

# 音楽電子透かしの携帯電話による高精度非接触抽出技術の開発

茂出木 敏雄<sup>†</sup> 千葉 誠<sup>‡</sup>

大日本印刷株式会社 情報コミュニケーション研究開発センター<sup>†</sup> C & I 事業部<sup>‡</sup>

## 1. まえがき

昨年大会において、ステレオ音楽に対して殆どロスレスに電子透かしを埋め込むことができ、L側スピーカよりモノラル・マイクロフォンを用いて埋め込まれたデータを非接触に抽出できる電子透かし技術を提案した[1]。その後、埋め込み容量を従来の8倍まで増大させ、併せてエラー検出・訂正符号の挿入を行い、抽出精度を向上させるような改良を加えた[2]。更に、左右どちらのスピーカからでも透かし抽出を実現できるようにし、PCサーバーと連動させながら、携帯電話で電子透かし抽出が可能なシステムを構築した。これは携帯電話側に専用アプリを導入する必要がないため広範な機種に対応可能という特徴をもつ。本稿では、新規に開発した左右双方の音源から抽出可能なステレオ音楽電子透かし埋め込み手法を中心に概要を述べる。

## 2. 提案する電子透かし埋め込み方式の概要

筆者らは、図1に示されるように、特定周波数帯の成分をステレオの左右チャンネル間で移動させることにより、ほぼロスレスにデータを埋め込む方式を提案した[1]。図1の各枠の横軸は時間で縦軸は周波数を示し、各音符は埋め込み周波数帯の成分を模式的に示している。

図1-(1)のステレオ埋め込み方式は、埋め込み周波数領域の成分をビットに応じて左右に偏移させる本提案の基本的な手法である。本方式は抽出にあたり、ステレオマイクを必要とするため、本稿の目的とする携帯電話による抽出は難しく実用的ではない。そこで、図1-(2)(3)に示されるようなモノラル・マイクロフォンによりL側チャンネルの信号だけで抽出可能な方式を提案した。これらの場合、R側信号はL側で欠損された信号成分を補足する役目を果たす。

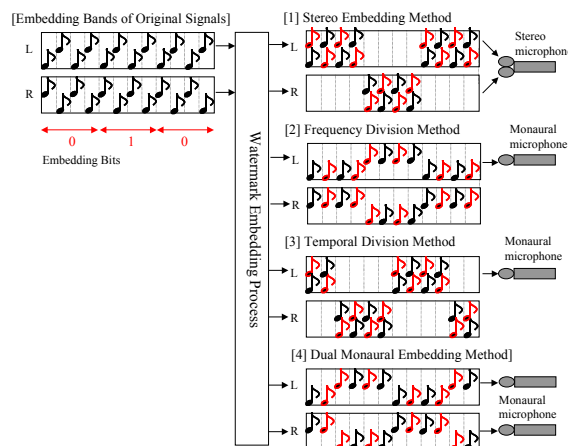


図1 提案する音楽電子透かし埋め込み手法

図1-(2)の周波数分割方式は、埋め込み周波数領域を2バンドに分割し、所定区間の音響フレームのバンド間における信号成分をデータに基づいて上下いずれかに偏移させながら、1ビットのデータを埋め込むようにした方式である。図1-(3)の時分割方式は、各音響フレームを時間軸方向に2分割し、分割窓間における信号成分をデータに基づいて前後いずれかに偏移させながら、1ビットのデータを埋め込むようにした方式である。文献[1][2]では、音響フレームの信号レベルを確認して、所定値に満たない場合は、別のコードを埋め込んでいたが、本稿では、信号レベルの如何にかかわらずデータを埋め込み、後述する抽出時のエラーチェックで対応するように改良した。

図1-(2)および(3)の方法は併用することが可能で、周波数方向の分割数を4分割まで増やすことにより、フレームあたり最大6ビットのデータを埋め込むことを確認している[2]。更に、時間軸方向に対してフレーム幅を縮小することにより、埋め込みデータレートを拡大することができる。サンプリング周波数 44.1 [kHz]のソース音響信号に対して、フレーム幅を 4096 に設定すると、フレームレートは 10 [fps]になる。

Development of High-precision Contactless Audio Watermark Extraction Technique Using Cell Phone

<sup>†</sup> Media Technology Research Center, Dai Nippon Printing Co., Ltd. (e-mail: Modegi-T@mail.dnp.co.jp)

<sup>‡</sup> Communication and Information Operations, Dai Nippon Printing Co., Ltd. (e-mail: Chiba-M10@mail.dnp.co.jp)

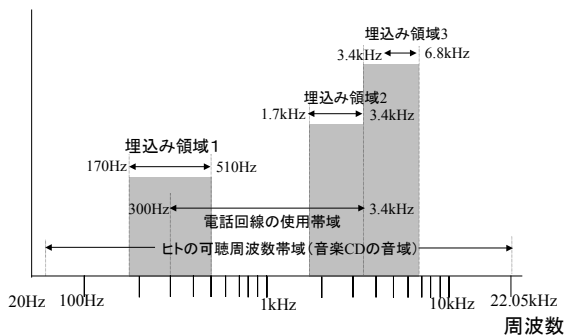


図2 電子透かし埋め込み周波数領域

第1ビット	第2ビット	第3ビット	第4ビット	第5ビット	第6ビット	第7ビット	第8ビット	第2検査符号	第1検査符号	第4検査符号	第3検査符号	第6検査符号	第5検査符号	第8検査符号	第7検査符号
$D_1$	$D_2$	$D_3$	$D_4$	$D_5$	$D_6$	$D_7$	$D_8$	$P_2$	$P_1$	$P_4$	$P_3$	$P_6$	$P_5$	$P_8$	$P_7$

図3 1バイトの埋め込みビットシーケンス

埋め込み周波数帯として図2の埋込み領域2・3に設定すれば、フレーム幅を512まで縮小することが可能で、最大80 [fps]のレートが得られることを確認した。

本稿では、特定周波数帯としては文献[1][2]で適用した周波数帯に対し再検討を行い、携帯電話による受信を前提とする場合、近接受信と遠隔受信の用途に応じて、電話回線帯域内の下端側または上端側に設定するようにし、図2に示されるような埋め込み領域1と2を選定した。更に音声入力のサンプリング周波数を16 [kHz]以上に設定できる携帯端末向けに埋め込み領域3を設定し、Lチャンネルだけのモノラル運用も実現できるようにした。しかし、データ圧縮、変調処理に対する耐性が落ちるといった問題があるため、音源の音質も要求され特定用途向けになる。

### 3. 左右双方から抽出可能な新規方式の提案

図1-(2)(3)の方式を組み合わせ、左右どちらのスピーカにモノラルマイクロフォンを近づけても抽出できるようにした方式が図1-(4)である。

図1-(2)(3)の方式では、L側の信号成分を抽出しやすいように、L側をより多く削っており、その分だけR側が膨らみ非対称になっている。これに対し、図1-(4)では周波数方向に2バンド分割しており、下側はL側抽出用、上側はR側抽出用に構成され、左右対称な成分配置になっている。R側のチャンネルで抽出を行なうと、

全ビットが反転するため、誤り検出符号を工夫し、どちら側で検出しているかを認識させる。

電子透かし抽出時の課題としては、音響信号からデータが埋め込まれているフレームを適切に抽出すること、8ビットのバイトデータが埋め込まれているフレーム群を適切に抽出すること、左右どちらのチャンネルから抽出を行なっているかを判定すること、抽出時にビット誤りが発生する際の対策を施すことが必要になる。ビット誤りについては、抽出時の外乱によるものだけでなく、無音区間など埋め込む音響フレームの信号成分のレベルが低い場合にも発生する。第1の課題については文献[1]で解決しているので、本稿では第2～4の課題についての対策を述べる。

図3は本稿で提案する1バイトデータの埋め込みシーケンスで、8ビットの検査ビットを加え全16ビットのデータを埋め込むようにした。 $D_1 \sim D_8$ , および  $P_1 \sim P_8$  は0または1の二進符号とし、 $\oplus$ を排他的論理和とすると、 $P_1 \sim P_8$  は以下で定義される。

$$P_1 = D_1 \oplus D_2, P_2 = D_2 \oplus D_3, P_3 = D_3 \oplus D_4, P_4 = D_4 \oplus D_5,$$

$$P_5 = D_5 \oplus D_6, P_6 = D_6 \oplus D_7, P_7 = D_7 \oplus D_8, P_8 = D_8 \oplus D_1$$

$P_1 \sim P_8$  の8ビット全てが不合格の場合は、16ビット全体が反転していると推定でき、抽出対象チャンネルが反対であると判定できる。また、 $P_i$  および  $P_{i-1}$  ( $i=1$  の場合  $i-1=8$  とする) の2個が不合格の場合、 $D_i$  の1ビット誤りと特定でき自動訂正可能である。

### 4. あとがき

今後は本改良方式によるホストのコンテンツ品質歪の問題を確認し、抽出感度とロバスト性を更に強化する方針である。具体的には、データ抽出可能な音源と端末間の距離、音源と端末間における外乱ノイズの影響、ビットエラーの特性等について評価し、方式改善を進める予定である。

### 文献

[1] 茂出木敏雄：“携帯電話で非接触抽出可能な音楽への電子透かし埋め込み技術の開発,” 電気学会・電子情報システム部門誌, Vol. 126-C, No. 7, pp. 825-831, July, 2006.

[2] 茂出木敏雄：“音響空間のユビキタス化に向けた電子透かし埋め込み容量の拡大技術,” 情報処理学会・コンピュータセキュリティ, シンポジウム CSS2006 論文集, pp. 447-452, October, 2006.