

動画通信のための一時的な QoE の変動を考慮した ハンドオーバーアルゴリズム

武居 厚志 † 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、無線ネットワーク環境は 3G, LTE, Wi-Fi, WiMAX など多種多様なサービスが低価格で提供されるようになってきている。一方でスマートフォンやタブレットの高性能化により、無線ネットワークを利用した音声や映像などのマルチメディアサービスへの需要が高まっている。

このような背景の中、マルチメディアサービスの利用中、QoS を維持しつつ、ネットワーク間でハンドオーバーをするためのアルゴリズムが数多く研究されているが、ユーザがサービスを実際に利用して感じるサービスの体感品質という観点から、Quality of Experience (QoE) の重要性が指摘されるようになった。

これを踏まえ、Liu らは無線ネットワーク上でストリーミング配信される動画の QoE を予測するモデルを用いた QoE-Driven VHO (Vertical HandOver) アルゴリズム (以下、従来方式と呼ぶ) を提案した [1]。このアルゴリズムでは、QoE の数値的な尺度である Mean Opinion Score (MOS) が一定の値を下回った際、他に接続可能なネットワークが存在すればハンドオーバーを実行する。この時、閾値を下回る MOS となったネットワークは、十分な QoE を提供できないものとして、ブロックリストに登録し、これ以降、そのネットワークを接続候補先に挙げないようにしている。

しかし、この方式では、ネットワークの性能が一時的に低下した場合について、十分に考慮されていないという問題があった。そこで本論文では、従来方式を改良し、通常時は、定期的に MOS を予測し、その過去一定時間の平均 MOS をハンドオーバーの基準とすることで、一時的な QoE の変動を考慮したハンドオーバーアルゴリズムを提案する。

2 従来方式

Liu らが提案したアルゴリズムでは、無線ネットワーク上でストリーミング配信される動画の QoE の予測に Khan らが提案した予測モデル [2] を用いる。このモデルでは動画を内容の動きの量から Slight Movement (SM), Gentle Walking (GW), Rapid Movement (RM) に区分する。そしてネットワークの packets 損失率 (PER), 動画の送信ビットレート (SBR) とフレームレート (FR) を取得し、動画の区分から $a_1 \sim a_5$ の係数の値を決定し、式 (1) から予測 MOS を得る。ここで表 2.1 にそれぞれの動画区分における各係数の値を示す。

$$MOS = \frac{a_1 + a_2 FR + a_3 \lg(SBR)}{1 + a_4 PER + a_5 (PER)^2} \quad (1)$$

表 2.1 動画の区分による係数の値 [2]

	SM	GW	RM
a1	2.797	2.273	-0.0228
a2	-0.0065	-0.0022	-0.0065
a3	0.2498	0.3322	0.6582
a4	2.2073	2.4984	10.0437
a5	7.1773	-3.7433	0.6865

従来方式では、現在の接続先と異なる無線ネットワークからのビーコンを受信する度に、式 (1) によって現在の接続先の QoE 推定が行われ、MOS が 3.5 未満だった場合はビーコン受信先のネットワークへハンドオーバーするとともに、それまで接続していたネットワークをブロックリストに登録する。このアルゴリズムでは、MOS が 3.5 以上の品質が常に得られていれば、ノードは現在のネットワークに接続し続けるため、最高品質を提供するネットワークにアクセスが集中することを回避でき、ネットワークリソースを効率的に利用することが見込める。

しかし、QoE 推定の結果が一時的にでも閾値を下回ってしまうと、新たな接続先で十分な QoE が提供できない場合であっても、ハンドオーバーが実行されてしまうため、再度ハンドオーバーが実行される可能性がある。また、元のネットワークの QoE がすぐに回復したとしても、ブロックリストに登録されたことから、再接続することができないという問題があった。

Handover Algorithm to Support Temporary QoE Changes for Video Communications

Atsushi Takei†, Shigetomo Kimura‡

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

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

3 提案方式

提案方式では、(1)接続しているネットワークの MOS を定期的に推定し続け、過去一定期間の平均 MOS を求める。MOS の推定には従来方式と同様に Khan らの MOS 予測モデル[2]を用いる。この平均 MOS が 3.5 以上であった場合、同様に平均 MOS を更新し続ける。(2)平均値が 3.5 を下回った場合は、従来方式と同様に、他ネットワークのビーコンを受信すると、そのネットワークにハンドオーバーする。その際、切り替え前に接続していたネットワークの平均 MOS が 3 を下回っていた場合はブロックリストに登録を行い、該当ネットワークとは以降通信を行わないものとするが、登録から一定期間が経過したらリストから除外する。(3)ハンドオーバー後、一定期間、接続先のネットワークの MOS を推定し続け、最初の平均 MOS が得られるまでそのネットワークに接続し続ける。この平均 MOS が 3.5 以上なら(1)に、そうでなければ(2)に戻る。

4 シミュレーション実験

提案方式の有効性を確認するため、Network Simulator 3 を用いた実験を行い、従来方式と比較する。実験で用いる映像と 2 つの無線ネットワークのパラメータを表 4.1 に示す。また、実験で用いたネットワーク環境を図 4.1 に示す。ここで、MN はノードを、WIFI1 と WIFI2 は、Wi-Fi のアクセスポイントを示し、括弧内の数値は、それぞれの座標を表し、単位は m である。

表 4.1 実験パラメータ

parameters		parameters	wifi1	wifi2
Types of video	RM	Coverage Area	50 m	
Frame Rate	60 fps	Bandwidth	11 Mbps	
Sender Bit Rate	1 Mbps (CBR UDP)	Packet Error Rate	0%→0.5%	2%
Packet Size	128 byte	MOS	3.5	3

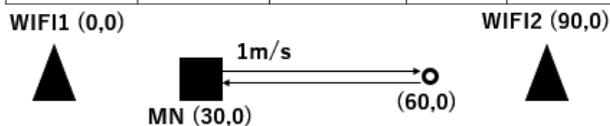


図 4.1 シミュレーション環境

MN は、WIFI1 に接続しており、実験開始直後から、WIFI2 に向かって 1m/s の速度で直進し、30 秒後に折り返して元の位置まで戻る。実験開始 15 秒後に、WIFI1 のパケット損失率を 0%から 0.5%に 1 秒間引き上げ、その後、0%に戻す。実験時間は 60 秒で、MOS の計測期間は 2 秒間、ブロックリストから除外するまでの期間は 5 分とする。このとき、従来方式と提案方式を用いたときの、MN が観測する MOS の変化の経過を図 4.2 に示す。

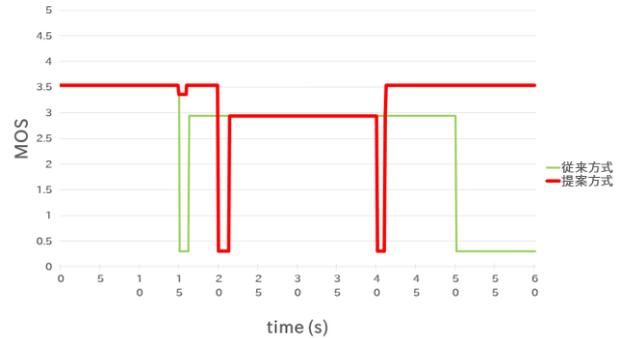


図 4.2 経過時間における MOS の変化

図において、実験開始 15 秒後に、従来方式ではハンドオーバーしたために、MOS が一時的に 0 近くまで低下し、その後、WIFI2 に接続して、MOS は 3 になった。提案方式では、計測期間中の平均 MOS が 3.5 以上だったので、ハンドオーバーせず、WIFI1 の接続範囲外に出た 20 秒後まで、MOS がほぼ 3.5 に保たれた。そして、40 秒後に、WIFI1 の接続範囲内に入ると、提案方式では、WIFI1 にハンドオーバーするが、従来方式では、ブロックリストに登録したため、WIFI1 に戻れず、WIFI2 の接続範囲外に移動する 50 秒後には、接続先を失って、MOS が 0 になっている。以上のことから、提案方式は、実験全体を通して従来方式以上の MOS を維持できることが示された。

5 まとめと今後の課題

本論文では、QoE の一時的な変動を考慮した動画配信のためのハンドオーバーアルゴリズムを提案した。そして、シミュレーション実験により、提案方式は、従来方式と比較して、パケット損失率の一時的な低下が発生しても接続を維持し、全体的な QoE を高く保てることを示した。このアルゴリズムでは、QoE の低下が長時間続く場合においても一定時間接続を保ってしまうことから、その対策を行う必要がある。また、接続を切り替える前に候補ネットワークと通信を行い、ハンドオーバーするかどうかの決定を行う機能を追加することも今後の課題とする。

参考文献

- [1] L. Liu, L. Sun, and E. Ifeachor, "A QoE-Driven Vertical Handover Algorithm Based on Media Independent Handover Framework," Proceedings of 2015 IEEE 11th International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications (WiMob), pp. 51-58, 2015.
- [2] A. Khan, L. Sun, E. Jammeh, and E. Ifeachor, "Quality of Experience-driven Adaptation Scheme for Video Applications over Wireless Networks," IET Communications, Vol. 4, No. 11, pp. 1337-1347, 2010.