

機械学習を用いた HTTP Adaptive Streaming の QoS 制御に関する一検討

生出 真人^{†1} 阿部 亨^{†1,†2} 菅沼 拓夫^{†1,†2}

^{†1} 東北大学大学院情報科学研究科 ^{†2} 東北大学サイバーサイエンスセンター

1 はじめに

インターネットにおける動画配信サービスは、スマートフォン等の携帯端末でも一般的に利用されつつあるが、高品質な動画配信のためには安定したネットワーク性能と高い端末性能が求められる。計算機資源とネットワーク資源の乏しい携帯端末の利用者に対しても安定したサービス品質 (Quality of Service: QoS) を提供するために、近年の動画配信サービスでは、HTTP Adaptive Streaming (HAS) が広く利用されている。しかし、HAS はネットワーク資源のみしか考慮しないため、利用可能な計算機資源に制限がある携帯端末の利用者に適切な品質のサービスを提供することは困難である。

そこで本研究では、携帯端末における HAS を対象として計算機とネットワークの両資源の状況を考慮した QoS 制御機構を提案する。本稿では、動画の性質や携帯端末の計算機資源、ネットワーク資源を機械学習することで符号化パラメータを制御し、適切な品質のサービスを提供する手法について検討する。

2 関連研究と課題

HAS は、動画を 2-5 秒程度のセグメントに分割して配信し、動画を受信する携帯端末 (以下、受信端末) が各セグメントを連続的にダウンロードすることで動画配信を実現している。このとき、受信端末はセグメントのダウンロード速度に応じて次にダウンロードするセグメントの動画品質を決定する。これにより、サーバが符号化パラメータを変化させて動画を符号化するため、利用可能なネットワーク帯域の変化に応じた QoS 制御が可能となる。また、HAS は受信端末が再生に必要な動画のメタ情報を記載するマニフェストファイルを取得、解析することで再生するセグメントの URL を獲得する。しかし、受信端末がマニフェストファイルの解析とセグメントの切り替え制御を行うため、計算機資源に乏しい受信端末の負荷が大きくなる問題がある。

HAS を対象とした研究として Juluri らは、バッファ占有率に応じて取得するセグメントを選択することで、利用者に提供する QoS を向上させた [1]。また Yun らは、ライブストリーミングにおいてバッ

ファ占有率とセグメントフェッチ時間に基づいてセグメント長を変化させることで、バッファアンダーフローとバッファリングによる遅延を抑える手法を提案している [2]。

このように既存手法では、ネットワーク資源であるバッファ占有率を考慮することで QoS の向上を実現している。しかし、動画の性質に応じた制御を行っていないため、動画のカテゴリ (ニュース、スポーツ、アニメーション等) 次第では過剰な QoS となり得る等、効率的なサービス提供であるとは言えない。さらに、計算機資源は未考慮であるため、資源が乏しい携帯端末での制御は不十分である。

3 機械学習を用いた HAS の QoS 制御

3.1 概要

前章で述べた問題を解決するため本稿では、ネットワーク資源に加え、動画の性質と計算機資源を考慮することで、HAS の利用者に適切な品質のサービスを提供する手法を提案する。具体的には、ライブ動画の内容に基づいたセグメンテーションを行い、受信端末の計算機とネットワークの両資源を機械学習することで、端末の状態や性能に応じて符号化パラメータを導出する QoS 制御機構を提案する。

対象とする HAS は MPEG-DASH (Dynamic Adaptive Streaming over HTTP) を用いたライブストリーミング形式とし、符号化形式は MPEG とする。また、MPEG-DASH (以下、DASH) はマニフェストファイルとして Media Presentation Description (MPD) が規格化されている。MPD ファイルの解析やセグメントの切り替え制御に伴う受信端末の負荷増大に関する問題に対して、本稿ではサーバがセグメントの切り替え制御を行うことで受信端末の負荷を軽減した QoS 制御を実現する。

3.2 QoS 制御機構の設計

図 1 に提案手法における QoS 制御機構を示す。QoS 制御機構は、ライブ動画の性質からカテゴリを判定する動画解析機構、ライブ動画のセグメント長を決定する動的セグメンテーション機構、端末の状態や性能に応じて符号化パラメータを導出する品質最適化機構から構成される。

動画解析機構は、ライブ動画を配信する携帯端末 (以下、送信端末) が送信するライブ動画がニュース、スポーツ、アニメーション等のいずれのカテゴリに属するかを判定する。MPEG 形式で符号化されたライブ動画は固定フレームまたはシーン毎に

A Study on QoS Control for HTTP Adaptive Streaming Using Machine Learning

Makoto OIDE^{†1}, Toru ABE^{†1,†2}, and Takuo SUGANUMA^{†1,†2}

^{†1} Graduate School of Information Sciences, Tohoku University

^{†2} Cyberscience Center, Tohoku University

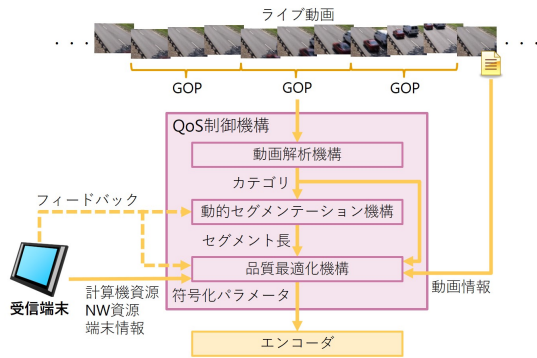


図1 QoS 制御機構

Group of Pictures (GOP) 単位で符号化されるため、GOP 単位で動画内の動きやビットレートの変化からカテゴリを判定することで、GOP 単位での QoS 制御を実現する。

動的セグメンテーション機構は、動画解析機構で判定した GOP 単位のカテゴリに基づきセグメント長を決定する。これにより、セグメントを構成する GOP 数を決定できるため、受信端末のネットワーク資源に応じてセグメント長を変更することが可能となる。また、提供した動画品質に対する受信端末の計算機とネットワーク両資源の変化をフィードバックとして入力することで、異なるカテゴリを同一のセグメントにする等、動的にセグメント長を変更し、受信端末のネットワーク資源に与える影響を最小限に抑えたサービス提供を行う。

品質最適化機構は、動画解析機構で判定したカテゴリと動的セグメンテーション機構で決定したセグメント長に基づき、機械学習を用いて符号化パラメータを導出する。具体的には、受信端末の状態の変化や多種多様なサービスの利用形態に即時的に対応して適切な QoS のサービスを提供するため、本稿では逐次学習で学習モデルを更新して符号化パラメータを導出する。品質最適化機構への入力、受信端末の計算機資源やネットワーク (NW) 資源、ライブ動画から得られる動画情報とする。計算機資源は CPU 使用率、メモリ使用率とし、ネットワーク資源はバッファ占有率、動画情報は MPD ファイルに記述する動画の画像サイズ、平均動画ビットレートとする。また、これらの入力の各項目が支配的にならないように、受信端末の端末情報 (画面解像度やリフレッシュレート) を用いて正規化を行う。さらに、判定した動画のカテゴリと決定したセグメント長を入力することで、動画解像度やフレームレート、量子化レート等の符号化パラメータを導出する。サービス提供中は受信端末からのフィードバックに基づき学習モデルを更新していくことで、受信端末の計算機とネットワークの両資源の変化に即時的に対応する。

このように、QoS 制御機構で導出した符号化パラメータに基づいてライブ動画をセグメント単位で符号化することで、HAS の利用者に対して適切な品質のサービスを提供することが可能となる。

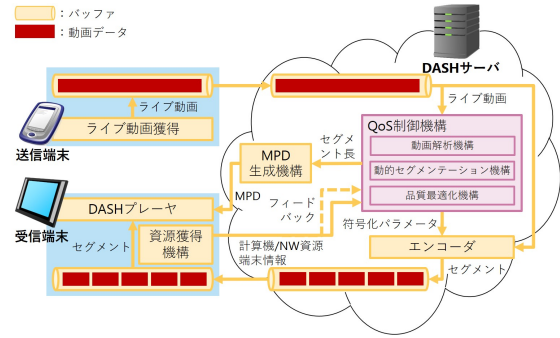


図2 システム構成

3.3 システム設計

図2に QoS 制御機構を適用したライブストリーミング型動画配信システムの構成を示す。

送信端末は、配信する動画を無線ネットワークを介して DASH サーバ (以下、サーバ) に送信する。サーバは前節で述べた手順にしたがい、受信したライブ動画のカテゴリを判定した後、セグメント長を決定し、適切な符号化パラメータを導出する。サーバは決定したセグメント長に基づきライブ動画を分割し、導出した符号化パラメータを用いて符号化した各セグメントに URL を付与する。MPD 生成機構は、決定したセグメント長を MPD ファイルに記述し、受信端末に送信する。受信端末は MPD ファイルからセグメントの URL とセグメント長を取得し、サーバから送信される MPD ファイルを逐次更新して各セグメントを再生する。この一連の流れを繰り返すことで、動画の性質や端末資源を考慮したライブストリーミング型動画配信システムを実現する。また、受信端末は資源の取得と送信、MPD ファイルの更新と解析、セグメントの再生のみを行い、QoS を向上させるための制御はサーバが行うことで受信端末の負荷を軽減する。

4 おわりに

本稿では、携帯端末における HAS を対象とし、計算機とネットワークの両資源の状況を考慮した QoS 制御機構を提案し、適切な品質のサービスを提供する手法について検討した。今後は、設計に基づいたプロトタイプシステムを実装し、実験を行うことで提案手法の有効性を確認する。

参考文献

- [1] Juluri, P., Tamarapalli, V. and Medhi, D.: SARA: Segment Aware Rate Adaptation Algorithm for Dynamic Adaptive Streaming Over HTTP, *IEEE International Conference on Communication Workshop (ICCW 2015)*, pp. 1765–1770 (2015).
- [2] Yun, D. and Chung, K.: Dynamic Segment Duration Control for Live Streaming Over HTTP, *The 30th International Conference on Information Networking (ICOIN 2016)*, pp. 206–210 (2016).