

ホームネットワークのための端末のキュー長を考慮した 動画ビットレート制御方式

藤澤 洋平† 木村 成伴‡

筑波大学 情報学群 情報メディア創成学類† 筑波大学 システム情報系 情報工学科‡

1. はじめに

近年、動画配信サービスの需要が急激に増えたのに伴い、ネットワークの帯域が圧迫され、ユーザの QoE (Quality of Experience) が低下することが問題となっている。これを改善するため、ネットワークの帯域変動に応じて動画のビットレートを動的に変化させる、アダプティブストリーミング技術が注目されている。この技術を効率よく利用するため、Abuteir らはネットワーク内のすべての端末の動画再生に必要な帯域を求め、ビットレートを割り当てる制御方式[1]を提案したが、端末ごとに適切なビットレートを設定できないという問題があった。

そこで本論文では、様々な処理能力の端末が混在するホームネットワークを対象とし、Abuteir らの方式を改良して、端末のバッファのキュー長に応じたビットレートを割り当てる方式を提案する。そして、シミュレーション実験を行い、提案方式の有効性を示す。

2. Abuteir らの方式

Abuteir らの方式では、アダプティブストリーミングの規格として、DASH (Dynamic Adaptive Streaming over HTTP) [2]を採用し、図 1 のようなホームネットワークを想定している。そして、ネットワーク内のすべての端末が必要となるビットレートを以下のように求める。

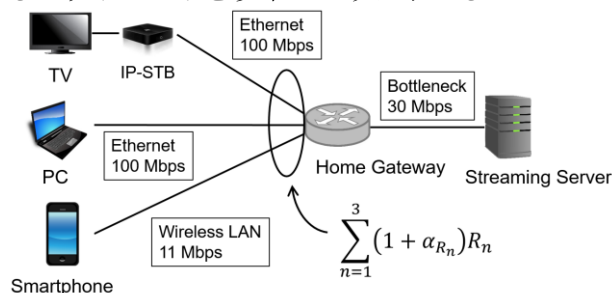


図1 想定ネットワーク

例えば、図 1 のように処理能力や画面サイズが異なる 3 台の端末(IP-STB を通してインターネットに接続された TV, PC, スマートフォン)が存在し、TV, PC とゲートウェイは Ethernet で接続されており、最大 100Mbps で通信可能である。スマートフォンは無線 LAN で接続されており、最大 11Mbps で通信できる。それぞれがビットレート R_1, R_2, R_3 の動画を再生すると、実際に必要となる帯域を、通信のオーバーヘッドなどの影響を考慮して $\sum (1 + \alpha_{R_i}) R_i$ と定めている。そして、この α を測定して、この再生に必要な帯域をネットワーク側から取得し、これを各端末に配分する。

しかし、各端末への配分方法は検討されておらず、3 台にビットレートを均等に割り当てると、高性能な TV にはその画面サイズに見合ったビットレートが配分されず、また性能の低いスマートフォンには、処理能力を超えた高ビットレートが割り当てられる可能性がある。そこで、次章では特に端末のキュー長に着目して、ビットレート制御を行う方式を新たに提案する。

3. 提案方式

提案方式では、図 1 のようなホームネットワーク内に処理能力や画面サイズの異なる端末が同時に動画再生を行っている環境を想定する。

まず、各端末のバッファに対して、 Q_{\min} と Q_{\max} の閾値を設定する。ユーザが動画の再生を要求し、動画セグメントのダウンロードを開始すると、バッファのキュー長 Q が、 $Q > Q_{\min}$ を満たすまで待つから動画の再生を始める。その後、端末は $Q > Q_{\max}$ となるまで、ユーザが事前を選択したビットレートのまま、動画セグメントのダウンロードと再生を続ける。これにより、ネットワーク帯域の短期間の変動に伴って生じる、ビットレートの過剰な切り替えを防ぐ。

その後、 $Q > Q_{\max}$ となった場合は、ユーザの QoE を上げるため、1 段階高いビットレートを選択する。このセグメントが Q_{\min} 分だけ蓄積される時間 Δt を、これまでの受信速度から推定し、現在再生しているセグメントの Δt 秒先のセグメン

Video Stream Bit Rate Control Method Based on Queue Length of Terminals for Home Networks

†Youhei Fujisawa, School of Informatics, College of Media Arts, Science and Technology, University of Tsukuba

‡Shigetomo Kimura, Faculty of Engineering, Information and Systems, University of Tsukuba

トからダウンロードし、それまでは、バッファに蓄積された低いビットレートのセグメントを再生し続ける。但し、既に用意されている最高段階のビットレートを再生していながら、 $Q > Q_{max}$ となった場合は、ネットワーク帯域の使用率を下げるため、 $Q_{min} > Q$ になるまで一時的にダウンロードを休止する。逆に、 $Q_{min} > Q$ となった場合は、バッファアンダフローによる動画の一時停止を防ぐため、次にダウンロードする動画のビットレートは、1段階低いものを選択するが、既に最低段階のビットレートであった場合は、そのビットレートを維持する。

提案方式によるビットレート切り替えに伴うキュー長の推移の様子を図2に示す。

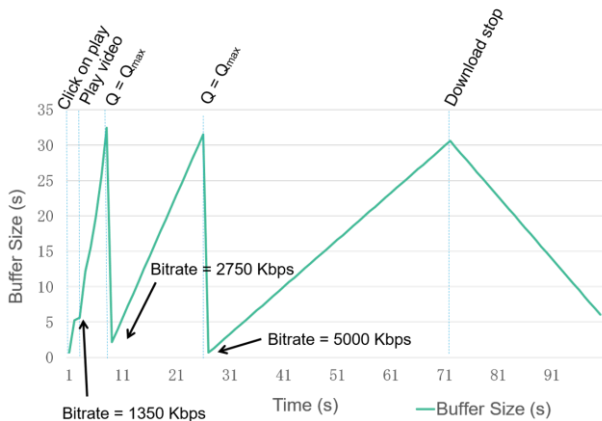


図2 提案方式によるキュー長の推移例

4. 評価実験

前章の提案方式を評価するために、ネットワークシミュレータ ns3 を用いてシミュレーション実験を行った。実験のパラメタは表1の通りである。

表1 シミュレーションパラメタ

パラメタ	値
ビットレート	190, 260, 380, 750, 1350, 2750, 5000 Kbps
α [1]	0.35, 0.345, 0.34, 0.335, 0.33, 0.27, 0.14
通信速度 (TV, PC)	100 Mbps
通信速度 (Smartphone)	11 Mbps
シミュレーション時間	100 秒
チャンク幅	1 秒

まず初期状態として、全ての端末で中央値である 750 Kbps のビットレートを選択する。そして、従来方式と提案方式を用いて、動画のトラ

フィックを想定した HTTP での通信を 100 秒間行うが、従来方式では、実験中、この初期ビットレートを維持するものとする。提案方式では、 Q_{min} は 3 台とも 5 秒に、 Q_{max} は TV と PC では 30 秒、スマートフォンでは 15 秒にした。以上の条件で通信を行い、実際に選択されたビットレートの端末ごとの平均値と動画の一時停止時間の全端末の総和を表2に示す。

この表から、従来方式では、バッファサイズの大きい TV, PC に合わせて、スマートフォンも低ビットレートのチャンクをダウンロードし続け、または高ビットレートのチャンクをダウンロードしたために、動画の一時停止が発生したことがわかる。一方、提案方式では、どの端末も動画の再生中に一時停止が発生することなく、また、端末の能力に合わせたビットレートが選択されており、適切なビットレートの切り替えが行えたと言える。

表2 ビットレートの平均値と動画の停止時間

	従来方式	提案方式
ビットレート (TV)	750 Kbps	999 Kbps
〃 (PC)		999 Kbps
〃 (スマートフォン)		320 Kbps
動画停止時間	13 s	0 s

5. まとめ

本論文では、ネットワーク内にキュー長や通信速度の異なる端末が存在していても、それぞれの端末に適切なビットレートを選択する制御方式を提案した。そしてシミュレーションを行い、既存方式と比較し、提案方式の有効性を示した。今回の実験では、提案方式において、最適な Δt が選択できることを仮定していたが、推定が外れたことを考慮してダウンロードする方式を検討したい。また、端末数など、様々な条件下で実験することも今後の課題とする。

参考文献

- [1] Rabee Mustapha Abuteir, Anne Fladenmuller, and Olivier Fourmaux, "SDN Based Architecture to Improve Video Streaming in Home Networks," Proceedings of International Conference on Advanced Information Networking and Applications, pp. 220-226, 2016.
- [2] ISO/IEC, "ISO/IEC 23009-1:2014 Information technology - Dynamic Adaptive Streaming over HTTP (DASH) - Part 1: Media Presentation Description and Segment Formats," 2014.