秒となり、単純手法に比べて 62.9%、CCB 法に比べて 53.2% の減少となる。

### 5.2 最大バッファサイズ

クライアントがコンテンツの受信時に使用可能なバッファサイズを調べる。図 8、図 9 の視聴順序グラフを用い、状態数は 30 としたとき、クライアントが使用するバッファサイズの最大値を、それぞれ図 13、

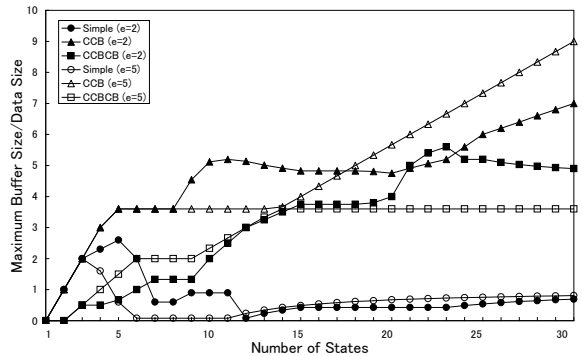


図 13 各手法の最大バッファサイズ (図 8)

Fig. 13 The maximum buffer size under each methods (Fig.8)

図 14 に示す。横軸が状態数、縦軸が最大バッファサイズを示す。最大バッファサイズは、コンテンツのデータサイズに比例するため、このデータサイズで除した値を示した。単純手法では、バッファにデータを保持する必要がないため、状態の数に比例して縦軸は 1 以下の値となっている。また、図 13、図 14 それぞれについて、 $e=2$ 、 $e=5$  のどちらにおいても、CCB-CB 法は CCB 法に比べ、受信待ち時間が小さいことが分かる。これは、効率的なスケジューリングにより帯域幅を分割して、チャンネルに割り当てているためである。

### 5.3 次のコンテンツまでの受信待ち時間

コンテンツの数が大きくなると、受信待ち時間が発生するコンテンツの数が増加する。このため、放送中のコンテンツの次のコンテンツの受信待ち時間を短縮することで、次の番組の再生までの時間を短縮できる。例えば、クイズ番組の後にニュース番組を放送する場合に、クイズ番組の再生終了後からニュース番組の再生開始までの待ち時間が挙げられる。そこで、視聴順

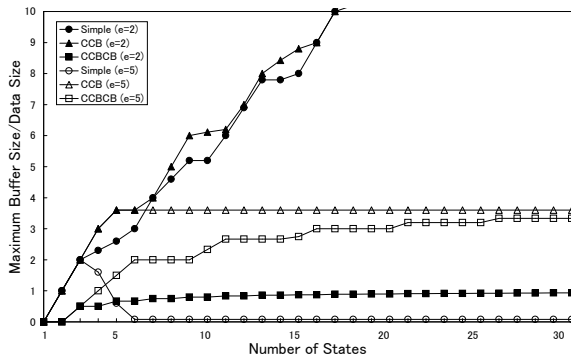


図 14 各手法の最大バッファサイズ (図 9)

Fig. 14 The maximum buffer size under each methods (Fig.9)

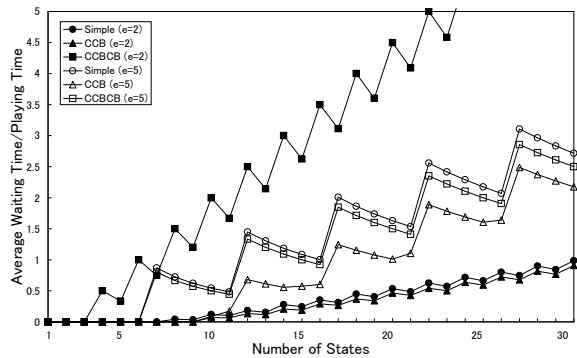


図 16 次のデータまでの待ち時間 (図 9)

Fig. 16 The average waiting time for starting receiving the next content (Fig.9)

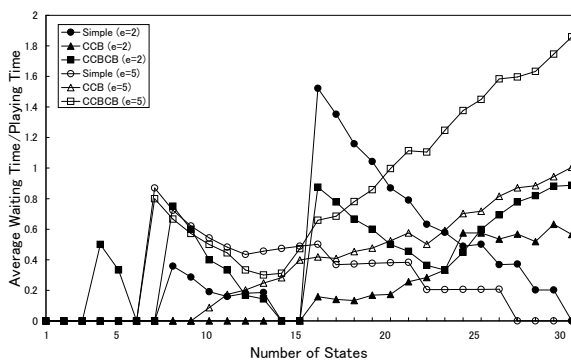


図 15 次のデータまでの待ち時間 (図 8)

Fig. 15 The average waiting time for starting receiving the next content (Fig.8)

序グラフに図 8 を用い、各手法における次のコンテンツまでの受信待ち時間を、図 15、図 16 に示す。図 15 は図 8 の視覚順序グラフ、図 16 は図 9 の視覚順序グラフを用いる。横軸はセグメント数、縦軸は平均待ち時間を再生レートで除した値である。 $n=30$ ,  $e=5$  において、CCB 法、CCB-CB 法の受信待ち時間は、それぞれ 60.3 秒、111.5 秒となり、CCB-CB 法は CCB 法に比べて縦軸の値が約 2 倍になっている。これは、表 1 でも説明したように、CCB-CB 法は、効率的なスケジューリングにより、根に近いコンテンツの受信待ち時間を短縮することで平均受信待ち時間を短縮する手法であるため、CCB 法に比べて受信待ち時間が大きくなるコンテンツも存在する。選択型コンテンツでは、ユーザがコンテンツの選択を行う時間があるため、実環境においては、初めのコンテンツの受信待ち時間を短縮する CCB-CB 法の方が現実的であると考えられる。

## 6. 考 察

### 6.1 受信待ち時間比較

図 10 より、単純手法に比べ、必要な帯域幅の増加にともない、受信待ち時間を削減できることが分かる。これは、使用する帯域幅に応じて各コンテンツを効率的にスケジューリングすることにより、各コンテンツを受信開始するまでの待ち時間が減少するためである。また、図 11 では、状態の数が増加するにつれて、単純手法に比べて受信待ち時間が減少している。これは、できるだけ多くのチャンネルの帯域を再生レートと等しくしながら、クライアントの視聴順序をもとにスケジューリングして放送するためである。図 12 に示すように、 $p_M$  が大きいほど、受信待ち時間が減少している。これは、状態の数が多いほど番組の放送にかかる間が長くなり、時間をかけて少ない受信待ち時間で放送できるためである。

### 6.2 既存研究との比較

既存研究では、帯域幅に制限を設けていないが、単純に各チャンネルの帯域幅を数倍 (1 倍未満) にすることで、所望の帯域幅を用いた放送スケジュールを作成できる。しかし、各チャンネルの帯域幅が、再生レートより小さくなるため、受信待ち時間が長くなる。提案手法では、帯域幅をチャンネルの再生レートと等しくすることで、平均受信待ち時間を短縮している。

## 7. おわりに

本稿では、放送型配信における受信待ち時間を考慮した選択型コンテンツのスケジューリング手法を提案し、評価と考察を行った。提案する CCB-CB 法は、コンテンツの視聴順序を考慮して効率的にスケジューリングして放送することで、受信待ち時間を短縮する。

評価の結果、単純手法や CCB 法に比べて、各コンテンツの受信待ち時間を減少することを確認した。

今後の予定として、各コンテンツの再生時間が異なる場合のスケジューリング手法が考えられる。

#### 参 考 文 献

- 1) 藤原洋: "最新 MPEG 教科書," マルチメディア通信研究会, アスキー出版局, 東京 (1997).
- 2) 橋本和彦: デジタル衛星放送の技術と動向, 電子情報通信学会誌, Vol.81, No.1, pp.86-88 (1998).
- 3) Hua, K.A. and Sheu, S.: Skyscraper broadcasting: a new broadcasting scheme for metropolitan video-on-demand systems, *Proc. ACM SIGCOMM*, pp.89-100 (1997).
- 4) Janakiraman, R. and Waldvogel, M.: Fuzzy-cast: Efficient Video-on-Demand over Multicast, *Proc. IEEE INFOCOM*, pp.920-929 (2002).
- 5) Jinsuk, B. and Jehan, F.P.: A Tree-Based Reliable Multicast Scheme Exploiting the Temporal Locality of Transmission Errors, *Proc. IEEE Int. Performance, Computing, and Communications Conference (IPCCC2005)*, pp.275-282 (2005).
- 6) Juhn, L.-S. and Tseng, L.M.: Harmonic broadcasting for video-on-demand service, *IEEE Trans. Broadcasting*, Vol.43, No.3, pp.268-271 (1997).
- 7) Juhn, L.-S. and Tseng, L.M.: Fast data broadcasting and receiving scheme for popular video service, *IEEE Trans. Broadcasting*, Vol.44, No.1, pp.100-105 (1998).
- 8) Paris, J.-F.: An Interactive Broadcasting Protocol for Video-on-Demand, *Proc. IEEE Int. Performance, Computing, and Communications Conference (IPCCC'01)*, pp.347-353 (2001).
- 9) Paris, J.-F., Carter, S.W. and Long, D.D.E.: A hybrid broadcasting protocol for video on demand, *Proc. Multimedia Computing and Networking Conference (MMCN'99)*, pp.317-326 (1999).
- 10) Paris, J.-F., Long, D.D.E. and Mantey, P.E.: Zero-delay broadcasting protocols for video-on-demand, *Proc. ACM Int. Multimedia Conf. (Multimedia'99)*, pp.189-197 (1999).
- 11) 総務省: 情報通信白書平成 17 年版 (2005).  
<http://www.johotsusintokei.soumu.go.jp/whitepaper/ja/H17/pdf/index.html>
- 12) Viswanathan, S. and Imilelinski, T.: Pyramid broadcasting for video on demand service, *Proc. SPIE Multimedia Computing and Networking Conf. (MMCN'95)*, pp.66-77 (1995).
- 13) Yoshihisa, T., Tsukamoto, M. and Nishio, S.: A Broadcasting Scheme for Continuous Media Data with Restrictions in Data Division, *Proc. IPSJ International Conference 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: データの分割に関する制約を考慮した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, 情報処理学会論文誌: データベース, Vol.44, No. SIG3 (TOD17), pp. 33-42 (2003).
- 15) 義久智樹, 塚本昌彦, 西尾章治郎: 連続メディアデータ放送における待ち時間短縮のための分割放送方式, 情報処理学会論文誌: Vol.44, No.6, pp.1558-1569 (2003).
- 16) 義久智樹, 金澤正憲: 連続メディアデータ放送における選択型コンテンツのためのスケジューリング手法, 情報処理学会研究報告, 2005-BCCgr-11, pp. 31-38 (2005).
- 17) Zhao, Y., D. L. Eager, and M. K. Vernon: Scalable On-Demand Streaming of Non-Linear Media, *Proc. of IEEE INFOCOM* (2004).