

Watermarking Technology Trend

김현태*, 배익성*, 김정현*, 최창렬*, 정제창**

1. 개요

멀티미디어 산업의 팽창과 인터넷과 같은 네트워크 기술의 발전으로 문서, 음성, 사진 및 비디오 데이터 등 다양한 콘텐츠(contents)들이 디지털화되어 이것을 효율적으로 저장, 접근 및 이용이 가능하게 되었다. 이와 같은 디지털 매체의 수요의 증가는 웹(World Wide Web) 등을 통하여 제공되는 데이터를 원본과 똑같은 형태로 개인용 컴퓨터를 통하여 저장할 수 있다는 장점 때문이다. 그러나 바로 이 점이 사용하고자 하는 정보의 전송 문제, 사용자가 그 정보를 이용하는 데 필요한 허가, 보상 및 제한의 문제, 그리고 그 정보를 소유하고 있는 기관의 권리 등 다양한 문제를 발생시켰다. 따라서 이러한 디지털 콘텐츠에 대한 저작권 보호의 필요성이 절실히 요구되게 되었다. 현재 사용되는 암호화 기법의 콘텐츠 보호는 디지털 콘텐츠에 대하여 접근이 극히 제한된다는 단점과 한번 암호가 풀린 콘텐츠는 더 이상 보호할 수 없다는 한계를 가지고 있다. 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위한 하나의 수단으로 디지털 워터마크(Digital Watermark) 기법이 제안되었다^[1, 3]. 디지털 워터마크는 보호하고자 하는 콘텐츠에 소유권자 혹은 저작권자의 정보를 은닉하여 콘텐츠에 저작권과 같은 문제가 발생시 은닉된 정보를 추출하여 콘텐츠에 대한 저작권을 보호받는 기술이다. 또한 워터마크라는 기술은 저작권 보호뿐만 아니라 인증이나 복사 제한(copy control)과 같은 기술로의 응용도 가능하다.

2. 디지털 워터마크 역사

1990년대 들어서 디지털 워터마크라는 개념이 도입되기 시작한 이래로 1990년대 후반에는 워터마크

에 대한 다양한 알고리즘들이 발표되었다. 우선 디지털 이미지에 적용하는 워터마크 기법이 1990년에 Tanaka et al.^[1]에 의해 발표되었고, 1993년에는 Tirkel et al.^[2]과 Caronni^[3]의 연구 결과가 발표되었다. 1995년부터 디지털 워터마크 분야는 보다 다양한 분야에 대한 연구가 활발하게 연구되기 시작했다.

Visible Watermark는 로고와 같은 가시적인 패턴을 이미지에 삽입하거나 오버레이(Overlay)시킨다. 이 기술은 영상 등에 대한 상업적인 사용을 제한하기 위해서 사용되어 지고 디지털 동영상이나 오디오 신호에도 적용되어 진다. IBM Digital Libraries project^[4]가 이러한 대표적인 사례이다.

Invisible Watermark는 I. J. Cox et al.^[5]를 비롯하여 1995년 이후 다양한 워터마크 알고리즘들이 개발되었다. 초기에는 주로 공간영역(Spatial Domain)에 적합한 워터마크 알고리즘이 개발되어 졌는데, R. V van Schyndel이 제안한 각 픽셀에 해당하는 그레이 레벨(Gray Level) 값의 LSB를 발생된 난수로 바꾸는 방법이 대표적인 사례이다^[6]. Digimarc사는 각 픽셀에서 작은 랜덤한 수를 더하거나 빼는 방법^[7, 8]을 사용하여 워터마크를 삽입하였다. 주파수 영역(Frequency Domain)에서의 워터마크 기법은 영상 데이터를 DFT, DCT, Wavelet 등과 같은 변환으로 주파수 공간으로 영상 데이터를 변환한 후 주파수 영역 중에서 시각적으로 덜 민감한 성분에 적응적으로 워터마크를 삽입하는 방법이다^[9-14]. 이 방법은 여러 가지 신호처리에 취약한 공간영역 워터마크의 단점을 보완해 줄 수 있었다. 또한 MPEG-1, 2에 적합한 워터마크 알고리즘^[15, 16]들도 개발되었다. 이러한 알고리즘은 또한 응용 분야에 따라 검출 방식을 달리 하게 되는데, 일반적으로 1990년대 중반까지 원본 영상을 이용한 검출 방

* (주) 실트론닉 연구소 ({kimht, isbae, petrucci, deneb} @sealtronic.com)

** 한양대학교 전자공학과 교수, (주) 실트론닉 기술이사 (jjeong@icisp2.hanyang.ac.kr)

식(Private watermarking)을 중심으로 개발되어 지다가 현재는 원본 영상을 이용하지 않는 검출 방식(Oblivious Watermarking)¹⁷⁻²¹을 적용하여 개발되어지고 있다. 또한 영상에 은닉하고자 하는 정보의 삽입량을 늘리는 방법이나 고화질 영상인 HDTV, DVD 등에서 콘텐츠의 화질 열화를 최소화하는 문제 등에 대한 다양한 연구가 진행되고 있다.

3. 디지털 워터마크의 표준화 동향

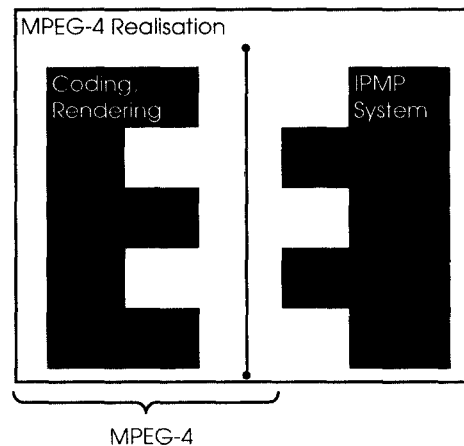
디지털 워터마크 기술에 대한 관심이 증가되면서 워터마크 기술의 상용화를 목표로 European Community에 의한 국제적 프로젝트가 발족되기 시작했다.

TALISMAN²²¹ (Tracing Author's Rights by Labeling Image Services and Monitoring Access Network)은 불법적 복사와 영리 추구를 위한 해적행위 등에 대하여 콘텐츠의 표준화된 저작권 보호 메커니즘과 함께 유럽 연합 서비스 공급자를 준비중이다. 이 프로젝트는 디지털 비디오 영상에 대해 라벨링과 워터마크를 통하여 보호하는 시스템을 개발 중이다. 또한, OCTALIS (ACTS project P119, Offer of Content Through Trusted Access Links)는 TALISMAN과 OKAPI²²¹ (ACTS project 051, Open Kernel for Access to Protected Interoperable Interactive Services)의 주요 목표인 정당한 사용 제어와 효율적인 저작권 보호와 Internet과 EBU(European Broadcasting Union)에서의 시스템의 유효성을 테스트 하는 작업등을 하고 있다.

오디오 분야에 있어서 가장 잘 알려진 것이 SDMI (Secure Digital Music Initiative)이다. SDMI는 디지털 음악파일 포맷개발을 추진하기 위한 미국 레코딩 협회인 RIAA (Recording Industry Association of America)를 중심으로 한 인터넷 음반업계의 컨소시엄을 말한다. 특히 최근 인터넷을 통해 급속도로 확산되고 있는 MP3의 경우 저작권 침해에 관한 논란이 되고 있는데, SDMI에서는 워터마크 기술로 이러한 문제를 해결했다. 물론 다양한 알고리즘들이 개발되고 검증되는 과정에서 여러 가지 문제들이 제기 되고 있는 것도 사실이다. MP3 칩 제조사인 Micronas가 SDMI와의 협력 체제를 중단하기도 하고 EFF(The Electronic Frontier Foundation)는 복제 방지 기술의 조사 내용에 관해 소송을 제기하기도 했다. 지난 4월 SDMI와

RIAA가 프린스턴 대학의 에드워드 펠튼 교수의 연구 내용이 워터마크를 제거할 수 있는 방법을 찾아내 저작권 침해를 부추길 수 있다고 주장해 펠튼 교수는 논문을 발표하지 않았다. 그러나 이러한 문제들은 보다 강인하고 기밀성을 갖춘 알고리즘 개발의 하나의 단계라고 할 수 있다.

비디오의 경우에는 MPEG의 동영상 표준화 그룹 중 MPEG-4 IPMP (Intellectual Property Management and Protection)가 있다. MPEG-4는 관련된 요소들의 다양성을 기초로 하므로 결국 지적 소유보호를 위한 특정 룰의 설계에 대한 요구를 표준 내에서 실행하기란 어려운 일이다. IPMP는 이러한 응용들의 다양성을 포괄하는데 있어서 그 가치나 Complexity, 현존하는 비즈니스 모델과의 복잡성 등에 의존한다. 따라서 보안에 대해서 각각의 알고리즘의 적용과 이에 따른 충돌이 일어날 가능성이 높다. MPEG-4의 IPMP 구조는 특정 IPMP Solution Domain이 가장 폭 넓게 적용하게 하고 충돌 해결을 할 수 있는 여러 형태로 디자인되었다. IPMP의 일반적 인터페이스는 그림 1과 같다.

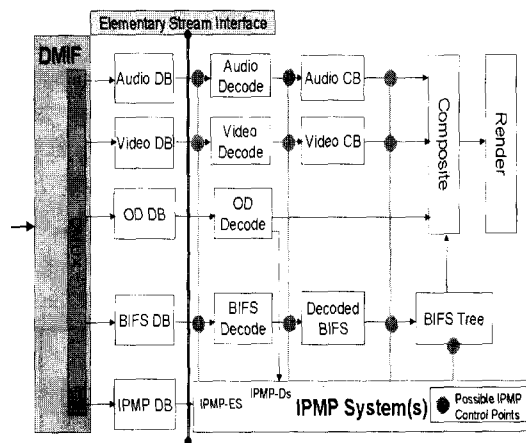


(그림 1) High Level view of The IPMP Architecture

그림 1에서 국제 표준안인 MPEG과 비표준인 IPMP System을 나타내며 이 두 가지(MPEG-4와 IPMP)가 독립적인 점을 설명하고 있다. 이 독립성의 요점은 IPMP 인터페이스다. MPEG-4에서 IPMP 시스템이 정형화 된 것이 아니라 MPEG-4 IPMP 인터페이스가 표준화 된 것이며 MPEG-4 시스템 구조의 확장에서 디자인되었다. 이 시스템의

구성요소는 IPMP-Descriptors(IPMP-Ds)와 IPMP-Elementary Streams (IPMP-ES)로 되어있다.

IPMP-ES는 다른 MPEG-4의 Elementary stream과 비슷하고 IPMP-Ds는 MPEG-4의 오브젝트 Descriptor의 확장이다. IPMP-Ds와 IPMP-ES는 IPMP 시스템과 MPEG-4 터미널의 커뮤니케이션을 제공한다. 어떠한 적용은 다중의 IPMP 시스템을 요구할지도 모른다. 만약 MPEG-4의 오브젝트가 관리와 보호를 필요로 한다면, IPMP-Ds와 연관되는 것이다. IPMP-Ds는 IPMP 시스템에서 적용되는 정보와 콘텐츠 보호에 대한 정보를 가지고 있다.



(그림 2) IPMP Framework in the ISO/IEC 14496 Terminal Architecture

그림 2는 IPMP 인터페이스가 MPEG-4 오브젝트/스트림 모델과 비슷함을 알려준다. 이 시스템은 모든 메커니즘의 바이패스(Bypass) 옵션을 포함하여 최대한 포용력 있게 설계되었다.

IPMP control에 대한 요구 중 많은 시스템들은 DEMUX와 Elementary Stream Decoder사이에서 적용된다. 또한 어떤 시스템에서는 Decoding 후에 적용하기를 원한다. 예를 들어 Encoding 전에 콘텐츠에 삽입된 워터마크의 복구는 콘텐츠의 Decoding 후 적용할 수 있다.

4. 디지털 워터마크 기술의 동향

현재까지 개발된 이미지 알고리즘을 중점적으로

고려하여 최근 제안된 알고리즘을 소개 하고자 한다. 4.1에서는 워터마크 알고리즘의 개발 시 고려 사항을 4.2에서는 최근 제안된 원본을 사용하지 않는 워터마크 기법(Oblivious Watermarking)을 중심으로 소개한다.

4.1 워터마크 알고리즘의 개발 시 고려 사항

워터마크의 적용분야와 목적에 따라, 워터마크 알고리즘은 다양하게 디자인 되고있다. 현재 워터마크의 비가시성(Imperceptibility)은 일반적인 고려 사항이다. 부가적인 고려 사항들은 다음과 같이 정리 할 수 있다.

• 워터마크의 삽입 강도

개발 중인 모든 알고리즘에서 나타나는 화질 열화와 워터마크 삽입 강도의 관계(trade-off)는 일반적으로 잘 알려져 있다. 따라서 인간시각 특성(HVS : Human Visual System) 등을 고려해서 알고리즘을 디자인해야 한다.

• 강인성

워터마크는 일반적인 영상 처리나 의도적인 공격에 대해 강인성을 가져야 한다. 지금까지 제안된 알고리즘 중 모든 공격에 완벽하게 대응하는 알고리즘은 존재하지 않는다. 따라서 실제 적용할 수 있는 일반화 된 공격 및, 각 적용분야에서 일어 날 수 있는 공격에 대한 강인성을 우선적으로 고려해야 한다. 영상에 대한 공격 방법은 상당히 다양한데, 정리해 보면, 다음과 같다.

▶ Signal processing 공격

- noise-like 공격: Gaussian noise, uniform noise, colored noise 등
- filtering : sharpening, blurring, median filtering, low-pass filtering 등
- 압축 : JPEG, MPEG 등
- desynchronization 공격
- rotation, scaling, shearing, aspect ratio change, cropping 등
- D/A & A/D

▶ Cryptographic 공격

- deadlock problem, exhaustive key search 공격 등

▶ Statistical 공격

- collusion 공격, frame averaging 등

▶ Protocol 공격

- copy Attack 등

● Watermark security and Keys

저작권 보호와 같은 분야에서는 삽입된 정보에 대한 비밀성이 절대적으로 필요하다. 따라서 비밀키(secret key)를 적용하여 키의 소유자만이 워터마크 삽입과 검출을 할 수 있게 한다. 이 때 인증되지 않은 사용자에 대해서는 워터마크의 삽입 유무나 삽입 정보에 대한 어떠한 정보도 알 수 없게 하는 방식이 있고, 사용자 누구에게나 워터마크의 삽입 유무에 대한 정보는 제공하지만 삽입 정보에 대해서는 인증된 사용자에게만 제공하는 방식이 있다. 이러한 방식을 제공할 수 있는 것은 다중 워터마크(Multiple Watermark) 알고리즘을 적용하여 Joint public/private watermark 방식²⁴을 사용할 수 있기 때문이다. 위에서 언급한 모든 방식은 워터마크 알고리즘이 알려저도 워터마크를 추출할 수 없게 해야 한다.

4.2 디지털 워터마크 알고리즘 동향

현재 제안되는 대부분의 알고리즘들은 Oblivious Detection을 위한 알고리즘들이 대부분이다. 이러한 알고리즘들의 예는 다음과 같다.

4.2.1 The Patchwork Algorithm

1995년 Bender et al²⁵을 예로 들면 비밀키(secret-key)로 의사랜덤(pseudorandom) 방식의 수열을 삽입함으로써 워터마크 검출 시 저작권자만이 이 키를 소유하고 있어 워터마크를 검출 할 수 있다. 기본적으로 워터마크 삽입 과정에서는 비밀키 K를 적용하여 영상을 두개의 셋으로 랜덤 하게 분리한다. 분리한 각각의 서브셋(subset) 안의 픽셀을 다음과 같이 변형한다.

$$\begin{aligned} \tilde{a}_i &= a_i + 1 \\ \tilde{b}_i &= b_i - 1 \end{aligned} \tag{1}$$

따라서 a_i 에는 1씩을 luminance 성분에 더하고 b_i 에는 1씩을 감소한다. 검출 과정에서는 K를 적용하여 다음과 같이 검출한다.

$$S = \sum_{i=1}^n (\tilde{a}_i - \tilde{b}_i) \tag{2}$$

영상에 워터마크가 삽입 되어 있다고 가정하면 S는 2n에 근접한 값이 될 것을 예상할 수 있다. 반면에 워터마크가 삽입되지 않은 영상은 0에 가까운 값을 나타낸다. 이러한 검출 과정은 다음과 같은 통계적 가정에 기인한다.

$$E[S] = \sum_{i=1}^n (E[a_i] - E[b_i]) = 0 \tag{3}$$

랜덤 하게 영상을 몇 개의 영역으로 나누었을 때 각 서브셋의 픽셀들은 i.i.d. (independent identically distributed)라고 가정하기 때문에 비밀 키의 소유자만이 2n에 가까운 값을 추출할 수 있게 된다. 이러한 기본적 배경에서 알고리즘을 확장한 것이^{26, 27}이다.

4.2.2 Public Key 기반의 워터마크 삽입 및 검출

이 시스템에서는 공개키와 비밀키 두 가지를 사용하는데 워터마크 삽입 시에는 비밀 키를 적용하고 워터마크 검출 과정에서는 공개 키를 적용하는 것이다. Hartung 과 Girod²⁴는 SS(spread spectrum) 방식의 공개키 기반 워터마크 방식을 소개하고 있다. 여기서 direct sequence technique은 확산과 역 과정을 위하여 확산된 수열 S가 필요하다. 비밀 키를 가진 소유권자만이 워터마크로 삽입된 정보를 모두 확인 할 수 있는 반면에 공개키를 소유한 자는 워터마크 정보의 일부만을 검출 할 수 있게 된다.

이와 관련한 내용은 Hartung et al^[14,28]이다. 다른 방식의 공개키 기반 워터마크 알고리즘은^[29,30]에 설명 되어있다.

4.2.3 Psychovisual 워터마크를 위한 Predictive coding

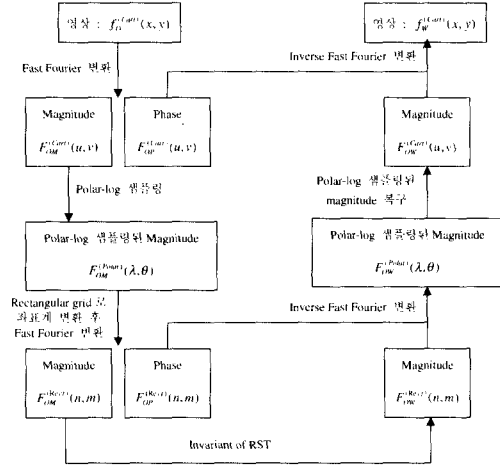
Predictive coding은 소스코딩에서 널리 사용되는 방식이며 이전 신호로부터 새로운 값을 예측하는 것이다. 예를 들어 영상의 픽셀은 이웃 픽셀의 값과 높은 상관도를 가진다. 따라서 Predictive coding이라는 것은 원 픽셀 값과 예측 값 사이의 에러를 코딩하는 것이다. 실제로 이러한 에러는 평균이 0이고 분산 값이 매우 작은 상태의 분포를 가지고 있다. 이 분포는 HVS (Human Visual System)에 의해서 texture, 그리고 에지 부분이 평탄 영역에 비해서 워터마크 삽입 위치로 적합한 것으로 알려져 있다^[31]. 또 이러한 코딩방식은 원본 데이터를 사용하지 않는다^[32].

4.2.4 그 밖의 워터마크 알고리즘

일반적인 영상처리와 영상 혹은 동영상 압축에 관련해서 워터마크를 삽입하기 적절한 공간은 주파수 공간이라고 알려져 있다. 그 중 한가지로 DFT(Discrete Fourier Transform)를 이용하여 워터마크를 삽입 하는 방법이 있다. 이 공간은 진폭 성분과 위상 성분으로 이루어지는데 진폭성분은 워터마크 삽입강도나 화질열화에 대한 조절이 비교적 쉽다는 장점을 가지고 있으나 영상 대부분의 중요 정보가 위상성분에 포함되어 있다는 단점이 있다. 이와는 반대로 위상성분의 경우 삽입강도나 화질열화에 대한 조절이 어려운 단점을 가지고 있다.

DCT(Discrete Cosine Transform)공간을 사용하는 방법의 경우에는 JPEG이나 MPEG의 특성을 이용할 수 있는 장점이 있다. 또한, Fourier-Mellin Transform의 경우 일반적인 주파수 공간과는 다른 독특한 특성을 가지고 있다. 그림 3과 같이 영상을 DFT한 후 진폭성분만을 이용하여 log-polar mapping을 적용하고 다시 DFT할 경우 영상 이동이나 회전 사이즈변화에 대해 불변의 공간^[33]을 만들 수 있다. 이 공간에 워터마크를 삽입할 경우 이러한 변화에 대해서는 아무런 영향을 받지 않는다. 하지만 이 공간 역시 모든 공격에 대해서 불변한 것이 아니어서 극히 제한적이다. Wavelet Domain의 경우 JPEG-2000에 적용되면서 이 공간을 이용하여 워터마크 알고리즘을 적용하는 사례

가 늘어났다. Wang and Kuo^[34], Kunder et al^[35], Xia et al^[36]이 대표적인 사례이다.



(그림 3) Fourier-Mellin Transform

5. 향후 개발 방향

앞에서 언급한 워터마크 알고리즘들은 일반적으로 사용되어 지는 기법들의 몇 가지를 제시한 것에 불과하다. 현재 다양한 알고리즘들이 워터마크라는 기술이 적용 대상과 관련해서 발전되어 지고 있다. 3차원 그래픽 이미지에 적용하는 워터마크 알고리즘이나 문서에 적용되는 알고리즘 등의 저작권 보호를 위한 워터마크 기법들 뿐만 아니라 인증을 위한 워터마크 알고리즘도 현재 개발되거나 개발 중에 있다.

하지만 오디오 워터마크나 이미지 혹은 비디오 워터마크 분야 외의 나머지 분야들에서는 아직 이러한 성과를 나타내고 있지 못하고 있고 다양한 공격 기법에 따라 현재 개발된 알고리즘들의 단점이 파악되고 있는 것도 사실이다. 또한 표준화에 관련되어서도 아직 구체적인 성과를 나타내고 있지 못하는 실정이다. 또한 현재 신호처리에 관련된 분야나 특히 통신 분야(실질적으로 통신 개념을 디지털 워터마크 분야에서 많이 적용하였다.)등 관련 분야의 발전에 따라서 워터마크라는 분야도 발전할 수 있는 가능성과 이와 반대로 예상치 못한 공격 또한 새로 발생할 수 있다.

따라서 디지털 워터마크는 적용 대상에 따라, 혹은 관련 분야의 성과 또는 현존하는 공격에 관한 구체적인 연구등에 관련하여 개발되어 질 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Tanaka, K., Y. Nakamura, and K. Matsui. "Embedding Secret Information Into a Dithered Multilevel Image." in Proceeding of the 1990 IEEE Military Communications Conference, 1990, pp. 216-220.
- [2] Tirkal, A., et al., "Electronic Water mark." in Proceeding DICTA 1993, Dec. 1993, pp.666-672.
- [3] Caronni, G., "Ermitteln unauthorisierter Verteiler von maschinenlesbaren Daten," Technical report, ETH Zurich, Switzerland, Aug. 1993.
- [4] Braudaway, G. W., K. A. Magerlein, and F. Mintzer, "Color correct Digital Watermarking of Images." US patent No. 5,530,759, 1996.
- [5] I. J. Cox, J. Kilian, F. Thomson Leighton and T. Shamoon, "Secure Spread Spectrum Watermarking for Multimedia", IEEE Trans. on image processing, vol. 6, no. 12, pp. 1673-1687, Dec. 1997.
- [6] R. G. van Schyndel, A. Z. Tirkel, C. F. Osborne, "A Digital Watermark", Proc. of the ICIP'94, pp.86-90
- [7] F. Takahashi, "Digital watermak safe-guards multimedia copyright", Nikkei Electronics Asia, Vol.6, No.5, pp.46-52, 1997
- [8] Digimac Corporation. <http://www.digimarc.com>
- [9] E. Koch, J. Rindfrey, and J. Zhao, "Copyright protection for multimedia data". In Proc. of the Int. Conf. on Digital Media and Electronic Publishing, pp.6-8, 1994
- [10] E. Koch, J. Zhao, "Towards Robust and Hidden Image Copyright Labeling". Nonlinear Signal Processing Workshop, pp. 460-463, 1995
- [11] Mitchell D. Swanson, Bin Zhu nad Ahmed H. Tewfik, "Robust Data Hiding for images." IEEE Processing Workshop, pp. 460-463, 1995
- [12] I. J. Cox, J. Kilian, T. Leighton, T. Shamoon, "Secure spread spectrum watermarking for images, audio, and video", Proc. IEEE internet. Conf. on Image Processing(ICIP'96) Vol.III, Lausanne, Switzerland, 16-19 September 1996, pp.243-246
- [13] I. J. K. O Ruanaidh, W.J. Dowling, F. M. Boland "Watermarking digital images for copyright protection", IEE Proc. -Vis. Image Signal Process., Vol. 143, No.4, August 1996
- [14] F. Hartung and B. Girod: "Digital Watermarking of Raw and Compressed Video". Proc. European EOS/SPIE Symposium on Advanced Imageing and Network Technologies, Berlin, Germany, Oct. 1996
- [15] F. Hartung and B. Girod, "watermarking of MPEG-2 Encoded Video Without Decoding and Re-encoding", Proceedings Multimedia Computing and Networking 1997 (MMCN97), San Jose, CA, February 1997.
- [16] G.C.Langelaar, R.L. Lagendijk, J. Biemond, "Real-time Labeling Methods for MPEG Compressed Video" 18th Symposium on Information Theory in the Benelux, 15-16 May 1997, Veldhoven, The Netherlands.
- [17] M. Kutter, F. Jordan, and Frank Bossen, "Digital Signature of color Image using Amplitude Modulation".
- [18] M. Kutter, "watermarking resisting to translation, rotation and scalling", Proc. of SPIE., Boston, USA, Nov. 1998.
- [19] Frederic Deguillaume, Gabriella Csurka, Joe J. K. O Ruanaidh and Thierry Pun, "Robust 3D DFT Video Watermarking." In Ping Wah Wong and Edward J. Delp eds., IS&T/SPIE's 11th Annual

- Symposium. Electronic Imaging '99: Security and Watermarking of Multimedia Contents, Vol. 3657 of SPIE Proceedings, pp. 113-124, San Jose, California USA, 23-29 January 1999. Paper EI 3657-13 (Program on Multimedia Processing and Applications)
- [20] Wenjun Zeng, Bede Lium, "A Statistical Watermark Detection Technique Without Using Original Images for Resolving Rightful Ownerships of Digital Images", IEEE Transactions on Image Processing, Vol. 8, N.11, 1999.
- [21] Sviatoslav Voloshynovskiy, Alexander Herrigel, Nazanin Baumgarther and Thierry Pun, "A stochastic approach to content adaptive digital image watermarking." In International Workshop on Information Hiding, Vol. LNCS 1768 of Lecture Notes in Computer Science, pp. 212-236, Springer Verlag, Dresde, Germany, 29 September-1 October 1999.
- [22] "Talisman," (<http://www.cordis.lu/esprit/src/talisman.htm>)
- [23] Hartung, F., J. K. Su, and B. Girod. "Spread Spectrum Watermarking : Malicious Attacks and Couterattacks," in proceedings of the SPIE 3657, Security and Watermarking of multimedia Contents, 1999, pp. 147-158.
- [24] Hartung, F. and B. Girod, "Fast Public-Key Watermarking of Compressed Video," in Proceeding IEEE International Conference on Image Processing 1997, vol. 1, Santa Babara, California, USA, Oct. 1997, pp 528-531.
- [25] Bender, W., D. Gruhl., and N. Morimoto, "Techniques for Data Hiding," in proceedingf of the SPIE 2420, Storage and Retrieval for Image and Video Databases III, 1995, pp.164-173.
- [26] Langelaar, G. C., J. C. A. Van der Lubbe, and R. L. Lagendijk, "Robust Labeling Methods for Copy Protection of Images," in proceedings of SPIE 3022, Storage and Retrieval for Image and Video Databases V, 1997, pp.298-309.
- [27] Pitas, I., and T. H. Kaskalis, "Applying Signatures on Digital Images," in IEEE Workshop on Nonlinear Signal and Image Processing, Thessaloniki, Greece, Oct. 1995, pp.460-463.
- [28] Hartung, F., and B. Girod, "Digital Watermarking of MPEG-2 Coded Video in the Bitstream Domain," in Proceedings of the IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, vol. 4, Munich, Germany, Apr. 1997, pp. 2621-2624.
- [29] Wong, P. W., "A Public Key Watermark for Image Verification and Authentication," in proceedings of the International Conference on Image Processing, vol. 1., Chicago, Illinois, Oct. 1998.
- [30] Memon, N., and P.W. Wong, "Buyer-seller Watermarking Protocol Based on Amplitude Modulation and the El Gamal public-Key Cyptosystem," in Proceedings of the SPIE 3657, Security and Watermarking of Multimedia Contents, 1999, pp. 289-294.
- [31] Matsui, K., and K. Tanaka, "Videosteganography: How to Secretly Embed a Signature in a picture." Jornal of the Interactive Multimedia Association Intellectual Property project, vol. 1, no. 1, 1994, pp.187-206
- [32] Kutter, M., F. Jordan, and F. Bossen, "Digital Signature of Color Images Using Amplitude Modulation," in proceedings of the SPIE 3022, Storage and Retrieval for Image and Video Databases V, 1997, pp. 518-526.
- [33] Ruanidh, J. J. K., and T. Pun, "Rotation, Translation and Scale Invariant Digital Image Watermarking," in Proceedings of the International

Conference on Image Processing, vol. 1, Santa Babara, California, Oct. 1997, pp. 536-539.

[34] Wang, H. _J., and C._C. J. Kuo, "Image Protection via Watermarking on Perceptually Significant Wavelet Coefficients," in Proceedings of the IEEE Multimedia Signal Processing Workshop, Redondo Beach, California, Dec. 1998, pp.279-284.

[35] Kunder, D., and D. Hatzinakos, "A Robust Digital Image Watermarking Method Using Wavelet-Based Fusion," in Proceedings of the Internatinal conference on Image Processing, vol. 1, Santa Babara, California, Oct. 1997, pp.544-547.

[36] Xia, X-G., C. G. Boncelet, and G. R. Arce, "Wavelet Transform Based Watermarking for Digital Images," Optics Express, vol. 3, no. 12, 1998, pp. 497-511.

〈著者紹介〉



김현태 (Hyuntae Kim)

1999년 2월: 동국대학교 전자공학과 공학사

2001년 2월: 동국대학교 전자공학과 공학석사

2001년 1월 ~ : (주)실트로닉 연

구소 선임연구원

관심분야 : 디지털 워터마킹, 정보보호, 영상처리



배익성 (Ikseong Bae)

1997년 2월 : 부산대학교 전자계산학과 이학사

1999년 2월 : 부산대학교 전자계산학과 이학석사

2000년 9월 ~ : (주)실트로닉 연

구소 선임연구원

관심분야 : 디지털 워터마킹



김정현 (Jeonghyun Kim)

1999년 2월 : 서울시립대학교 전자공학과 공학사

2001년 2월 : 서울시립대학교 전자전기공학부 공학석사

2001년 2월 ~ : (주)실트로닉 연

구소 선임연구원

관심분야 : 디지털 워터마킹, MPEG



최창렬 (Changryoul Choi)

1997년 2월 : 한양대학교 전과공학과 공학사

1999년 2월 : 한양대학교 전자통신공학과 공학 석사

1999년 2월 ~ : 한양대학교 전

자통신공학과 박사 과정

2000년 1월 ~ : (주)실트로닉 연구소 책임 연구원

관심분야 : 디지털 워터마킹, 대수기하부호, 수열, 채널 코딩, 암호학



정계창 (Jechang Jeong)

1990년 : University of Michigan 공학박사

1995년 ~ : 한양대학교 교수

관심분야 : 이미지 및 비디오 처리, 멀티미디어 시스템의 디자인 등