

無線ネットワーク環境を考慮した 適応型映像品質制御手法の実装と評価

猪野基雄[†] 橋本浩二[†] 柴田義孝[†]

本稿では、無線接続で行われる映像通信サービスにおける品質制御の必要性とその制御手法について述べる。近年、スマートフォンやタブレット端末が普及し、移動しながら映像通信をすることが容易になっている。しかし、AP(アクセスポイント)とデバイス間の距離が変化することでネットワーク性能が変化し、映像品質を保ちながら通信することは難しい。そのため、ネットワーク性能に合わせて映像品質を制御することで、通信時の映像の乱れや通信断を抑えることが必要である。映像品質制御は、解像度とフレームレート、コーデックの設定値で調整する。

Development and Evaluation of an Adaptive Video Quality Control Method in Wireless Network

Motoo Ino[†] Koji Hashimoto[†] Yoshitaka Shibata[†]

In this paper, we propose QoS (quality of service) control methods for various type of video communication on wireless networks. In recent years, tablet PCs and smart phones have spread, and the video communication while moving is easy. However, that network performance varies with the distance between the device and the AP (access point) to change, to communicate while maintaining the video quality is difficult. Therefore, by controlling the video quality according to network performance, it is necessary to suppress the communication interruption or disturbance of the video communication. The video quality control will adjust the codec, resolution and frame rate. In this paper, we will verify the change of video quality due to the movement the video communication. We will evaluate the control method of the video quality at the time of movement.

1. はじめに

無線技術の発展により、公衆無線 LAN や家庭内ネットワークなど多方面で無線技術が利用されるようになった。無線通信は有線通信に比べて、構築性、移動性において優れているとされている。また、情報通信ネットワークにおける映像・音声通信システムの向上により、幅広い品質の映像と音声を扱えるようになった。さらに、インターネットや映像通信サービスが発展し、企業などにおいてはビデオ会議、医療や教育現場では遠隔講義、一般家庭でもスマートフォンやタブレット端末の普及に伴いライブ映像配信が行われるようになった。これら映像通信では、ユーザの要求に応じて適切な映像品質で通信を行わなければならない。そのため、サービス向上のためにアプリケーションレベルやネットワークレベルでの QoS の研究や映像通信の品質制御に関する研究が行われている[1][2][3][4]。また、無線環境によるテレビ会議などのリアルタイムサービスはパケットロス、遅延、ジッ

タなどの影響を受けやすい。そのため、安定した通信品質を提供できるネットワークが望ましい。しかし、無線接続による映像通信の場合、デバイスの移動や障害物、電波干渉などによりネットワーク性能が低下する可能性がある。無線ネットワークにおける品質制御に関する要因としては、無線の規格やデバイス間の距離の動的な変化、バースト的な通信断、電波干渉などが挙げられる。安定した通信品質を提供するための方法として帯域確保が挙げられるが無線環境においては困難である。そのため、現在のネットワーク性能に合わせて映像品質を制御する方法が有効である[5]。

本稿では目的として、利用するネットワーク性能の監視、ネットワーク性能に合わせた品質制御、ユーザ要求への対応を挙げる。一般ユーザにおいて、送信者または受信者が移動を伴う映像通信を行うことが考えられる。この場合、映像品質制御なしで映像通信を行っていると AP(Access Point)までの距離の変化や障害物の増減、電波干渉の有無などにより映像品質に乱れや通信断が発生する。そのため、無線ネットワークにおける QoS を考慮した映像通信が課題となる[6]。また、映像品質制御に関してユーザが通信する映像の種類に

[†] 岩手県立大学 ソフトウェア情報学研究科
Graduate School of Software and Information Science,
Iwate Prefectural University

よって重視される項目(解像度, フレームレート)が異なる. そのため, ユーザの要求に応じた映像品質制御を行う必要がある.

2. システム概要

本システムの概要図を図 1 に示す. 映像通信には様々な構成が考えられる. 例えば, 無線接続や有線接続, 1 対 1 通信, 1 対多通信, 片方向通信, 双方向通信などがある. その中でも無線接続を含む映像通信について考慮する. そこで, 利用端末と AP 間を無線で接続し, それ以降の内側のネットワークはすべて安定した有線接続で構成されているものとする. 無線接続を用いた映像通信の場合, 常にネットワーク性能が変化することが考えられるため, ネットワーク性能の変化に適応した映像品質で通信をする必要がある. そこで, 本システムは無線接続における AP と端末間の距離の変化に伴うネットワーク性能の変化を監視する. また, 監視によるネットワーク性能の測定から現在のネットワーク性能に対応して映像品質を選択, 変換して通信を行う. ネットワーク性能が低下した場合は映像品質の低減調整によって映像の大きな乱れや通信断を抑える. 逆にネットワーク性能が向上し, 現在よりも高品質で映像を提供できると判断した場合は映像品質を上げる.

本システムで必要となる機能を挙げる.

- ストリーミング機能
- 利用者端末のエンド間でネットワーク性能の測定
無線接続を伴う映像通信の場合, 送受信者の移動によってネットワーク性能が変化することが考えられるため, 使用するネットワークは一度ではなく定期的に測定を行う.
- ネットワーク測定結果に合わせた映像品質選択
ネットワーク性能が低下した場合, 高品質で映像通信ができなくなる. そのため, 現在のネットワーク性能に適応した映像品質を選択する機能が重要となる.
- ユーザ要求の反映
映像通信における映像の内容には複数の種類が考えられる. ユーザによって映像に求める品質が異なる. そのため, ユーザに解像度またはフレームレートのどちらを重視するかを選択してもらい, その要求を反映する機能が重要となる.
- 動的な映像品質変換

現在のネットワーク性能に適応した映像品質を選択した

後, 選択された映像品質へ実際に変換する機能が重要となる. その際, 映像通信を途切れさせずに動的に変換することが求められる. 変換は解像度, フレームレート, コーデックの設定値によって行われる.

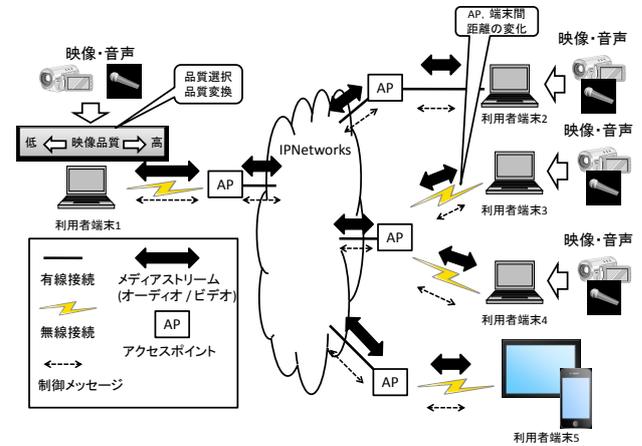


図 1: システム概要

3. システムアーキテクチャ

本システムのアーキテクチャを図 2 に示す.

• User Interface(UI)

UI ではユーザ要求の設定を行う. ユーザは通信する映像の解像度とフレームレートの優先度を設定できる. また, 定期的に測定を行っているネットワーク性能の測定結果を表示する.

• Quality Controller(QC)

NSMで行われるネットワーク性能の測定結果から現在のネットワーク性能に適した映像品質を選択する. また, MSPへ変換要求を出す.

• Network Status Monitor(NSM)

使用するネットワークの性能を定期的に測定する. 測定項目は RSSI, Throughput, パケットロスである.

• Media Stream Processor(MSP)

映像通信を行う機能と映像品質の変換機能を持つ. QC から受けた映像品質へ動的に変換を行い, 映像通信を続ける.

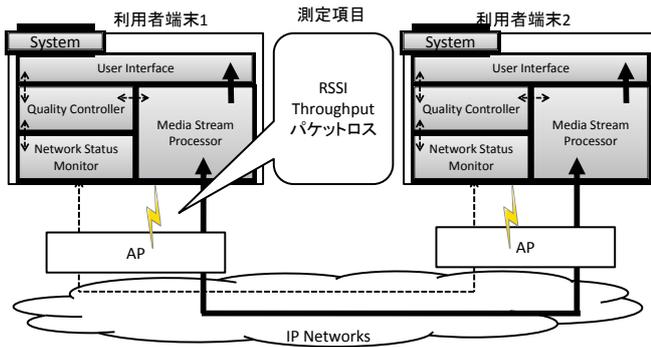


図 2：システムアーキテクチャ

3.1 メッセージフロー

メッセージフロー図を図 3 に示す。User Interface(UI)でユーザによって映像通信における品質項目の優先度が決定される。その後、Quality Controller(QC)へ優先度に関するメッセージを渡す。QC はメッセージを受けると Network Status Monitor(NSM)へ測定要求メッセージを送る。NSM は測定要求を受けると現在使用しているネットワーク性能の測定を開始する。測定終了後、測定結果を QC へ渡す。QC は測定結果と品質の優先度を参考にネットワーク性能に適した映像品質を選択する。映像品質を選択後、Media Stream Processor(MSP)へ変換要求メッセージを送る。MSP は、選択された映像品質へ動的に変換をして映像通信を続ける。NSM の測定に関しては QC から要求を受ける以外にも一定時間ごとに測定が行われる。測定終了の度に QC へ測定結果を渡し、QC は品質を選択する。その後、QC は MSP へ変換要求を送り、MSP は映像品質を変換して映像通信を続ける。これらを繰り返すことで現在のネットワークに適した映像品質で通信を行う。

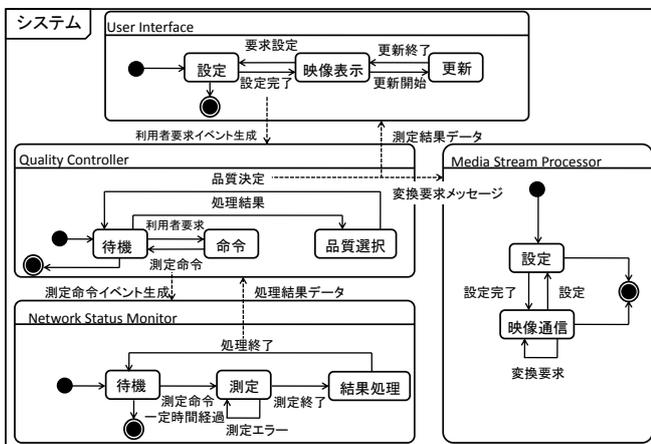


図 3：メッセージフロー図

4. 映像品質制御

映像品質制御のイメージ図を図 4 に示す。映像品質の選択と変換は解像度、フレームレート、コーデックの設定値で行われる。定期的なネットワークの測定結果とユーザ要求から映像通信に必要な Throughput とユーザ要求を満たした解像度とフレームレートの組み合わせを選択する。ユーザ要求では解像度またはフレームレートの優先度を決定できる。ネットワーク性能が低下した場合、非優先項目から調整を行う。非優先項目を調整しても現在のネットワーク環境に適さない場合は優先項目を調整する。

解像度優先：ネットワーク性能が低下した場合、まずはコーデックからビットレートの設定値を見直す。ビットレートだけで調整できない場合は、フレームレートを下げること映像品質を調整する。フレームレートを下げても適応できない場合にのみ解像度の調整を行う。

フレームレート優先：ネットワーク性能が低下した場合、まずはコーデックからビットレートの設定値を見直す。ビットレートだけで調整できない場合は、解像度を下げること映像品質を調整する。解像度を下げても適応できない場合にのみフレームレートの調整を行う。

コーデックは WMV(Windows Media Video) の CBR(constant bitrate)を使用する。CBR とは固定ビットレートでエンコードすることである。例えば、1280×720,30fps の映像品質で通信する場合、2Mbps~15Mbps の範囲で制御可能である。

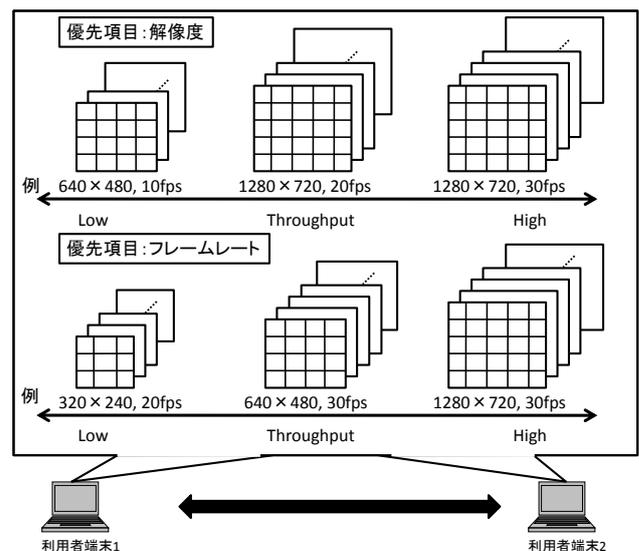


図 4：品質制御イメージ図

4.1 Throughput と RSSI

本システムでは、ネットワーク性能の測定項目の 1 つとして RSSI(Received Signal Strength Indication)を用いる。RSSI とスループットには相関関係があり [7], RSSI の値によって Throughput を推定できる。我々の環境でも実験を行い検証した。その結果を図 5 に示す。実験は無線接続された 2 台の PC と AP を用い、その間の距離を片方の端末は 1m に固定し、もう片方の端末と AP は変化させ、RSSI と Throughput の測定を行った。測定ツールは Iperf2.0.5 と inSSIDer3 を使用した。大学構内の長い廊下で行い、電波干渉は多少あるがクロストラフィックはなく理想的な環境に近い状態での実験を行った。

結果のグラフは縦軸に RSSI, 横軸に Throughput を示している。実線は近似線を示している。2 つの相関関係を表す R^2 は 0.8 であり, RSSI と Throughput に相関関係が認められた。

RSSI は RSSI による最大 Throughput の算出とネットワーク性能が良好であるかを判断するために用いる。

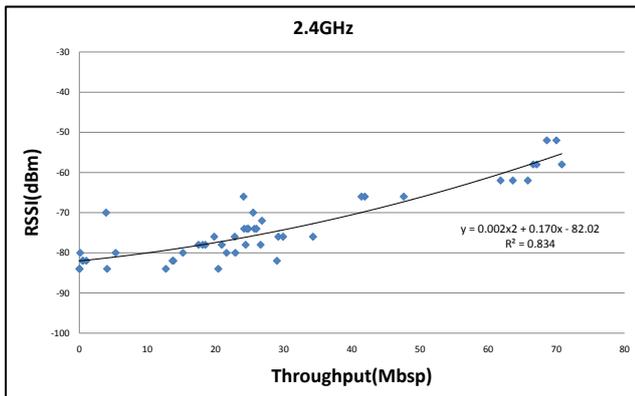


図 5 : Throughput と RSSI の関係

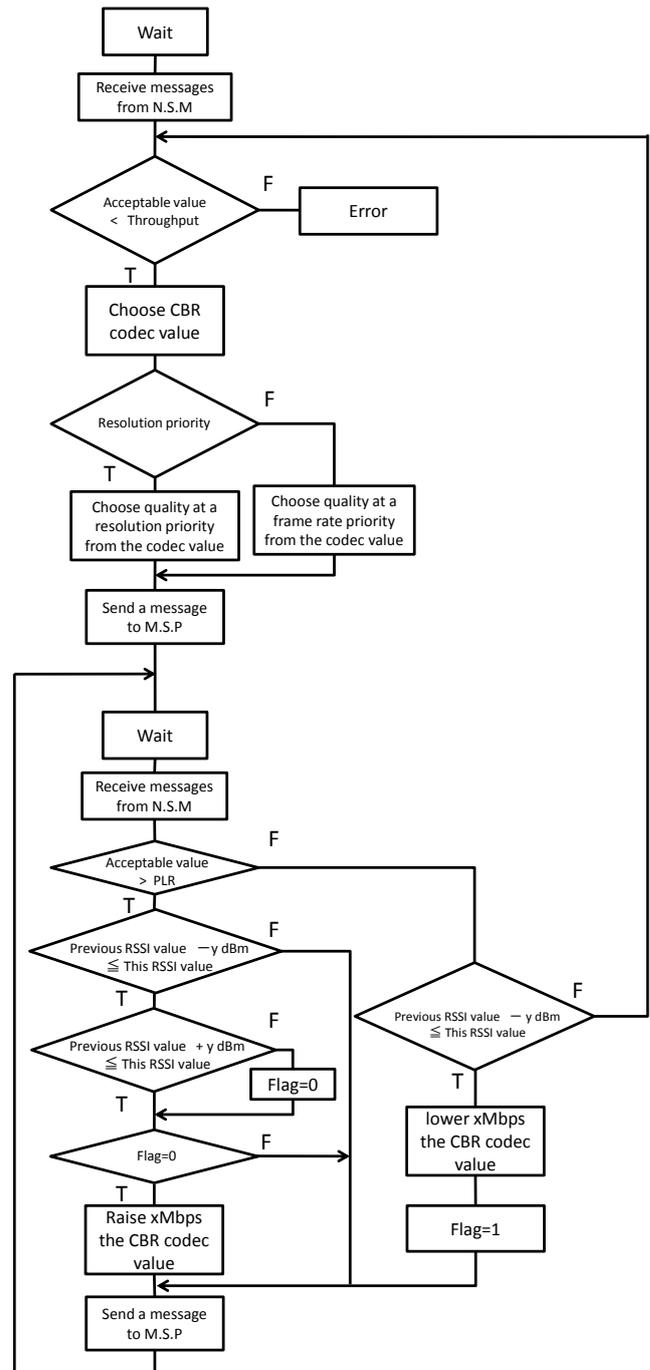


図 6 : Quality Controller フロー

4.2 Quality Controller フローチャート

映像品質の選択を行う Quality Controller のフロー図を図 6 に示す。QC は NSM から測定結果を受け取った後、Throughput が許容値以上の値であることを確認する。許容値以上であれば Throughput の値から適した CBR コーデックの設定値を選択し、コーデックの設定値から優先度を考慮して解像度とフレームレートを選択する。映像品質の 3 項目を選択した後、MSP へ変換要求を送り待機状態へ戻る。2

回目以降は NSM の測定結果からパケットロスの値が許容値であるかを判別する。許容値であれば前回の RSSI 値と今回の RSSI 値を比べて RSSI 値が悪化していないかを確認する。前回と比べて RSSI 値が悪化していない場合は向上しているかどうかを確認する。向上していれば Flag を 0 として扱い、CBR コーデック値を上昇させる。Flag については後述する。パケットロスが許容値を超えている場合、前回の RSSI 値と今回の RSSI 値を比べ悪化しているならば、コーデックの設定値と解像度、フレームレートを見直す。パケットロスが発生しているが RSSI 値は前回と比べ悪化していなければ、CBR コーデック値を調整する。この場合、Flag を 1 とする。Flag は前回コーデック値を下げる選択をした場合、ネットワーク性能が向上していない状態で再びコーデック値を上げる選択をしないために用いられる。これらを一定時間ごとに繰り返し行うことでネットワーク性能に適した映像品質で通信する。

5. 実験

5.1 Quality Controller 検証実験 概要

実験の構成図を図 7 に示す。実装したアルゴリズムの有用性を検証する実験を行う。実際に映像通信を行い、使用しているネットワークの性能を測定する。その際、ネットワーク性能に合わせて Quality Controller から適した映像品質が選択されるか検証する。図 7 の通り 2 台の PC を AP に無線で接続し、映像通信を行う。その際、片方の端末を固定し、もう片方の端末を移動させることで AP との距離を変化させる。今回の実験では、-75dBm の地点から-88dBm の地点へ移動した場合におけるアルゴリズムの映像品質の選択から実際に映像品質を変換して通信を行った結果を示す。なお、映像品質の変換は手動で行っており、その間の時間は 0s としてグラフに示している。0s-30s までは-75dBm の地点で通信しており、30s-40s の間に移動、40s からは-88dBm で通信している結果を示している。

映像品質初期設定値：1280×720,30fps,CBR10Mbps

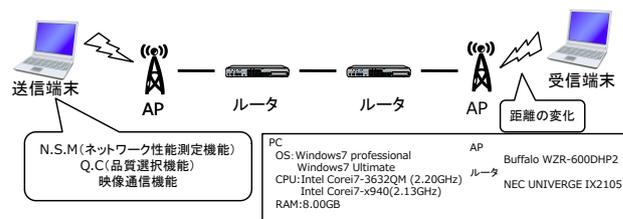


図 7：実験構成図

5.2 実験結果と考察

図 8 より、制御なしの場合は移動を開始した 30s からパケットロスが発生している。その後もパケットロスは常時発生しており、フレームレートとビットレートも乱れているのがわかる。

図 9 では本システムのアルゴリズムを使用した場合の結果である。移動を開始した 30s の地点から制御しない場合と同様にパケットロスが発生している。その後、ネットワーク性能を測定し、CBR コーデック設定値を下げることで調整を行った。CBR5Mbps という選択結果から実際に手動で CBR5Mbps に映像を変換して通信したところパケットロスもなくフレームレートも回復しているのがわかる。定期的にネットワーク性能が測定され、次に CBR6Mbps の値が選択されたため、その値に変換して通信を行った。こちらも映像に乱れなく通信が行えている。さらに測定後、7Mbps の値が選択され、変換を行った。今度はパケットロスが発生し、フレームレートの低下しているのがわかる。次の測定後、6Mbps に戻す選択がされ、その品質へ変換を行った後、安定した通信を保つことができている。今回の実験では、測定の間隔を 20s に設定して行っている。そのため、品質を徐々に向上させるような本アルゴリズムでは、ボーダーを超えた選択をした場合、20s 間パケットロスが発生し続けることになる。そこで、測定の間隔をさらに短くすることが必要と考える。また、実験における実際の映像品質の変換は手動で行っていた。実際の映像通信ではユーザが意識することなくシステム側で動的に変換されることが望ましい。そのため、映像品質の変換の自動化が必要である。

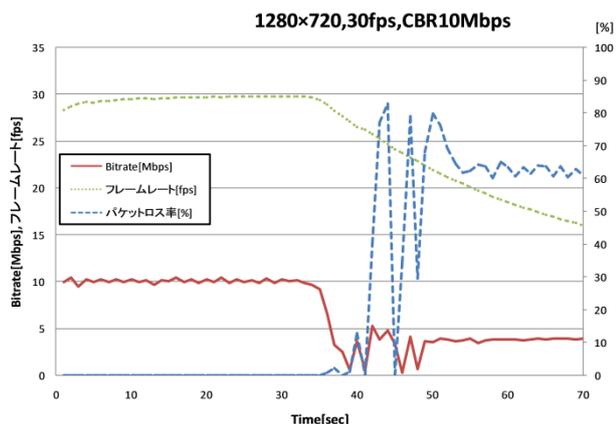


図 8：実験結果(制御なし)

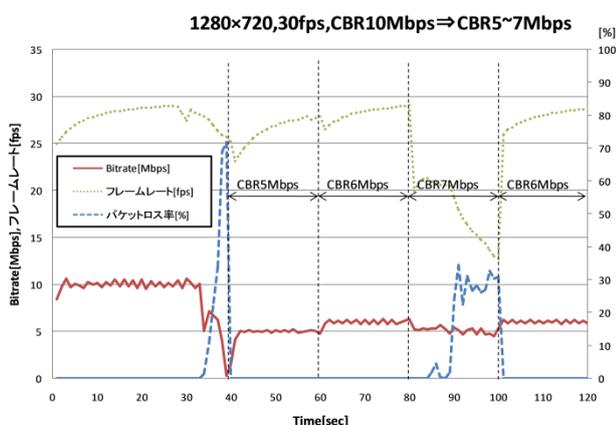


図 9：実験結果(制御あり)

6. まとめ

本稿では、無線ネットワーク環境における映像品質制御手法とその必要性を示した。映像通信サービスは幅広い分野で用いられている。移動性の高い端末で映像通信を行う場合、AP との距離が変化することにより、ネットワーク性能が変化して通信品質を保つことができなくなる。そのため、ネットワーク性能に合わせて映像品質を制御する必要がある。そこで、品質制御に必要な機能を示した。品質制御は解像度、フレームレート、コーデックの設定値で行われ、ユーザの優先度とネットワーク性能から映像品質が選択される。本アルゴリズムの実験では、端末の移動によるネットワーク性能の変化を感知し、そのネットワーク性能に合わせて映像品質を選択することで映像の乱れやパケットロスを抑えている。

今後の課題としては、映像品質変換の自動化が挙げられる。また、実際のネットワークでは他ユーザのトラフィックが発生することが考えられるため、クロストラフィックが発生し

ている環境下への対応が必要となる。

参考文献

- [1] Tomoaki Furukawa, Tatsuya Mizobata, Takeshi Higashino, Katsutoshi Tsukamoto, Shozo Komaki, “Experimental Evaluation for Video Quality of Wireless Video-Telephony Services”, 2010 IEICE, MoMuC, Vol.109, No.380, pp.99-104.
- [2] Khalil ur Rehman Laghari, Thanh Tung Pham, Hang Nguyen, Noel Crespi “QoM: A New Quality of Experience Framework for Multimedia Services” 2012 ISCC, pp. 000851-000856.
- [3] Maxime Louvel, Pierre Bonhomme, Jean-Philippe Babau, Alain Plantec, “A Network Resource Management Framework for Multimedia Applications Distributed in Heterogeneous Home Networks” 2011 AINA, pp.724-731.
- [4] David Esteban Ines, Kazutoshi Fujikawa, Eiji Kawai, Hideki Sunahara, “Streaming mobile multimedia optimization for video-conferencing scenarios” 2009 IEEE, MMEDIA, pp.80-85.
- [5] Shigeyuki Yamanaka, Yoshihiro Ohtani, “A rate control method to achieve high-quality video transmission” 2006 IEICE, pp.169-174.
- [6] Juan A. Colmenares, K. H. (Kane) Kim, Zhen Zhang, Chadeok Lim, Kee-Wook Rim : “Real-Time-Component Based Software Architecture for QoS-adaptive Networked Multimedia Applications” 2010 ISORC, pp. 133-142.
- [7] Tomotsugu Hasegawa, Hirokazu Takeno, Yuto Nakatsu, Manabu Omiya, “Relations of RSSI and Average Throughput of IEEE802.11n Wireless LAN System”, IPSJ, Vol.52, No.9, 2829-2840.