

特性解析を基にした 多元トラフィックのフロー受付制御閾値設定方針

A basic approach to configuring threshold for flow admission control of heterogeneous traffic based on characteristic analysis

白田 純子[†] 山岡 克式^{††}

[†]東京工業大学 〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1-S3-68
E-mail: [†]sumiko@net.ss.titech.ac.jp, ^{††}yamaoka@ss.titech.ac.jp

あらまし 音声や動画像などのマルチメディアアプリケーションの普及に伴い、帯域の異なる通信を同一網に収容する際、通信品質維持のため、受付制御(Call Admission Control)を行う必要がある。しかし、網の利用効率向上が目的の従来方式では、帯域が通信の価値をそのまま表すとはできないため、ユーザに大きな不満を生じさせる。そこで、これまでに全ユーザの網への収容により得られる満足の最大化を目標とした、新しい受付制御方式を提案し、理論解析により、最適制御パラメータを導出し、提案方式の有効性を示している。そこで本稿では、狭帯域広帯域両フローのトラフィック密度を様々に変化させた場合の、トータル呼損率が最小になる最適な閾値の変動について、定性的な特性解析を行った。閾値を変動させながらトータル呼損率特性を解析した結果、与えられたトラフィック条件によっては、最適な閾値とトータル呼損率の間に相関性があることを明らかにし、より実用的な閾値設定法を構築するための方針を示した。

キーワード 受付制御, QoS, 留保制御, 対等性, 多元トラフィック環境, トータル呼損率

Sumiko SHIRATA[†]

and Katsunori YAMAOKA^{††}

[†] Tokyo Institute of Technology 2-12-1-S3-68 Ookayama, Meguro-ku, Tokyo, 152-8552, Japan
E-mail: [†]sumiko@net.ss.titech.ac.jp, ^{††}yamaoka@ss.titech.ac.jp

Abstract Recently, multimedia applications such as video and audio come into wide use. When heterogeneous traffic is accommodated in a network, Call Admission Control(CAC) will be required for maintaining quality of services. Because the values of various applications are not always proportional to the bandwidth, therefore, conventional CACs, which aim to increase resource utilization under the condition that users' satisfaction is proportional to their own bandwidth, have difficulties in maximizing user satisfaction. As stated above, we proposed a novel CAC strategy for maximizing total accommodated flows based on a new philosophy that heterogeneous flows should be treated equally in networks. And we presented a theoretical analysis of the model and numerical analyses that show the effectiveness of our CAC. In this paper, we conducted a qualitative characteristic analysis of a change of an optimal threshold to realize minimum total call-blocking rate, when both traffic intensity of narrowband and broadband flow change. As a result in this characteristic analysis, we elucidated that total call blocking-rate correlate with optimal threshold under some given traffic parameter conditions. Then, we introduce some guiding principles for developing a practical threshold configuring method.

Key words Call Admission Control, QoS, reservation control, fairness, heterogeneous traffics environment, total call-blocking rate

1. はじめに

音声や動画像などのマルチメディアアプリケーションの普及

にともない、様々な帯域のストリーム型フローがネットワーク上の多数を占めるため、品質を確保する受付制御(Call Admission Control)の必要性が増してくると考えられる。マルチメディア環

境において、このような受付制御を行う場合、各ユーザの満足度は、自身のフローの受付可否に大きく依存する要素を持つ。

一方、マルチメディア環境においては、広帯域フローも狭帯域フローも、フローとしてはいずれも同じ1つのフローであり、各ユーザの満足度は、自身のフローの受付可否に大きく依存する要素を持つ。例えば、図1のように、空き帯域が3[Mbps]で、先に到着したフローも3[Mbps]の場合、このフローを收容することにより、帯域の利用率は100%となるが、このフローを收容したことで、後から到着する1[Mbps]のフローが3本も呼損となってしまふ。この時、3[Mbps]のフローが1[Mbps]のフローの三倍の満足度を得られると仮定すれば、1[Mbps]のフローを三本收容させた場合と3[Mbps]のフローを一本收容させた場合は同等と扱うことが可能である。しかし、利用しているアプリケーションの値が必ずしも帯域に比例しているとは限らないため、各ユーザの満足度は必ずしも受付を許可された自フローの帯域に比例するとは限らない。したがって、従来行われてきた、資源効率(帯域の利用効率)向上を目的とした受付制御方式[1][2][3][4][5][6]では、各ユーザの満足度が自身の帯域に比例しない場合には、各ユーザの満足度を適切に反映した受付制御を行うことができない。このような場合には、各ユーザの満足度と自身の帯域の関係を適切に反映させた受付制御を行う必要がある。

本研究では、基礎検討として、到着するフロー要求帯域が小さい狭帯域フローと要求帯域が大きい広帯域フローの2種類のみ限定し、これらの到着フローの満足度の指標をフローが收容されるか否かのみとした場合においてトータルの満足度を最大化させる制御を行う。これは、帯域が異なるフローであっても帯域に依存せず同等の満足度を得る制御、すなわち帯域が異なるフローを対等に扱う制御を意味する。

以上を踏まえ我々は、帯域が異なるフローの対等性を考慮した新しい考え方の基、より狭帯域なフローのために空き帯域を留保しておくことで、網内に收容されるトータルフロー数を最大とする、新しい受付制御方式を提案し、理論式を用いた数値計算により様々なトラヒック条件下での特性解析を行っている[7]。

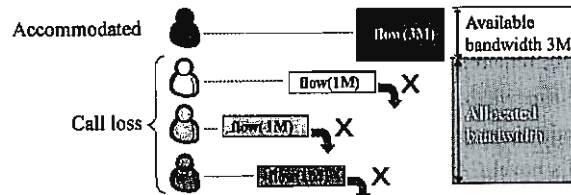


図1 user satisfaction and bandwidth

しかし、これまでの特性解析から提案受付制御の有効性は示されているものの、制御パラメータである最適な閾値の導出には総当たりが必要であり、計算量が膨大になる。より実用的な受付制御を実現するためには、最適値に近い準最適解を容易に得られる、総当たりの不要な閾値設定法が必要である。

そこで本稿では、この実用的な閾値設定法考案に必要となる、トラヒック状況に応じた制御パラメータの最適解とトータル呼損率の相関性を定性的に考察し、それらの特性をふまえ、準最適解を実現する閾値の設定方針を述べる。

まず、2章において本研究での受付制御の動作概要と最適解設定に対する問題点を述べ、そして3章において準最適解を実現する閾値の設定方針を述べる。

2. 提案フロー受付制御の概要

2.1 提案受付制御の動作

提案受付制御では、狭帯域フローもしくは広帯域フローのいずれかを保護するために優先権を与えるのではなく、いずれも一つのフローとして同等とみなす観点から、後から到着する狭帯域フローに備えて広帯域フローを留保することにより、二種類の網内收容フロー数の合計を最大にする。これは、資源効率向上を目的とした、最適化のために狭帯域フローを留保する既存研究[3][4]とは、全く逆のアプローチである。

提案受付制御の軸である、網内に收容可能な二種類のフロー数の合計を最大にすることは、すなわち二種類のフローが棄却される確率の合計(トータル呼損率)を最小にすることと等価である。したがって本方式では、図2のように、新規フローの到着時点で、既に收容されている帯域の合計である b_{now} と、制御パラメータである閾値 T_h を比較し、 b_{now} が T_h 以上の場合は、到着フローが広帯域フローの場合に呼損させる動作を行う。従って、トータル呼損率を最小にするには、広帯域フローを呼損させる閾値を適切に設定する必要がある。

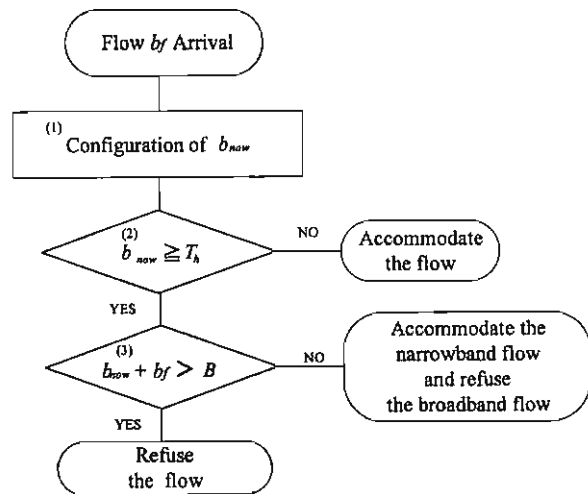


図2 Flow chart

2.2 理論式による最適制御パラメータにおける問題点

これまで、提案受付制御について、待ち行列理論 $M_1M_2/M_1M_2/S/S$ でモデル化を行い(図3)、特性を解析した結果、提案受付制御の有効性を既に示している[7]。しかし、各トラヒック状況ごとに最適な閾値が変動してしまうことや、この最適な閾値設定には理論式を用いた総当たりの計算が必要となることが明らかになっており、実ネットワークにおいては、トラヒック状況が変動する毎に総当たりによる最適な閾値設定を行う必要があり、計算量が膨大になる問題点が生じる。

そこで本研究では、最適な閾値に近い準最適解を与える閾値設定法を考案し、計算量を低減した、より実用的な受付制御方式を目指す。本稿では、まず、準最適解を与える閾値設定法の考案に必要となる、トラヒック状況に応じた最適解とトータル

呼損率との相関性の考察を定性的に行い、それらの特性をふまえ、準最適解を与える閾値の設定方針として、着目すべき点を述べていくこととする。

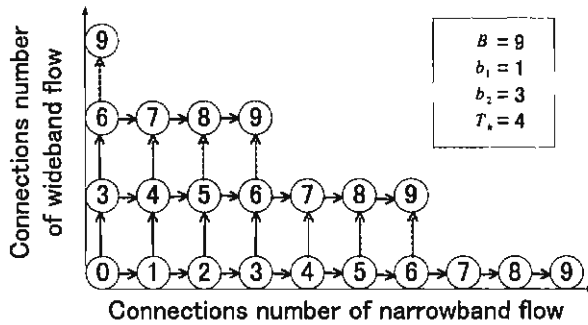


図3 Transition diagram

3. 準最適解を求めるための閾値設定方針

3.1 使用パラメータ

数値計算に用いるパラメータを表1に示す。今回は、到着するフローを帯域の異なる動画像と想定し、狭帯域および広帯域各フローの値を設定した。これらのパラメータのもと、次節以降、狭帯域フローと広帯域フローそれぞれのトラフィック密度 $\rho_1 = \frac{\lambda_1}{\mu_1}$, $\rho_2 = \frac{\lambda_2}{\mu_2}$ を変動させて特性解析を行う。ただし、変動した各トラフィック状況に対して、トータル呼損率を最小にする最適な閾値を Th_{opt} とする。また、閾値 $Th = B + b_2 + 1$ の場合は、提案留保制御を行わない場合のトータル呼損率を意味し、文献[8]の理論式により得られる。この値もあわせて、トータル呼損率の比較を行う。

3.2 最適解とトータル呼損率の相関特性

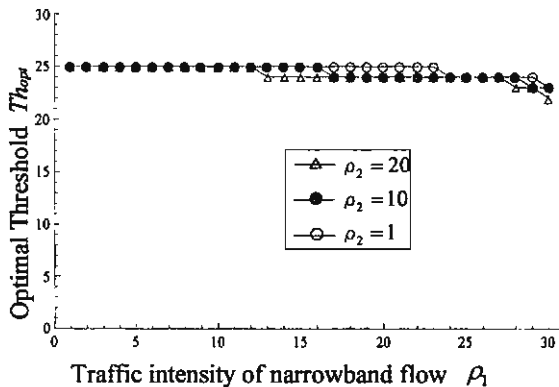


図4 Optimal Threshold

表1 Parameter

Bandwidth of Link (B)	30 [Mbps]
Holding times of Narrowband Flow (μ_1)	$\frac{1}{45}$ [flows/s]
Holding times Rate of Wideband Flow (μ_2)	$\frac{1}{36}$ [flows/s]
Sending Rate of Narrowband Flow (b_1)	1 [Mbps]
Sending Rate of Wideband Flow (b_2)	6 [Mbps]

図4は、狭帯域フローのトラフィック密度 ρ_1 と制御パラメータである最適な閾値 Th_{opt} の関係を示している。ここで、最適な閾値 Th_{opt} とは、収容済み帯域がこの閾値 Th_{opt} 以上の時に、到着する広帯域フローを呼損させる制御により、トータル呼損率が最小になる閾値を指している。また、広帯域フローのトラフィック密度 ρ_2 については、1, 10, 20 の場合を示している。

この最適な閾値 Th_{opt} の値は、以下のような特徴を持つ。

- (1) 最適な閾値 Th_{opt} は、狭帯域フローのトラフィック密度 ρ_1 の上昇に伴い徐々に単調減少する。
- (2) 広帯域フローのトラフィック密度 ρ_2 の上昇に伴い、最適な閾値 Th_{opt} は小さくなる。
- (3) 狭帯域フローのトラフィック密度 ρ_1 が低い場合、最適な閾値 Th_{opt} は留保制御を実施しない値を示す。

まず(1)に関して、狭帯域フローのトラフィック密度 ρ_1 の上昇に従い最適な閾値 Th_{opt} の値が小さくなる原因は、 ρ_1 の上昇による狭帯域フローのトラフィック量増加に伴い、より早い段階で広帯域フローを呼損させる必要性が高まるからである。この Th_{opt} の値が小さくなる現象は同様に、(2)で述べた、広帯域フローのトラフィック密度 ρ_2 の上昇に伴い、狭帯域フローと広帯域フロー両方のトラフィック量がより増加する場合にも、言える。逆に、(3)のように、狭帯域フローのトラフィック密度 ρ_1 の減少に従い最適な閾値 Th_{opt} の値が留保制御を実施しない値となるのは、 ρ_1 の減少による狭帯域フローのトラフィック量減少に伴い、狭帯域フローのために帯域を留保する必要性が低くなるためである。

次に、これら最適な閾値 Th_{opt} で提案受付制御を行った場合の最適なトータル呼損率の特性を、図5に示す。なお、トラフィック条件については図4と同じ設定を用いている。

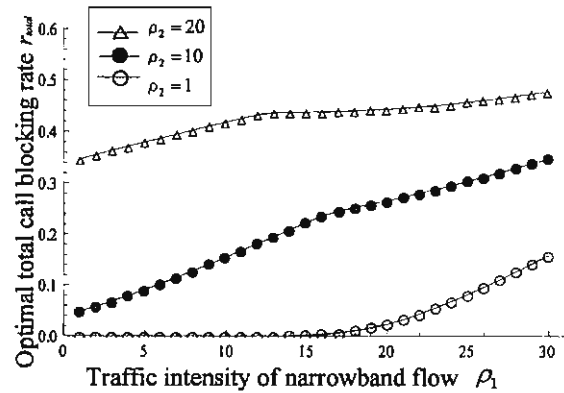


図5 Optimal total call blocking rate

図5を用いて、図4において、狭帯域フローのトラフィック密度 ρ_1 が上昇するに伴い、最適な閾値 Th_{opt} が小さくなる現象に関して、比較検証を行う。

図4において、 Th_{opt} が小さくなるときの狭帯域フローのトラフィック密度 ρ_1 の値に着目すると、図5において、この値を境に最適なトータル呼損率の傾きが急に緩やかになることが分かる。この特性は、この ρ_1 の値より大きい場合に提案受付制御を行うことで、本制御によるトータル呼損率の低減効果が期

待できることを意味する。具体的には、図4において $\rho_2 = 20$ の場合、 $\rho_1 = 13$ のときに最適な閾値 Th_{opt} の値が1下がるが、一方図5においても、 $\rho_1 = 13$ のときに、トータル呼損率の傾きが緩やかになっていることが分かる。従って、何も制御を行わない場合には、トータル呼損率は線形に上昇するところを、提案受付制御を行うことにより、その上昇する勾配を緩くし、トータル呼損率を低減させることが可能となる。

しかし、図5からも分かるように、 $\rho_2 = 1$ のように広帯域フローのトラヒック密度が低い場合には、必ずしも提案受付制御の低減効果が期待できるとは限らない。

ここで、図6および図7は、最適な閾値 Th_{opt} を求めるためのトータル呼損率の特性である。これらの図から分かるように、 ρ_1 に関わらず $\rho_2 = 1$ のように低い値をとる場合には、閾値を下げれば下げるほど留保制御の効果が薄れ、トータル呼損率の低減効果は期待できない。一方、 $\rho_2 = 20$ のように高い値をとる場合には、留保制御の低減効果が期待でき、また一定の低減効果をもつ閾値の集合が存在することも分かる。このように、最適なトータル呼損率に近い値(準最適解)をとる閾値の集合は、準最適解も含めた閾値設定法を構築する上で重要な手がかりとなると考えられる。

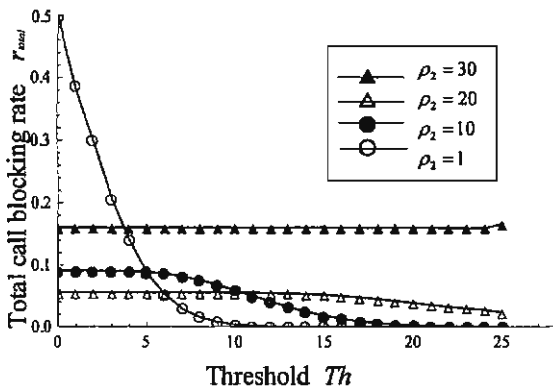


図6 Total blocking rate ($\rho_1 = 1$)

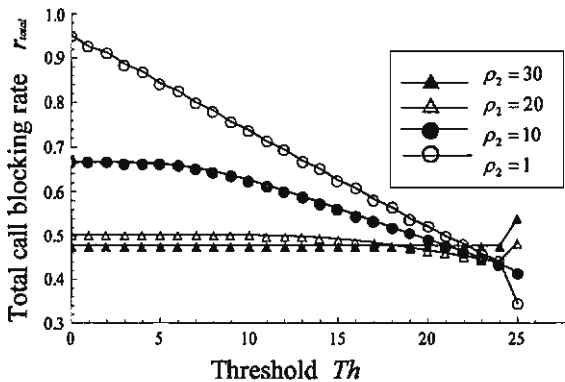


図7 Total blocking rate ($\rho_1 = 20$)

4. 閾値設定法を行うための方針

前節までの定性的な評価に基づき、閾値設定法を構築するうえで特に着目すべき点は以下のとおりである。

- 狭帯域フローのトラヒック密度 ρ_1 と広帯域フローのトラヒック密度 ρ_2 の値によって、提案受付制御の低減効果が期待できる場合とそうでない場合が存在する。それらを分ける条件について考察する
- 一般に ρ_1 や ρ_2 の上昇にともない最適な閾値 Th_{opt} は減少する。この関係を定式化する
- 閾値が Th_{opt} のときのトータル呼損率に対して、ある程度のずれを許容したとき、そのようなトータル呼損率(準最適解)を与えるすべての閾値の集合(閾値候補値)が存在する。

このように、実用的な閾値設定法を構築するためには、トラヒック条件と、準最適解を与える閾値候補値の関係を定量的に考察することにより、これらの関係の近似式を得る必要があるといえる。3章の考察は、この近似式を立式する手がかりになると考えられる。

5. おわりに

帯域が異なるフローの対等性を考慮した新しい考え方の基、より狭帯域なフローのために空き帯域を留保しておくことで、網内に収容されるトータルフロー数を最大とする、新しい受付制御方式を用いて、様々なトラヒック条件での特性解析を定行的に行った。この結果、狭帯域フローと広帯域フローのトラヒック密度の値によっては、提案受付制御の低減効果が期待できる場合とそうでない場合が存在すること、狭帯域広帯域両フローのトラヒック密度の変動に対する最適な閾値と最適なトータル呼損率には、相関性があることなどを明らかにした。今後は、これらの定性的な評価を基に、準最適解を与える閾値候補値の関係を定量的に考察することにより、実用的な閾値設定法を構築していく予定である。

文 献

- [1] L. Gimpelson, "Analysis of Mixtures of Wide- and Narrow-Band Traffic," IEEE Transactions on Communication Technology, vol.13, no.3, Sep. 1965.
- [2] T.Oda, Y.Watanabe, "Optimal trunk reservation for a group with multislot traffic streams," IEEE Transactions on Communications, vol.38, no.7, pp.1078-1084, Jul. 1990.
- [3] 三宅功, "異速度通信混在回線の最適回線留保制御," 電子情報通信学会論文誌 B, vol. J71-B, No.12, pp.1419-1424, 1988年12月.
- [4] 山口武彦, 秋山稔, "多元トラヒック処理の一方式," 電子情報通信学会論文誌 A, vol.53-A, No.9, pp.496-498, 1970年9月.
- [5] 秋丸春夫, 川島幸之助, "情報通信トラヒック" 電子通信協会 (1990), pp.88-89
- [6] 奈須野裕, 今野将, 岩谷幸雄, 木下哲男, 荒井賢一, "アドミッション制御による VoIP 品質保証方式の提案," 電子情報通信学会論文誌 B, 2006
- [7] 白田純子, 山岡克式, 酒井尊則, "多元トラヒック対等性を考慮したフロー受付制御のトータル呼損最適低減条件の導出," 電子情報通信学会技術報告会 IN2007-192, 2008年3月.
- [8] 秋山稔, "近代通信交換工学," 電気書院 (1972), pp.205-211