

無通信時間を考慮した無線 LAN パケット伝送時間に 基づく瞬時スループットの提案

内田 誠人[†] 喜田 健司[‡] 上野 大二郎[†] 石川 博康[§] 篠永英之^{†,‡}

東洋大学大学院理工学研究科電気電子情報専攻[†] 東洋大学理工学部電気電子情報工学科[‡]

日本大学工学部電気電子工学科[§]

1. はじめに

パケット通信における瞬時スループットは、一般に送信されたデータ量と単位時間の比で示される。単位時間には瞬時スループットを導出する当該パケット以外の時間も含まれる場合が存在し、単位時間で区切るだけではパケット単位の詳細な解析が困難である。本稿では、IEEE802.11g モード無線 LAN の 1 パケット当たりの送信時間を単位時間とした厳密な瞬時スループット導出方法を提案する。また、無線区間のパケットキャプチャデータを用いた解析を行ったので報告する。

2. 従来の瞬時スループット導出方法

著者らは、単位時間で区切るだけでは求められない厳密な瞬時スループットを導出するため、図 1 に示す IEEE 802.11g モードの packets 送信制御に使用される 802.11 ACK の間隔を送信占有時間 (図 1 の Occupied Duration に相当) として定め、それを単位時間とした瞬時スループット導出方法を提案した [1]。802.11 ACK は、無線 LAN フレームを受信した際に NIC が送信する確認応答である。また、処理する情報量は 802.11 フレームのペイロード部を使用する。上記の定義より 1 パケット当たりの瞬時スループットを導出可能とした。この手法で導出したスループットと、従来の単位時間で導出したスループットを図 2 に示す。

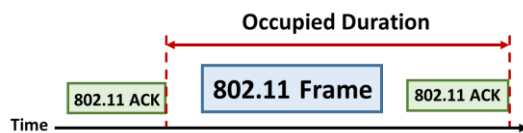


図 1 : 送信占有時間 の定義

Proposal of Instantaneous Throughput Based on Wireless LAN Packet Transmission Duration Considering Idle Time

[†] Masato Uchida, Daijiro Ueno, Graduate School of Science and Engineering, Course of Electricity, Electronics and Communications, Toyo University.

[‡] Kenji Kita, Hideyuki Shinonaga, Department of Electrical Electronic and Communications Engineering, Faculty of Science and Engineering, Toyo University.

[§] Yasuhiro Ishikawa, Department of Electrical and Electronic Engineering, College of Engineering, Nihon University.

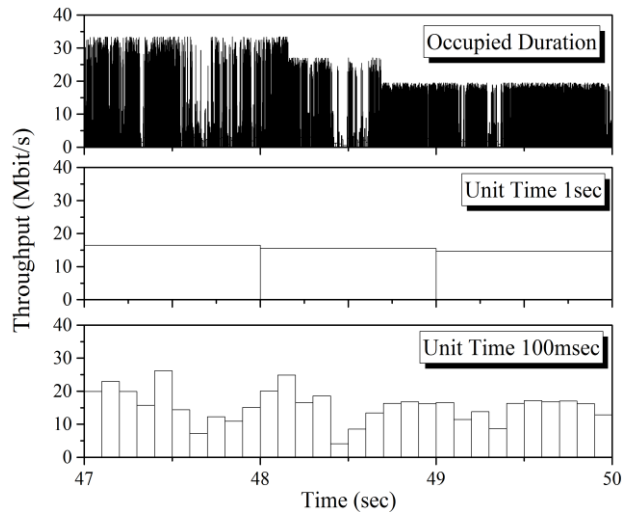


図 2 : 送信占有時間で導出した瞬時スループットと単位時間で導出した瞬時スループットの比較

図 2 の上段は送信占有時間で導出した瞬時スループットであり、単位時間ごとに求められた瞬時スループットより詳細な通信状況が示される。

本稿では、802.11 ACK 間にビーコン送信タイミングなどの他信号区間や、パケットや他信号が送信されていない無信号区間を明示し、送信占有時間の正確性を高める提案を行う。

3. 無信号区間と他信号の定義

図 3 に無信号区間の定義と、無信号区間存在時の送信占有時間を示す。

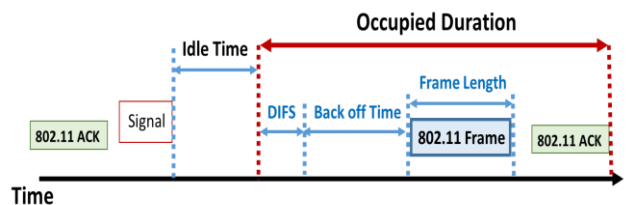


図 3 : 無信号区間の定義と送信占有時間

図に示すように、802.11 ACK と瞬時スループットを導出する対象の 802.11 フレームとの間に Signal で表すビーコンなどの他信号が存在する場合、送信占有時間の始点は 802.11 フレームがキャプチャされた時刻から、伝送レートに基づい

たパケット長[2] (図の Frame Length に相当) と、Back off Time、DIFS を考慮した時間になる。Back off Time は Contention Window Minimum (CW_{min}) を使用し導出する。終点は従来の送信占有時間と同じ、802.11 フレームに対する 802.11 ACK のキャプチャ時刻である。この時、他信号のキャプチャ時刻から送信占有時間の始点までの無信号区間を無信号区間 (図の Idle Time に相当) とする。Back off Time は CW_{min} を使用し導出するため、送信占有時間の始点が、他信号の受信時刻より前の時刻を示す場合がある。その場合は無信号区間の存在は未確定なため、無信号区間は無いものとし、図 4 に示すように送信占有時間の始点を他信号の受信時刻とする。

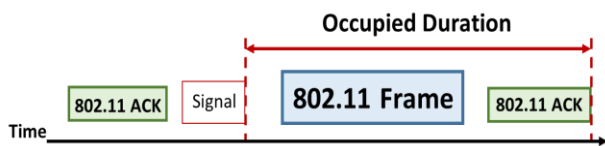


図 4：無信号区間が保証されない場合の送信占有時間

4. パケットキャプチャ解析に使用した例

3 章で定義した無信号区間と他信号を考慮した送信占有時間を用いた解析例として、IEEE 802.11g モードを使用した UDP 1 端末通信時のパケットキャプチャデータの解析例を示す。測定系は図 5 に示す。

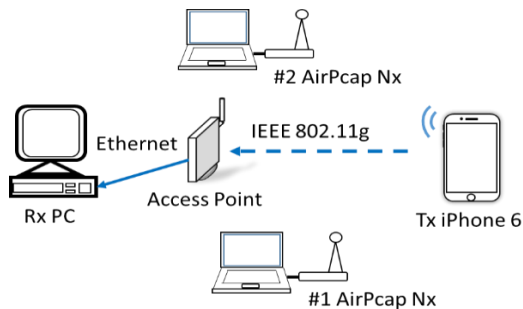


図 5：測定系

パケット送信ソフトウェア iPerf を用いて iPhone6 から無線 LAN アクセスポイント (AP) を介して受信側 PC へパケットを送信する上り方向の無線通信を行う。その際、パケットのキャプチャ漏れを防ぐため、パケットキャプチャデバイスである AirPcap Nx を 2 台用いる。これにより、無線区間における送信端末側の UDP 瞬時スループットを導出する。その測定結果を、従来手法[1]と提案手法の瞬時スループット特性として図 6 に示す。従来手法では、送信占有時間に他信号や無信号区間が存在していたため、28~86.5msec 間に 0.2Mbit/s 程度の低いスループット

を示した。提案手法では、前述の送信占有時間の詳細な定義により、他信号の送信時間と無信号区間を送信占有時間から排除し、1 UDP パケットの制御時間のみで瞬時スループットを導出したため、86~86.6msec 間に 20Mbit/s 程度のスループットが示された。ここで、詳細な通信状況を把握するため、提案手法のグラフには赤線で他信号のスループットを示している。また、提案手法の 70~86msec 間では UDP データスループットと他信号のスループットは 0 となっており、無信号区間であることを示している。

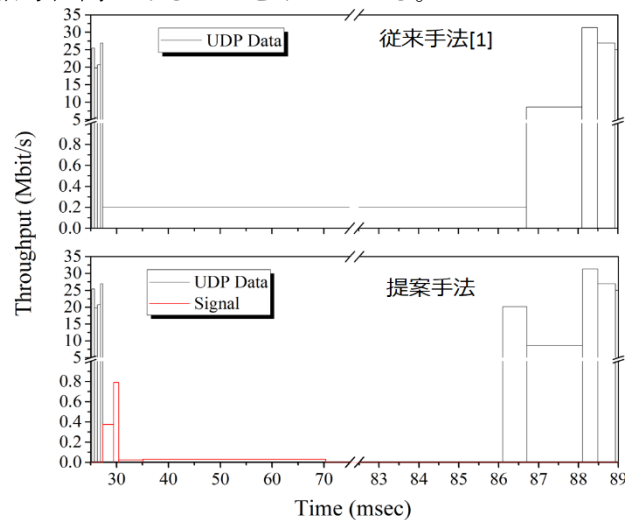


図 6：送信占有時間に基づく瞬時スループット特性

(無信号区間の存在する区間)

以前より使用されている、単位時間で導出する手法も、他の制御信号などの時間を含むため、瞬時スループットが正確に評価できない場合がある。提案手法では、他信号の後に無信号区間の有無をパケット長、DIFS、Back off Time から考慮し、送信占有時間から排除していることから、従来手法に比べ正確な瞬時スループットを測定することができる。

5. まとめ

1 パケット送信時間に着目し、他信号区間や無信号区間を定義し、送信占有時間を明確にした瞬時スループット算出手法を提案した。実際にパケットキャプチャデータの解析を行い、パケット通信状況を反映した詳細な瞬時スループット解析に有効であることを示した。

参考文献

- [1] 内田、喜田、上野、篠永：“1 無線 LAN パケット伝送時間に基づく瞬時スループットの提案”、B-6-60、2016 信学ソ大。
- [2] 守倉、久保田：“改訂 3 版 802.11 高速無線 LAN 教科書” 株式会社インプレス R&D、東京、2008。