

無線 LAN におけるシンククライアントシステムの トラヒック特性

岩木紗恵子[†] 村瀬勉^{††} 小口正人[†]

アプリケーションのトラヒック特性の把握は、QoS 制御の構築や評価において、重要である。近年増加しているシンククライアントシステムのトラヒック特性を評価した。シンククライアントシステムとは、クライアントからキーボード・マウスイベントを送信し、サーバから画面情報を受信するシステムを指す。有線における分析で、すでにバルクとインタラクティブという 2 状態遷移モデルが提唱されている。しかしながら、無線におけるトラヒック特性およびデータ量(画面解像度)を変化させたときのトラヒック特性についての報告は見あたらない。本稿では、IEEE802.11g 無線 LAN 環境にて、解像度を大小変更して、トラヒック特性を調査した。その結果、解像度の大小による差異はあまり見られず、無線においては、有線よりも、バルクデータのバケット間隔が 22%程度大きくなることがわかった。

Traffic characteristics of thin-client and server communications through wireless LAN

SAEKO IWAKI[†] TUTOMU MURASE^{††}
MASATO OGUCHI[†]

Making or evaluating QoS(Quality of Service) control needs to know real traffic characteristics. Thin-client communication system is becoming significant because of information security. Its traffic characteristics such as packet interarrival time has been known very little. A research work reveals the characteristics in wired-network. However, in wireless access, which is becoming popular both in enterprise networks and home networks, the traffic characteristics becomes different. It is also different in different resolutions. This paper investigates a traffic characteristics of thin-client system in IEEE802.11g wireless network with two different resolutions by using real PCs and networks. The results shows that resolutions does not make differences while wireless access mechanism introduces more packet spaces than that in wired networks.

[†]お茶の水女子大学
Ochanomizu University
^{††}NEC
NEC Corporation

1. はじめに

無線 LAN などランダムアクセス方式のシステムの性能評価においては、これまで saturated トラヒック(常にバックログが存在するトラヒック)が使用されていた。これは、システムが輻輳したときの QoS 特性あるいは QoS 制御の効果を見るために、最大負荷のトラヒック状況を作り出すためであった。一方、実際の通信では、saturated ではないトラヒック(intermittent traffic、あるいはインタラクティブトラヒック)を生成するアプリケーションも多い。このようなインタラクティブなトラヒックについては、無線 LAN では、そのトラヒック特性に関してあまり実測データの情報が無い。もちろん、各種アプリケーショントラヒックの特性については、アプリケーションごとに異なるため、全てを網羅することはできない。しかし、重要なアプリケーションのトラヒック特性の把握は重要である。

本稿では、近年増加しているシンククライアントトラヒックの特性を把握することを試みる。すでに、有線網におけるシンククライアントシステムのトラヒックモデルは、2 状態の遷移モデルでうまく説明できることが示されている²⁾。しかしながら、無線においては、無線特有のアクセス方式の影響や無線帯域の小ささなどで、遅延が大きいなど、有線とは異なる特性になるはずである。従って、無線におけるトラヒック特性を把握することができれば、有線と無線とで状況に応じたトラヒックモデルを使い分けることが出来る。さらに、シンククライアントサービスにおけるアプリには、ネットワークの性能に合わせて、解像度などの表示特性を選択できるものがある。解像度に応じた、トラヒック特性の違いを論じたデータも、見あたらない。日本国内ではブロードバンドが普及しているため、高解像度の使用が多いと思われるが、海外などでのナローバンドの使用あるいは、多ユーザでの無線 LAN 使用時には、解像度を落とした使用が主流である可能性も十分ありうる。

そこで、解像度の違いおよび無線アクセス方式がトラヒック特性に与える影響を鑑み、無線環境におけるシンククライアントトラヒックの特性についてさらに調査する。無線メディアとしては、アクセス網として広く用いられている IEEE802.11 無線 LAN を用いた。また、シンククライアントとしては、windowsXP 以降の windowsOS に標準装備されている、リモートデスクトップアプリケーション¹⁾プログラムを用いている。

以降、2 章では、従来の研究における有線のシンククライアントトラヒックモデルと計測した特性について説明し、3 章では、解像度の違いによるトラヒック特性の違いについて議論する。4 章で、無線 LAN で採取したデータを解析する。5 章で結論を述べる。

2. シンククライアントトラヒック

2.1 バルクとインタラクティブの2つのデータ通信形態

有線でのシンククライアントシステムで観測されるシンククライアントトラヒックについて述べる。ここで、シンククライアントシステムとは、クライアントからキーボード・マウスイベントを送信し、サーバからイベントに対応した画面情報を受信するシステムを指す。文献¹⁾においては、シンククライアントトラヒックを特徴づける尺度として、サーバから取得したデータパケットの到着間隔を取り上げている。本稿でも、このデータパケット到着間隔をトラヒック特性尺度として用いる。データパケット到着間隔は、パケット毎に異なり、幅広く分布するが、統計的には、インタラクティブデータによる大きな間隔と、バルクデータによる小さな間隔との主に2種類に分けられる。その2種類は、観測によると、 $10^{-2.2}$ (=6.3)msec の間隔以上か未満かで分離できるとされている。インタラクティブデータは、マウスやキーボードイベントのエコーバックデータ、バルクデータは、画面リフレッシュの描画データに相当する。図1に示すように、インタラクティブデータの到着間隔は、シンククライアント側のイベント送信にほぼ同期するため、イベント送信側の処理の間隔が、ほぼ100msecのオーダーであることを意味する。一方、バルクデータでは、大きな情報が複数のパケットに分割されて送られることになるが、その到着間隔は、サーバ側がパケットを連続送信可能な間隔とデータ処理能力に依存する。そのため、インタラクティブデータよりも平均して短い間隔となる。また、インタラクティブデータとバルクデータの出現パターンは、図2に示すような2状態の遷移モデルで表現される。ただし、実際には、この2種類以外に制御用のメッセージデータが流れる。以降で述べる実際の計測においては、この制御用データも統計値には計上するが、これは情報量としては少ないため、上記2種類でトラヒック特性をうまく表現できる。

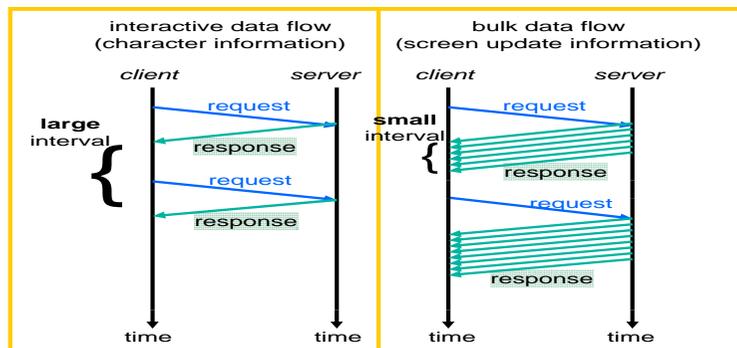


図1 シンククライアント通信 (左: インタラクティブトラヒック、右: バルクトラヒック)

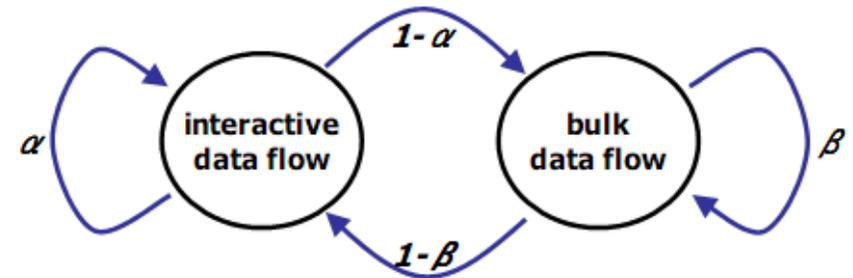


図2 トラヒック状態遷移モデル¹⁾

2.2 トラヒック特性計測実験

実際のトラヒックを計測するために、実機にて実験を行った。有線網における計測は、2台のPCをサーバとシンククライアントとし、この2台を100Mbpsのイーサスイッチで接続した。端末は、IBM製ノートPC ThinkPad 28815GJ、Pentium(R) 4CPU 3.06GHz、504MB RAM、OSは、windowsXP Professional Editionである。無線網における計測は、2台のPCの間に無線LANのアクセスポイント(AP)を挟む形にし、サーバ側を有線に、クライアント側を無線に接続している。無線LANは、市販のアクセスポイントを使用し、IEEE802.11gで動作させている。無線LANの設定パラメータは、デフォルト設定、レート調整はオート、その他は一般的な設定値を使用している。無線LANにおいては、ネットワークの電波環境が通信特性に大きな影響を与えるため、計測した環境について述べる。今回は、大学の研究室にてデータを計測した。この研究室は、15人ほどの学生が研究のための机を並べ、PCを用いており、この部屋および隣接の部屋にて、実験用途ではなく事務用の無線LANやBluetoothなどが使われている。従って、電波干渉による無線性能への影響が十分考えられる。しかし、無線の場合、あらゆる電波環境でのデータ収集は非常に困難であり、また、実際に無線LANでの通信を行う際に、電波干渉が存在する可能性は十分考えられるため、今回はこのようなスナップショットの計測データを用いた。

実験で用いたリモートデスクトップにおいては、windowsXPのリモートデスクトップ(RD version 6)を用いた。リモートデスクトップの実験では、リモートデスクトップ上で行う作業において、表1のようなインタラクティブとバルクの両方のデータが取れるような作業を標準として設定し、実験毎にほぼ同様の作業を行った。この作業を5回繰り返し、その都度、シンククライアント側PCにてパケットデータを収集した。表

においてステップ3や6においては、文字キャラクターやマウス位置などのエコーデータがサーバから返されることになるため、インタラクティブデータを受信する。なお、各ステップ間などで、全く描画リクエストが行われない場合に、異常に大きな間隔が開いてしまうが、このデータ間隔値には意味がない。そのため、計測に用いたPCの処理性能から考えて、あり得ない1秒以上のデータ間隔のデータは、統計処理から除外した。

表1 リモートデスクトップ上での標準作業

作業ステップ	作業内容
1	リモートデスクトップ起動
2	ペイントを起動
3	ひらがな7文字を入力
4	ペイントのウインドウを縮小
5	メモ帳を起動
6	自分の名前を10回書く
7	ペイントとメモ帳を5回切り替え
8	ペイントウインドウを最大化
9	ペイント、メモ帳をデスクトップに保存し、ウインドウ消去
10	2つのファイルを、ゴミ箱にドラッグアンドドロップで削除
11	リモートデスクトップ終了

2.3 有線網でのトラヒック特性

著者らが前述の環境で実際に有線網にて計測した結果を図3に示す。計測は、前述のようにwindowsXPの2台のPCをイーサスイッチで接続した。シンクライアントトラヒック以外のトラヒックは存在していない。図3のグラフは、5回の標準作業結果の計測トラヒックの平均値である。図3においては、データパケット間隔(log10)に対するパケット数の割合(%)をプロットした。有線Hと有線Lは、後述の解像度の高低にそれぞれ対応するが、傾向としては、ほぼ同様である。おおよそ200msecのところに、インタラクティブデータのピークがあり、それを中心に分散していること、0.1msecのところに、バルクデータのピークがあり、それを中心に分散しており、文献¹⁾で述べられている特性がほぼ現れている。

図4は、5回の標準作業のうちの1回について、図3同様に示した特性である。パ

ルクとインタラクティブの2つに大きく分けられるが、かなり広範囲にばらついているのがわかる。バルクではネットワークの影響、インタラクティブにおいては、そのイベント種類に応じて、送信データの間隔が異なるためであると考えられるが、詳細な分析は今後の課題である。

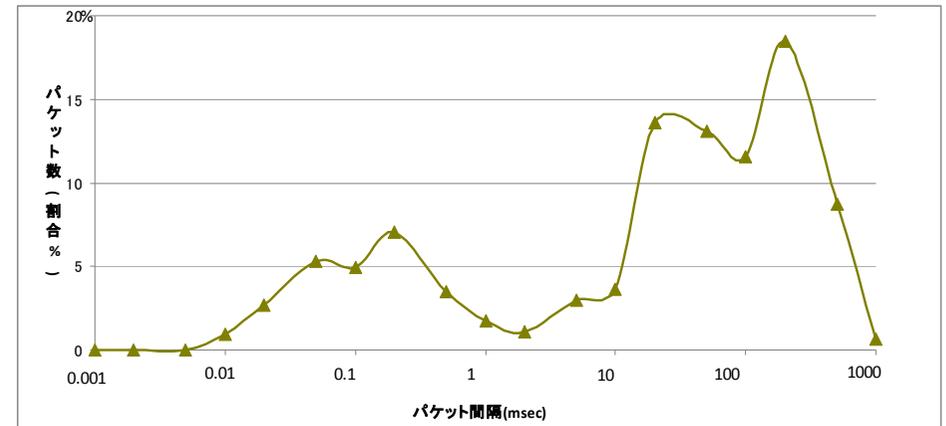


図3 有線網におけるパケット間隔分布 (平均)

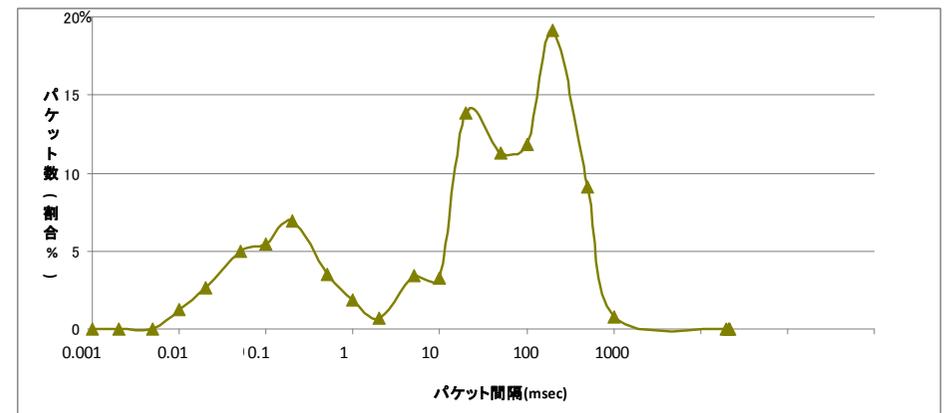


図4 有線網におけるパケット間隔分布 (サンプル別)

3. 解像度とトラヒック特性

ここでは、高解像度(H)と低解像度(L)の2通りの場合の特性について述べる。解像度を変更することで、受信するデータ量が異なるため、そのトラヒック特性も多少変化する。図5に示すように、リモートデスクトップのエクスペリエンスにおいて、全てのオプション情報を送る設定をHとする。逆に、全てのオプション情報を送らない設定をLとする。Hにおいては、ほぼ通常のデスクトップの画面を得ることが出来る。一方、Lにおいては、最低限の色彩やウインドウの軌跡が示されないなど、明らかに通常とは異なる簡易的な表示になる。しかしながら、マウスの軌跡やキャラクター表示においては、HもLもほとんど同様に見えるため、インタラクティブデータにおけるHとLの違いは、ほとんどないはずである。一方、バルクデータに関しては、送信データ量が違うため、HとLで大きな違いが出るはずである。

図6に、有線網で計測したHとLでのデータ到着間隔とパケット数の特性を示す。さらに、表2にパケット数におけるインタラクティブデータ、バルクデータのそれぞれのパケット間隔(秒)の中央値、平均値、分散をHとLで比較する。使用した有線網は2章と同じく、100Mbpsのイーサスイッチである。パケット量においては、HとLでバルクデータの到着に若干違いが見られるようであるが、平均で4%程度の差しか見られず、ほぼ同一である。また図7にHとLでのデータ到着間隔とデータ量(バイト数)の特性を示す。データ量の場合には、HもLも0.1msec近辺に、バルクデータのピークがあり、それを中心に分散している。データ量に関しても、送信データ量の違いはほとんど見られない。

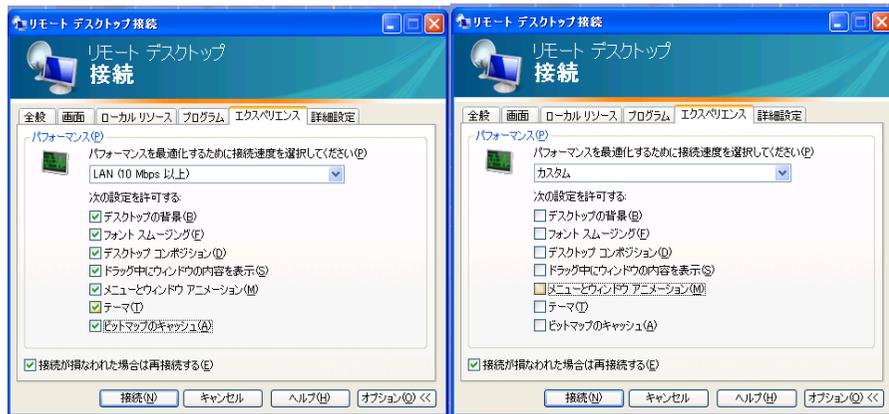


図5 リモートデスクトップのエクスペリエンス (左が高解像度、右が低解像度)

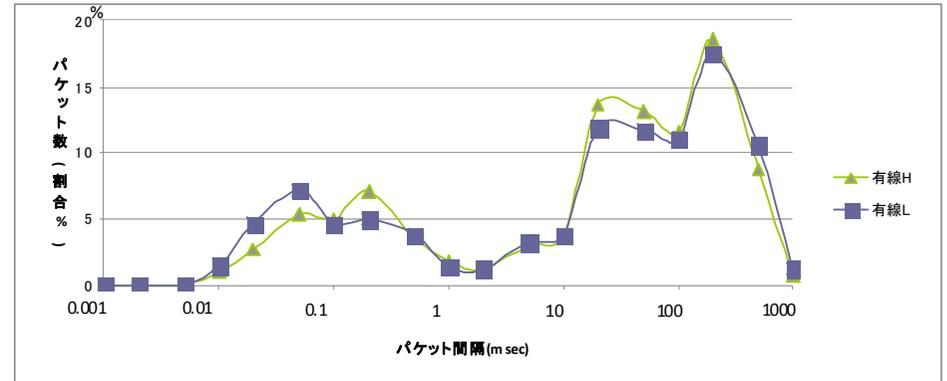


図6 パケット間隔の解像度による比較 (パケット数の場合)

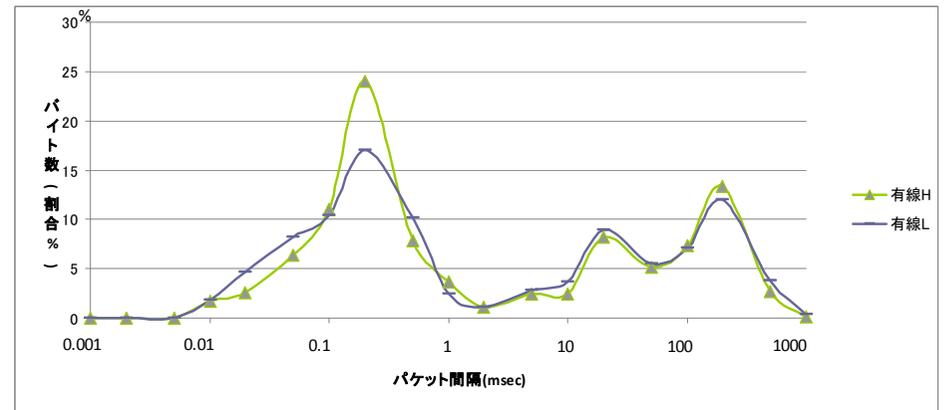


図7 パケット間隔の解像度による比較 (バイト数の場合)

表2 解像度とパケット間隔の比較 (パケット数)

(秒)	中央値		平均		分散	
	インタラクティブ	バルク	インタラクティブ	バルク	インタラクティブ	バルク
H	0.0754261	0.000119	0.096227375	0.000713732	0.00944022	2.04434E-06
L	0.0874318	9.04E-05	0.110419007	0.00073963	0.012506498	2.21919E-06

4. 無線LANでのトラヒック特性

無線 LAN 越しの通信においては、無線 LAN の通信特性により、シンククライアントトラヒック特性も有線とは異なる。無線 LAN の帯域は有線に比べて小さいために、サーバから送信されたパケットは、一時的に AP バッファに蓄積される。使用したのは、802.11g(54Mbps)の AP(BUFFALO WZR-AMPG300NH)であるが、54Mbps の帯域全てが実際に使えるわけではなく、実験での環境では、TCP/UDP/IP/MAC ヘッダを除いたペイロードのデータスループットにおいて最高速度で 23Mbps であった³⁾。従って、AP から無線シンククライアント端末へは、高々 23Mbps の速度でしかパケットが送出されない。そのため、無線 LAN 区間がボトルネックとなり、有線網に比べて、バルクデータ間隔を大きくすると考えられる。また、CSMA/CA 制御での待ち時間のランダム性(コンテンションウィンドウサイズがランダム値になる)は高速な無線 LAN では、それほど大きくないと考えられ、遅延変動への影響は小さいと予想できる。この待ち時間は、背景トラヒック(計測しているシンククライアントシステム以外のトラヒック)が多くなるほど、その平均待ち時間および時間変動が大きくなるはずであるが、今回は背景トラヒックなしの状況で、計測を行った。また、電波干渉が大きいほど、MAC レイヤでの CSMA/CA におけるフレームの再送を強いられることになり、やはり平均待ち時間および時間変動が大きくなる。

図 8 に、無線 LAN でのパケット間隔とパケット数の特性を示す。比較のため、図 8 では 2 章で計測した有線の場合もプロットしている。表 3 に高解像度のときの比較を示す。有線に比較して、無線の場合には、バルクデータにおいてパケット間隔の平均値で 22%(=0.000928327-0.000713732/0.000928327)程度大きくなっているのが、わかる。一方、分散値では有線での値よりも小さくなっており、無線 LAN の CSMA/CA による遅延変動の影響は、他のトラヒックの影響を受けなければ、大きくはなく、逆に、AP のバッファに蓄積されることで、サーバから送出された時の遅延変動が吸収されていると考えられる。

なお今回の実験では、TCP の輻輳制御による影響は、小さいと考えられる。一般に、無線 LAN の通信では、前述のように有線と無線の速度差に起因して、AP のバッファで輻輳が起これ、パケット廃棄により TCP のレート制御が行われる。つまり、サーバ側 TCP(送信側 TCP)ではウィンドウが拡大し、送信レートが上がり、そのため AP のバッファあふれが起これ、パケットロスによる輻輳制御がかかる。これにより、TCP のスループットは、ボトルネックである無線 LAN の通信レートよりもさらに低速になる。しかしながら、今回の実験では、1 本の TCP フロー(シンククライアントのフロー)に対して、AP バッファが 256 パケット分あり³⁾、TCP の最大ウィンドウサイズはデフォルトの 64Kbyte で、イーサネットの MTU は、1500Byte であるため、TCP の輻輳ウィンドウが開ききって、バースト的に 64Kbyte のデータが送出されても、バッ

ファあふれが起これり得ない状況であった。なお、今回の実験では、往復の伝搬遅延は、無線 LAN の CSMA/CA などの制御で発生する遅延に比べて、ほとんど無視できるほど小さい。

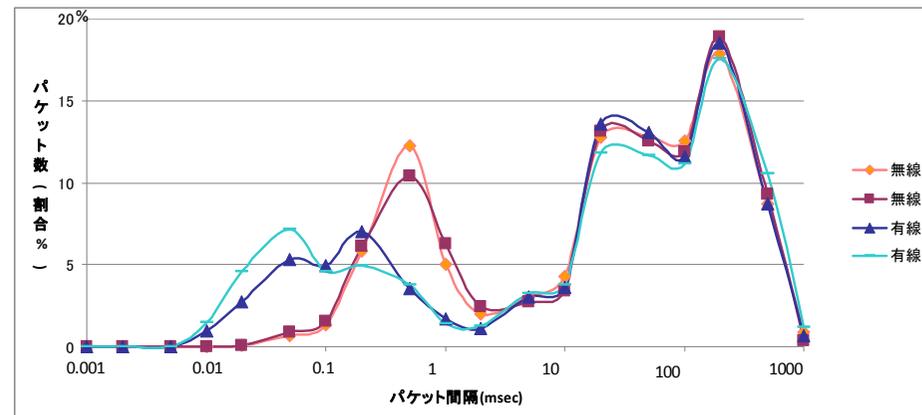


図 8 無線網におけるパケット間隔分布 (平均)

表 3 無線と有線でのパケット間隔の比較

	中央値		平均		分散	
	インタラクティブ	バルク	インタラクティブ	バルク	インタラクティブ	バルク
無線	0.0738819	0.0003619	0.097952904	0.000928327	0.01024569	1.67269E-06
有線	0.0754261	0.000119	0.096227375	0.000713732	0.00944022	2.04434E-06

5. おわりに

無線 LAN の QoS に関する研究において、アプリケーションのトラヒック特性把握は重要である。近年増加しているシンククライアント(windowsXP におけるリモートデスクトップ)のトラヒックを実機にて計測し、トラヒック特性としてクライアント側のデータパケット到着間隔を調査した。有線網の場合では、インタラクティブとバルクの 2 状態遷移モデルが実験結果とよく合致すると報告されているが、無線 LAN を通し

た場合にも、同様のモデルが適合する可能性が高いことがわかった。画面リフレッシュのためにバースト的に送られるバルクデータに関しては、無線 LAN の帯域ボトルネックの影響により、パケット間隔が有線の場合よりも 22%程度大きくなることがわかった(有線網 100Mbps、無線網 IEEE802.11g の場合)。また、マウスやキー入力のエコーバックデータであるインタラクティブデータにおいては、2つのピークを持つパケット分布になることが判明した。また、大小2つの解像度の違いがトラヒック特性に与える影響を調査したが、解像度の違いによる特性の差異は、ほとんど見られなかった。

これらのことから、背景トラヒックが存在しないという環境ではあるが、無線 LAN 越しの通信においても、バルクデータの到着間隔が大きくなるという違いを考慮すれば、有線網とほぼ同等のトラヒックモデルが使用できると思われる。

今後は、計測データのより詳細な解析を行うとともに、今回計測できなかった背景トラヒック有りの場合のトラヒック特性評価や他の重要なアプリケーションのトラヒック特性評価を行う予定である。

謝辞

本研究の一部は、独立行政法人情報通信研究機構(NICT)の委託研究「新世代ネットワーク技術戦略の実現に向けた萌芽的研究 制度」プロジェクトの成果である。

参考文献

- 1) リモート デスクトップ プロトコル (RDP) の解説 : <http://support.microsoft.com/kb/186607>
- 2) 小川祐紀雄、長谷川 剛、村田 正幸 : シンクライアントトラヒックの性能向上のための遅延解析と TCP 層最適化、電子情報通信学会 技術報告 IN2008-56、2008
- 3) 安藤玲未、村瀬勉、小口正人 : 無線 LAN を用いたデータ転送時の帯域公平性に対するアクセスポイントのバッファ量の影響の評価、DEIM2010、2010 年 3 月