

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 - その2: 評価と実装 -

飛鷹 洋一 勅使河原 可海

創価大学 工学研究科 情報システム学専攻

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。しかし、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という問題があった。

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、ネットワークレスポンス、ユーザ満足度等のサービス品質(QoS)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、評価を行い、実装するための提案を行った。シミュレーションによる評価により、本研究のトラフィックマネジメント方式の有効性を示した。

Multimedia Traffic Management Methods in Consideration of End-user Satisfaction - Part2: Evaluation and Implementation -

Youichi Hidaka Yoshimi Teshigawara

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 network 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 effective and efficient Traffic Management used for limited network resources, and it proposes their realization to actual systems. And the proposed methods improve 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. By the results of simulation, this paper clarifies that the proposed methods are very useful to improve end-user satisfaction dramatically.

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。従来のネットワーク下位層のトラフィック制御では、LAN のユーザに対して、一人のユーザが他のユーザに与える影響が大きく、リソースの奪い合いで限られたリソースを最大限に効

率的に運用しているとはいえない。

そこで、本研究では、それらの問題に対して、マルチメディア情報の特質である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を、ユーザの満足度で評価し、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、効率的に運用するトラフィックマネジメント方式を提案し、シミュレーションによりその有効性を評価し

た。また、本方式を実装するためのシステム構成の提案を行った。

2. システムの構成

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。^[1]

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、アプリケーション要求帯域レベルデータベースと、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、クライアントに使用する共有回線の帯域制御をダイナミックに行う。

一最適帯域割り当てアルゴリズムC

トラフィック評価単位：APP優先度×最高要求帯域幅

$$\frac{\text{クライアントのトラフィック}}{\text{サーバのクライアントのトラフィックの総計}} \times \text{サーバの利用可能帯域幅}$$

 =クライアントの利用可能帯域幅

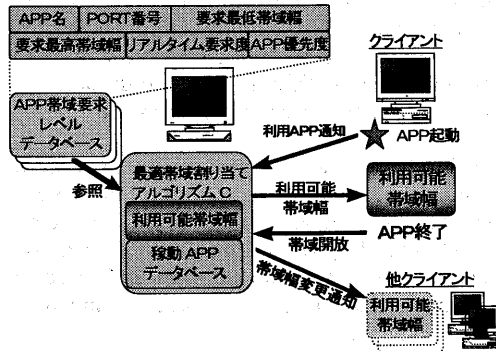


Fig 1: 部門サーバとクライアントの関係

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、LAN内の過去のトラフィックを記述しているトラフィックデータ

ベースとアプリケーション(APP)要求レベルデータベースを用いて、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全体のリソースの効率化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Sを用いて、定期的に部門サーバに利用可能帯域幅を割り当てる。

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は他の部門サーバの回線が空いているかどうか調べ、回線が空いている部門サーバの帯域を、一定時間その部門サーバに回線を開放する。このようにして、TMSは部門サーバの帯域制御をダイナミックに行う。

一最適帯域割り当てアルゴリズムS

トラフィック評価単位：APP優先度×要求データ量×要求最高帯域幅

$$\frac{\text{サーバで起こったトラフィックの総数}}{\text{全体で起こったトラフィックの総数}} \times \text{共有専用線帯域幅}$$

 =部門サーバの利用可能帯域幅

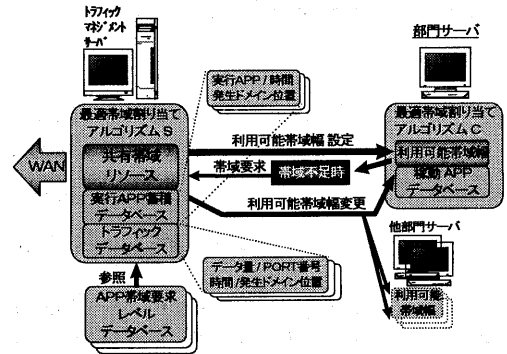


Fig 2: トラフィックマネジメントサーバと部門サーバ

3. アプリケーション要求レベルデータベース

表1に示すように、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表わし、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、アプリケーション優先度は、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。

Table 1: アプリケーション要求レベルデータベース

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	APP優先度
TELNET	23	2400	9600	8	10
FTP	21	9600	28800	4	3
News	80	9600	14400	3	4
WWW	80	9600	28800	5	5
Mall	22	2400	9600	6	1
StreamWorks	64	28800	64000	10	8
RealAudio	63	14400	28800	10	9

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、マルチメディア情報に対する評価尺度は未だ確定したものがなく、また、ユーザの満足度については個人差もあり、現状では評価する技術も関数も存在しないが、本研究ではユーザの満足度を正しく反映していると考えられる評価関数を定義した。そして、シミュレーションにより、それらの有効性を評価した。

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、どのくらいの適切な帯域が確保できたかを、帯域獲得度(B)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 とすると、使用できる帯域幅が MAX_A 以上なら 100%の獲得度になり、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の帯域を使用は、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、この帯域獲得度をユーザの満足度を決定する値として用い、最適在庫問題におけるファジィ観測⁴⁾に用いられているものを応用してユーザの満足度を決定した。即ち、満足度を以下の式で与える。

$$\text{帯域獲得度} = \frac{\text{使用可能帯域幅}}{\text{アプリケーション要求最高帯域幅}} \times 100$$

$$B \geq 100 \rightarrow B = 100$$

$$(0 \leq B \leq 100)$$

$$\text{ユーザの満足度} = \begin{cases} (100^{5-P} \times B)^{6-P} & (1 \leq P \leq 4) \\ B & (P=5) \\ \frac{B^{P-4}}{100^{P-3}} & (6 \leq P \leq 10) \end{cases}$$

※ P = アプリケーションの優先度

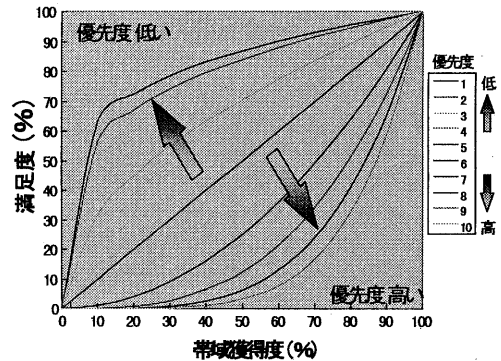


Fig 3: 帯域獲得度と満足度の関係

また、これらの式をグラフにしたものを図3に示す。グラフは、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、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ということを表している。つまり、アプリケーションの優先度が1ならば、50%の帯域獲得度があれば、ユーザの満足度は90%近くになるのに対して、優先度が9の時は5%にも満たなく、これは、例えば、優先度が1のメールと優先度が9のリアルタイム性の強いビデオの場合、帯域が獲得できなかったときの状況は、メールの場合、それほどユーザには影響も、不快感も与えないのに対して、ビデオの場合は、再生フレーム数が極端に落ち、コマ送りの画像になり、ユーザにかなりの不快感を与え、ユーザの満足度は著しく低下することを示している。

このように、優先度によって、ユーザの満足度の決定に大きく影響するようになっているので、優先度を決定する前節で述べたアプリケーション要求レベルデータベースは、大きくユーザの満足度を左右することになる。

5. シミュレーション

5.1 シミュレーション環境

本研究では、実際に帯域制御がどのくらい効果があるかを評価するためにシミュレーションを行った。

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ものとし、LAN内のネットワーク利用台数は計50台を想定した。また、それらが利用する共有回線の帯域幅は、128Kbps～1.5Mbps および 10Mbpsを想定して、それぞれの帯域幅でシミュレーションを行った。

クライアントが実行するアプリケーションは、TELNET, NetNews, WWW, MAIL, Stream Works, RealAudio を想定し、さらに、各サーバが管理するクライアントが、どのようなユーザが多いかを特徴づけて、トラフィックを発生させた。各サーバのアプリケーションの使用頻度を、表2に示す。各値はそのサーバで使用されるアプリケーションの使用割合を表している。

Table 2: サーバの管理するクライアントの属性

アプリケーション	マルチグループ		マルチドメイングループ		グループウェア	
	サーバ1	サーバ2	サーバ3	サーバ4	サーバ5	サーバ6
TELNET	15	50	0	40	0	0
FTP	15	10	5	0	10	0
News	14	5	0	0	0	0
WWW	14	30	30	30	0	0
Mail	14	5	5	5	10	0
StreamWorks	14	0	20	20	50	0
RealAudio	14	0	40	5	30	0

5.2 シミュレーションの結果

図4から図8に、回線速度が 1.5Mbps の場合のシミュレーションの結果を示す。図4, 5はそれぞれ、各サーバの満足度の平均を表している。図6, 7は各アプリケーションの満足度の平均である。まず、各サーバの満足度で比較してみると、どのサーバでも本研究のトラフィックマネジメント方式を採用したTMありの場合、トラフィックマネジメントを使わないTMなしの場合より満足度が高いことが解る。その中でも特に大きな満足度の向上を示したのがグループウェアのグループ(サーバ4)であった。

次にアプリケーションを比較すると、TMありはTMなしに比べて、アプリケーション数は増えても、

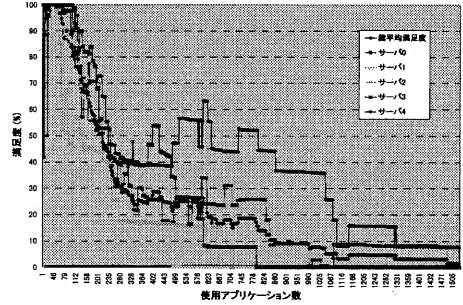


Fig 4: 各サーバの満足度 (1.5Mbps-TMあり)

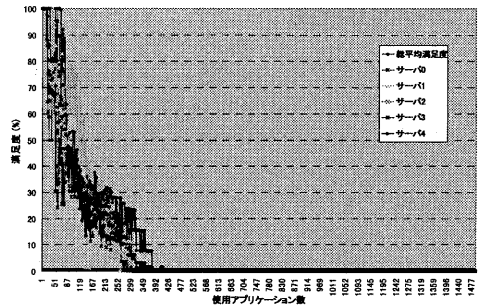


Fig 5: 各サーバの満足度 (1.5Mbps-TMなし)

StreamWorksが非常に高い満足度を維持しており、FTP, RealAudioも、満足度を多少ながらも確保している。全体の平均で見てもTMありはその傾向が良く分かり、アプリケーションが増えても、満足度の低下があまり見られない。グループウェアグループが高い満足度を維持しているのは、StreamWorksを他のサーバより多く使用しており、帯域制御でStreamWorksのアプリケーションの優先度の高さが反映されているからであると考えられる。

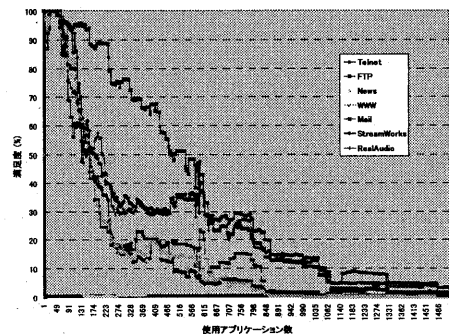


Fig 6: 各アプリケーションの満足度 (1.5Mbps-TMあり)

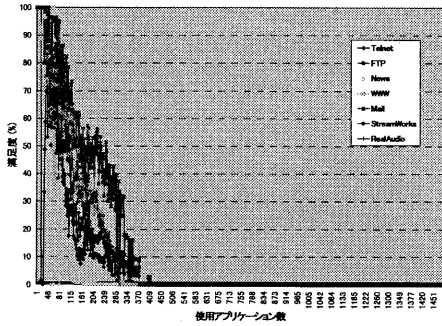


Fig 7: 各アプリケーションの満足度 (1.5Mbps-TMなし)

次に図8と図9に回線速度が 1.5Mbps および 10Mbps の場合の満足度の比較を示す。これらの結果から双方とも満足度の向上が見られ、回線速度が上がれば上がるほど満足度の向上が大きくなる傾向が見られた。また、10Mbps の回線速度においては、最大80%の満足度の向上が得られた。

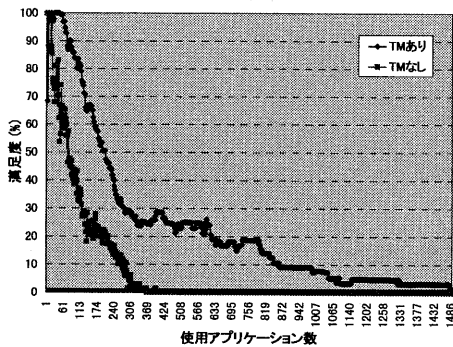


Fig 8: 平均満足度の比較 (1.5Mbps)

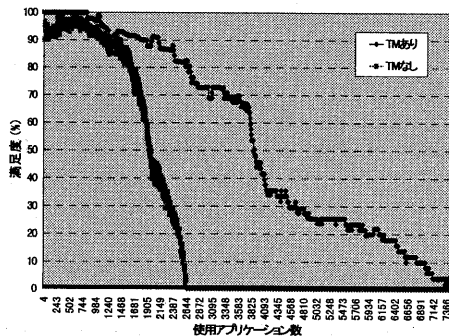


Fig 9: 平均満足度の比較 (10Mbps)

次に、128kbps から 10Mbps までのシミュレーションの結果をまとめたものを図10に示す。このグラフは、LAN内のユーザの平均満足度を80%、60%を維持できる回線を使用するアプリケーションの数を、帯域ごとに帯域制御を行った場合と行わない場合を比較したものである。この結果から帯域制御を行なった場合は、回線速度が 10Mbps においては、行わない場合より LAN内のユーザの満足度を維持しつつ、2倍弱のアプリケーション数を扱うことができることが解った。また、この他に以下のことが解った。

- ・ 回線速度を増やせば増やすほど、ユーザの満足度を向上させることができる
- ・ リアルタイム性のアプリケーションの QoSを向上させることができる
- ・ LAN-WAN 回線の設計に利用することができる

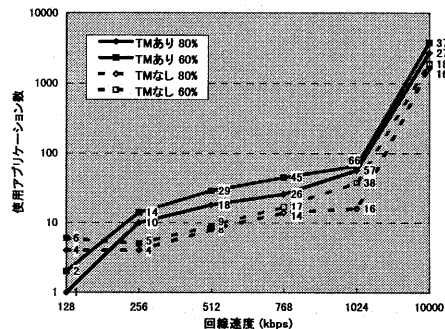


Fig 10: 満足度達成率の比較

6. システムの実装

本研究における評価のためのシミュレーションプログラムの作成に関しては、具体的なシステムの実装を想定して作成しており、本システムを現在のシステムへの適用するにはどうすれば可能になるか、また、将来および現在のインターネット環境で応用するためにはどうすれば良いか検討したので、本章ではシステムの実装について議論し、提案する。

本システムで最も重要な部分であり、かつ非常に実装が難しいのが、クライアントのWAN回線使用の際の帯域確保および帯域制御である。この問題さえ解決し実装できれば、システムの実装は現在の技術で可能であると思われる。

6.1 Policy Management Architecture (PMA) による実装

米国 Netmanage 社が開発した Policy Management Architecture(PMA)はクライアントに PMA と呼ばれる TCP/IP スタックを組み込むことで、様々な機能をサーバで管理できるようになる、その機能の一つにゲートキーパと呼ばれるものがあり、クライアントの使用アプリケーションの帯域を制限することができる。これを用いることで、仮想的にクライアントの帯域をコントロールすることができる。図11はその機能を用いたときのシステム構成である。

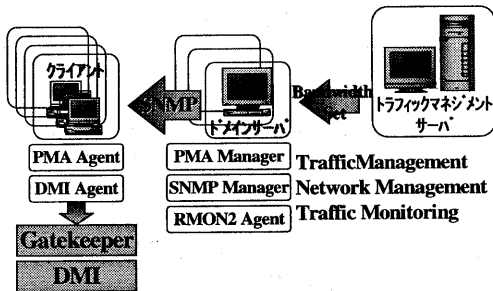


Fig 11: PMAによるシステム実装

6.2 独自方式のルータによる実装

独自方式のルータを開発し、LAN 内の、クライアントの帯域制御を動的に管理できるように、新しいキュー方式として拡張する方法も考えられる。この方法を実現できれば、クライアントには、一切手間を加えることなく、LAN が WAN に接続するルータを拡張するだけで、LAN 内のユーザのネットワーク帯域を動的に管理することができるようになる。たとえば、ルータ内部で、2つのキューを用意し、ネットワークで2種類の packets を利用するとして、それぞれのキューを、全体の処理を、3割、7割の割合で処理を行い、ルータに到着したデータを、それぞれ2つのキューに分けて処理する。これは、それぞれの packets に WAN の全回線帯域の30パーセント、70パーセントを帯域予約した状態と同じ状況になる。しかも、これは、packets がそれぞれのキューを満たしている時の帯域制限と同じであり、片方の packets が到着しないときは100パーセントの帯域を用いて、回線を効率的に利用できるというメリットもある。

このようなキューを持ち、さらに本研究のシステムに適した新しいルータを用いたシステム構成を図12に示す。

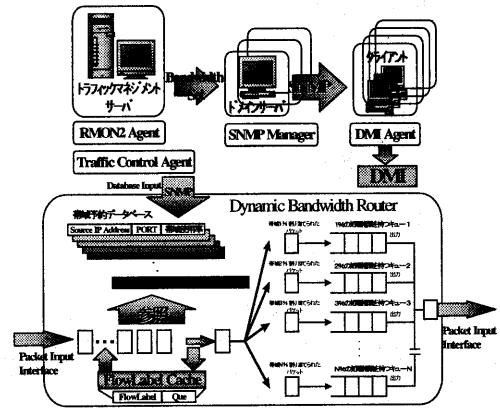


Fig 12: 独自ルータによる実装

図12に示すように、ルータの packet キューイングを決定する外部から SNMP で設定可能な帯域予約データベースをルータに持たせ、packets の帯域制御を行う。この帯域予約データベースは、Traffic Control Agent でトラフィック管理サーバが部門サーバから帯域制御の情報を受け取り、この帯域予約データベースに、クライアントの IP アドレスと、アプリケーションが使用する PORT 番号、そして、共有回線に対する帯域予約率を設定し帯域を制御する。このようにすることで、LAN 内の packets の帯域制御を行う。

7. おわりに

本研究の帯域制御を用いることで、大幅にユーザの満足度を向上させること可能であることが、今回のシミュレーションの結果で解った。また、今後、さらに高速化と思われるネットワークに対して非常に効果的であると考えられる。

しかし、実際に実装を行なって、更なるユーザの満足度の評価および、アプリケーションの評価関数を考えることが、今後の課題として残っている。

参考文献

- [1] 飛鷹洋一, 勅使河原可海: ユーザの満足度に着目したマルチメディアトラフィック管理方式, 情報処理学会マルチメディア通信と分散処理研究会研究報告, No.79-3, pp.13-18, 1996
- [2] 小田中敏男: 「最適生産在庫システム論」, 横書店, 1994