

令和 4 年 6 月 3 日現在

機関番号：15301

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2021

課題番号：18K11265

研究課題名（和文）放送通信融合環境における再生待ち時間を短縮するマルチキャスト配信技術に関する研究

研究課題名（英文）Research on multicast delivery technology to reduce waiting time in broadcasting and communications convergence environments

研究代表者

後藤 佑介（GOTOH, YUSUKE）

岡山大学・自然科学学域・准教授

研究者番号：10551038

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：放送通信融合環境において多くのモバイル端末に同じ映像データを同時にマルチキャストで配信するため、放送帯域と通信帯域を同時に利用するデータアグリゲーション技術および通信速度の変化に対応した複数映像の切替え技術を開発する。次に、動画データの受信時間および再生中の途切れ時間を短縮するスケジューリング手法を提案する。最後は、スケジューリング手法を適用したモバイル端末向けの映像配信システムを構築する。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年、モバイル端末を用いたオンデマンド型配信のユーザ数は年々増加しているが、非モバイル端末を主対象とする既存技術では、ユーザは映像視聴中に待ち時間や途切れ時間が発生すると視聴意欲を失い、映像視聴を中止する可能性が高まる。そこで、放送通信融合環境においてマルチキャスト配信で発生するモバイル端末の再生待ち時間を短縮するスケジューリングアルゴリズムを提案して配信システム上で有用性を評価しており、学術的独自性は非常に高い。

研究成果の概要（英文）：In order to simultaneously multicast the same video data to many mobile terminals in a converged broadcasting and communications environment, we develop a data aggregation technique that simultaneously utilizes both broadcasting and communications bandwidths, and a multiple video switching technique that responds to changes in communication speed. Next, we propose a scheduling method to reduce the reception time of video data and the interruption time during playback. Finally, we develop a video delivery system for mobile terminals that applies the scheduling method.

研究分野：情報学

キーワード：放送通信融合環境 待ち時間 再生中断 マルチキャスト配信 スケジューリング モバイル端末

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

情報通信技術の発展にともない、テレビやラジオのようにすべての再生端末が同じデータを同時に視聴する放送方式、および YouTube のように所望のタイミングで視聴する通信方式を組み合わせた放送通信融合環境に対する注目が高まっている。また、近年はモバイル端末による映像視聴が普及しており、2016 年の調査[1]では、各世帯のモバイル端末保有率 (71.8%) は、パソコン (73.0%) とほぼ同じである。

通信方式による映像視聴では、多数のユーザが同じ映像の視聴を要求する場合、サーバの処理負荷の増加や通信速度の低下により、受信時の待機時間や再生中の途切れといった再生待ち時間が長大化する問題がある。そこで、映像データを複数の部分に分割して多数のユーザに配信することで再生待ち時間を短縮するマルチキャスト配信技術の研究が行われている。後藤 (代表) の研究グループでは、数式モデルを構築して再生待ち時間が最短となる映像データの分割比率を決定するスケジューリング技術の提案[2]、およびスケジューリング技術を適用したマルチキャスト配信システムの構築[3]を行ってきた。

計算処理で発生する待ち時間について、CPU の性能向上により大幅に短縮された一方で、インターネット環境の普及やデータ伝送の高速化にともない、ユーザが映像視聴で許容できる再生待ち時間は数秒以内と厳格化している。再生待ち時間の長大化によるユーザの映像視聴の中止を防ぐため、再生待ち時間の短縮手法については多くの研究があるが、放送通信融合環境における研究はシミュレーションによる評価に留まり、実用性は低い。

2. 研究の目的

本研究の目的は、放送通信融合環境において多くのモバイル端末に同じ映像データをリアルタイムに配信するマルチキャスト配信技術を活用するためのスケジューリングアルゴリズムおよび実装方式の研究である。後藤 (代表) は、江原 (分担) とともに映像データ受信時の待機時間および再生中の途切れ時間で構成される再生待ち時間を短縮するスケジューリング技術を開発し、モバイルマルチキャスト配信の高性能化を図ると共に、スケジューリング技術を適用可能なモバイル端末向けの映像配信システム上で有用性を評価する。

3. 研究の方法

はじめに、放送通信融合環境における再生中断時間発生 of 仕組みについて述べる。次に、提案するスケジューリング手法について説明し、評価を行う。

(1) 再生中断時間発生 of 仕組み

放送通信融合環境における再生中断時間発生 of 仕組みについて説明する。図 1 に、放送通信融合環境における配信ネットワークの構成を示す。放送システムから放送型配信で放送されるデータを受信可能なエリアでは、ユーザはデータを受信すると同時に、サーバからオンデマンド型配信で残りのデータを受信する。

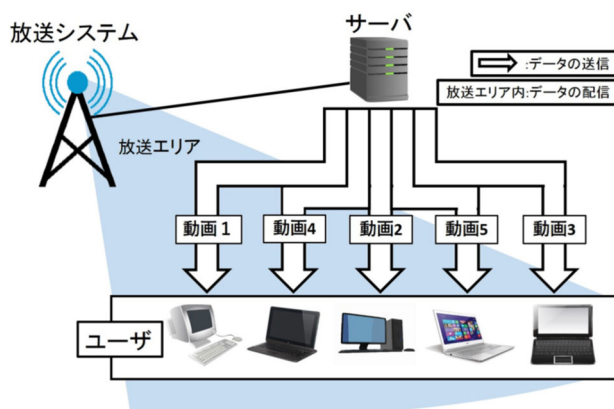


図 1: 放送通信融合環境における配信ネットワークの構成

図 2 に、ユーザがサーバからデータを受信しながら再生する様子を示す。サーバはデータを N 個のセグメント (S_1, \dots, S_N) に分割し、放送チャンネルと通信チャンネルを用いて、受信を要求するユーザにセグメントを配信する。 S_1 は連続メディアデータを N 分割したときの 1 番目の部分であり、右に行くほど時間が経過している。ユーザは、サーバにデータの受信を要求した後、次に配信されるセグメントから受信を開始する。受信したセグメントはバッファに保存され、ユーザは S_1 の受信が完了するとデータの再生を開始する。放送チャンネルと通信チャンネルの帯域幅はそれぞれ 5.0 Mbps, 再生レートは 5.0 Mbps とする。サーバは、放送チャンネルと通信チャンネルを一つずつもち、ユーザ A, B とそれぞれ接続する。また、配信中は各タイムスロット t_i に

において、サーバは放送チャンネルと通信チャンネルでそれぞれ配信するセグメントを決定する。

図2の場合、時刻 t_0 にユーザ A がデータの受信をサーバに要求すると、サーバは放送チャンネルで S1、通信チャンネルで S2 を順番にスケジューリングし、ユーザ A に配信する。次に、時刻 t_1 にユーザ B がデータの受信を要求すると、サーバは放送チャンネルで S1、通信チャンネルで S3 を順番にスケジューリングし、ユーザ A, B に配信する。このとき、ユーザ A は S3、ユーザ B は S1 および S3 をそれぞれ受信する。また、ユーザ B の再生中断時間は、ユーザ A と同様に、S1 の受信時間のみとなる。次に、時刻 t_2 では、サーバは放送チャンネルで S2、通信チャンネルで S4 を順番にスケジューリングし、ユーザ A は S4、ユーザ B は S2 および S4 をそれぞれ受信する。最後に、時刻 t_3 以降では、ユーザ A, B は S5 以降のセグメントを要求する。このとき、ユーザ A, B の再生中断時間は、どちらも S1 の受信時間のみとなる。サーバは、通信チャンネルを用いず、放送チャンネルのみを用いて S5 以降のセグメントを順番に配信する。以上より、サーバは、新規のユーザ要求に対して、通信チャンネルでセグメントを配信できる。また、サーバは、放送チャンネルと通信チャンネルを両方使用することで、受信を要求するユーザの平均再生中断時間を短縮できる。

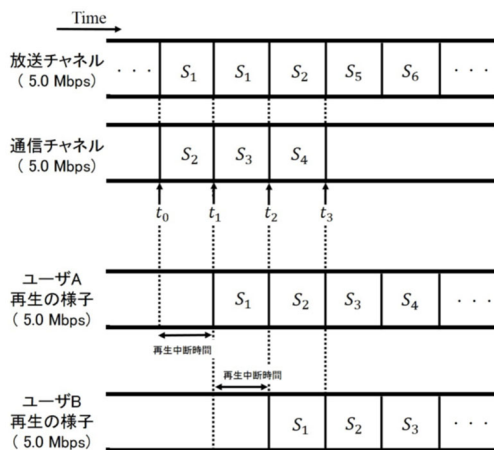


図2: 放送通信融合環境におけるデータ配信

(2) 提案するスケジューリング手法

放送通信融合環境において、端末伝送型ストリーミング配信を用いてユーザの再生中断時間を短縮するスケジューリング手法として、Shortest Extra Time considering User Behavior (SET-UB) 法を提案する。提案手法では、従来の放送方式と通信方式による配信とともに、すべてのセグメントをもつ端末であるスーパーノードが端末間でセグメントを配信する端末伝送方式を用いることで、再生中断時間を短縮する。

提案手法のスケジューリング手順について説明する。提案手法では、各タイムスロット t_j ($j = x, x+1, \dots, x+G-1$) において、放送方式、通信方式、および端末伝送方式の順番でセグメントをスケジューリングする。各タイムスロットでは、すべての方式でスケジューリングが終了した後に次のタイムスロットへ移動し、 G 個のタイムスロット t_x, \dots, t_{x+G-1} において、すべてのチャンネルでセグメントのスケジューリングが完了するまで繰り返す。また、 G 個のタイムスロットでスケジューリングが完了した後、次の G 個のタイムスロットでスケジューリングを行い、以降繰り返す。

(3) 提案手法の導入例

提案手法のスケジューリング例を説明する。同時割り当てセグメント数 G は 2、参加ユーザ数は 3、放送帯域は 2.0 Mbps、通信帯域は 1 ユーザのみに 2.0 Mbps を割り当てる。また、提案手法の場合、端末伝送方式で用いる端末間チャンネルの帯域幅は 2.0 Mbps とする。

図3に、提案手法のスケジューリング例を示す。ユーザ 3 が時刻 t_0 で配信ネットワークに接続し、時刻 t_2 で配信ネットワークから離脱する場合を考える。時刻 t_0 において、放送方式で S6、通信方式で S1 をそれぞれスケジューリングする。次に、端末伝送方式では、ユーザ 1, 2 が S7、ユーザ 3 が S2 をそれぞれ要求しており、ユーザから要求されたセグメントのうちもっとも若番となる S2 をスケジューリングする。この後、タイムスロットが t_1 に移動する。

時刻 t_1 において、放送方式で S7 をスケジューリングし、通信方式では該当するユーザがいないためスケジューリングしない。次に、端末伝送方式では、ユーザ 1, 2 が S8、ユーザ 3 が S3 をそれぞれ要求しており、ユーザから要求されたセグメントのうちもっとも若番となる S3 をスケジューリングする。

時刻 t_2 において、ユーザ 3 が配信ネットワークから離脱する。このとき、放送方式で S8 をユーザ 1, 2 に配信し、端末伝送方式で S9 をユーザ 1 に配信する。また、時刻 t_3 において、放送方式で S10 をユーザ 1, 2 に配信し、端末伝送方式で S9 をユーザ 2 に配信する。なお、通信方式では、時刻 t_2, t_3 それぞれにおいて、セグメントをスケジューリングしない。以降、 G 個ずつタイムスロットを移動させてスケジューリングを行う。

図3の場合、再生中断時間の発生はユーザ3における t_0 から t_1 の間のみとなり、既存手法に比べて再生中断時間を短縮する。また、提案手法では、ユーザの離脱を考慮したスケジューリングを行うことで、再生中断時間の発生を抑える。

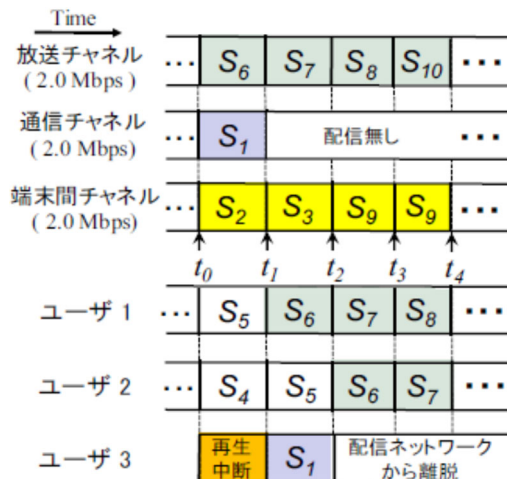


図3: 提案手法のスケジューリング例

(4) 評価

本研究では、提案手法の有用性を確認するため、提案手法および既存手法である G-SET-C 法と SET-HB 法について、平均再生中断時間を比較する。平均再生中断時間は、すべてのユーザにおける再生中断時間の合計を最後まで接続したユーザ数で除した値である。

① サーバの放送帯域における影響

サーバの放送帯域が 1.0 Mbps から 8.0 Mbps の範囲で変化した場合における平均再生中断時間の変化について、動画の再生時間が 1 分の場合の結果を図4に示す。横軸はサーバの放送帯域、縦軸は平均再生中断時間とする。

図4より、提案手法の平均再生中断時間は既存手法である G-SET-C 法および SET-HB 法より短い。サーバの放送帯域が増加すると G 個のセグメントの配信時間が短くなり、再生中断時間は短縮する。また、放送帯域が 1.0 Mbps から 2.0 Mbps の間で、平均再生中断時間は大きく変化した。サーバの放送帯域が 1.0 Mbps の場合、ユーザの通信帯域と同じとなる。このとき、通信方式によるセグメントの配信回数が増加し、ユーザ全体で使用する通信帯域が増加するため、再生中断時間が長大化するユーザ数が増加し、平均再生中断時間は長大化する。

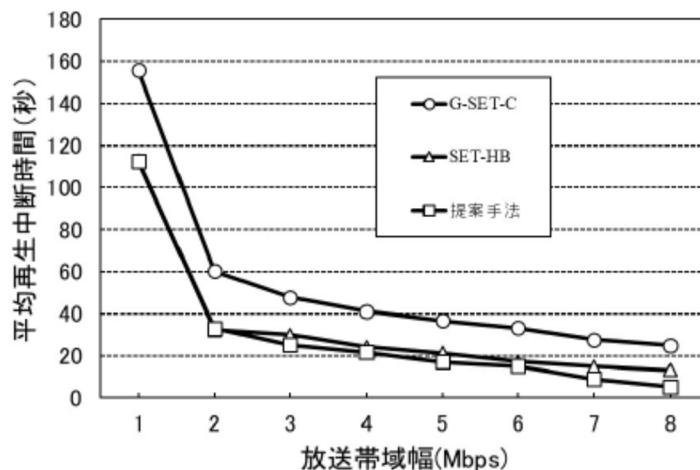


図4: サーバの放送帯域と平均再生中断時間

② ユーザの通信帯域による影響

ユーザの通信帯域が 1.0 Mbps から 8.0 Mbps の範囲で変化した場合における平均再生中断時間の変化について、動画の再生時間が 1 分の場合の結果を図5に示す。横軸はユーザの通信帯域、縦軸は平均再生中断時間とする。また、受信を要求するユーザ数の増加に応じて通信帯域の割当て契機を同じにするため、ユーザの通信帯域に比例してサーバが使用できる帯域幅を変化させる。例えば、ユーザの通信帯域が 1.0 Mbps およびサーバで使用できる帯域幅が 30 Mbps の場合、ユーザの通信帯域を 2.0 Mbps に変化すると、サーバで使用できる帯域幅は 60 Mbps となる。

図5より、提案手法の平均再生中断時間は既存手法 G-SET-C 法および SET-HB 法より短い。ユーザの通信帯域が増加すると、セグメントの配信時間が短くなり、平均再生中断時間は短縮する。

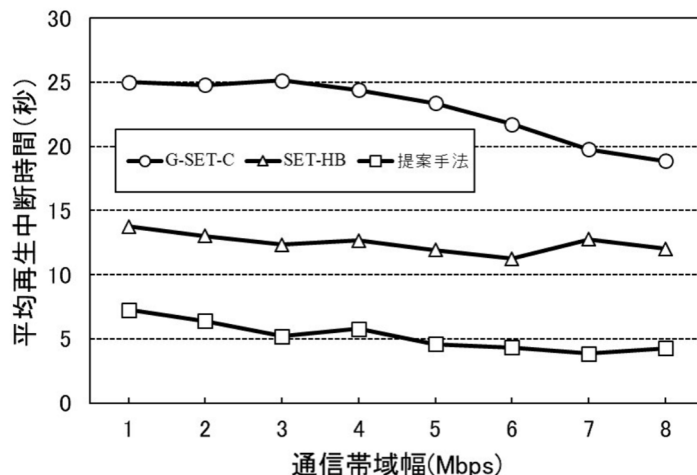


図5: ユーザの通信帯域と平均再生中断時間

③ 参加ユーザ数による影響

参加ユーザ数が 100 から 600 の範囲で変化した場合における平均再生中断時間の変化について、動画の再生時間が 1 分の場合の結果を図 6 に示す。横軸はユーザ数、縦軸は平均再生中断時間とする。

図 6 より、提案手法の平均中断時間は既存手法 G-SET-C 法および SET-HB 法より短い。ユーザ数が増加すると、スケジューリングの候補となるセグメント数が増加する。このとき、ユーザの受信時間が増加するため、平均再生中断時間は長大化する。

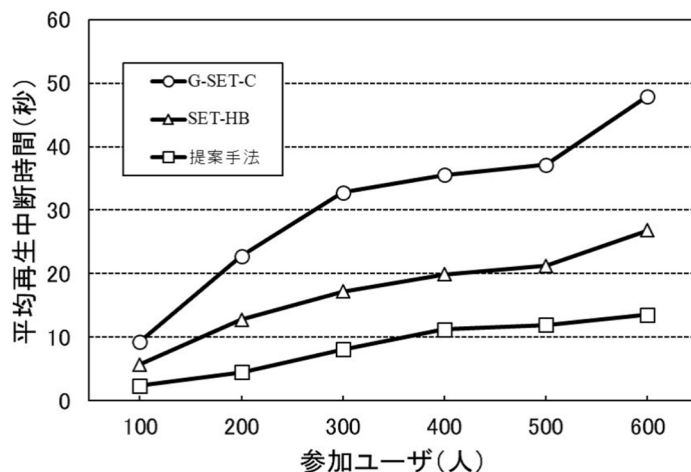


図6: 参加ユーザ数と平均再生中断時間

4. 研究成果

本研究では、放送通信融合環境において、端末伝送型ストリーミング配信を用いて配信スケジュールを作成することでユーザの再生中断時間を短縮するスケジューリング手法を提案した。提案手法では、放送方式と通信方式とともに、スーパーノードから端末伝送型ストリーミング配信を用いた端末伝送方式でセグメントを配信することで、ユーザの再生中断時間を短縮する。評価では、サーバの放送帯域、ユーザの通信帯域、参加ユーザ数について、提案手法および既存手法でそれぞれ発生する再生中断時間を比較した。評価の結果、すべての評価項目について、提案手法は既存手法に比べて再生中断時間を短縮できることを確認した。

<引用文献>

- ① 総務省 : 情報通信白書令和元年版(オンライン), 入手先 <<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/r01/>> (参照 2022-06-03).
- ② Daichi Fukui and Yusuke Gotoh, "A Scheduling Method for Switching Playback Speed in Selective Contents Broadcasting," , Journal of Mobile Multimedia, 査読有, Vol.12, No.3&4, pp.181-196 (2017).
- ③ 井上 祐輔, 木村 明寛, 後藤 佑介, "複数動画を同期配信する分割放送型配信システム," , 情報処理学会論文誌, 査読有, Vol.58, No.2, pp.356-365 (2017).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 T. Fujita and Y. Gotoh	4. 巻 11
2. 論文標題 Design and Implementation of Broadcasting System for Selective Contents Considering Interruption Time	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Grid and Utility Computing (IJGUC)	6. 最初と最後の頁 409-418
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1504/IJGUC.2020.107624	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Takeshi Ozaki, Yusuke Gotoh	4. 巻 14
2. 論文標題 Implementation and Evaluation of Hybrid Broadcasting System for Webcasts	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 International Journal of Web and Grid Services (IJWGS)	6. 最初と最後の頁 288-304
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計22件（うち招待講演 0件／うち国際学会 11件）

1. 発表者名 Yusuke Gotoh, Kenta Fukuma, Koji Sakai, and Koji Masui
2. 発表標題 Puncture Localization Method Utilizing Motion Sensor to Support CT-Guided Percutaneous Puncture
3. 学会等名 The 19th International Conference on Advances in Mobile Computing and Multimedia (MoMM 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yusuke Gotoh and Yuko Wakasa
2. 発表標題 A Scheduling Method for Bandwidth-Aware Cyclic Delivery in Division-Based Broadcasting
3. 学会等名 IEEE 10th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yusuke Gotoh and Takayuki Oishi
2. 発表標題 A Consideration of Delivering Method for Super-Resolution Video
3. 学会等名 The 10th International Workshop on Advances in Data Engineering and Mobile Computing (DEMoC-2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 勝野恵太, 後藤佑介
2. 発表標題 動画データの分割放送型配信におけるチャンネルの帯域幅を考慮した配信スケジュールの動的更新手法の提案
3. 学会等名 情報処理学会研究報告 (マルチメディア通信と分散処理研究会 2021-DPS-188)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小山天, 後藤佑介
2. 発表標題 無線LAN環境における複数のモバイル端末を用いたライブ配信システムの提案
3. 学会等名 情報処理学会研究報告 (マルチメディア通信と分散処理研究会 2021-DPS-187)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大石貴之, 後藤佑介
2. 発表標題 動画配信におけるフレームの特徴量に基づく映像の超解像処理手法の提案
3. 学会等名 情報処理学会研究報告 (マルチメディア通信と分散処理研究会 2021-DPS-187)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 武田碧生, 後藤佑介, 酒井晃二, 廣田達哉, 小原雄, 内山彰, 乃村能成
2. 発表標題 医師のワークライフバランスを考慮した勤務スケジュール作成手法の提案
3. 学会等名 情報処理学会研究報告 (マルチメディア通信と分散処理研究会 2021-DPS-187)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 常友琉成, 後藤佑介
2. 発表標題 位置情報探索におけるSLAMを用いた屋内向けARナビゲーションシステムの提案
3. 学会等名 情報処理学会研究報告 (マルチメディア通信と分散処理研究会 2021-DPS-187)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yusuke Gotoh and Hayato Takahara
2. 発表標題 A Scheduling Method to Reduce Interruption Time in Broadcast and Communication Integration Environments
3. 学会等名 The 17th International Conference on Advances in Mobile Computing and Multimedia (MoMM 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yusuke Gotoh and Keisuke Kuroda
2. 発表標題 A Scheduling Method of Division-Based Broadcasting Considering Delivery Cycle
3. 学会等名 The 10th International Workshop on Streaming Media Delivery and Management Systems (SMDMS 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yusuke Gotoh and Kanto Nishino
2. 発表標題 A Scheduling Method for Division-Based Broadcasting Considering Consumption Rate of Multiple Videos
3. 学会等名 The 9th International Workshop on Advances in Data Engineering and Mobile Computing (DEMoC-2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大石貴之, 後藤佑介
2. 発表標題 再生中の動画品質を変更可能な分割放送型配信システムの提案
3. 学会等名 情報処理学会研究報告
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Toshihiro Kotani and Yusuke Gotoh
2. 発表標題 High-Performance Computing Environment with Cooperation Between Supercomputer and Cloud
3. 学会等名 The 10th International Workshop on Streaming Media Delivery and Management Systems (SMDMS 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sshunpei Kanamoto and Yusuke Gotoh
2. 発表標題 A Division-based Broadcasting System Considering Dynamic Updates of Delivery Schedule
3. 学会等名 The 17th International Conference on Advances in Mobile Computing and Multimedia (MoMM 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高原颯人, 後藤佑介
2. 発表標題 放送通信融合環境における端末伝送型ストリーミング配信を用いた再生中断時間短縮手法
3. 学会等名 情報処理学会研究報告
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高原颯人, 後藤佑介
2. 発表標題 放送通信融合環境におけるユーザの視聴契機を考慮した再生中断時間短縮手法の提案
3. 学会等名 情報処理学会研究報告 (マルチメディア通信と分散処理研究会 2018-DPS-175)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yusuke Gotoh, Ken Ohta
2. 発表標題 A Scheduling Method for On-Demand Delivery of Selective Contents Considering Selection Time
3. 学会等名 The 18th International Conference on Computational Science and Applications (ICCSA 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 井上勇, 後藤佑介
2. 発表標題 再生中断契機を考慮した動画データ放送における待ち時間短縮手法の提案
3. 学会等名 第16回情報科学技術フォーラム(FIT2018)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takuro Fujita, Yusuke Gotoh
2. 発表標題 Evaluation of Broadcasting System for Selective Contents Considering Interruption Time
3. 学会等名 The 7th International Workshop on Advances in Data Engineering and Mobile Computing (DEMoC-2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ren Manabe, Yusuke Gotoh
2. 発表標題 Evaluation of Scheduling Method for Division Based Broadcasting of Multiple Video Considering Data Size
3. 学会等名 The 9th International Workshop on Streaming Media Delivery and Management Systems (SMDMS 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 今雪聡太, 後藤佑介
2. 発表標題 モバイル環境における端末間直接通信を用いたマルチカメラによるライブ配信システムの提案
3. 学会等名 第26回マルチメディア通信と分散処理ワークショップ(DPSWS2018)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 金本俊平, 後藤佑介
2. 発表標題 配信スケジュールの動的更新を考慮した分割放送型配信システム
3. 学会等名 第26回マルチメディア通信と分散処理ワークショップ(DPSWS2018)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担 者	江原 康生 (Ebara Yasuo) (40324686)	大阪電気通信大学・情報通信工学部・教授 (34412)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------