

디지털저작권보호와 강인한 영상 워터마킹 기술

송학현* , 김윤호*

*목원대학교

목 차

- I. 서 론
- II. DRM과 워터마킹
- III. 저작권 기술 표준화
- IV. 워터마킹 기술
- V. 실시간 워터마킹 기술 구현
- VI. 결 론

I. 서 론

정보기술(Information Technology ; IT)의 발전을 대표하는 상징중에 하나는 각 가정에 설치된 개인용 컴퓨터(Personal Computer)를 들 수 있다. 즉, PC의 보급이 광범위해지면서 PC가 생산, 보유한 정보를 서로 공유하고 교환할 필요성을 느끼게 되어 특정 개인의 PC에만 국한되지 않고 networked PC가 필요하게 되었고, PC간의 데이터통신을 위한 다양한 기술들이 개발되기 시작하였다. 그 첫 번째 시도가 지리적으로 가까이 있는 컴퓨터간의 통신네트워크를 구성하려는 시도였는데, 이것이 근거리 통신망(LAN)과 1990년대 중반에 탄생한 웹(WWW; world wide web)의 출현이다.

PC와 PC가 인터넷으로 연결되면서, PC를 통해 정보를 생산, 가공, 교환, 활용하는 것이 생활화되기 시작하였고, 인터넷을 통해 전달되는 정보 등의 콘텐츠들이 생성되었다. 콘텐츠란 인간의 사고와 감정을 표현한 내용물로서 문자, 소리, 화상, 영상 등의 형태로 표현된 것이다. 일반적으로 콘텐츠는 하나의 독립적인 산업보다는 콘텐츠를 유통하는 미디어 산업을 통해 성장하여 왔다. 인터넷의 성장과 IT기술의 발전은 콘텐츠 산업에 커다란 영향을 미치고 있는데, 그 첫 번째는 디지털 미디어의 출현이었다.

CD-ROM(Compact Discs-Read Only Memory)이나 DVD(Digital versatile Discs)와 같은 새로운

디지털미디어가 출현하여 디지털화된 기존의 콘텐츠와 디지털 형식으로 제작된 새로운 콘텐츠들을 유통하고 있다. 그러나 디지털 미디어로서 DVD와 CD는 이들 매체를 활용할 수 있는 별도의 장치(drive)가 필요하고, 담을 수 있는 콘텐츠가 제한되어 있고, 오프라인 매체로서 소비자에게 접근할 수 있는 시간과 공간에 제약이 있다. 이러한 한계들을 극복하는 새로운 디지털 미디어가 인터넷이라는 네트워크화된 미디어(networked media)이다.

인터넷에 있는 미디어는 디지털이라는 속성으로 인해서 일상생활에 적용되는 저작권법으로 저작권을 보호한다는 것이 어렵다. 인터넷으로 인한 정보의 양이 기하 급수적으로 발전하고 있는 상황에서 저작권을 보호하기 위한 노력이 절실히 요구되어지고 있다.

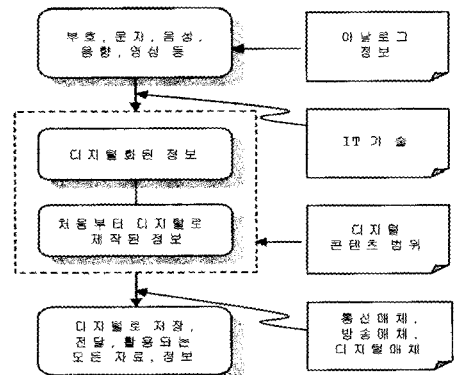


그림 1. 디지털 콘텐츠의 정의

본 연구에서는 디지털콘텐츠 지적재산권 보호를 위한 기술, 표준화, 디지털콘텐츠 지적 재산권 보호를 위한 워터마킹의 현황을 살펴보고 실시간 워터마킹 기법을 구현하여 추가적인 정보를 삽입하는 워터마킹 기술등을 고찰한다.

II. DRM과 워터마킹

컨텐츠의 유통시 컨텐츠 배포를 제어할 수 있도록 보안해 주는 디지털 저작권 관리(DRM : Digital Rights Management)기술은 컨텐츠 제공자(CP : Content Provider)와 컨텐츠 저작권자에게 컨텐츠 사용에 관한 수익을 보장해 주기 위해서 만들어 졌으며 디지털 컨텐츠의 불법사용방지 및 저작권 보호를 위한 기술이다.

지금까지 지적재산(intellectual property)과 가치는 쉽게 복제할 수 없는 물리적 소유자에 의해 항상 묶여져 왔지만 컴퓨터에서 다량의 복사가 가능하며 복사 후 원본과 동일하게 유지되므로 누구든지 인터넷에서 저자의 동의없이 복사, 배포할 수 있는 문제점을 가지고 있다. 이에 따라 원래 저자나 이용자만이 삽입된 데이터를 확인하고 인증할 수 있는 워터마크의 삽입이 필요하다.

DRM 솔루션이 멀티미디어 컨텐츠의 배포와 사용자 인가 등을 담당하는 컨텐츠 유통에 기여한다면 Watermarking은 특정 컨텐츠에 삽입하여 지속적으로 또는 최종적으로 저작권을 보호하는 역할을 한다. DRM이 보다 Business 측면의 논리가 중시되는 반면 Watermarking은 순수 원천 기술로써 발전해 왔고 향후에도 온라인 문서 위변조 방지 및 의료영상 정보시스템(PACS)처럼 다양한 사업에 적용 될 수 있다. 또한 DRM은 저작권을 관리하여 컨텐츠가 보다 활발히 유통되고

컨텐츠 사업자들의 수익 모델 창출에 기여하는 한편, 워터마킹은 저작권에 대한 최종적인 확인 기능을 담당하여 사후 저작권보호 기술로 이해되기도 한다.

결국 DRM과 Watermarking은 컨텐츠나, 정보, 문서, 데이터 등의 유통과 저작권 보호/확인 기능을 각각 지니면서 저작권 보호, 정보의 안전한

유통이라는 일련의 흐름에서 상호 밀접히 연동되는 것이다.[그림 2]

III. 저작권기술 표준화

저작권보호관련 기술의 표준화 예로 SDMI (Secure Digital Music Initiative) 는 BMG뮤직, 소니뮤직, EMI, 워너뮤직, 유니버설 뮤직 등 미국을 중심으로 세계 5대 음반사들과 AT&T, IBM, 소니, 마쓰시타 등 세계적인 첨단 정보통신업체들이 참여하여 저작권 보호를 강화할 수 있는 새로운 방식의 표준안을 채택하기 위해 첨단기술 업체들과 제휴해 만든 것이다.

SDMI의 목표는 온라인을 통해 제공되는 모든 음악 속에 복제나 연주에 관한 정보를 숨겨서 제공하고 이를 연주하는 MP3 플레이어, PDA, 무선 전화기, 컴퓨터 등의 모든 기기 속에 저작권 정보를 해독하는 칩을 내장한다. 즉, ‘한번만 복제(copy once)’ ‘복제불가(no more copy)’ ‘한번만 연주(play once)’ ‘연주 불가(no more play)’ 등의 정보를 온라인으로 제공되는 모든 음악 속에 삽입하고 기기에서는 이러한 정보를 해독하는 칩을 내장해 휴대형 기기를 제어하며 이를 통해 불법 복제와 유통을 방지하겠다는 것이다.

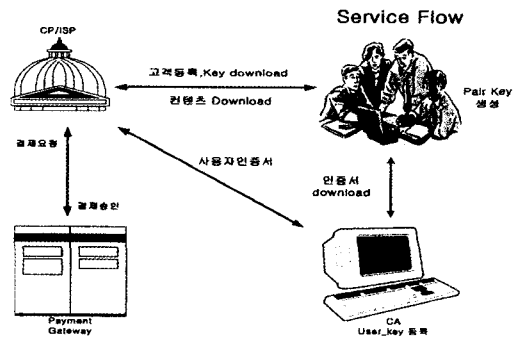


그림 2. DRM 흐름도

SETP 2000은 향후 디지털 워터마크 기술의 이용 촉진을 위한 디지털 워터마크 기술수준 평가

및 인증을 목적으로 설립되었으며 사단법인 일본 저작권 협회와 국제저작권 관리단체로 구성되어 있다. SETP 2000의 역할은 미국, 유럽, 아시아 등의 기업체들로부터 평가제안서를 받아 노무라연구소와 일본 음향연구소에서 공동으로 디지털 워터마크 기술에 대한 평가를 한다. 프로젝트 리더는 JASRAC(일본 저작권 협회)가 맡아 시험결과에 따른 기술의 평가인정을 하고, 인정기술을 보유한 기업을 공표하는 역할을 맡고 있다.

MPEG (Moving Picture Expert Group)은 멀티미디어 소스에 대한 부호와 방법을 체계적으로 연구하고 표준화 작업을 하기 위한ISO/IEC의 기술자문위원회(JTC: Joint Technical Committee)산하Expert Working Group (SC29WG11) 이다. MPEG은 멀티미디어에 대한 사용자들의 다양한 요구를 충족시킬 수 있도록 인터넷과 디지털 스토리지, 커뮤니케이션 등의 효율적 응용이 목적이라 할 수 있고. MPEG 표준화 작업은 MPEG1, MPEG2, MPEG4, MPEG-7 및 MPEG-21으로 진행되고 있다. MPEG4의 IPMP(Intellectual Property Management and Protection) 분야에서는 멀티미디어 소스의 저작권 및 인증과 관련된 저작권 보호의 수단으로 워터마킹 기법의 적용방법이 매우 주요한 관심사라 할 수 있다. MPEG-21에서는 디지털 멀티미디어 콘텐츠의 제작, 유통, 그리고 소비과정을 전반적으로 다루는 표준으로 현재는 개념 정립 단계에 있다.

MPEG-21은 사용자의 관점에서 원하는 정보를 쉽게 찾고, 획득한 자료를 재가공해 새로운 콘텐츠를 만들 수 있으며 콘텐츠 제작자 또는 소유자의 관점에서 자신의 콘텐츠가 무단복제 및 동용의 위협 없이 유통될 수 있는 환경을 제공하기 위해 제안되었다. 국내에서는 MPEG포럼 산하에 MPEG-21분과 위원회를 구성한 뒤 정보통신부와 MPEG 포럼을 중심으로 MPEG-21표준화 활동 및 기술개발을 추진하고 있다.

CPTWG(Copy Protection Technical Working Group)은 DVD 포럼의 Video, Audio 관한 워킹 그룹으로서 MPAA(Motion Picture Association of America), CEMA(Consumer Electronics Manufacture Association), ITA(Information Technology Industries Association)등의 복제방지 기술

자들이 주도하는 워킹그룹이다. 각 기술별 규격단체에서 CPTWG로 제안되는 기술검토 및 필요사항을 코멘트하고 한달에 한번 정도 캐나다나 미국에서 개최한다.

Open E-book은 전자책 표준포맷 제정 및 보급을 위해 1998년 설립하여 출판사, H/W, S/W, 서비스 업체 등 미국의 글로벌기업 73개사 회원으로 되어 있다. 현재 Process WG, Publication Structure WG 등 3개의 워킹그룹이 활동 중에 있으며, HTML, XML 기반의 Open e_book 출판 규약 버전 1.0이 1999년 9월 제정이 된 상태이다. 국내업체로는 삼성, 마크에니, 지식공학 등이 참여하고 있다.

IV. 워터마킹기술

텍스트, 영상, 비디오 등의 디지털 워터마킹은 삽입하는 방법이나 응용기술에 따라 크게 공간영역(spatial domain)과 주파수영역(frequency domain)에서 삽입하는 방법의 두 분야에서 연구되어 왔다. 공간영역에서의 워터마킹 기술은 영상의 화소 자체를 조작하는 방법으로 계산량을 적게 하여 손쉽게 워터마크를 삽입할 수 있으나 잡음에 약하고 JPEG 압축에 적용하기 힘든 단점이 있다. Kutter는 특정 위치의 화소 밝기 정보를 변조(amplitude modulation)하여 인접 화소와 비교해서 신호를 검출하는 방법을 제시하였다. 주파수 영역에서는 압축이나 잡음에 크게 영향받는 고주파 영역을 제외하고 시각적으로 큰 의미를 갖는 저주파 영역에 워터마크를 삽입한다. Cox는 영상을 DCT(discrete cosine transform) 변환시킨 후 시각적으로 중요한 계수를 선택하여 워터마크를 삽입하였다. 또한 Xia는 영상을 웨이블릿(wavelet) 변환한 후 저주파 대역인 LL 대역을 제외한 나머지 수평(horizontal), 수직(vertical), 대각(diagonal)의 3개 부대역에 워터마크를 삽입하였다. 주파수 영역에서의 방법은 추가적인 연산이 필요하지만 압축이나 잡음에 대해 강인한(robust) 특성을 보인다. Wolfgang은 DCT 기반의 JPEG 압축과 웨이블릿 기반의 CEZW(color embedded zero-tree

wavelet) 방식 압축에서 워터마킹 효율을 비교하였다. 또한 Hartung은 각 프레임으로 구성된 비디오와 MPEG-2 비디오 영상에 대한 워터마킹 기술을 발표하였다. 또한 MPEG-4 IPMP는 IPR(intellectual property right) 소유자들이 저작품 사용 제어를 위한 장치의 표준으로 개발되고 있다. 대표적인 디지털 워터마킹 기술분류는 다음과 같다.

- Fragile : 영상에 대한 사소한 변화에 대해 워터마크가 쉽게 지워짐(인증 및 무결성 입증시)
- Semi-Fragile : 사용자가 규정한 한계치를 초과하는 경우 워터마크가 손상됨
- Robust : 통상적인 영상처리 기법에 의해 워터마크가 잘 지워지지 않음(소유권 주장시)
- Visible watermark : 삽입된 워터마크가 시각적으로 보이도록 투명하게 삽입하는 기
- Invisible watermark : 사람의 눈으로 식별이 불가능하게 워터마크를 삽입함
- Public watermarking (Asymmetric watermarking) : 검출 알고리즘 공개, 모든 사용자가 워터마크를 검출할 수 있지만 제거나 생성 못함
- Private watermarking : 검출 알고리즘 비공개, 사용자가 워터마크 검출 불필요시
- Image adaptive watermarking : 인간 시각 특성을 이용하여 영상의 내용에 따라 워터마크에 강도를 적응적으로 설정
- Blind watermarking : 원영상을 사용하지 않고 워터마크를 검증할 수 있는 기술
- Non-blind watermarking : 워터마크를 추출할 때 원영상을 이용하는 기술

Logo방식과 Key방식으로 구분하여 살펴보면 다음과 같다.

4.1 Logo 방식 워터마킹

추출 방식 워터마킹은 임의의 영상으로부터 사용자의 소유권을 나타내는 로고를 추출하는 방식이다. 워터마크와 원본 영상을 서로 다른 주파수 평면으로 변환한 다음 이 두 신호를 영상 신호의 크기에 맞게 워터마크 세기를 조절하여 워터마크

를 삽입하게 된다. 워터마크가 삽입된 영상 신호는 다시 역변환을 통해 공간 영역으로 전환되게 된다.

표 1. 대표적인 디지털 워터마킹 기술

공간영역	· Pitas patchwork('95) · Sequence spreading · Spread spectrum을 이용한 방법 (Pitas '98)
주파수영역	· Cox's Spread spectrum('96) · Piva's algorithm('97) · Podilchuk & Zeng's algorithm · Zhao & Koch's algorithm
혼합방법	· Hsu's method('99) · Delp's algorithm('98) · Hartung's algorithm('98)

로고를 삽입하고 추출하기 위해 워터마크로 사용되는 로고에 대해서는 이산 코사인 변환(Discrete Cosine Transform)을 사용하게 되고, 영상에 대해서는 이산 웨이블릿 변환(Discrete Wavelet Transform)을 사용하게 된다.

4.1.1 이산 코사인 변환

이산 코사인 변환은 어떤 신호의 에너지를 잘 모아주는 역할을 하는 변환으로 영상의 경우, 저주파대역에 거의 모든 신호를 모아줌으로써 표준 JPEG압축과 같은 압축이나 기타 영상의 분석에 널리 사용되고 있다.

4.1.2 이산 웨이블릿 변환

영상에 대해서는 공간-주파수 분해능이 뛰어난 이산 웨이블릿 변환을 이용하여 영상을 분해하고 여기에 DCT 변환을 통해 얻어진 워터마크의 계수 크기를 조절하여 삽입하고, 이를 다시 역 웨이블릿 변환하여 공간영역 영상으로 만들어 낸다. 푸리에 변환이 사인함수와 코사인함수를 기저함수(basis function)로 사용하고 있는 것 같이 웨이블릿 변환은 웨이블릿을 기저함수로 가지고 있다.

연속 웨이블릿이 연산량의 부담으로 인해 사용될 수 없으므로 필터뱅크를 이용한 이산 웨이블릿 변환을 수행함으로써 고속으로 이산 웨이블릿 변환을 수행할 수 있다

4.1.3 로고 방식 워터마크 삽입 알고리즘

영상과 워터마크에 대해서 서로 다른 주파수 변환을 적용하여 영상의 주파수 계수에 워터마크의 주파수 계수를 에너지 함수를 고려하여 삽입하고 역주파수 변환을 통해 워터마크가 삽입된 영상을 출력하도록 한다.

앞에서 설명하였듯이 워터마크 영상(로고)은 이산 코사인 변환을 이용하여 계수 값들이 고르게 분포될 수 있도록 한다.

워터마크를 삽입하기 위하여 입력된 영상이 RGB 칼라 영상이면 영상의 포맷을 YIQ로 바꾸어서 Y성분에 워터마크를 삽입하고 8bit 영상에 해당하는 경우에는 그 자체에 워터마크를 삽입한다. RGB모델의 영상을 YIQ모델로 변환하여 처리한 것은 Y성분이 영상의 밝기를 나타내 주는 성분이기 때문에 색상 정보를 생각하지 않고도 워터마크를 삽입할 수 있고, 단순한 gray 영상을 처리하듯 워터마크를 삽입할 수 있다는 것에서 기인한다. 웨이블릿 변환 계수는 좌측 상단 부문에 저주파 대역이 위치해 있고, 이 저주파 대역에 영상의 대부분의 정보가 있으므로 워터마크의 기본적인 조건 중에 강인성을 높이기 위해서는 전술한 바와 같이 워터마크를 이 저주파 영역에 삽입한다. 원본 영상에 워터마크를 삽입하기 위해 위와 같이 영상에 대해서는 DWT를 수행하고 워터마크에 대해서는 DCT를 수행하고 워터마크를 삽입한다. 삽입 후에 영상을 다시 Inverse DWT를 수행한다.

4.1.4 로고 방식 워터마크 추출 과정

다음의 워터마크 추출과정을 통해 사용자가 영상에 삽입했던 로고를 추출해 낼 수 있다.

1. 워터마크 된 영상을 YIQ 모델로 변환
2. YIQ모델로 변환된 영상데이터 중 Y성분에 대해 웨이블릿 변환 수행
3. 원본 영상을 YIQ 모델로 변환한 후 Y성분에

대해 웨이블릿 변환 수행

4. 2번 항목의 결과에서 3번 항목결과를 빼준다.
5. 남은 계수와 a값을 이용하여 워터마크를 복원 (inverse DCT 수행)

로고방식 워터마킹 방법은 워터마크를 추출할 때 원본 영상을 필요로 하는 방법으로써 JPEG 압축이나 기타 필터링에 강인하다. JPEG 압축의 경우 워터마크된 영상을 90% 압축을 했을 경우에도 시각적으로 구분이 가능한 로고 영상을 추출해낸다.

4.2 키(탐색) 방식 워터마킹

감지 방식 워터마킹은 영상에 사용자가 삽입한 워터마크가 있는지 없는지를 검출하는 방식으로 사용자 key값을 hash function을 이용해서 삽입하고 이를 검출하는 방식이다. 추출방식과는 다르게 검출할 때 원본 영상은 필요로 하지 않으며, 워터마크에 대해 주파수 변환을 하지 않는다.

4.2.1 키 방식 워터마크 삽입과정

1. 입력된 영상을 분석한다. 입력 영상이 RGB, 24bit 영상인지 아닌지를 체크하여 RGB영상의 경우, 이를 YIQ모델로 변환하여 Y성분을 추출한다.
2. Y 성분을 임의의 블록 크기(block*block)로 나눈다.
3. 블록별로 DCT를 적용하여 주파수 영역으로 전환한다.
4. 주파수 영역에서 특정 영역에 대해 워터마크를 삽입한다. 워터마크는 위에서 정의된 대로 사용자 키를 이용하여 고유한 씨앗 값(seed value)을 발생시키고 이를 hash function을 통해 워터마크를 발생시킨다.
5. 블록별로 역 DCT를 수행하여 1번 항목의 IQ 성분과 조합하여 다시 RGB 모델로 변환하고 공간영역에서의 워터마크가 삽입된 영상을 구해낸다. 워터마크의 세기와 워터마크가 삽입되는 위치를 결정하기 위해 영상을 분석하는 과정이 삽입된다. 영상을 분석하기 위해 영상이 어떤 성분을 많이 포함하고 있는지를 먼저 분석한다.

4.2.2 키 방식 워터마크 추출 과정

워터마크 된 영상이 입력되게 되면 워터마크의 검출 장치를 이용하여 워터마크를 검출한다. 추출 방식의 워터마킹 방법과는 다르게 워터마크를 검출하기 위해서 원본 영상은 필요로 하지 않는다. 즉, 의사 잡음 부호의 자기 상관 특성을 이용하여 입력영상에 사용자의 키가 삽입되어 있는 지를 확인할 수 있다.

1. 입력된 영상이 RGB 24bit영상이면 YIQ모델로의 영상 변환을 통해 Y성분을 추출한다.
2. Y 성분을 임의의 블록 크기(block*block)로 나눈다.
3. 블록별로 2D-DCT를 수행한다.
4. 워터마크와의 상관도를 구한다. 상관도는 다음 수식을 이용한다.
5. 입력영상에 사용자 키, 즉 워터마크가 존재하면 Corr에 피크(peak)가 나타나게 된다. 이 피크의 위치, 정도를 파악하여 워터마크의 삽입여부를 판단한다.

4.3 RST watermarking

J. Oruanaidh은 기하학적인 변형에 강인하도록 설계하기 위해 Log-polarmapping과 DFT를 이용해서 워터마크를 삽입하고 회전과 스케일링(크기 확대/축소)을 단순한 추이의 형태로 표시할 수 있도록 하였다. 이외에도 복제방지용 워터마크 기술과 Fragile 워터마크기술이 있다.

V. 실시간 워터마킹 기술 구현

5.1 비가시성을 고려한 워터마크 삽입

디지털 이미지를 구성하는 픽셀들은 수십개 이상의 픽셀이 모였을 경우에야 이미지에 구성되어 있는 하나의 물체를 표현하게 된다. 여기서 중요한 점은 영상은 점단으로는 어떤 물체도 표현할 수 없으며 점들이 모인 평면적인 공간으로 만들어야지만 물체를 표현할 수 있다는 것이다. 그리고 하나의 물체를 구성하기 위한 인접한 픽셀들은 비슷한 값을 가지게 된다. 이와 같이 인접한 픽셀들이 비슷한 값을 가지고 있다는 특성을 이

용하여 워터마크를 삽입한다.

즉, 이미지에 분포하고 있는 3픽셀간의 특정 모양을 통계적으로 증가시켜서 워터마크를 삽입한다. 3픽셀간의 특정 모양이란 그림 5-1과 같다. S-1은 신호 1이고 S-2는 신호 2이다. 여기서는 S-1과 S-2를 워터마크 신호로 사용하였다. 픽셀 값들이 비슷한 인접한 픽셀들간에 S-1과 S-2같은 특성을 가지게 픽셀 값에 미세한 변화를 주고, 그 통계적 분포를 증가시킴으로써 워터마크 정보를 삽입하였다. 이와 같이 비슷한 값을 가지는 픽셀들간에 미세한 값의 변화는 사람의 눈으로 확인하기 어렵다.

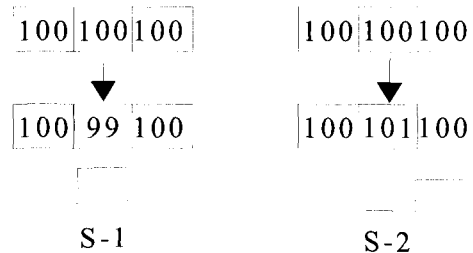


그림 3. 워터마크 신호

5.2 비디오 편집을 고려한 워터마크 삽입

TV영상은 기본적으로 4:3의 비율을 가지고 있지만 영화영상의 경우는 16:9, 2.35:1, 1.85:1등과 같이 가로가 넓은 화면 비율을 가진다. 특히 DVD는 4:3과 16:9의 화면비를 가지는 영상이 모두 저장되어 있어서, 시청자가 원하는 화면비를 선택할 수 있다. TV와 영화의 화면비를 조정해 주기 위해서 사용되는 비디오 편집기법에 비디오 워터마크는 강해야만 한다. 화면비를 조정해주는 방법을 "Video Transfer"라고 하는데, 대표적인 방법은 Pan & Scan, Letter -boxing 그리고 Anamorphic 의 세가지 방법이다. 그림 5-2는 이 세가지 방법의 대표적인 예를 보여주고 있다. 각각에 대해서 간단히 설명하면, Pan & Scan방식은 영상에서 중요한 부분을 4:3의 비율로 잘라서 보여주는 방법이고, Letterboxing이라는 방법은 모든 영상을 보여주되 4:3의 비율에 맞추기 위해서 위와 아래에 검은 영역을 추가해서 보여주는 방법이며, Anamorphic방법은 영상을 화면의 비율

에 맞게 강제로 맞추는 방법이다. 이들 각각의 방법은 영상을 보는 관점에 따라서 각기 다른 장단점을 가지고 있기 때문에, 그 용도에 따라서 다양하게 사용되고 있다. 설명된 바와 같이 비디오는 "Video Transfer"라는 기본적인 비디오 편집에 강인해야만 한다. 워터마크를 삽입할 영역의 구분과 워터마크 삽입 영역은 그림 5-2와 같다. 영역을 구분하는 신호는 S-1으로 표시되고, 워터마크 신호표시(1bit 표시)는 S-2로 표시된다. S-1으로 구분된 영역 Area1,2,3내에는 S-2로 구성되는 워터마크 신호(10bits)가 동일하게 삽입된다. 여기서 Area1,2,3간의 간격은 전체 영상의 column길이의 1/4이다.





Original Movie (2.35:1)		Letterboxing (TV 4:3)	
Pan & Scan (TV 4:3)		Anamorphic (TV 4:3)	

그림 4. Video Transfer

그리고 Area1,2,3내에 삽입되는 신호 S-2의 간격은 10bits 삽입하기 위해서 Area의 column 간격을 11등분한 길이가 된다. 따라서 S-1의로 표시되는 Area의 폭 $Area_width = \frac{column_length}{4}$ 이고, 10bits를 표현하기 위한 워터마크 신호 S-2의 폭은 $Wbit_width = \frac{Area_width}{11}$ 이 된다. 또한, 신호 S-1과 S-2는 그림 2와 같이각각이 같은 column위치에 삽입되는 형태를 가진다.

$$Wframe(r_m, c_n) = ES_1(pixel(r_m, c_{n+Area_width}), \alpha_1) \quad (1)$$

$$Wframe(r_m, c_n) = ES_2(pixel(r_m, c_{n+Wbit_width}), \alpha_2) \quad (2)$$

여기서, ES_1 은 S-1을 삽입하는 함수이고, ES_2 는 S-2를 삽입함수를 나타낸다.

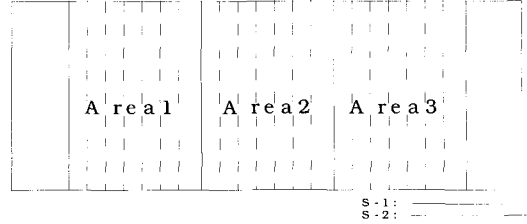


그림 5. 워터마크삽입 위치

그리고 $m = 1, 2, 3, \dots, row$ 이고, 식 (1)에서 $(n + Area_width) < column$ 이며, 식 (2)에서 $(n + Wbit_width) < Area_width$ 이어야 한다.

5.3 워터마크 정보의 추출

5.3.1 워터마크 표시의 수집

워터마크 삽입 시 언급되었던 바와 같이 워터마크 표시는 영역을 구분하는 신호 S-1과 워터마크 정보를 나타내는 신호 S-2의 2종류가 있다. 워터마크 정보를 추출하기 위해서는 먼저 S-1 신호를 통해서 워터마크 된 영역을 구분해 내고, 다음에 S-2 신호의 검지를 통해서 워터마크정보가 추출된다. 그림 2와 같이 삽입된 S-1과 S-2 신호를 추출하여 통계를 내게 되면 특정 column에서 이들의 숫자가 많게 나타난다.

$$Area_Sign(c_n) = \sum_{m=1}^{row} FS_1([pixel(r_m, c_n), pixel(r_m, c_{n+2})]) \quad (3)$$

$$WS(c_n) = \sum_{m=1}^{row} FS_2([pixel(r_m, c_n), pixel(r_m, c_{n+2})]) \quad (4)$$

(where, $n = 1, 2, 3, \dots, column$)

식 (3)은 워터마크가 삽입된 영역을 찾아내기 위한 방법이고 식 (4)는 워터마크 표시를 찾아내기 위한 방법을 나타낸다. 여기서 FS_1 은 인접한 픽셀들간의 관계에서 S-1을 찾아내기 위한 함수이고, FS_2 는 S-2를 찾아내기 위한 함수이다. 그 결과는 그림 6과 같이 나타나는데, 왼쪽 그림은 S-1의 분포를 나타내고 있으며, 오른쪽 그림은 S-2의 분포를 보여주고 있다. 워터마크가 삽입된 경우, 특정 column에서의 S-1과 S-2의 특징 신호의 분포는 현저히 증가한다. 이렇게 나타난 통계적 특

성을 이용하여 삽입된 워터마크정보를 추출하게 된다.

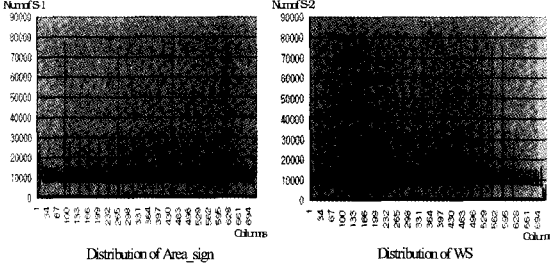


그림 6. 신호추출 결과

5.3.2 워터마크 정보의 추출

워터마크 정보의 추출은 3.1에서 수집된 통계적 데이터를 바탕으로 이루어진다. 그림 5-4와 같이 수집된 데이터에 대해서 식 (5)를 통해 임계값을 설정하여 워터마크 데이터를 추출하게 된다.

$$Threshold(S_1) = (Average(Area_Sign(c_n)) + \sigma(Area_Sign(c_n))) \times \beta_1 \quad (5)$$

여기서, $Average(Area_Sign(c_n)) = \frac{\sum_{n=1}^{column} Area_Sign(c_n)}{column}$, σ

는 Standard Deviation이고, β_1 는 임계값을 조정하기 위한 임의의 변수이다.

식 (5)에 의해서 설정된 임계 값으로 워터마크가 삽입되어 있는 영역을 찾아낸다. 영상에 "Video Transfer"가 가해지지 않았다면 워터마크가 삽입된 3개의 영역을 찾아낸다. 이렇게 찾아낸 영역에 대해서 2.2에서 계산되었던 비트간의 간격

$$Wbit_width = \frac{Area_width}{11}$$

을 측정한다. 이렇게 측

정된 $Wbit_width$ 는 식 (6)에 의해서 결정된 임계값을 넘는 $WS(c_n)$ 들에 대해서 정확한 비트정보 여부를 판단하는 기준으로 쓰인다.

$$Threshold(S_2) = (Average(WS(c_n)) + \sigma(WS(c_n))) \times \beta_2 \quad (6)$$

여기서, $Average(S_2) = \frac{\sum_{n=1}^{column} Area_Sign(c_n)}{column}$, σ 는

Standard Deviation이고, β_2 는 임계값을 조정하기 위한 임의의 변수이다.

$$\begin{cases} \text{if } (WS(c_n) > Threshold \& Wbit_width - 1 < n < Wbit_width + 1): W(b) = 1 \\ \text{else} : W(b) = 0 \end{cases} \quad (7)$$

워터마크 정보 $W(b)$ 는 식 (7)의 조건을 통해서 최종적으로 추출된다.

5.4 실험결과

본 연구에서는 워터마크의 비가시성, 비디오 편집에 대한 강인성, 압축에 대한 강인성과 실시간성에 대해서 각각 실험하였다. 비디오 영상 10초 동안에 워터마크를 추출하였고, 사용된 영상은 일련화 "Replacement"와 애니메이션 "cityhunter"이다.

5.4.1 비가시성 측정

비가시성 측정할 수 있는 객관적인 방법은 사실상 존재하지 않는다. 대부분의 연구에서는 PSNR을 측정하여 비가시성을 판단하여 왔다. 이밖에도 일명 'Golden Eye'라는 특수한 분야의 전문가들이 영상을 면밀히 살펴봄으로써, 비가시성을 측정하는 방법이 있는데, 이 방법은 현실적으로 적용하기 힘들기때문에 본 연구의 실험에서도 다른 논문들과 마찬가지로 PSNR을 측정하였다.

표 2. PSNR 측정결과

압축율 (MPEG-2)	12Mbps	10Mbps	8Mbps	6Mbps
PSNR	48dB	47dB	46dB	44dB

표 2는 압축율에 따른 PSNR 측정치를 나타낸다. 워터마크 삽입후에 각 압축율에 따른 PSNR을 측정한 값으로 모두 40dB이상의 높은 PSNR 수치를 보였다.

5.4.2 "Video Transfer"에 대한 강인성

본 알고리즘은 Video Transfer에 강인한 결과를 보여준다. 실질적 실험에서는 "Video Transfer" 방법 truncation과 resizing에 기반한 기술임 고려하여 truncation과 resizing에 대한 실험을 하

였다. 워터마크 된 영상이 실질적으로 truncation 되거나 resizing 되더라도 워터마크가 삽입된 영역은 최소한 하나가 포함되게 된다. Truncation의 경우 Area1과 Area3가 손실되었지만, Area2가 보존되어 있어서 워터마크가 추출된다. 따라서 목표로 했던 "Video Transfer"에 대해서도 전혀 문제가 없다.

표 3. Truncation과 Resizing의 결과

공격방법	검지율 (12Mbps)
Truncation(50%)	100%
Resizing(50%)	100%

5.4.3 압축에 대한 강인성

본 연구에서는 압축보다는 비가시성에 더 목표를 두고 있었다. 따라서 고화질을 보장하는 6Mbps까지 측정하였다.

표 4. 압축에 대한 강인성 결과

영상종류	Video 1				Video 2			
	12	10	8	6	12	10	8	6
압축율(Mbps)	12	10	8	6	12	10	8	6
검지율(%)	100	100	97	90	100	100	85	66

5.4.4 제안된 워터마크 기술의 성능

비디오 영상이 30frames/sec을 화면에 보여주기 때문에 0.03sec/frame 이하로 워터마크 삽입 추출처리가 가능해야 한다. 표 5-4에서 보이는 바와 같이 본 연구의 알고리즘은 0.03보다 훨씬 낮은 처리가 가능하다는 것을 확인했다.

표 5. 워터마크 삽입 및 추출속도

워터마크 삽입속도	워터마크 추출속도
0.0003sec/frame	0.0075sec/frame

VI. 결 론

최근 인터넷상에서의 멀티미디어 콘텐츠 사용

량이 급속히 증가함에 따라 디지털 콘텐츠의 위·변조 행위는 급속도로 증가하므로 이에 대응하여 디지털 콘텐츠 저작자의 저작권을 보호할 수 있는 보안기술이 요구되고 있는 것이다.

첫째, 저작권 보호기술의 대표적 분야인 디지털 워터마킹, DRM 등 기술의 특성을 조사하였다. 워터마킹이란 오디오, 이미지, 비디오 신호 등의 멀티미디어 데이터에 귀에 들리거나 눈에 보이지 않도록 데이터의 소유권 정보를 삽입하는 과정으로 외부의 공격에 대한 강인성(robustness)과 비지각성(imperceptibility)의 특성 때문에 소유자 확인(Owner Identification), 특허권 사용료 지불(Royalty Payment), 원본 조작 여부 인증(Authentication)에 사용되는 기술이다. DRM은 디지털 콘텐츠의 불법사용방지 및 저작권 보호를 위한 기술로 핵심은 암호화 기술이며 고객의 비밀번호 혹은 고객컴퓨터의 고유번호를 암호키로 사용하여 콘텐츠를 암호화하여 전달한다. 현재 시장에서 저작권을 보호하고 관리할 수 있는 가장 현실적인 솔루션으로 받아들여지고 있으며, 워터마킹 기술과의 병행사용으로 보다 완전한 저작권 보호 기술이 된다.

둘째, 국내의 디지털 콘텐츠의 저작권 보호 및 인증기술의 발전 현황 조사 결과로서 국내의 디지털 콘텐츠 보호 및 인증기술의 시장은 이제 갖 태동기를 벗어나서 활동영역을 넓혀가고 있는 중인데 2001년에 정보보호 산업분야의 시장규모가 2천억 원이며 연평균 2배 이상의 높은 성장률을 기록할 것으로 예측된다. 현재 20여 개의 업체들이 콘텐츠 유통에 있어 저작권자와 적법한 사용자를 인증해 디지털 콘텐츠를 관리하여 전자상거래 신뢰성을 보장해 주는 인증 솔루션과 디지털 워터마킹 기술을 바탕으로 각종 디지털 콘텐츠 위·변조 방지와 인증을 위한 토털솔루션을 제공하여 신뢰성 있는 전자상거래 구축을 가능케 하는 기술들을 개발중이다.

셋째, 국내의 디지털 콘텐츠의 저작권 보호 및 인증기술의 표준화 동향은 SDMI에서 미국 음반산업협회의 주도로 음악의 판권을 보호하고 불법복제를 방지하기 위한 기술 개발을 목표로 하고 있으며, STEP2000/2001은 일본의 저작권협회(JASRAC), 노무라연구소(NRI), 국제저작권 협회

(CISAC, BIEM)가 공동으로 주관하는 오디오 워터마크 기술 평가·인증을 목표로 하며, IDF에서는 DOI 시스템의 발달과 촉진에 의한 디지털 환경의 사회에서 지적 재산권에 필요로 하는 것을 연구하며, CIDF는 각각의 디지털 콘텐츠에 저작권 증명을 위한 콘텐츠 ID의 표준화를 목표로 하고 있다.

넷째, 디지털 콘텐츠 보호기술의 파급효과로는 기술적인 측면에서 워터마크, DRM, DOI, Monitoring System 등의 디지털 콘텐츠 보호 관리 기술들이 단독적 기술이 아닌 시스템의 한 구성 요소로 고려되어야 하며 향상된 알고리즘의 개발을 위해서는 공정한 성능평가 지침이 선행되어야 한다.

워터마크 삽입기법은 일반적으로 강인성(robustness), 무식별성(imperceptibility), 보안성(security)의 필요조건을 만족해야 한다. 공간영역 워터마킹 기법은 속도는 빠른 반면에, 주파수영역 워터마킹 기법에 비해서 공격에 약하다. 대표적인 방법은 하위비트 조작 기법으로 데이터의 마지막 비트(0,1)를 변환하여 워터마크를 삽입하는 것이다. 주파수 영역 워터마킹 기법은 DCT나 FFT(Fast Fourier Transform)와 같은 변환을 이용해서 주파수 영역으로 데이터를 변환하고 저주파영역에 워터마크를 삽입하므로 워터마크를 강인하게 삽입할 수 있다. 그러나 주파수 영역에서의 워터마킹 기법은 공간영역의 데이터를 주파수 영역의 데이터로 변환하여 워터마크를 삽입하고, 다시 공간영역으로 데이터를 변환하는 과정을 거쳐야 하기 때문에 처리 속도가 매우 느리므로 주파수영역 워터마크 삽입방법과 공간영역 워터마크 삽입 방법의 장점을 조화시킨 워터마크 삽입 방법을 개발하는 것이 필요하다. 그 결과, 주파수영역 방법의 강인함과 공간영역 방법의 빠른 속도를 통해서 실시간 워터마크 삽입이 가능하게 할 수 있다. 마지막으로 디지털 콘텐츠 보호기술의 발전방안을 위하여 다음과 같은 사항들을 제시한다. 먼저 디지털 저작권 보호기술관련 기술 보유 기업 중에서 세계적으로 인증을 받고 있는 기업에 대해서 표준화 기술을 개발할 수 있는 환경을 조성하여주고 디지털 워터마킹에 있어서는 강인성과 지각성을 최대화 할 수 있는 기술개발에 투

자하며 DRM에 있어서 순수 국내에서 개발하는 암호화 알고리즘의 개발로 국산화를 향상시키며 DRM을 이용한 다양한 서비스가 되도록 인터페이스를 설계하고 각 기업이 개발하는 DRM이라도 같은 콘텐츠에 대해서는 상호운용이 가능하도록 개방형 구조를 갖는 DRM 기술개발에 주력하여야 된다.

참고문헌

- [1] 제1차 온라인 디지털콘텐츠산업 발전기본계획(2003-2005) 재정경제부 등 2003.2
- [2] IT신성장동력 발전전략 정보통신부 2003. 9
- [3] DRM 기술현황 분석 및 기능규제안 보고서 한국디지털콘텐츠 포럼 2001.12
- [4] 주요 디지털콘텐츠 기술동향 IITA 2003.8
- [5] Telecommunication review 제12권5호 2002. 10
- [6] 제2회 멀티미디어 콘텐츠 정보보호 워크샵 ISMC 2001 2001.11
- [7] MPEG 압축비디오의 워터마킹 성능분석에 관한 연구 부경대학교 2002.8
- [8] HVS특성을 이용한 WAVElet 변환 공간에서의 효과적인 워터마킹 기법에 관한 연구, 홍익대학교, 2001.12
- [9] Internet Engineering Task Force, <http://www.ietf.org>
- [10] <http://www.mpeg.org>,
- [11] <http://www.sdmi.org>
- [12] <http://dvd-forum.org>
- [13] <http://www.iso.ch>
- [14] <http://www.iec.org>
- [15] <http://www.openbook.org>
- [16] I. J. Cox, M. L. Miller and J. A. Bloom, "Watermarking applications and their properties," Proc. Of Int. Conf. on Information Technology: Coding and Computing 2000, pp.6-10, Mar. 2000.
- [17] Miller M.L., I.J. Cox and J.A. Bloom, "Watermarking in the Real World: An Application to DVD.," in Multimedia and Security-workshop at ACM Multimedia Steinmetz(eds.) bristol, U.K.: ACM GMD Forschungszentrum Informationsste-

chnik GmbH, 41, pp.71-76, 1998.

- [18] Mitchell D. Swanson, Z. Bin, C. Benson and T. H. Ahmed, "Object-Based Transparent Video Watermarking", IEEE Signal Processing Society 1997 Workshop on Multimedia Signal Processing, June 23-25, 1997. Princeton, New Jersey, USA, Electronic Proceedings.
- [19] Rakesh Dugad and Narendra Ahuja, "A Scheme for Joint Watermarking and Compression of Video", IEEE ICIP 2000, v.2, pp.80-84, Sept., 2000.
- [20] Lintian Qiao and Klara Nahrstedt, "Water marking Methods For MPEG Encoded Video: Towards Resolving Rightful Ownership", IEEE IC on Multimedia Computing and Systems, Austin. Tx., pp.276-285, June 1998.
- [21] Bender W., D. Gruhl, N. Morimoto and A. Lu, "Techniques for Data Hiding", IBM Systems Journal, vol. 35, NOS 3&4, pp.313-336, 1996.
- [22] Solachidis V. and I. Pitas, "Circularly Symmetric Watermark Embedding in 2-D DFT Domain", ICASSP'99, Phoenix, Arizona, USA, Accepted for publication, 15-19 March. 1999.
- [23] Bijan G. Mobasser, J. S. Michael and J. S. Richard, "Content Authentication and Tamper Detection in Digital Video", IEEE ICIP'2000, Vancouver, Canada.
- [24] C-Y. Lin, M. Wu, J.A. Bloom, M.L. Miller, I.J. Cox, and Y-M. Lui, "Rotation, Scale, and Translation Resilient Public Watermarking for Images", SPIE Security and Watermarking of Multimedia Contents II, SPIE EI 2000
- [25] Shelby Pereira and Thierry Pun, "Fast robust template matching for affine resistant image watermarking", In International Workshop on Information Hiding, Dresden, Germany, Sep. 29 -- Oct. 1, 1999

저자소개

송학현



1998년 서울산업대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
1981년 ~ 1990년 철도청 무선관리소

1999년 ~ 현재 : 정보통신연구진흥원 선임연구원
한국디지털컨텐츠학회 정회원
한국해양정보통신학회 정회원
멀티미디어 기술사
※관심분야 : 영상처리, 컴퓨터비전, 뉴로퍼지 응용, IT 정책 등

김윤호



1983년 2월 청주대학교 전자공학과 졸업(공학사)
1986년 2월 경희대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

1992년 2월 청주대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)
1992년 ~ 현재 : 목원대학교 컴퓨터멀티미디어공학부 교수
IEEE, 대한전자공학회, 한국통신학회 정회원
한국디지털컨텐츠학회 종신회원
한국해양정보통신학회 종신회원
멀티미디어 기술사
※관심분야 : 영상처리, 컴퓨터비전, 뉴로퍼지 응용, IT 정책 등