

映像情報多重アクセスサーバーMAMI*

藤井 寛, 小谷 尚也, 石川 篤, 櫻井 紀彦

NTT 情報通信網研究所†

要 旨

本稿では複数ユーザから1つの記憶媒体に格納された動画像情報へ多重アクセスできる映像情報サーバーMAMIを提案する。MAMIは記憶媒体からの高速なデータ転送と動画像表示系へのデータ転送速度との差を利用して多重アクセスを可能としている。MAMIのプロトタイプを実現したので、これについて説明し、さらに多重度を上げるために必要となるより効率の良いスケジューリング方式について述べる。また、このシステムの利用形態について述べる。

1 はじめに

マルチメディアパーソナルコンピュータ（マルチメディアPC）の普及により、パーソナルコンピュータ上でテキスト、音声、静止画、動画が扱えるようになっている。

現在、マルチメディア情報は通常CD-ROMの形で供給されている。これは、大容量で動画像の格納に適している、大量生産により低価格にできる、既存の販売網を通して供給できる、という利点をCD-ROMが持つためである。

それにもかかわらず家庭内にマルチメディアが浸透していないのは、マルチメディアPCが高価であり、画質もテレビやビデオに比べて劣っているのが原因となっている。近年、フルスクリーン、フルモーション、フルカラーの表示が可能なハードウェアが出現しているが、高価で家庭用には適さない。また、ソフトウェアの数も音楽や映画にくらべて非常に少ない。

マルチメディアの家庭への普及を促すものとして、“Video On Demand”や“News On Demand”のようなインタラクティブテレビという概念が発表されている[1]。インタラクティブテレビを効率よく実現するには動画像情報を複数のユーザで共有する必要がある。さらに、共有された動画像情報への複数ユーザからの同時アクセスを許容し、かつ任意のポイントからの動画像の表示を可能とする機能が要求される。我々は、複数ユーザからの任意なアクセスを可能とする映像情報サーバーの研究を進めており[2, 3, 4, 5]、今回そのプロトタイプを実現した。

動画像情報の多重アクセスにおいてエラーを引き起こすことなしに表示を行うには、並列にすべてのユーザに対してリアルタイムに動画像データの転送を行わなければならない。複数ユーザへのリアルタイムのデータ転送を可能にするためには、記憶媒体からの非常に高速なデータ転送が必要となる。しかし、データ転送のリアルタイム性を保証するには、転送速度を上げるだけでは不十分であり、複数ユーザのデータアクセスに対するリアルタイムスケジューリング方式の確立が不可欠である。

*Multiple Access Server for Moving Picture Information, MAMI

†by Hiroshi FUJII, Naoya KOTANI, Atsushi ISHIKAWA and Norihiko SAKURAI (NTT Network Information Systems Laboratories)

本稿では、インタラクティブテレビを可能とするものとして、動画像に対する多重アクセスの基本コンセプトに基づく映像情報サーバー MAMI(Multiple access server for moving picture information) を提案する。まず、マルチメディアの家庭への普及を促すものとして、インタラクティブテレビについて述べ、インタラクティブテレビを実現するのに必要となる MAMI について説明する。これは記憶装置の転送速度と動画像表示系が要求する転送速度の差を利用して多重アクセスを図るものである。さらに今回試作されたプロトタイプについて説明する。また、多重度をさらに向上させるために必要となる効率の良い多重アクセススケジューリング方式について述べる。

2 インタラクティブテレビ

マルチメディアは、テキスト、音声、静止画、動画といったメディアの組み合わせによって構成される。しかし、通常の映画やテレビは複数のメディアからなるにもかかわらずマルチメディアとはみなされない。マルチメディアと呼ぶにはメディアを処理するためのコンピュータが必須であり、家庭用としては特にパーソナルコンピュータを欠くことができない。現在のパーソナルコンピュータの進歩により、動画を容易に扱えるようになりつつある。しかし、パーソナルコンピュータ上で動画や音声を表示、再生するだけではマルチメディアと言うには不十分である。

マルチメディアで重要となるのは、ユーザに情報を提供するだけでなくユーザと情報との相互作用が可能だということである。つまり、マルチメディアとは厳密に言えばインタラクティブ・マルチメディアを指すと言える。

テレビジョンという言葉は、「テレ」(遠い)と「ビジョン」(見えること)という言葉から来ている。遠隔地からの動画の供給方法には、CD-ROM 等のパッケージメディアによる方法、電波による方法、CATV 等の有線伝送路による方法の3つがある。

2.1 CD-ROM

現在、マルチメディア PC へのマルチメディア情報の提供は CD-ROM の形で供給されている。これは、物流というネットワークを活用した、最も現実的な映像情報のサービス形態といえる。今後マルチメディア PC の普及と共にこの形態での情報提供はますますさかんになっていくと考えられる。

この CD-ROM による映像情報の提供形態で最も注目すべきことは、インタラクティブに映像情報にアクセスすることができるという点である。もともと一般にユーザは欲しいと思う映像情報に対して、あらかじめ明確な検索手段を持つことはほとんどなく、テキスト情報などの手を借りて情報提供源との対話を通して、目的とする映像情報にたどり着くこと、つまりインタラクティブなアクセスを通して欲しい情報が取得できる方がよりフレンドリと考えられる。この点から CD-ROM が持つような、動画像情報に対してさえ、インタラクティブなアクセスができる性質を持つメディアが重要になってくる。しかしながら CD-ROM に代表されるようなパッケージメディアの最大の弱点は、取得できる映像に限られた範囲にとどまること、そして欲しいと思った情報を入手できるまでの時間が少なくとも数日から数か月要してしまうことである。

2.2 放送と CATV

最も代表的な映像サービスはいうまでもなくテレビ放送である。テレビ放送は、空中を伝搬する電波を利用することにより、放送局から不特定多数の家庭に放送が送られる形態であり、不特定多数への同時大量流通として特徴付けられる。電波という伝達メディアを用いたテレビ放送は、ニュース報道、中継等最新の情報を

いち早くかつ可能な限り多くのユーザに伝達するためには最も優れた形態といえる。しかし、反面あくまでも伝える側からの情報の伝達性を優先にした一方通行の形態であり、ユーザが欲しい映像を求めてアクセスするような高いインタラクティブ性と共存することは困難である。つまりユーザ側が自分で見たいと思う映像が放送される時間を待つという形態であり、いわゆるゴールデン時間帯に、重要な情報提供や人気の高い番組が組まれているものの、一旦見逃してしまうと、いつその映像が見られるかは保証の限りでない。

これに対し近年欧米を発端に、CATVという形態が一般的になってきている。これは電波によるテレビ放送の特徴と比べると、有線を用いた特定多数への非大量流通と特徴付けられる。日本における普及率は今一步というところであるが、アメリカにおいてはすでに普及率が90%を越えるエリアもある。これらの現状のCATVは、多チャンネルを実現する形態という認識が一般的で、内容を特定化したチャンネルを数多く用意することにより、目的とする映像情報を得ることを少しでも容易にしようとするアプローチが中心である。例えばニュースばかり放映しているチャンネルを選び20分も待てば、最新のニュースを視聴することができる。しかし本来CATVは、有線をメディアとして用いており双方向通信が可能であることは、テレビ放送と比べると潜在的にかなり高度なインタラクティブ性を秘めているものと考えられる。しかし現状のままでは、ユーザがCATV局にストックされている映像情報に対して自由にランダムアクセスすることは技術的に不可能であり、実際、ただだかりアルタイムな世論調査や課金のための加入者端末制御程度の低度なインタラクティブ性しか実現されていない。

つまり、現状のテレビ放送やCATVは、送り手側主体で、同時に数多くの視聴者に最新の映像情報を提供することにチューンした形態といえることができる。

3 映像情報サーバー MAMI

3.1 技術的な要求条件

インタラクティブテレビを実現するためには、複数の視聴者から、同時に、かつインタラクティブに映像情報にアクセスできる技術が必要である。さらに鮮度の高い情報へのアクセスを可能とするためには、その映像情報が容易に、つまり鮮度が維持できる時間以内で入力できることが必要である。これを実現する形態として、映像情報を一つの蓄積機構に格納し、ネットワークを通して複数の視聴者の間でその映像情報を共有する方式が考えられる。マルチメディアに限らず、複数ユーザとインタラクションを行う共有データは、前もって存在するものであったり、ソフトウェアの処理によって生成したものであったり、他のユーザの作りだしたものであったりする。このようなデータとの相互作用を行うには、データを格納する記憶媒体がランダムアクセスの機能を持たなければならない。さらに、複数のユーザから、特に動画に対して多重にランダムアクセスすることを許容する蓄積機構においては、いかに効率よく映像を読み出せるかが重要な問題となる。

3.2 MAMIの原理

動画像への多重アクセスを可能とするMAMIのコンセプトを提案する[2, 3, 4, 5]。図1は、同一磁気ディスク上に格納された動画像情報に、表示系である3つのクライアントが同時にアクセスしている様子を表す。同時にアクセスできるクライアントの数を多重度といい、この例では多重度3である。ディスクからの読みだし速度が、各クライアントへのデータ転送速度より大きいため、複数クライアントによる多重アクセスが可能となる。多重アクセスを実現するにはディスクとクライアントの転送速度の差が重要であり、ディスクからの高速なデータ読みだしが必要となる。ディスクの転送速度を向上させる技術としてディスクアレイ[6, 7]があ

る。しかし、高速なデータ転送のみでは不十分で、複数のユーザーがディスクから動画像情報を一定の速度で読みだすことを可能とするスケジューリング方式が必要である。

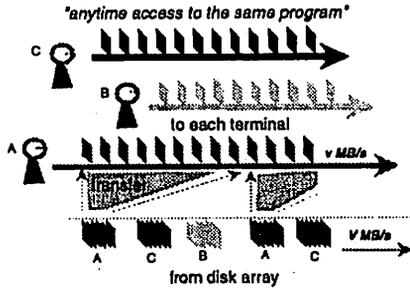


図 1: 動画像情報への多重アクセス

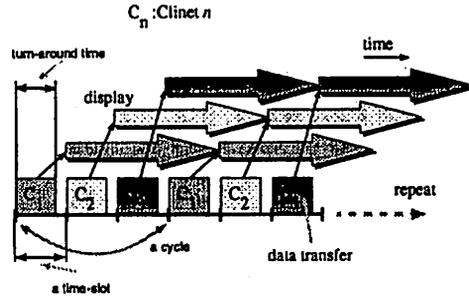


図 2: 固定スケジューリング方式

動画像情報への多重アクセスにおけるスケジューリング方式には、高多重度、必要な動画像情報を一定期間内に得るリアルタイム性、クライアントの要求に対する短い応答時間、エラーの確率の低さが要求される。

動画像情報は磁気ディスク上の連続した領域に格納されていると仮定する。任意のポイントへの連続アクセスを許容するとはいえ、動画像情報は1シーンの時間程度は続けてアクセスされるという性質があるため、同一のクライアントのための動画像情報が連続アクセスされる方が効率が良い。また、多重アクセスを行う場合、すべてのクライアントに対して動画像の表示開始、表示する場面の切り替え等の要求に平等に一定時間内の応答を保証する必要がある。一つのクライアントのためにより多くのデータを連続アクセスすればアクセスは効率が良いが多重度が向上するが、クライアントの要求に対する応答時間は長くなる。スケジューリング方式は、データ転送のリアルタイム性を保証しながら、短い応答時間と高多重度を同時に実現するものでなければならない。

プロトタイプでは次に述べるスケジューリング方式によりこれを実現している。

3.3 MAMIでのスケジューリング方式

要求される条件を満足するために、MAMIのプロトタイプにおけるスケジューリング方式（固定スケジューリング方式）ではディスクアクセスのために各クライアントに対して固定長のタイムスロットを割り当てる。クライアントの必要とする動画像情報はそのクライアントに割り当てられたタイムスロット内で連続アクセスされる。1タイムスロットで読みだされた動画像情報は次のタイムスロットで新たな動画像情報が読みだされるまでの間表示される。各クライアントに対して周期的にタイムスロットを割り当てれば、すべてのクライアントによる動画像情報への多重アクセスが行える（図2）。

あるクライアントに対するのタイムスロットの始まりから、次のタイムスロットの始まりまでを1サイクルと呼ぶ。また、1サイクルで、1クライアントの入出力要求からデータ転送が完了するまでの時間をターンアラウンド時間と呼ぶ。

クライアント側で動画像を途切れなく表示するには、1タイムスロットで1サイクルの表示に必要な動画像情報が読みだされる必要がある。ターンアラウンド時間は磁気ディスクのシーク時間、回転待ち時間により変動する。すべてのタイムスロットでデータ転送量を保証するには、タイムスロット幅はターンアラウンド時間の最大値より大きくななければならない。

次に、このスケジューリング方式を用いた場合の可能な最大多重度について考察する。磁気ディスク、動画情報のパラメータとして表 1 のものを用いる。

表 1: 磁気ディスク及び動画情報のパラメータ

パラメータ	意味
L	シリング数
v (B/s)	転送速度
h (s)	一入出力あたりのオーバーヘッド
$a\sqrt{l} + b$ (s)	l トラックシーク時のシーク時間
c (s)	最大回転待ち時間
w (s)	サイクル幅
d (B/s)	表示データ量

ターンアラウンド時間の最大値 $Max(T_{arnd})$ は

$$Max(T_{arnd}) = a\sqrt{L} + b + c + h + dw/v \quad (1)$$

であるから、可能な最大多重度 M_f は、

$$M_f = \left\lfloor \frac{w}{Max(T_{arnd})} \right\rfloor \quad (2)$$

と表せる¹。

動画像を格納する磁気ディスクの転送速度 v の向上が多重度にどのような影響を及ぼすかを表したのが図 3 である。表示データ量として $d = 0.5MB/s$, $d = 1MB/s$ の場合について挙げる。他のパラメータの具体的値は表 2 のものを用いる。

表 2: パラメータの値

パラメータ	値
L	2235
v	20×2^{20}
h	5×10^{-3}
a	0.45×10^{-3}
b	1.95×10^{-3}
c	16.7×10^{-3}
w	1

v が大きくなるにつれて多重度の向上が鈍くなっていくが、これは式 (1) の dw/v 以外の項の影響が v の増加にともない大きくなっていくからである。つまり、 v の向上だけでは多重度は頭打ちになる。よって、さら

¹ $\lfloor n \rfloor$ は n を越えない最大の整数を表す。

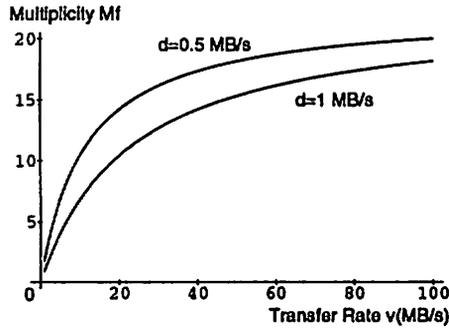


図 3: 多重度

に多重度を上げるにはディスクの転送速度の向上以外の技術が必要である。ディスクの転送速度以外に多重度を向上させる手法として、スケジューリング方式およびディスクアクセスの方法の改良が考えられる。

3.4 映像情報サーバーのプロトタイプ

上で述べたコンセプトに基づいてMAMIのプロトタイプが試作されている(図4) [4]。複数のクライアントは、映像情報サーバーに蓄積された動画像情報を共有し、これに多重アクセスし、任意の動画像を表示することが可能である。プロトタイプでは磁気ディスクからのデータの読みだし速度が $5MB/s$ に対してクライアントへのデータ転送速度は $1MB/s$ で、この差を利用して多重度3を実現している。映像情報サーバーは、動画像情報を格納する磁気ディスク、ディスクコントローラ、クライアントとディスクのインターフェースをとるクライアントインターフェース、クライアントの動画像情報へのアクセスのスケジューリングを行うスケジューリング部からなる。

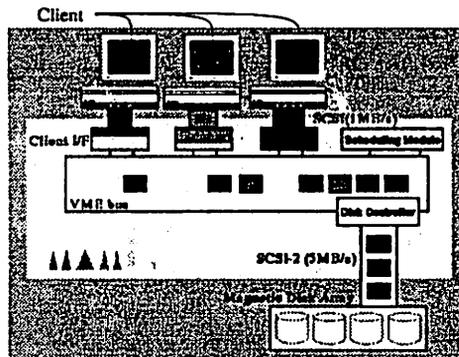


図 4: 映像情報サーバー・プロトタイプの構成

4 スケジューリング方式の改良

3.3節で述べた固定スケジューリング方式ではタイムスロット幅はターンアラウンド時間の最大値よりも大きくなければならない。しかし、実際にはターンアラウンド時間が最大値をとることは稀であり、多くの場合、タイムスロット内にディスクアクセスが全く行われていない空き時間が生ずる。これらの問題を解決するために、固定長のタイムスロットを設けない動的スケジューリング方式を提案する。

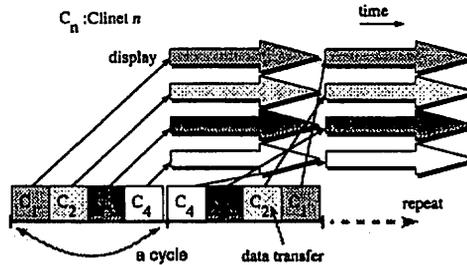


図 5: 動的スケジューリング方式

動的スケジューリング方式ではサイクル内の任意の時点で、任意のクライアントがディスクアクセスすることを許す。クライアントは固定スケジューリング方式と同様に周期的にデータに連続アクセスを行うが、サイクル内での順序、ディスクアクセスのタイミングは固定されない。各クライアントが連続アクセスする動画データは、固定スケジューリング方式と同様に1サイクルの表示に必要なデータである。1サイクルでは以下の手続きに従いスケジューリングが行われる(図5)。

1. サイクルの開始時に全クライアントをディスクスケジューリングアルゴリズムにしたがって並べる。
2. 1での順序に従い、各クライアントに対し以下を繰り返す:
 - (a) クライアントが動画情報に連続アクセスする。
 - (b) アクセスの終了時点で次のクライアントを選び2aに戻る。
3. サイクルの終了後、各クライアントがそのサイクルで読みだした動画情報を表示する。
4. 終り。

動的スケジューリング方式では各クライアントのデータ転送の終了はサイクルの終りでのみ保証されるので、動画の表示もこの時点から開始される。

動的スケジューリング方式では、固定スケジューリング方式に比べ、

- サイクル内で、クライアントと次のクライアントのディスクアクセスの間に空き時間がないため、ディスクの使用率が向上する、
- シーク時間等を短縮するようにクライアントのディスクアクセス順序の並べ換えを行いターンアラウンド時間を減少させることができる、

ため多重度が向上する。

5 おわりに

映像情報多重アクセスサーバー MAMI を提案した。これは、磁気ディスクからの転送速度とクライアントへの転送速度の差を利用して多重アクセスを可能とするものである。この原理に基づき MAMI のプロトタイプを試作した。プロトタイプでは 3 多重を実現している。

MAMI の応用としてインタラクティブテレビがある。インタラクティブテレビでは、複数のユーザが映像に対してランダムアクセスできなければならない。共有された映像に対して多重アクセスすることが可能な MAMI はインタラクティブテレビを実現するために重要な技術となる。

MAMI を実用的なシステムするにはさらに多重度を向上させる必要がある。磁気ディスクからの転送速度を向上させること、また、スケジューリング法を改良することによりこれを実現する。

参考文献

- [1] W.D.Sincoskie, "Video on demand: is it feasible?", GLOBECOM'90, pp. 201-205, 1990.
- [2] N.Sakurai, J.Kishigami and N.Kotani, "Multiple-access technology on a moving picture for visual database", IFIP WG 2.6 2nd Working Conference on Visual Database System, pp.134-145, 1991.
- [3] J.Kishigami, N.Sakurai and H.Nakano, "Storage concepts for moving picture database on B-ISDN", PTC 14th Ann. Conf., pp.855-860, 1992.
- [4] 櫻井, 岸上, 石川, "動画像情報への多重アクセス技術", テレビジョン学会技術報告, Vol.16, No.27, pp.37-42, 1992.
- [5] A.Ishikawa, J.Kishigami, N.Sakurai and N.Kotani, "MULTIPLE-ACCESS MOVING PICTURE INFORMATION SYSTEM(MAMI)", IEEE GLOBECOM'92, Vol.2, pp.759-763,1992.
- [6] D.A.Patterson, G.Gibson and R.H.Kats, "A case for redundant arrays of inexpensive disks (RAID)", ACM SIGMOD Conference, Chicago, Illinois, June 1-3, 1988.
- [7] 櫻井, 岸上, "小径ディスクを用いたディスクアレーのコスト最適なシステム構成" 電子情報通信学会論文誌, Vol.J75-C-II, No.11, pp.672-679, 1992.