

ネットワーク型ホームサーバ

吉田 浩*, 栗岡 辰弥**, 大野 次彦*, 下間 芳樹*

* 三菱電機株式会社 情報技術総合研究所

** NHK 放送技術研究所

日本では2000年12月に予定されているBSデジタル放送, 2003年ごろに予定されている地上デジタル放送で高精細なHDTV放送やデータサービスなど新しい放送サービスが開始される予定である。それらの新しい放送サービスを録画再生する記録装置(ホームサーバ)には, デジタル放送への対応と共に従来のVTRでは難しかった複数HDTV番組の同時録画, 再生など新しい機能が期待されている。こうした中, 我々はホームネットワークとして有望視され, 標準化も進められているIEEE1394ネットワークに対応し, 複数のHDTV番組を同時に録画, 再生可能なハードディスクベースのホームサーバを試作した。

Network type Home Server

Hiroshi Yoshida*, Tatsuya Kurioka**, Tsugihiko Ohno*, Yoshiki Shimotsuma*

* MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION

** NHK Science & Technical Research Laboratories

In Japan, new broadcasting services such as high definition television (HDTV) programs, data services and so on will start as BS digital broadcasting in 2000 and as terrestrial digital broadcasting in 2003. It is to be expected that new functions such as the simultaneous recording of HDTV programs currently impossible with present VCRs will be implemented because of the multiplicity of HDTV programs being broadcast. We have developed a prototype of the home server as a digital video recorder on the basis of IEEE1394 as Home network. The prototype home server incorporating hard disk drives can record and play more than one HDTV program simultaneously.

1. はじめに

日本では2000年以降開始される, BS デジタル放送, 地上デジタル放送の中で, 高精細な HDTV 放送やデータサービスなど新しい放送サービスが開始される予定である。それらの新しい放送サービスを録画再生する記録装置(ホームサーバ)には, デジタル放送への対応と共に従来のVTRでは難しかった複数HDTV番組の同時録画, 再生など新しい機能が期待されている。こうした中, 我々はホームネットワークとして有望視され, 標準化も進められているIEEE1394ネットワークに対応し, 複数のHDTV番組を同時に録画, 再生可能なハードディスクベースのホームサーバを試作した。

2. システム構成

ネットワーク型ホームサーバのシステムイメージは、図 1に示す構成であり、家庭内ネットワークとしてHDTV番組などの広帯域データをリアルタイムに送受信可能なIEEE1394 (400Mbps) を採用した。BSデジタル放送では、HDTV番組, SDTV番組, 番組情報 (EPG), データサービスなど、複数のサービスが多重化されたMPEG2-TSで各家庭に伝送される予定である。今回の試作システムでは、受信機から得られるMPEG2-TSをIEEE1394上にリアルタイムに送信し、それをホームサーバで受信、録画すると同時にホームサーバから複数のTVに対して録画した映像を再生するモデルを想定している。また、ホームサーバの制御には、1394TA (1394Trade Association) で策定されているAV/Cコマンドセットの基本仕様、DISC仕様をベースに、番組冒頭再生やマーク再生など時差再生に必要なコマンドを新たに開発し追加した。これにより、1本のIEEE1394ホームネットワークを介して複数のHDTV映像の送受信、AV/Cコマンドの送受信を行なうことができる。

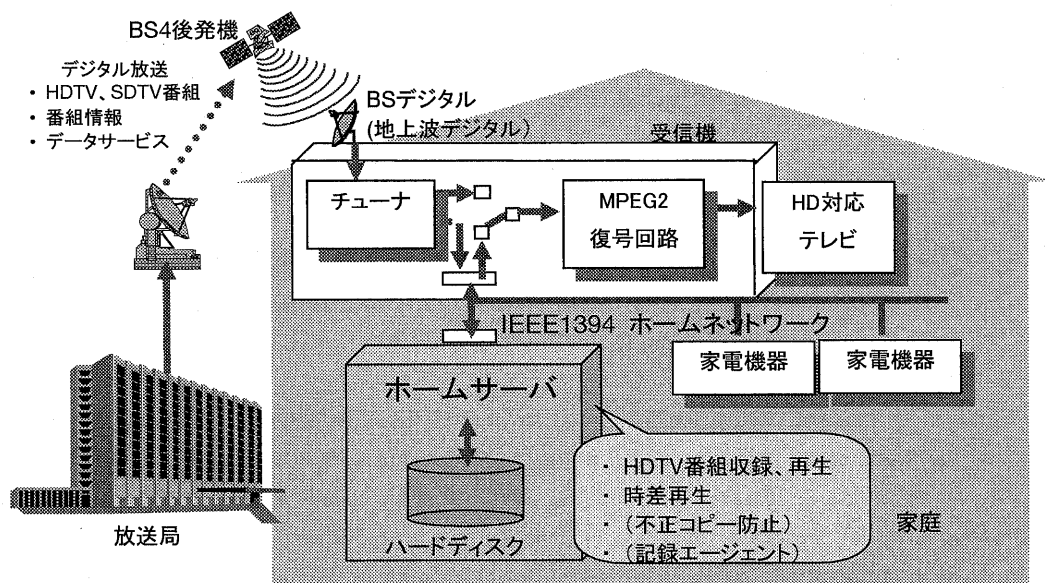


図 1 システム構成図

3. 開発の課題

デジタル放送の中でも高精細な映像で視聴できるHDTV番組は、主要な放送サービスの一つに挙げられ、最も転送レートが高いサービスである。次世代デジタル放送に対応したホームサーバの基本的な機能として、HDTV番組の録画、再生、両者の同時実行は必要不可欠なものである。また、有限のハードディスクを有効に利用する為には、デジタル放送で多重化されている複数のサービスのうち、録画する番組に必要なデータのみを抜き取って録画する機能が必要となる。再生においては、抜き取って録画したデータをその動画のレートに合わせて送出するパーシャル再生制御が要求される。

更に、今回の開発ではIEEE1394をホームネットワークとして想定しているため、1台のホームサーバを複数のTV画面から操作できる必要がある。

これらの機能を満足するホームサーバを構築するために、以下の課題があげられる。

(1) HDTV番組の同時録画再生

ホームサーバの基本的な機能としてデジタル放送で採用されるMPEG2-TSストリームをIEEE1394標準のネットワークを介して受信しハードディスクに書き込む処理と、ハードディスクに録画されているHDTV番組を読み出しIEEE1394ネットワークに送出する処理を同時に行なう必要がある。ストリームはBSデジタル放送を想定し、録画、再生するHDTV番組の転送レートをMPEG2-TSで約26Mbpsとした。TSパケットは204バイト（リードソロン付き）であるため、MPEG2-TS 26Mbpsの転送には、1秒あたり15900ものTSパケットをリアルタイムに処理する必要がある。ユーザモードのソフトウェアで実現することは困難であるため、カーネルモードで複数パケットを一括処理する必要がある。

IEEE1394ネットワークへの送受信やファイルへのアクセスを小さいIOサイズで頻繁に行なえば繰り返し処理が多くなるため、それだけCPU使用率が増加する。逆に大きいIOサイズで行なうと、1回のIO処理時間が長くなり、その間は外部処理を受け付けることができない為、結果としてシステムに対する応答性能が低下する。また、システムのタスクスイッチや他のストリームの影響を吸収するため、バッファリングのサイズも重要な要素となる。こうした障害は、録画時には録画データのパケット欠落、再生時には画面が乱れるなどの現象となって現れるため、最適なIOサイズとバッファリングサイズを導出する必要がある。さらに、録画、再生時のデータ送受信処理とファイルの書き込み、読み出し処理は互いに干渉しないように処理する内部構造を持つ必要がある。

(2) パーシャルストリーム再生

デジタル放送では、高精細なHDTV番組だけでなく、標準画質のSDTV番組も放送される。従来のVCRのように放送波をそのまま録画する場合、管理情報や複数のSDTV番組全てのストリームデータを録画する結果となり、HDTV番組でもSDTV番組でも単位時間あたり同一のディスク容量を消費してしまう。しかし、ある番組だけを録画したいにも係わらず、他の番組や管理情報を含めて録画してしまうのはディスクの無駄と言える。HDTV番組であれば、放送波のほとんどを番組の伝送に使用するので数Mbps程度の無駄で済むが、SDTV番組の場合は20Mbps以上の無駄が生じることになる。

そこで、有限のディスク容量をより効率的に使用する為には、視聴者が録画したい番組だけを選択して録画する必要性が生じる。これは、MPEG2-TSで多重化されているパケットのうち、番組に相当する部分だけを抜き取って録画することを意味する。しかし、必要なパケットを選択して抜き取っただけでは、再生時に転送レートが入力時と合わなくなり再生ができなくなるため、何らかの対策を必要とする。

4. 課題の解決

図3は、今回開発したホームサーバのソフトウェア構成図である。今回開発したソフトウェアは、ストリーム制御、AV/Cライブラリ（図中AV/C Lib）、CIPドライバである。AV/Cライブラリでは1394TAで策定されているAV/Cコマンドセットとホームサーバ用拡張コマンドの送信および処理結果を示すステータスの返信を行ない、ユーザアプリケーションからストリーム制御を可能とするものである。CIPドライバは、転送レートを保証して動画の送受信を行なうと同時にパケットの監視を行ない、指定されたパケットのみを選択受信することができる。ストリーム制御では、CIPドライバとファイルシステムの間データの流れを最適に制御すると共に、AV/Cライブラリからのコマンドにより複数のストリームの開始、停止などを同時に実行する役割を果たす。

開発の課題は大きく2点であったが、HDTV番組の同時録画再生に関して考察してみると、以下の数点が挙げられる。

- ① HDD応答性能のばらつき
 - ② CPU負荷の抑制
 - ③ スレッド優先度の最適化
- ①, ②に関しては, ファイルシステムの性能評価とバッファサイズの最適化により解決する。③に関してはストリーム制御の内部に複数存在するスレッドの役割に応じ優先度を最適化することで, ストリームの円滑な流れを実現する。

(1) ファイルシステム性能評価とバッファサイズの最適化

我々は独自の検証方法によりファイルシステムの性能評価を行い, ファイルシステムの応答

性能としてデータを取り, 任意のディスク構成毎にHDTV番組を同時に処理できるストリーム数とその種別(録画, 再生)を導き出した。また同時に, 最適なファイルのIOサイズ, ストリーム当たりのバッファサイズを得ることが可能である。

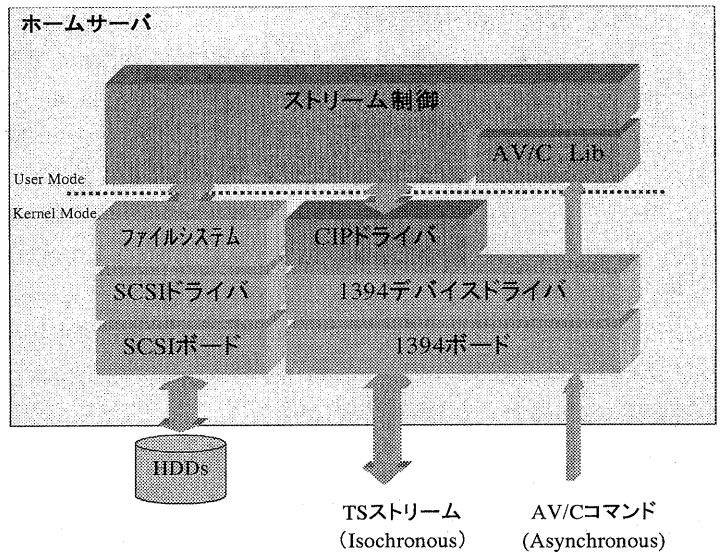


図2 ホームサーバのS/W構成図

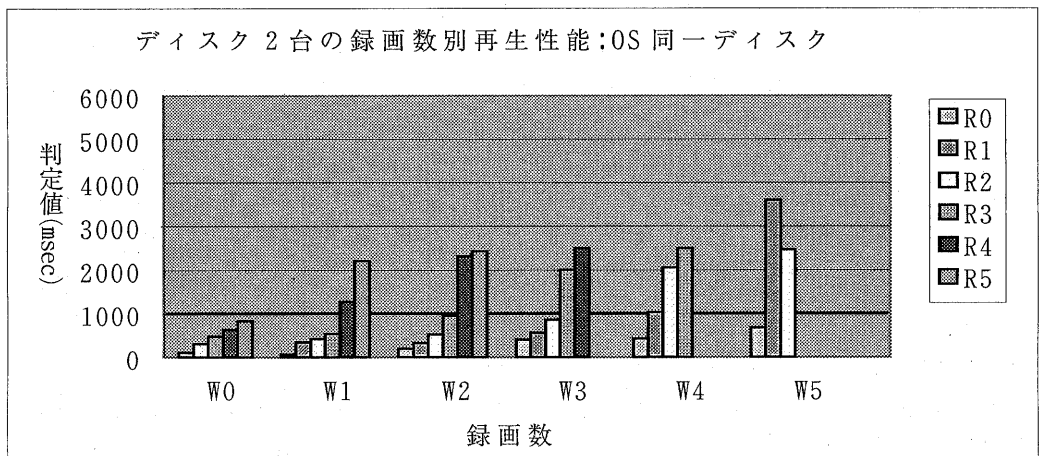


図4 ディスク2台の録画数別再生性能

図4は今回の開発したホームサーバに使用しているハードディスク2台の検証結果を示すグラフである。横軸のW0~W5はHDTV番組の録画数を示し, 棒グラフのR0~R5がそれぞれの録画数と同時に実行した再生数を示す。ここで判定値は, 複数のストリームを同時に実行した際にIO処理で発生する遅延時間の最悪値を示している。例えば1000msecのラインと交差しないストリームの組合せは, ストリーム制御として1秒分のバッファを持てば, パケット欠落などの障害が発生しないことを示す。その他, 本検証結果として応答性能が最も良く, 応答時間が安定的なファイルIOサイズも同時に得られる。

この結果より、1000msec分のバッファを持つとすると、小型の筐体の実装可能な2台のディスク構成において、録画と再生の種別に係わらず、HDTV番組4ストリームまで同時に処理可能であることが確認できる。

(2) スレッドの最適化

ストリーム制御はAV/Cライブラリから受信するAV/Cコマンドを常時受け付けると共に、CIPドライバからデータを受信しファイルに書き込む録画処理、ファイルからデータを読み込みCIPドライバに送信する再生処理を行う。ここで、CIPドライバは転送レートを保証可能なIsochronous転送、AV/Cライブラリはコマンドの送受信に適した非同期転送型のAsynchronous転送によりそれぞれ実現している。

ストリーム制御のスレッド構造を図5に示す。ストリーム制御の実現に際しては、CIPドライバの送信、受信、ファイルの読み込み、書き込みの4種類のストリームスレッドのほか、AV/Cコマンドの送受信を行なうコマンドスレッドの合計5種類のスレッドが存在する。録画、再生のそれぞれのスレッドが互いに干渉しない為には、CIPドライバ側の送受信処理がファイル読み書き処理に比べてリアルタイム性が高いことから、CIPドライバ側のスレッドを最も高優先度に、ファイル側のスレッドを次の優先度に、コマンドスレッドに関しては5種類の中で最も低い優先度に設定することで、複数のストリームが存在する場合でも、それぞれのストリームの円滑な流れを実現できることを確認した。

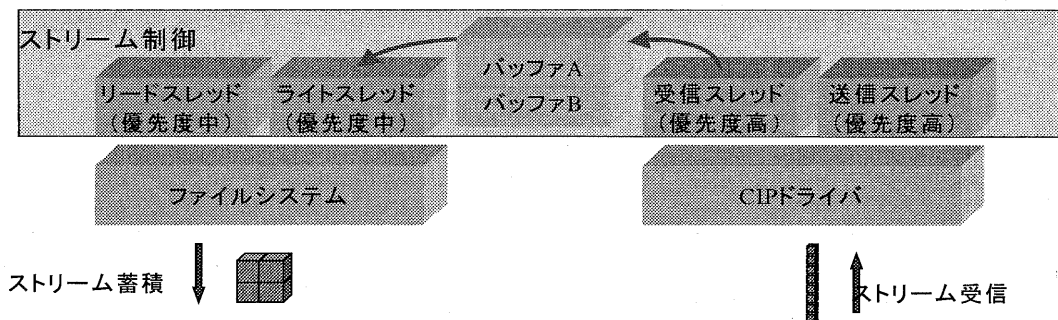


図5 ストリーム制御の内部スレッド優先度の設定

(3) パーシャル再生制御

図6にパーシャル再生制御の仕組みを示す。図にも示すように、録画時に不要なパケットを捨て、必要なパケットのみを蓄積し、再生時にはそれらのパケットだけを使って正常に動画を再生する仕組みである。通常、MPEG2-TSの復号装置には放送波の入力ストリームがそのまま入力されるため、それぞれのパケットの位置は入力時と同じでなければならない。しかし、ホームサーバで必要なパケットのみを選択して蓄積した場合、図では3つのパケットが廃棄され、番組Aを再生した場合には $\Delta t * 3$ の時間だけずれてしまうため、正常に再生できない。

そこで、CIPドライバによりパケットを選択した時に、選択したパケットの受信時刻をヘッダ(図中“H”)に書き込むことにより、再生時のパケット毎の送信間隔を復元可能とした。これにより、パケット選択した番組は不要なパケットが存在しない状態で効率的にハードディスク上に録画され、再生時には記録した受信時刻からパケット毎の送信間隔を算出しながらこれにしたがって送信することにより、転送レートを守って再生することを可能とした。

また、パケット選択による蓄積処理は、番組の録画だけでなく、放送波に多重化される少量の管理デー

タ（電子番組表や現在時刻など）を取り出すなど、ホームサーバの機能拡充にも応用している。

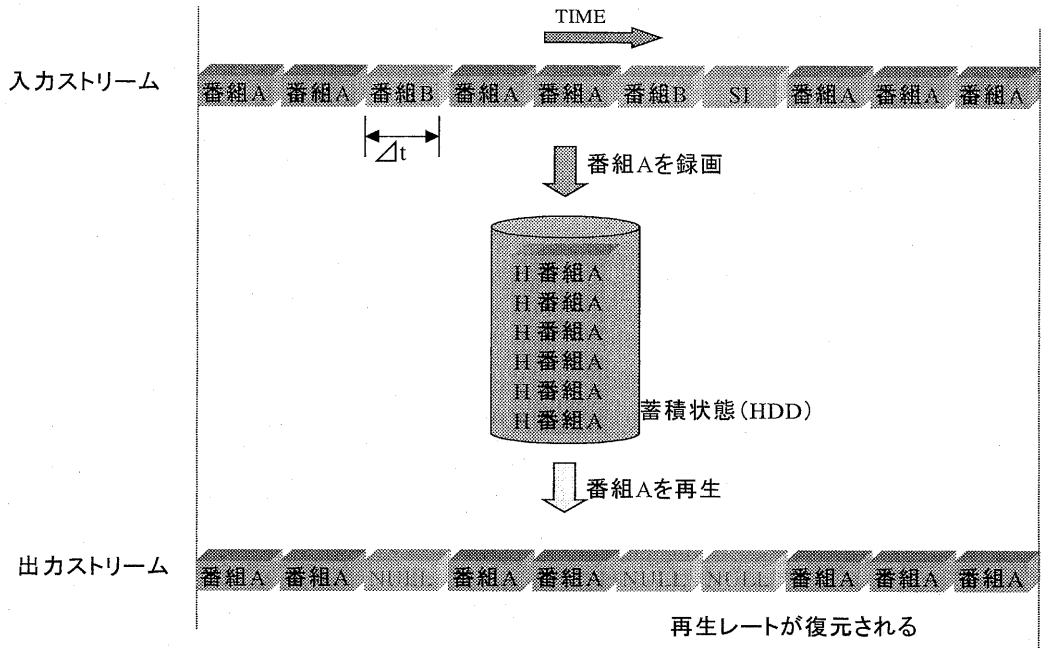


図 6 パーシャルストリーム再生

5. まとめ

これまでの開発の成果としては、1本のIEEE1394ホームネットワークを介して3ストリームのHDTV番組を同時に録画再生（1ストリーム録画，2ストリーム再生）可能なネットワーク型ホームサーバを試作し，その特徴的な機能と位置づけられる，時差再生（録画している番組を再生）や自動更新機能などの有用性を確認すると共に，AV/Cコマンドセットの基本仕様，DISC仕様および，拡張コマンドの必要性を実証することができた。また，3ストリームの同時動作時に一時停止や停止，再生再開などのストリーム制御を行なった時にHDTV映像が乱れない（パケット落ちしない）ことを確認した。こうしたネットワーク型ホームサーバの実現により，ホームネットワーク上に存在するホームサーバ機能を持たない複数のTVでホームサーバの高機能なサービスを提供可能となる。

今後は，同時配信性能の向上や受信機の機能を備えたホームサーバの研究開発などを通して，新しい放送サービス開発への貢献や新しい放送サービスを余すところ無く視聴者に提供するホームサーバの更なる発展に取り組んでいく予定である。

参考文献

- (1) 鷹取他：“ホームサーバ(1)”，情処学会，第58回全国大会(Mar,1999)
- (2) 吉田他：“ホームサーバ(2)”，情処学会，第58回全国大会(Mar,1999)
- (3) 栗岡，南，藤澤，加藤，奥田，沼澤：“デジタルハイビジョン放送に対応したホームサーバの開発，映情学技法，22，54，pp.23-29(Oct.1998)
- (4) 栗岡，藤澤，南，明石，吉田，奥田：“ホームネットワーク型ホームサーバの開発”，映情学会冬季大会，10-5，(Dec.1999)