

令和 6 年 5 月 8 日現在

機関番号：13903

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K11788

研究課題名（和文）ICN/CCN技術を利用した同期ストリーミングプラットフォーム構築の研究

研究課題名（英文）A Study of Synchronized Streaming Platform by means of ICN/CCN Technologies

研究代表者

布目 敏郎（Nunome, Toshiro）

名古屋工業大学・工学（系）研究科（研究院）・准教授

研究者番号：10345944

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,900,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、様々な発信源からのマルチメディア情報（とくに映像）を一手に扱い、それをユーザにシームレスに見せることができる同期ストリーミングプラットフォーム実現を旨とした基盤技術の研究を行った。
ns-3/ccns3simを用いたシミュレーション環境において、ICN/CCNの特徴である中間ノードキャッシュについて、QoE向上につながる制御方法を提案し、その有効性を示した。
また、NICTにより開発されたCeforeを利用した実機実験環境において、多視点ビデオ・音声伝送に適したキャッシュ制御方法を提案し、その有効性をQoE評価により明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で検討した基盤技術である情報指向ネットワークの中間ノードにおけるキャッシュ制御方法は、映像配信がネットワークに最初から備わる基本機能の一つとなるための一助となるものである。
また、本研究で対象とした多視点ビデオ・音声伝送は、視点切り替え型のアプリケーションのみならず、他のアプリケーションへの応用も期待しうるものである。
これらの研究成果は、コンテンツ配信の自由化・民主化をはかり、自由なコンテンツ配信による開かれた社会の実現を促進するものとなる。

研究成果の概要（英文）：This study investigates fundamental technologies that can realize a synchronous streaming platform that can handle multimedia information (especially video) from various sources and seamlessly display it to the user.
In a simulation environment using ns-3/ccns3sim, we proposed a cache control method for the intermediate node, a feature of ICN/CCN, to enhance QoE.
In addition, we proposed a cache control method suitable for multi-view video and audio transmission and evaluated the effectiveness in an experimental environment using Cefore, which NICT develops.

研究分野：情報ネットワーク

キーワード：ICN/CCN Information Centric Content Centric 音声・ビデオ伝送 メディア同期 キャッシュ制御 QoE

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

災害現場や民主化デモなど、従来のマスメディアでない送信源によるビデオストリーミングが主役となる場面が増えてきている。SNS などにより、単体のビデオストリームへのアクセスは容易となりつつあるも、複数のビデオストリームをシームレスに切り替えたりすることで、俯瞰的に扱えるといったような仕組みは存在していない。人々の直接手の届かないところの状況を知りたいという要求を満たすものとして社会的に強く期待される技術である。

このような仕組みの実現には、従来型 IP ネットワークにおけるサーバへのコンテンツ要求とは異なる、コンテンツをキーとした情報へのアクセスを可能とする ICN/CCN (Information-Centric Networking/Content-Centric Networking) の技術を援用するのが有望である。従来のクライアント・サーバモデルに縛られず、コンテンツにつけられた識別子により一元的にアクセスする手立てを提供できる。しかし、従来のインターネットにおける IP ベースの伝送とは違う問題が存在する。その一つが、情報の送信元が偏在することによるユーザへの到着タイミングのばらつきへの対処である。ICN/CCN では中間ノードがキャッシュすることによりメディアの効率的な配信を助けることができる。このため、情報の発生源と送信元とは異なりうるし、送信元のネットワーク上あるいは地理的な場所が情報の発生源に近いとも限らない。

ユーザが複数の映像を視聴する際、到着タイミングにばらつきが生じると、同じ時刻の映像がずれて表示されたり、映像を切り替えた際に巻き戻ったりといった現象が生じる。これは、サービスの受け手となるユーザにとって不快なものとなる。したがって、遍在する送信源から到着するメディアの同期出力の問題に対処することが必要となる。このような問題に対処するのが、メディア発生源とメディア出力先との間でメディアの時間的な関係を維持するメディア同期制御である。

メディア同期を高精度に実現するには、ネットワーク遅延揺らぎを吸収するためのバッファリング時間を大きくすればよい。一方で、多視点ビデオにおけるユーザによるインタラクティブな映像切り替えを違和感なく実現するには、バッファリング時間を小さくし、メディア出力までの遅延を小さく抑える必要がある。すなわちトレードオフの関係にある。また、そのようなメディア同期制御を経たメディアを受容するのは人間である。どの程度の同期精度が実現されれば人間にとって満足できるものとなるか、ICN/CCN においてそのような同期精度を実現するにはどのような手法が必要か、学術的に解明される必要がある。

2. 研究の目的

本研究では、様々な発信源からのマルチメディア情報(とくに映像)を一手に扱い、それをユーザにシームレスに見せることができる同期ストリーミングプラットフォーム実現を目指す。複数の一般ユーザにより個別に生成されたビデオを、さもコントロールされた多視点ビデオを見ているかのように切り替えながら、あるいは複数のビデオを同時に視聴できるようにするための基盤技術の研究を行う。ときには画質・音質の制御も含める。

3. 研究の方法

研究は計算機シミュレーションと実機実験を用いて行った。

シミュレーションには、ns-3 のための ICN/CCN 実装の一つである ccns3sim を用いた。また、シミュレーションにより得られたビデオ・音声の出力タイミング情報から実際に出力されるビデオ・音声ストリームを生成し、それを被験者に評価してもらう主観評価実験を行った。

実機実験には、NICT により開発されている ICN/CCN ソフトウェアである Cefore を利用した。ICN/CCN の実機による実験環境に多視点ビデオ・音声伝送を実装した。

4. 研究成果

計算機シミュレーション、実機実験、それぞれにおいて得られた成果に言及する。これらの成果は、24 件の論文(うち 11 件は査読付き)、3 件の発表(うち 1 件は招待講演)により公表している。

(1) 計算機シミュレーション

まずは、ns-3 のための ICN/CCN 実装の一つである ccns3sim を用いたシミュレーション環境を

構築し、マルチメディア伝送を行う場合に生じる基本的なメディア同期の問題について、アプリケーションレベル QoS の面から評価を行った。これにより ICN/CCN における QoE に影響を及ぼす要因を調査した【2020 年 11 月電子情報通信学会 CQ 研究会で発表】。

1 台の情報源 (Producer) から複数の音声・ビデオ端末 (Consumer) に対してマルチメディア伝送を行う場合に、ICN/CCN の特徴である中間ノードにおけるキャッシュのサイズやキャッシュ判断方式がアプリケーションレベル QoS に及ぼす影響を調査した。合わせて、限られた被験者ではあるが、主観評価実験による QoE 評価も実施している【ITNAC 2022 などで発表】。

QoE 向上を目指した中間ノードのキャッシュ判断方式を提案し、その QoE を評価した。複数のストリームが存在する環境下において、さらに QoE の向上を図る手法の提案も行い、QoE 評価実験によりその有効性を明らかにした【ITE Trans. MTA 2024 年 1 月号などで発表】。

ICN/CCN のアクセス網として無線 LAN グループキャストを用いることを想定し、信頼性グループキャスト方式がビデオ・音声伝送の QoE に及ぼす影響を評価した。また、複数の信頼性グループキャスト方式を切り替える方式を提案し、その有効性を明らかにした。さらに、現在標準化が進んでいる無線 LAN 規格 IEEE 802.11be の新機能である MLO (Multi-Link Operation) をビデオ・音声伝送に適した形で利用する基礎検討を行った【2024 年電子情報通信学会総合大会で発表】。

(2) 実機実験

まず、ICN/CCN 環境でない従来型の IP ネットワークを対象とし、いくつかの基礎検討を行った。複数の発信手から送信される多視点ビデオを扱う際の同期ずれの問題について、同期ずれが QoE に及ぼす影響の評価実験を行った【ICCE-TW 2021 などで発表】。また、音声・ビデオ伝送において、その一部が欠落した場合に対処するために、QoE を考慮してビデオ誤り補償とフレームスキップを組み合わせる手法にアプリケーションレベルでの誤り訂正符号を組み合わせた方式を検討し、その有効性を QoE 評価により示した【ICETC 2020 で発表】。さらに、従来の IP ネットワーク上の MPEG-DASH を用いた多視点ビデオ・音声配信におけるビットレート制御方式の QoE 比較を実験により行った。これらは将来的な ICN/CCN への援用を想定してのものとなる【ICCE-TW 2023 などで発表】。

次に、NICT により開発されている ICN/CCN ソフトウェアである Cefore を利用し、ICN/CCN の実機による評価環境を構築した。1 台の情報源、2 台のルータ、及び 2 台の音声・ビデオ端末が存在する基礎的な環境において、2 台の端末の情報取得要求タイミングとメディア同期制御パラメータがアプリケーションレベル QoS に及ぼす影響を評価した【ISNCC 2022 などで発表】。

Cefore を用いた多視点ビデオ・音声伝送環境を構築し、伝送実験を行い、QoE を評価した【TENCON 2023 などで発表】。そして、多視点ビデオ・音声伝送に適したキャッシュ制御方式を提案し、その有効性を QoE 評価により明らかにした【GEM 2024 などで発表】。

このような研究を通じて、同期ストリーミングプラットフォーム実現のための基礎技術の蓄積を着実に実施することができたと考える。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計24件（うち査読付論文 11件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Toshiro Nunome, Minoru Ishida	4. 巻 -
2. 論文標題 QoE comparison of retransmission and AL-FEC on audiovisual groupcast over wireless LANs	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proc. 13th International Conference on Ubiquitous and Future Networks (ICUFN 2022)	6. 最初と最後の頁 100-105
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ICUFN55119.2022.9829667	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 Toshiro Nunome	4. 巻 -
2. 論文標題 Video and audio transmission quality enhancement over CCN by means of access timing and media synchronization control	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proc. 2022 International Symposium on Networks, Computers and Communications (ISNCC 2022)	6. 最初と最後の頁 1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ISNCC55209.2022.9851781	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 Keisuke Kobayashi, Toshiro Nunome	4. 巻 -
2. 論文標題 The impact of ICN/CCN cache decision policies on video and audio transmission QoE	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proc. 32nd International Telecommunication Networks and Applications Conference (ITNAC 2022)	6. 最初と最後の頁 207-212
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ITNAC55475.2022.9998387	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 高田 祥之, 布目 敏郎	4. 巻 CQ2022-12
2. 論文標題 ICN/CCNにおける多視点ビデオ・音声伝送実験	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 電子情報通信学会技術研究報告	6. 最初と最後の頁 62-67
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 無
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 若山 大和, 布目 敏郎	4. 巻 CQ2022-17
2. 論文標題 MPEG-DASH多視点ビデオ・音声配信におけるビットレート制御方式の比較	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 電子情報通信学会技術研究報告	6. 最初と最後の頁 1-6
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 無
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 石田 稔, 布目 敏郎	4. 巻 CQ2022-46
2. 論文標題 無線LAN音声・ビデオグループキャストにおけるBlock AckとUnsolicited Retryの組み合わせ方式	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 電子情報通信学会技術研究報告	6. 最初と最後の頁 120-125
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 無
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 小林 圭佑, 布目 敏郎	4. 巻 CQ2022-63
2. 論文標題 ICN/CCNにおけるビデオ・音声伝送QoE向上のためのキャッシュ判断方式の一検討	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 電子情報通信学会技術研究報告	6. 最初と最後の頁 11-16
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 無
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 小林 圭佑, 布目 敏郎	4. 巻 CQ2022-85
2. 論文標題 ICN/CCNにおける複数ビデオ・音声ストリーム存在下でのQoE向上のためのキャッシュ判断方式の一検討	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 電子情報通信学会技術研究報告	6. 最初と最後の頁 31-36
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 無
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 Nunome Toshiro, Ito Takuro	4. 巻 E5-2
2. 論文標題 The Effect of Time Lag between Servers on QoE of Multi-View Video and Audio Transmission	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proc. IEEE International Conference on Consumer Electronics - Taiwan (ICCE-TW 2021)	6. 最初と最後の頁 1-2
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ICCE-TW52618.2021.9603161	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 小林 圭佑, 布目 敏郎	4. 巻 vol.121, no.421
2. 論文標題 ICN/CCNにおけるキャッシュ判断方式がビデオ・音声伝送のQoEに及ぼす影響	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 電子情報通信学会技術研究報告	6. 最初と最後の頁 148-153
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 無
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 布目 敏郎	4. 巻 B-11-4
2. 論文標題 CCNにおける複数クライアントアクセスタイミングがビデオ・音声出力品質に及ぼす影響	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 電子情報通信学会2021年ソサイエティ大会講演論文集	6. 最初と最後の頁 129
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 無
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 小林 圭佑, 布目 敏郎	4. 巻 vol.121, no.133
2. 論文標題 ICN/CCNにおけるコンテンツストアサイズがビデオ・音声伝送のQoEに及ぼす影響	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 電子情報通信学会技術研究報告	6. 最初と最後の頁 70-74
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 無
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 布目 敏郎	4. 巻 vol. 120, no. 258
2. 論文標題 CCNコンテンツストアサイズがビデオ・音声伝送のアプリケーションレベルQoSに及ぼす影響	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 電子情報通信学会技術研究報告	6. 最初と最後の頁 22-25
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 無
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 T. Nunome and T. Kiyomiya	4. 巻 D3-5
2. 論文標題 Joint effect of QoE-based video output scheme SCS and MMT AL-FEC on QoE of H.264 video and audio transmission	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proc. 2020 International Conference on Emerging Technologies for Communications (ICETC 2020)	6. 最初と最後の頁 1-3
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 -

1. 著者名 Nunome Toshiro, Kobayashi Keisuke	4. 巻 12
2. 論文標題 [Paper] A Cache Decision Policy for QoE Enhancement of Video and Audio Transmission over ICN/CCN	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 ITE Transactions on Media Technology and Applications	6. 最初と最後の頁 143 ~ 152
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3169/mta.12.143	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Ishida Minoru, Nunome Toshiro	4. 巻 1
2. 論文標題 Audiovisual Groupcast QoE Enhancement by Switching Unsolicited Retry and Block Ack over a Wireless LAN	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Proc. 19th International Wireless Communications & Mobile Computing Conference (IWCMC 2023)	6. 最初と最後の頁 657-662
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/IWCMC58020.2023.10182998	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 Nunome Toshiro, Wakayama Yamato	4. 巻 1
2. 論文標題 The Effect of Bitrate Control Methods of MPEG-DASH Streaming on Multi-View Video and Audio QoE	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Proc. IEEE International Conference on Consumer Electronics - Taiwan (ICCE-TW 2023)	6. 最初と最後の頁 475-476
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ICCE-Taiwan58799.2023.10226851	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 Nunome Toshiro	4. 巻 1
2. 論文標題 The Effect of User Attributes on QoE of Transmission and Presentation Methods for Multi-View Video and Audio IP Transmission	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Proc. IEEE/IEIE International Conference on Consumer Electronics Asia (ICCE-Asia 2023)	6. 最初と最後の頁 255-258
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ICCE-Asia59966.2023.10326353	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 Nunome Toshiro, Takada Yoshiyuki	4. 巻 1
2. 論文標題 The Effect of Viewpoint Change Strategies on Multi-View Video and Audio Transmission QoE Over ICN/CCN	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Proc. IEEE Region 10 Conference (TENCON 2023)	6. 最初と最後の頁 254-259
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TENCON58879.2023.10322492	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 高田 祥之, 布目 敏郎	4. 巻 CQ2023-7
2. 論文標題 ICN/CCNキャッシュ判断方式が多視点ビデオ・音声伝送品質に及ぼす影響	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 電子情報通信学会技術研究報告	6. 最初と最後の頁 26-31
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 無
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 高田 祥之, 布目 敏郎	4. 巻 CQ2023-49
2. 論文標題 ICN/CCNにおける多視点ビデオ・音声伝送QoE向上のためのキャッシュ制御方式の一検討	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 電子情報通信学会技術研究報告	6. 最初と最後の頁 61-66
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 無
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 平岩 龍二, 布目 敏郎	4. 巻 B-11-1
2. 論文標題 ICN/CCN上のアダプティブビットレートビデオ・音声伝送におけるコンテンツストアの動作がQoSに及ぼす影響	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 2023年電子情報通信学会ソサイエティ大会講演論文集	6. 最初と最後の頁 1
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 無
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 布目 敏郎	4. 巻 B-11-15
2. 論文標題 IEEE 802.11be ML0におけるリンクマッピングがビデオ・音声ストリーミング品質に及ぼす影響	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 2024年電子情報通信学会総合大会	6. 最初と最後の頁 1
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 無
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 Takada Yoshiyuki, Nunome Toshiro	4. 巻 1
2. 論文標題 QoE Enhancement of Multi-View Video Transmission Over ICN/CCN by Means of Cache Control Method	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Proc. IEEE CTSoc Gaming, Entertainment and Media Conference (GEM 2024)	6. 最初と最後の頁 to appear
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3件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 布目 敏郎
2. 発表標題 ユーザ体感品質QoEとそれに基づいたネットワーク制御
3. 学会等名 令和4年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 布目 敏郎
2. 発表標題 CCNにおける複数クライアントアクセスタイミングとメディア同期制御によるビデオ・音声伝送の出力品質向上
3. 学会等名 電子情報通信学会第20回ICN研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 伊藤 卓郎, 布目 敏郎
2. 発表標題 複数サーバによる多視点ビデオ・音声伝送における時刻同期がQoEに及ぼす影響
3. 学会等名 令和2年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会
4. 発表年 2020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

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
---------	---------