

放送通信融合環境における映像再生端末数を考慮した 放送スケジュール作成手法

義久 智樹^{†1} 西尾 章治郎^{†1}

近年の放送通信融合環境の整備に伴い, 放送通信融合環境を用いた映像配信が注目されている. 映像配信では, 再生端末が映像を中断することなく再生できることが重要なため, 放送通信融合環境において再生中断時間を短縮する幾つかの研究が行われている. しかしこれらの研究では, 放送するデータを決定する際, データを受信している再生端末の数を考慮していなかった. 再生端末の数が多く状況では, サーバが通信から送信しているデータの中で, 送信完了まで時間がかかるデータを放送することで, 再生中断時間を効率的に短縮できる. そこで, 本研究では映像再生端末数を考慮した放送スケジュール作成手法を提案する. 評価の結果, データを受信している再生端末の数が多く状況において, 提案手法は従来手法よりも再生中断時間を短縮できることを確認した.

A Scheduling Method considering the Number of Video Clients for Broadcasting and Communication Integration Environments

TOMOKI YOSHIHISA^{†1} and SHOJIRO NISHIO^{†1}

Due to the recent development of broadcasting and communication integration environments, video delivery on the environments has attracted great attention. Some interruption time reduction methods for video delivery on the environments have been proposed. But, they do not consider the number of clients for their data broadcasting. When the number of clients is large, the server can reduce the interruption time effectively by broadcasting the data that take a longer time in sending data to clients via the communication system. Hence, we propose a scheduling method considering the number of clients for broadcasting and communication integration environments. Our evaluation revealed that our proposed method can reduce the interruption time further than a conventional method when the number of receiving clients is large.

1. はじめに

近年の放送のデジタル化およびインターネットの高速化に伴い, 放送通信融合環境に対する注目が高まっている. 放送通信融合環境では, テレビやワンセグプレーヤといった再生端末は, 放送と同時に通信からもデータを受信できる. 放送とは, テレビやラジオのように, すべての再生端末に同時に同じデータを送信できる方式を意味する. 通信とは, インターネットのように再生端末が任意のタイミングでデータを受信できる方式を意味する.

従来映像放送では, あらかじめ決められた放送スケジュールに従って映像を配信していた^{1),2)}. 放送チャンネルが幾つかあって, 異なる放送チャンネルで異なる映像を配信できるが, 放送チャンネル数に上限があり, すべてのユーザが視聴したいと思っている映像を必ずしも配信できなかった. そこで, ビデオオンデマンドと呼ばれる, 通信を用いた映像配信があるが, データを受信している再生端末の数が多くなるとサーバの負荷が大きくなって再生に中断が頻繁に発生するという問題があった³⁾⁻⁵⁾. 例えば, 以下の問題が挙げられる.

放送の問題点 午後6時から始まるニュース番組を見たかったが, 急に仕事が長引いたため見られなかった. 午後6時までに帰宅できると思っていたためビデオにも撮っていない. 帰宅して一息ついた午後9時からこのニュース番組を見たいが, すでに放送が終了して見られない. このニュース番組でしかしていない特番を見逃してしまった.

通信の問題点 インターネット放送でドラマを視聴したいが, 配信が開始されたばかりで多くの再生端末がデータを受信しており, なかなか再生が開始されない. 再生されたとしてもすぐに途切れてしまう. 仕方なく視聴するのをあきらめたら次の日の会話についていけなかった.

このため, 放送通信融合環境において再生中断時間を短縮する幾つかの研究が行われている⁶⁾. 再生中断時間とは, 再生端末が映像を再生している間に発生する中断時間の合計を意味する. これらの研究では, 映像のデータをブロックと呼ぶ再生の最小単位に分割して配信している. 再生端末が, 各ブロックの再生開始時刻までにブロックを受信完了していない場合に, 再生中断が発生する. 従来研究では, 放送で複数の再生端末にまとめてブロックを送信し, 再生開始時刻までに受信完了できている確率を高めることで再生中断時間を短縮している.

^{†1} 大阪大学
Osaka University

しかし、これらの研究では、放送するデータを決定する際、データを受信している再生端末の数を考慮していなかった。再生端末の数が多い状況では、サーバが通信から送信しているブロックの中で、送信完了まで時間がかかるブロックを放送することで、再生中断時間を効率的に短縮できる。例えば、再生端末があるブロックを通信から受信しているが、再生開始時刻までに受信完了できない場合、通信から受信するよりも放送から早く受信できると再生中断時間を短縮できる。

そこで、本研究では放送通信融合環境における再生端末数を考慮した放送スケジュール作成手法を提案する。提案手法では、放送するデータを決定する際、サーバが通信から送信しているブロックを確認し、送信完了までに最も時間がかかるブロックを放送する。再生端末は、通信からの受信完了を待つよりも早く受信完了できることがあり、再生開始時刻までに受信完了できる確率が高くなって再生中断時間を短縮できる。評価の結果、データを受信している再生端末の数が多い状況において、提案手法は従来手法よりも再生中断時間を短縮できることを確認した。

以下、2章で関連研究を紹介し、3章で対象とする放送通信融合環境を説明する。4章で提案手法を説明し、5章で評価を行い、6章で考察する。最後に7章で本論文をまとめる。

2. 関連研究

放送通信融合環境において再生中断時間を短縮する幾つかの手法が提案されている⁷⁾。

ストリームマージでは、従来、再生端末毎に個別に配信していた映像ストリームを、共用できるブロックについてはまとめて送信することで、配信に伴う通信量を削減している⁸⁾。映像ストリームとは、映像を最初から最後まで再生するために必要な一連のデータを指す。通信量を削減することで、再生端末はブロックを早く受信でき、再生中断時間の短縮につながる。ストリームマージの例を図1に示す。左側が従来、右側がストリームマージを示す。映像の再生時間は5分としており、右向きに時間が経過している。従来では、8時に視聴を開始した再生端末1には、サーバから自身の再生のための映像ストリーム1が送信される。送信の速さは映像の再生レートと等しく、例えば1Mbpsの再生レートであれば1Mbpsの通信帯域を用いて送信される。再生端末1は、映像ストリーム1を受信しながら再生する。その後、8時1分に視聴を開始した再生端末2にも、サーバから、自身の再生のための映像ストリーム2が送信される。通信量は色を付けた部分の面積に比例することになる。次に、ストリームマージで従来と同じタイミングで視聴を開始する再生端末を考える。再生端末1には、サーバから自身の再生のために映像ストリーム1が送信される。その後、8時1分に

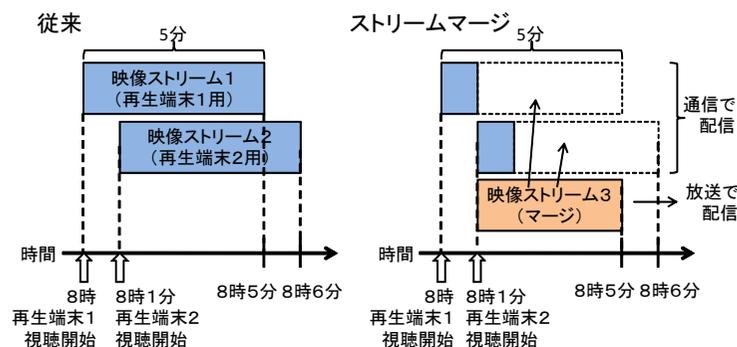


図1 ストリームマージの例
Fig.1 Example of stream merge

再生端末2が視聴を開始するが、ここで、映像の1分後から最後までデータをまとめて再生端末1と再生端末2に同時に送信する(映像ストリーム3)。放送を用いることで同時に送信することが可能となる。再生端末2は、映像ストリーム3を受信することで、1分後から後のデータを受信できるため、自身の再生のための映像ストリーム2は最初の1分を送信するだけでよい。従来に比べて色を付けた部分が少なく、通信量を削減できることが分かる。しかし、使用できる通信帯域すべてを使用しておらず、通信の使い方に無駄がある。例えば、上記の例では2個の映像ストリームを流せるため少なくとも2Mbpsの通信帯域があるが、8時から8時1分の間は1Mbpsの通信帯域しか用いていない。

放送通信融合環境において、放送スケジュールを固定して通信側の受信戦略により再生中断時間を短縮する研究がある。UVoD⁹⁾やSuper-Scaler VoD¹⁰⁾、NBB VoD¹¹⁾では、幾つかの放送チャンネルを用いて、同じデータを繰り返し放送する。各チャンネルでデータの初めが放送される時刻をずらすことで、再生端末がデータを初めから再生できる機会が増え、再生開始までの待ち時間を短縮できる。これらの手法では、各再生端末は、ブロックの受信が間に合わず映像の再生が中断される可能性がある場合には、通信でそのブロックを要求する。要求されても一定時間待ち、その間にサーバに同じブロックの受信要求を出した幾つかの再生端末にマルチキャストで配信するSuper-Scaler VoDや、すでにそのブロックを受信している他の再生端末から受信するNBB VoDが提案されている。しかし、放送スケジュールが単純で再生中断時間を効率的に短縮できていなかった。

そこでBCD法では、各ブロックの再生開始時刻までに受信を完了できるように放送スケ

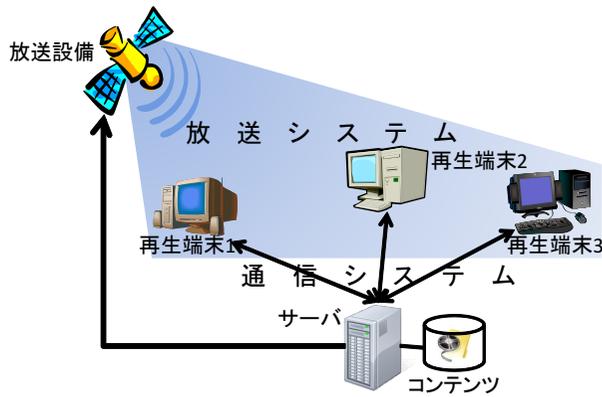


図 2 放送通信融合環境

Fig. 2 A broadcasting and communication integration environment

ジュールを作成している¹²⁾。データを分割して放送スケジュールを作成することで、ブロック毎に適切な放送周期を与えることができ、前の方のブロックを頻りに放送できる。これにより、再生端末はデータの再生を開始できる機会が多くなって再生中断時間を短縮できる。

以上のように幾つかの手法が提案されているが、再生端末の数を考慮した手法はなかった。再生端末の数が多い状況では、サーバが通信から送信しているブロックの中で、送信完了まで時間がかかるブロックを放送することで、再生中断時間を効率的に短縮できる。

3. 放送通信融合環境における映像配信

本章で想定する放送通信融合環境における映像配信を説明する。

3.1 システム構成

システム構成を図 2 に示す。上部が放送システムを示しており、下部が通信システムを示している。サーバは、映像配信サービスの提供者が所有しており、インターネットに繋がっている。また、サーバはインターネットや専用線を介して放送設備を制御できる。映像や音声などのコンテンツはサーバがもっている。再生端末は、映像を視聴するユーザが所有しており、インターネットを介してサーバと通信できる。十分な記憶領域をもち、放送や通信を開始して受信したデータを、映像を再生している間保存できる。放送設備はサーバからの指示に基づき、電波放送を用いてデータを放送できる。放送されたデータは、すべての再生端末に同時に送信される。

このような放送通信融合環境における映像配信の例として、インターネットに繋がるテレビへの映像配信が挙げられる。テレビは基本的に電波放送を受信できる。近年のテレビにはインターネットに繋がるものも多く、現実的な想定といえる。また、テレビチューナを搭載したパソコンや、ワンセグを視聴できる携帯電話、スマートフォン等も再生端末の例として挙げられる。

3.2 データ

データは、映像や音声といった時間的な繋がりに意味のある連続メディアデータを想定する。データは、ブロックと呼ばれる比較的小規模なデータに分割でき、再生端末は、ブロックごとに再生を開始できる。例えば、映像の符号化方式としてよく用いられる MPEG2 (Moving Picture Experts Group) では、GOP (Group of Pictures) と呼ばれる一般的に 0.5 秒のデータに分けられる。再生端末は、映像を GOP ごとに復号して再生できる。この場合、GOP がブロックに相当する。30 分の映像では 3600 個のブロックがあることになる。

3.3 再生端末があらかじめデータを受信しておかない理由

本研究では、再生中断時間の短縮を目的としている。再生端末があらかじめデータを受信しておいて後で視聴することで中断のない再生が可能になる。あらかじめ視聴したい映像が決まっている場合には、このようにすることで再生中断のない視聴が可能になるが、視聴したい映像が決まっていない場合や、すぐに映像を視聴したい場合には、本研究のように、再生端末が視聴要求を出してからデータの受信を開始することになる。例えば、配信されている映像をザッピングしてから視聴する場合や、配信開始直後の映像を視聴する場合が挙げられる。

4. 提案手法

本章では、提案する DBSC (Dynamic Broadcast Schedule Creation) 法を説明する。配信する映像は 1 個として手法の説明を行う。これは、他の映像を配信する場合には他の放送チャンネルを用いて放送すると想定しているためである。DBSC 法は複数の映像を配信できないわけではない。

DBSC 法のアルゴリズムは通信側の受信手法と放送スケジュールの作成手法に分けられる。通信側の受信手法は再生端末側が行い、放送スケジュールの作成手法はサーバ側が行う。以下に順番に説明する。

4.1 通信側の受信手法

データは前の方から順番に再生されるため、前の方のブロックを早く受信することが再生

中断時間の短縮につながる．そこで DBSC 法では，再生端末は，自身もっていない最も前の方のブロックをサーバに要求する．要求したブロックの受信を完了すると，再び自身もっていない最も前の方のブロックをサーバに要求し，通信側からの受信を継続する．

4.2 放送スケジュールの作成手法

サーバは，1 個のブロックの放送を終了する度に，次に放送するブロックを決定する．ランダムに放送するブロックを決定しても，放送したブロックを全ての再生端末が既にもっており，放送しても再生中断時間の短縮につながらない場合がある．そこで DBSC 法では，通信側で要求されているブロックを放送することで，放送したブロックをもたない再生端末が少なくとも 1 個はいるブロックを放送する．後に評価を行うが，通信側で要求されているブロックを放送することで，データを受信している再生端末の数が多い場合に，周期的にブロックを放送する手法よりも再生中断時間を短縮できることを確認している．

さらに，放送で配信することで，通信よりも早く受信できる確率を高めるために，サーバが通信から送信しているブロックを確認し，送信完了までの合計時間が最も長いブロックを放送する．

サーバが N 個の再生端末 C_i ($i = 1, \dots, N$) にブロックを送信しているとする． C_i が受信しているブロックを B_i ，その送信完了までの時間を T_i で示す．ブロック j を受信している再生端末の識別子の集合を $D_j = \{i | B_i = j\}$ で表す．このとき

$$A_j = \sum_{k \in D_j} T_k \quad (1)$$

を最大にするブロック j を放送する．複数の再生端末に同時に送信している場合には， T_i はこれまでの送信にかかった時間から予測できる．例えば，ブロックのデータサイズを B とし，そのうち aB ($0 < a < 1$) の送信に U かかったとすると，残りの $(1-a)B$ の送信には $(1-a)U/a$ かかると予想され， $T_i = (1-a)U/a$ となる．複数の再生端末に同時に送信しておらず，順番に送信している場合には，サーバの通信帯域 S と送信を待っている数 W を用いて $T_i = BW/S$ で与えられることになる．

例えば，ブロック 1 を C_1 と C_2 が要求しており，それぞれ通信から受信するとあと $T_1 = 3$ 秒と $T_2 = 5$ 秒かかるとする．また，ブロック 2 を C_3 が要求しており，通信からの受信完了までに $T_3 = 4$ 秒かかるとする． $D_1 = \{1, 2\}$ ， $D_2 = \{3\}$ となる． $A_1 = 8$ ， $A_2 = 4$ となり，この場合，ブロック 1 を放送する．通信帯域の変化により，放送よりも通信で送信する方が再生端末が早く受信完了する可能性があるため，放送で送信すると同時に通信での送信も継続する．

表 1 DBSC 法の実例

Table 1 Concrete example of the DBSC method

行	時間 [sec.]	放送/通信	内容
1	65.678943	放送	ブロック 577 を放送完了
2	-	-	説明に無関係なため省略
3	80.277067	放送	ブロック 575 を放送完了
4	80.277067	放送	ブロック 243 を放送開始
5	80.277069	通信	再生端末 2 がブロック 576 を要求
6	-	-	説明に無関係なため省略
7	80.465188	通信	再生端末 9 がブロック 10 を要求
8	80.515187	通信	再生端末 3 がブロック 575 を受信完了
9	80.515188	通信	再生端末 3 がブロック 576 を要求
10	80.544106	放送	ブロック 243 を放送完了
11	80.544106	放送	ブロック 576 を放送開始
12	-	-	説明に無関係なため省略
13	80.633119	放送	ブロック 576 を放送完了
14	80.633119	放送	ブロック 424 を放送開始
15	80.633121	通信	再生端末 2 がブロック 578 を要求
16	80.633121	通信	再生端末 3 がブロック 578 を要求

4.3 具体例

表 1 に示すシミュレーションのログを用いて具体例を説明する．時間は映像配信サービスを開始してからの経過時間を示す．再生端末 2 と 3 に着目する．1 行目でブロック 577 が放送されており，その時点で再生を開始している再生端末 2 と 3 はブロック 577 を受信できる．3, 4 行目でブロック 575 の放送が完了し，ブロック 243 の放送が開始される．ブロック 243 についてはこの例では着目しない．ブロック 575 を受信完了した再生端末 2 は，5 行目で次のブロック 576 を要求している．8 行目で再生端末 3 が通信からブロック 575 を受信完了し，9 行目で次のブロック 576 を要求している．10 行目でブロック 243 の放送を完了する．この時点で，ブロック 576 を要求している再生端末が 2 個あり，それを受信完了するまでの時刻が最も長くなるため，次にブロック 576 を放送することになる．7 行目で再生端末 9 がブロック 10 を要求しているが，ブロック 576 がそれ以前に要求されており，ブロック 576 を放送することによる再生中断時間の短縮効率が大きい．よって，11 行目でブロック 576 の放送を開始し，13 行目で放送を完了している．ブロック 576 を放送から受信完了できた再生端末 2 と 3 は，ブロック 577 については既に受信完了しているため，さらに次のブロック 578 を 15, 16 行目で要求している．

表 2 評価パラメタ
Table 2 Evaluation parameters

項目	値
再生端末の平均到着間隔	10 [sec.]
映像の再生レート	1 [Mbps]
映像の再生時間	30 [min.]
ブロックサイズ	0.5 [sec.]
サーバの通信帯域	10 [Mbps]
放送帯域	5.6 [Mbps]
シミュレートする時間	6 [hour]

5. 評価

本章では、提案する DBSC 法の評価結果を示す。

5.1 評価環境

再生端末の再生中断時間をシミュレートし、映像の再生を終了した再生端末の再生中断時間の平均値を用いて評価する。1 章で述べたように、再生中断時間とは、再生端末が映像を再生している間に発生する中断時間の合計を意味する。再生中断時間の最小値は 1 個のブロックの受信完了にかかる時間と等しくなる。

放送に地上波デジタル放送、通信にインターネットを用いた放送通信融合環境を想定し、表 2 に示すパラメタを用いた。特に明記しない限り、これらの値で評価を行った。再生端末が映像の視聴を開始する到着間隔は、他の再生端末の到着に依存しないポアソン過程と考え、一般的な到着間隔分布であるポアソン分布で再生端末の到着間隔を与えた。平均到着間隔は 10 秒とした。映像は MPEG2 で符号化されたドラマを想定し、再生レートを 1Mbps、再生時間を 30 分とした。ブロックサイズは MPEG2 の GOP を想定して 0.5 秒とした。サーバの通信帯域は 10Mbps とし、複数の再生端末から受信要求が到着した場合には、後の受信要求を待たせることとした。これは、複数の再生端末に同時にブロックを送信するよりも、順番に送信した方が早く受信要求を出した再生端末が早くブロックを受信完了でき、再生中断時間を短縮できるためである。放送帯域は、地上波デジタル放送の 1 放送局あたりの帯域を考えて 5.6Mbps とした。シミュレーションの平均再生中断時間が 6 時間の映像配信をシミュレートすると十分収束していることを確認したため、シミュレートする時間を 6 時間とした。

5.2 比較手法

提案手法をストリームマージ法およびカルーセル法と比較する。

ストリームマージ法は、2 章で紹介したように Shah らによって提案された手法である。ある再生端末が映像データの受信を開始した際、既に他の再生端末が受信していると、まとめてデータを送信する。本研究では、まとめてデータを送信す場合に放送を用いることとし、各再生端末に個々にデータを送信する場合には通信を用いることとした。再生端末は、ブロックを前から順番に受信する。

カルーセル法は、放送側で繰り返してブロックを最初から最後まで順番に送信する手法である。ニアビデオオンデマンド方式とも呼ばれ、放送のみを用いて再生中断時間を短縮する手法としてよく用いられている。しかし、本研究では放送通信融合環境を想定しているため、通信からもデータを受信できる点がこれまでと異なる。通信側では、再生端末は、提案する DBSC 法と同じ手順でブロックを受信する。カルーセル法では、放送スケジュールが固定されているが、DBSC 法では、サーバが通信から送信しているブロックの中で、送信完了まで時間がかかるブロックを放送するといったように動的に放送するブロックを決定する点が異なる。

5.3 再生端末の到着間隔

再生端末の到着間隔が変化すると、データを受信する単位時間あたりの再生端末の数に変化して平均再生中断時間に影響を及ぼす。そこで、再生端末の平均到着間隔を変化させて評価を行った。結果を図 3 に示す。

縦軸が平均再生中断時間、横軸が再生端末の平均到着間隔を示す。このグラフより、平均到着間隔が 10 秒未満の場合には提案する DBSC 法が平均再生中断時間を最短にしていることが分かる。これは、平均到着間隔が短く、再生端末の数が多い場合には、通信からブロックを受信している再生端末の数も多くなるためである。通信側が混み合うことになるため、サーバが通信から送信しているブロックの中で、送信完了まで時間がかかるブロックを放送している提案手法が効率的に再生中断時間を削減でき、ストリームマージ法やカルーセル法よりも平均再生中断時間を短縮できる。一方、平均到着間隔が 10 秒以上の場合にはカルーセル法が平均再生中断時間を最短にしていることが分かる。これは、平均到着間隔が長い場合には、特に通信側が混み合うことがなく、通信からのブロック受信状況を考慮するよりも、定期的に同じブロックを放送する方が、そのブロックを受信していない多くの再生端末にブロックを送信できて平均再生中断時間の短縮につながるためである。ストリームマージ法では、2 章で説明したように通信の使い方に無駄があり、DBSC 法やカルーセル法より平

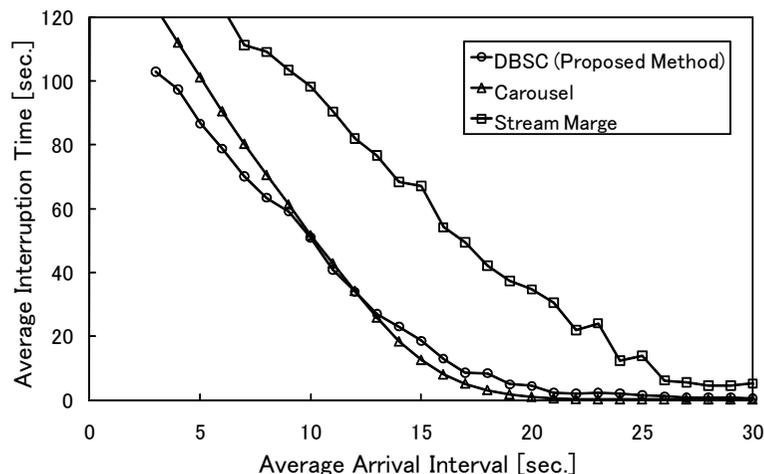


図 3 平均再生中断時間と平均到着間隔
Fig. 3 Average interruption time and average arrival interval

均再生中断時間が長くなっている。

例えば、平均到着間隔が 5 秒の場合、DBSC 法では平均再生中断時間は 87 秒、カルーセル法では 101 秒だが、平均到着間隔が 15 秒の場合、DBSC 法では平均再生中断時間は 19 秒、カルーセル法では 13 秒になっている。

5.4 放送帯域

映像配信に用いる放送帯域を調整して所望の平均再生中断時間を実現させることが考えられる。そこで、放送帯域を変化させて再生中断時間をシミュレートした。結果を図 4 に示す。

縦軸が平均再生中断時間、横軸が放送帯域を示す。このグラフより、放送帯域が 5.5Mbps 未満の場合には提案する DBSC 法が平均再生中断時間を最短にしていることが分かる。これは、放送帯域が小さくなるほど通信からブロックを受信する割合が高くなり、通信からブロックを受信している再生端末の数が増えるためである。このため、サーバが通信から送信しているブロックを考慮している提案手法がカルーセル法より平均再生中断時間を短縮できる。一方、放送帯域が 5.5Mbps 以上の場合にはカルーセル法が平均再生中断時間を最短にしている。これは、5.5Mbps 未満の場合とは逆に、特に通信側が混み合うことがなく、

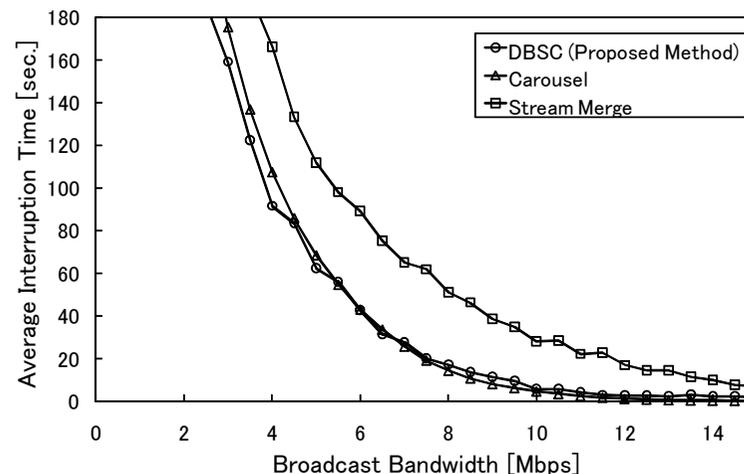


図 4 平均再生中断時間と放送帯域
Fig. 4 Average interruption time and broadcast bandwidth

定期的に同じブロックを放送する方が、そのブロックを受信していない多くの再生端末にブロックを配信できて平均再生中断時間を短縮できるためである。

5.5 通信帯域

放送帯域と同様に、サーバの通信帯域も平均再生中断時間に影響を及ぼす。そこで、放送帯域を変化させて再生中断時間をシミュレートした結果を図 5 に示す。

縦軸が平均再生中断時間、横軸が通信帯域を示す。このグラフより、通信帯域が 10Mbps 未満の場合には提案する DBSC 法が平均再生中断時間を最短にしていることが分かる。これは、5.3 節や 5.4 節と同様に、通信帯域が小さくなるほど、通信からブロックを受信している再生端末の数が増えるためである。通信帯域が 10Mbps 以上の場合には通信側が混み合うことがなく、カルーセル法が平均再生中断時間を最短にしている。

5.6 データの再生時間

平均再生中断時間が現実的な値になるように、データの再生時間を調整して配信することが考えられる。そこで、放送帯域を変化させて再生中断時間をシミュレートした。結果を図 6 に示す。

縦軸が平均再生中断時間、横軸が映像の再生時間を示す。再生時間が 30 分程度未満の場合

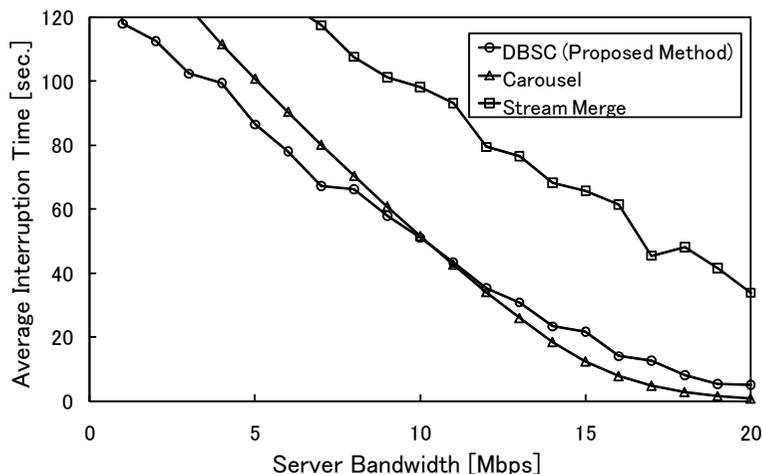


図 5 平均再生中断時間と通信帯域
Fig. 5 Average interruption time and server bandwidth

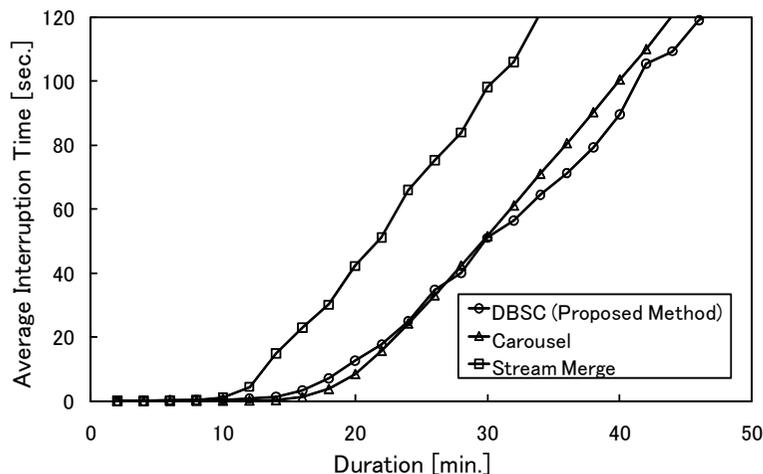


図 6 平均再生中断時間と再生時間
Fig. 6 Average interruption time and duration

にはカルーセル法が平均再生中断時間を最短にしており、30 分程度以上の場合には DBSC 法が平均再生中断時間を最短にしていることが分かる。これは、再生時間が長くなるほどブロックを受信している再生端末の数が増えるためである。これまでの評価結果と同様に、通信側が混み合うほど提案手法が従来手法に比べて平均再生中断時間を短縮できている。

6. 考察

6.1 提案手法が有効な状況

評価結果より、放送よりも通信からブロックを受信する割合が高くなるほど、提案手法が有効なことが分かる。これは、通信からデータを受信している再生端末の数が増えて通信側が混み合うと、通信からのブロックの受信完了に最も時間のかかるブロックを放送するという提案手法の仕組みが効率的に働くためである。しかし、通信側が混み合っていない場合にはカルーセル法の方が平均再生中断時間を短縮できている。このため、ブロックを受信している再生端末の数が多い、通信側が混んでいる場合には提案手法、少ない場合にはカルーセル法が有効といえる。ブロックを受信している再生端末の数は、コンテンツの人気やネットワークの性能に依存する。

6.2 再生端末の数が少ない状況における改善方法

提案手法がカルーセル法より平均再生中断時間が長くなる場合があるのは、放送するブロックを決定する際にサーバが通信から送信しているブロックの中で、送信完了まで時間がかかるブロックを放送するといったように通信側で配信されているブロックのみ考慮しており、今後受信を要求されるブロックを考慮して放送するブロックを決定していないためである。このため、再生端末に受信していないブロックをサーバに報告させ、多くの再生端末が受信していないブロックを放送するといった修正によって、この問題を解決できると考えられる。これは今後の課題とする。

7. まとめ

本研究では放送通信融合環境における再生端末数を考慮した放送スケジュール作成手法を提案した。提案手法では、放送するデータを決定する際、サーバが通信から送信しているブロックを確認し、

送信完了までに最も時間がかかるブロックを放送する。再生端末は、通信からの受信完了を待つよりも早く受信完了できることがあり、再生開始時刻までに受信完了できる確率が高

くなって再生中断時間を短縮できる．評価の結果，データを受信している再生端末の数が多
い状況において，提案手法は従来手法よりも平均再生中断時間を短縮できることを確認し
た．再生端末の数が少ない状況では，放送からブロックを順番に繰り返し送信する手法が再
生中断時間を短縮できている．

今後，複数の放送チャンネルや複数のサーバを使える場合に再生中断時間を効率的に短縮す
る手法を提案する．

謝辞 本研究の一部は，科学研究費補助金（若手研究 A）「次世代オンデマンド型視聴形
態のためのコンテンツ配信方式」（課題番号：23680007）による成果である．ここに記し
て謝意を表す．

参 考 文 献

- 1) 義久 智樹，塚本 昌彦，西尾 章治郎，分割放送方式におけるチャンネルの帯域幅を考慮
した連続メディアデータの分割手法，電子情報通信学会和文論文誌 B, Vol.J91-B, No.
3, pp.300-308 (2008).
- 2) 義久 智樹，金澤 正憲，選択型コンテンツの放送型配信におけるスケジューリング手
法，情報処理学会論文誌，Vol.47, No.12, pp.3296-3307 (2006).
- 3) X.Zhang, J.Liu, and B.Li, DONet/CoolStreaming: A Data-driven Overlay Net-
work for Live Media Streaming, in Proc.IEEE INFOCOM2005, Vol.3, pp.2102-2111
(2005).
- 4) N. Magharei and R. Rejaie, PRIME: Peer-to-Peer Receiver-driven Mesh-based
Streaming, in Proc.IEEE INFOCOM2007 (2007).
- 5) P.Shah, and J.-F.Paris, Peer-to-Peer Multimedia Streaming Using BitTorrent, in
Proc.IEEE Int'l Performance Computing and Communications Conference (IPCCC
2007), pp.340-347 (2007).
- 6) R. Asorey-Cacheda, N. Courville, F.J.Gonzalez-Castano, and H.Bischl, A Survey
and Perspective on NVoD Systems for Satellite Networks, in Proc.IEEE Int'l Work.
Satellite and Space Communications (IWSSC 2007), pp.230-233 (2007).
- 7) M.M.Hefeeda, B.K.Bhargava, and D.K.Y.Yau, A Hybrid Architecture for Cost-
effective On-demand Media Streaming, ACM Computer Networks, Vol.44, Issue 3,
pp.353-382 (2004).
- 8) S.Kulkarni, J.-F.Paris, P.Shah, A Stream Tapping Protocol Involving Clients in
the Distribution of Videos on Demand, Springer Advances in Multimedia, Special
Issue on Collaboration and Optimization for Multimedia Communications, Vol.2008
(2008).
- 9) J.Y.B.Lee, UVoD: An Unified Architecture for Video-on-Demand Services, IEEE
Communication Letters, Vol. 3, No. 9, pp.277-279 (1999).
- 10) J.Y.B.Lee, and C.H.Lee, Design, Performance Analysis, and Implementation of
a Super-Scalar Video-on-Demand System, IEEE Transactions on Circuits and Sys-
tems for Video Technology, Vol.12, Issue 11, pp.983-997 (2002).
- 11) T. Taleb, N.Kato, and Y.Nemoto, Neighbors-Buffering-Based Video-on-Demand
Architecture, Signal Processing: Image Communication, Vol.18, Issue 7, pp.515-
526 (2003).
- 12) 義久 智樹，原 隆浩，西尾 章治郎，放送通信融合環境における再生中断時間短縮のため
のストリーミング配信手法，情報処理学会論文誌，Vol.51, No.8, pp.1402-1412 (2010).