

令和 4 年 5 月 30 日現在

機関番号：34416

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17H01740

研究課題名(和文) アプリケーション基盤としてのコンテンツ指向ネットワークの研究

研究課題名(英文) A Study on Content Oriented Networking as Information Infrastructures for Applications

研究代表者

山本 幹 (YAMAMOTO, Miki)

関西大学・システム理工学部・教授

研究者番号：30210561

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,520,000円

研究成果の概要(和文)：本研究課題では、課題のスタート時点では基本アーキテクチャ確立フェーズにあったコンテンツ指向ネットワークに対し、その実用化に向けてはアプリケーションとの連携によるユーザ性能の向上が重要であるとの全く新しい観点に基づき、エンドホストとの連携によりユーザ性能の向上をもたらす新たな技術を開発した。具体的には、キャッシュ制御、輻輳制御、画像適応レート制御について、ネットワークとエンドホストが連携することでユーザの享受する性能を大きく改善する新しい方式を提案し、コンテンツ指向ネットワークの実用化に向けて大きな技術的進展をもたらした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

インターネットトラフィックのほとんどを占めるコンテンツ配信に対し、ネットワーク(NW)とエンドホストが連携することにより、単なるNW資源の有効利用にとどまらず、動画像品質などのユーザが享受する性能の大幅な改善が図れることを明らかにしており、学術的に大きな意義がある。本研究課題はコンテンツ指向NWの実用化に向けた重要な技術を開発し、コンテンツ流通なくては成り立たない現代社会に与える社会的意義は大きい。

研究成果の概要(英文)：In this research project, we developed new network control technologies for content oriented networks which was in a start phase of its research on architecture at the starting point of this research. Our research project was based on the new viewpoint that cooperation of application layer and networks, such as lower layer including network layer, is one of the most important technical issues for realizing the practical use of the content oriented network. More specifically, we developed new technologies in the following three aspects, cache control, congestion control methods, and adaptive rate control by leveraging cooperation of applications and networks. These three technological elements are very important for effective content distribution, which is the most crucial technical issue for the current Internet because traffic volume of content distribution is major part of the whole Internet traffic.

研究分野：情報通信ネットワーク

キーワード：コンテンツ指向ネットワーク キャッシュ制御 輻輳制御 ビデオ配信 トラフィック制御 コンテンツ配信

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。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

本研究をスタートした時点でネットワーク(以下 NW)全体のトラフィックは年間ゼタバイトを超えており、当時の Cisco Whitepaper では 2020 年に量的に NW トラフィックはその倍以上となり、さらにそのうちビデオコンテンツが全体の 8 割以上を占めると予想されていた。現在でもビデオコンテンツがトラフィックのほとんどを占めるという傾向は続いており、NW 内での効率的コンテンツ配信の実現が、NW 研究分野での喫緊の重要研究課題である。この技術課題に対する一つの解として、IP アドレスにより「どこ」との接続を提供するこれまでのロケーションオリエンテッドな NW アーキテクチャから脱却し、「どの」コンテンツを取得するかのみ注力したコンテンツオリエンテッド NW(以下 CON)の基本アーキテクチャが提案された。CON の概念は 2010 年頃いくつかのコンセプト発表があり、研究開始当初はまだ基礎研究段階にあった。この CON では、コンテンツサーバ以外に NW 内ルータのキャッシュからのコンテンツ取得が可能となり、複数ソースからの面的資源運用が可能となる。この空間次元における面的な広がりにより、NW 資源のさらなる効率的運用が期待される。

NW の研究分野では、主としてファイルダウンロード型のコンテンツ配信を想定し、ダウンロード開始時点から終了時点までのいわゆる Flow completion time の短縮を目指した研究が多くみられる。その一方で、近年普及が進んでいるストリーミング型のコンテンツ配信では、数秒単位の時間粒度でコンテンツを断片化し、それぞれに対して適応的にダウンロードを行うため、NW 制御の時間粒度とアプリケーションレベルで要求される時間粒度に大きな隔たりを生じ、単なる Flow completion time の短縮が実際にユーザの体感する特性改善につながらない可能性がある。このことから、上位レイヤのアプリケーションを考慮した NW 制御の実現をもって初めて CON が実用性を供するアーキテクチャとなりうるというコンセプトのもと、「アプリケーション基盤としてのコンテンツ指向ネットワークの研究」と題した本研究課題を着想するに至った。

本研究では、コンテンツ指向ネットワークの研究開発をさらに一歩実用化に近づける全く新しいアプローチとして、コンテンツ指向 NW 制御技術がどのようにアプリケーションと連携し、ユーザに対しアプリケーションレベルでの性能向上を提供できるかという重要な技術課題を扱う。具体的には、アプリケーションにおける時間次元での制御と、NW 内の空間次元での面的制御を、エンド側ならびに NW 内で連携させることで、ユーザに対しアプリケーションレベルでの性能改善を実現する新世代 NW 制御技術を開発する。

2. 研究の目的

本研究では、コンテンツ指向ネットワークの研究開発をさらに一歩実用化に近づける全く新しいアプローチとして、CON 制御技術がどのようにアプリケーションと連携し、ユーザに対しアプリケーションレベルでの性能向上を提供できるかという重要な技術課題を扱う。

具体的には、(1)アプリケーション連携型キャッシュ制御 CON の重要な構成要素である NW 内キャッシュに対し、キャッシュ判断法、キャッシュコンテンツを探索するコンテンツルーティング、などのキャッシュ制御法として新しい手法を開発する、(2)アプリケーション連携型輻輳制御 NW に面上に展開されるコンテンツに対し、複数経路からこれを取得するケースに対応した新しい輻輳制御、CON の特徴を反映したホップバイホップの輻輳制御など、新しい観点での輻輳制御の開発を行う、(3)エンド側アプリケーションにおける画像レート適応制御 NW 内キャッシュと連携する新しい画像レート適応制御や、輻輳制御と連携する画像レート適応制御、さらには 360 度画像に対応した新しい画像レート適応制御など、CON 時代にふさわしい新しい画像レート適応制御の開発を行う、(4)CON における NW 制御 CON の NW 内処理への適用、マルチキャスト通信の実用化などの観点で、さらに新しい手法の開発を行う、ことを目的とする。

3. 研究の方法

本研究は、上記(1)から(4)までの4つのサブ課題で構成される。各サブ課題に対し、研究代表者と分担者で適切に役割分担を行い、協力・連携し研究を進めた。具体的な研究方法は以下の通りである。

(1) キャッシュ制御については、キャッシュ判断法とリクエストルーティングがキャッシュ性能に大きな影響を及ぼすことから、両者の組み合わせに対してどのような手法が有効であるかを検討したうえで、その検討結果をもとに新しいキャッシュ判断法を提案した。アプリケーションにおけるコンテンツ人気度を判断法に利用することで、アプリケーションとの連携による NW 制御の有効性を示した。

(2) 輻輳制御については、CON の「どこからコンテンツを取得してもよい」という特徴を考慮し、複数箇所からのコンテンツ取得に対応した新しい輻輳制御を検討した。また CON の転送がホップバイホップ輻輳制御と親和性が高いことから、この観点での新しい輻輳制御も開発した。

(3) 画像レート適応制御に対しては、まず NW 内のキャッシュされたコンテンツがユーザの視聴品質にどのような影響を及ぼすかを詳細評価した。その結果をもとに、NW 内キャッシュをどのように利用するかを適切に判断する新しいレート適応制御を開発し、アプリケーションとの連携によりユーザ視聴品質を大きく改善できることを示した。

(4) CON の NW 制御に対しては、CON の NW 内処理への適用やマルチキャスト通信の実用化に関して、全く新しい方式の開発を行った。これらの課題においては、本研究で開発した CON 評価ツールに適宜提案方式を実装したうえで、評価を行い、その結果をフィードバックしたうえで提案方式の改良を重ねた。

4. 研究成果

上記研究課題に対し、本研究期間に得られた成果を以下に詳しく述べる。

(1)アプリケーション連携キャッシュ制御

CON のルータにはコンテンツをキャッシュする機能が具備され、キャッシュされたコンテンツが普遍的に NW 内に分布する状況が一般的となる。キャッシュの性能は、主にコンテンツがルータを通過する際にキャッシュするかどうか判断するキャッシュ判断法、およびコンテンツ要求をどの経路で転送するか決定するリクエストルーティングにより決定される。まず基礎評価として、両者の組み合わせによる性能評価を行った。その結果、リクエストパケットをサーバ方向への経路から近隣キャッシュ方向へと誘導する In-Network 誘導を用いたリクエストルーティング Breadcrumbs(以下 BC)と、通過コンテンツをすべてキャッシュする TERC(Transparent En-Route Cache: Cache Everything Everywhere と呼ばれる場合もある)の組み合わせが高いキャッシュヒット性能を示すことを明らかにした。最短経路ルーティングを用いた場合には、キャッシュされるコンテンツが頻繁に入れ替わり高人気コンテンツの滞在時間が比較的低くなる TERC では、他の方式に比べ性能が劣化する(図 1(a): server からのダウンロード以外がキャッシュからのもの)が、BC では TERC により多様化するキャッシュコンテンツを Off Path 上への誘導により発見できることから高い性能を示す(図 1(b): Off Path 上キャッシュへのヒットが増えて高い性能を示す)ことを明らかにし、電子情報通信学会論文誌において発表した。

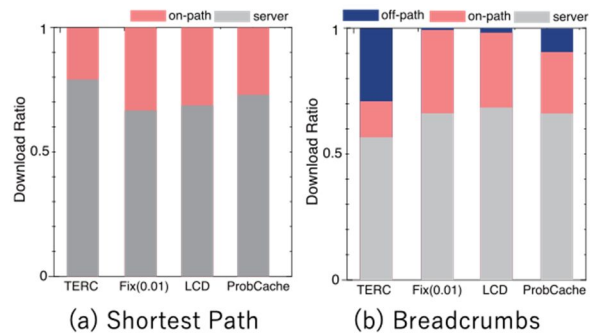


図1 ダウンロード先比率

この知見をもとに、BC に適したキャッシュ判断法として、コンテンツ人気度ならびにルータの centrality(トポロジ中心性)を用いた手法を新たに提案した。この方法を適用すると、人気コンテンツは NW エッジ部分へ、人気のないコンテンツは NW コア部にキャッシュされるように制御でき、キャッシュされるコンテンツの頻繁な入れ替えが抑制される。さらに、BC の In-Network 誘導を適切に利用することで、人気コンテンツをエッジ部分で誘導し、不人気コンテンツについてはコア部分で誘導することで、高いヒット率を実現した。この内容は IEEE CQR Workshop にて発表を行い、Best Paper Award を受賞している。

さらに、基礎評価結果をもとに、BC として複数方向への誘導方向候補をルータで保持し、コンテンツ要求が到着した際の送出先として予測スループットが高い方向を選択する Throughput Sensitive 手法を提案した。最新のダウンロード方向を BC として利用する従来の手法でも、通常のキャッシュを用いた場合に比べ低いコンテンツ取得遅延を実現できるが、提案の Multiple BC を用いた場合にはコンテンツ取得時のスループットの高い方向へとコンテンツ要求を誘導することで、さらに低いコンテンツ取得遅延でより多くのコンテンツ要求を処理できることを明らかにした(図 2)。この内容は NW 研究分野で著名な米国研究者のクロセ先生との共著論文として、電子情報通信学会論文誌で発表している。

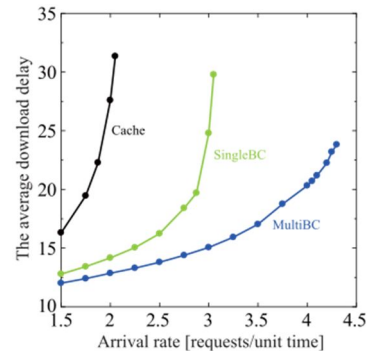


図2 コンテンツ取得遅延特性

また、無線 NW での BC の性能を詳細に分析し、In-NW 誘導により高人気コンテンツのみならず低人気コンテンツに対する性能改善も図れることを明らかにするなど、キャッシュ利用に対する多くの知見と有効な提案方式を開発した。これらの成果は、著名論文誌に掲載されるだけでなく著名国際会議での Best Paper Award を受賞し、計画以上の成果を挙げた。

(2)アプリケーション連携輻輳制御

CON は、コンテンツをどこから取得しても問題ないという基本理念に基づき設計された NW アーキテクチャである。このため、コンテンツの部分ごとに取得先が異なることも可能である。すなわち、リクエストの送信先をルータで決定する際に用いる FIB(Forwarding Information Base)において複数方向を指定可能であり、コンテンツの部分ごとに送出方向が異なることを許容する。CON では、リクエストパケットの到着インタフェースを記録しておき、コンテンツパケットが到着した際には、このインタフェース方向に転送することでコンテンツ転送が可能となる。すなわち、リクエストとコンテンツパケットの転送経路が逆方向で同一であるという特徴がある。このため、リクエストを複数経路に確率的に送出し、その確率を輻輳状況に応じて変更することで、輻輳発生箇所でのコンテンツ流通量を減少させることが可能である。このようなアイデアに基づき、ルータでの分岐方向への転送確率を適切に制御する新しい輻輳制御を提案した(図 3)。

提案手法は、エンドホストにおける輻輳制御と、ルータにおける分岐確率制御により、輻輳箇所へのコンテンツ転送量を適切に制御するものである。この内容については、電子情報通信学会論文誌で発表している。

CONの特徴として、NW内のルータによるキャッシュの存在が挙げられる。コンテンツの一部についてNW内のルータでのキャッシュからのダウンロードが行われると、複数のパケットを連続して取得する場合にパケットごとに往復伝搬遅延(RTT)が大きく変動する問題が発生する。このような環境下では、エンドホストでの適切なウィンドウサイズの決定が難しく、コンテンツのダウンロードにかかる時間が大幅に長くなる問題がある。この問題を解決する手法として、ホップバイホップ型の新しいウィンドウベース輻輳制御手法を提案した。提案方式では、エンド側アプリケーションに加えてコンテンツを中継するNW内の各ルータがウィンドウを管理・制御することで、コンテンツをダウンロードするまでの時間を短縮する手法である。具体的には、図4に示すように、提案方式では、エンド側のconsumerがコンテンツリクエストを送信し、それらをNW内のルータが転送する。提案方式では、ルータが次のルータにコンテンツ要求を転送する際のウィンドウサイズを設定することで、過度のコンテンツ要求の送信を防ぐ方式である。計算機シミュレーションにより、5ノードのダンベルトポロジ等におけるボトルネックリンク利用率、データスループットなどの性能を評価した。その結果、従来のウィンドウベースの輻輳制御方式でのボトルネックリンク利用率が90%程度であったのに対し、提案方式では98%以上となり、その有効性を確認した。この内容は、電子情報通信学会英文論文誌で発表している。

ネットワーク全体が単一のプールされたりソースであるとの考えに基づき、複数パスを用いてコンテンツ取得を行うユーザ間でネットワークリソースを公平に共有する概念としてResource Poolingの概念が提唱されている。IPにおけるこのResource Poolingを具現化するものとして、MPTCP(Multipath TCP)がある。CONでの輻輳制御とシングルソースを想定したMPTCPの根本的な違いは、複数箇所からのコンテンツ取得可能性であり、この環境でのResource Poolingは全く新しい研究課題である。本研究では、CON輻輳制御にResource Poolingの考えを導入した新しい方式を提案した。MPTCPの複数パス間でのウィンドウ制御の考え方を導入することで、図5に示すようにユーザ間でリソースを安定したレートで公平に分配できる事を示した。この内容は、IEEE著名国際会議において発表している。

輻輳制御に関しては、他にも無線NWにおいてホストの移動により接続先基地局が変化するハンドオーバー時にタイムアウトが発生し、長期にわたりウィンドウサイズが大きく減少する問題に対し、ハンドオーバー時に輻輳パラメータを初期化しハンドオーバー後の環境におけるウィンドウサイズの適切なサイズを探索する新しい手法を提案している。この内容は情報処理学会の国際会議において発表している。また、輻輳制御全般の問題として、環境変化時や初期状態における適正なレートへの収束が遅い問題があるが、この問題に対する新しい解決手法を提案し、電子情報通信学会主催国際会議において発表するなど、計画以上の成果を挙げている。

(3) エンドホストでの画像レート適応制御

CONアプリケーションとして動画視聴を考えた場合、NW内キャッシュからのコンテンツ取得は、画像レート適応制御におけるスループット推定の誤推定を引き起こし、ユーザ体感品質(QoE: Quality of Experience)に悪影響を与える可能性がある。本研究では、NW内キャッシュと連携してQoE特性を考慮しながら画像レート選択を行うQoE-ABCを新たに提案した。QoE-ABCでは、中継ルータが利用可能なネットワーク帯域とキャッシュ情報をエンドホストに通知する。画像レート選択アルゴリズムは、ユーザのQoE改善が期待される場合にのみ、ネットワーク内キャッシュからの高品質セグメント獲得を許可することで、QoE劣化を回避しつつ高品質の動画の取得

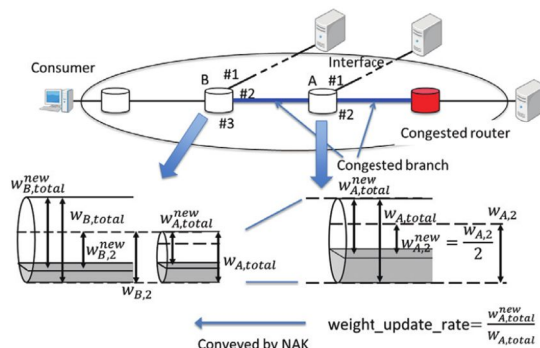


図3 輻輳箇所をもつパスの枝分かれルータでのレート配分

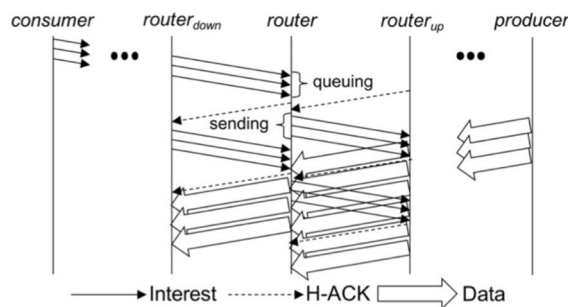


図4 ホップバイホップ型輻輳制御

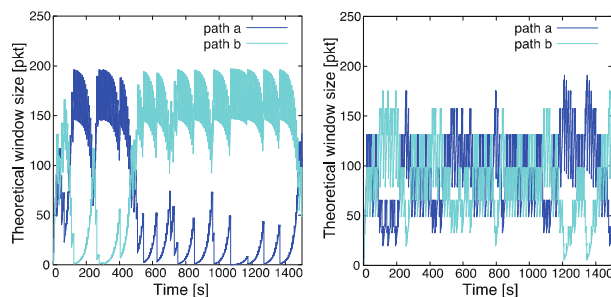


図5 Resource Poolingによる帯域安定

が期待できる。CON ツールを用いた評価により、QoE-ABC が従来の画像レート選択方式と比較して、高レベルの QoE 性能を実現できることを示した(図6)。この成果は、インパクトファクタの高い論文誌 IEEE Access に発表している。

本研究では、画像レート選択と下位レイヤの輻輳制御との相互影響についても検討を行い、画像レート選択手法と輻輳制御アルゴリズムの組み合わせにより、ユーザが享受する QoE 性能の観点での公平性を実現できることを明らかにしている。また、さらに積極的なアプローチとして、画像レート選択手法において、次のセグメントを要求するまでの空き時間(スケジュール時間と呼ばれる)を現在の選択画像レートに応じて設定することで、輻輳制御アルゴリズム間の不公平性を改善する新しい手法を開発した。これらの成果は、IEEE CCNC 2020 国際会議、ならびに電子情報通信学会レター論文誌において発表している。

さらに、CON での動画像伝送に適した階層コーディング SVC (Scalable Video Coding) を対象とし、NW 内のルータでのセグメントのキャッシュヒットにより、エンド側アプリケーションはスループットを過大評価すること明らかにした。この問題を解決する手法として、NW 帯域を考慮することで無駄なトラフィックを削減するコンテンツ要求の送信制御方式を提案した。CON 評価ツールを用いた性能評価により、実際の NW 帯域に比べ品質の高いセグメントを要求することによる無駄なトラフィックの発生を抑制できることを明らかにした。この成果は IEEE の国際会議 CCNC 2019 で発表された。

また、CON における画像レート適応制御に関する招待講演を電子情報通信学会主催国際会議で発表するなど、この分野の啓蒙活動にも貢献し、計画以上の成果を得ている。

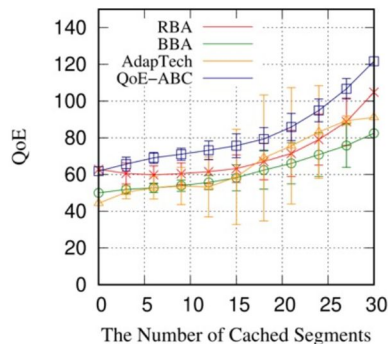


図6 QoE特性の比較評価

(4) CON の NW 制御技術

CON における宛先指定に用いる「名前」は、必ずしもコンテンツのみに適用されるものではなく、例えば NW 内処理も指定できる。このような CON による NW 内処理を対象として、NW 全体に広く分散している複数の機能の中から最適なデータ処理経路を探索するリアクティブ型のオンデマンドルーティング手法 (OR3: On-demand Routing for Responsive Route) を本研究で提案した。OR3 はフラッディングによる探索により、必要機能の組み合わせで構成される様々な経路の中から最短経路を導出する。図7に CON 評価ツールで評価した NW 内機能を実現するホップ数分布を示す。複数の必要機能毎に逐次最短経路選択を行う方式 (NFF: Nearest Function First) と比較して、全体の中から最適な組み合わせの機能を選択することで、より短い経路でデータ処理を行えている。また、最適経路を利用することで、NW 全体で見たデータ伝送に要するトラフィック負荷を削減できていることも評価結果より明らかとなった。この内容は IEEE LANMAN Workshop で発表し、Best Paper Award を受賞している。

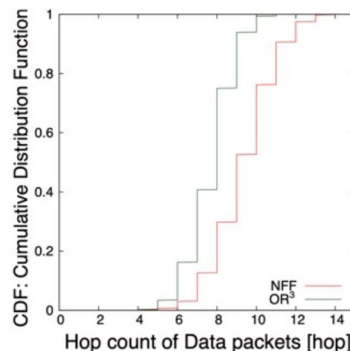


図7 NW内処理を実現する経路長

また、CON のもう一つの特徴である、マルチキャスト通信が実現可能である点について、ユーザ間で協調することで効率的なパス集約が可能であることを示し、国内研究会において発表した。このように CON 実用化に向けた様々なアプリケーションを対象に NW 制御の研究を展開し、計画以上の成果を挙げている。

また、CON のもう一つの特徴である、マルチキャスト通信が実現可能である点について、ユーザ間で協調することで効率的なパス集約が可能であることを示し、国内研究会において発表した。このように CON 実用化に向けた様々なアプリケーションを対象に NW 制御の研究を展開し、計画以上の成果を挙げている。

(5) まとめ

本研究では、CON の重要課題であるキャッシュ制御、輻輳制御ならびにエンドホストでの画像レート制御に対し、アプリケーションとの連携による新しい NW 制御の可能性を提示できたことで、CON の実用性の観点で大きな技術的進展が得られ、この分野に対し大きな技術的貢献を行った。また、1 年間の研究期間延長により、アプリケーションと NW 制御が連携することによる効果を示すものとして、画像レート適応制御と NW 内キャッシュが連携する手法を新しく開発し、インパクトファクタの高い IEEE Access に採択されるなど、計画以上の成果を挙げた。

(6) 発表論文成果

本研究で得られた成果は、査読付き学会論文誌 9 編、査読付き国際会議発表 14 編、研究会など国内研究会発表 22 編と、この分野の著名論文誌、国際会議などにおいて多くの発表に結実させた。さらに、IEEE 著名国際会議 Best Paper Award 受賞 2 件、IEICE 主催国際会議 Student Best Paper Award 受賞 1 件、国内研究会奨励講演 1 件など、この分野の研究コミュニティから高い評価を得た。また、電子情報通信学会通信ソサイエティ主催国際会議において、画像レート適応制御と NW 制御の連携に関する招待講演を行い、CON 研究分野の啓蒙を行い、この分野の発展に貢献した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 9件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Hayamizu Yusaku, Goto Koki, Bandai Masaki, Yamamoto Miki	4. 巻 9
2. 論文標題 QoE-Aware Bitrate Selection in Cooperation With In-Network Caching for Information-Centric Networking	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Access	6. 最初と最後の頁 165059 ~ 165071
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ACCESS.2021.3133851	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 Matsumoto Tomotaka, Yamamoto Miki	4. 巻 10
2. 論文標題 Fairness improvement by combination of ABR and TCP algorithms in ABR video streaming	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEICE Communications Express	6. 最初と最後の頁 225 ~ 230
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/comex.2020XBL0188	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 北村 司、上山 憲昭、山本 幹	4. 巻 J103-B
2. 論文標題 嗜好の類似性を用いたキャッシュ制御	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 電子情報通信学会論文誌B 通信	6. 最初と最後の頁 284 ~ 291
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14923/transcomj.2019WFP0015	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 MIYOSHI Junpei, KAWAUCHI Satoshi, BANDAI Masaki, YAMAMOTO Miki	4. 巻 E102.B
2. 論文標題 Congestion Control for Multi-Source Content Retrieval in Content Centric Networks	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Communications	6. 最初と最後の頁 1832 ~ 1841
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transcom.2018EIP0001	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 HAYAMIZU Yusaku, SHIBUYA Akihisa, YAMAMOTO Miki	4. 巻 E102.B
2. 論文標題 The Combination Effect of Cache Decision and Off-Path Cache Routing in Content Oriented Networks	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Communications	6. 最初と最後の頁 1010 ~ 1018
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transcom.2018EBP3170	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 IKKAKU Kento, YAMAMOTO Miki	4. 巻 E102.B
2. 論文標題 Performance Evaluation of Breadcrumbs in Wireless Multi-Hop Cache Networks	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Communications	6. 最初と最後の頁 845 ~ 854
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transcom.2018EBP3154	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 HAYAMIZU Yusaku, YAMAMOTO Miki, ROSENSWEIG Elisha, KUROSE James F.	4. 巻 E101.B
2. 論文標題 Multiple-Breadcrumbs: A New In-Network Guidance for Off-Path Cache in Cache Networks	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Communications	6. 最初と最後の頁 2388 ~ 2396
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transcom.2018EBP3043	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 該当する

1. 著者名 KATO Takahiko, BANDAI Masaki, YAMAMOTO Miki	4. 巻 E102.B
2. 論文標題 A Congestion Control Method for Named Data Networking with Hop-by-Hop Window-Based Approach	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Communications	6. 最初と最後の頁 97 ~ 110
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transcom.2018EBP3045	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 Kato Takahiko, Bandai Masaki	4. 巻 26
2. 論文標題 Avoiding Excessive Rate Reduction in Rate Based Congestion Control for Named Data Networking	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Information Processing	6. 最初と最後の頁 29-37
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2197/ipsjjip.26.29	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41件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 19件)

1. 発表者名 Yamamoto Miki
2. 発表標題 Interaction Between Protocol Layers in Adaptive Video Streaming
3. 学会等名 IEICE International Conference on Emerging Technologies for Communications (ICECT2020) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Nagata Koki, Kamiyama Noriaki, Yamamoto Miki
2. 発表標題 Cache Policy Based on Popularity Dynamics of YouTube Video Content
3. 学会等名 IEEE Consumer Communications & Networking Conference (CCNC 2020) 10.1109/CCNC46108.2020.9045318 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Matsumoto Tomotaka, Goto Koki, Yamamoto Miki
2. 発表標題 On Fairness Issue of ABR and TCP Algorithms in Video Streaming
3. 学会等名 IEEE Consumer Communications & Networking Conference (CCNC 2020) 10.1109/CCNC46108.2020.9045218 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ishikura Shotaro, Yamamoto Miki
2. 発表標題 Convergence Improvement for Practical Delay-based Congestion Control
3. 学会等名 IEICE International Conference on Emerging Technologies for Communications (ICECT2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ogasawara Taku, Bandai Masaki
2. 発表標題 Buffer Based Adaptation Using Scalable Video Coding for 360-Degree Video Streaming over NDN
3. 学会等名 International Conference on Information Networking (ICIN 2020) 10.1109/ICIN48656.2020.9016449 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山崎周、山本幹
2. 発表標題 動画のヒット率予測を用いたキャッシュ制御の一検討
3. 学会等名 電子情報通信学会ネットワークシステム研究会 NS2020-121
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松本友隆、山本幹
2. 発表標題 異種輻輳制御を用いたABR動画配信のスケジューリングによる公平性改善
3. 学会等名 電子情報通信学会ネットワークシステム研究会 NS2020-46
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小笠原拓, 萬代雅希, 山本幹
2. 発表標題 NDNでの360度動画ストリーミングにおけるキャッシュヒットの影響について
3. 学会等名 電子情報通信学会ネットワークシステム研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 後藤航輝, 速水祐作, 萬代雅希, 山本幹
2. 発表標題 CCN動画ストリーミングにおけるキャッシュ情報を利用した適応ビットレート選択方式の検討
3. 学会等名 電子情報通信学会ネットワークシステム研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 速水祐作, 山本幹
2. 発表標題 [奨励講演] ICNにおけるコンテンツ人気度の局所性に対するネットワーク誘導の適応性に関する検討
3. 学会等名 電子情報通信学会ネットワークシステム研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松本友隆, 後藤航輝, 山本幹
2. 発表標題 動画ストリーミングにおける階層間相互影響に関する一検討
3. 学会等名 電子情報通信学会情報指向ネットワーク研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松本友隆, 後藤航輝, 松下健一, 山本幹
2. 発表標題 異種輻輳制御を用いた動画ストリーミングの公平性に関する一検討
3. 学会等名 電子情報通信学会コミュニケーションクオリティ研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yamamoto Miki
2. 発表標題 [Keynote Speech] Caching Network in Information Centric Networks - Request Routing and Caching Decision
3. 学会等名 5th International Symposium on Electrical Engineering and Computer Science (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kitamura Tsukasa, Kamiyama Noriaki, Yamamoto Miki
2. 発表標題 Cache-Decision Policy using User Tastes (Student Best Paper Award)
3. 学会等名 Asia-Pacific Network Operations and Management Symposium (APNOMS 2019) 10.23919/APNOMS.2019.8893090 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Goto Koki, Hayamizu Yusaku, Bandai Masaki, Yamamoto Miki
2. 発表標題 QoE Performance of Adaptive Video Streaming in Information Centric Networks
3. 学会等名 IEEE International Symposium on Local and Metropolitan Area Networks (LANMAN 2019) 10.1109/LANMAN.2019.8846996 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ogasawara Taku, Bandai Masaki
2. 発表標題 An Interest Control Method in SVC-based Adaptive Streaming over Named Data Networking
3. 学会等名 IEEE Consumer Communications and Networking Conference (CCNC 2019) 10.1109/CCNC.2019.8651792 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 速水祐作, 山本 幹
2. 発表標題 CCNにおけるユーザ間協調を利用したマルチキャスト通信の一検討
3. 学会等名 電子情報通信学会情報指向ネットワーク研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 速水祐作, 山本 幹
2. 発表標題 CCNにおけるDDoS攻撃への要求分散手法の検討
3. 学会等名 電子情報通信学会ネットワークシステム研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 後藤航輝, 速水祐作, 萬代雅希, 山本 幹
2. 発表標題 CCNでの動画ストリーミングにおけるネットワークキャッシュの影響の一検討
3. 学会等名 電子情報通信学会ネットワークシステム研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 北村司, 上山憲昭, 山本 幹
2. 発表標題 ユーザの嗜好に基づくキャッシュ制御の一検討
3. 学会等名 電子情報通信学会ネットワークシステム研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小笠原 拓, 萬代雅希
2. 発表標題 コンテンツ指向ネットワークを用いたSVCストリーミングでのInterest制御方式
3. 学会等名 電子情報通信学会ソサイエティ大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 永田光輝, 渋谷彰寿, 上山憲昭, 山本 幹
2. 発表標題 動画の人気変化に基づくキャッシュ制御の一検討
3. 学会等名 電子情報通信学会情報指向ネットワーク研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hayamizu Yusaku, Nagata Akira, Yamamoto Miki
2. 発表標題 On-Demand Routing for Chaining Multiple Functions in ICN-Based In-Network Processing (Best Paper Award)
3. 学会等名 IEEE International Symposium on Local and Metropolitan Area Networks (LANMAN2018) 10.1109/LANMAN.2018.8475111 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1 . 発表者名 Hayamizu Yusaku、Otsuka Kazuki、Bandai Masaki、Yamamoto Miki
2 . 発表標題 Resource Pooling in Multipath Congestion Control for Content Centric Networks
3 . 学会等名 IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM 2018) 10.1109/GLOCOM.2018.8647130 (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Iwamoto Daiki、Sugahara Daisuke、Bandai Masaki、Yamamoto Miki
2 . 発表標題 Adaptive Congestion Control for Handover in Heterogeneous Mobile Content-Centric Networking
3 . 学会等名 Eleventh International Conference on Mobile Computing and Ubiquitous Network (ICMU2018) 10.23919/ICMU.2018.8653625 (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Hayamizu Yusaku、Hirata Kouji、Yamamoto Miki
2 . 発表標題 CCAR: Caching and Content-Aware Routing for Content Oriented Networking
3 . 学会等名 IEEE International Workshop Technical Committee on Communications Quality and Reliability (CQR2018) 10.1109/CQR.2018.8445945 (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Kato Takahiko、Bandai Masaki
2 . 発表標題 A hop-by-hop window-based congestion control method for named data networking
3 . 学会等名 IEEE CCNC(Consumer Communications and Networking Conference) 2018 (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1. 発表者名 永田晃, 速水祐作, 山本幹
2. 発表標題 ICNを利用したIn-Network Processingに関する取り組み
3. 学会等名 電子情報通信学会2018年総合大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 速水祐作, 永田晃, 山本幹
2. 発表標題 ICNを利用した処理機能ルーチングの無線適用に向けた一検討
3. 学会等名 電子情報通信学会2018年総合大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岩本大輝, 菅原大輔, 萬代雅希, 山本幹
2. 発表標題 CCNにおけるハンドオーバー時輻輳パラメータ初期化方式の提案
3. 学会等名 電子情報通信学会2018年総合大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 速水祐作, 山本幹
2. 発表標題 In-Network誘導を用いたCCNにおけるコンテンツ人気度の地域性が及ぼす影響の一検討
3. 学会等名 電子情報通信学会ネットワークシステム研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大塚一輝, 速水祐作, 萬代雅希, 山本幹
2. 発表標題 Resource Poolingの観点におけるCCNマルチパス輻輳制御の性能評価
3. 学会等名 電子情報通信学会ネットワークシステム研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takahiko Kato and Masaki Bandai
2. 発表標題 A Rate-based Congestion Control Method for NDN using AIMD and Explicit Rate Notification
3. 学会等名 電子情報通信学会ネットワークシステム研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 速水祐作, 永田晃, 山本幹
2. 発表標題 ICNを利用した処理機能ルーティングの機能順序制約下での評価
3. 学会等名 電子情報通信学会2017年ソサイエティ大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hayamizu Yusaku, Shibuya Akihisa, Yamamoto Miki
2. 発表標題 Effective new cache decision policy for breadcrumbs in content-centric networking (Best Paper Award)
3. 学会等名 IEEE CQR Workshop 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 速水祐作, 永田晃, 山本幹
2. 発表標題 ICNを利用したIn-Network Processingにおける複数機能ルーティング手法の提案
3. 学会等名 電子情報通信学会ネットワークシステム研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 加藤堯彦, 萬代雅希
2. 発表標題 マルチフローを考慮した明示的なレート通知とホップバイホップのウィンドウ制御を用いたNDNのための輻輳制御方式
3. 学会等名 電子情報通信学会ネットワークシステム研究会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

関西大学システム理工学部電気電子情報工学科 情報通信工学研究室ホームページ
<http://www.net.ee.kansai-u.ac.jp/lab/index.html>

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	萬代 雅希 (BANDAI Masaki) (90377713)	上智大学・理工学部・教授 (32621)	

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			
米国	University of Massachusetts			