

## Web ブラウジング高速化のための TCP ヘッダに基づく 802.11 無線通信最適化

田島照久<sup>†</sup>岡部寿男<sup>‡</sup>京都大学大学院情報学研究科<sup>†</sup>京都大学学術情報メディアセンター<sup>‡</sup>

### 1. はじめに

最近では各個人がラップトップ PC やスマートホンを持ち歩き、無線通信で Web ページを閲覧している。目的の情報に素早くたどり着くためには Web ページを早く表示することが重要である。本研究では無線 LAN を用いた HTTP 通信で、Web ページの 1 画面分を早く端末に転送するための優先制御を行う。また Web サーバー側での高速化によらず、クライアントが接続する無線 LAN の改善で高速化を達成することを目標とする。

本研究では次のような 2 つの特徴を持つ Web サイトのブラウジングを高速化させる。1 つは、提供されるコンテンツは機能ごとにファイルが分かれており、また最初の 1 パケット程度のデータを受信できればナビゲーション可能な程度にページの描画が可能であると仮定する。ナビゲーション可能な程度とはメニュー画面や新着情報、またはコンテンツ一覧などの情報が描画できることを指す。これらの情報を描画するのに必要な情報が HTML や CSS の冒頭に記述されていれば、当該部分を受信次第ただちに描画することで高速なブラウジングを可能にする。もう 1 つの特徴は、Web サーバーサイドでのチューニングを行えるような環境でないこととする。EC サイトなどのコンテンツ提供者は様々な利用者を想定し高速化手段を講ずることができる一方で、ノウハウのない Web サイトではサーバー側での対応は難しい。そこで他の手段で高速化することが出来れば提供者側の負担が減ると考えられるからである。

無線での高速なデータ転送を阻害しているのは帯域の逼迫である。また、そのような状況においては無線のメディアアクセス制御によるパケット転送の待ち時間が発生する。Web ブラウジングを高速に行うためには、帯域幅の増加よりも Round Trip Time の削減の方が効果的であることも提唱されており [1]、この待ち時間を短縮する事が重要である。

802.11 WLAN Optimization Based on TCP Header Values for Accelerating Web Browsing

<sup>†</sup> Teruhisa Tajima

Graduate School of Informatics, Kyoto University

<sup>‡</sup> Yasuo Okabe

Academic Center for Computing and Media Studies,  
Kyoto University

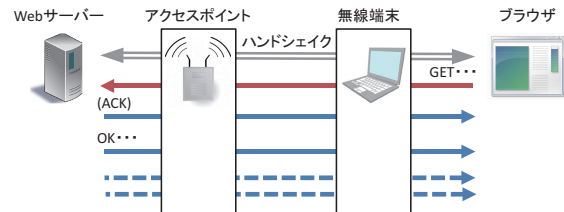


図 1: Web ブラウジングのデータ転送イメージ。優先すべきパケットの流れは実線で、そうでないものは波線で示した。

本研究では Web ブラウジングにおける TCP セッションに注目し、高速な Web ブラウジングのために優先すべきパケットを設定する。Web ブラウジングを行う際に端末は、TCP セッションを新規に作成、GET リクエストを送信し、Web サーバーから対応するコンテンツを受信する。この TCP ハンドシェイクにかかるパケットと、それ以降の送信受信データのそれぞれ 1 パケットが優先すべきパケットとなる。イメージを図 1 に示す。これらのパケットの転送において無線端末側では Contention Window の待ち時間を少なく設定し、アクセスポイント側ではキューイングを優先的に扱い少ない待ち時間で送信させる。本稿ではこの提案法に基づくデータ転送時間の短縮をシミュレーションで確認する。

### 2. 関連研究

Web ページの表示を速くする試みは Google 社などが提唱している HTTP/2 が有名である。HTTP/2 の実装である SPDY は、1 つの TCP セッションに複数のチャンネルを設け複数のファイルを並列で受信する。これによりセッションを開始するハンドシェイクのオーバーヘッドが不要になり読み込みが高速化される。しかし SPDY は Web サーバーでの設定が必要となり本研究の対象からは外れ、また、SPDY 対応できない Web サイトを高速化するという本研究の意図と併存できる。さらに、提案する優先制御はハンドシェイク以降の送受信 1 パケットとそれ以外で優先度を変えるものであるため、併用しても 1 つの TCP セッション全体として考えると SPDY に大きな影響を与えるとは考えづらい。

802.11 無線 LAN を効率よく使うための研究としては、無線環境で使用するための TCP (Wireless TCP)

での輻輳制御が研究されている。しかし今回はパケットに応じた待ち時間を考えるため、メディアアクセス制御による待ち時間を取り扱う。802.11 無線 LAN で一般的に使用されている Distributed Coordination Function 方式では、各端末は無線メディアが使用中かどうかを検知し、使用中であれば送信を控えることでメディアアクセス制御を行っている。さらに無線メディアが使用可能状態に遷移しても、即座に送信を始めず待機時間 Contention Window (CW) を設けることで他端末とのパケット衝突確率を減少させている。CW は無線環境や LAN に参加する端末数などによって適切な値が変化する。CW の最適化法としては、Deng らの提案したもの [2] が挙げられる。ビット誤り率から最適な CW を決定することで、エラーレートが高い状況でも RTS/CTS 以上のスループットを達成したと報告されている。しかし、本研究では送信するパケットの優先度によって CW を変化させるので常に最適な CW である必要はない。

### 3. 提案手法

本研究が提案する優先制御で優先されるパケットは以下のように決定される。

1. SYN フラグが立ったパケットおよび SYN-ACK に対する ACK パケット
2. 上記 1 の後の 100 バイトを超えるパケットが 2 つカウントされるまでのパケット

項番 1 は TCP セッションのハンドシェイクに必要なパケットを指定し、項番 2 では送信受信 1 パケットずつを指定しているが、ACK のみのパケットをカウントしないようにサイズ制限を用いている。

これらのパケットを端末側では CW を短く設定し、アクセスポイント側ではキューイングを優先する。

### 4. シミュレーション

無線帯域が逼迫している状況で提案手法がどれだけ高速にデータ転送を行えるのかを ns2[3] を用いてシミュレーションを行い評価した。

#### 4.1 シナリオ

無線の使用状況を次のように設定した。アクセスポイント 1 台はサーバー {A,B} と十分な帯域で接続されている。無線 LAN に接続する端末は 20 台で各端末は移動しない。端末のうち 19 台はサーバー A とのバルクデータ転送を行い無線帯域を逼迫させている。なおこの通信は全て優先しないパケットとなる。残りの 1 端末がサーバー B との間で HTTP に模した通信を行い、評価の対象とした。使用した CW の値は  $(CW_{min}, CW_{max}) = (15, 63), (127, 1023)$  の 2 組で、優先・非優先で切り替えた。

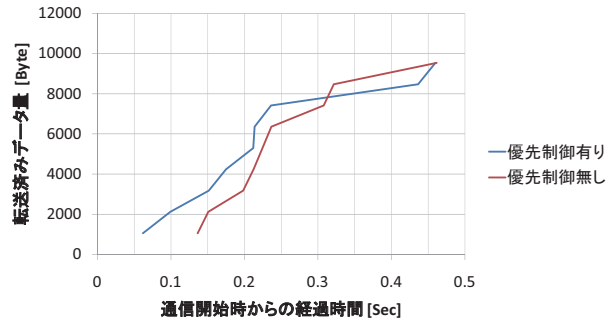


図 2: 優先制御の有無による通信開始時からの秒数と転送済みバイト数の推移

### 4.2 解析

まず、端末での通信開始からパケットがアクセスポイントに到着するまでの時間を計測した。端末での優先処理を行ったことで所要時間が 37ms から 23ms に減少した。次に、アクセスポイントにサーバーからのパケットが到着してから、無線メディアに送信完了するまでの時間を計測した。アクセスポイントでの優先処理を行ったことで所要時間が 90ms から 35ms に減少した。図 2 は端末による通信開始時からの経過時間とアクセスポイントが端末に送信したデータ量の推移である。優先制御を行った場合は前述の所要時間減少による 1 パケット目の時間短縮がなされている。その後の転送はどちらの場合も非優先のパケットのため、優先制御の有無による顕著な違いは起こらない事が確認された。

これにより先頭 1k バイト程度の部分が速く転送されることで、表示の高速化にも繋がると推測できる。

### 5. おわりに

本稿では Web ブラウジングの高速化を目的とした 802.11 無線 LAN でのパケットの優先制御を提案し、シミュレーションでデータ転送時間の短縮を検証した。今後の課題としては、データの転送時間がブラウザ上での表示にどの程度影響を及ぼすのかを調査することが挙げられる。また、今回は HTTP 通信を仮定したが、HTTPS 通信の場合は証明書や鍵交換の手順が追加される事も考慮し優先すべきパケット数を設定しなければならない。

### 参考文献

- [1] Mike Belshe: More Bandwidth Doesn't Matter (Much), <https://www.belshe.com/2010/05/24/more-bandwidth-doesnt-matter-much/>, April 2010.
- [2] D. J. Deng, C. H. Ke, H. H. Chen and Y. M. Huang: Contention window optimization for ieee 802.11 DCF access control, *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol.7, no.12, pp. 5129-5135, December 2008.
- [3] The Network Simulator - ns-2, <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>