

学生番号	12232086	氏名	柳瀬 亘汰
論文題目	無線環境における省電力 TCP の性能評価に関する研究		

## 1 はじめに

近年、スマートフォンやタブレットなど無線 LAN 対応端末の飛躍的な普及により、公衆無線 LAN サービスのアクセスポイント (AP) の設置台数が増加している。それに伴い機器全体の消費電力が増加し、その省電力化が急務となっている。これまで、ネットワーク機器の省電力化手法の 1 つである LAN スイッチ・ルータのポート転送速度動的制御を TCP トラヒックに適用する方法として、TCP のセグメント転送の強制遅延とウィンドウサイズ増加を行う省電力 TCP が提案され、有線環境における有効性が示されている。

そこで本研究では、無線環境を想定し AP の省電力化を目的とした省電力 TCP の有効性についてシミュレーションにより明らかにし、省電力 TCP の制御パラメータの設定指針を検討する。

## 2 省電力 TCP

### 2.1 連続セグメント転送移行

TCP 送信ノードは確認応答の受信を契機に新たな連続セグメントの転送を行う。このとき、省電力対象機器の収容 TCP フロー数が閾値  $F_t$  以下と利用率が低い場合、移行時間  $T_d[msec]$  だけ転送遅延することで転送セグメント間のアイドル時間を集約し省電力化する。

### 2.2 ウィンドウサイズ制御

連続セグメント転送移行では、ファイル全体の転送完了時間が増大し転送性能の劣化を引き起こすため、転送移行と同時に輻輳制御機構により算出されるウィンドウサイズ  $cwnd$  に加えて一定数 ( $\Delta W[pkts]$ ) 増加し、転送性能の劣化を抑制する。

## 3 シミュレーションモデル

### ● シミュレーションモデル

シミュレータ：NS-2(Network Simulator Ver.2)  
トポロジ：AP1 台とルータ 1 台で接続した n 対 n のダブル型トポロジ

### ● シミュレーションパラメータ

無線ノード：伝送レート：11[Mbps], ノードペア数：5,  
ファイルサイズ：100[KByte], パケットサイズ：  
1500[Byte], 各ノード転送ファイル数：50[個], 移行  
時間  $T_d$ ：40[msec]

有線リンク：リンク帯域：100[Mbps], 往復伝搬遅延時間  
 $RTT$ ：50[msec]

AP：平均 AP 利用率：5[%], バッファサイズ：1000[pkts],  
省電力切替時間  $T_{ch}$ ：60[msec]

### ● 評価指標

省電力性能  $R_{sw}[\%] = \frac{T_{ch}$  以上のアイドル時間の総和 [sec]}{シミュレーション時間 [sec]} \times 100

転送性能 平均ファイル転送完了時間  $T_{ave}[sec]$

## 4 シミュレーション結果と考察

### 4.1 連続セグメント転送移行の有効性

TCP フロー数閾値  $F_t = 1, 2, 3$  における移行時間  $T_d$  に対する省電力性能  $R_{sw}$  と転送性能  $T_{ave}$  をそれぞれ図 1, 2 に示す。図 1 より、無移行時 ( $T_d = 0$ ) と比較して  $R_{sw}$  は最大で 10[%] 程度増加することから、無線環境においても転送移行による省電力効果が期待できる。なお、 $F_t$  を大きく設定すると  $R_{sw}$  が劣化することがわかる。これは狭帯域の無線環境では帯域を共有するフローが増加すると、AP の利用率が急激に高くなり、転送移行により  $T_{ch}$  以上のアイドル時間を確保することが困難になるためである。一方、図 2 より  $T_{ave}$  は移行時間に比例して増加し、転送性能は劣化する。さらに、 $F_t$  を大きく設定した場合、転送移行回数が多くなり転送性能

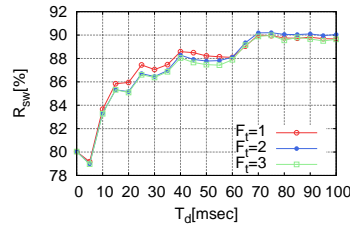


図 1:  $T_d$  に対する省電力性能  $R_{sw}$

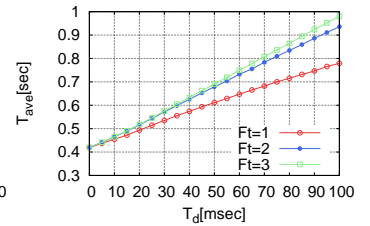


図 2:  $T_d$  に対する転送性能  $T_{ave}$

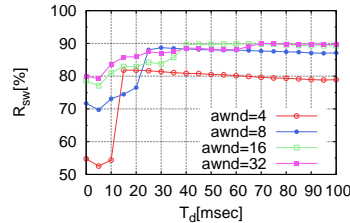


図 3: 最大ウィンドウサイズの影響

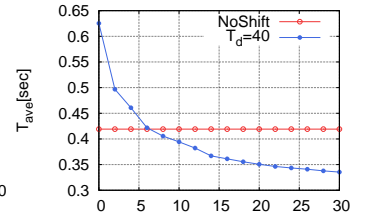


図 4:  $\Delta W$  に対する転送性能  $T_{ave}$

が劣化するため、狭帯域の無線環境では有線環境と異なり、 $F_t$  を小さく設定する必要がある。

### 4.2 最大ウィンドウサイズの影響

受信ノードからの告知ウィンドウサイズ  $awnd = 4, 8, 16, 32[pkts]$  における移行時間  $T_d$  に対する省電力性能  $R_{sw}$  を図 3 に示す。この図より、告知ウィンドウサイズによって省電力性能を大きく改善する  $T_d$  の下限値が異なることがわかる。連続セグメント間のアイドル時間は  $RTT$  と連続セグメント転送時間  $T_s$  の差分となる。その残余アイドル時間を省電力化可能なアイドル時間  $T_{ch}$  以上にするには、 $T_d$  は式 (2) を満たす必要がある。

$$T_s = \min(awnd, cwnd + \Delta W) \times 1 \text{セグメント転送時間} \quad (1)$$

$$T_d > T_{ch} - (RTT - T_s) \quad (2)$$

無線環境では有線環境と比較して伝送レートが低いため 1 セグメントの転送時間が大きく、 $T_s$  が式 (2) を満たす  $T_d$  の下限値に大きく影響する。 $T_s$  はウィンドウサイズによって変動するため、TCP フローが取り得る最大ウィンドウサイズの  $T_s$  から式 (2) より適切な  $T_d$  の下限値を求めることができる。ここで、告知ウィンドウサイズ  $awnd = 4[pkts]$  とした時の  $T_d$  の下限値を求める。最大ウィンドウサイズが  $4[pkts]$  の場合、 $T_s = 6.35[msec]$  であり、式 (2) より  $T_d > 60 - (50 - 6.35) = 16.35$  となり、図 3 の  $awnd = 4[pkts]$  において省電力効果が得られる  $T_d$  の下限値 15[msec] とほぼ一致するため、式 (2) は妥当であると考えられる。

### 4.3 増加ウィンドウサイズ $\Delta W$ の影響

TCP フロー数閾値  $F_t = 1$ , 移行時間  $T_d = 40[msec]$ , 告知ウィンドウサイズ  $awnd = 128[pkts]$  における増加ウィンドウサイズ  $\Delta W$  に対する  $T_{ave}$  を図 4 に示す。この図より  $\Delta W$  の増加により  $T_{ave}$  が減少することからウィンドウサイズ制御による転送性能の改善が可能であることがわかる。しかしながら、 $\Delta W$  によって最大ウィンドウサイズが変化し、4.2 で述べたように適切な  $T_d$  の下限値が変動することから、 $\Delta W$  による最大ウィンドウサイズの変化を考慮して  $T_d$  を設定する必要がある。

## 5 まとめ

AP の省電力化を目的とした省電力 TCP の有効性について調査を行った。その結果、 $F_t$  を小さく、 $T_d$  および  $\Delta W$  を適切に設定することで無線環境においても転送遅延を抑えつつ、省電力効果が期待できることが明らかとなった。