

組込型DVDマルチプレクスプログラムの開発

Development of embedded DVD multiplex program

坪沼 寛，川口 智之，細井 雅幸，伊藤 直人

Hiroshi Tsubonuma, Tomoyuki Kawaguchi, Masayuki Hosoi, Naoto Itoh

要 旨 HDD 内蔵 DVD レコーダの特徴である「簡単 DVD コピー」機能を実現するため、ソフトウェアによるマルチプレクスモジュールを新規開発した。マルチプレクスモジュールをユーザーインターフェースとシステム制御を行うレコーダアプリケーションに搭載した。HDD から DVD へのコピー速度は実時間の 18 倍速を達成した。

Summary In order to realize the "easy DVD copy" function for HDD/DVD hybrid recorders, we developed a new software multiplex module. The software multiplex module has been included in the recorder application software which performs as a user I/F and a system control program. We have achieved a maximum DVD copying speed from HDD of 18 times the real time playback speed.

キーワード : DVD レコーダ，マルチプレクス，オーサリング，DVD-Video，VOB，Linux

1. まえがき

近年、DVD レコーダが全世界的に市場拡大しているが、特にHDDを内蔵したハイブリッドタイプが増加してきた。また容易にTV番組の録画予約を行う機能として電子番組表が重要視されてきている。このような状況の中、北米市場に向けた製品を導入するにあたり、当社は既に北米における電子番組ガイドサービスの技術を有していたTiVo社と共同開発を行うことで合意した。これにより全米の電子番組ガイドに対応したHDD内蔵DVDレコーダDVR-810H/57H(図1)を開発し、2003年秋に発売した。

ハードウェアはTiVo社のオリジナルHDDレコーダ製品をベースにDVD-R/RWドライブとDVDの記録再生に必要な回路を拡張した設計に

なっている。OSにはLinuxを搭載し、ソフトウェアについてもLinux向けに開発されたオリジナルの資産を拡張する形で開発している。

新機能の一つにHDDからDVDへの「簡単DVDコピー機能」がある。内蔵ハードディスクに記録した番組コンテンツをDVD-R/RWディスクにコピーする機能である。一般的に、この機能を実現するにはDVDオーサリング機能が必要とするが、本製品ではレコーダアプリケーションの組み込み機能として実装している。ユーザーはコピーしたい番組を自由に選択して実行するだけの簡単な操作でDVDディスクを作成することができる。作成されたディスクはDVD-Video規格⁽¹⁾に準拠しており、メニューには電子番組表から取得した番組タイトルや番組内容情報が表

示され、ユーザーは好みの番組を選択して再生することができる。

このDVDコピー機能をソフトウェアで実現するため、当社は「DVDバーニングAPI(Application Program Interface)ライブラリ」と呼ばれるライブラリの開発を行った。このライブラリに要求されたのは、DVD-Video規格に準拠したメニューを含むストリームデータおよびファイルシステムを生成する機能である。また製品の限られたリソースで動作するようにコンパクトなモジュールであることも必要である。

当社の従来製品ではHDD上のコンテンツをDVDへ高速にコピーすることを可能とするため、HDD上に記録されるストリームは、VRモードにもVideoモードにも高速に変換可能な専用のフォーマットのプログラムストリームとして格納される。従ってストリームに多少の変更を加えるだけでDVD-Videoフォーマットへの対応が可能である。しかし本製品の場合、HDDへの記録フォーマットがTiVo社独自の形式で保存されているため、DVDへのコピー時にデマルチプレクスおよび再マルチプレクスすることが要求された。ソフトウェアによるマルチプレクス

機能は従来のDVDレコーダのソフトウェアリソースにはなかったため、新規開発を行うことにした。

本稿では我々が新規開発したストリーム生成部であるマルチプレクスモジュールを中心に述べる。関連する項目としてDVDバーニングAPIライブラリの概要、および再生互換性確保のために必要なストリーム検証についても述べる。

2. DVDバーニングAPIライブラリの概要

2.1 ソフトウェア構成

ここではDVDバーニングAPIライブラリおよびマルチプレクスモジュールの位置づけを示すため、DVDの記録再生にかかわるソフトウェアの構造について簡単に説明する。

図2はDVD記録再生ソフトウェア構成の概要である。ソフトウェアは大きくアプリケーション層とカーネル層に分類することができる。

カーネル層はLinux用の一般的なSCSI (Small Computer System Interface)ドライバであるSCSI genelicなどで構成される。アプリケーション層はユーザーインターフェースソフトウェアであるレコーダアプリケーション、DVDコピー機能を実現するDVDバーニングAPIライブラリ(記録系)、再生機能全般を扱うDVD Playback APIライブラリ(再生系)、DVDドライブの制御を行うDVDドライバAPIライブラリから構成される。このうち当社が開発して、本製品に搭載したものはDVDバーニングAPIライブラリとDVDドライバAPIライブラリの一部である。

図2に示したソフトウェアモジュールのうち、DVDコピー機能を実現するのがDVDバーニングAPIライブラリである。DVDバーニングAPIライブラリは、大別してVOB(Video Object)ストリーム生成、メニュー生成、ファイナライズ機能、およびDVD記録機能をもっている(図3)。このうち我々は主にVOBストリームの作成を行うマルチプレクスモジュールの開発を担当した。なお、これらのモジュールはGPL(General



(a) DVR-810H



(b) DVR-57H

図1 各DVDレコーダの外観

Public Licence)に抵触しないように構築されている。

2.2 API 関数と呼び出しシーケンス

まず本製品で作成するディスクのメニュー構成について簡単に説明する。番組タイトルを選択する「トップメニュー」と、各番組を再生するメニューである「ボトムメニュー」をもつメニュー構成となっている。トップメニューは1枚当たり最大8タイトルの番組選択が可能であり、最大3枚もつことが出来るので、ディスク1枚あたりでは最大24番組の選択が可能と

なっている。

ユーザーがレコーダアプリケーション上でDVDコピーの操作を行うと、バーニングライブラリ内に定義・実装された各API関数が規定のAPI呼び出し、シーケンスに従って呼び出されていく。1枚のディスクにコピーする番組タイトル数が増えることによってメニュー構成が変化するため、呼び出しシーケンスもそれに依りて変化する。ボリューム作成時の呼び出しシーケンスは一般的に図4のようになる。またタイトル生成時の呼び出しシーケンスでは、ピ

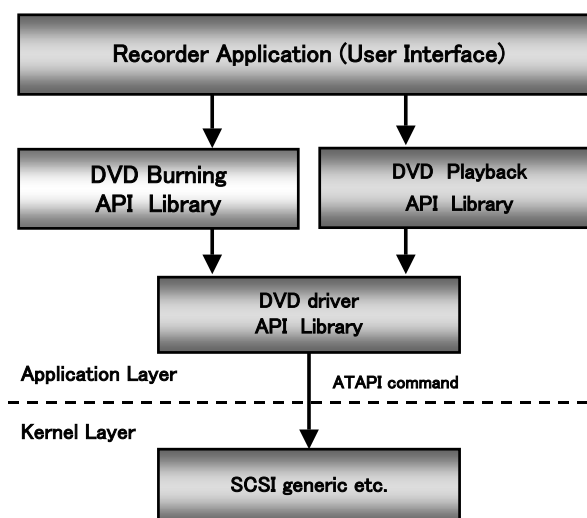


図2 DVD記録再生ソフトウェア構成

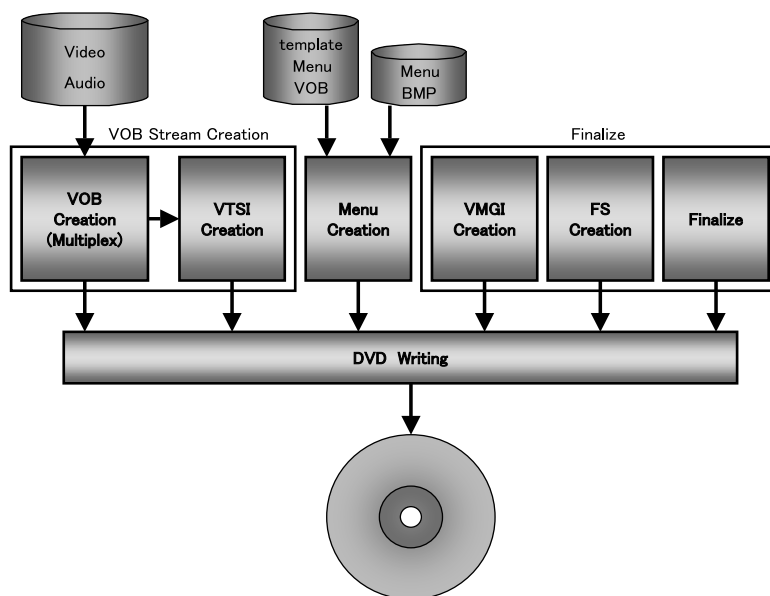


図3 DVDバーニングライブラリ機能

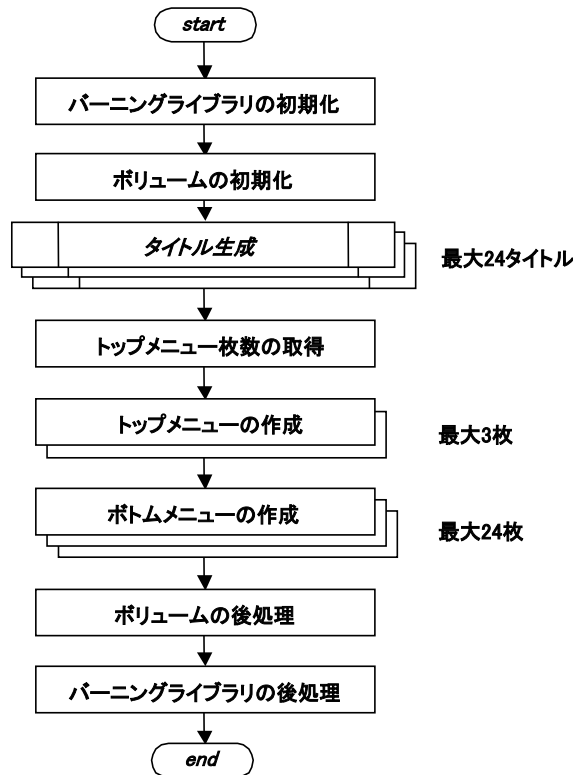


図 4 ポリユームの API 呼び出しシーケンス

デオの 240GOP(Group of Picture)分のグループ情報(符号化データサイズなど)をフレーム情報(符号化データ)に先立って受け取るのが特徴である。これは後述するように DVD-Video 規格では、前後 240GOP 分の相対アドレス情報が必要となるためである。

3. マルチプレクスモジュール

3.1 概要

マルチプレクスモジュールは DVD バーニング API ライブラリのうち、コンテンツを DVD-

Video 規格に準拠の VOB 形式に変換する機能をもつモジュールである。VOB とは ISO13812-1 (MPEG-2 System)⁽²⁾で規定されるプログラムストリームに準拠し、DVD-Video 規格(Part3)の制限を加えたストリームである。またディスク 1 枚への記録時間の違いで 4 種類の記録モードをもっている。各モードにおけるパラメータを表 1 に示す。オーディオは AC3 の 256Kbps 固定のため、ディスク 1 枚当りの記録時間の違いはビデオのビットレートの違いのみで決まる。

ソフトウェアによるマルチプレクスモジュール

表 1 記録モード

記録モード	記録時間	解像度	レート制御	音声
FINE	1 (h o)r	720 X480, 704 X480	MPEG2 - BR	AC-3, 256(Kbps)
SP	2 (h o)r	720 X480, 704 X480	MPEG2 - BR	AC-3, 256(Kbps)
LP	4 (h o)r	352 X480	MPEG2 - BR	AC-3, 256(Kbps)
EP	6 (h o)r	352 X480	MPEG2 - BR	AC-3, 256(Kbps)

ルを実現するにあたり、DVD-Video フォーマットへの対応、高速化、ストリームの信頼性、などの要求を満たす必要があった。次節以降で、これらを実現するために行った方法と結果について述べる。

3.2 DVD-Video フォーマット対応

ビデオとオーディオのエレメンタリデータは同期のための時間情報が付加されてフレーム単位で供給される。マルチプレクスモジュールはこれらを逐次受け取りながら動作していくことが求められ、その上でDVD-Video フォーマットのVOB形式に変換していく必要がある。VOBの特長として、VOBU(VOB Unit)の先頭にナビゲーションパック(以下ナビパック)を持っていることがあげられる。VOBUとはVOBの構成要素で、通常1GOP分のビデオデータを持っている。再生時間にして約0.5秒に相当する。ナビパックは1VOBUに1個ずつ含まれており、前後240VOBU分の相対アドレス(サーチ情報)を記録しなければならない。VBR(Variable Bit Rate)制御でエンコードされたビデオエレメンタリの場合、

エレメンタリデータサイズが映像に依存するため、従来の我々の方法⁽³⁾では一旦マルチプレクスした後にナビパックの相対位置を検出し、それをナビパック内に記述するという所謂2パス方式でナビパックの生成を行っていた。しかし今回のシステムではメモリをはじめ各種リソースの制限から2パス方式を行うことが出来ないため、あらかじめ240GOP先までのエレメンタリデータサイズを受け取っておき、そこで生成されるパック数の見積もりを行いながらナビパックに相対アドレスを記録していく1パス方式を採用した。

マルチプレクスの基本アルゴリズムとしては、ストリーム優先度によるパッキング方式を用いた。これは次に作成するパックの種類をダイナミックに決定する手法であり、システムターゲットデコーダのメインバッファのアンダーフローを防止しながら各ストリームのデータをパッキングしていくことができる。図5は1VOBUをマルチプレクスするときの概略フローである(ビデオストリームとオーディオスト

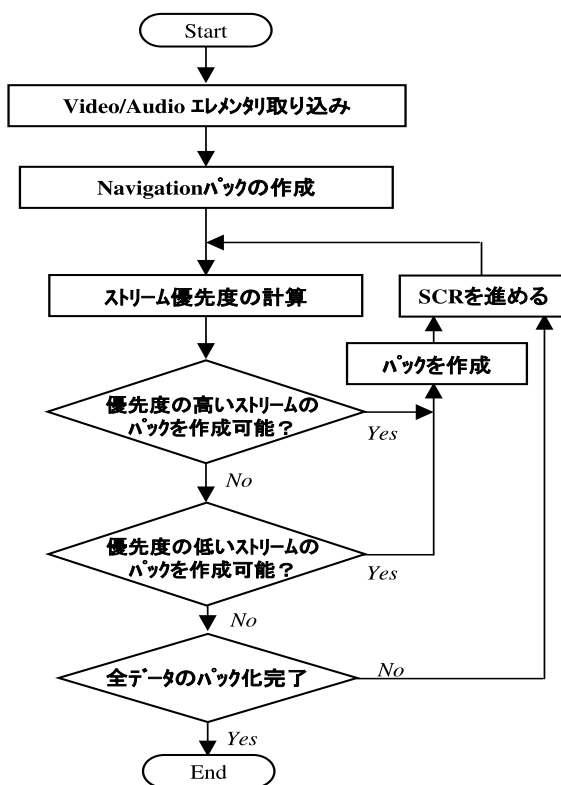


図5 1VOBUをマルチプレクスするフロー

リームの合計2ストリームの場合)。ストリーム優先度の計算にはこれからパッキングするフレームの符号量とDTS(Decoding Time Stamp), SCR(System Clock Reference)の値を使用している。フレームの符号量が大きいほど、あるいはDTSがSCRに近いほど優先度は高くなる。

また、図5で示すようにVOBU単位で動作は完結する。これを繰り返すことで全体をマルチプレクスしていく。そのためビデオエレメンタリのバッファは1GOP分で済み、モジュールの省メモリに寄与した。

3.3 高速化

高速記録対応ドライブを搭載したことにより、処理も高速動作が要求された。そのためプログラミング上の非効率な処理の改善のほか、マルチプレクス処理とディスクへの書き込み処理の二つの処理をスレッド分割するマルチス

レッド化を行った。図6のように、1スレッドではマルチプレクス処理と書き込み処理が逐次進行するが、2スレッドにすると二つの処理が同時に実行されるため、時間短縮を図ることができる。

製品実機上でのコピー速度の測定結果を図7に示す。グラフはディスク1枚に記録できる時間とコピー所要時間の比で示してある。理論値は4倍速記録対応のDVD-Rディスクを使用した場合の値である。その結果、EPモードにおいて最大約18倍速のコピー速度が得られた。

3.4 ストリーム検証

DVDコピー機能で作成したディスクがDVD-Video規格に合致しているかどうかは再生互換性の点で非常に重要な検証項目である。そのため一般的なDVD検証ツールおよび社内ツールを使用して論理検証を行い、ディスクに含まれるストリームがいずれもノーエラーであること

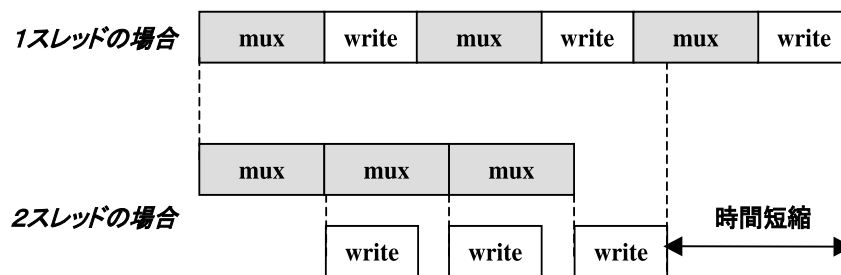


図6 マルチスレッド化

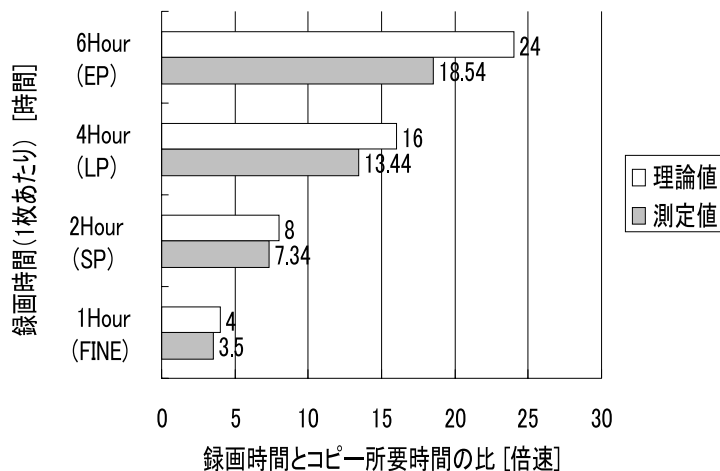


図7 コピー性能の測定結果

を確認した。併せて各社のDVDプレーヤ上で再生確認も行った。これによりマルチプレクスモジュールを含めたDVDバーニングライブラリが正しく機能していることが確認できた。各検証ツールは、開発ソフトウェアの正当性を確認するためだけではなく、開発段階における不具合の特定にも有用なツールとして機能した。

4. まとめ

DVDレコーダにおいてHDDからDVDへのコピー機能を実現するソフトウェアマルチプレクスモジュールを新規開発した。このモジュールはDVDバーニングAPIライブラリの形態で提供され、レコーダアプリケーションに搭載された。DVDコピーの速度は実時間換算で最大18倍速を実現した(EPモード)。また各種の検証ツールを用いた論理検証によりストリームにエラーが無いことを確認し、各社プレーヤでの再生確認と併せて、再生互換性を確保した。

一方でドライブの性能を100%発揮できなかったことが課題として挙げられる。今後はドライブ・ディスクとも高速化が進むため、さらなる処理効率の向上が課題となる。

5. 謝辞

本マルチプレクスモジュールの開発にあたり、多くのご協力や助言をいただいたTiVo社の関係各位に深く感謝いたします。また、ともに開発を行った当社HECビデオ事業統括部の関係各位およびストリーム検証にご協力いただいたAV開発センター・ベリフィケーションラボGの関係各位に感謝します。

参考文献

(1)DVD Specifications for Read-Only Disc Part 3, VIDEO SPECIFICATIONS Ver. 1.1

(2)ISO/IEC 13818-1 Information technology-Generic coding of moving pictures and associated audio information : Systems

(3)坪沼, 福島他: DVD オーサリングシステムの開発, PIONEER R&D, p.62-p.66, Vol.11, No.2, 2001

筆者

坪沼 寛 (つぼぬま ひろし)

所属: 研究開発本部総合研究所
ストレージシステム研究部
入社年月: 1989年4月
主な経歴: オーディオ用DSPの応用開発, 音場制御, DVD オーサリング/テストストリーム, DVD組込オーサリング(TiVo), Blu-ray テストストリームの研究開発に従事。

川口 智之 (かわぐち ともゆき)

所属: 研究開発本部総合研究所
ストレージシステム研究部
入社年月: 1980年4月
主な経歴: LD, DVD オーサリング/テストストリーム, DVD組込オーサリング(TiVo), Blu-ray テストストリームの研究開発に従事。

細井 雅幸 (ほそい まさゆき)

所属: 研究開発本部総合研究所
ストレージシステム研究部
入社年月: 1984年4月
主な経歴: カーナビゲーション, マスタリング信号処理装置, DVD オーサリング/テストストリーム, DVD組込オーサリング(TiVo), Blu-ray テストストリームの研究開発に従事。

伊藤 直人 (いとう なおと)

所属: 研究開発本部総合研究所
ストレージシステム研究部
入社年月: 1980年4月
主な経歴: カラオケディスク用ビデオエンコーダ, DVD オーサリング/テストストリーム, DVD組込オーサリング(TiVo), Blu-ray テストストリームの研究開発に従事。