

MPEG-4/IPMP の実現性検証の実際

井上 裕司
キヤノン(株) 商品開発本部

1999年3月国際標準化仕様予定のMPEG-4はMPEG-2に次ぐマルチメディア符号化技術である。従来のMPEG-2ではデジタルTVに用いられるように動画像や音楽・音声の符号化(圧縮)技術であったが、MPEG-4ではこれら動画像、音楽・音声のほかにコンピュータグラフィックアニメーション画像やコンピュータ合成音も符号化対象としている。MPEG-4ではデジタルTVの他にインターネット(WWW)上での双方向マルチメディア市場での適応が考えられている。IPMPはそのシステム部分における個々の符号化コンテンツの著作権の管理と保護についての仕様を定めている。ここではその最終仕様案(FDIS)に基づいた実際の応用例を紹介し、問題点と対処方法を挙げる。

MPEG-4 IPMP Implementation Study

Hiroshi Inoue
Canon Inc. PDHQ

MPEG-4 is an ISO/IEC standard developed by MPEG (Moving Picture Experts Group) as next to MPEG-1 and MPEG-2. MPEG-4 will be an International Standard in the first months of 1999.

The MPEG-4 standard specifies a multimedia (or multi-object) bit stream syntax and a set of tools and interfaces for designers and builders of a wide variety of multimedia applications. Each of these applications has a set of requirements regarding protection of the information it manages. The implication is that the design of the IPMP framework needs to consider the complexity of the MPEG-4 standard and the diversity of its applications.

In this paper, a single IPMP Implementation Study is shown and presented two problems in order to understand the IPMP architecture. MPEG-4 Player

第1節 MPEG-4 Player 全体像

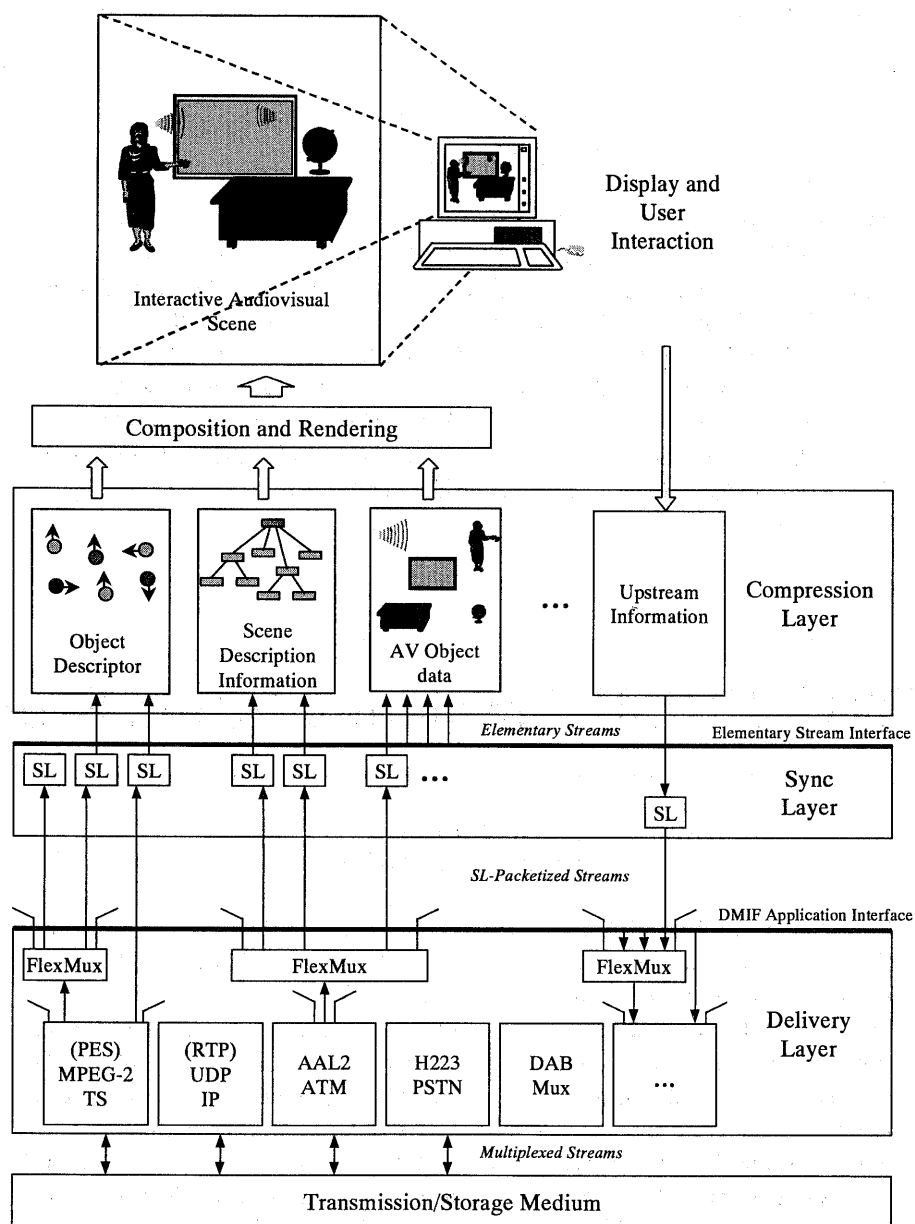


Figure 1 - The ISO/IEC 14496 terminal architecture ¹⁾

一つの MPEG-4 デジタルビットストリームを受け取った MPEG-4 Player は Figure 1 に見られる Delivery Layer (DMIF) で個々のオブジェクト毎のストリーム(Elemental Stream)に分かれ、Sync Layer でそれぞれのエンコード（符号化）時の時間単位を Player 内部時間に変換・同期を取り、個々のオブジェクト・デコーダ（復号器）で復元され、シーン記述言語(MPEG-4 BIFS)に基づいて描画・画面合成される。

第2節 MPEG-4 IPMP

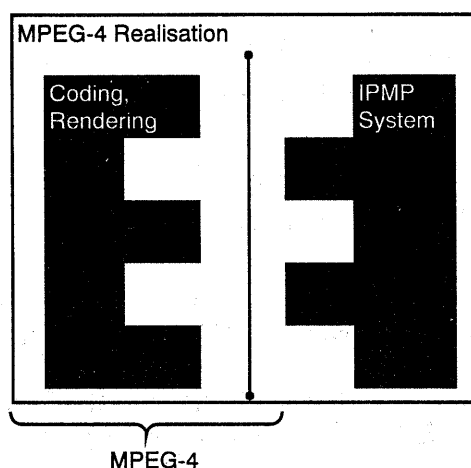


Figure 2 High level view of the IPMP architecture ²⁾

MPEG-4 Player 内部で再生される各マルチメディアオブジェクトの著作権の管理と保護のための IPMP System は Figure 2 の鳥瞰図に見られるような概念で MPEG-4 仕様と接する標準外のものと位置付けられる。

例えば、保護のためにオブジェクトストリームに暗号やデジタル電子透かしなどの技術が用いられる場合、MPEG-4 仕様ではこれら保護技術そのものは規定せず、MPEG-4 仕様との整合を取るためのインターフェースだけが規定されている。（→後述）

さらに、保護のための機構として各オブジェクトストリームの制御が MPEG-4 Player 内部で行われるが、Figure 3 に見られるように IPMP Stream Flow Control Point は各デコーダの前後、Composition Buffer 直前等様々な部署が考えられ、そのための実装方法・制御方法が考えられる。

このため MPEG-4 IPMP 仕様は非常に単純な構成となっている反面、実際の運用に関しては現時点では十分な情報を提供できないという矛盾がある。（IPMP 委員会では特定の保護技術・制御部署・制御方法を特定することは国際標準の考えから現時点では好ましくないと判断し、標準仕様としての記載はしないことになっている。）

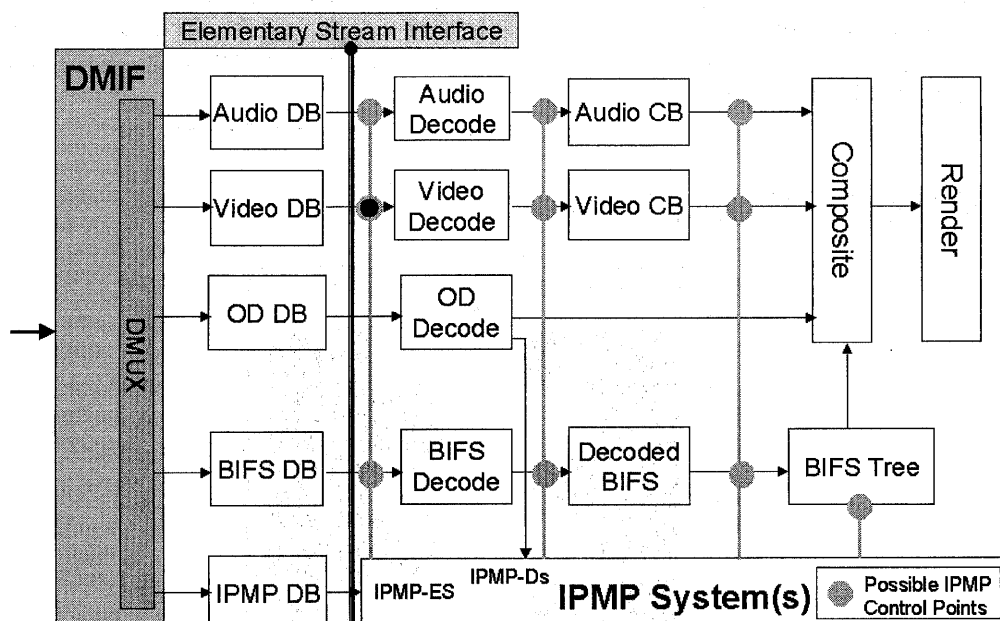


Figure 3 IPMP Framework in the ISO/IEC 14496 Terminal Architecture ³⁾
 (● は今回の実験で行った Stream Flow Control Point。)

しかし、現実問題として実際に IPMP 仕様を用い、MPEG-4 仕様と IPMP 運用の間で問題がないかどうかの検証が行われることになった。⁴⁾

最も懸念される事項として以下の 2 点が挙げられた。

① Timing and synchronization tests;

② Multi-thread Management e.g. 2-D and 3-D Player.

①は IPMP System で行われる認証作業にかかる遅延が複雑な MPEG-4 Player 内部動作にあたる影響を見るためであり、②は同期を取って複数のオブジェクト復号・再生作業を行う MPEG-4 動作の一端を IPMP System が保護のために問題なく制御できるか、を見るためのものである。

第3節 IPMP 実現性検証

以下に IPMP 最終仕様案⁹⁾に基づいた実際の IPMP 実装例を紹介する。

第1項 実験目的

Single IPMP System を持つ MPEG-4 Player において、

1. 3D オブジェクトとして2つの六面体（キューブ）が回転していて、
2. その一つの壁面には2D ビデオオブジェクトが「貼って」有り、
3. そのビデオオブジェクトと同期した音声再生されている。

これらオブジェクト達による合成画面再生のための MPEG-4 ストリームに対して、

- a. IPMP System による Object Stream の保護はビデオストリームを対象とし、
- b. 認証開始時間を IPMP Data より指定し、
- c. 認証作業中、ビデオストリームの再生のみ中断し、
- d. 認証終了時間を IPMP Data より再度指定し、
- e. 音声と同期したビデオ画面よりビデオ再生を再開する。

この一連の作業における問題点を検証する。

第2項 IPMP Descriptor(IPMP-D) and IPMP Elementary Stream(IPMP-ES)

第1項 a.を実現するため、シーン記述部分において Figure 4 の宣言を行い、

```
UPDATE IPMPD {  
    IPMP_Descriptor_ID          69  
    IPMPS_Type                  0  
    IPMP_data                   "IPMP  
stream to control H263 stream."  
}
```

Figure 4

IPMP-D とその ID を宣言する。次ぎに 3D Cube object の一つの各壁面に「貼る」2D(Video) Object stream Descriptor シーン記述中に Figure 5 の宣言を行い、このビデオストリームが IPMP System の対象であることを明示する。

```
extensionDescriptor IPMP_DescriptorPointer {  
    IPMP_Descriptor_ID          69  
}
```

Figure 5

```

{
    // IPMP stream
    es_Number 2
    streamType PactSimpleIPMP
    fileName ../../Streams/IPMP/IPMP1-8.dat
    decConfigDescr {
        streamType 8    // IPMP stream.Temporarily.
    }
    alConfigDescr {
        //useAccessUnitStartFlag TRUE
        //useAccessUnitEndFlag TRUE
        useTimeStampsFlag TRUE
        timeStampResolution 1000
        timeStampLength 14
    }
}

```

Figure 6

第1項b.を実現するために用いるIPMP DataはFigure 6で宣言されたIPMP Stream、実際には"IPMPx-y.dat" file、を用いることとし、ここでIPMP System、即ちIPMP Decoderの構成を宣言する。

```

0
Play First IPMP packet
1000
Wibble Second IPMP packet
8000
Play Third IPMP packet
9000
Play Fourth IPMP packet
10000
Play Fifth IPMP Packet
60000
Play Last IPMP packet at 60 second

```

Figure 7

このIPMP System(Decoder)に渡される"IPMP1-8.dat"の例をFigure 7に示す。"play"は「再生」、"wibble"は「中断」をIPMP Systemに実行させ、数字はその指示の時間を表す。単位は msec。Figure 7では「1秒後にビデオ再生を中断し、8秒後に再開せよ」となる。

第3項 IPMP Stream Flow Control

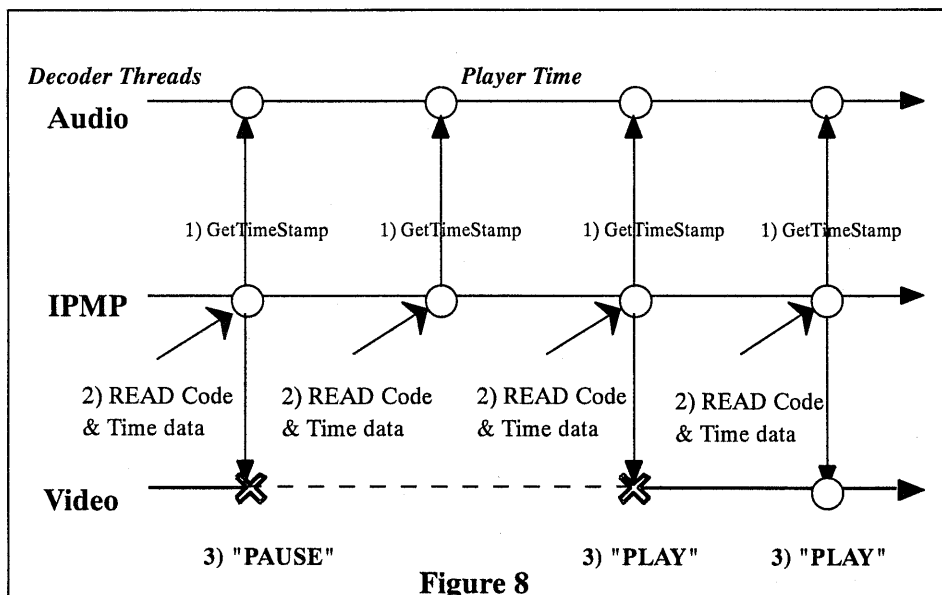


Figure 8

Figure 8 に第 1 項 c,d,e のプロセスを示す。

1. IPMP System が Audio decoder thread と Video decoder thread を管理し、
2. audio thread から TimeStamp を入手し、
3. IPMP Stream から IPMP Data を入手し、TimeStamp データと比較し、
4. 時間とコマンドが一致した時点でビデオ再生を中断し、
5. その後も 2. 3. を繰り返す、
6. ビデオ再生再開時点で video decoder thread を再開し、
7. Sync Layer で Audio と同期を取った時点で表示を再開する。

第4節 IPMP 実現性検証結果

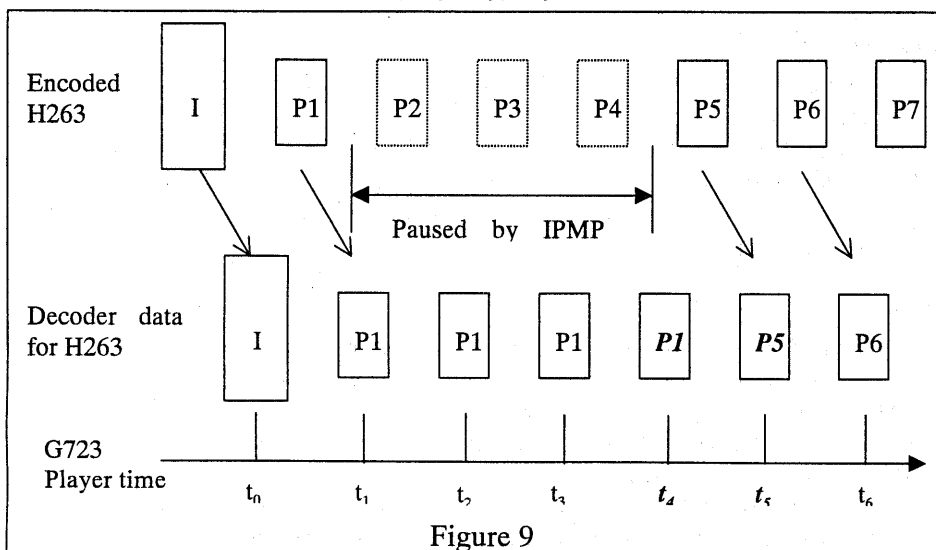


Figure 9

問題点 その1

IPMP によるビデオ再生の中断後の再開時、audio と同期を取るために video decoder への復号化データは、同期が取れるまで Figure 9 のようにスキップされる。一方、今回用いたビデオ符号化方式は符号化効率向上のため隣り合うフレーム画像相関による差分画像のみの符号化を行っている。この方式での復号には前後のフレーム画像データの連続性が重要である。今回の同期のための「スキップ」はこの画像相関を無視しているため、中断前後の再生画像が正常に更新されず、相互のフレーム画像が重なった現象が続く。

対策 その1

IPMP System 側が audio との同期後再開する際、ビデオストリーム内の最も近い時点の全フレーム画像データ(I-picture or I-VOP)から video decoder へ符号化を再開するようにする。

問題点 その2

紙面の都合で詳細は割愛するが、現在の IPMP 仕様は基本的に Elementary Stream に対するものである。

一方、3D などのコンピュータグラフィック(CG)画像はシーン記述言語で構成されており、ビデオやオーディオ等の一定時間方向にサンプリングされたデジタルデータと異なる。即ち、シーン全体を一つの elementary stream と見なして MPEG-4 では処理するため、CG の各ノード、ここでは cube 等、毎の IPMP の適応に今回とは異なる手法を用いることになる。また CG ノードへの IPMP 時間指定もできない。

対策 その2

いくつかの方法が提案されているが未だ効率的な方法とはならず、検証されたいないのが現状。時間指定に関しては未知数のまま。CG への IPMP 仕様の整備は今後の検討・修正によるところが大きい。(→MPEG-4 System Version 2 2000 年 3 月予定)

第5節 結論

今回の検討結果から現 IPMP 仕様で Video, Audio 等の Media Stream への IPMP の適応ができ、コンテンツ保護技術を用いることで実際の応用が可能である。反面、その実装に際しては各 stream の持つ特性を考慮した IPMP System を用意しなければならないため、単に著作権の管理と保護の機構だけでは再生に問題が生ずる場合がある。MPEG-4 では、1.System, 2.Visual, 3.Audio, 4.Test, 5.Reference Soft, 6.DMIF の6つのパートがあり、何を対象とし、どんな用途で IPMP 仕様を用いるか、が重要である。

参考文献

- 1) ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 11 N 2501 Part 1: Systems p.XXI
- 2) ISO/IEC JTC1/SC29/WG11/N2614 “MPEG-4 Intellectual Property Management & Protection (IPMP) Overview & Applications Document”, p.2
- 3) ISO/IEC JTC1/SC29/WG11/N2614 “MPEG-4 Intellectual Property Management & Protection (IPMP) Overview & Applications Document”, p.3
- 4) ISO/IEC JTC1/SC29/WG11/N2520 “IPMP Implementation Studies”
- 5) ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 11 N 2501 Part 1: Systems p.21 § 8.3