

ATMリングのアーキテクチャと高速マルチメディアネットワークへの適用

笠原 英樹 森田 直孝 伊東 匡 今井 和雄

NTT 交換システム研究所

本報告では、高速LAN、MANまたはB-ISDNの加入者系に適用可能なATMリング(ATMR)プロトコルとそのシステムについて提案する。ATMRプロトコルはATM技術との親和性の高いスロットドリングネットワークに適用するプロトコルであり、そのプロトコルのもつノード間フェアネス制御機構、優先制御機構によりマルチメディア収容と高いスケーラビリティを実現する。また、そのシステム化の検討を行い、規模条件に応じた呼制御方式並びにコネクションレス処理方式を提案している。大規模システムにおいても、提案する分散呼制御方式と分散CL処理方式によりプロトコルの特性を生かした効率的なマルチメディアネットワーキング実現の見通しを得た。

ATM ring architecture and its application to high-speed and multi-media networks

Hideki KASAHARA Naotaka MORITA Tadashi ITO Kazuo IMAI

NTT Communication Switching Laboratories
3-9-11 Midori-cho, Musashino-shi, Tokyo 180, Japan

In this paper, ATM ring (ATMR) protocol and system architecture adopting the protocol are proposed. The ATMR protocol is designed for slotted ring shared-medium network and it is compatible with ATM which is defined in B-ISDN recommendation. It can provide multi-media handling capability and scalability to the ring because of fairness control and priority control scheme defined in the ATMR specification. Several call processing and connectionless data processing schemes corresponding network size are also discussed. The proposed system can provide efficient LAN, MAN services and it is also an effective for an access network of B-ISDN.

1. はじめに

コンピュータの性能向上と、分散処理技術の進歩により、構内ネットワーク（LAN）に対し高速且つ大容量の通信とマルチメディア化の要求がさらに高まってくるものと考えられる。更に、地理的に分散したLAN間を高速接続する要求も高まっており、それを提供するためのMAN（Metropolitan Area Network）の早期実現が望まれている。

一方、公衆通信網においても同様な要求条件により、網の高速化と、従来音声、データのメディア毎に構築していた網を統合するための検討が進められている。このようなマルチメディアを統一的に扱い、経済的且つユーザディマンドにフレキシブルに対応可能な公衆網（Broadband-ISDN）を、網内をすべて固定長セルで非同期交換するATM（Asynchronous Transfer Mode）技術を用いて実現するための検討が現在盛んに進められ、CCITTにおいて既に一部基本仕様の勧告化が行なわれている。[1]

このような状況を踏まえ、ATM技術を適用しマルチメディア化を図り、且つLANのシェアドメディアアクセス技術を生かすアプローチが、B-ISDNとの親和性も高く次世代のLAN/MANシステム構築のための有力候補であると考えられる。

そこで、筆者らはATMセルと同じスロットサイズをもつ高速スロットドリングに適用することを目的としたATMリング（ATMR）プロトコルの提案とそのシステム化の検討を進めてきた。[2][3][4]

一方、同様なアプローチをとるシェアドメディア型通信システムとして、DQDBアクセス方式[5]、Orwell方式[6]等が提案されている。しかし、これらの方式はアクセス公平性と規模拡張性に問題があることが指摘されている。ATMR方式は各アクセスノードの情報送出制御をウィンドウ制御により行うことによりアクセス公平性を保証し、制御による転送のオーバーヘッドを最小とすることにより規模拡張性を確保する。ATMRプロトコルを用いたシステムは上記の特徴をもつことから、LAN/MAN

MANの適用に限らずB-ISDNの加入者系への適用も可能であると考えられる。

本稿では、まずATMRリング（ATMR）プロトコルについて、プロトコル概要とその有効性を示す。次にATMRプロトコルを実装しシステム化を行なったATMRリングシステム（ARMS）のプロトタイプについて、そのシステム構成を示し、呼処理等の制御方式について検討を行なう。

最後に、本システムによりLAN/MANサービスを提供する場合に、特に当面サービスのメインターゲットとなるのがLAN間通信であると考えられることから、ARMS上でのLAN通信に用いられるコネクションレス通信方式についての検討を行なう。

2. ATMRプロトコル

2.1 ATMRプロトコルへの要求条件

高速且つマルチメディア収容を可能とする分散型シェアドメディアネットワークでは各アクセスノード（AN）での高速なアクセス制御が必要となる。図1にATMRプロトコルのシステムモデルを示す。そのアクセス制御方式を実現するアクセスプロトコルに対する要求条件を以下に示す。

- ・高速（150Mbps以上）のアクセス制御が可能であること
- ・ネットワーク規模に極力依存しない性能が保証されること
- ・接続される位置に依らない公平なアクセス権が各ANに保証されること
- ・リングへのアクセス遅延時間の揺らぎ変動を抑え、実時間性の厳しいメディアの通信を扱えること

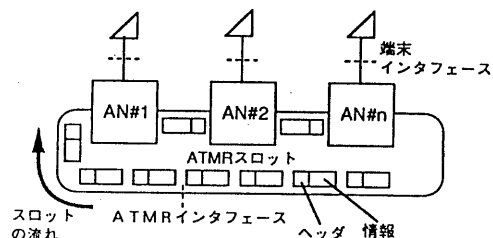


図1 ATMRプロトコルを用いたリング

- ・ 伝送リソースの有効利用が可能であること
- ・ ATMとの親和性が高いこと

2. 2 ATMRプロトコルの特徴

ATMRプロトコルは先に述べた要求条件を満足するために以下の項目を特徴とする。

- ・ C C I T T 勧告によるATMセル長と同じ53 Byteの-slotサイズ
- ・ ウィンドウ制御によるアクセス公平性の確保
- ・ 複数のプライオリティクラスによる優先制御による品質保証
- ・ 伝送リソース有効利用のための-slotの着信ノード解放

図2にATMRで用いる-slotのフォーマットを示す。

-slotの先頭バイトをACF（アクセス制御フィールド）と定義し、AN間の制御情報に使用する。AN間の通信はコネクションオリエンティッドを基本とし、各-slotのRVCN（Ring Virtual Channel Number）エリアで各ANは着信判断とコネクションの識別を行なう。

次節に上記のATMRの方式的特徴であるウィンドウによるフェアネス制御方式、優先制御方式、-slot着信解放についてそれぞれ動作原理を示す。

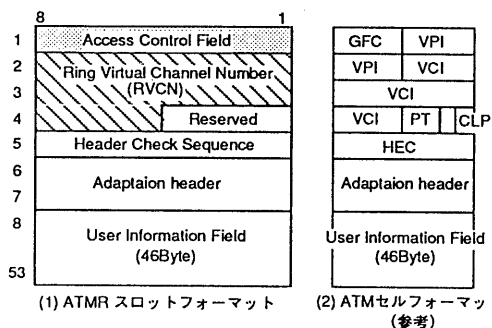


図2 ATMRプロトコルの-slotフォーマット

2. 3 フェアネス制御方式

(1) ウィンドウの定義 (図3)

任意のアクセスノード (AN#i) は情報セル送出ウィンドウカウンタ (Cw#i) をもつ。

各ANはANの要求スループットに応じたウィンドウサイズ (WS#i) が割り当てられる。

AN#iはCw#iとWS#iを比較し、Cw#i=WS#iまで送出すると転送を休止する。

すべてのANがウィンドウサイズを使い果たした (Cw=WS) か、或は送るべきセルが無くなった状態で次に示す任意のノードが送出するリセット信号により全ANのCwがクリアされ再び送信可能状態となる。

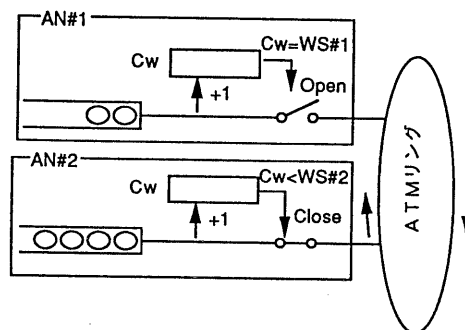


図3 ウィンドウによる送信制御

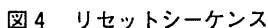
(2) リセットアルゴリズム

各ANの送信状態を通知しあうために各ANは通過するセルのACF領域に自ANの状態を書き込む。仮に、ANが送出するべきセルがあり、まだCwに余裕がある場合には自ANの固有のアドレス (ビジーアドレス) をACFに上書きする。それ以外の条件では上書きは行わない。よって自ANのビジーアドレスが上書きされずに保存され周回したことにより他のANが送る意志のないことがわかる。

該当ANは、情報送出終了後リセットパターンをACFに書き込み、全ANのCwをクリアする。図4にリセットの一例を示す。図は全てのANがCw=WSとなったのをAN#1が検出した場合の一例を示したものである。

本方式により特定のANのバースト送出が有っても、AN間の送信権のフェアネスを維持することができる。これは即ち、すべてのANに与えたWSの総和に対する任意のANのウィンドウサイズの比率の帯域を保証していることになる。また言い換えれば、アクセス待ちによる揺らぎ遅延時間を

$\sum WS\#n (n: AN数) \times \text{セル送出時間} - ①$ 以内に抑えていることになる。



A T M Rは複数の品質クラスの優先制御を分散環境で実現できる。個々のA Nでクラス毎の優先制御を独自に行なう場合では、上流のA Nの低クラストラヒックにより下流A Nの高クラスセルの送出を妨げる問題がある。そこでA T M Rでは全A Nに共通の「通信レベル」を規定し、その通信レベル状態を遷移させることにより上記問題を解決する。

ATMRは品質クラスを n クラス($n \geq 2$)定義可能である。ここでは一例として品質クラスを3クラス(H、M、L)定義した場合について示す。各メディアのセルは遅延時間品質に対応させH、M、Lクラスに割り当て、クラス毎のウィンドウ制御を行なう。

図 10 は、通常リセット時の状態遷移図を示しています。図には、左側の「通常リセット」ボックスと、右側の「割り込みリセット」ボックスがあり、中央には3つの状態（H、M、L）が示されています。

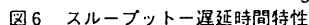
- 通常リセット** から各状態への遷移：
 - 状態：通信レベル＝H
送信可能クラス：H
 - 状態：通信レベル＝M
送信可能クラス：H+M
 - 状態：通信レベル＝L
送信可能クラス：H+M+L
- 割り込みリセット** から各状態への遷移：
 - 状態：通信レベル＝H
送信可能クラス：H
 - 状態：通信レベル＝M
送信可能クラス：H+M
 - 状態：通信レベル＝L
送信可能クラス：H+M+L
- 各状態間の遷移：
 - 状態 H から状態 M へ
 - 状態 M から状態 L へ
 - 状態 L から状態 H へ

図5 通信レベル状態遷移

任意のANのHクラスのキューに送出まわしているセルが遅延時間品質を満足出来なくなりそうであると判断すると、当該ANは「割り込みリセット」パターンをACFに書き込み、通信レベルをHレベルに遷移させ、L、Mクラスのセルの送出を停止させ、Hクラスのセル送出を優先させる。Hレベルに移行した通信状態は通常のリセットによりM、Lレベルへ順次移行する。Mレベルについても同様な制御を行なう。上記の制御により分散システムでクラス別の優先制御が実現可能となる。

A T M Rでは使用スロットの着信解放を可能とさせている。上記のA C Fと、スロットの宛先情報や空塞情報が記載されているR V C N領域を独立に制御することにより着信ノードでのスロットの空きセル化を実現可能としている。着信解放の実現によりセルのリング一周回内での再利用が可能となりリングの実効スループットが飛躍的に向上する。

ATMRの特性を評価するために計算機シミュレーションを行なった結果を示す。単一クラスで、ランダム宛先でのノード内でのスループット-遅延時間特性を図6に示す。セルの着信解放の効果により200%を超える負荷状態でも低い平均遅延時間特性を示している。この特性からATMRを用いたシステムは効率的なネットワークキングが可能であることがわかる。



3. ARMSシステムアーキテクチャ

3.1 ARMSへの要求条件

ATMリングプロトタイプシステム：ARMSは構内に閉じたLANから多数の加入者を収容する大規模なMAN或はB-ISDN加入者網まで広い規模条件を狙いとする。特に1システムでの大規模なMANサービスの提供を目的とした場合には、高い信頼度と負荷耐力がシステムに要求されるため、伝送路の冗長構成、及び呼処理またネットワークリソース管理の分散管理が可能であることが望ましい。

またサービス面からはマルチメディア収容を前提としていることから、コネクションオリエンティッド、コネクションレス双方の通信形態が収容可能であることが要求される。

3.2 ARMSネットワーク構成

ARMSシステムは規模条件に依らず信頼度確保と伝送リソースの効率的使用のためにARMSは双方向2重リングを基本とする。双方向リングを両系アクティブ状態で用いることにより相手ANの近道選択が可能となり、網内遅延時間の短縮と伝送リソースの有効利用が図れるメリットがあるためである。また大規模システムではリングをn重化することにより容量増加を図ることも可能である。

本システムの適用形態を図7に示す。端末インタフェースはB-ISDNのUNIを基本にLAN/MANで用いる場合には既存LANのインタフェースのアダプテーションも行なう必要がある。

ATMRプロトコルのOSIレイヤモデルに従ったプロトコルスタックを図8に示す。ATMRレイヤはB-ISDNのATMRレイヤと同

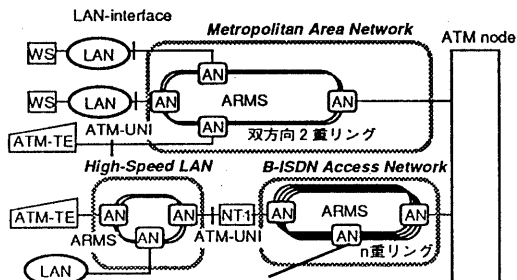


図7 ARMSシステムの適用形態

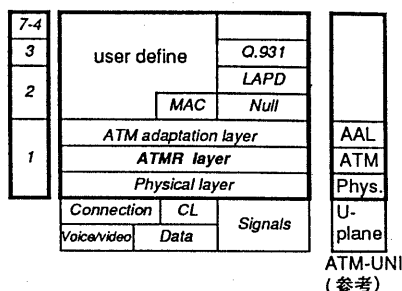


図8 ATMRプロトコル構造

じくレイヤ1の上位に位置づけられる。

3.3 ARMSノード構成

図9にノードアーキテクチャを示す。RACはATMRレイヤの処理を行いリングアクセス制御を行うブロックであり、特に高速処理が必要とされるため、LSI化により高速化を図る必要がある。試作の結果から最大600Mbpsまでの高速処理実現の見通しを得ている。

また、ARMSノードは呼処理、リソース管理を行うCPとコネクションレスプロトコルを処理するためのCLSをもつ。また次章に述べる制御形態に応じてCP、CLSを設置しないノード構成も可能である。

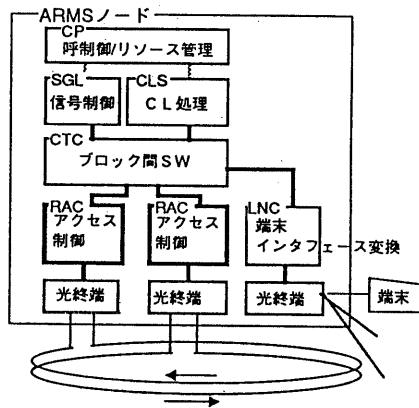


図9 ARMSノード構成

4. ARMS制御方式

4.1 制御方式の課題

ARMSのような分散交換システムでは、C O形通信の呼処理及びリソース管理機能を一つのマスタノードで集中して行なう方式とそれを分散して行なう方式の2案が考えられる。

(1) 集中制御方式

集中制御方式は網内の一つのノードをマスターノードとし、そのノードで集中して呼処理、リソース管理を行なう。比較的収容する加入者数が少なく網規模が小さい場合には、ノードのハードウェアコストの点、また制御の容易性から優れている。

(2) 分散制御方式

処理を各ノードで分散させる分散制御方式は高信頼度と負荷耐力があるため、収容加入者数が非常に多い大規模システムに適している。反面、分散処理方式をとる場合には網内のコネクションの管理、リソース管理等でオーバーヘッドがある。

上記のように、各方式ともに規模条件により適用領域をもつため、ARMSは両方式をサポート可能である必要がある。

本報告では特に、(1)の方式は比較的実現容易であると考えられるため、(2)の方式を採用した場合の問題点である分散処理のオーバーヘッドを最小とするためのアドレス処理方式、呼処理方式について検討する。

4. 2 分散呼処理方式

(1) アドレス付与方式

ATMRレイヤでは通信はすべてCO形を基本としているため、通信を確立するときにリング上のRVCNを決定する必要がある。しかしRVCNは全ANで共用であるため、発着ノードで独立に呼処理を可能とするためには各ANでRVCNを分散管理する必要がある。

従って、本システムでは、アドレス領域を階層化して分散管理する方式を取り、RVCNを受信ANアドレス+論理チャンネル(LCN)として扱う。

階層化する場合、特に通信量が偏り、必要なRVCN数が各ANで異なると分割損がでるため、図10に示すようにそれぞれの領域を可変とする可変長アドレス方式を用いる。本方式で先頭を受信AN番号として受信側管理とすることにより、各ANで自AN宛のスロットの判断が上位ビットの識別のみとなり容易となる。

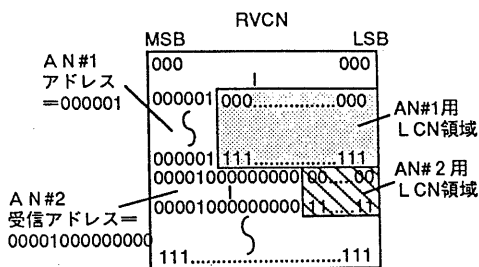


図10 可変長階層化アドレス方式

(2) プリセットアップ方式

電話番号等の加入者番号を、各ANで分散管理した場合、端末からの呼処理信号をシステム内で伝達するときに発信ANでは着信端末を収容するANの位置が確定できない。よって、発信信号を双方向リングのどちらに流せばよいかが決定できない。

そこで、ARMSではプリセットアップ信号方式を用いる。図11に示すように加入者からの発信を受けたANは最初にリングの同報チャンネル上に着信端末番号をキー情報としてもつアドレス探索信号即ちプリセットアップ信号を流す。該当端末を収容するANはその信号に対し着ANの位置情報を持たせたレスポンスを応答する。従って、発信ANはどちらのリングに呼処理信号を送出すればよいかわかることができる。

(3) 呼処理シーケンス

分散処理形態では呼処理信号は各ANで終端し、次のANへ中継する。発信ANは自ANの受信信用RVCNを発呼(SETUP)信号に付加

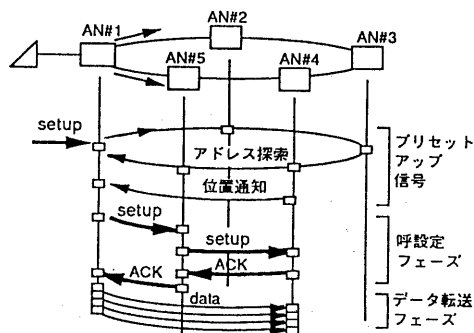


図11 ARMSにおける呼処理方式

し、呼受付（ACK）信号に受信ノードのRV CNをのせる。そのRV CN上でデータ転送フェーズが行なわれる。

各ANは発呼信号を終端すると下流の空きリソースと要求リソースを比較し、空きエリアがあればリソースを確保し、次段へ中継する。最悪リソースが確保できない場合には反対方向でリトライする。

集中、分散制御形態に関わらず、ARMSではCO系の通信に対してはリソース割り付けを厳密に行なうことにより品質を保証する。ATMRプロトコルの優先制御の効果はリソース割り付けを統計的に割り付けた場合に現われる。

5. CL処理方式

5.1 CL処理方式

ATMRはCO通信をベースとしていることから、CLメッセージはATMRレイヤのコネクション上でセルを転送する必要がある。

そこで、ARMS網内でCLメッセージを転送する方式としては、エンドエンドの端末間でCOのコネクションを設定し、そのコネクション上で転送する方式（CLレイヤを透過とする方式）と網内のコネクションレス処理部（CLS）でCLメッセージを終端しルーティング等の処理を行なう方式が考えられる。

CL透過とする方式はメッセージ送信毎に呼設定をする必要があるため送信のオーバーヘッドが大きくなるデメリットがある。従って、本システムでは網内にCLSを設け処理を行なう後者の方式をとる。

次に、CLSの配備する場合の配備方式について検討する。図12に示すように以下の3案が考えられる。

①集中CLS方式

CLSを網内の一つのノードに設け、CLメッセージを必ずそのCLS行きのコネクション上で転送し、集中CLSがメッセージ中の相手先端末アドレスからルーティング処理等を行なう。

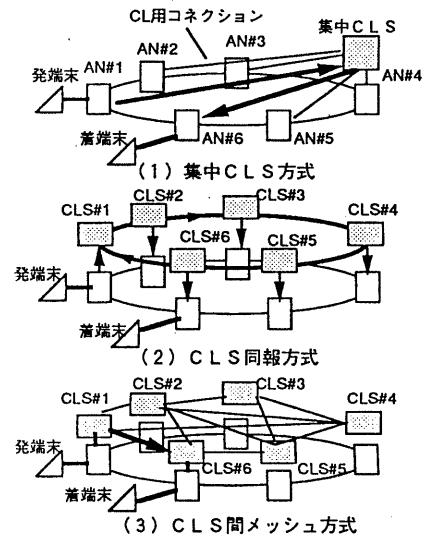
②CLS間同報方式

システム内に各ノードにCLSを設けて、CLSでメッセージを終端し、CLS間のCL用

同報コネクションを設け、疑似LAN的に全CLSに同報転送する。メッセージ中の相手先アドレスを収容するCLSはメッセージを受信し他のCLSは廃棄する。

③CLS間メッシュ方式

システム内の各ノードにCLSを設け、CLS間でメッシュのコネクションを設定し、CLSはメッセージ中の相手先加入者番号からルーティングを行ない、該当コネクションを選択する。



4章に示した呼処理機能の配備方式と同様に各案ともに規模条件と網内のCLのトラヒック量により適用領域をもつ。①は必ず集中CLSを経由する必要があるため伝送路の使用効率が悪くなる問題がある。同様に、②もATMRではセルの着信解放が可能であるのに、CLについては必ずリングを周回してその機能が活用できない。しかし、小規模で且つCLトラヒックが少ない適用形態ではハードコスト、制御の容易性から両案ともメリットがある。一方、CLのトラヒックが大きいと予測される場合には、網内リソースの有効利用が図れる③の方式によりCLメッセージの転送を行なうことがよいと考えられる。

本稿では、大規模システムに適した③の分散CLS方式を実現する上で、必要なメッシュのコネクションを選択するためのCLSのアルゴ

リズムについて検討する。

5. 2 C L S のルーティングアルゴリズム

C O 通信では通信開始時に呼処理フェーズがあるため加入者データを分散配備しても送信端末を収容するA Nを知ることができる。一方、分散C L S間で加入者データを分散させた場合に、メッセージ毎に着A NへのコネクションをC Oと同様な手順により選択することは、オーバーヘッドが大きく非現実的である。よってC L Sの加入者データ管理方式とルーティング方式をC L通信独自に検討する必要がある。以下にその方式案を示す。

案1：完全テーブル方式

C Lの加入者データについては分散させずにシステム内の分散C L Sそれぞれに全加入者データをもたせる。加入者データの変更時はオペレータがその差分を全C L Sへ通知する必要がある。

案2：学習方式1（問い合わせ形）

本方式は加入者データを各ノードに分散させるが、通信頻度の高い一部他ノード収容の加入者データを学習して問い合わせのオーバーヘッドを削減する方式である。テーブルに未登録な端末番号をもつメッセージが到着した場合、C Oで用いたプリセットアップ信号シーケンスで、端末収容A Nの探索を行ない、該当するC Lコネクションを選択する。

得られた情報は一定時間蓄積することにより再利用する。また一定時間経過後の情報については、新たに情報獲得を行なう。

案3：学習方式2（自律学習形）

本方式は案2と同様であるが、データ獲得の手順が既存のL A Nブリッジで用いられているバックワードラーニング方式を用いる。受信したメッセージのソースアドレスとR V C Nから端末アドレスの収容A Nの学習を行ない当該宛先の送信時に利用する。送信時に未登録な端末アドレスについては同報により送信する。

案1は各C L Sのハード規模が大きくなること及び、端末の移設を考えた場合はオペレータによる登録が伴うデメリットがある。

一方、案2、3は各C L Sが端末移設を自律的

に学習できる点が優れていると考えられる。

また、伝送路の有効利用の側面からは、案3に比べ案2は無効な同報がない点でよいと考えられる。従って、大規模システムで分散C L S形態をA R M Sがとる場合には、C O通信で用いたプリセットアップと機能の共有も図れるメリットもある案2がよいと考えられる。

先に示した規模に応じて適切なC L処理方式をとることにより、A R M Sは効率的なC Lサービスを提供することができる。

6. まとめ

高速でマルチメディア収容が可能なスロットリングに適したA T M Rプロトコルの提案とそれを適用したA R M Sプロトタイプのアーキテクチャと制御方式を示した。提案した規模に応じた制御方式をとることにより、小規模から大規模まで効率的なL A N/M A Nサービスを提供できる。

本検討を行なうにあたり、有益な御討論、御助言を頂いた大西廣一研究グループリーダーに感謝の意を表わします。

参考文献

- [1] CCITT Recommendation I.121, "Broadband aspects of ISDN"
- [2] H. Ohnishi et al., "ATM Ring Protocol and Performance," ICC '89, June 1989
- [3] "Specification of the ATMR protocol," N71, ISO JTC1/SC6 WG6, Sept. 1990
- [4] K. Imai et al., "ATMR: Ring Architecture for Broadband Networks," IEEE GLOBECOM'90, Dec. 1990
- [5] R. M. Newman, et al., "Distributed queueing: A fast and efficient packet access protocol on QPSX," ICC86, 1986
- [6] "Specification of the ORWELL protocol" N272, ISO JTC1/SC6 WG1, May 1989