

## 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  
創価大学 工学研究科  
*wakuda@euclid.t.soka.ac.jp*

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り当てが重要となり、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。

本稿では、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、99年4月からサービス開始が予定されているPHSによる64kbps通信サービスと、現状の32kbps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。

### Management Methods of Multimedia Traffic in consideration of end-user satisfaction in Mobile Environment

Takahide Wakuda, Yoshimi Teshigawara  
Graduate School of Engineering, Soka University  
*wakuda@euclid.t.soka.ac.jp*

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 current PHS 32kbps service and 64kbps planned in service from April 1999, and shows improvement of all users' satisfactory levels under the Traffic Management Methods.

## 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。98年10月現在で携帯電話3729万人、PHS616万人の加入者となり、MCPC（モバイルコンピューティング推進コンソーシアム）需要予測調査では2000年に携帯電話・PHSの加入者が6000万人を越える（このうちデータ通信を使うモバイル利用者は1300万人）とされ、一般電話の加入者数に追いつく勢いで爆発的に普及している。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最新の情報を参照したり、Mailを必要な時いつでも送信、受信するといった使い方が一般的となり、今後も更なる普及が予想されるものと思われる。

通信速度においても現在では携帯電話9600bps、パケット通信で28.8kbps（Dopa）、cdmaOneでは14.4kbpsとされているが、将来計画されているIMT-2000では停止/屋内の環境では2Mbps、歩行環境では384kbps、高速移動環境でも144kbpsの通信速度を保証している。一方PHSでは、97年4月より32kbpsベアラ通信サービスが開始され、99年4月より64kbpsのサービスが開始される予定であり、さらに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ける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、ハンドオーバー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。

そこで本稿ではモバイル環境におけるレスポンスタイム等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する[1][2]。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。またPHSによる32kbpsサービスと64kbpsサービスを比較し、満足度の比較を示す。

## 2.トラフィックマネジメントシステム

### (1) システム構成

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、それを結ぶ基地局、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の帯域を最高128kbpsまで複数本束ねて使用することができる。

### (2) アルゴリズム

トラフィックマネジメント方式では、以下の順序で処理が行われる。

- ①送信要求を發したユーザは、送信するアプリケーション、データ量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帯域幅を決定する。
- ⑤下り回線を通じて、送信許可通知とともに使用可能帯域幅をユーザに送信する。

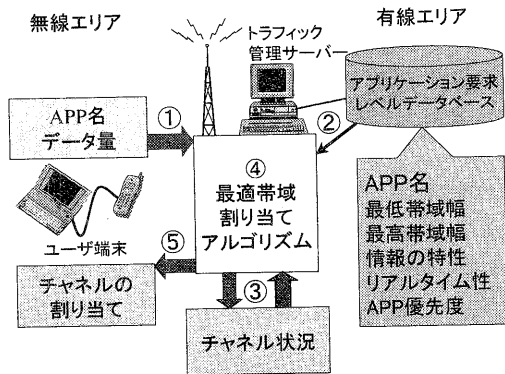


図1 トラフィックマネジメントシステムの構成

表1 アプリケーション要求レベルデータベース

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 (画像含)	8 kbps	128 kbps	2	3	3

### 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。

- ・レスポンスタイムが十分に早いこと
- ・十分な帯域が与えられていること
- ・呼損が生じないこと
- ・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

#### (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様な実験結果で出されている[3]。

簡単に頻繁に行うタスク 1秒以内

通常のタスク 2~4秒

複雑なタスク 8~12秒

また渡部によると、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[4]。

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、マーチンによると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[5]。

10分の1秒以内 1秒以内

2秒以内 2~4秒

4秒以上 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か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(1)式のように定義する。

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

( $t$ :レスポンスタイム、 $\sigma$ :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は最も良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し、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る。また画像なども含めたアプリケーション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。

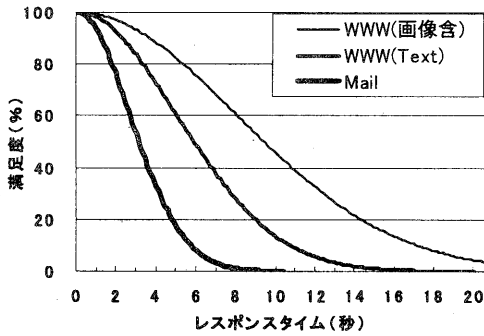


図2 レスポンスタイムと満足度の関係

### (2) 呼損

呼損におけるユーザ満足度の変化に関しては、呼損が 1、2 回程度で送信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ような考えに基づいて (2) 式のように定式化する。呼損回数と満足度の関係を図 3 に示す。ここでは 5 回ほどで満足度が 0 になるように定式化しているが、回数と満足度の関係および利用アプリケーションによる満足度の変化等も今後考慮に入れていきたい。

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

(N: 呼損回数)

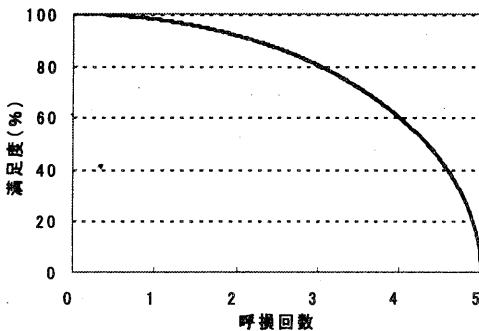


図3 呼損回数と満足度の関係

(1)、(2) による満足度関数からユーザの満足度  $S$  を (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。

## 4. シミュレーション

### (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 (32kbps 固定と 64kbps 固定) の場合についての比較を行った。発生頻度はポアソン分布に従い、各アプリケーションによるトラフィック量は指数分布に従っている。表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。

表2 アプリケーションのトラフィック量と発生頻度

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

Mail のデータ量に関しては 1 通当たり平均 3kbyte のデータを 1 通 ~ 10 通、メールサーバから受け取る環境を想定している。WWW のテキストのみのデータ量に関しては、1 ページ当たり平均 16 k byte のデータを 1 ページ ~ 3 ページ参照する環境を想定している。WWW の画像を含んだデータ量に関しては、解像度 320 × 240、16 色、圧縮率 90% の最小データから 640 × 480、24 色の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。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踏まえて、それぞれ 50% の割合の発生と設定している。

WWW (text) と WWW (画像) のデータ量、発生頻度は文献 [6] をもとに設定した。

## (2)シミュレーション結果の評価

上記の環境により計算機シミュレーションを行なった結果を図4～図7に示す。

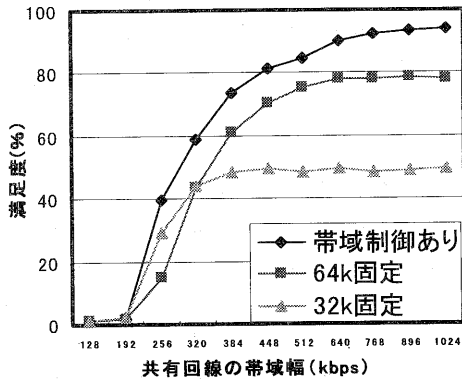


図4 共有回線の帯域幅と満足度の関係

図4より、制御ありの方が満足度が向上していることが分かる。32kbps 固定と比べて最高44%の向上、64kbps 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として、大容量のデータ量が送信要求されたとき、それに伴いレスポンスタイムも大きくなり、その制約に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、64kbps 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、最高80%位までしか向上しない。また共有回線の帯域幅が256kbps の時に64kbps の満足度が32kbps より低下した原因として、32kbps では最高8人まで、64kbps では最高4人までしか送信可能にならず、送信要求ユーザが多いときは、32kbps に比べて64kbps の方が連続して呼損が生じているため、満足度が下がってしまったためと考えられる。

アプリケーション別に Mail ユーザの満足度を図5に、WWWのテキストベースの満足度を図6に、画像を含めた満足度を図7にそれぞれ示す。

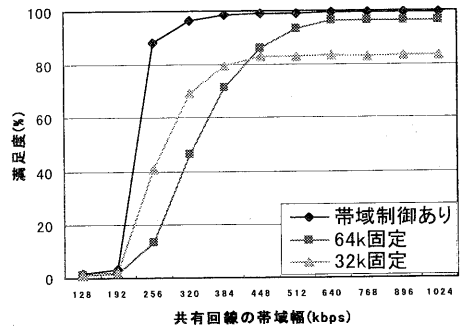


図5 Mail による共有回線の帯域幅と満足度の関係

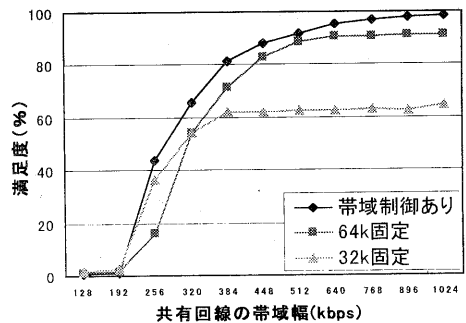


図6 WWW(text)による帯域幅と満足度の関係

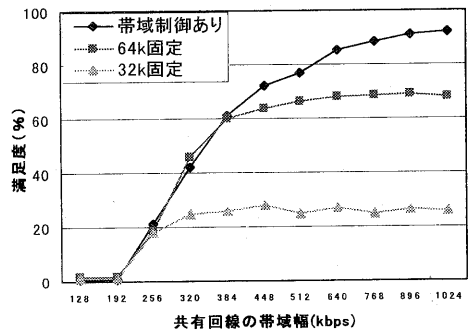


図7 WWW(画像)による帯域幅と満足度の関係

Mail と WWW(text)においてはデータ量が少ない分、ユーザ満足度は向上していることが分かる。またマルチメディア情報も踏まえたWWW(画像)では32kbps では30%弱、64kbps にしたときでも70%までしか伸びず、制御ありでは90%以上の満足度を得ることができる。こ

これらのことにより、今後のマルチメディア情報を考慮したときに、本システムのトラフィックマネジメントが有効であることが分かる。

また、ユーザが60%以上の満足度を得られる確率を図8に、80%以上の満足度を得られる確率を図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、32kbpsと64kbpsの満足度達成率の差が顕著に見られる。32kbps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、64kbps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64kbps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。

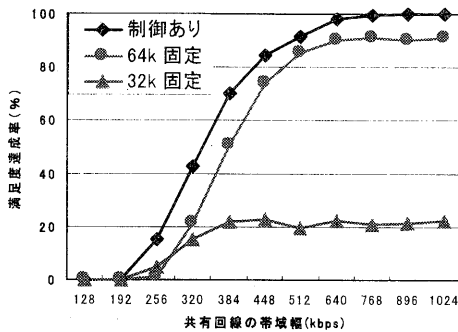


図8 共有回線の帯域幅と満足度達成率60%の関係

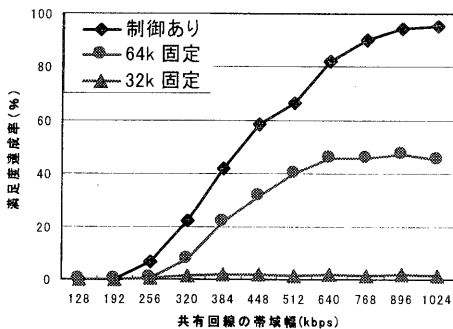


図9 共有回線の帯域幅と満足度達成率80%の関係

また図9によると、制御ありと64kbps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時、満足度が80%以上になるユーザは、64kbps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、64kbps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、帯域を効率よ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。

## 5.まとめと今後の課題

本稿ではネットワーク環境におけるユーザ満足度を評価し、それに基づく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した。レスポンスタイム、呼損に基づいた全体的な満足度評価関数については、今後さらに検討していく必要があると考える。また、IMT-2000を想定した環境でのトラフィックマネジメントの有効性も示していきたい。

### <参考文献>

- [1] 和久田貴英, 勅使河原可海: ネットワーク環境におけるユーザ満足度の評価とそれに基づくトラフィックマネジメント方式, 情報処理学会第57回全国大会, 1998
- [2] 宮本孝之, 勅使河原可海: モ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, 情報処理学会第4回モバイルコンピューティング研究報告, 1997
- [3] 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
- [4] Hitoshi Watanabe: Integrated Office Systems 1995 and Beyond, IEEE Communications Magazine, Vol.25, No.12, pp.74-80, 1987
- [5] James Martin: Principles of Data Communication, Englewood Cliffs, N.J. Prentice-Hall, 1988
- [6] 外菌博文, 日本のインターネット(WWW)の現状, 郵政研究所月報, pp79-86, 1998.9