

対戦型ゲームを用いたネットワーク品質主観評価に関する一検討

青木輝勝* 細越澤仁** 大山義仁**
クスタルト・ウィドヨ* 米田進** 安田浩*

*東京大学先端科学技術研究センター

**日本テレコム情報通信研究所

近年、インターネットにおける QoS 保証方式に関する研究が盛んに行われているが、QoS に関する諸問題は、ネットワーク、プロトコル、アプリケーション等多くの要因に依存するため、いまだに多くの解決すべき課題が残されている。特に、ネットワーク QoS をユーザが感じるネットワーク品質 (ユーザ QoS) との関係を確認にすることはネットワーク設計を進めるうえで極めて大切である。本稿では、対戦型ゲームを用いたネットワーク実験を行うことにより、ネットワーク QoS がユーザ QoS に与える影響を考察する。

A Study on Subjective Evaluation of Quality of Service with Networked Games

Terumasa AOKI* Hitoshi HOSOKOESAWA** Yoshihito OYAMA**
Kustarto Widoyo* Susumu Yoneda** Hiroshi YASUDA*

*The Univ. of Tokyo, Research Center for Advanced Science and Technology

**Japan Telecom Co. Ltd, Information & Communication Lab

In recent years, many studies on QoS guarantees on the Internet have widely been done, but we still have many problems about QoS guarantees because QoS depends on many conditions such as networks, protocols application softwares and so forth. Especially it is one of the most important and difficult questions how to translation from network QoS into user QoS. In this paper, we discuss the relationship between network QoS and user QoS by experimental study.

1. はじめに

近年のインターネットの急速な普及は私達のライフスタイルに大きな変化をもたらしている。現在、主要なインターネットアプリケーションは WWW (World Wide Web) および電子メール等であるが、今後さらにショッピング、バンキング、オークション等の電子取引、音楽配信や VoD (Video on Demand) 等のデジタルコンテンツ流通、ビデオ会議に代表されるパーソナルビジュアルコミュニケーション等のインターネットアプリケーションの実現が期待されている。

これらのインターネットアプリケーションに加え、非常に有力視されているキラーアプリのひとつに対戦型ゲームがある。近年製品化されているほとんどの家庭用ゲーム機がネットワーク化されていることは、このことに対する期待の大きさを如実に語っていると言えよう。

一方、インターネットはいわゆるベストエフォート型サービスを提供するネットワークであり、対戦型ゲームのようなリアルタイムアプリケーションを効率的に扱うことは非常に苦手である。このような背景から、近年 QoS (Quality of Service) 制御方式に関する研究が盛んに行われ、多くの研究成果が報告されている。しかしながら、QoS に関する諸問題は、ネットワーク、プロトコル、アプリケーション等多くの要因に依存するため、いまだに多くの解決すべき課題が残されている。

特に、ネットワーク QoS をユーザが感じるネットワーク品質 (ユーザ QoS) との関係性を明確にすることはネットワーク設計を進めるうえで極めて大切であるが、現在のところ、このような検討は MPEG-2、H.263 等を用いたビデオ通信に関するもの[1]–[4]、WWW に関するもの[5]、VoIP (Voice over IP) に関する

もの[6]が大部分で対戦型ゲームを対象とした報告はほとんど存在しない。

このような背景から、本稿では、対戦型ゲームを対象としたネットワーク品質の主観評価実験を行い、ネットワークの性能特性を明らかにするとともに、上述したビデオ通信、WWW、VoIP 等とは異なる対戦型ゲーム固有の QoS 制御のあり方について議論する。

本稿では、2章で対戦型ゲームを用いてネットワーク品質を主観評価するために行った簡易実験システムの概要を述べる。また、対戦型ゲームトラヒックの特徴について言及する。続く3章ではパケット遅延時間、パケット損失率をそれぞれ単独に変化させた場合のネットワーク品質に関する主観評価結果を提示する。4章では、パケット遅延時間、パケット損失率の双方を同時に変化させた場合の評価結果を提示し、さらにこの両者の関係について考察する。最後に5章では本稿のまとめと今後の課題を整理する。

2. 対戦型ゲームを用いたネットワーク品質主観評価実験

2.1 対戦型ゲームの性質とトラヒック特性

ビデオ通信、WWW、VoIP 等のアプリケーションを想定したネットワーク品質に関する評価実験は、1章で述べた通りすでに広く行われている。本稿ではアプリケーションとして対戦型ゲームを対象としているが、これは対戦型ゲームが以下の性質を有するためである。

・ビデオ通信等とは異なるアプリケーション構造であること (ビデオ通信の場合、データ本体、制御情報の双方を通信するのに対し、対

戦型ゲームの場合、一般にデータ本体は各端末に用意されており、制御情報のみを通信する)。

- ・最も入手しやすいインタラクティブアプリケーションのひとつであること。
- ・リアルタイム性が強いこと。
- ・時間的、コスト的に入手が容易であること。
- ・被験者の召集が容易であること。
- ・それ自体が重要な次世代インターネットアプリケーションであること。
- ・一般に広帯域を必要としないため、インフラの整備を待たずに早期普及が見込めること。

本稿での評価実験には、市販の一人称対戦ゲームを使用した。ゲームを選択するにあたっては、対戦型ゲーム専門雑誌[7]の売上ランキングから上位 10 製品を対象とし、リアルタイム性を考慮した上で実験環境に最も適している製品を選択した。本ゲームの仕様は下記の通りである。

- ・ OS : Windows95/98/NT
- ・ CPU 速度 : Pentium133MHz 以上 (推奨速度 166MHz 以上)
- ・ 通信速度 : 28.8Kbps 以上 (推奨速度 56Kbps 以上)

また、図 1 に本ゲームの通信トラフィック測定結果の一例を示す。

Frame	Layer	Size	Delta Time
100	UDP	70	0.047.868
101	UDP	70	0.047.543
102	UDP	70	0.058.361
103	UDP	70	0.053.300
104	UDP	70	0.048.591
.....			
800	UDP	80	0.048.991
801	UDP	77	0.049.311
802	UDP	77	0.048.211
803	UDP	77	0.049.736
804	UDP	77	0.048.269
.....			

図 1 対戦型ゲームのトラフィック例

図 1 から明らかなように、本ゲームのトラフィックは下記の性質を有している。

- ・ 99% 以上のパケットはパケット長 70~80octet
- ・ 使用プロトコルは UDP
- ・ 発生間隔は 40~50ms 程度 (毎秒 20~25 パケット程度)

2.2 主観評価実験ネットワークの構成

本実験で用いたネットワークを図 2 に示す。この実験ネットワークは、ゲームサーバ 1 台、ゲームクライアント 2 台、FastEthernet ハブ、ネットワーク試験器から構成されている。

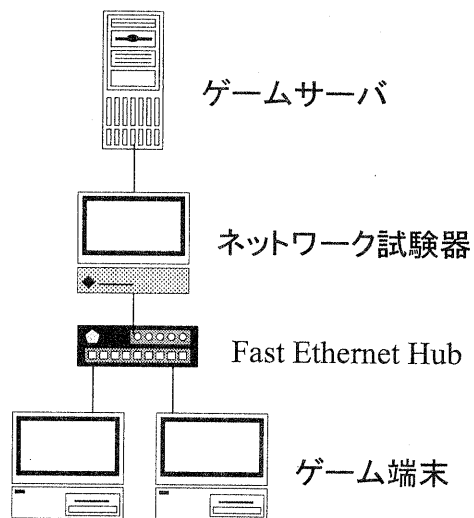


図 2 実験ネットワークの構成

ネットワーク試験器は、Free BSD 上 (ver.3.4 以上) で動作する dummynet[8]を使用した。dummynet は Free BSD のファイアウォール機能を使用してトラフィックを制御するフリーウェアであり、各送受信端末 1 組ごとにひとつの仮想バッファを割り当て、このバッファを制

御することにより、パケット損失率、使用帯域等を制御することができる WFQ (Weighted Fair Queueing) 型ネットワーク試験ツールである。

図 2 の実験ネットワークでは、このツールをゲームサーバ・ゲーム端末間に配置させることにより、ネットワーク品質制御を行う。

2.3 主観評価項目

対戦型ゲームを用いた主観評価実験は、表 1 に示すアンケートを行うことにより実施した。

分類	内容	スコア
A	遅延を感じない	4
B	遅延を感じるがゲームには支障がない	3.9~3.0
C	遅延が大きくゲームに支障が出る	2.9~2.0
D	遅延が非常に大きくゲームにならない	1.9~1.0
E	ゲームが止まる	0

表 1 主観評価アンケート

表 1 のうち「分類 B: 遅延を感じるがゲームには支障がない」とは、具体的には画面と音声の非同期の有無である。画面と音声の非同期は主に音声パケットの遅延あるいは損失によって生じ、画面のコマ落ちは見られない状態を指すものとし、非同期の程度によって 3.9~3.0 の値をとるものとする。一方、「分類 C: 遅延が大きくゲームに支障がある」および「分類 D: 遅延が非常に大きくゲームにならない」は主に画面のコマ落ちを意味しており、その程度によって 2.9~1.0 の値をとるものとする。

3. 単一パラメータを用いた主観評価実験

3.1 対戦型ゲームにおけるパケット損失率特性

本節では、2 章で述べた実験条件のもとで、パケット損失率を単独に変化させた場合のネットワーク品質を主観評価結果を示す。

本評価実験では、

- ・使用帯域：1Mbps
- ・パケット遅延時間：30ms

に固定し、パケット損失率のみを変化させることによりネットワーク品質を評価したものである。

図 3 に本実験の主観評価結果を示す。

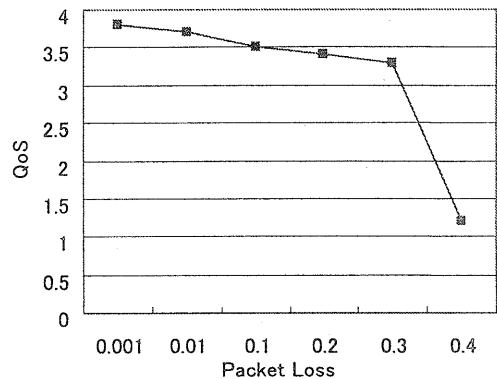


図 3 パケット損失率特性

図 3 では、パケット損失率 $=3.0 \times 10^{-1}$ 程度の遅延まではゲームの実行にはほとんど影響を及ぼさないことがわかる。しかしその反面、パケット損失率 $=3.0 \times 10^{-1}$ 以下でもわずかながらネットワーク品質が低下している様子が読み取れる。これは音声パケットの損失に伴う画面、音声の非同期の割合がパケット損失率の増加とともに上昇しているからである。

3.2 対戦型ゲームにおけるパケット遅延特性

本節では、3.1と同様に2章で述べた実験条件のもとで、パケット遅延時間を単独に変化させた場合のネットワーク品質を主観評価結果を示す。

本評価実験では、

- ・使用帯域：1Mbps
- ・パケット損失率：0

に固定し、パケット遅延時間のみを変化させることによりネットワーク品質を評価したものである。

図3に本実験の主観評価結果を示す。

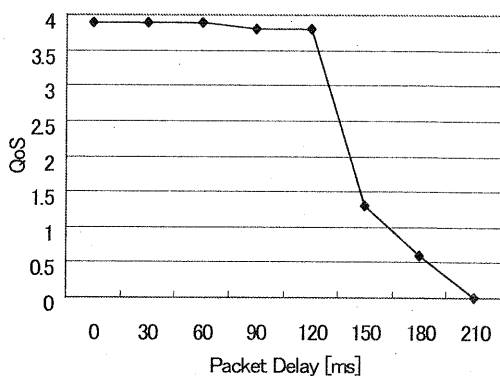


図3 パケット損失率特性

図3では、パケット遅延時間=120ms以上の場合にネットワーク品質が劣化する様子が示されており、実用レベル（ネットワーク品質=3.0以上）のパケット遅延時間は120ms程度であることがわかる。一般に対戦型ゲームは、1/60秒を1ステップとして7ステップ以下(=116.9ms)に設計すべきことが経験的に知られており、本実験ではこれを実証する結果となっている。

4. 複数パラメータを用いた主観評価実験

4.1 パケット損失率+パケット遅延時間の特性

3章では、パケット損失率およびパケット遅延時間をそれぞれ単独に変化させた場合のネットワーク品質について評価した。本章では、3章と同様に2章で述べた実験条件のもとで、パケット損失率とパケット遅延時間の双方を変化させた場合のネットワーク品質を主観評価結果を示す。

図4に本実験の主観評価結果を示す。

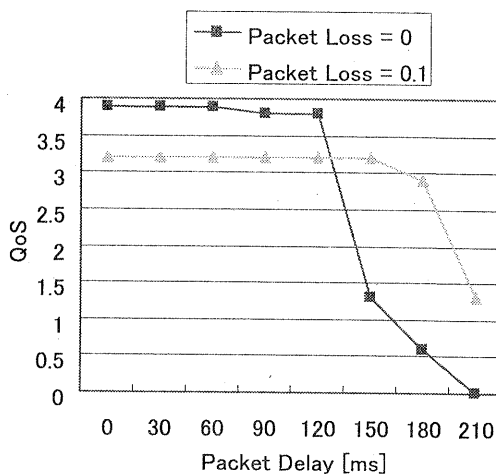


図4 複数パラメータに対するネットワーク特性

図4では、パケット遅延時間が小さい場合にはパケット損失率が小さいほうがネットワーク品質が優れているのに対し、パケット遅延時間が大きい場合にはこの関係が逆転し、パケット損失率が大きいほうがネットワーク品質が優れていることが示されている。例えば、パケ

ット遅延時間が150msの場合、パケット損失率が0の場合にはネットワーク品質がわずか1.3であるのに対し、パケット損失率が0.1の場合にはネットワーク品質が3.2まで向上し、実用レベルのネットワーク品質を保持している。

この結果は、「リアルタイムトラフィックは大幅な遅延を生じた場合廃棄すべき」というよく知られた経験則にあてはまっていると考えることができる。

ビデオ通信や音声通信等のリアルタイムストリーム通信の場合、パケット損失率が高くなるにつれて一般に映像品質、音声品質が劣化するが、対戦型ゲームの場合、映像コンテンツ、音声コンテンツをゲーム端末自身が所有しており、対戦相手の位置情報等の制御情報のみを通信するため、映像品質、音声品質の劣化はほとんど見られない。このため、ビデオ通信、音声通信と比較して「遅延させるよりも廃棄すべき」傾向がより明確に出ているものと推定される。

5. まとめと今後の課題

本稿では、対戦型ゲームを用いたネットワーク実験を行うことにより、ネットワーク QoS がユーザ QoS に与える影響を考察した。その結果、対戦型ゲームの場合、リアルタイム性が要求される反面、映像情報、音声情報は通信せずその制御情報のみを通信するため、従来のビデオ通信、音声通信等とは異なる QoS 要求条件が存在することがわかった。

今後はさらに詳細な実験を行い QoS 要求条件をより明確にするとともに、このような QoS 要求条件を満たすための QoS 制御方式について検討を行う予定である。

謝辞

本研究を進めるにあたって様々なご意見を賜るのみならず評価実験にも直接携わってくださった株式会社日立製作所通信システム事業部の宮田裕章氏、野田充宏氏、大熊克己氏に深謝致します。

文献

- [1]三浦則宏、川島正久、"H.323 対応 MCU レステレビ会議システムを実現するユニキャスト・マルチキャストゲートウェイの提案・検討"、2000 年度春季信学会全国大会、2000
- [2]S.Tasaka, H.Nakanishi and Y.Ishibashi, "Dynamic resolution control and media synchronization of MPEG in wireless LANs", IEEE GLOBECOM'97, 1997.
- [3]W.Verbiest and L.Pino, "A variable bitrate codec for asynchronous transfer mode network", IEEE Journal on Selected Areas in Commun., vol.7, June, 1989
- [4]C.B.Lee, K.B.Ha and R.H.Park, "Computation of effective bandwidth of aggregated VBR MPEG video traffic in ATM networks using the modified equivalent capacity", IEEE ICC96, June, 1996.
- [5]J.Y Kim and J.W-K, Hong, "Design and Implementation of a Web-based Internet/ Intranet Mail Server Management System", IEEE ICC99, June, 1999.
- [6]T.J. Kostas, et al., "Real-Time Voice Over Packet-Switched Networks," IEEE Network, January/February 1998.
- [7]"月刊プレイオンライン", 株式会社デジキューブ, pp34-35, July 2000.
- [8] <http://info.iet.unipi.it/~luigi>