

予測レート制御機構を用いた無線LANハンドオーバにおける 動画像品質の評価

田村大輔[†] 宮本剛[‡] 石原進[†]

[†] 静岡大学工学部 [‡] 情報通信研究機構

1 はじめに

無線LANを利用する移動端末は、遅延、伝送速度、QoS制御機構などが異なるアクセスポイント(AP)間を相互にハンドオーバすることになる。ハンドオーバ時に利用可能帯域が急激に減少した場合に、ハンドオーバ以前の利用可能帯域を想定した高い送信レートで通信するとフレーム落ちや再生停止が発生してしまう。そのため、ハンドオーバに伴って急激に変動する通信環境に素早く変更して、最適な再生品質を提供するレート制御機構が求められている。特に同一ネットワーク内の無線LANにおけるAP間ハンドオーバではIPアドレスの変化を伴わないためハンドオーバ処理は高速に行えるが、Mobile IPにおける気付IPアドレスの変化のようにIP層以上で明示的に環境の変化を知ることができないという難しさがある。

筆者らはこのような問題に対し、ハンドオーバ後の利用可能帯域をネットワーク側から移動端末に通知し、ハンドオーバ前にデータ送信レートの変更を行い、ハンドオーバ直後の動画像データの再生品質低下を回避する手法を提案している[1]。本稿では、動画像再生品質および移動先基地局の先住端末の通信への影響についてシミュレーションに基づく評価を行う。

2 ネットワーク主導予測レート制御機構

本研究ではネットワーク主導で無線LAN端末に対して、ハンドオーバ指示を行うことができる環境を想定している。この環境で管理サーバが移動端末から取得した電波強度などの無線資源の測定情報に基づきハンドオーバが必要なことを検知すると、移動端末に対しハンドオーバ発生通知および移動後の利用可能帯域幅の予測値を含んだ2層におけるシグナルを送る。移動端末はこの2層プロトコルでのシグナルをアプリケーションに通知する。これに基づき、移動端末のアプリケーションは適切な送信レートを計算し、通信相手の端末に対して通知を行う。

Evaluation of streaming video quality with predictive rate control

Daisuke TAMURA[†], Goh MIYAMOTO[‡], and Susumu ISHIHARA[†]

[†]Faculty of Engineering, Shizuoka University [‡]National Institute of Information and Communications Technology

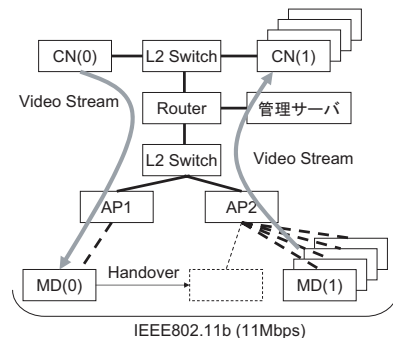


図 1: 想定ネットワーク

3 シミュレーション評価・結果

ネットワーク主導による帯域予測機構を用いたハンドオーバ方式の有効性を確認する。ハンドオーバを行う端末の通信のみならず、先住端末の通信に与える影響も考慮し、提案手法の有効性をシミュレーションを用いて評価を行う。

3.1 シミュレーション条件

シミュレータとして Mobile Ethernet 評価用に開発された MIRAI-SF シミュレータを用いた。図 1 にシミュレーションで用いたネットワーク構成を示す。移動端末 (MD) は固定ネットワーク側にいる端末からビデオストリームを受信する。移動端末はデータ受信中に IEEE802.11b の 2 つの AP, AP1 から AP2 へとハンドオーバする。その際、移動先 AP には先住端末 (移動端末よりも先に移動先 AP と通信を行っている端末) が存在しているものとする。先住端末は固定ネットワーク側にいる端末 (CN) に向けてビデオストリームを送信している。AP での送信キュー長は 10 パケットとする。

3.2 ビデオデータ送信モデル

本シミュレーションで扱うビデオデータの送信モデルは MPEG のようなフレーム間予測符号は考慮していない。フレームサイズは送信レートに応じて変更できるものとし、31kbps ~ 953kbps の範囲の 31 段階にビットレートが可変である。シミュレーションでは、CN が MD から要求された送信レートを超えない最大のビットレートを選択し各フレームデータを IPv6 の UDP で送信する。フレームレートは 30frames/sec に固定する。

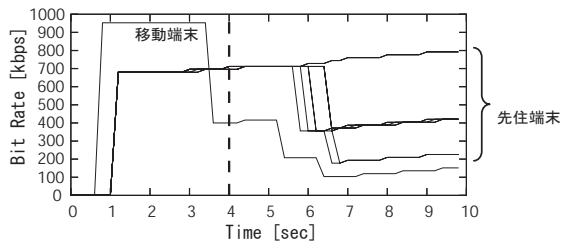


図 2: 移動端末への送信レート：予測あり

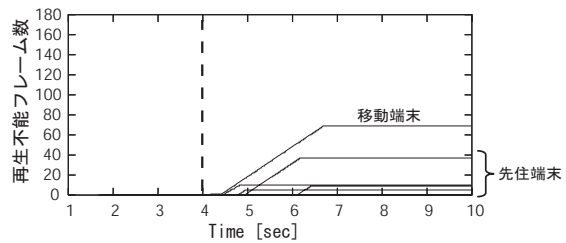


図 4: 移動端末における再生不能フレーム数：予測あり

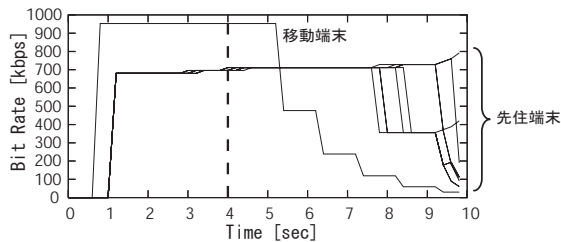


図 3: 移動端末への送信レート：予測なし

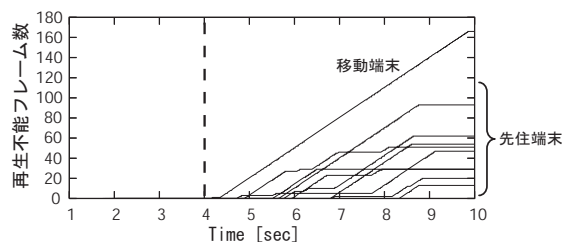


図 5: 移動端末における再生不能フレーム数：予測なし

3.3 基本レート制御

ハンドオーバー時には移動端末が制御サーバにより通知された送信レートを送信側に通知し、送信側はこの要求を満たす品質のビデオデータを送信する。一方、通常の状態では、以下の方法でレートの調整を行う。以下、ビデオストリーム送信端末を送信端末、対応する受信端末を単に受信端末と呼ぶことにする。

1. 受信端末は再生バッファ内に閾値までフレームを溜め、閾値に達したら再生を開始する。
2. 受信端末は再生バッファを1秒毎に確認し、閾値よりも多く保持しているようであればレート上昇要求を、少ないようであればレート減少要求をサーバに対して送る。その際、再生バッファの瞬間的な変動をカバーするため、閾値にマージンをもたせる。今回、再生バッファの閾値を8フレームとし、マージンを1もたせた。つまり再生バッファが6フレーム以下であれば送信レートを減少させ、10フレーム以上であれば送信レートを上昇させる。さらに、レート変動が頻繁に行われるようであれば、ユーザが感じる画質が低下するので、1秒毎に送信レート変更を行う。現在の送信レートを x とすると増減は次の通り。

- レート上昇： $\min(x + 16, 953)$ [kbps]
- レート減少： $\max(x/2, 31)$ [kbps]

3. 送信端末は、受信端末からレート変更要求を受信したら即座にレート変更を実行する。

3.4 シミュレーション結果

シミュレーション開始4秒後にハンドオーバーを発生させた。移動端末の初期送信レートを953kbps、ハンドオーバー予測に基づくレート変更時間をシミュレーション

開始から3.5秒後、予測レートを400kbps、先住端末数9台、これらの初期送信レートを680kbpsとする。

送信レート変化を比較すると、予測を用いない場合は最小値近くまで下がっていることが見て取れる。一方、予測を用いると早い段階でレートが下がってしまい100kbps程度までの落ち込むものの、回復が早いことがわかる。フレーム到着が再生タイミングに間に合わない再生不能フレーム数でも、先住端末に関しては、予測を用いない場合は平均して60近く発生しているのに対して、予測を用いると、ほとんどの端末が10フレーム程度で済んでいることがわかる。移動端末においても予測なしでは再生不能フレーム発生が長引いていたのが、予測を用いることによって早くに再生不能フレーム数を抑えることができています。

4 まとめ

本稿ではネットワーク主導で無線LAN間でのハンドオーバーを指示することができるネットワーク環境での利用を前提に、事前にハンドオーバー発生後のレートを予測することで、ハンドオーバー直前にアプリケーション間でデータ送信レートの変更を行い、マルチメディア通信時のフレームロスの増加などの受信動画の再生品質低下を回避する手法の評価を行った。シミュレーションにより、ビデオストリーミングの再生品質および移動先基地局の先住端末の通信への影響を調べ、その有効性を明らかにした。今後、現実的なビデオストリーム、ハンドオーバーする移動端末以外の端末移動、双方向マルチメディア通信の考慮、TCPとの混在の影響の検討を行っていく必要がある。

参考文献

- [1] S.Ishihara *et al.*: "Predictive rate control for real-time video streaming with network triggered hand-over," in proc. of WCNC2005, NET-06-3, 2005.