

デジタルリバイズエンジンの開発

Development of "Digital Revise Engine"

浅川 太郎, 林 幸雄, 原田 清次, 勝屋 宏一
Taro Asakawa, Yukio Hayashi, Seiji Harada, Koichi Katsuya

阿部 義徳, 高橋 哲也, 高橋 宏二, 水戸 研司
Yoshinori Abe, Tetsuya Takahashi, Koji Takahashi, Kenji Mito

田中 淑貴, 渡邊 一弘, 伊東 毅
Yoshitaka Tanaka, Kazuhiro Watanabe, Takeshi Ito

要 旨 地上デジタル放送は、アナログテレビ放送と比較して移動受信の安定性に優れている。しかし、ビルの谷間などを走行している時や高速移動している時、あるいは弱電界エリアでの受信など、受信条件によっては映像の乱れや音切れなどが発生する。

この問題を解決する為に、エラーコンシールメント技術 "デジタルリバイズエンジン" を開発した。この技術を車載用地上デジタル TV チューナーに搭載することで、受信エラーによる映像の乱れや音切れを低減し、走行中においても良好な視聴環境を提供することができた。

Summary In this paper, a new error concealment technique, "Digital Revision Engine", for the ISDB-T(Integrated Services Digital Broadcasting-Terrestrial) system is described.

For mobile reception, the ISDB-T system shows better performance compared with the analog broadcasting. However, transmission errors occur when it moves between buildings or moves at high speed. Due to these transmission errors, video errors and audio errors occur.

To solve this problem, a new error concealment technique, "Digital Revision Engine", was developed. As a result, video errors and audio errors have been reduced by this new error concealment technique.

キーワード : エラーコンシールメント (error concealment), 地上デジタル放送 (ISDB-T), TS Demux, MPEG-2, AAC, ビデオデコーダ, オーディオデコーダ, 車載, 移動受信

1. まえがき

アナログテレビ放送を車で移動中に受信する場合、マルチパスなどの影響によりゴーストが生じたり、映像や音声が悪化するといった問題があった。

それに対し地上デジタル放送は、変調方式にマルチパス耐性に優れた OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex) が採用されており、移動受信においても高い受信品質が確保できる。

しかし、地上デジタル放送を移動受信する場合においても、地形によって電波が遮られた時やマルチパスの影響を受け易いビルの谷間などを走行している

時、あるいは高速移動している時、さらには弱電界エリアでの受信など、受信条件によっては映像の乱れや音切れなどが発生する場合がある。

この問題を解決するために、エラーコンシールメント技術 "デジタルリバイズエンジン" を開発した。この技術は、**図 1** に示す車載用地上デジタル TV チューナー GEX-P7DTV, GEX-P9DTV に搭載され、受信エラーによる映像の乱れや音切れを低減することができた。

本稿では、このデジタルリバイズエンジンについて紹介する。



図1 車載用地上デジタルTVチューナー
(GEX-P7DTV,GEX-P9DTV)

2. デジタルリバイズエンジンの特徴と受信機構成

2.1 特徴

MPEG-2 システム (Moving Picture coding Experts Group-2 Systems) は、放送や通信系のメディアを対象とした多重化規格で、現在、日本をはじめとする各国のデジタル放送で採用されている。そこで規定されている MPEG-2 TS(Transport Stream) は、放送や通信など誤りの発生する伝送路での使用を想定したパケット伝送形式であり伝送しやすい小さな固定長パケットを採用している。

デジタルリバイズエンジンは、この MPEG-2 TS の TS パケット単位でエラーを特定し、エラーコンシールメント処理を行うことを特徴としている。

2.2 一般的な受信機

図2に一般的な受信機のブロック構成を示す。

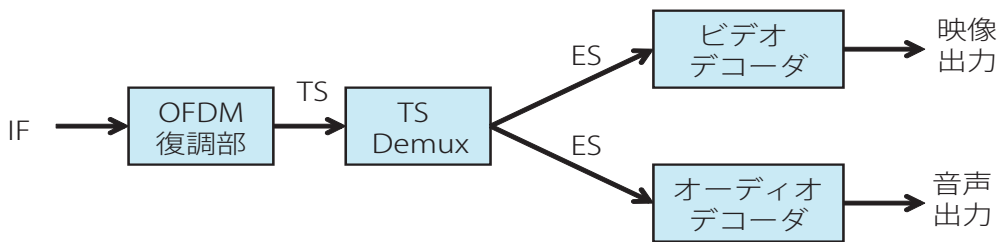


図2 一般的な受信機

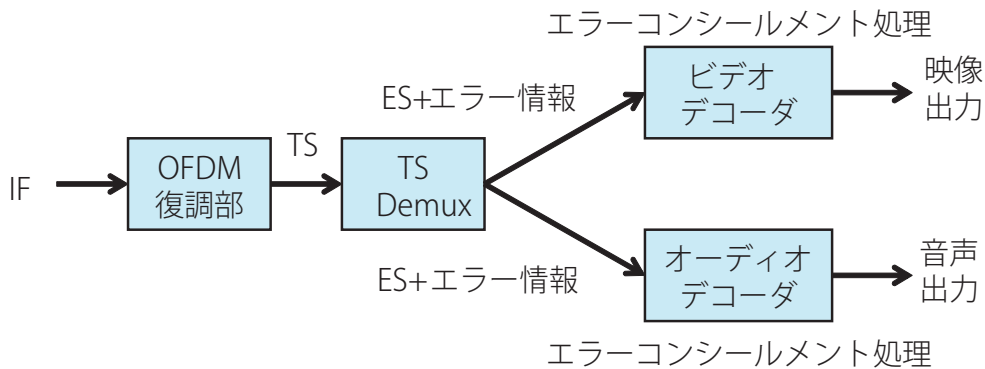


図3 デジタルリバイズエンジン搭載受信機

IF(Intermediate Frequency) 信号を復調して TS パケットを得る復調部と、TS パケットを映像 ES(Elementary Stream) と音声 ES に分離する TS Demux(Transport Stream Demultiplex) と、分離された映像 ES や音声 ES の各々を復号して映像データおよび音声データに復元するビデオデコーダおよびオーディオデコーダを備えている。

このような受信機では、OFDM 復調部で受信エラーが検出された場合、TS Demux においてエラー TS パケットは破棄されるが、各デコーダに TS パケットが破棄されたというエラー情報を伝達する手段がないため、各デコーダでエラー位置を特定することが困難である。

2.3 デジタルリバイズエンジン搭載受信機

図3にデジタルリバイズエンジンを搭載した受信機のブロック構成を示す。OFDM 復調部で受信エラーが検出された場合の処理過程を示している。

受信エラーが検出されると、TS Demux はエラー TS パケットを破棄すると同時に、そのパケットを破棄したという情報を各デコーダに伝達する手段を有している。つまり、エラー情報を各デコーダに伝達することで、デコーダによる正確なエラー位置特定とエラーコンシールメント処理を可能としている。

3. ビデオリバイズエンジン

デジタルリバイズエンジンのビデオ処理 (ビデオリ

バイズエンジン)を説明する。

3.1 MPEG-2 TS とビデオ ES

図4にMPEG-2 TSとビデオESの関係を示す。TS Demuxは、複数のTSパケットをつなぎ合わせることでビデオESを生成する。ビデオデコーダでは、そのESをTSパケット単位とは関係ない可変長のデコード処理単位で処理していく。

ES中のスタートコードは、エラーなどで映像データが欠落した時にデコード処理を再スタートするための同期データである。

3.2 一般的な受信機の問題点

一般的な受信機の問題点として、ビデオESデコード処理におけるスタートコードの検出漏れがある。

図5にスタートコードを検出漏れした場合のMPEG-2 TSとビデオESの関係を示す。受信エラー

が検出されエラーTSパケットを破棄した結果、ESデータに不連続点が生じる。3.1章で述べたようにMPEG-2ビデオのデコード処理は、TSパケット単位とは関係なく可変長のデコード処理単位で処理する。従って、このようにESデータに不連続点が生じたほとんどの場合、その不連続点を検出することができない。そのため本来エラーではないスタートコードを映像データとして誤ってデコードしてしまう。これがスタートコード検出漏れの問題であり、この結果映像に乱れが生じることになる。

図6にスタートコードを検出漏れした場合の映像例を示す。マクロブロック単位に区切って示している。

任意のマクロブロックにおいてエラーによるデータの欠落が発生した場合、それ以降正常なデータを受け取ったとしても、次のスタートコードを検出するま

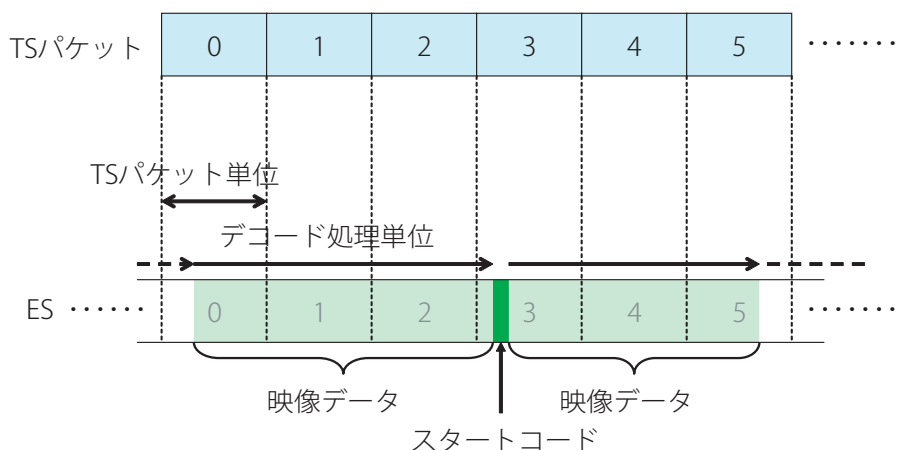


図4 MPEG-2 TS とビデオ ES の関係

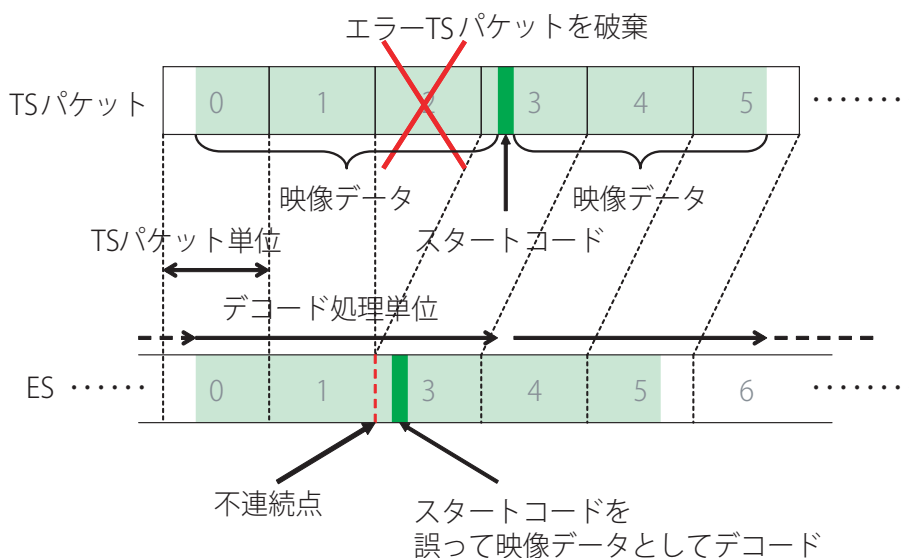


図5 スタートコードを検出漏れした場合

で正常にデコードできない。上記のように、スタートコードの検出漏れが発生してしまった場合、さらに先のスタートコードまで正常にデコードできない可能性がある。この問題を解決するために、エラー情報の伝達方法に工夫を施した。

3.3 エラー情報の伝達方法

図7にエラー情報の伝達方法を示す。デコーダへのエラー情報の伝達手段として、破棄したエラーTSパケットの代わりにMPEG-2のVLC(Variable Length Coding)やスタートコードに規定されていないコードを挿入する。ビデオデコーダは通常のデコード処理と区別することができ、正確な位置でデコード処理を中断できる。従って、正確なエラーの位置が特定できる。

そして、エラーによってデコード処理を中断した

場合、再同期するためのスタートコードを検索するためのシーケンスを開始する。これにより、問題であったスタートコードの検出漏れはなくなり、ESの不連続点を特定することが可能となった。

3.4 エラーコンシールメント処理

ビデオのエラーコンシールメント処理方法について説明する。まず、現在のフレームにおいてフレーム内にエラーマクロブロックが存在するかどうかを判定する。エラーマクロブロックが存在した場合、直前のフレームに対して、

- ① 動きが少ない映像
- ② シーンチェンジした映像
- ③ パンしている映像

の3つのパターンに判別し、それぞれの映像に合

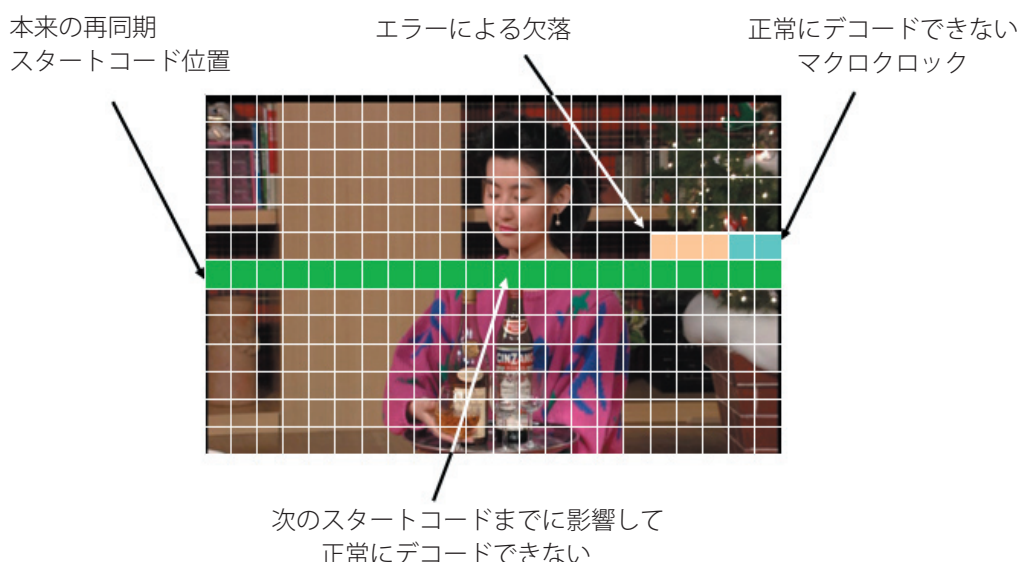


図6 スタートコードを検出漏れした場合の映像

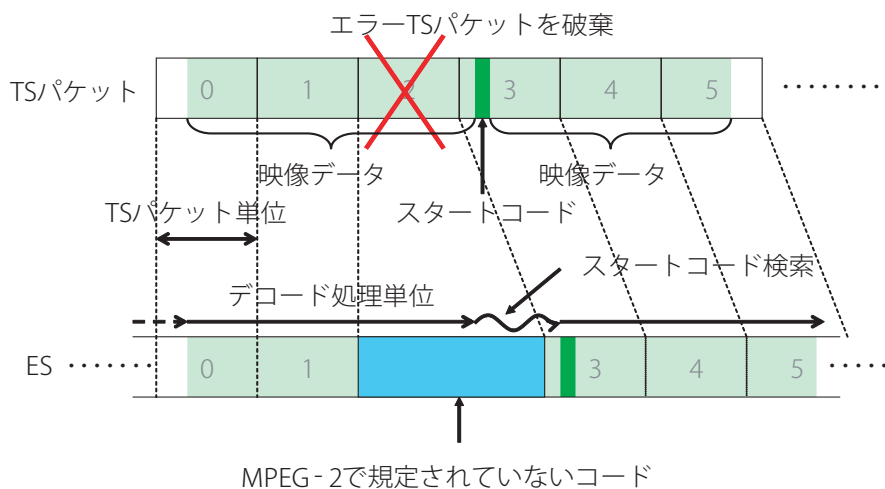


図7 エラー情報の伝達方法

わせて適応的にコンシールメント処理する。

3.4.1 動きが少ない映像

動きが少ない映像の場合、現在のフレームのエラー部分に直前のフレームの同じ位置の映像データを挿入する。

3.4.2 シーンチェンジした映像

シーンチェンジした映像の場合、動きが少ない映像の場合と同じ処理をすると、異なった性質の映像データを挿入してしまうことになるので、視覚上違和感が出てしまう。

そこで、直前のフレームの映像を挿入するのではなく、同一フレーム内の隣接するマクロブロックより生成したデータを挿入する。図8にそのコンシールメント処理の映像を示す。

3.4.3 パンしている映像

パンしている映像の場合、単純に同じ位置の直前フレームの映像データを挿入するのではなく、動きベクトルから移動量を算出し、直前のフレームの同じ位置から移動量分ずらした位置の映像データを挿入す

る。図9にそのコンシールメント処理の映像を示す。

3.5 評価結果

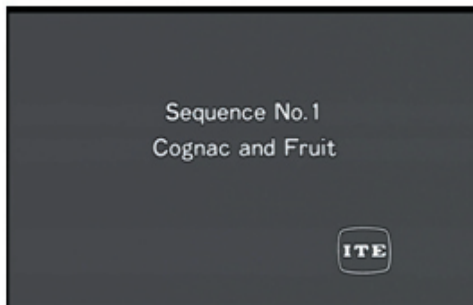
ビデオリバイズエンジンの効果を定量的に評価した。評価方法として、客観評価のひとつである PSNR(Peak Signal to Noise Ratio) 値を測定した。PSNR とは、画素ごとに原画像と比較画像の差を二乗した値の平均値をデシベル表記したもので比較画像が原画像にどれだけ似ているかを数字で表したものになる。

図10に測定結果を示す。これは、ビットエラーレートが 1.0e-6 の TS を使用した時に、約 1000 フレーム分デコードして PSNR を測定した結果である。ビデオリバイズエンジン適用の有無の差を比較したところ、平均約 5dB の差となった。また、全フレームのうち PSNR が 40dB 以上あるフレームの割合を示した区間率は、約 36% の差となった。このことから、ビデオリバイズエンジンの効果が確認できた。

4. オーディオリバイズエンジン

次に、デジタルリバイズエンジンのオーディオ処

● デジタルリバイズエンジン無し

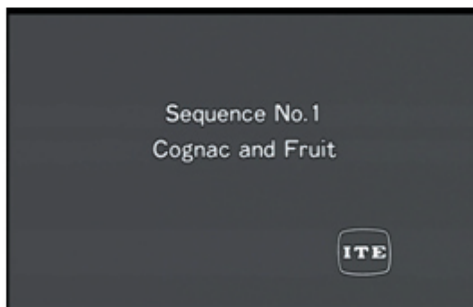


直前のフレーム



現在のフレーム

● デジタルリバイズエンジン有り



直前のフレーム



現在のフレーム

図8 シーンチェンジ映像のコンシールメント処理

● デジタルリバイズエンジン無し



直前のフレーム



現在のフレーム

● デジタルリバイズエンジン有り



直前のフレーム



現在のフレーム

図9 パン映像のコンシールメント処理

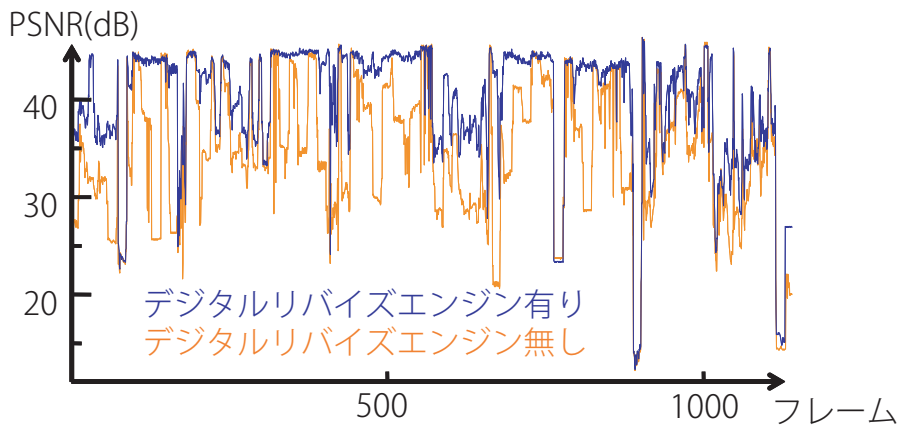


図10 ビデオリバイズエンジンの評価結果

理 (オーディオリバイズエンジン) について説明する。

4.1 エラー検出方法

一般的な受信機でのオーディオデータのエラー検出方法は、シンタックス解析によるエラー検出が主流である。

オーディオリバイズエンジンでは、ビデオと同様に、エラー部分を TS Demux から伝達されるエラー情報により特定する。これより、デコーダでのエラー検出処理を低減させ、高いエラー検出精度を実現した。

4.2 エラーコンシールメント処理

エラーによるフレーム欠落部分に、単純に直前の PCM データを挿入した場合、繰り返し音が目立ってしまう。この問題を解決するために、過去数フレームの PCM データから IIR フィルタで残響音を生成し挿入する。

図 11 に示すように生成したコンシールメント用データをそのまま挿入すると、オーディオフレームとの繋ぎ目が不連続になってしまい聴覚上の違和感が出

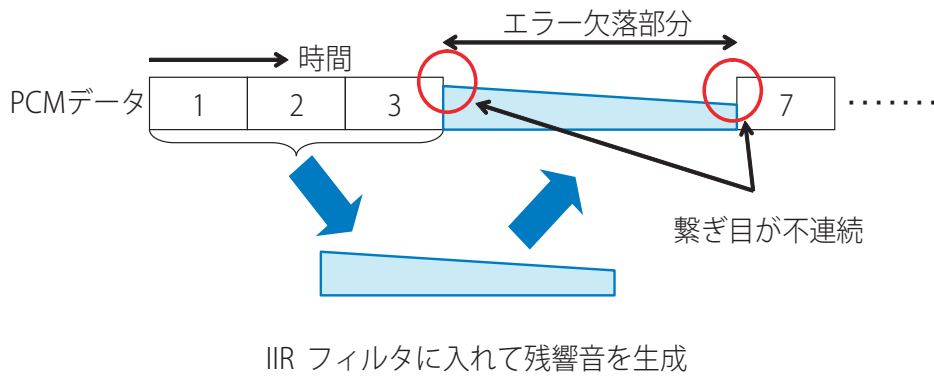


図 11 繋ぎ目が不連続なコンシールメント処理

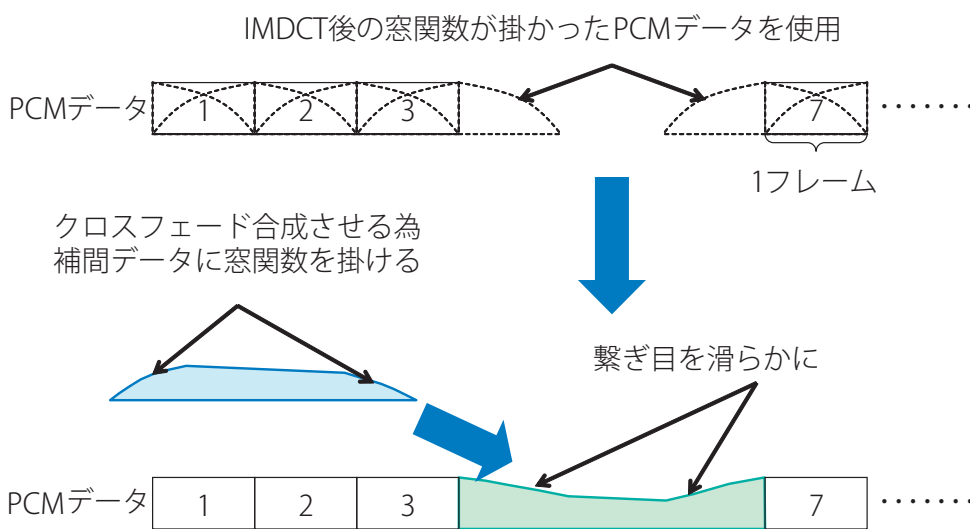


図 12 繋ぎ目を滑らかにしたエラーコンシールメント処理

てしまう。

これを解決するために図12に示すように、コンシールメント用データに窓関数を掛け、AAC デコーダにおける IMDCT 処理後の PCM データと合成することで、繋ぎ目を滑らかにした。これにより、聴覚上の違和感を減らすことができた。

5. まとめ

OFDM 復調部で検出された受信エラー情報を MPEG TS パケット単位でビデオデコーダおよびオーディオデコーダに伝達する手段を有することで、各デコーダにおいて正確なエラー位置特定が可能となり、ビデオ、オーディオそれぞれの特性を考慮したエラーコンシールメント技術 "デジタルリバイズエンジン" を実現した。

この技術を車載用地上デジタル TV チューナーに搭載

することにより、実環境においても映像の乱れや音切れを低減し、良好な視聴環境を提供することができた。

6. 謝辞

本技術の開発に協力を頂いた MBG 技術統括部、技術開発部の関係各位に感謝します。

参考文献

- (1) 浅川, 林, 原田, 勝屋, 阿部, 高橋哲, 高橋宏, 水戸, 田中, 渡邊, 伊東; MPEG-2 システムにおけるデジタルリバイズエンジン, 2006 年映像情報メディア学会年次大会講演予稿集 9-2
- (2) 高橋宏二; 「地上波デジタル放送方式」, Pioneer R&D 特集: 放送特集 Vol.10 No.1(2000)

筆者紹介

- 浅川 太郎 (あさかわ たろう)
技術開発本部モバイルシステム開発センター
- 林 幸雄 (はやし ゆきお)
技術開発本部モバイルシステム開発センター
- 原田 清次 (はらだ せいじ)
MBG 技術統括部ソフト開発部
- 勝屋 宏一 (かつや こういち)
技術開発本部モバイルシステム開発センター
- 阿部 義徳 (あべ よしのり)
技術開発本部モバイルシステム開発センター
- 高橋 哲也 (たかはし てつや)
技術開発本部モバイルシステム開発センター
- 高橋 宏二 (たかはし こうじ)
技術開発本部モバイルシステム開発センター
- 水戸 研司 (みと けんじ)
技術開発本部モバイルシステム開発センター
- 田中 淑貴 (たなか よしたか)
技術開発本部モバイルシステム開発センター
- 渡邊 一弘 (わたなべ かずひろ)
技術開発本部モバイルシステム開発センター
- 伊東 毅 (いとう たけし)
技術開発本部モバイルシステム開発センター