

Fuzzy によるルーティング制御

永島祐樹*, 鹿野高央*, 長瀬智行*, 深瀬政秋*
中村維男**

* (弘前大学理学部情報科学科)

** (東北大学大学院情報科学研究科情報基礎科学専攻)

Abstract

近年、マルチメディアの需要によるネットワークの成長とともに音声、画像、そして映像といったデータを扱う高速ネットワークが必要とされている。だがマルチメディアネットワークで優先度の高いユーザへ完全なコミュニケーションを保証するためには、知能の高いスイッチが必要である。そこで、本論文では DPAS(動的優先権割当方法) という優先度の新しい制御方法について述べる。

1 まえがき

マルチメディアサービスの需要による PBX(私設局内交換設備) の成長とともに、膨大な量のデータを扱う事ができる高速ネットワークが必要とされている。顧客へより速く新たなサービスを提供するために、このネットワークは知能的である必要がある。この知能的ネットワークが満たすべきサービスは、情報の輻輳時 (high traffic period) における優先的なユーザの扱い方である。

PBX の特徴として、加入者の低密度・高い安全性・多様な加入者の優先権があげられる。今日の私設ネットワーク (private network) の技術は速度も速くなり、B-ISDN サービスへと移りつつある。ある新しい PBX 技術はサービスの多くのメディア (手段) の混合、例えば、音声、高速データ、画像そして映像などの混合のサポートを必要としている。これらの、アプリケーションは、送信側から受信側へ膨大な量のデータを転送する高速ネットワークを必要とする。結果として、このようなネットワークは輻輳しがちである。この輻輳によって、ネットワーク内に

おけるセルの損失や (a high cell loss probability)、ネットワークの低能率が引き起こされる。スイッチ構造内のセルの流れを保証するために、輻輳するような状況のときパケットに、ネットワーク内を行き来するパケットのユーザ優先度の書式がスイッチエレメントによって一時的に変化する。例えば、異なった優先度をもった二人のユーザがいる。この二人のコミュニケーションを保証するためにセルが優先度の高いユーザへのアドレスを持っているときに、自分の間優先度の低いユーザのセルの書式を高い優先度に変える必要がある。

スイッチの出力ポートの一方で輻輳が起こった時、優先度の書式の変化が始まる。優先度の低いパケットは、本来の経路をそれて他の経路をとることになる。出力ポートの一方で輻輳しているようなスイッチエレメント内では、異なった優先度をもったセルは、セルの入力トラヒックを規制する事で制御される。このように優先度が低くて、スイッチに到着する入力セルのいくつかは、スイッチの出力ポートでの輻輳度を下げるために本来の経路からそらされることもある。そらされたセルは他のリンクから到着するように分配される。

スイッチは2つの制御方式を持っている。1つはリンクの制御であり、もう1つはセルが優先度の割当を調和するための制御である。後者の場合優先度の低いパケットは本来の経路からそれてしまう。パケットの書式内に低い優先度をもつユーザのパケットは、目的地へは長い経路を通過して進んでいくことになる。その結果、同じ目的地に到着するはずのパケットが、順序が狂って到着する事になる。そのセルを保証するためにバッファコントローラを考えた。

セルの優先度の書式を修正するための規制に、メンバーシップ関数で表現した Fuzzy 集合を使う。この制御アルゴリズムによって優先度の割当を実行する。Fuzzy 集合を使ったねらいの1つは、言語的

Fuzzy for Routing Control in ATM Networks, Yuuki NAGASHIMA, Takahiro KANO, Tomoyuki NAGASE, and Masa-aki HUKASE, Hiroasaki University, Tadao NAKAMURA, Tohoku University.

な制御法をルール化することが容易だからである。

以上の事から本論文では、マルチメディア PBX コミュニケーションネットワーク内での、優先順位の高い加入者たちへ完全なコミュニケーションサービスを保証するためには、スイッチは知能が高い必要があるということを論じ、DPAS という優先度の新しい制御方法とためのスイッチアーキテクチャについて述べる。^{[1][2][3][4][7][9]}

2 スイッチングアーキテクチャ

DPAS のためのスイッチアーキテクチャにおいての重要なポイントは知能スイッチである。スイッチエレメントは、コネクタ設定要求時の輻輳の回避を要求される。この輻輳の回避は、優先度の割当の際に発生し、ネットワーク内の優先度の高いユーザへ優先権を与える事になる。そのスイッチエレメントのアーキテクチャは図1に示すようになる。2つの小さなメモリを持っていて、1つは、トラフィックの状態の入出力をBLS表(2進リンク状態表)と呼ばれる2進表としてストアするためのメモリであり、もう1つはリンクコントロールの情報をストアしたり、より優先度の低いユーザのデータを、別の経路で送るためにBLS表内の情報を使ったりするためのメモリである。そのリンクのトラフィックは、標準もしくは高いトラフィックレベルであり、00と01の2進数で表される。

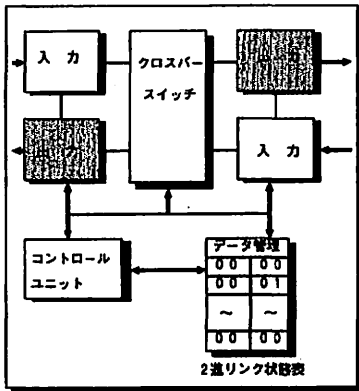


図1: スイッチエレメントのアーキテクチャ

スイッチエレメントのサイズの最小化という観点からすると、スイッチエレメントは、ユーザの優先度の情報を全てストアするのではなく、ユーザの

グループに関する少しの情報をストアする。これは輻輳問題に大きな影響を与える。またこれについては、次のセクションで検討した。

2.1 輻輳の制御

輻輳はさまざまなソースが、ネットワーク資源に参加し、ネットワーク資源が必要においなくなかったときに起こる。一定の出力を選ぶセルの集まりが、ポートに輻輳を発生させる。一定ではないトラフィックの速度でバースト的トラフィックのパターンがリンクのバッファサイズを大きく越えた時、たとえば膨大なデータを使ったビデオ画像の転送の時発生する。この現象はいろいろの理由で起こる。最も重要な原因は、目的地を選ぶためのセットアップコール中のルーティングアルゴリズムの弱さである。

より輻輳のレベルが低い経路を選ぶために、優先度の低いいくつかのセルの到着を避ける事で、ポートの1つで輻輳しているスイッチ上のトラフィックを減らせれば、このような問題をとくことが出来る。

このメカニズムは、輻輳中に最も優先度の高いデータが優先度の低いトラフィックによって遅れないように保証する。

3 制御アルゴリズム

スイッチエレメントの制御アルゴリズムは、ユーザに対して異なったレベルの優先度を指定する事ができる。そして、最も優先度の高いレベルを持ったトラフィックは、常に他の全てのトラフィックよりも先に転送のためルーティングされる事を許される。

ここでは、スイッチ制御アルゴリズムを付加した知識ベースを表すために、つぎのようなある Fuzzy モデルを使う。Fuzzy 集合や Fuzzy 関係の基本概念は、fuzziness(あいまいさ)を伝えるのに便利な、メンバーシップの度合の考え方を使う事である。PBX でのユーザの集合を

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$$

とする。また、どのユーザもはっきりとした優先度 P を持っている。

$$P = \{p_1, p_2, \dots, p_k\}$$

very high, high, less high, normal, less low, low, very low という数量詞 ($k=7$) で表される7つの優先度 (p) を定義する。

F はセットアップコール時の、二人のユーザ間の関係とし、 A という領域での値をとる。また、この

A は Fuzzy 部分集合である。

通例、 $F = \{f_1, f_2, \dots, f_k\}$ 上の Fuzzy 部分集合 A は、Fuzzy 集合 A と呼ばれる。 $f \in F$ のとき、 $\mu_A(f)$ は、実区間 $[0, 1]$ の数を表し、メンバーシップ f のグレード (度数) と呼ばれる。その結果、Fuzzy 集合は、メンバーシップ関数

$$\mu_A: F \rightarrow [0, 1]$$

で特徴づけられる。また、 \prod_f を、可能性の分布と、集合 A で値をとる変数 F との組合せとする。^[9]

3.1 Fuzzy モデル

スイッチはシグナリングプロセスの間に、コネクするユーザの優先度を要求する (図 2)。輻輳時におけるユーザの優先度の変更は、ユーザ間での発呼プロセス中に行なわれる。基本的にスイッチはユーザのグループ間コネクについての Fuzzy 情報 (コネクの可能性のグレード) を持っている。

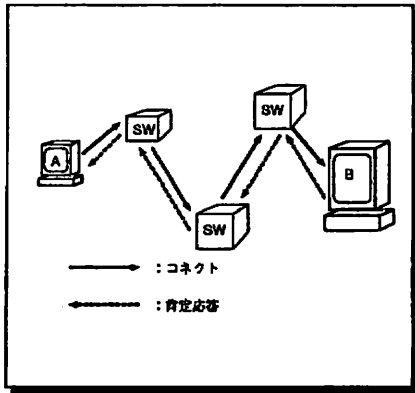


図 2: コネクトの要求

ある優先度のグループに属するユーザが、違う優先度を持つ他のグループにコネクする。ユーザの属するグループが他のグループとコネクする可能性は

$$\prod_k G(p_k) = F\{G(p_1), G(p_2), \dots, G(p_k)\}$$

$$= \{u_1, u_2, \dots, u_k\}$$

ここで、 $X \in G, \mu_A(f) = u$ とする。ネットワーク輻輳時では、優先度の高いグループに属するユーザを優先するために次の図のような操作を行なう。^[9]

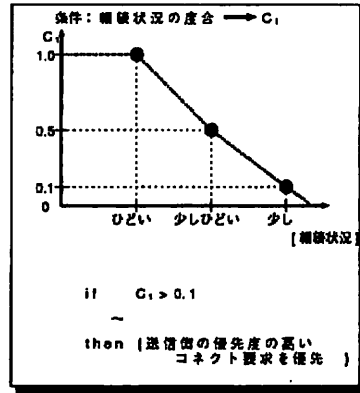


図 3: 条件とルール

シグナリングプロセスの間に、本来の優先度を持っていたスイッチエレメントは、次のような新しい優先度の度数へ変化する。

$$\prod_f A = \max \{ \prod_f(a), \prod_f(a') \}$$

ここで、 a と a' は、二人の優先度の Fuzzy 測定度である。

コネクの合図が解除されると、スイッチは、グループ間の本来の優先度を返さなければならない。

3.2 シグナリングプロセス

ここでは、スイッチが優先度を交換しなければならないシグナリングプロセスを示す。

図 4 は、端末 A を端末 B にコネクしようとしているところである。ネットワーク内の最初の段階で、端末 A はコネクの要求のあとで、優先度のレベルも送らなければならない。この情報はスイッチからスイッチへ、システムの最後のスイッチまでネットワーク中を旅する。最後の段階のスイッチは、端末 B に優先度のレベルを要求するようにコネクの要求をしなければならない。そのとき、スイッチはシステムの最後の新しい優先度を決め、コネクをセットアップするために、端末 B にその新しい優先度のレベルを送らなければならない。2つの端末間でコネクのセットアップが行なわれるとき、それぞれの端末で生成されたセルは、セルの書式内に新しい優先度のレベルを持っている事になる。

シグナリングのアルゴリズムは次のようになる。

- 1)、2)、3)、優先度 P 1 でコネクットの要求。
- 4)、優先度レベルの要求。
- 5)、優先度レベルの送信。
- 6)、端末 B が A よりも優先度が低ければ優先度の変更を要求する。
- 7)、8)、9)、新しい優先度レベルとコネクットの送信。
- 10)、コネクット。

端末 A が B よりも優先度が低いとしたところに注意して下さい。端末 A に接続されたスイッチは、端末 A の優先度の変更の要求を送信しなければならない。

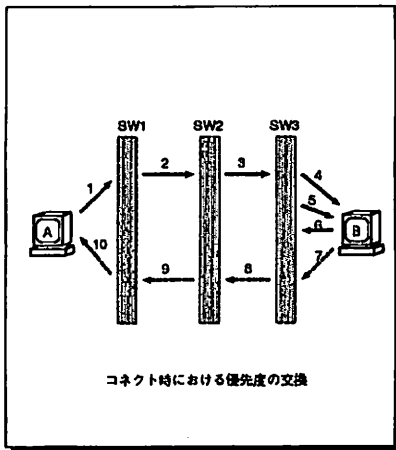


図 4: コネクット時における優先度の交換 (番号はアルゴリズムの順番)

3.3 セルの保証

DPAS では、優先度の低いセルや同じような経路をとるセルは、代わりの経路を進むために本来の道からそらされる。その結果、2つの問題が生じる。セルの連続した到着とセルの遅れである。つまり、一かまとりの(連続した)セルが、順序が狂った状態で目的地に到着する。言い換えると、後にでたはずのセルが先にでたセルよりも先に到着するかもしれない。ATM ネットワークでは、同じ経路に送られたセルはコネクションの最後で、転送された順序と同じように受け取られなければならない。その結果、同じ経路をとっていたセルはそれぞれ異なった経路をとる事になるが、きちんと連続していてエラーの

無いセルの受渡し保証されるべきである。

セルをきちんと並べて集めるプロセスは、コネクションの最後、バッファコントローラで行なわれる。バッファコントローラはセル分配機(CD)、メインバッファ(MBF)、側面バッファ(LBF)で構成される。LBFは仮想チャンネルに似ていて、いくつかの独立した細いライン(小路)で構成される。そして、それぞれのラインで1つのセルを持つ事ができる。CDの機能は、セルを見てきちんと連続して並んだセルをMBFに送り、そうでなければ並んだセルがMBFを通過するまでセルをLBFで遅らせる。(図4)これがメッセージを受け持つセルが、メッセージを送ったとうりの順序でいられるようにセルの連続性を保証するための方法である。

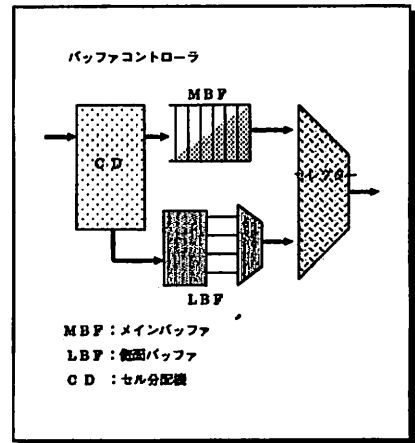


図 5: バッファコントローラ

4 事例

ユーザの優先度の変更を決定したり、輻輳中に優先度の低いセルを遠回りさせたり遅らせたりするDPASを説明する例を挙げる。

これは、最も優先度の高いセルが他のセルより先に転送されるのを許可するために、優先度の異なったレベルを指定する方法である。図5に示すように、スイッチエレメントがグループ間のコネクットの優先度についての情報を持っているとする。VH、H、LH、N、LL、L、VLはそれぞれ、優先度のグループ very high、high、less high、normal、less low、low、very low を表している。列はグループ間の Fuzzy 情

報を表している。数値はグループ間のコネクに關する優先度の評価を、メンバーシップ関数の度合で表している。

	VH	H	LH	N	LL	L	VL
$f_{VH}X$	1	1	0.9	0.7	0.4	0.3	0.2
$f_H X$	1	1	1	0.8	0.6	0.4	0.8
$f_{LH}X$	0.9	1	1	0.9	0.7	0.5	0.4
$f_N X$	0.7	0.8	0.9	1	0.9	0.7	0.5
$f_{LL}X$	0.4	0.6	0.7	0.9	1	0.9	0.8
$f_L X$	0.3	0.4	0.5	0.7	0.9	1	1
$f_{VL}X$	0.2	0.3	0.4	0.5	0.8	1	1

ユーザのグループ間におけるコネクの可能性

図 6: ユーザのグループ間におけるコネクの可能性をメンバーシップ関数の度合 (グレイド) で表した図

VH のグループは、全てのグループとそれぞれ次のような可能性でコネクすることができる。

$$\prod_{k=7} G_{VH}X = \prod_{k=1}^7 f_k X$$

$$= \{1, 1, 0.9, 0.7, 0.4, 0.3, 0.2\}$$

優先度 very high のグループの一人のユーザが、low のグループのユーザにコネクすると、コネクする前にスイッチは次のような情報を持っている。

$$\prod f(G_{VH}X \rightarrow G_L X) = \{0.3\}$$

スイッチは $L = 0.3$ のユーザもしくは優先度の低いユーザのために、 $VH \rightarrow L$ のコネクが優先されるため新しい優先度のレベルを設定する。この新しい優先度は、スイッチが輻輳状態のときは一時的な値をとり、輻輳状態が解消された時に以前の優先度に戻る。 $G_L X$ に属するユーザは、この新しい優先度レベルを持つ時、高い優先度 0.7 を持っているだろう。^[9]

5 むすび

ATM ルーティング制御のための新しいアプローチ DPAS は、フレキシブルなデータの流れを与え

ること、特に優先度の高いユーザが様々な優先度をもつユーザからの情報をクリアに受け取る事ができる。また、優先度の管理はマルチメディアネットワークのサービス品質を改良する必要がある。この新しい優先度の方式 (DPAS) は、ATM のスイッチでの遅延要求とパケットのロスの要求の両方に関連している。スイッチエレメントは、追加制御情報や DPAS のパケットの流れの制御を管理する知能的情報を持つべきである。DPAS とそのためのスイッチアーキテクチャは、プライベートネットワークのユーザにとって融通のきいていて信頼できるコミュニケーションを達成するためのルーティングアルゴリズムとして、また知能的スイッチとして期待できる方法であるだろう。^[10]

6 参考文献

参考文献

- [1] M.Fujioko et. al, "Globalizing IN for the New age," IEEE Comm. Magz, vol. 31, no.4, pp. 54-60, April 1993.
- [2] L.A.Zadeh, "The role of fuzzy logic in the management of uncertainty in expert systems," Fuzzy Sets and Systems II, pp.199-227, NorthHolland, Elsevier Sciences Publishers B V, 1993.
- [3] Luis Corte-Real and A P Alves, "A Fuzzy Classified Vector Quantizer for Image Cording," IEEE Trans on Comm, vol. 43, no.2/3/4, pp. 207-215, 1995.
- [4] William J.Dally, "Virtual-Channel Flow Control," IEEE Transactions on Paral and Dist Sys, vol. 3, no.2, pp. 194-205, March 1992.
- [5] 荻原将文, "ニューロ・ファジィ・遺伝的アルゴリズム," 産業図書, 1994.
- [6] 廣田薫, "ファジィ技術の実用化応用," シュプリンガー・フェアラーク東京, 1992.
- [7] 秋山稔, 立川敬二, 石川宏, "B-ISDN 絵とき読本," オーム社, 1994.
- [8] Tomoyuki NAGASE, Masa-aki HUKASE, and Tadao NAKAMURA, "Fast-Routing for

Congestion Control in ATM Networks, August 1996.

- [9] Emad Rashid, Tu Dong-yuan, Masa-aki Fukase, and Tadao Nakamura, "An intelligent switch for the Dynamic Priority Assignment Scheme in PBXS, 1995.
- [10] 永島祐樹, 長瀬智行, 深瀬政秋, 中村維男, "ATM ルーティングのための Fuzzy 制御," 1996.