

推薦論文

モバイル環境におけるユーザ満足度を考慮した マルチメディアトラフィックのマネジメント方式

和久田 貴英[†], 勅使河原 可海[†]

近年のインターネットの爆発的な普及をきっかけに、多くの利用者がネットワーク環境を利用するようになった。そして、いつでもどこでも利用できるモバイルコンピューティングへの期待も高まり、無線環境においても広帯域化、携帯端末の小型化が進み、今後もさらなるユーザ数の増加、マルチメディア情報へのアクセスなどが予想される。しかし、無線リソースは有限であり、現在の回線交換方式主流のシステムではネットワークレスポンスなどの問題から、今後のユーザの要求を満足させることは困難になると考えられる。そこでユーザへの効率の良いリソース割当てが重要となり、筆者らはアプリケーションの特性に応じて優先度をつけ、トラフィックを動的に制御することでユーザ全体の満足度を向上させるトラフィックマネジメント方式を検討している。本論文では、モバイル環境におけるレスポンスタイムや呼損に関するユーザ満足度の評価関数を定義し、PHSによる32kbps通信サービスと、99年4月からサービスが開始された64kbpsとの満足度の比較を行い、トラフィックマネジメント方式によりユーザ全体の満足度を向上させることを示す。そして、満足度が極端に低いユーザの満足度を向上させることでユーザ満足度を保証し、全体のユーザ満足度のばらつきを改善させることを示す。

Management Methods of Multimedia Traffics in Consideration of End-user Satisfaction in Mobile Environment

TAKAHIDE WAKUDA[†] and YOSHIMI TESHIGAWARA[†]

Initiated from explosive popularization of the Internet in recent years, much more users have become to use network environment than ever. Comfortable mobile computing environment where users can access anytime, anywhere is requested. Broader bandwidths for wireless communications are going to be provided, and small-sized PDAs and note-PCs are used by more people. And increased number of users and multimedia information accesses are expected. However, since available frequencies for wireless communications are limited, it is difficult to satisfy users' requirements because of such problems as longer network response time caused by circuit switching methods. Therefore, it is important to assign appropriate end-user bandwidths, and the Traffic Management Methods which improve all users' satisfactory levels, are being studied by controlling network traffics dynamically according to application priorities. This paper defines evaluation criteria of users' satisfactory levels in consideration of response time and calling loss in mobile environment. Then, it evaluates the Traffic Management Methods with comparison of the PHS 32kbps service and the 64kbps service which started from April 1999, and shows improvement of all users' satisfactory levels under the Traffic Management Methods. In addition, by improving user satisfactory of extremely low level, it shows improvement of unfairness of all users' satisfactory levels as well as guaranteeing the users' satisfactory levels.

1. はじめに

97年をモバイル元年と位置づけ、携帯電話、PHSや

PDA、ノートパソコンなどの人気が増加した。2002年3月末で携帯電話とPHSの加入者が7,400万人を突破し、MCPC(モバイルコンピューティング推進コンソーシアム)の市場需要予測では2004年には

[†] 創価大学工学研究科

Graduate School of Engineering, Soka University
現在、株式会社NTTデータ
Presently with NTT DATA CORPORATION

本論文の内容は1999年2月のMBL研究会にて報告され、MBL研究会主査により情報処理学会論文誌への掲載が推薦された論文である。

携帯電話・PHSの加入者が8,460万人(このうちデータ通信を使うモバイル利用者は6,520万人)とされている¹⁾。またノートパソコンの小型化によりユーザが手軽に持ち運びでき、外出先で社内LANなどにアクセスして情報を参照したり、Mailを必要なときいつでも送信、受信したりするといった使い方が一般的となり、今後もさらなる普及が予想される。通信速度においても、携帯電話では回線交換で9,600bps、パケット通信で28.8kbps(Dopa)、64kbps(PacketOne)、384kbps(FOMA)がサービス開始されている。一方PHSでは、97年4月より32kbps、99年4月より64kbpsのサービスが開始されており、128kbpsまでの展開も考えられている。このように無線環境は着実に広帯域化され、今後もモバイル環境においてのインターネット接続をはじめとするマルチメディア情報へのアクセスが増加すると予想される。

無線環境を使用して通信を行う場合、有線環境と比べて、伝送誤り率、呼損、フェージング、ハンドオーバなどでの通信品質の保証を考慮しなければならない。また音声通話が主流のため、共有回線は回線交換方式のような固定的に帯域を割り当ててしまうこともマルチメディア情報を扱う環境を想定した場合には問題となってしまう。

そこで筆者らはモバイル環境においてのレスポンスタイムなどの品質を向上させるトラフィックマネジメント方式を提案している^{2)~5)}。情報の重要性和アプリケーションの特性に応じて優先度を設定し、それに応じた適切なトラフィック制御を行う。ネットワーク全体のリソースを効率的に利用することにより、全体的にサービス品質を向上させ、それをユーザ満足度により評価する。従来、レスポンスタイムなどの品質に関してはQoS(Quality of Service)の観点から帯域制御する研究は行われているが、ユーザ満足度という観点からの研究は行われていない⁶⁾。本論文では、モバイル環境におけるレスポンスタイムや呼損に関してのユーザ満足度の評価関数を定義し、PHSによる32kbpsサービスと64kbpsサービスとの満足度の比較を行い、トラフィックマネジメント方式によりユーザ全体の満足度を向上させることを示す。そして、レスポンスタイムに関するユーザ満足度が極端に低いユーザに対しては優先的に帯域を割り当て、ユーザ満足度を保証するシステムを提案し、非保証型のシステムとの比較を行う。

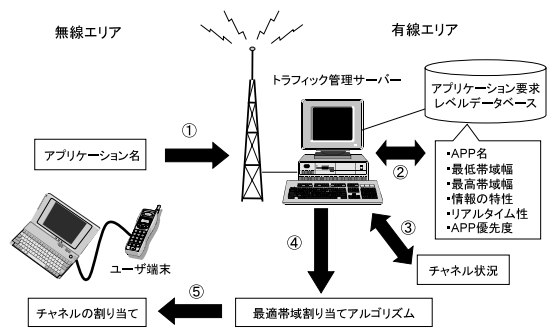


図1 トラフィックマネジメントシステムの構成

Fig. 1 Structure of traffic management system.

表1 アプリケーション要求レベルデータベース
Table 1 Application requirement level database.

APP名	最低帯域幅	最高帯域幅	情報の特性	リアルタイム性	優先度
Mail	8 kbps	128 kbps	1	1	8
WWW (text)	8 kbps	128 kbps	1	2	5
WWW (画像)	8 kbps	128 kbps	2	3	3

情報の特性：扱われる情報が主に何であるかを表す値であり、テキスト中心であれば1、画像中心であれば2、音声であれば3としている。優先度の決定：アプリケーションの優先度は、使用頻度、情報の重要性をもとに設定する。

2. トラフィックマネジメントシステム

2.1 システム構成

本研究の検討対象とするトラフィックマネジメントシステムでは、図1に示すように、無線エリアと有線エリア、それを結び基地局、そして無線データを扱うユーザ端末、基地局に設置されるトラフィック管理サーバにより構成されている。ユーザは8kbpsの帯域を複数本束ねて使用することができる。

2.2 アルゴリズム

提案するトラフィックマネジメント方式では、図1内に示された番号に従って以下の順序で処理が行われる。

- (1) 接続要求を発したユーザは、利用するアプリケーションを予約信号に乗せてトラフィック管理サーバに送信する。
- (2) ユーザからの情報を受け取ったトラフィック管理サーバは、アプリケーションの特性が示されているアプリケーション要求レベルデータベース(表1)にアクセスし、予約信号内に含まれるアプリケーション情報に応じた要求帯域幅と優先度を得る。
- (3) 現在のトラフィックの状況を調べる。
- (4) 後述する最適帯域割り当てアルゴリズムによってユーザが使用可能な最適な帯域幅を決定する。
- (5) 下り回線を通じて、接続許可の通知とともに使

用可能な帯域幅をユーザに割り当てる．

2.3 ユーザ帯域幅の決定

帯域幅は次の式より算出される．

$$\text{帯域幅} = \text{基地局の帯域幅} \times \frac{\text{自分の未受信データ量}}{\text{全ユーザの総未受信データ量}}$$

上記式より算出された帯域は、アプリケーション優先度が高いユーザから 8 kbps 単位に切り上げられて割り当てられる．このため、優先度の低いユーザは上記式で算出された帯域を獲得できないことがある．

3. ユーザ満足度関数の評価

本システムでは、トラフィック制御をユーザ満足度により評価しているが、メディアにより要求が異なることや、ユーザ個々によっても差が生じてくることなどから同じ評価関数で定義することは難しく、現状では評価関数は確立されていないと思われる．そこで、今回はモバイル環境においてのユーザの要求条件(いつでもどこでも通信可能、マルチメディア情報が扱えること)をもとに、ユーザが満足する条件を次のように定義する．

- (1) レスポンスタイムが十分に早いこと
- (2) 十分な帯域が与えられていること
- (3) 呼損ができるだけ少ないこと
- (4) ハンドオーバーなどでの通信品質が保証されていること

本研究は、単一の基地局とユーザ間のトラフィックマネジメントを想定しているため、(1)~(3)をユーザ満足度の評価対象としている．また、十分な帯域が与えられれば、レスポンスタイムも十分早いとして、(1)と(2)をレスポンスタイムとして評価している．

3.1 レスポンスタイム

レスポンスタイムに関してのユーザ満足度の調査では、シュナイダーマンによると、適切な応答時間は次のような実験結果で出されている⁷⁾．

- 簡単で頻繁に行うタスク 1秒以内
- 通常のタスク 2~4秒
- 複雑なタスク 8~12秒

また Watanabe によると、ユーザがイライラせずに作業ができるレスポンスタイムは、次のようなガイドラインで示されている⁸⁾．

- テキスト編集などの操作 0.2秒未満
- 情報検索などの操作 2秒未満
- 大規模な計算処理など 20秒未満

また、Martin はレスポンスタイムに関する一般的な6つの範囲を次のように表している⁹⁾．

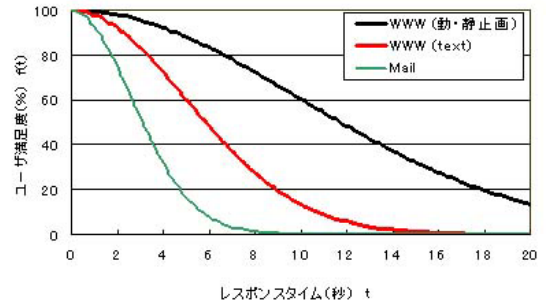


図2 レスポンスタイムと満足度の関係

Fig. 2 Relations between response times and user's satisfactory levels.

- 10分の1秒以内
- 2秒以内
- 4秒以上
- 1秒以内
- 2~4秒
- 15秒以上

これらの報告結果をもとにユーザ満足度の評価関数を定式化すると、ある時間内でレスポンスが返ってくれば満足度は高く保たれ、ある時間を越えたときから満足度が落ち始め、満足度が低くなったらそこから緩やかに落ちるといった考えに基づいた関数が考えられる．したがって、こうした特性を考慮して満足度の評価関数を式(1)のように定義する．

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{t^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

(t : レスポンスタイム, σ : アプリケーションの特性)

さらに、アプリケーションごとの要求条件を考慮すると、Mailは最もよく使うアプリケーションで情報の重要度は高く、できるだけ短時間でMailを取得したいという要求から優先度を高く設定する．WWWは情報の更新の確認などで頻繁に用いられるものと想定してある程度の優先度が要求され、静止画、動画を含めたページに関してはユーザがある程度のレスポンスがかかるものだと予想されることから優先度を低く設定する．これらの要求条件を基にアプリケーションの特性値を設定したレスポンスタイムとユーザ満足度の関係を図2に示す．本研究では、接続を開始してからデータをすべて受信するまでの時間をレスポンスタイムとして定義している．

3.2 呼 損

呼損におけるユーザ満足度の変化に関しては、連続呼損回数を基に評価する．連続呼損回数が1, 2回程度で接続可能になれば満足度はある程度高く保たれ、さらに回数が重なると満足度は急激に低下するといった考えに基づいて、式(2)のように定式化する．連続呼損回数と満足度の関係を図3に示す．この式では、

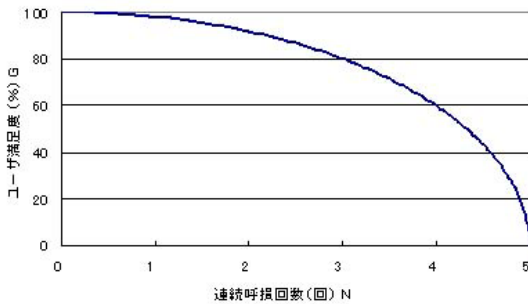


図3 連続呼損回数と満足度との関係

Fig. 3 The relation between continuance number of calling loss and the user's satisfactory level.

連続呼損回数による影響が満足度に出るように、3回で80%、4回で60%、5回以上で0%としている。

$$G = \frac{100}{5} \sqrt{25 - N^2} \quad (2)$$

(N: 連続呼損回数)

式(1)、式(2)による満足度関数からユーザの満足度 S を式(3)のように定義する。

$$S = \text{Minimum}(f(t), G) \quad (3)$$

ユーザ満足度は、レスポンスタイムと呼損による満足度の低い方の値をとる。たとえば Mail を使用し、連続で3回呼損した後接続し、4秒で受信終了したとすると、呼損の満足度は80%、レスポンスタイムの満足度は30%となり、最終的なユーザ満足度は30%となる。

4. シミュレーションによる評価

4.1 シミュレーション環境

本システムの有用性を示すために、シミュレーションにより、帯域制御ありとなし(32 kbps 固定と64 kbps 固定)の場合についての比較を行った。ユーザ数は100、呼の発生頻度はポアソン分布に従い、メッセージ長は一様分布に従っている。ネットワークが混雑して呼損が頻繁に生じていたり、長いデータを受信するユーザがいたりするときには、次に発生するはずのユーザが存在しない現象が起こりポアソン分布に従わない可能性が生じるが、ポアソン分布はモデルの一例であり、本シミュレーションモデルが実情に合ったものとして考えている。また、ユーザが呼損状態となると、平均30秒間待ち状態となり発呼状態となるまで再発呼することになる。表2にアプリケーション別の発生頻度とトラフィック量を示す。

Mail の受信データ量に関しては1通あたり平均3 kbyte のデータを1通~10通、メールサーバから受信する環境を想定している。WWW のテキストの

表2 アプリケーションのトラフィック量と発生頻度
Table 2 Traffic characteristics of applications.

APP 名	最低トラフィック	最高トラフィック	発生頻度
Mail	3 kbyte	30 kbyte	50%
WWW (text)	16 kbyte	48 kbyte	28%
WWW (画像)	10 kbyte	100 kbyte	22%

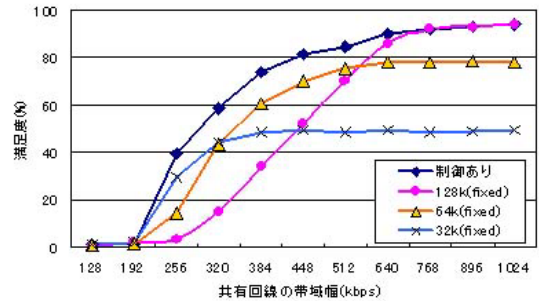


図4 共有回線の帯域幅と満足度との関係

Fig. 4 Comparisons of users' satisfactory levels with bandwidths.

みの受信データ量に関しては、1ページあたり最低16 kbyte から最大48 kbyte のデータを参照する環境を想定している。WWW の画像を含んだ受信データ量に関しては、解像度 320×240 、16色、圧縮率90%の静止画像(最小データ)から100 kbyte の動画像(最大データ)までを想定している。これらのデータ量は、モバイル環境を想定しているため、有線環境と比べて比較的少なく設定している。それぞれの受信データ量は、トラフィック管理サーバが事前に把握しているものとする。また発生頻度に関しては、現在では Mail を中心としたアクセスが中心であると考えられるが、将来的には WWW 中心のアクセスになる可能性もあることもふまえて、それぞれ50%の割合の発生と設定している。WWW (text) と WWW (静止・動画像) のデータ量、発生頻度は郵政研究所によるデータをもとに設定した¹⁰⁾。

4.2 シミュレーション結果の評価

上記の環境により、発呼率0.8呼数/秒にて計算機シミュレーションを行った結果を図4~図7に示す。

図4では、共有回線の帯域幅に対する満足度を帯域制御ありの場合となしの場合で比較している。制御ありの方が満足度の向上が見られ、32 kbps 固定と比べて最高44%の向上、64 kbps 固定と比べて最高15%の向上が見られた。32 kbps 固定で、共有回線の帯域幅を大きくしても満足度が50%位までしか向上しない理由は、大容量のデータ量が受信されるとき、それともないレスポンスタイムも大きくなり、その制約に

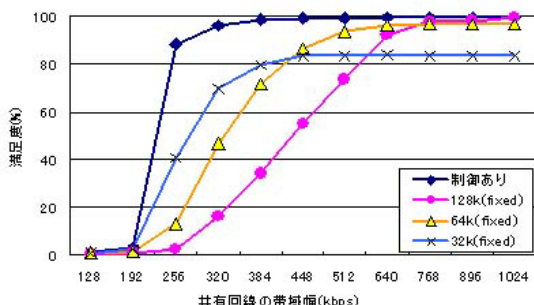


図 5 Mail による共有回線の帯域幅と満足度の関係

Fig. 5 Comparisons of Mail users' satisfactory levels with bandwidths.

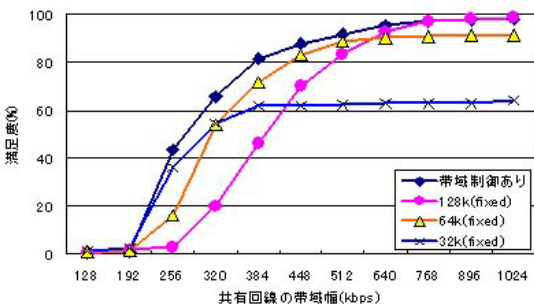


図 6 WWW (text) による帯域幅と満足度の関係

Fig. 6 Comparisons of WWW (text) users' satisfactory levels with bandwidths.

より満足度が低下してしまうためだと考えられる。そして、64 kbps まで帯域幅を増やしたときにその改善が見られるが、これも先ほどと同じ理由により、ただか 80%位までしか向上しない。また共有回線の帯域幅が 256 kbps のときに 64 kbps の満足度が 32 kbps より低下した原因として、32 kbps では最高 8 人まで、64 kbps では最高 4 人までしか同時接続可能にならず、同時接続ユーザが多いときは、32 kbps に比べて 64 kbps の方が連続して呼損が生じていることで満足度が下がってしまったことが考えられる。同様に 128 kbps でも呼損の影響により立ち上がりが遅くなっている。

アプリケーション別に満足度を評価するため、Mail ユーザの満足度を図 5 に、WWW (text) の満足度を図 6 に、WWW (画像) の満足度を図 7 にそれぞれ示す。

図 5 の Mail に関しては、データ量が少ないぶん、共有回線の帯域幅がそれほど大きなくてもそれぞれのユーザ満足度が向上していることが分かる。

また、図 6 の WWW (text) の方が、図 7 の WWW (画像) よりもデータ量が少ないぶん比較的早く向上していることが分かる。図 7 での満足度は 32 kbps 固定

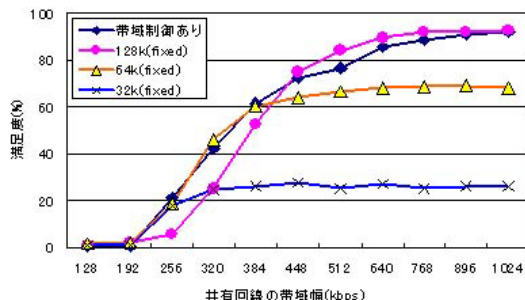


図 7 WWW (画像) による帯域幅と満足度の関係

Fig. 7 Comparisons of WWW (image) users' satisfactory levels with bandwidths.

では 30%弱、64 kbps 固定にしたときでも 70%までしか伸びないが、128 kbps 固定や制御ありでは 90%以上の満足度を得ることができる。共有回線が 512 kbps 以上においては、制御ありより 128 kbps 固定の満足度の方が高くなっている。この理由として、制御ありでは Mail や WWW (text) ユーザに対してきめ細やかな制御を行っているために、WWW (画像) ユーザに対して割り当てる帯域が 128 kbps 以下になってしまい、このようなことが起こると考えられる。本シミュレーションにより、今後のマルチメディア情報を考慮したときに、トラフィックマネジメントが有効であることが分かる。

次に、全ユーザに対する満足度達成率について考察する。60%以上の満足度を得られたユーザの割合を図 8 に、80%以上の満足度を得られたユーザの割合を図 9 に示す。

図 8 によると、共有回線の帯域幅を大きくしたときに、32 kbps と 64 kbps の満足度達成率の差が顕著に見られる。32 kbps では、共有回線の帯域を大きくしても 60%以上の満足度を得られるユーザは、全体の 20%程度であるのに対して、64 kbps では全体の 90%以上のユーザが満足度 60%以上に達することができる。また、制御ありでは 64 kbps と比較して、若干ではあるが 10%程度の満足度の向上が見られた。

また図 9 によると、制御ありと 64 kbps のときの満足度達成率の差が顕著に見られる。共有回線を大きくしたとき、満足度が 80%以上になるユーザは、64 kbps では全体の 45%であるのに対して、制御ありでは 90%以上となり、64 kbps と比較してほぼ 2 倍のユーザが満足度 80%以上に達成していることが分かる。これにより、帯域を効率良く割り当てることで高いユーザ満足度を得られることが示される。

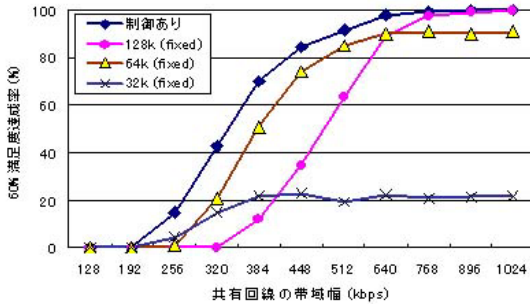


図 8 共有回線の帯域幅と満足度達成率 60% の関係
 Fig. 8 Comparisons of achieved rate (60%) of satisfactory levels with bandwidths.

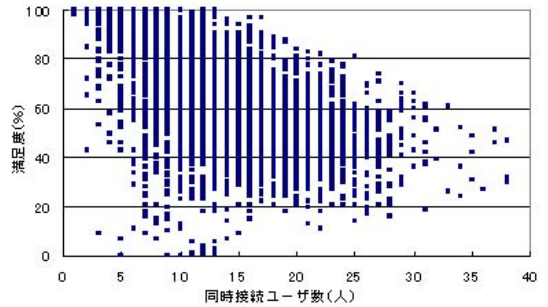


図 10 非保証型帯域制御での WWW (画像) ユーザの満足度分布
 Fig. 10 Distribution of WWW (image) users' satisfactory levels by non-guaranteed management.

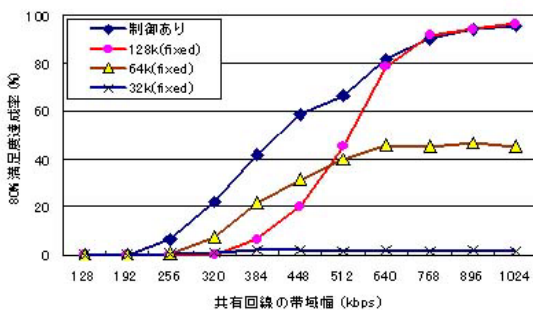


図 9 共有回線の帯域幅と満足度達成率 80% の関係
 Fig. 9 Comparisons of achieved rate (80%) of satisfactory levels with bandwidths.

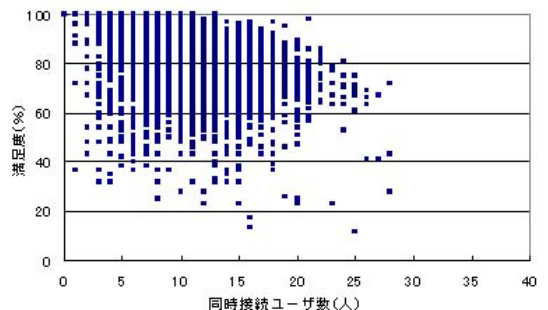


図 11 保証型帯域制御での WWW (画像) ユーザの満足度分布
 Fig. 11 Distribution of WWW (image) users' satisfactory levels by guaranteed management.

5. レスポンスタイムに関するユーザ満足度保証型のマネジメント方式

これまでの帯域制御は、アプリケーションの優先度やデータ量によって帯域を割り当てているため、ネットワークの状態によって、高い満足度を得られるユーザと、低い満足度しか得られないユーザが生じ、ユーザ満足度に大きなばらつきが生じていた。

そこで、レスポンスタイムにおけるユーザ満足度が極端に低いユーザの満足度を向上させるユーザ満足度保証型トラフィックマネジメント方式を提案する。レスポンスタイムによる満足度関数(図2)をもとに、ユーザがイライラし始めるのは、Mailでは4秒以上、WWW(text)では8秒以上、WWW(画像)では15秒以上となる満足度30%付近とする。満足度が30%以下になるユーザは、満足度の高いユーザから帯域を分けもらうことで、ユーザ個々の満足度を保証するものとする。帯域を割り当てる順番は、以下のとおりとなる。

- (1) 満足度 30%未満の Mail ユーザ
- (2) 満足度 30%未満の WWW (text) ユーザ

- (3) 満足度 30%未満の WWW (画像) ユーザ
- (4) 満足度 30%以上の Mail ユーザ
- (5) 満足度 30%以上の WWW (text) ユーザ
- (6) 満足度 30%以上の WWW (画像) ユーザ

共有回線の帯域幅は 512 kbps、呼はポアソン発生で、発呼率は 1.5 呼数/秒、ユーザ満足度はレスポンスタイムによる満足度と連続呼損回数による満足度の低い値を用いて評価している。

5.1 シミュレーション結果とその評価

5.1.1 WWW (画像)

WWW(画像)における満足度の分布について、図10にはユーザ満足度を保証していない非保証型帯域制御方式におけるユーザ満足度の分布を、図11には30%のユーザ満足度を保証した保証型帯域制御方式におけるユーザ満足度の分布を示す。

図10で満足度の低いユーザは、図11の保証型制御により改善されていることが分かる。満足度達成率が30%以上のユーザの割合は、非保証型で94.3%、保証型では99.6%と5.3%の向上が見られた。また、同時接続ユーザ数25人以上におけるユーザ満足度の分布に関しても顕著な差が見られる。これは、保証型に

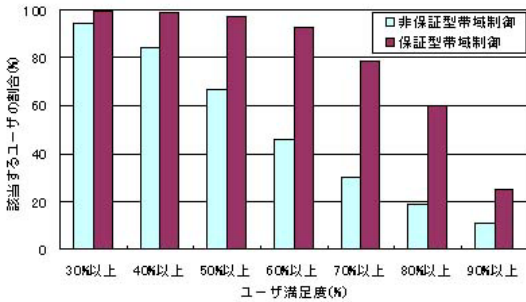


図 12 WWW (画像) 利用時の達成した満足度におけるユーザの割合

Fig. 12 Users' ratio of achieved users' satisfactory levels in WWW (image) uses.

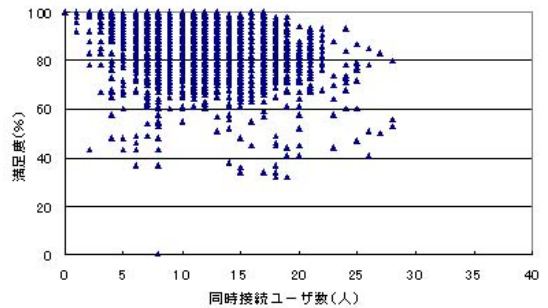


図 14 保証型帯域制御での WWW (text) ユーザの満足度分布
Fig. 14 Distribution of WWW (text) users' satisfactory levels by guaranteed management.

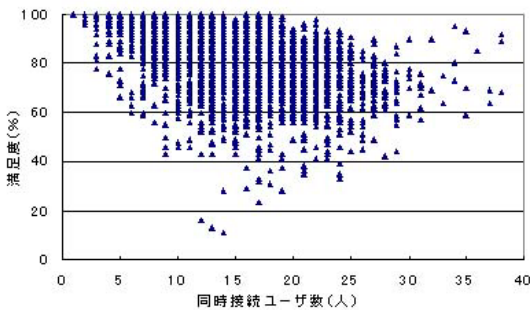


図 13 非保証型帯域制御での WWW (text) ユーザの満足度分布
Fig. 13 Distribution of WWW (text) users' satisfactory levels by non-guaranteed management.

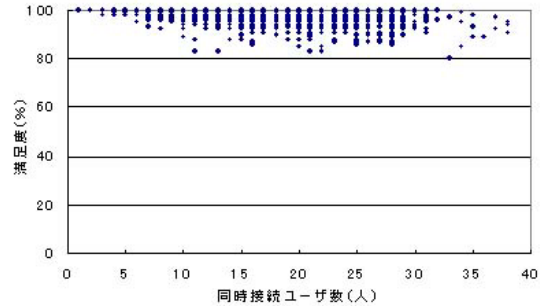


図 15 非保証型帯域制御での Mail ユーザの満足度分布
Fig. 15 Distribution of Mail users' satisfactory levels by non-guaranteed management.

において満足度が 30%以下のユーザに優先的に帯域を割り当てることで極端に低速で通信するユーザが減少し、それにより長時間継続して通信するケースが少なくなり、同時接続ユーザ数が減少したと考えられる。このように、保証型は非保証型に比べてきめ細やかな制御ができ、全体的なアクセス時間を減少させることが可能となる。図 11 において同時接続ユーザ数が少ないにもかかわらず満足度が低い値となっている原因は、データ量の多い他の WWW (画像) ユーザによりレスポンスタイムがかかってしまうためだと考えられる。図 12 に満足度に対するユーザの割合の比較を示す。満足度達成率が 70%以上のユーザの割合は、非保証型では 30.1%、保証型では 78.5%と大幅な向上が見られた。

5.1.2 WWW (text)

WWW (text) における満足度の分布について、図 13 に非保証型帯域制御方式におけるユーザ満足度の分布を、図 14 にユーザ満足度保証型帯域制御方式におけるユーザ満足度の分布を示す。

ここでも同じように、図 13 で満足度の低いユーザは図 14 で改善されている。差が最も顕著に現れたのは

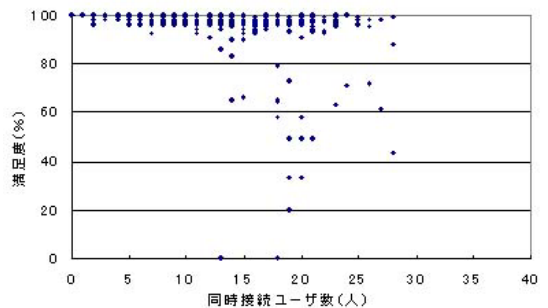


図 16 保証型帯域制御での Mail ユーザの満足度分布
Fig. 16 Distribution of Mail users' satisfactory levels by guaranteed management.

80%以上の満足度を達成したユーザの割合で、非保証型では 57.1%に対して、保証型では 79.7%と 22.6%の向上が見られた。

5.1.3 Mail

Mail における満足度の分布について、図 15 にユーザ満足度を保証していない非保証型帯域制御方式におけるユーザ満足度の分布を、図 16 にユーザ満足度を保証した保証型制御方式におけるユーザ満足度の分布

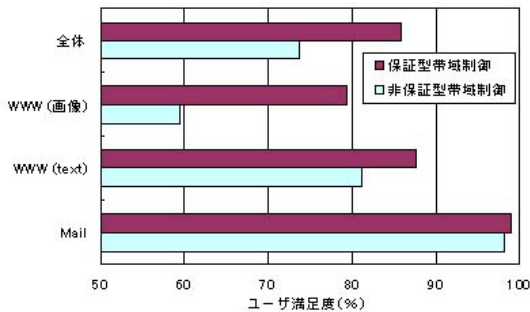


図 17 平均満足度の比較

Fig. 17 Comparisons of averages of all users' satisfactory levels.

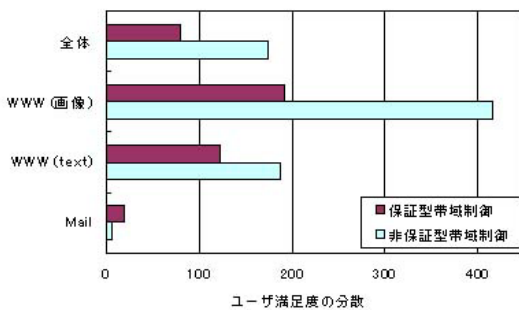


図 18 ユーザ満足度の分散の比較

Fig. 18 Comparisons of variances of users' satisfactory levels.

を示す。

Mail は優先度が高くメッセージ長も短いため、少ない帯域でも高い満足度を得られることが図 15 より分かる。図 16 で満足度のばらつきが起きているのは、満足度の低い WWW ユーザに保証するための帯域を割り当てているためであると考えられる。

5.1.4 平均満足度と分散の比較

図 17 にユーザ全体の平均満足度の比較を示す。

全体として 12.2% の満足度の向上が見られ、WWW (画像) では 19.7% と大幅な向上が見られた。

ユーザ満足度の分散の比較を図 18 に示す。

WWW (画像) においては、非保証型と比較して保証型では分散が半分以下に改善され、全体においても同様に改善されていることから、ユーザ満足度のばらつきが減少し、非保証型よりも公平な割当てが行われていると考えられる。

6. まとめと今後の課題

本論文では、ユーザ満足度という新しい指標を導入して関数を定義し、提案したトラフィックマネジメント方式によって、ユーザ全体の満足度を改善させるこ

とを示した。また、ユーザ満足度の保証を考慮した保証型帯域制御によりユーザ満足度のばらつきを減少させることを示した。今後取り組んでいく課題は以下のとおりである。

6.1 呼の発生分布

シミュレーションでは呼の発生がポアソン分布に従っていたが、LAN 上でのトラフィックは自己相似性と呼ばれるまったく異なる性質を持っているとの報告が 1993 年 Leland らにより報告されている¹¹⁾。本論文ではモバイル環境を想定しているため LAN 環境と同じトラフィックモデルであるかは現在のところ明らかではないが、今後の検討課題とする。

6.2 SLA との対応

ユーザへサービス品質を保証する SLA (Service Level Agreement) が、新しい品質基準として取り入れられている。IIJ (Internet Initiative Japan) は、99 年 6 月よりプロバイダとして初めて SLA に満足度という品質を取り入れ、遅延時間を保証するサービス展開を始めている。IIJ 網内での平均往復遅延時間が 40 ミリ秒を 2 カ月以上連続して超えないことを保証するサービスである。このような動きは、国外では AT&T やコンセントリック、PSINet、GTE インターネットワーキングなども同様に行っている¹²⁾。SLA を取り入れたユーザ満足度の評価に関しても今後の課題としてあげられる。

6.3 ユーザ満足度評価関数の見直し

割り当てた帯域が動的に変化したときのユーザ満足度への影響度を考慮する必要がある。呼損に関しては、連続呼損回数に関する満足度調査を実施し、より実情に合った関数の導入を検討していきたい。

6.4 連続呼損回数保証型帯域制御方式の検討

連続呼損回数にアプリケーションの優先度を加味させての満足度保証方式も考慮する必要がある。

6.5 トラフィック量の事前把握

WWW (画像) に関しては、ダウンロードの際事前にデータ量を把握でき、Mail に関しては、IMAP4 対応にすることで把握できるため¹³⁾、データ量に応じた帯域割当てが可能となる。しかし、WWW (text) に関しては、事前に把握することは難しいので、これまでユーザ側で受信したデータ量の平均値を用いて帯域割当てを行う方式を考えたい。この方式を用いても、各ページにおける実際のデータ量の差はそれほどなく、また Mail ほど優先度が高くないためユーザ満足度に与える影響は大きくないので、提案するマネジメント方式の有効性はさほど損なわれないものとする。

謝辞 本研究は、飛鷹洋一氏 (現在、NEC ラボラ

トリーズネットワーク研究所)と宮本孝之氏(現在, NTT データ法人システム事業本部)の創価大学工学研究科博士前期課程における研究を基にしている. 両氏に深く感謝の意を表します.

参 考 文 献

- 1) モバイル市場需要予測一覧表: Mobile Computing Promotion Consortium. <http://mcp-jp.org/>
- 2) 和久田貴英, 勅使河原可海: マルチメディアモバイル環境におけるユーザ満足度の保証を考慮した動的トラフィックマネジメント方式, 情報処理学会 DICOOM'99 シンポジウム, pp.249-254 (1999).
- 3) 和久田貴英, 勅使河原可海: モーバイル環境におけるユーザ満足度を考慮したマルチメディアトラフィックのマネジメント方式, 情報処理学会モバイルコンピューティング研究会研究報告, 99-MBL-8, pp.79-84 (1999).
- 4) 宮本孝之, 勅使河原可海: モーバイル環境におけるユーザ満足度に着目したトラフィックマネジメント方式, 情報処理学会モバイルコンピューティング研究会研究報告, 98-MBL-4, pp.19-24 (1998).
- 5) Hidaka, Y. and Teshigawara, Y.: Multimedia Traffic Management Methods in Consideration of End-user Satisfaction, *Asia-Pacific Network Operations and Management Symposium (AP-NOMS '97)*, pp.275-286 (1997).
- 6) 渡辺 啓, 馬場健一, 村田正幸, 宮原秀夫: ユーザ QoS を考慮した動的帯域管理方式の性能評価, 信学会論文誌, Vol.82-B, No.4, pp.549-559 (1999).
- 7) B. シュナイダーマン(著), 東 基衛, 井関 治(監訳): ユーザインタフェースの設計, 第7章, 日経 BP 出版センター (1996).
- 8) Watanabe, H.: Integrated Office System 1995 and Beyond, *IEEE Communications Magazine*, Vol.25, No.12, pp.74-80 (1987).
- 9) Martin, J.: *Principles of Data Communication*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J. (1988).
- 10) 外園博文: 日本のインターネット (WWW) の現状, 郵政研究所月報, pp.79-86 (1998).
- 11) Leland, W.E., Taqqu, M.S., Willinger, W. and Wilson, D.V.: On the Self-Similar Nature

of Ethernet Traffic, *SIGCOMM'93*, pp.183-193 (1993).

- 12) 滝沢泰盛: ネット活用企業の新常識—保証のモロサシは「SLA」, 日経コミュニケーション, No.296, pp.112-119, 日経 BP 社 (1999).
- 13) IAB: RFC2060: Internet Message Access Protocol-Version 4rev1 (IMAP4) (1996).

(平成 12 年 1 月 5 日受付)

(平成 14 年 3 月 14 日採録)

推 薦 文

本論文は, アプリケーションの特性に応じて優先度をつけてリソース割当てを動的に制御することにより, ユーザの満足度を向上させる方式を提案している. 論文ではシミュレーションにより PHS の 64 kbps および 32 kbps 通信サービスにおける提案方式の評価を行っており, 好結果を得ている. また, リソース管理にユーザ満足度という新しい指標を導入したことも高く評価できる.

(MBL 研究会主査 高橋 修)



和久田貴英 (正会員)

1998 年創価大学工学部情報システム学科卒業. 2000 年同大学大学院博士前期課程修了. 同年株式会社 NTT データ入社. データベースソリューションに関する研究開発に従事. 2000 年本学会第 60 回全国大会学生奨励賞受賞.



勅使河原可海 (正会員)

1970 年東京工業大学大学院理工学研究科制御工学専攻博士課程修了, 工学博士. 同年日本電気株式会社入社. コンピュータネットワーク, ネットワークアーキテクチャ, 衛星データネットワーク等の開発に従事. 1995 年創価大学工学部教授, 2000 年より工学部長を併任, 現在に至る. グループウェア, モバイルコンピューティング, ネットワークセキュリティ等の研究に従事. 情報処理学会, 日本オペレーションズ・リサーチ学会各フェロー, ACM, IEEE, 電子情報通信学会, 経営情報学会各会員.