

ユーザの満足度を考慮したマルチメディアトラフィックマネジメント方式

飛鷹 洋一 勅使河原 可海

hidaka@t.soka.ac.jp

創価大学 工学研究科

近年、急激なネットワーク端末の増加と、ユーザのネットワークへのマルチメディア情報へのアクセスの増加で、ネットワークレスポンスの悪化が非常に問題になってきた。また、一つの問題として、従来のネットワーク下位層でのトラフィック制御では、ユーザが利用するマルチメディア情報の特性を考慮できないため、一人のユーザがネットワークリソースを独占することもあり、リソースの効率的な利用ができない。

そこで、本論文では、限られたネットワーク資源で効率的に運用するために、従来、ネットワーク下位層だけの面で判断してきたトラフィック制御を、ネットワーク管理の面から捉えた下位層から上位層までを対象とした、アプリケーションが使用するマルチメディア情報に着目し、ユーザの満足度を考慮した総合的なトラフィック制御を行い、サービス品質(QOS)、ネットワークレスポンス、ユーザ満足度等を向上するトラフィックマネジメントのアルゴリズムを開発し、評価を行った。

Multimedia Traffic Management Methods in consideration of end-user satisfaction

Youichi Hidaka, Yoshimi Teshigawara

hidaka@t.soka.ac.jp

Graduate school of Engineering, Soka University

Recently, rapidly increased number of network terminals and end-user multimedia information accesses have been causing serious problems such as longer network response times and complicated network management. One of the major issues is that usual traffic management on lower layers is not possible for networks users to use network resources efficiently. Because only one heavy traffic user can occupy network resources exclusively, as characteristics of end-user multimedia information are not considered under the lower layer traffic management.

This paper develops and evaluates an effective and efficient scheme of Traffic Management Method used for limited network resources. And it improves quality of services(QOS), such as network response times, and user's satisfaction by carrying out overall traffic management in consideration of application-oriented network accesses and end-user satisfaction from lower layers to higher layers, though conventional network management has been only focused on network-oriented on lower layers.

1. はじめに

現在の一般的なLANでは、LAN外にアクセスする際、そのLANのユーザは、LAN内の回線と比べて極めて低速度ないくつかの共有回線を介して外にアクセスしているが現状である。また、共有回線の使用は、そのネットワークのユーザに対して自由に許されている。したがって、このようなLANにおける問題点として、共有回線に、多数多様のネットワークリソースの要求あった場合、ボトルネック問題が生じ、さらには、一人のユーザが、大量でリアルタイム性が強いマルチメディア情報のリソース要求をした

場合、従来のネットワーク下位層のトラフィック制御、例えばルータでのパケットレベルで捉えたトラフィック制御では、LANのユーザに対して、結局、自由なリソースの消費が許されるので、他のユーザは、その一人のユーザのためだけに、大きな影響を受けることになる。このように、現在のネットワークはリソースの奪い合いで、限られたリソースを最大限に効率に運用しているとはいえない。

そこで、本論文では、それらの問題に対して、マルチメディア情報の特質と、ユーザの満足度に着目し、従来、ネットワーク下位層だけで判断してきた

トラフィック制御を、上位層およびネットワーク全体で判断することで、公平なリソースの分配、および、限られたネットワーク資源で、効率的に運用する総合的トラフィックマネジメントのシステム設計および評価を行った。

2. システムの構成

現在の全く制限のない共有回線を持つネットワークでは、マルチメディア情報のネットワークリソースの消費量の差や、利用者のネットワーク使用用途の違いなどが、問題を引き起こしていると考えられる。そのことから、本論文では、LANの全体のユーザのマルチメディア情報アクセスをトラフィック制御の評価の基準対象とし、ユーザの満足度を考慮した総合的トラフィックマネジメントを行うことで、ユーザのネットワークレスポンスの不公平問題や、ネットワークリソースの不効率的消費の問題を解決する。また、システム構成は、一局集中型によるシステム低下およびシステムの障害危険性を避けるため、全体を管理するトラフィックマネジメントサーバ(以下TMS)、部門を管理する部門サーバ、およびLAN内のコンピュータの3層構造で構成されており、LANに繋がっているコンピュータのトラフィックをダイナミックに管理し、ネットワーク全体のレスポンス向上をはかる。

2.1. 部門サーバとクライアント

部門サーバは、図1に示すように、クライアントのアプリケーションを常に監視しており、アプリケーションの稼動状況に応じて、使用する共有回線の帯域制御をダイナミックに行う。

まず、クライアントは、ネットワークアプリケーションを使う際、部門サーバに使用するアプリケーション(以下APP)を知らせる、次に部門サーバは、その時、管理している他のクライアントの稼動アプリケーション情報と、その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帯域要求レベルデータベースにアクセスし、それらの情報を基に、TMSから割り当てられた利用可能帯域幅を、担当クライアントのユーザの満足度の総計が最大になるように帯域を割り当てる最適割り当てアルゴリズムCを用いて、そのクライアントおよび他のクライアントの帯域を求め、管理しているクライアントの利用可能帯域幅を設定する。

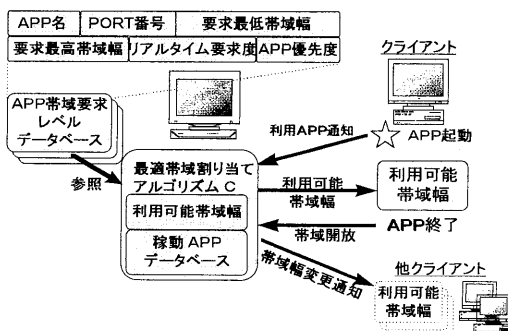


図1. 部門サーバとクライアントの関係

次に、クライアントは、その帯域幅を用いてアプリケーションを実行し、終了したら帯域を開放し、部門サーバに帯域開放を知らせ、部門サーバは再度、割り当てを考慮し、他のクライアントが使用している帯域の変更が必要なら、他のクライアントの帯域を変更する。このように、部門サーバとクライアントは連携を取り合い、ダイナミックに帯域を効率的に利用する。

なお、アプリケーション帯域要求レベルデータベース、および最適割り当てアルゴリズムCについては、次章で述べる。

2.2. TMSと部門サーバ

トラフィックマネジメントサーバ(TMS)は、図2に示すように、部門サーバの利用可能帯域幅を、RM ON2などを用いてプローブから定期的に回収した、PORT番号、要求データ量、時間、発生位置のデータをもつ過去のトラフィックデータベースと、部門サーバが管理した過去のアプリケーション名、実行時間、位置のデータをもつ、実行アプリケーションデータベースをもとに、定期的にLAN全体のユーザの満足度が最大になるように帯域幅を割り当てる最適割り当てアルゴリズムSを用いて求め設定する。

また、部門サーバの利用可能帯域が過不足の状況になった場合は、部門サーバはTMSに帯域要求を行い、TMSは他の部門サーバに開いている

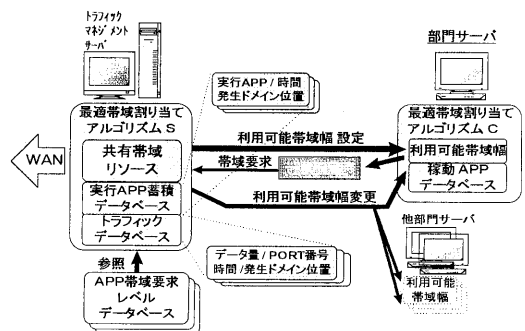


図2. トラフィックマネジメントサーバと部門サーバ

帯域がないかどうか調べ、帯域の変更が可能場合は、帯域が開いていた貸し出す部門サーバの利用率が不足状態になるまで、一定時間帯域の貸し出しを行う。このようにして、部門サーバとTMSは部門サーバの管理しているクライアントがLANの帯域を効率的に使えるように、ダイナミックに調整する。なお、最適割り当てアルゴリズムSについても、次章で述べる。

2.3. クライアントの帯域制御

クライアントがアプリケーションを実行する際の帯域確保に関して、本システムは、共有回線の使用を指定帯域以下に押さえ、他のクライアントおよび、ユーザへの影響を押さえ、ネットワークの利用効率およびLANのユーザへの公平性を保ちユーザの満足度をあげることが目標であるので、帯域確保に用いる技術は様々な物が考えられる。

現在、システムに用いる予定の有力候補として、有望視されているIETFのRSVPに関しては、ホストからホストの帯域確保のため本システムに用いる際は改良が必要となるが、RSVPの欠点である、相手先までの帯域不足時のコネクションができない点は、逆にそれを利用し、クライアントの利用帯域を減らし、無駄な共有回線の利用を避けることができるという利点もある。

3. システムアルゴリズム

本システムは、大きく分けて、3つのアルゴリズムを基に動作し、LAN全体のユーザの満足度を向上させるトラフィックマネジメントを行う。

その3つのアルゴリズムは、1つは、ユーザが利用するアプリケーションの特性を表すアプリケーション要求データベースの値を求めるアルゴリズム、2つ目は部門サーバがクライアントに帯域を割当てる際に用いる、最適割り当てアルゴリズムC、3つ目は、TMSが部門サーバに帯域を割当てる際に用いる、最適割り当てアルゴリズムSである。これら3つのアルゴリズムによって求められた値と、ユーザの要求により、ユーザの満足度が決まる。

しかし、今回のアルゴリズムは、まだ検討段階であり、シミュレーションを行い、ある程度のシステムの有効性を確かめるために用いたので、細部の検討はこれからと考えている。

3.1 アプリケーション要求レベルデータベース

APP要求レベルデータベースは、APP名、PORT番号、要求最低帯域幅、要求最高帯域幅、リアルタイム要求度、APP優先度のパラメータからなり、アプリケーションの特性を示し、ユーザの満足度の基

準としても使われる。

つまり、LANで使用されるネットワークAPPが、どの程度帯域を必要とするのか、どのような帯域を必要とするのか、他のAPPに比べてどの程度の優先度があるかの情報を持ち、これらの情報をベースに、ユーザの満足度を向上するようにトラフィック制御を行う。また、このデータベースを参照することで、トラフィックデータベースのPORT番号の対応づけができるものは行い、最適割り当てアルゴリズムの一つの有用なパラメータとしても用いる。

しかし、ここで問題となってくるのが、パラメータに対して、ユーザのマルチメディア情報に対する評価尺度が関係してくるので、完全な答えを求める方法が、現在、存在しないということである。また、ネットワークアプリケーションは時々刻々と新しいものが出てくるので、これらのパラメータを完全な定式化しなければ、柔軟に対応していくことができないという点である。

今回、本システムをシミュレーションを行い、評価を行うために、感覚的に定義した表1のようなアプリケーション要求レベルデータベースを用いた。定義の基本的な考えとしては、図3に示すように、アプリケーション優先度は、要求帯域(要求最高帯域)が少なく、リアルタイム性が大きいほど、優先度が高くなるように設定した。

最終的には、これらのパラメータを、再検討し、定式化をめざし、それを採用することを考えている。

APP名	PORT番号	要求最低帯域幅	要求最高帯域幅	リアルタイム要求度	APP優先度
TELNET	23	2400	9600	8	100
WWW	80	9600	28800	5	50
Mail	22	2400	9600	0	20
Stream Works	64	14400	28800	10	80
RealAudio	63	9600	14400	9	90

表 1. アプリケーション要求レベルデータベース

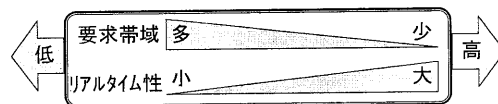


図 3. アプリケーションの優先度

3.2 最適割り当てアルゴリズムC

最適割り当てアルゴリズムCの役割は、部門サーバが管理クライアントに帯域を効率的に、管理しているクライアントのユーザの満足度の総計が、最大になるように帯域を割当てる。

最適割り当てアルゴリズムCは、主に、クライアントの稼動APPデータベース(Ad)と、TMSから割り当てられた利用可能帯域幅(Cb)を基に、APP帯域要求レベルデータベース(AppL)と、レスポンスタイムな

どを考慮したユーザの満足度を要素とする関数(U)を用いて、担当クライアントのユーザの満足度の総計が最大になるように割り当てを行う。このための資源配分関数(Fc)は、次のように表わされる。

$$F_c = f(U, C_b, AppL, Ad)$$

AppL:トラフィック評価関数

今回、シミュレーションに用いたアルゴリズムは、実行する予定、または実行されているアプリケーションのAPP要求レベルデータベースのAPP優先度および最高要求帯域幅の積をトラフィックの評価単位とし、部門サーバがクライアントに振り分ける利用可能帯域幅を、管理しているクライアントの稼働中アプリケーションのトラフィックの総計に対しての割合に応じて帯域幅を、クライアントに振り分ける設定を用いた。これらは、次のように表される。

一最適帯域割り当てアルゴリズムC

$$\text{トラフィック評価} = \text{APP優先度} \times \text{最高要求帯域幅} \\ \frac{\text{クライアントのトラフィック}}{\text{サーバのクライアントのトラフィックの総計}} \times \text{サーバの利用可能帯域幅} \\ = \text{クライアントの利用可能帯域幅}$$

3.3 最適割り当てアルゴリズムS

最適割り当てアルゴリズムSの役割は、部門サーバごとの管理しているクライアント特性を把握し、LAN全体の利用特性(時間帯による利用帯域変化や、利用するアプリケーションの偏り)を把握し、部門サーバに、適切な共有回線の帯域を振り分ける。

最適割り当てアルゴリズムSは、主に、共有回線の帯域幅(C)、LANのクライアントが実行したAPPの蓄積データベース(CApp)、また、共有回線を使用したデータのトラフィックデータベース(Td)を基に、前述のAPP帯域要求レベルデータベース(AppL)を用いて評価し、資源配分関数(Fs)で、LAN全体のリソースの効率化が最大になるように、部門サーバに利用可能帯域幅を割り当てる。これらのパラメータの関係を式で表すと、

$$F_s = f(C, AppL, CApp, Td)$$

今回、シミュレーションに用いたアルゴリズムは、過去に共有回線を使用したアプリケーションのAPP要求レベルデータベースのAPP優先度と最高要求帯域幅、そのアプリケーションが要求したデータ量の積をトラフィックの評価単位とし、TMSが部門サーバに振り分ける共有回線の帯域幅を、LAN全体

で起こったトラフィックの総計に対しての割合に応じて、帯域幅を、部門サーバに振り分ける設定を用いた。これらは、次のように表される。

一最適帯域割り当てアルゴリズムS

$$\text{トラフィック評価} = \text{APP優先度} \times \text{要求データ量} \times \text{要求最高帯域幅} \\ \frac{\text{サーバで起こったトラフィックの総数}}{\text{全体で起こったトラフィックの総数}} \times \text{共有専用線帯域幅} \\ = \text{部門サーバの利用可能帯域幅}$$

4. ユーザの満足度

本システムは、トラフィック制御をユーザの満足度を評価の対象として行うが、マルチメディアネットワークのような、異なるメディアを扱う場合、異なるメディアを同じ評価関数を用いて評価するために、アプリケーション要求レベルデータベースのパラメータを用いて評価を行うことを目指している。しかし、前述の章で述べたとおり、マルチメディア情報に対する適切な評価尺度は存在しないと思われる。また、さらに、ユーザの満足度というものは、個人差もあり、評価する技術も関数も存在しない。したがって、本システムでは、図4で示すように、アプリケーション、ユーザ、ネットワークの3つのパラメータを考慮に入れたユーザの満足度求める真の式に近い評価関数を用いることを考え、シミュレーションにより、それが有効であるかも評価する。

今回、シミュレーションに用いたアルゴリズムは、ユーザが実行したアプリケーション要求レベルデータベースの要求最高帯域幅、アプリケーション優先度と、部門サーバから割り当てられた、ユーザが使用できる帯域幅を基に、評価を行い、ユーザの満足度を決定した。

まず、ユーザが実行するアプリケーションに対して、どの程度適切な帯域が確保できたかを、帯域獲得度として表す。例えば、A というアプリケーションのアプリケーション要求レベルデータベースの、要求最高帯域幅を MAX_A、使用できる帯域幅を B とすると、B の容量が MAX_A 以上なら 100%の獲得

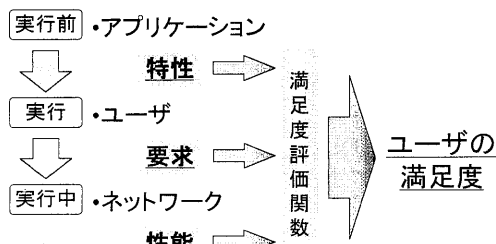


図4. ユーザの満足度

度になり、それ以下なら、MAX A に対して、獲得できた帯域の割合がそのまま獲得度になる。つまり、アプリケーションの過度な帯域を使用は、効率的な帯域の使用ではないことを意味し、一人のユーザが帯域を占有することもLAN全体として、評価した場合、ユーザの満足度が下がることを意味する。

次に、この帯域獲得度の、アプリケーションの優先度に対する割合がユーザの満足度になり、優先度が低いものは、帯域獲得度が低くても、ユーザの満足度は、それなりの帯域が獲得できればよくなり、逆に優先度が高いものは帯域獲得度も高くないとユーザの満足度がよくなる。つまり、アプリケーションの優先度が20ならば 20%の帯域獲得度があれば、ユーザの満足度は 100%になるということである。これは、前章で述べたように、アプリケーションの優先度は、要求最低帯域幅、要求最高帯域幅、リアルタイム要求度が関係しており、MAIL は極端な非リアルタイムアプリケーションで、それほど帯域が獲得できなくても問題にならないことを意味し、逆に、MAIL のような非リアルタイム性アプリケーションにたくさんの帯域を使うことは、帯域の非効率になり、他のリアルタイム性アプリケーションに影響を及ぼすことを意味する。これらは、式で表すと、次のようになる。

ユーザの満足度

$$\frac{\text{使用可能帯域幅}}{\text{アプリケーション要求最高帯域幅}} \times 100 = \text{帯域獲得度 (bw) (\%)} \\ \text{bw} > 100 \rightarrow \text{bw} = 100\% \\ (0 < \text{bw} < 100)$$

$$\frac{\text{帯域獲得度}}{\text{アプリケーション優先度}} \times 100 = \text{ユーザの満足度 (u) (\%)} \\ \text{u} > 100 \rightarrow \text{u} = 100\% \\ (0 < \text{u} < 100)$$

5. シミュレーション

今回、本システムにおいて、前述で述べたアルゴリズムを用いて、どのくらいの効果があるか、どのような効果があるかを評価するためにコンピュータ上でシミュレーションを行った。

5.1 シミュレーション環境

シミュレーションを行う環境は、LANで稼動する、部門サーバが5台で、それぞれの部門サーバは10台のクライアントを管理するので、LAN内のネットワーク利用台数は計50台を想定し、それらが利用する共有回線の帯域幅は、64Kbps～1024Kbpsまでを想定して、それぞれの帯域幅でシミュレーションを行う。

クライアントが実行するアプリケーションは、前述で述べたアプリケーション要求レベルデータベース

で定義した代表的なアプリケーション、TELNET、WWW、MAIL、StreamWorks、RealAudio を想定し、アプリケーションが要求するデータ量は、乱数で決定する。

また、シミュレーションプログラム作成の都合上、2章でも述べた部門サーバの利用可能帯域幅が過不足時、TMSに帯域を要求する処理は今回のシミュレーションでは、行っておらず、ネットワーク環境はTCP/IP環境でのコリジョンは想定しないので、比較する帯域制御がない環境のほうがかなり理想環境で動くようにシミュレーションを行った。

5.2 シミュレーションの結果

図5と図6に帯域制御なしの場合と、帯域制御ありの場合の全アプリケーションと、全体の平均のユーザの満足度の、共有回線に対してのグラフである。

この2つのグラフを比較すると、帯域制御なしの場合とあり場合では、アプリケーション間でユーザの満足度にかなりばらつきがあることがわかる。

次に、図7では、WWWと StreamWorks を取り上げてアプリケーション別に比較すると、トラフィックマネジメントを行うことで、WWWにおいては最大20%のユーザの満足度の向上が見られ、リアルタイム系のアプリケーションである StreamWorks においては、さらに最大50%近くのユーザの満足度向上することが解った。さらに、データを詳しく見ると、帯域制御ありの場合WWWの状態に関わらず満足度が向上しているが、帯域制御がない場合、リアルタイム性の低いWWWの影響がそのままStreamWorksの満足度の低下を引き起こしていることが解る。

最後に、LAN全体のユーザの満足度の平均の比較を図8に示す。ここで解ったことは帯域制御を行うことで、全体として20%程度のユーザの満足度を向上させることができることが解った。また、帯域制御がある場合は、帯域幅が増えるにつれて、ユーザの満足度が増え、756kbpsにおいて満足度は100%に達するが、帯域制御がない場合は、756kbps以上から、満足度は80%程度で頭打ちであることが解った。これは、帯域制御がない場合、帯域が増えても、帯域を過度に割り当てるアプリケーションが結局は生じるので、その影響でこのような結果になったと思われる。また、この結果から、帯域制御がある場合に関して、他に言えることは、今回のシミュレーション環境においては、満足度を達成するには、このグラフから専用線の帯域幅を756k以上にすれば達成されることが解るので、LANシステムの設計に使えることも言える。

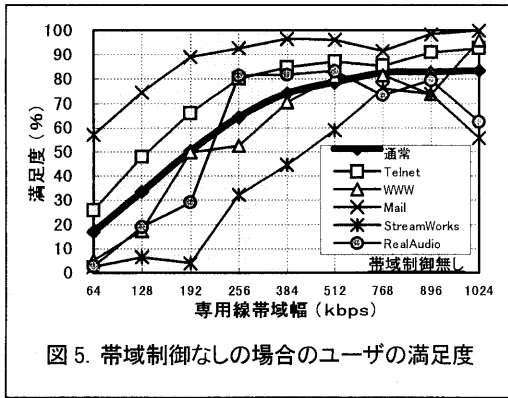


図 5. 帯域制御なしの場合のユーザの満足度

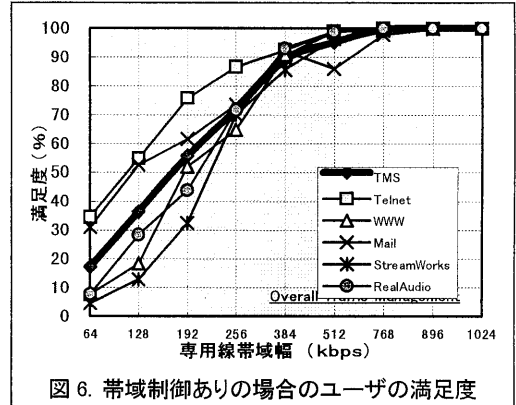


図 6. 帯域制御ありの場合のユーザの満足度

5.3 シミュレーションのまとめ

今回のシミュレーションから、トラフィック制御を行うことで、

- ・全体のユーザの満足度を20%程度の向上
- ・リアルタイム性のアプリケーションのQOSの向上
- ・帯域幅に見合う満足度の確保、また、LAN設計に使用することも可能

これらのことが可能になることが解った。

また、今回のシステムは、帯域制御がある場合に関しては、検討の余地が、たくさんあるので今後のさらに満足度の向上度を上げることが可能であると考えられる。

6. おわりに

今回のシステムは、シミュレーションでの評価は可能であるが、実際、実装して評価するとなると、帯域確保に用いるRSVPの改良、およびTCP/IP以外のプロトコル及び DMI 不対応クライアントの考慮などが問題となってくる。さらに、ユーザの満足度、アプリケーションの特性の割り出しは、今後も、さらなる検討が必要であり、今後は、これらの問題点を解決し、実装を目標としたシステムの設計を行い、評価を行っていきたい。

参考文献

- [1] Internet Engineering Task Force (RFC 1757)
"Remote Network Monitoring Management Information Base version 2"
Internet Draft, 27 May 1996
- [2] Internet Engineering Task Force
"RSVP Version 1 Functional Specification"
Internet Draft, July 1995
- [3] Desktop Management Task Force
"Desktop Management Interface Specification"
Version 2.0, 27 March 1996

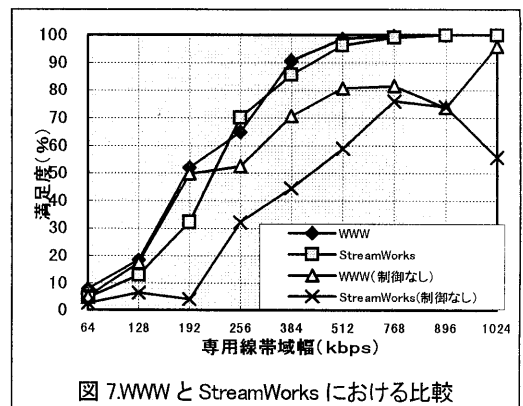


図 7.WWW と StreamWorks における比較

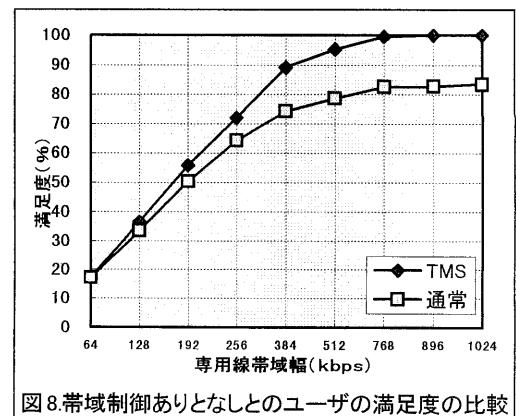


図 8.帯域制御ありとなしとのユーザの満足度の比較