

ビデオウォーターマーク

Video Watermark

岩村 宏, 菅谷 和実, 佐々木 努, 河原 哲也

Hiroshi Iwamura, Kazumi Sugaya, Tsutomu Sasaki, Tetsuya Kawahara

山崎 博司, 遠藤 秀人, 守山 義明

Hiroshi Yamazaki, Hideto Endo, Yoshiaki Moriyama

要 旨 デジタルウォーターマーク(= 電子透かし)は, コンテンツそのものに著作権管理情報などを埋め込む技術である。埋め込み前後で画質劣化が少なく, またその消去が困難であることから, デジタルコンテンツ時代に有効なコピープロテクション技術として有望視されている。ここでは, ウォーターマークを利用したコピー保護システムと, その標準化動向について概説する。

Summary The Digital Watermark that will be embedded in video signals is expected to be an important technology for copyright protection due to its robustness against circumvention.

We have been developing the Video Watermark as a member of the Video Watermark Group, so we will describe the outline of the technology and its standardization here.

キーワード : 電子透かし, 著作権保護, Digital Watermark, Copy Protection, DVD, CSS, CCA

1. まえがき

近年, MPEG2/DVD-Videoの規格化により高品質なデジタルコンテンツが普及し, アナログ経由であっても比較的高品質な複製が可能となっ
てしまっている。このような状況の中で海賊版の流通を防ぐべく, 法的規制を含めて種々の方法が検討
あるいは既に実施されている。しかしコンテンツホルダーはそれで十分だとは考えておらず, より
強固な著作権保護技術が求められている。

DVD-Videoでは, 著作権者がCSSというスクランブル方式によりコンテンツを暗号化することが
でき, 暗号化されたディスクはコピーができないようになっている。CSSは, 再生機での負荷が軽く,
アルゴリズム的には比較的単純であるが, キーな

どの機密情報が漏れなければ十分秘匿性の高い方式であるはずであった。そのためこれらの機密情
報が漏れることのないよう各メーカーにはハード・ソフトDVDプレーヤから機密情報を取り出せない
ような処理が義務づけられていた。ところが, あるメーカーがソフトウェアDVDプレーヤにおいてこ
の処理を怠ったため, ヨーロッパに住む16歳の少年らによってキーおよびデコードアルゴリズムが
簡単に解析され, CSSを解くプログラムがインター
ネット上に公開されてしまった。このような行為
は法律違反であるとしてこの少年も一旦は逮捕さ
れ, プログラムを掲載・リンクしているWebも著作
権側から訴えられている。しかし, その類似ソフト
も含め, インターネット上から姿を消すには至っ

ていない。

デジタルウォーターマーク(Digital Watermark, 以降WM)は,コンテンツそのものに著作権管理情報やコピー制御情報を埋め込み,その後,MPEG圧縮などを含むオーサリング処理が施される。そのため例えばキーが流出したとしても,あるいは埋め込みアルゴリズムを全て知っていたとしても,WMだけを完全に消し去ることは大変困難である。また,大きな画像劣化を伴わなければ,加工やアナログダビング後であっても検出可能という特長もあり,デジタルコンテンツ時代に有効なコピープロテクション技術として有望視されている。

当社は,Video Watermark Groupの一員として,アルゴリズムからセット実装までの評価・改善検討などを行ってきている。ここでは,WMについて概説する。

2. WM

WMには,著作権情報を目に見える形で(ロゴなど)埋め込むVisible-WMや,目では見えないが,専用の検出器を通すと著作権情報が得られるInvisible-WMがある。Invisible-WMでは目に付かないよう,コンテンツの性質によって埋込強度などをコントロールする必要がある。埋込強度が強すぎると画質劣化となり,弱すぎると画像加工などに対する耐性がなくなってしまうため,画質と耐性とのバランスを取って埋込を行わなければならない。

適切に埋め込まれたWMはほとんど目には付かないにもかかわらず,クロッピング(画像の一部切り取り)などの加工が行われた後や,アナログ系(VHSなど)を通った後でも検出が可能となる。

3. Video Watermark (VWM)

3.1 VWM Group

1997年,DHSG(CPTWGの下部組織)がビデオコンテンツ用のWM技術の公募を行った。これは,今までは著作権物の流通トレースが主な目的として使用されていたWM技術を,WMにCCI情報を載せることにより録画・再生の制御を行うことを特長とするものであった。その主な要求仕様を表1に示す。

それに対して11社から提案があり,IT分野でIBM・NECが,CE分野で日立・ソニー・パイオニアがそれぞれの技術融合をはかった。さらにその後,上記2グループの5社が集結し,1999年2月,Galaxyグループを結成した。一方Philips,Macrovision,DigimarcがMillenniumグループを結成した。この2グループの方式が,CSSの答申機関として設立されたWaRPに評価対象として各システムを提出し,第3者による評価が行われた。その結果明白な優劣はつかず,また特許問題なども解決せず,当時CSSの暫定機構であったCSS Interim(現在DVD CCA:Copy Control Association)は標準方式の選定作業を中断した。しかしその後も著作権者側を交えて粘り強い交渉が続けられ,2001年5月,ついにPhilips,Macrovision,Digimarc,NEC,日立,ソニー,パイオニアの7社が,技術マージを行い,方式を統一することに同意した。なお,DVD CCAは2001年3月に選定作業を再開し,2001秋をめどにWM方式の標準化作業を開始している。

表1 DHSG WM Requirements

画質	埋込み前後で劣化が小さいこと
検出器コスト	低コストであること
検出ドメイン	ベースバンド/MPEGストリーム双方で検出可能であること
世代管理	セット側で1世代コピー管理が可能なこと
耐性	通常のビデオ処理に耐えること
データペイロード	8ビット程度
埋込みプロセス	通常の制作プロセスの中で、リアルタイムに行えること

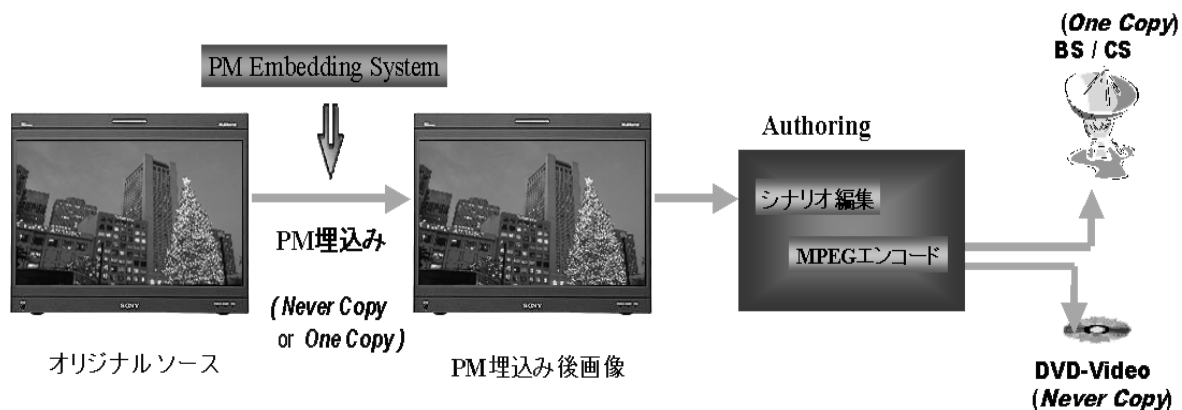


図1 PM埋込み過程

3.2 VWMの特長

スタジオ側であらかじめ埋め込む Primary Mark と、世代管理のためにセット側で埋め込む Secondary Mark という2つのWMを利用する。コピープロテクションという性質上コンフィデンシャル情報を多く含み、ここで詳細を述べることはできないので概略に留める。

- ・埋込み前後で画質劣化がほとんど無い
- ・ベースバンドでもMPEG2ストリーム上でも検出可能(ベースバンド/ストリーム検出は、それぞれ専用の検出器が必要)
- ・現行システム(セットトップボックスなど)の変更なしに、一世代コピー管理機能を実現可能
- ・False Positive (WMが存在しないのに誤検出すること)は1検出当たり 10^{-12} 以下
- ・再MPEG圧縮やアナログ系(VHSなど)でのダビング後でも検出可能
- ・パッケージメディア、放送系で利用可能

3.2.1 Primary Mark (PM)

スタジオなどで、コンテンツにあらかじめ埋め込まれるWMであり、CCI情報として、Copy Free/One Copy/Never Copyを示すことができる。埋込前後での画質劣化はほとんどない。PM埋込み過程を図1に示す。(各CCIの意味は、表2参照)

3.2.2 Secondary Mark (SM)

一世代コピーを管理するためのWMであり、放

表2 CCIビットの定義

PM	コピーステート
00 or なし	Free
10	One Copy
11	Never Copy

送のタイムシフト録画や配信を可能とする。“One Copy”素材をコピーした場合はSMが付加(リマーク)され、それ以降“No More Copy”として扱われる。“No More Copy”素材からのコピーはできない。

3.3 DVDレコーダ/プレーヤでの制御

3.3.1 Recording Control

録画時の制御の例を図2および表3に示す。

例えば、DVD-Videoの映画コンテンツに“Never Copy”を埋め込んでおけば、アナログ経由であってもレコーダ側でWMが検出され、コピーが禁止される。“One Copy”の場合は1回コピーができるが、同時に“Secondary Mark”が挿入されて“No More Copy”となり、そこからのコピーはできなくなる。

3.3.2 Playback Control

再生時の制御はメディアタイプ(レコーダブルかリードオンリーか)によって分かれ、検出されたWMの状態に、ディスクの種別の判別やスクランブルの有無など他の条件も加味し、総合的なコピー制御システムとして運用されることとなる。

表3 Recording Control

WM detection result	Response
Copy Free or No Mark	Allow Copy
One Copy	Allow Copy and add SM
One Copy + SM (= No More Copy)	Prevent Copy
Never Copy	Prevent Copy

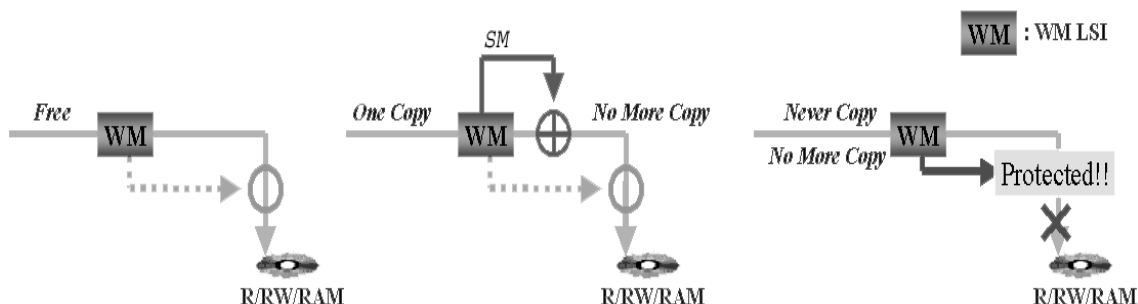


図2 Recording Control

具体的な制御方法については種々の意見があり、実際の機器への搭載に向け検討が行われている。

3.4 要求仕様

3.4.1 耐性(Survivability)と

画質(Visibility)

WMは、人間の目では検知しにくいように埋め込まなければならない。しかし、埋込みが少ない/強度が弱いと特にアナログ経由の耐性が弱まり、(下のFalse Positiveともからむが)検出率の低下あるいは検出時間が長くなるという結果になる。また、強く/多く埋め込めば当然検出率や耐性は上がるが、画質劣化を招いてしまう。つまり画質と、耐性・検出時間は相反する関係にあり、埋込アルゴリズム・埋込強度は、画質評価・耐性テストを通して決められている。

3.4.2 False Positive

WMシステムにおいてもっとも留意しなければならないことのひとつがFalse Positive(WMが入っていないのに誤検出してしまうこと)を低く抑えるということである。

VWMでは、埋込パターンや検出シーケンスなどの工夫により、十分な検出率を確保しつつ、False

Positiveを抑えている。その結果、False Positiveは1検出当たり 10^{-12} 以下となっている。

3.4.3 Robustness Rule

スクランブルなどとは違い、WM埋込後の画像は元画像と見た目は変わらないため、検出が強制化されなければ意味を成さない。そのため標準化後はAPS同様、単にプレーヤ/レコーダなどへのWM検出器搭載だけでなく、ユーザーによる簡単な変更で無効化されないことなどの義務付けがDVD-CCAによって成される予定である。これをVWMではロバストネスルールと呼んでいる。

3.4.4 Compliance Rule

レコーディング・コントロール/プレイバック・コントロールなどの実際の動作規定は、コンプライアンスルールとして規定され、ロバストネスルール同様遵守が義務付けられる。

3.4.5 HDTVとの互換性

HD用のWMはSDとの互換性を保つ必要がある。つまり、HDソースをSDにダウンコンバートした出力を、現在の検出器でそのまま検出可能なような埋込みを行う。またHDソース自体が高画質であるため、WMもより厳しい画質基準を満足することが要求される。

4. まとめ

WMはコンテンツそのものに著作権管理情報を埋め込むため、コンテンツの劣化なしに情報を消し去ることは大変困難であり、デジタルコンテンツ時代に有効なコピープロテクション技術として有望視されているとともに、これまで改善を重ねることにより実用段階に入ったと言える。WMだけで完全なものではないが、他の技術と組み合わせることで、コンテンツホルダーの要求に応えられるようなコピープロテクションシステムを構築することができる。また今後、SDTVとの互換性を保った形でHDTVへの展開も図っていく予定である。

Appendix : 略語説明

APS: Analog Protection System

VHSなどでのコピー防止をするためにアナログ映像信号にコピープロテクション信号を重畳する技術で、事実上、Macrovision社の技術を示す。

CCA: Copy Control Association

DVD 著作権保護技術管理団体 =DVD CCA Board Member は(株)東芝、松下電器産業(株)、WARNER BROS.PICTURES、20th Century FOX、INTEL Corp. である。

CCI: Copy Control Information

一回のみコピー可/禁止などを表すコンテンツ所有者からの複製に関するコピー制御情報である。

CPAC: Copy Protection Advisory Council

DVD のコピープロテクション技術を議論し、DVD CCAの上位グループに答申するDVD CCAの答申機関である。DHSGとWaRPの機能が現在DVD CCAとCPACの機能に引き継がれている。

CPTWG: Copy Protection Technical Working Group

著作権保護技術に関する広範囲な議論を行う業界団体として組織されたオープンなワーキンググループで、主な構成メンバーは、MPA(映画産業)、CEA(家電産業)、IT(コンピュータ産業)、RIAA(音楽産業)である。

CSS: Content Scramble System

パッケージ版DVD-Video用スクランブル方式である。

DHSG: Data Hiding Sub Group

DVD-Videoに採用するウォーターマークの検討を目的としたCPTWGの下部組織である。

WaRP: Watermark Review Panel

DVD-Videoに採用するウォーターマークの評価を目的とした、DVD CCAの答申機関である。

筆者

岩村 宏(いわむら ひろし)

- a. 研究開発本部AV開発センターネットワーク技術開発部
- b. 1986年4月
- c. 入社後、デジタルTV、画像・音声圧縮の研究/開発に従事
- d. 専門分野：音声・画像などのデジタル信号処理

菅谷 和実(すがや かずみ)

- a. 研究開発本部AV開発センターネットワーク技術開発部
- b. 1990年4月
- c. 入社後、画像符号化の研究・標準化活動、Video Watermarkの研究・開発に従事
- d. 専門分野：音声・画像などのデジタル信号処理

佐々木 努(ささき つとむ)

- a. 研究開発本部AV開発センターネットワーク技術開発部
- b. 1991年4月
- c. 入社後、DVD-R/RW用LSI開発、Video Watermarkの研究・開発に従事
- d. 専門分野：音声・画像などのデジタル信号処理

河原 哲也(かわはら てつや)

- a. 研究開発本部AV開発センターネットワーク技術開発部
- b. 1992年4月
- c. 入社後、システム商品の設計、Video Watermarkの研究・開発に従事
- d. 専門分野：デジタル・アナログ論理回路設計

山崎 博司(やまざき ひろし)

- a. 研究開発本部AV開発センターネットワーク技術開発部
- b. 1998年4月
- c. 入社後、DDCE、Video Watermarkに従事
- d. 専門分野：デジタル信号処理

遠藤 秀人(えんどう ひでと)

- a. 研究開発本部AV開発センターネットワーク技術開発部
- b. 1999年4月
- c. 入社後、Video Watermarkの研究・開発に従事

守山 義明(もりやま よしあき)

- a. 研究開発本部AV開発センターネットワーク技術開発部
- b. 1978年4月
- c. 入社後、デジタル信号処理、光ディスク記録再生システム、画像圧縮符号化、ネットワーク関連技術の研究開発に従事
- d. 専門分野：デジタル信号処理