

## 저작권 보호를 위한 디지털 워터마크

### Digital Watermark for Copyright Protection

한 중 욱\*, 박 춘 식\*, 김 은 수\*\*

#### 요 약

본 고에서는 정지 및 동화상, 음성등과 같은 멀티미디어 데이터의 저작권 보호를 위하여 사용되는 워터마크 기술에 대해서 현재까지 연구된 동향을 설명하였으며, 최근 연구 결과로서 대역 확산을 이용한 워터마크 기술에 대하여 분석함으로써 기존의 워터마크를 특수 코드의 삽입 기술로 응용함으로써 영상 인증 분야 연구에 도움이 되고자 하였다.

#### I. 개 요

컴퓨터 네트워크와 멀티미디어 관련 기술이 급격하게 발전함에 따라서 디지털화된 매체인 음성이나 정지영상(still image) 및 동영상(moving image)등에 대한 수요도 급격하게 증가하고 있다. 이와 같은 디지털 매체에 대한 수요의 급증은 경제적으로 디지털 매체에 대한 저작권 보호를 불러 일으키고 있다. 현재 미술 분야에 있어서 작품에 대한 화가 자신의 권리 보호를 위하여 화가의 서명을 삽입하는 방법을 사용하고 있으나 실제로 광범위한 작품의 위조가 이루어져 사회적으로나 경제적으로 많은 문제를 일으키고 있다. 현대 사회가 점점 멀티미디어 정보화 사회로 발전함에 따라 인터넷과 같은 통신망을 이용한 디지털 영

상의 사용은 그 수요가 상상하지 못할 정도로 늘어나리라 생각이 되며, 또한 영화나 비디오와 같은 영상 매체도 주문형 비디오(VOD: Video On Demand)형태의 서비스가 구체적으로 실현되어 감에 따라 점점 영상 및 음성의 디지털화가 필연적이라고 할 수가 있다. 그러므로 이와 같은 디지털 형태의 영상등에 대한 저작권을 보호하기 위한 기술들이 현재까지 많이 연구가 되어 오고 있으며 상품화된 제품까지 나오고 있다.<sup>[1]</sup>

현재까지 디지털 영상 매체에 대한 저작권 보호를 위한 기술로 가장 주목을 받고 있는 것이 워터마크(Watermark)로서 VOD에 대한 표준을 공식화하는 디지털 시청각 상호작용 위원회인 DAVIC(Digital Audio-Visual Interactive Council)에서도 디지털 워터마크 기술의 표준화 작업을 시작하였다. 현재 출판업자 및 광고 대행사들을 위하여 컴퓨터 그래픽이나 사진 등을 구비하여 인터넷을 통하여 서비스를 하는

\* 한국전자통신연구원 선임연구원  
\*\* 광운대학교 전자공학과 교수

업체가 속속 등장하고 있는데 이 회사들이 사용하고 있는 디지털 영상 매체에 대한 저작권 보호를 위한 기술도 워터마크를 사용하고 있다. 그러므로 멀티미디어 정보 사회로 발전함에 따라 수요가 급증하는 멀티미디어 매체에 대한 보호 방안으로 워터마크 기술이 주가 될 것이라고 생각이 되므로 본 고에서는 워터마크에 대한 기본적인 설명과 현재까지 연구 개발되어 왔던 기술을 분석하였으며, 그중 가장 최근에 발표되었고 실제로 현재 서비스가 되고 있는 대역 확산(spread spectrum) 기술<sup>[24]</sup>을 이용한 워터마크 기술에 대하여 논하였다.

일반적으로 워터마크는 정지 영상등에 삽입이 된 후 사람의 눈에 워터마크가 보이는 경우와 보이지 않는 경우 등 두가지 형태로 사용이 되고 있다. 두 방식은 서로 다른 알고리즘에 의하여 실현이 되며 그 목적도 다르다고 할 수 있다. 하지만 궁극적인 워터마크 기술은 사람이 인식하지 못하도록 눈에 보이지 않게 하는 방법이 되겠으며, 본 고에서는 이 방식에 대한 기술을 중심으로 설명하였다. 또한 워터마크는 음성이나 정지영상, 동영상 등 모든 멀티미디어 데이터를 목표로 연구 개발되어 왔으나 대부분이 정지 영상에 대한 연구가 주류가 되어 왔고, 또한 현재까지는 정지영상에 대한 응용이 가장 크므로 본 고에서는 정지영상에 대한 워터마크 기술을 주로 설명하였다.<sup>[1-13]</sup>

워터마크 기술은 암호학에 있어서 인증분야로 응용이 가능하며 실제로 연구 결과가 발표<sup>[16]</sup>가 되고 있으므로, 본 고에서는 워터마크의 기본적인 이론을 습득함으로써 영상 인증 분야에 응용할 수 있게 하고자 하였다.

## II. 워터마크 란?

워터마크란 영상이나 음성 등의 신호에 특정한 코드나 패턴 등을 삽입하는 기술을 말하며 이 워터마크의 삽입 여부 및 변조 여부를 측정

함으로써 원래 신호의 위조나 도용이 이루어졌나를 검사할 수 있는 기술로 응용할 수가 있다. 그러므로 실제로 워터마크를 영화나 사진과 같은 영상이나 음악과 같은 음성 매체에 삽입하여 위조나 도용여부를 측정할 수 있게 하여 저작권 보호의 방법으로 사용되고 있다. 워터마크와 비슷한 개념의 기술로는 Steganography와 암호학이 있는데 워터마크는 다른 사람이 모르는 특정한 코드 등을 삽입하는 기술인 반면 Steganography는 아무도 모르게 비밀 데이터를 보이지 않게 편지나 문서등에 삽입하는 기술이다. 그러므로 Steganography는 전쟁중에 비밀 문서 교환이나 또는 스파이들이 많이 사용하는 기술로서 그 예로는 invisible ink를 사용한 비밀 편지가 있다. 또한 암호라는 것은 제3자가 보았을 때 알 수 없도록 원래의 신호를 특수 코드화하는 기술이다. 궁극적으로 이 세가지 기술은 개념적으로는 다르지만 현재 Steganography 기술을 이용하는 워터마크 기술이 개발되어 오고 있으며, 또한 암호학에서 사용하는 랜덤 코드 발생기를 워터마크 생성에 응용하고 있다. 현재에는 디지털 데이터에 대한 워터마크 기술을 electronic watermarking, data hiding, image labelling, image steganography 등으로 부르고 있다.<sup>[17,18]</sup>

워터마크가 정지영상에 삽입되는 경우, 원래의 영상은 워터마크 삽입으로 인하여 화질의 저하가 발생하면 안된다. 또한 일반적으로 저작권이 보호되는 영상을 사용자가 구입하여 여러가지 데이터 처리를 하여 자신의 목적에 맞게 사용하기 때문에, 워터마크는 여러가지 영상처리 과정에 대해서 robust한 특성을 지녀야 한다. 그러므로 워터마크는 영상의 특성을 분석하여 적절한 위치에 삽입이 되어야 하며 이를 위하여 여러가지 다른 기술들이 연구가 되어 왔다. 일반적으로 사람은 고주파 성분에는 둔감하고 저주파 성분에 민감하므로 영상 압축 기술에서는 고주파 성분의 redundancy를 제거하는 개념을 사용하고 있다. 그러므로 워

터마크는 주파수 개념에서 볼 때 압축 과정을 거친 후 보존이 되기 위해서는 저주파 성분의 위치에 삽입 되어야 한다. 또한 영상의 특성을 좌우하는 저주파 성분에 삽입함으로써 만일 불법적인 워터마크 제거 시도가 이루어진다면 영상의 중요한 정보 또한 제거가 되어 화질 저하가 이루어지므로 워터마크 제거 여부를 쉽게 알 수 있게 된다.<sup>[1,2,4,7,16]</sup>

워터마크를 이용하여 멀티미디어 데이터를 위한 저작권 보호 방식으로 사용하기 위해서는 워터마크는 다음과 같은 특성을 가져야 한다.

- 저작물에 대한 저작권을 나타내는 워터마크가 지워지지 않아야 한다.
- 내장된 워터마크가 제거되는 경우에는 반드시 화질의 저하가 이루어져 영상을 사용할 수 없게 해야 한다.
- 워터마크는 눈에 보이지 않아야 한다.
- 저작물에 워터마크가 삽입이 되므로 해서 화질의 저하가 일어나지 말아야 한다.
- 워터마크는 영상 처리 기술등에 대하여 robust한 특성을 가져야 한다.
- 워터마크 알고리즘은 모든 멀티미디어 데이터에 적용이 가능하여야 한다.
- 재생된 워터마크는 원래의 워터마크와 동일한 코드를 유지하여야 한다.

실제로 현재까지 연구된 워터마크 기술이 상기의 조건을 100% 만족하는 기술은 없으나 궁극적인 목표로서 위의 조건들은 반드시 만족하는 워터마크 기술이 필요하다고 할 수가 있다.

워터마크가 내장된 디지털 영상에 대하여 사용 가능한 영상 처리 기술에는 크게 3가지가 있다. 첫째는 common signal processing으로 A/D 변환, D/A 변환, 샘플링, 양자화 등으로 구성이 된다. 두번째로는 common geometric distortion으로서 회전이나, translation, cropping,

scaling등이 있다. 세번째로는 attack으로서 다중 복사로 인한 위조가 있을 수 있다. 워터마크가 내장된 영상이 이와 같은 세가지 형태의 영상 처리 과정을 거쳐도 워터마크는 손실이 되지 않고 원래 형태 그대로 유지가 되어야 한다.<sup>[2]</sup>

워터마크는 저작권 보호를 위하여 영상등에 삽입되는 특정한 코드 형태를 말하는데 이 코드는 일반적으로 워터마크의 위조 방지를 위하여 유사 랜덤한 값들을 사용을 하게 된다. 이 유사 랜덤 값을 삽입하는 기술이 바로 워터마크 기술의 핵심이며 이에 대한 설명은 다음 장에서 논하였다. 삽입되는 랜덤 값의 길이는 화질의 저하와 관련이 있다. 만약 많은 수의 랜덤 값이 화상값 대신에 삽입이 된다면 화질의 저하는 필연적으로 발생할 수 밖에 없으므로 화질과 워터마크 안전성과의 타협점을 찾는 것이 필요하다. 또한 앞에서 설명하였듯이 워터마크의 삽입 위치는 주파수 평면의 접근 방법시 저주파 영역에서 이루어진다고 하였는데, 저주파 성분은 화질의 특성을 결정하는 중요한 부분이므로 매우 민감한 영역이 되어 화질의 저하에 많은 영향을 끼치게 되므로 화질과의 타협점을 찾아야 한다.

그림 1은 워터마크 예를 나타낸 것이다.

그림 1에서 ①은 삽입하고자 하는 워터마크 정보이고 ②는 원 영상에 워터마크가 삽입된 예로 눈에 보이는 워터마크이다. ③은 워터마크가 눈에 보이지 않는 경우를 나타낸 것이다.

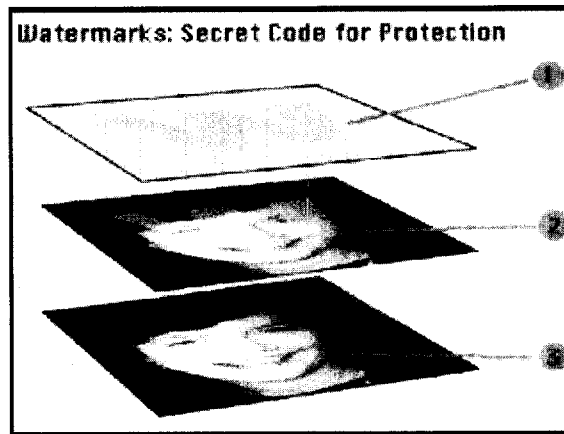


그림 1. 워터마크가 내장된 사진

그림 2는 Kodak사에서 만든 눈에 보이는 워터마크이다.



그림 2. Kodak사의 워터마크

### III. 워터마크 기술의 동향

현재까지 연구되어온 여러 워터마크 기술을 살펴 보면 다음과 같다.

Turner는 디지털 음성 신호에 워터마크인 인식 코드를 삽입하는 방법<sup>[4]</sup>을 제안하였는데, 이 방법은 음성 신호를 랜덤하게 샘플링한 후 그 샘플링된 신호의 LSB(Least Significant Bit)대신에 워터마크 정보가 되는 인식 코드

비트를 삽입하는 방법으로 이루어진다. 하지만 이 방법은 비트를 삽입하는 위치가 LSB라는 것을 알 수만 있다면 쉽게 공격을 당할 수가 있다.

Caronni는 영상을 디지털화한 후 시각적으로 잘 느끼지 못하는 밝기 값을 갖는 작은 기하학적인 무늬로 구성된 tag를 삽입하는 방법<sup>[5]</sup>을 제안하였다. 이 방법은 기본적으로 영상에 공간적으로 워터마크를 숨긴다는 점에서

는 적절했지만 필터링이나 영상을 다시금 디지털화하게 되면 쉽게 공격당할 수 있는 단점이 있다. 또한 음성 데이터에는 적용할 수가 없으며, 영상에 삽입하는 tag 정보도 제한된 알파벳 정도밖에 되지 못한다. 그리고 이 방법은 cropping과 같은 geometric distortion에는 robust하지 못하다.

Brassil은 일반적으로 text로 구성이 되는 문서 영상에 적용할 수 있는 3가지의 디지털 워터마크 방법<sup>[56]</sup>을 제안하였다. 첫번째로는 수직으로 text 라인을 쉬프트 시키는 방법이며, 두번째로는 수평적으로 워드를 쉬프팅시키는 방법, 그리고 세번째로는 수직의 마지막 라인의 각 문자들을 변경하는 방법이다. 하지만 이 3가지 방법 모두 다 쉽게 공격당할 수가 있으며, 적용 범위도 text로 구성된 영상 밖에 되지 못하는 단점이 있다.

Tanaka는 양자화 잡음과 유사한 형태의 워터마크를 삽입하는 방법<sup>[7]</sup>을 제안하였다. 이 방법은 양자화 잡음이 일반적으로 보이지 않는다는 점을 근거로 하고 있으나 다시금 양자화하는 경우나 cropping과 같은 기하학적인 공격에 취약한 단점이 있다. Tanaka는 또한 팩스 데이터를 위한 워터마크 기술로서 부호화된 팩스 영상을 만들기 위하여 Run Length 코드를 이용하는 방법을 제안하였으나 이 방법도 D/A 변환이나 A/D 변환에 의하여 공격당하기 쉬운 단점이 있다.

Macq은 암호학과 디지털 TV에 대한 일반적인 사항을 검토하면서 영상의 윤곽 부근에 위치하는 LSB들에 워터마크를 삽입하는 방법<sup>[6]</sup>을 제안하였다. 이 방법은 LSB에 의존하게 되므로 워터마크는 쉽게 공격당할 수가 있으며 영상에만 적용할 수 있는 단점이 있다.

Bender는 Patchwork와 Texture Block Coding이라는 두가지의 워터마크 방법<sup>[6]</sup>을 제안하였다. Patchwork는 원 영상에서 임의의 두점 (a, b)으로 구성이 되는 n개의 점을 랜덤하게 선택한 후 a의 밝기를 1만큼 증가시키고 b는 1만큼 감소시키는 방법으로 이루어진다. 하지만 이

방법은 영상에 대해서 일반적이지 못하고 랜덤한 jittering에 약하며 기하학적인 Affine 변환에 너무 민감한 단점을 갖고 있다. Text Block Coding은 영상에 존재하는 랜덤한 texture 패턴을 유사한 texture 영상의 영역에 복사하는 방법으로 수행이 되며, 각 texture 영역의 복원은 자기상관(autocorrelation)에 의하여 이루어진다. 이 방법은 큰 영역의 랜덤 texture를 갖는 영상에만 적용할 수 있으며, text형태의 영상에는 적용할 수 없는 단점이 있다.

Pitas는 Patchwork와 유사한 방법<sup>[60]</sup>을 제안한다. 원 영상을 같은 크기를 갖는 두개의 subset으로 나눈 후 한 subset의 픽셀들의 밝기를 양의 정수 k만큼 증가시키는 것이다. 이때 k값은 두 subset들간의 표본편차로부터 계산이 된다. 워터마크의 삽입 여부는 두 subset 픽셀들의 평균간에 차를 계산함으로써 이루어지며, 만약 워터마크가 내장이 되었다면 기대값은 k가 되게 된다. 이 방법은 내장하고자 하는 워터마크의 비트 수가 1비트밖에 되지 않으므로 정보 용량이 낮은 단점이 있다.

Digimarc사는 각 픽셀에서 작은 랜덤한 수를 더하거나 빼는 방법<sup>[11]</sup>을 사용하여 워터마크를 삽입하게 하였다. 덧셈이나 뺄셈은 각 픽셀의 LSB 값과 L 비트로 구성되는 이진 마스크 값과 비교하여 결정이 된다. 즉, 각 픽셀의 LSB 값이 해당 mask 비트 값과 동일하면 랜덤 수를 더하고 반대이면 빼는 방법으로 수행이 된다. 워터마크의 추출은 원래의 영상과 워터마크가 삽입된 영상 픽셀간의 차를 계산하는 방법으로 이루어진다. 이 방법은 인간의 시각적인 특성을 사용하지 못하였고, 원 영상에 고 주파수 성분의 잡음을 일으키게 되므로 low pass 필터링에 대하여 robust하지 못한 단점이 있다.

Koch등은 2가지의 워터마크 방법<sup>[12][13]</sup>을 제안하였다. 첫번째 방법은 영상의 DCT(Discrete Cosine Transform) 평면에서 비트열을 내장하는 방법이다. 즉, 원 영상을 JPEG(Joint Photographic Experts Group) 알고리즘과 같이 8×8

블럭 단위로 분할한 후 각 블럭에 대하여 DCT를 수행하여 랜덤하게 선택된  $8 \times 8$  블럭으로 부터 DCT 계수를 계산한다. 이 계수들은 양자화 과정을 거친 후 세개의 양자화된 계수들이 선택되어 사용된다. 이때 비트 1이 블럭에 삽입된다면 세번째 계수는 나머지 두개의 계수보다 작아야 한다. 이 방법은 워터마크 정보의 추출시 원 영상이 필요하지 않으며, 많은 비트 열을 내장할 수 있는 장점이 있다. 하지만 이 방법은 중간 주파수 성분들의 변화가 적다는 점에 기초하고 있으며, Cox등에 의하여 제안된 대역 확산을 이용한 방법<sup>[2]</sup>과 유사하지만 인간의 시각적인 특성과 상대적인 에너지 측면을 고려하지 않았다는 점에서 다르다고 할 수 있다. 두번째 방법은 주파수 변환을 사용하지 않고 선택된 각 블럭을 흰 픽셀과 검정 픽셀의 상대적인 빈도 수로 코딩하였다. 이 두가지 방법은 다중 복사에 의한 공격으로부터 robust하기 위하여 랜덤하게 64 픽셀을 샘플링함으로써 분산된  $8 \times 8$  블럭을 만드는 방법을 사용하였으나, 최종적인 DCT 결과가 원 영상의 DCT 결과와 다르게 되고, 또한 잡음등에 민감한 단점을 지니게 된다.

Adelson은 디지털 데이터를 아날로그 TV 신호에 삽입하기 위한 목적으로 아날로그 신호에 디지털 정보를 내장하기 위한 기술<sup>[3]</sup>을 제안하였다. 아날로그 신호를 전송할 이진 값에 기초하여 선택하는 두개의 분리된 영역(예를 들어 {0, 2, 4, ...}, {1, 3, 5, ...})으로 양자화한다. 그러므로 이 방법은 정보를 데이터의 LSB 값이나 또는 변환 계수값으로 코딩하는 워터마크 방법이 된다. Adelson은 이 방법이 잡음에 민감한 단점이 있으므로 디지털타이즈된 아날로그 신호에 대한  $2 \times 1$  Hadamard 변환을 수행하는 방법을 제안하였다. Hadamard 변환의 차 계수 값은 역 변환을 계산하는데 0 이나 1만큼의 offset 값이 되므로 이 것은 워터마크를 Hadamard 변환의 차 계수 값의 LSB로 워터마크를 삽입하는 것이 된다. 그러므로 이 방법은 다른 LSB 코딩 방법과 마찬가지로 쉽게 워터마크가 제거될 수가 있다.

Cox는  $N \times N$  영상에 길이  $n$ 의 실수로 구성된 수열을 내장하는 방법<sup>[4]</sup>을 제안하였다. 즉 원 영상에 대한  $N \times N$  DCT를 계산한 후, DC 성분을 제외한  $n$ 개의 상위 DCT 계수에 수열을 더하는 방법으로 이루어진다. 삽입된 수열을 추출하기 위해서는 원 영상의 DCT 변환 결과와 워터마크가 삽입된 영상의 DCT 결과 간의 차를 구하여 최상위 계수로 부터 수열을 얻을 수가 있게 된다. 그러나 이 방법은 워터마크의 추출을 위해서 원 영상이 필요한 단점이다.

지금까지 연구된 워터마크 기술은 공간 평면에서 워터마크를 삽입하는 방법과 주파수 평면에서 워터마크를 삽입하는 방법으로 크게 둘로 나눌 수가 있겠다. 공간 평면상에서 워터마크를 삽입하는 방법은 인간의 시각 시스템이 영상의 edge 성분에는 민감하게 반응하나 밝기의 적은 변화에는 둔감하다는 점을 이용하여 밝기의 변화가 적은 부분에 워터마크 정보를 삽입하는 방법으로 수행되어 왔다. 하지만 공간 평면상에서의 워터마크 삽입 방법들은 영상에 대한 common signal processing이나 geometric distortion등과 같은 여러 조작에 대하여 robust하지 못하므로 워터마크가 쉽게 제거가 될 수 있으며 삽입되는 정보의 양도 적은 단점이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 주파수 영역에서의 워터마크 삽입 방법이 훨씬 효율적이라고 할 수 있으며, 특히 사람의 시각적인 특성을 고려한 특정 주파수 성분을 이용함으로써 보다 robust한 워터마크 기술을 얻을 수가 있다.

일반적으로 시각적으로 중요한 영역이란 워터마크를 삽입하고자 하는 매체에 따라 달라지게 된다. 즉, 인간의 시각 시스템의 경우에는 특정한 주파수나 또는 선이나 모서리등과 같은 공간적인 특성에 민감하게 반응하므로 영상에 워터마크를 삽입하는 경우에는 이와같이 시각적으로 민감한 영역에 삽입하여야만 삽입 후 영상 처리 과정을 거치는 경우 손실 없이 보존이 가능하며, 또한 워터마크가 고의적으로 제

거가 되어도 영상자체도 함께 저하가 일어나게 되므로 워터마크 정보의 조작 여부를 쉽게 알 수가 있겠다. 그러므로 공간 평면에서 LSB와 같은 원래의 영상에 거의 영향을 끼치지 않는 비트나 redundancy 값들을 이용하여 워터마크를 삽입하던 기존의 방법 대신에 주파수 평면에서 워터마크를 삽입하는 기술들이 최근에 많이 연구가 되고 있으며, 특히 통신의 대역 확산 개념을 도입한 멀티미디어 데이터를 위한 워터마크 기술이 각광을 받고 있다.<sup>[1,2,3]</sup>

인간의 시각 시스템은 주파수 측면에서 보면 고 주파수 성분에 대해서는 둔감하나 저 주파수 성분에 대해서는 민감한 특성이 있다. 그러므로 영상 압축 알고리즘의 경우 저 주파수 보다는 고 주파수 성분을 갖는 영상 요소를 제거함으로써 압축된 영상을 얻게 된다. 만일 워터마크를 저 주파수 성분을 갖는 영상 요소에 삽입하게 되면 영상 압축과 같은 처리 과정을 거치므로써 워터마크 정보 또한 제거가 되므로 결론적으로 워터마크를 내장한 영상은 robust하지 못하게 된다. 그러므로 robust한 워터마크 영상을 얻기 위해서 저 주파수 성분에 워터마크를 삽입해야 하는데 이 과정에서 발생

할 수 있는 문제는 워터마크를 구성하는 정보의 양이 많을 경우 워터마크 삽입으로 인한 원래 영상의 화질 저하이다. 앞 절에서 설명하였듯이 화질 저하와 삽입되는 워터마크 정보의 양간에 타협점을 찾아야 하나 이는 실제로 원 영상의 특성에 따라 좌우가 되므로 일반화가 되지 못하고 있다. 따라서 주파수 평면에서 워터마크를 삽입하는 경우 고려되는 방법은 그림 3과 같이 저 주파수 성분과 고 주파수 성분의 경계면을 중심으로 일정한 영역에 걸친 주파수 대를 구성하는 성분에 워터마크 정보를 분산하여 삽입하는 방법이 사용되고 있다. 즉, 원래의 영상을 FFT(Fast Fourier Transform)나 DCT 변환을 이용하여 주파수 분포 값으로 변환한 후 저 주파수 성분과 고 주파수 성분간의 경계 영역에 원래 주파수 크기를 고려한 워터마크 정보를 주파수 값 형태로 삽입한 후 다시 역 변환을 수행하여 결과적으로 워터마크가 원 영상의 전 영역에 걸쳐서 분산된 형태의 결과 영상을 얻게 되는 것이다. 이 방법을 사용할 경우 원래 영상의 화질 저하 정도를 줄일 수가 있으며, 또한 robust한 특성도 어느 정도 유지할 수 있게 된다.<sup>[4]</sup>

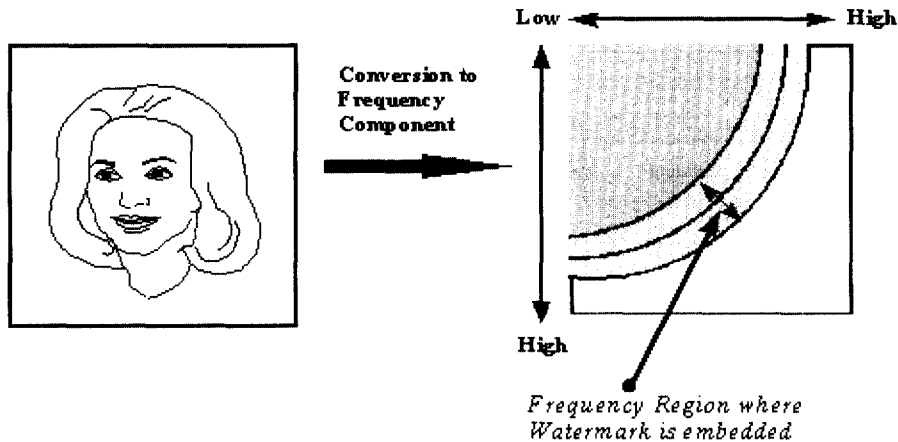


그림 3. 주파수 평면에서의 워터마크 삽입 영역

결론적으로 볼 때 공간 평면에서의 워터마크 삽입 방법은 고의적인 공격에 취약하며, 또한 각종 영상 처리 과정에 대해서 robust하지 못하므로 실제로 응용하는데 있어 문제가 있다고 할 수가 있다. 그러므로 앞으로의 워터마크 방법은 주파수 측면에서 고려가 되어야 하며 현재 가장 robust하다고 인정받고 있는 방법이 주파수 평면에서 대역 확산 기술을 도입한 방법이라고 할 수 있겠다.

#### IV. 대역 확산 기술

앞에서 설명하였듯이 워터마크는 common signal processing이나 geometric distortion의 영향을 받게 되는 영상의 주파수 성분에는 삽입되지 말아야 하며, 시각적으로 영상의 특성을 결정짓는 고 주파수 성분과 같은 중요한 부분에 삽입되어야 한다. 이때 워터마크 정보의 삽입으로 인한 원래 영상의 변화는 사람이 인식하지 못할 정도가 되어야만 한다. 따라서 사람이 인식하지 못하면서 robust한 특성을 유지할 수 있는 워터마크 삽입 방법으로 현재 각광을 받고 있는 것으로는 NEC의 Ingemar J. Cox에 의하

여 제안된 대역 확산을 이용한 방법<sup>[2]</sup>이 있다.

대역 확산 통신에서는 narrowband 신호를 훨씬 큰 대역폭에 걸쳐서 보냄으로써 하나의 주파수에서 볼 때 신호의 에너지는 아주 작은 양이 되게 된다. 이와 같은 개념으로 워터마크를 많은 주파수 성분에 걸쳐서 분산시켜 삽입함으로써 결론적으로 에너지가 분산되어 한 주파수에서 보면 매우 작은 양이 되므로 측정이 어렵게 되는 것이다. 따라서 워터마크의 삽입된 주파수 위치나 내장 정보를 알 수가 없게 만드는 것이다. 이때 원래의 영상 정보를 주파수 성분으로 변환하는 방법으로는 FFT, DCT, Wavelet 변환 등 어느 변환을 사용해도 가능하지만 일반적으로 DCT 변환이 화질의 저하가 낮으므로 가장 많이 사용이 된다. 대역 확산 방법에 의한 워터마크 생성은 워터마크의 위치를 알 수가 없으며, 또한 삽입에 이용되는 주파수 성분도 원 영상의 특성을 결정짓는 성분들이 선택되므로 각종 신호처리 과정이나 고의적인 공격 등에 대하여 robust한 특성을 갖게 된다.

대역 확산 방법에 의한 워터마크 삽입 방법은 그림 4와 같이 표현이 된다.

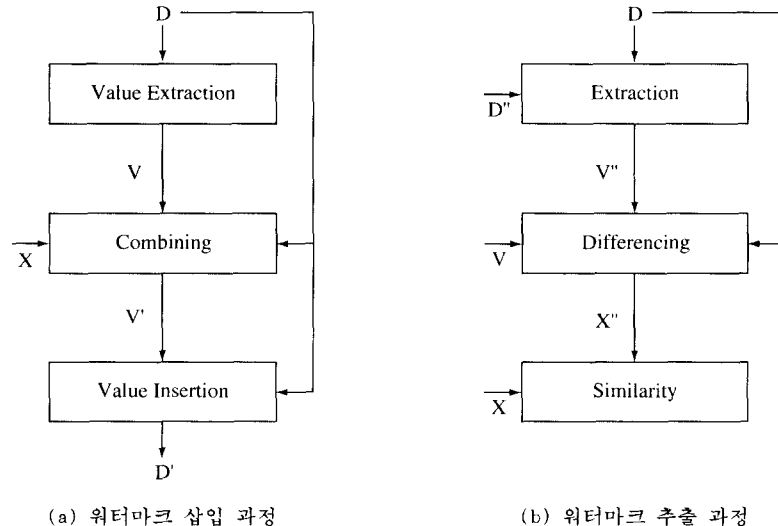


그림 4. 대역 확산 방법에 의한 워터마크 기술



삽입하고자 하는 워터마크를 실수  $X = x_1, x_2, \dots, x_n$ 라 하고,  $D$ 는 워터마크를 삽입하고자 하는 원 영상, 그리고  $V$ 는 원 영상에서 선택된 주파수 성분들로  $v_1, v_2, \dots, v_n$ 으로 구성이 된다.

워터마크를 각 주파수 성분에 삽입하는 과정은 다음 수식들에 의하여 수행이 될 수 있다.

$$v'_i = v_i + \alpha x_i \quad (1)$$

$$v'_i = v_i (1 + \alpha x_i) \quad (2)$$

$$v'_i = v_i (e^{\alpha x_i}) \quad (3)$$

여기서  $\alpha$ 는 scale 변수이며 워터마크  $X$ 를  $V$ 에 삽입하므로써  $V'$ 를 얻을 수 있다. 하지만 식(1)은  $v_i$ 가 클 경우 적절하지 못하게 된다. 즉 원래의 주파수 성분의 크기가 너무 클 경우 삽입되는 워터마크 값이 상대적으로 너무 작을 수 있으므로 워터마크를 추출하는 데 문제가 될 수 있다. 또한 워터마크 값보다 주파수 값의 크기가 너무 작은 경우에도 원 영상의 화질 변화가 발생되어 문제가 된다. 그러므로 식(2)와 식(3)이 식(1)보다 더 효율적이라고 할 수 있으며, 또한 선택된 주파수 값의 크기를 고려하기 위하여 값도 고정된 값이 아니라 주파수 값에 따라 다른 scale 값을 갖도록 하는게 효율적이다. 따라서 결론적으로 위의 식 대신에 다음과 같은 식을 사용하여 워터마크를 삽입하게 된다.

$$v'_i = v_i (1 + \alpha x_i) \quad (4)$$

식(4)의 의미는 원 영상에서 영상의 특성을 결정 짓는 주파수 성분 값들을 선택한 후 이 값에 워터마크를 구성하는 특정 코드와 scale 인자를 곱한 결과를 더하는 것이다. Scale 인자는 원 영상의 주파수 크기 값에 따라 적절하게 선택이 되어 원 영상의 화질 저하나 워터마크 추출 과정등에서 문제가 없도록 하는 것이다. 결과 값은 그림 4의 (a)와 같이 원 영상에 삽입이 되어 공간 평면으로 변환이 되므

로서 워터마크가 삽입된 영상  $D'$ 가 된다.

그림 4의 (b)에서  $D''$ 는 워터마크가 삽입된 영상  $D'$ 가 의도적인 공격이나 신호 처리 과정을 거친 후 변화된 영상을 의미한다. 이 영상으로 부터 원 영상에 내장되어 있는 워터마크를 추출하기 위해서는 삽입 과정과 마찬가지로  $D''$ 의 주파수 값  $V''$ 들을 추출한 후 원 영상  $D$ 의 주파수 값인  $V$ 와 비교하여 그 차이가 되는  $X''$ 를 구하여야 한다.  $X''$ 는 원래의 워터마크  $X$ 가 변화된 형태가 되며 식(5)에 의하여 이 두 값들간에 유사성을 측정함으로써 영상에 내장되어 있던 워터마크의 유효성을 검사하는 것이다.

$$Sim(x, x'') = \frac{x'' * x}{\sqrt{x'' * x''}} \quad (5)$$

$Sim(x, x'')$ 의 값이 threshold 값보다 크게 되면 두 워터마크가 동일한 것으로 인정이 되어 영상의 유효성이 입증이 되는 것이며, 만약 threshold 값보다 적게 되면 유효하지 않은 영상으로 판별이 되는 것이다.

대역 확산에서 사용이 되는 워터마크 값은 랜덤한 난수 값들을 사용하며, 시뮬레이션 결과로서 1000개의 난수 그룹 중에서 사용된 난수 그룹에서만 상관 첨두치가 출력됨을 그림 5와 같이 보였다.

난수는 1000개의 이진수로 구성이 되며, 그림 5의 상관 첨두치는 특정 사용자의 ID 번호를 의미하는 워터마크로 사용된 난수 값이다.

## V. 워터마크를 이용한 응용 서비스

디지털 워터마크 기술은 비디오 및 음악 소프트웨어등에 사용되기 시작하고 있다.<sup>[11,19-22]</sup> 워터마크 사용의 목적은 디지털 저작물의 무허가 사본의 상업적 사용을 방지하는 것이다. 미국의 Digimarc사 및 영국의 Highwater Signum사에서는 사진 및 컴퓨터 그래픽 등의 정지 화상

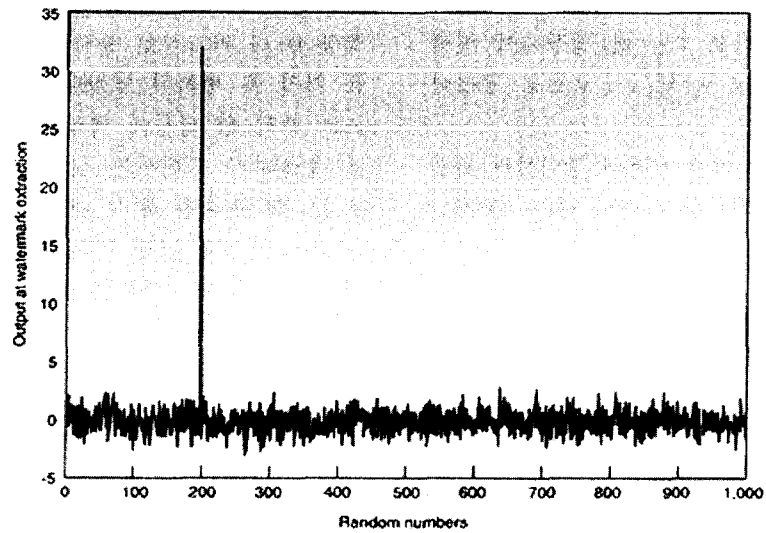


그림 5. 추출된 워터마크의 상관도

표 1. 워터마크를 이용한 정지 영상 및 음악에 대한 저작권 관리 서비스

	Digimarc	Highwater Signum	Fraunhofer CRCG	NEC	DICE
Software	PictureMarc	FBI Pro	SysCop	TigerMarc Image DataBlade	Argent
Platform	Mac OS Window NT Window 95	Mac OS Window 95	UNIX Window NT Window 95	UNIX. Window NT	Mac OS
Embedded Information	Copyright Holder ID	1) Copyright Holder ID 2) Image Data ID	1) Copyright Holder ID 2) Image Data ID 3) ID of Party Receiving Image Data	Unknown	1) Copyright Holder ID 2) Distributor ID 3) ID of Party Using Music Data
Type of Data	Still Image	Still Image	Still Image	Still Image	Music
Information URL	www.digimar c.com	www.highwat erfbi.com	<a href="http://ltswww.epfl.ch/home-cgi-bin/format-page.cgi?watermarking/refs.html#refs">http://ltswww.epfl.ch/ home-cgi-bin/format- page.cgi?watermarking /refs.html#refs</a>	Unknown	www.digital- watermark. com

데이터베이스에 대한 저작권 관리 사업을 시작하였으며, 사진 작가, 출판업자 및 광고 대행사들이 이러한 회사들의 주요 고객이 되고 있다. 각 정지 화상등에는 화상의 배급업자의 ID 번호가 워터마크로서 내장되어 있어 불법적인 사용을 용이하게 감시할 수가 있다. 이들 서비스의 목표는 디지털 기술을 사용하여 정지 화상에 ID 정보를 내장시킴으로써 허가받지 않은 복사를 방지하는 것이며, ID 정보가 용이하게 제거될 수 없고 또한 사용자가 이를 인지하기 어렵게 하는 것이다.<sup>[11]</sup>

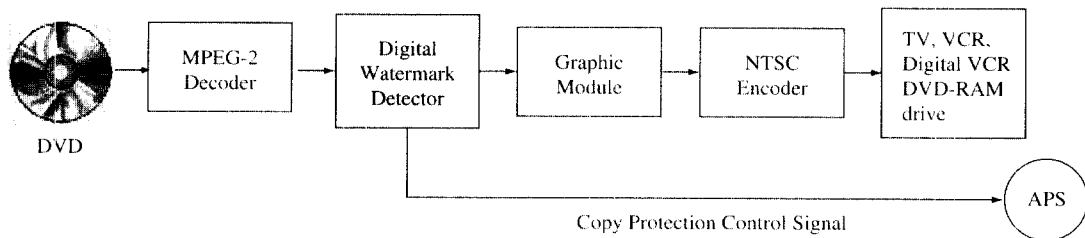
표 1에서 나타난 회사들이 사용하는 워터마크 기술을 간단히 살펴보면 다음과 같다.

Digimarc 사는 영상 데이터를 작은 다중 블록으로 분할한 후 동일한 워터마크 정보를 각각의 블록에 내장한다. 이때 워터마크는 랜덤한 1 및 -1로 구성이 되며 각 블록을 구성하는 gray 레벨 영상 값에 더해지게 된다. 이 방법은 영상 데이터의 일부가 절단된 경우에서도 Cropping된 영역이 픽셀 블록보다 작지만 않으면 워터마크 검출이 가능한 장점이 있다.<sup>[12]</sup> Highwater Signum 사는 Digimarc 사의 기술과 비슷하나 원 영상에서 동일한 패턴이 반복되는 경우 워터마크 정보가 나타날 수 있는 문제점을 각 블록 단위로 랜덤한 워터마크를 사용하여 해결하였다.<sup>[21]</sup> Fraunhofer CRCG 사는 JPEG 압축 과정을 통해 워터마크를 내장한다. 즉 화상 데이터를 8×8 픽셀 블록으로 분할하고 각각의 블록상에 DCT 변환을 수행함으로써 DCT 출력 계수 중에서 중심 주파수 계수가 변화하고 그 변화가 워터마크가 된다.<sup>[22]</sup> NEC

사는 앞장에서 설명한 대역 확산 기술을 사용하여 워터마크를 삽입, 추출한다. 그밖에 현재 연구중이거나 개발된 워터마크 서비스로는 Mitsubishi와 Kyushu대학이 공동 개발중인 Wavelet 변환을 이용한 방법이 있으며, NTT 사에서는 JPEG 표준하에서 압축된 영상에서도 워터마크를 추출하기 위해 DCT 변환을 이용한 방법을 연구 중에 있다. 그리고 일본의 National Defense Academy에서는 PN 코드를 이용한 대역 확산 기술을 연구 중이며, MIT에서는 시각 특성을 고려한 통계학적 Patchwork 기술을 개발한 바 있다.

한편 DVD(Digital Video Discs)플레이어 및 VOD형 비디오 서버 등의 비디오 화상을 작동시키는 장비를 표준화하기 위한 노력이 이루어지고 있다. 내용 제작자 및 시청각 장비 제조업자들로 구성된 산업 단체인 CPTWG(Copy Protection Technology Working Group)는 DVD 플레이어 및 읽기 전용 메모리(DVD-ROM) 장치의 사용에 있어 복사 방지 기능에 대한 연구를 시작하고 있으며, NEC와 일본 IBM 등에서 이미 디지털 워터마크 기술에 기초한 복사 방지 시스템이 개발이 되었다. 또한 VOD에 대한 표준화 작업을 수행하는 DAVIC에서는 디지털 워터마크 기술의 표준화 작업을 시작하였다. 1996년 12월에 기술적인 제안이 받아들여지기 시작하였고, 대만에서 개최된 1997년 9월 회담이 계획되고 있다.<sup>[21]</sup>

그림 6은 디지털 워터마크 기술에 의한 DVD 복사 방지 시스템을 나타내었다.



(그림 6) DVD 복사 방지 시스템을 위한 워터마크 응용

그림 6에서 복사 금지 또는 1회 복사 가능 등의 정보를 나타내는 복사 제어 신호(CCS : Copy control Signal)는 MPEG(Moving Picture Experts Group) 인코딩에 의하여 비디오 데이터에 워터마크로서 삽입이 된다. CCS는 영상이 디코딩되어 검출된 후 복사 방지 과정을 수행하는 아날로그 보호 시스템인 APS(Analog Protection System)로 전달이 된다.

## VI. 결 론

본 고에서는 디지털 형태의 영상등에 대한 저작권을 보호하기 위하여 사용되고 있는 워터마크 기술에 대한 기본적인 설명과 현재까지 연구 개발되어 왔던 기술들을 분석하였으며, 특히 가장 최근에 발표되어 각광을 받고 있는 대역 확산 기술을 이용한 워터마크 기술에 대하여 설명하였다.

현대 사회가 멀티미디어 정보 사회로 발전함에 따라서 디지털 영상이나 음성 등에 대한 수요가 급증하고 있으며, 이와 같은 멀티미디어 매체에 대한 저작권 보호 방안이 점점 더 중요시되고 있으므로 이에 대한 해결책으로서 워터마크 기술은 점점 더 관심의 대상이 될 것이다. 그리고 지금까지는 정지 영상이나 음성 등에 대한 워터마크 기술만이 주로 연구가 되어 왔으나, 앞으로는 VOD와 같은 동영상을 제공하는 서비스가 더욱 증가할 것이므로 동영상용 워터마크 기술에 대한 연구가 더 필요할 것이라 생각이 된다.

워터마크 기술은 암호학에 있어서 인증분야로 응용이 가능하며 실제로 몇몇 연구 결과가 발표되고 있으므로, 본 고에서는 워터마크의 기본적인 이론을 습득함으로써 영상 인증 분야에 응용할 수 있게 하고자 하였다.

## 참 고 문 헌

- [1] F. Takahashi, "Digital watermark safeguards multimedia copyright". Nikkei Electronics Asia, Vol.6, No.5, pp.46-52, 1997.
- [2] I. J. Cox, J. Kilian, T. Leighton, and T. Shamoan, "Secure spread spectrum watermarking for multimedia", NEC Research Institute, Technical Report 95-10, 1995.
- [3] J. Ragusa, V. Badari, and J. Machuca, "Digital image watermarking : an adaptive spread spectrum approach", <http://www.csuglab.cornell.edu:80/Info/Pe...dari/cs631/wmrkproj/paper/finalpaper.html>.
- [4] G. Caronni, "Assuring ownership rights for digital images". In Proc. of Reliable IT Systems, VIS' 95, Vieweg Publishing Company, 1995.
- [5] J. Brassil, S. Low, N. Maxemchuk, and L. O'Gorman, "Electronic marking and identification techniques to discourage document copying". In Proc. of Infocom' 94, pp.1278-1287, 1994.
- [6] J. Brassil, S. Low, N. Maxemchuk, and L. O'Gorman, "Document marking and identification using both line and word shifting". In Proc. of Infocom' 95, 1995.
- [7] K. Tanaka, Y. Nakamura, and K. Matsui, "Embedding secret information into a dithered multi-level image". In Proc. of 1990 IEEE Military Communications Conference, pp.216-220, 1990.
- [8] B. M. Macq and J. J. Quisquater, "Cryptography for digital TV broadcasting". In Proc. of the IEEE, Vol.83, No.6, pp.944-957, 1995.

- [9] W. Bender, D. Gruhl, and N. Morimoto, "Techniques for data hiding". In Proc. of SPIE, Vol.2420, pp.164-173, 1995.
- [10] I. Pitas and T.Kaskalis, "Signature casting on digital images". In Proc. of IEEE Workshop on Nonlinear Signal and Image Processing, 1995.
- [11] Digimac Corporation, <http://www.digimarc.com>.
- [12] 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.
- [13] E. Koch and J. Zhao, "Towards robust and hidden image copyright labeling". In Proc. of 1995 IEEE Workshop on Nonlinear Signal and Image Processing, 1995.
- [14] R. G. van Schyndel, A. Z. Tirkel, and C. F. Osborne, "A digital watermark". In Int. Conf. on Image Processing, Vol.2, pp.86-90, 1994.
- [15] J. F. Delaigle, C. De Vleeschouwer, and B. M. Macq, "Digital watermarking". In Proc. of SPIE, Vol.2659, pp.99-110, 1996.
- [16] M. Schneider and S.F. Chang, "Digital watermarking and image authentication". <http://www.ctr.columbia.edu/~mars/papers/reports/water/doc.html#ref2>.
- [17] J. Zhao, "Look, it's not there". <http://www.byte.com/art/9701/sec18/art1.html>.
- [18] S. Wang, "Image security". <http://www.ece.curtin.edu.au/~wongsc/digital.html>.
- [19] H. Berghel and L. O'Gorman, "Protecting ownership rights through digital watermarking". <http://www.computer.org/pubs/computer/kiosk/r70101.html>.
- [20] DICE Company, <http://www.digital-watermark.com>.
- [21] Signum Company, <http://www.highwaterfbi.com>.
- [22] SysCop Service, <http://ltswww.epfl.ch/home-cgi-bin/format-page.cgi?watermarking/refs.html#refs>.

□ 著者紹介



한 중 옥

1989년 광운대학교 전자공학과 졸업(학사)  
 1991년 광운대학교 전자공학과 졸업(공학석사)  
 1996년 ~ 현재 광운대학교 대학원 전자공학과 박사과정  
 1991년 ~ 현재 한국전자통신연구원 선임연구원

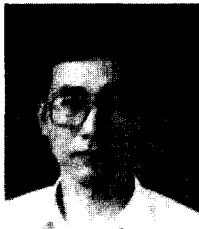
※ 주관심분야 : Optical Security, Quantum Cryptography, Optical Computing



### 김 은 수

1978년 연세대학교 전자공학과 졸업(학사)  
 1980년 연세대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)  
 1984년 연세대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)  
 1987년 ~ 1988년 미국 CALTECH 전기공학과 객원교수  
 1981년 ~ 현재 광운대학교 전자공학과 교수

※ 주관심분야 : Optical Security, Automatic Target Tracking, Optical Memory



### 박 춘 식

광운대학교 전자통신과 졸업(학사)  
 한양대학교 대학원 전자통신과 졸업(석사)  
 일본 동경공업대학 전기전자공학과 졸업(암호학 전공, 공학박사)  
 1989년 10월 ~ 1990년 9월 일본 동경공업대학 객원 연구원  
 1982년 ~ 현재 한국전자통신연구소 책임연구원  
 1997년 한국통신정보보호학회 편집이사, 종신회원

※ 주관심분야 : 암호이론, 정보이론, 통신이론