

令和 3 年 5 月 27 日現在

機関番号：12612

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K11258

研究課題名(和文) 通信品質を考慮したコンテンツセントリックネットワークのアーキテクチャ設計と構築

研究課題名(英文) Designing and Constructing QoS Architecture in Content Centric Network

研究代表者

大坐畠 智 (Ohzahata, Satoshi)

電気通信大学・大学院情報理工学研究科・准教授

研究者番号：30361744

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)：コンテンツセントリックネットワーク(CCN)において、通信品質(QoS)を考慮して動画配信するためのアーキテクチャを提案した。

まず、CCNにおいてストリーミングに対応した早期に輻輳回避する再生ビットレート選択を実現するために、ルータがクライアントに明示的に輻輳状況を通知する方式を検討し、シミュレーションにより評価を行いQoS、QoEが改善することを明らかにした。

次に、それぞれのルータでコンテンツに対応した通信品質制御をするために、ブロックチェーンを用いてコンテンツを登録する仕組みをCCN上に実装した。CCN上のブロックチェーンにコンテンツを登録し、検索性能を評価を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

インターネットのトラフィック量は増加しつづけており、これまでのネットワークアーキテクチャでトラフィックを収容できるかという課題がある。さらに、今後、インターネットの通信は主として動画コンテンツであり、ユーザからすると、コンテンツを入手できれば、入手先はこだわらなくなっている。本研究では、コンテンツ指向ネットワークであるCCNにおいて、必要な帯域幅を確保できるような方式を明らかにし、動画配信を効率よく実現している。さらにコンテンツをブロックチェーンで管理する仕組みを設計し、その有用性を明らかにすることで提案方式が実用的なアーキテクチャに近づけることができている。

研究成果の概要(英文)：We propose QoS architecture for video streaming over CCN. First, we propose a congestion-aware adaptive streaming over CCN combined with the explicit congestion notification (CAAS with ECN) to avoid QoE degradation. The simulation experiments show that the bitrate adjustment for all the clients improves QoE degradation and QoE fairness due to effective congestion avoidance.

Next, we propose a content registration method for CCN routers with a blockchain technology to get content information in the architecture. We design and implement the content registration in CCN software platform Cefore and evaluated content information registration time.

研究分野：コンピュータネットワーク

キーワード：CCN ブロックチェーン QoS

1. 研究開始当初の背景

インターネットのトラフィック量は10年で1000倍になっており、これからも増加しつづけると予想されている。しかし、これまでのネットワークアーキテクチャでトラフィックを収容できるかという課題がある。インターネットの通信は、エンドノード間をバイトストリームでつなぐために設計されており、どことつながっているかという場所の視点でネットワークが設計されている。ところが、今後、インターネットでやりとりされている通信は主として動画コンテンツであり、ユーザ/コンテンツプロバイダからすると、コンテンツを入手/配信できれば、入手先/配信の場所はこだわらなくなってきている。このような背景から、ネットワークをコンテンツ視点で設計しなおすCCNの研究が盛んに行われている。

インターネットの通信ではネットワーク上の場所を識別子としてバイトストリームをやりとりするという通信形態だったが、CCNでは、コンテンツ名そのものを識別子として通信を行う。このため、コンテンツ識別子でルーティングを行い、通信経路上のルータではコンテンツをキャッシュすることが可能になる。人気のあるコンテンツは何度もユーザにダウンロードされるため、同一のコンテンツがネットワークを何度も通ることになり、冗長なトラフィックが生成され、トラフィック増大の原因となっている。しかし、CCNでは、コンテンツのキャッシュを経路上のルータに置くことができるため、冗長なトラフィックの削減が可能になり、増え続けるトラフィックを削減することができる。

CCNでは、ネットワーク資源を効率よく利用するため、ルータ上にキャッシュするコンテンツを選択し、制御する研究が行われてきている。コンテンツのほとんどは動画であることが想定されるため、CCNでもQoSを制御する研究も行われており、多くの研究ではキャッシュの置き換えの際に優先度を相対的に定め、高優先度のコンテンツがCCNルータ上に残ることで優先的に配信されることを目的としている。しかし、一般に動画コンテンツは動画のビットレート以上の帯域幅がないと動画が途切れることになるが、相対的な優先度の制御では絶対的に必要な帯域幅を確保することができず、十分なQoSが提供できない。さらに、CCNの研究ではルータ上のキャッシュの研究が盛んに行われているが、キャッシュを使った場合の受益者負担や、ネットワーク資源の利用を管理する仕組みがないため、CCNを実際に導入するための検討が不十分となっている。

2. 研究の目的

本研究では、CCNにおいて、必要な帯域幅を確保できるようなアーキテクチャを提案する。さらにCCNを実際に導入するために必要となるネットワーク資源である帯域を適切に確保するための制御を明らかにする。提案方式はコンピュータシミュレーション、および、CCNの実装であるCefore上に実装して評価を行う。

3. 研究の方法

提案方式をCCNx上に実装し、仮想ネットワークでエミュレーション環境を構築して評価を行う。基礎検討を小規模なテストベッド(数台)で行い、その後、より現実的な評価にはns-3のエミュレーション機能もしくはシミュレーション機能を用いて数十から数百ノード規模での評価を行う。

4. 研究成果

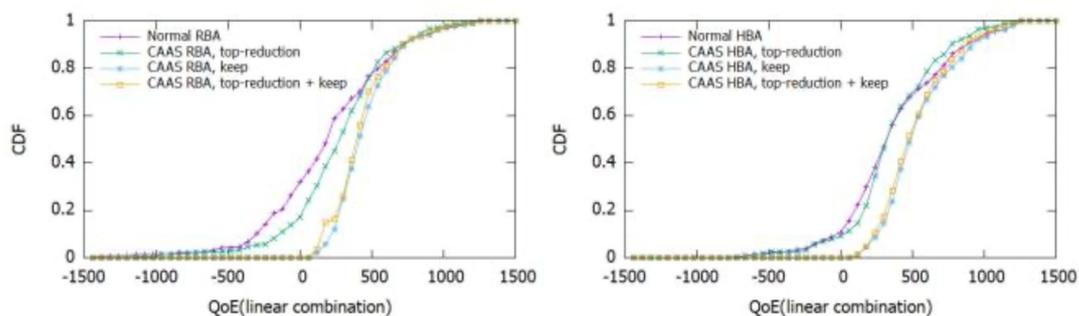
本研究では、CCNを用いて動画コンテンツを配信する時にQoSを考慮したコンテンツのキャッシュ制御方式を明らかにした。さらに、ブロックチェーンを用いてコンテンツを検索、管理するアーキテクチャを提案した。本研究課題の成果を下記に示す。

課題 CCNにおける動画コンテンツ配信のためのQoS制御アーキテクチャの構築

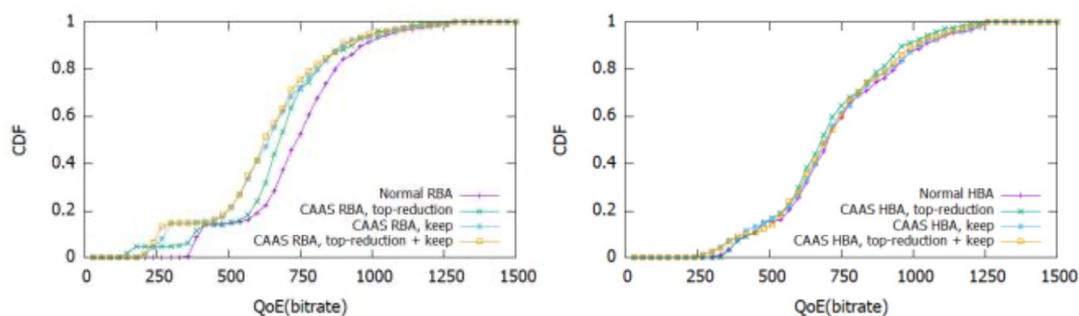
CCN上のビデオストリーミング配信における輻輳回避の為に、ルータからの明示的な輻輳通知を活用する手法を提案した。

明示的な輻輳通知として、輻輳を検知した経路上のルータがビットレート上限を下流の全ての視聴端末へ通知することで、クライアントが適切なビットレート選択を可能とする手法を提案している。近年の適応型ビデオ配信では、事前に配信サーバでビデオが複数のビットレートにエンコードされ、視聴端末におけるAdaptive BitRate (ABR) アルゴリズムが、ネットワーク内の輻輳状態を判断し、ビットレートを調整することで輻輳を回避することができる。しかしながら、多くのABRアルゴリズムに対するアプローチは、視聴端末でのスループットに基づいて非明示的に輻輳状態を判断する設計のため、しばしば高すぎるビットレートを誤って選択し、輻輳回避に時間を要する。そこで本研究では、明示的な輻輳通知として、輻輳を検知した経路上のルータがビットレート上限を視聴端末へ明示的に通知し、非明示的ABRアルゴリズムの早期輻輳回避を実現する手法を提案した。そして、代表的な非明示的ABRアルゴリズムに提案手法を導入し、シミュレーションで性能を評価した。

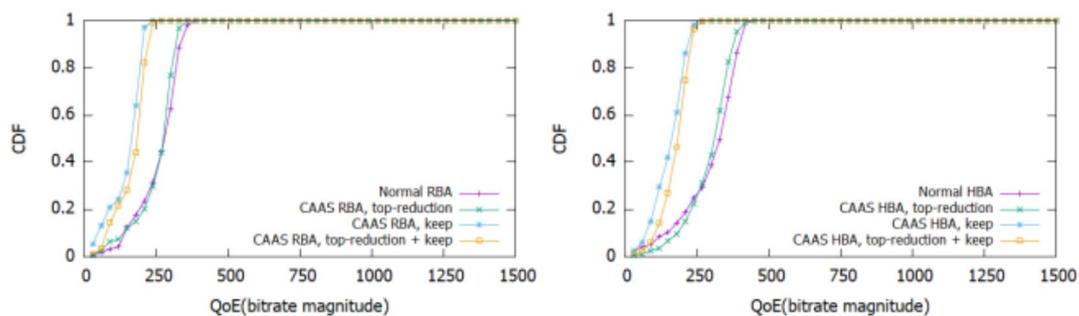
結果として、提案手法は、輻輳を迅速に回避し、スループット及び定量的な QoE メトリックを改善した (図 1)。



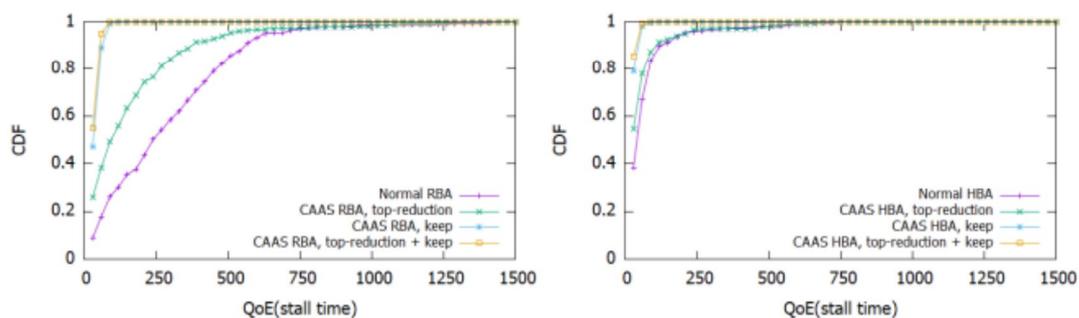
(a)



(b)



(c)



(d)

図 1 QoE メトリック . a)総合 b)ビットレート c) ビットレートの変動 d)ストールタイム (左がビットレート選択にスループットを用いたもので、右がビットレート選択にバッファサイズとスループットを用いたもの)

課題 ブロックチェーンを用いたコンテンツ管理システムの構築

それぞれのルータでコンテンツに対応した通信品質制御をするために、ブロックチェーンを用いてコンテンツを登録する仕組みを CCN 上に実装した。CCN ではブロードキャストが定義されていないため、ブロードキャストツリーを構築することで全ての CCN ルータをブロックチェーンノードとして動作するようにした。CCN 上のブロックチェーンにコンテンツを登録し、検索性能の評価を行った (図 2)。

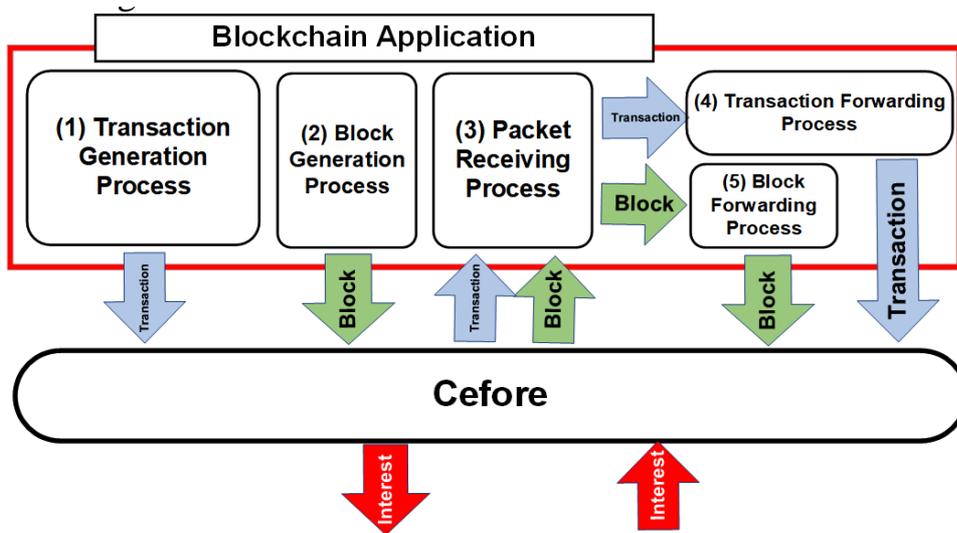


図 2 Block chain over CCN の機能概要

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1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 Rei NAKAGAWA, Satoshi OHZAHATA, Ryo YAMAMOTO, Toshihiko KATO	4. 巻 E104.D
2. 論文標題 A Congestion-Aware Adaptive Streaming over ICN Combined with Explicit Congestion Notification for QoE Improvement	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Information and Systems	6. 最初と最後の頁 264-274
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1587/transinf.2020EDP7095	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 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件/うち国際学会 4件）

1. 発表者名 Fumiya Suzuki, Satoshi Ohzahata, Ryo Yamamoto, Toshihiko Kato
2. 発表標題 An Efficient Dynamic Bandwidth Reservation Method in Content-Centric Network
3. 学会等名 IEEE International Conference on Consumer Electronics -Taiwan (ICCE-TW) 2019（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Endo, A. Yokotani, S. Ohzahata, R. Yamamoto and T. Kato
2. 発表標題 An Adaptive Bandwidth Reservation Method for a Content-Centric Network
3. 学会等名 2018 IEEE 42nd Annual Computer Software and Applications Conference (COMPSAC)（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 A. Yokotani, S. Ohzahata, R. Yamamoto and T. Kato
2. 発表標題 A Dynamic Cache Size Assignment Method with Bandwidth Reservation for CCN
3. 学会等名 ICOIN 2019（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Tokunaga, R. Nakagawa, S. Ohzahata, R. Yamamoto and T. Kato
2. 発表標題 A Content Registration Method for CCN Routers with Blockchain
3. 学会等名 IEEE International Conference on Consumer Electronics - Taiwan (ICCE-Taiwan) 2020 (国際学会)
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