

動的再構成可能なプロセッサ上での電子透かしの実装

宮本 悠生[†] 小柳 滋[†]
立命館大学大学院 理工学研究科[†]

1. はじめに

近年、デジタル技術の著しい進歩により、音楽や動画配信といったデジタルコンテンツによる多種多様なビジネスが登場している。しかし、デジタル情報は品質が劣化しないため不正な複製や改変が容易であることから、著作権侵害の問題が生じており、このことがコンテンツ市場の発展にとって大きな障害となっている。そこで、この問題の対策として著作権保護や不正コピー防止といったコンテンツ保護技術の 1 つである、電子透かしに注目が集まっている。

この電子透かしは人間が知覚できない程度に、透かしとして情報を埋め込む技術であるが、動画像においてはそのデータ量の多さから、高速性を満たすことが必須条件となっている。

そこで、本稿では近年開発された、処理内容を動的に切り替えることが可能なプロセッサである、DAPDNA-2 を使用し、透かしの処理（埋め込み・抽出）、種類や強度を柔軟に変更できる、動画像に対する電子透かし専用ハードウェアの設計を目的とする。

2. DAPDNA-2

DAPDNA-2 は IPFlex 社が開発した、動的再構成可能なプロセッサであり、動的再構成を制御する 32bit の RISC プロセッサ(DAP)と動的再構成可能な演算コア(DNA)とを併せ持つマルチプロセッサである[1]。図 1 にその構成を示す。これはアプリケーション毎の専用回路を 1clock で切り替えるという、マルチコンテキストと呼ばれる動的再構成手法を採っている。DNA 内には 2 次元配列状に 32bit の PE(Processing Element)が配置されており、メモリ内のコンフィギュレーションデータを 1clock でこの PE 上に配置配線する。又、これを 6 つのセグメントに分割することで動作周波数の一定化を図っている。

DAPDNA-2 の開発環境としては FW というツールが用意されており、3 種類の方法でコンフィギュレーションデータを設計することが可能である。本稿ではその 1 つである DFC(Data Flow C)と呼ばれる拡張 C 言語による設計を行う。これはハイスループットなデータ処理に特化し、DNA 処理モデルに合わせた言語である。又、制御部の DAP は従来の C 言語での記述が可能である。DFC コードは DFC コンパイラによってコンフィギュレーションデータに変換され、続いて DNA コンパイラによって配置配線され、オブジェクトコードが生成される。

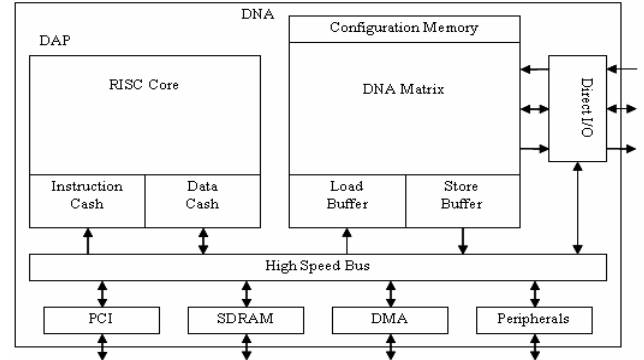


図 1 DAPDNA-2 の構成

3. 電子透かし

3.1 概要

電子透かしはコンテンツの冗長性や、人間の生理学的特徴を原理とした、人間の感覚器では認識できない情報を画像や音楽等のデジタルコンテンツに埋め込み、必要に応じてそれを検出する技術である。コンテンツ保護技術には「不正コピーを防止する技術」と「著作権者のマークを付加して証拠とする技術」の 2 つに大別できる。電子透かしは後者の技術であり、著作権保護、不正コピーの抑止を目的としたものである。図 2 に電子透かしによる著作権保護の図を示す。この透かしにより、コンテンツの正当な二次利用の促進や不正利用者に対する著作権の主張が可能となる。

透かし情報は簡単に消えては意味を成さないため、加工や圧縮への耐性が強くなければならない。又、コンテンツに元々存在しない透かしというノイズを埋め込むため、透かしの埋め込んでも情報量が増大しないこと、コンテンツの品質が損なわれないこと、透かしは随時取り出すことができること、といった要求事項を満たす必要がある[2]。

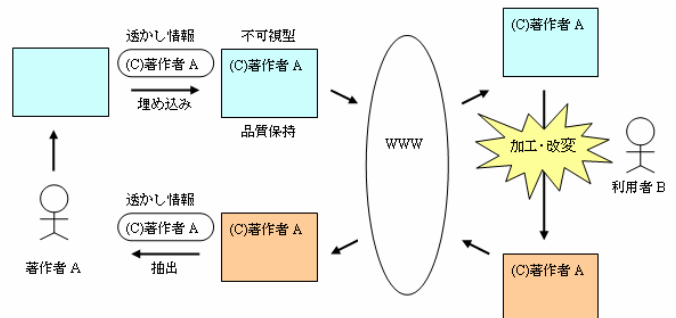


図 2 著作権保護の流れ

The Implement of Digital Watermark on Dynamic Reconfigurable Processor

[†] Yuki Miyamoto, [†] Shigeru Oyanagi

[†] Department of Computer Science, Graduate School of Science and Engineering, Ritsumeikan University

3.2 画像電子透かしの分類

画像電子透かしは抽出方法、表示形態、埋め込み方法等の観点から分類することが可能である。

透かしの抽出方法に関しては、抽出の際、原版（オリジナル画像）を使用する原版参照方式と、使用しない原版非参照方式に分類される。非参照方式の方が有効であると考えられがちだが、著作権保護では著作者のみ原版を有するため、参照方式の方が優れている場合もある。

表示形態では、透かしが見える可視型と見えない不可視型に分類される。可視型は著作権の公示を目的とした時に用いられる。しかし可視型だけでは攻撃耐性が弱いため、対策として不可視型との併用がなされている。図3に DAPDNA-2 で実装した可視型方式の実行結果を示す。

入力データは 24bit の RGB 形式とし、YCbCr の表色変換を利用した。これは表色変換する際に、全画素に対して同じパラメータを用いるのではなく、透かしの部分のみ多少変更したものをし、その後に変換をすることで透かしを埋め込んだ。この透かしの濃さは部分的再構成により、ランタイム中での変更も可能としている。

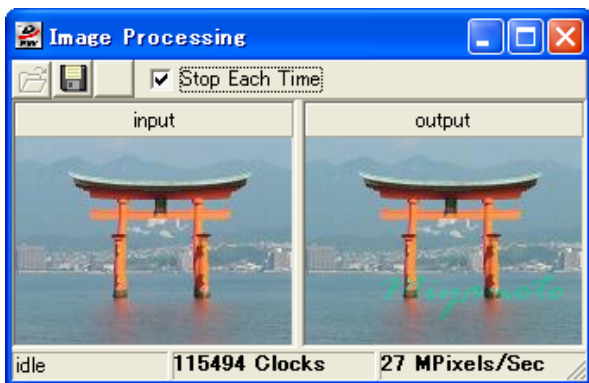


図 3 可視型電子透かしの実行結果

埋め込み手法に関しては空間領域型と変換領域型に分類できる。前者は人間の明るさ暗さといった感度の特性を利用した、輝度を表すビット情報に直接処理を施すことで透かしを埋め込む手法である。これは比較的高速に埋め込みの処理を行えるが、耐性が弱く、加工や圧縮により、透かし情報が消失するといった欠点があり、透かしとしての品質は低いという特徴を有している。後者は離散コサイン変換や離散ウェーブレット変換といった周波数分解の処理を画像データに施し、画質に影響しない特定の周波数領域に透かしを埋め込む手法である。この変換領域型は空間領域型と逆の特徴を有している[3]。

4 動画における電子透かし

動画に対する電子透かし手法は、その動画が非圧縮形式か圧縮形式かによって分けられる。

非圧縮動画に関しては、静止画の集まりであることから、前節で紹介した静止画での手法がそのまま適用できる。具体的な手法としては全フレームに透かしを埋め込む手法やフレームを選択して特定のフレームにのみ埋め込む手法等が挙げられる。しかしながら、非圧縮とはいえ、今後圧縮される可能性があるため、それに対する耐性を持つように埋め込まなければならない。

圧縮動画では、MPEG 動画中のフレーム間圧縮を受けてない画像に透かしを埋め込む方法や MPEG 固有の情報である動きベクトルや予測残差を用いた埋め込み手法が挙げられる。前者の具体例としては、MPEG 画像の編集単位である、GOP 中に含まれた I ピクチャに埋め込むというものである。図4にその考え方を示す。

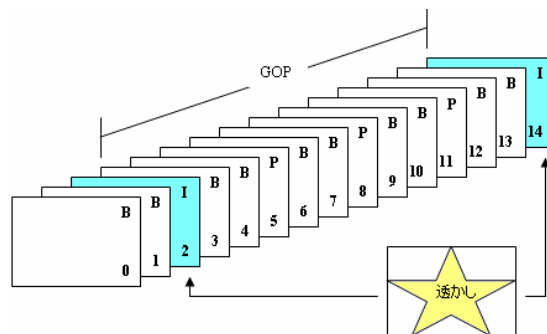


図 4 I ピクチャへ埋め込む考え方

I ピクチャは動きの予測を用いずに映像信号を直接符号化したフレーム映像で、静止画像と同じ構造を持っている。このため、先で述べた静止画像への透かしの埋め込み手法がそのまま適用できるが、フレーム内圧縮を受けることや、同じ場所に入れ続けると埋め込み箇所が特定されることに注意を払う必要がある。

又、この実用化には、透かし情報の検出方式や計算時間、メモリやストレージといった問題に配慮する必要がある。

5. 考察

本研究では動画への電子透かしを行う専用ハードウェアの設計を目的としている。前節から動画への透かし手法は圧縮耐性のある静止画電子透かし法を適用すればいいことが分かる。又、ファイル形式が圧縮か非圧縮形式かにより、その手法が異なることも分かる。このことから入出力ファイル形式を決めなくてはならない。つまり、非圧縮から非圧縮と圧縮から圧縮、又、圧縮過程を含めた非圧縮から圧縮への3種に分類することができる。そこで、本研究では入力を非圧縮動画形式とし、電子透かしの埋め込みをし、MPEG エンコーダを行い、圧縮形式の動画を出力するといった、圧縮過程を含めた電子透かし専用ハードウェアの設計を試みる。しかしながら、まずは簡単な MPEG エンコーダ部を除いた、非圧縮動画での電子透かしの設計を行う。又、動的再構成可能なプロセッサの特徴を活かし、透かしの埋め込み手法や、その強度を柔軟に変更することで、透かし攻撃への耐性を強化できるのではないかと考えている。

参考文献

- [1] IPFlex 社：“DAPDNA ダイナミック・リコンフィギュラブル・プロセッサ DAPDNA-FW BASIC コース資料”、2004
- [2] CQ 出版株式会社：“よくわかる動画・静止画の処理技術”、貴家仁志、2004
- [3] オーム社：“電子透かしとコンテンツ保護”、小野東、2001