

ライブ映像配信時の可用帯域推定の精度向上法

Improving Accuracy of Available Bandwidth Estimation During a Live Video Streaming

二瓶 浩一
Koichi Nihei

大芝 崇
Takashi Oshiba

里田 浩三
Kozo Satoda

吉田 裕志
Hiroshi Yoshida

NEC クラウドシステム研究所
Cloud System Research Laboratories, NEC Corporation

1 はじめに

近年、モバイルネットワークの通信速度（理論値）は大きく向上しているが、実際の通信速度（可用帯域）は混雑状況や無線環境によって大きく変動するため、可用帯域を把握することへのニーズが高まっている。

可用帯域を推定する方式として、パケットトレイン方式が提案されている。文献 [1] では、サイズが徐々に大きくなるパケットを等間隔で複数個送信し、受信間隔（遅延）が増加し始めるパケットのサイズから可用帯域を推定する方式が提案されている。

パケットトレイン方式には、パケットトレイン送信中に可用帯域が大きく変化すると推定精度が低下する課題がある。可用帯域が大きく変化する例として、自端末がライブ映像配信を行っているケースが挙げられる。ライブ映像配信では、1 フレームの映像データの送信と待機が数十ミリ秒周期で繰り返されるため、数十ミリ秒周期で可用帯域が大きく変化する。

本稿では、ライブ映像配信時の可用帯域を正確に把握するため、可用帯域推定の精度向上方式を提案する。

2 可用帯域の定義

送信端末・受信端末間のリンク帯域を B_l [bps]、映像のビットレートを B_v [bps]、映像以外のトラフィックのビットレートを B_x [bps] としたとき、ライブ映像配信時の可用帯域 B_a [bps] を $B_a = B_l - (B_v + B_x)$ と定義する。本稿では B_v は既知とし、 $B_l - B_x$ を求めることを目的とする。

3 提案方式

$B_l - B_x$ を求めるためには、映像フレームの影響を受けないようにパケットトレインを送信する必要がある。そこで本稿では、プローブパケットの遅延変動から推定した映像フレームの送信時刻 [2] をもとに、パケットトレインの送信タイミングを制御する方式を提案する。

映像フレームの影響を受けないようにするためには、パケットトレインと映像フレームの送信時間が重ならないようにする必要がある。ただし、送信時間が重ならない場合でも、パケットトレインを映像フレームの直後に送信すると、遅延が映像フレームの影響を受ける場合がある。そのため、映像フレームを送信してからパケットトレインを送信するまでの時間をできる限り長くすることが望ましい。そこで本稿では、次に送信する映像フレームの直前にパケットトレインを送信する。すなわち、 i 番目の映像フレームの送信開始時刻を $T_v^{(i)}$ [s]、パケットトレインの長さを L_t [s] としたとき、パケットトレインの送信開始時刻を $T_v^{(i)} - L_t$ とする。

4 評価

送信端末と受信端末を 2 台のルータを介して接続した有線ネットワークで提案方式を評価した。ルータ間のリ

ンクが最も低速 ($B_l = 10$ Mbps) であり、ライブ映像配信以外のトラフィックは存在しない ($B_x = 0$)。すなわち、パケットトレインによって求めたい値 $B_l - B_x$ は 10 Mbps となる。映像ストリームは、フレームレート 30 fps、ビットレート 5 Mbps を想定し、送信周期 0.033 s、1 周期に送信するパケットは 1,328 byte の UDP パケット 15 個とした。また、プローブパケットを 1 ms 周期で送信して映像フレームの送信時刻を推定した [2]。

送信するパケットトレインは、50 個のパケットから構成され、先頭パケットサイズを 60 byte とし、以降のパケットのサイズは直前のパケットから 12 byte ずつ増加させた。また、パケット間隔は 200 μ s とした。このパケットトレインで推定可能な範囲は 2.40–25.92 Mbps、分解能は 0.48 Mbps である。パケットトレインの送信間隔は 3 s とし、提案方式では、現時刻以降で最初に $T_v^{(i)} - L_t$ となる時刻に送信を開始する。

パケットトレインを 60 回送信し、送信タイミング制御を行った場合と行わない場合の推定値を比較した (図 1)。制御なし (赤の \times 印) は映像フレームとパケットトレインの送信タイミングが重なった場合に推定値が大きく外れる¹ のに対して、制御あり (青の $+$ 印) は真値の 10 Mbps 付近に集中している。制御あり・なしの推定値の平均はそれぞれ 10.14, 12.46 Mbps、標準偏差はそれぞれ 1.01, 4.11 Mbps となり、制御を行った提案方式の方が高精度に推定できることが確認できた。

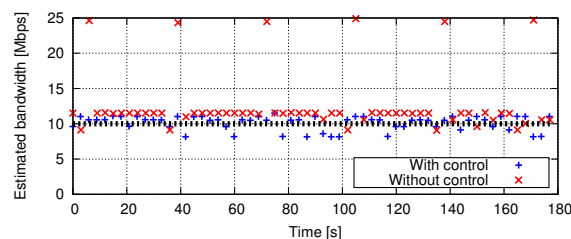


図 1 評価結果

5 まとめ

本稿では、パケットトレイン方式の可用帯域推定において、映像フレームの送信時刻に基づいてパケットトレインの送信タイミングを制御する方式を提案し、ライブ映像配信時の推定精度が向上することを示した。今後は、実際のモバイルネットワークで評価する予定である。

参考文献

- [1] 大芝崇, 中島一彰, “リアルタイムコミュニケーションの品質を確保するための短時間可用帯域推定方式,” 情報処理学会論文誌, vol.53, no.2, pp. 698–711, Feb. 2012.
- [2] 二瓶浩一他, “ライブ映像配信システムにおける映像フレームの送信時刻推定法,” 2015 信学ソ大, B-15-2, Sept. 2015.

¹ タイミングが重なった場合の推定値はアルゴリズムに依存する。今回使用したアルゴリズムでは上限近くの 25 Mbps が出力された。