

디지털 동영상 어플리케이션의 향상된 보안성을 위한 비시각적인 워터마킹

서정희*, 박홍복**

Invisible Watermarking for Improved Security of Digital Video Application

Jung-Hee Seo*, Hung-Bog Park**

요약

디지털 비디오 워터마킹의 성능은 디지털 비디오에서 많은 정보를 은닉하는 방법에 대한 평가이다. 그러므로 디지털 콘텐츠에 대한 주파수 영역의 고화질의 동영상에 많은 비트의 데이터를 저장하는 방법이 요구되고 있다. 따라서 본 논문은 워터마크 요소 중 강인성과 비시각성 사이의 절충을 통해서 동영상의 프레임에 대해 휘도 성분을 추출한 후 웨이블릿 변환을 수행하여 LH와 HL 부대역에 워터마크를 내장하고 비시각적인 워터마크 기반의 강인한 워터마크를 통해 향상된 워터마크의 보안성을 위한 워터마크 시스템을 설계한다. 워터마크의 보안성에 대한 성능의 분석은 통계적인 방법을 사용하여 비시각적인 워터마킹에서의 다양한 공격에 대한 강인성을 평가한다. 실험 결과에 따르면 노이즈 추가, 손실 압축, Low-Pass 필터링과 같은 일반적인 신호 처리를 수행하여 워터마크 강인성과 비시각성을 평가하였고, 다양한 공격에 대한 워터마크의 보안성을 검증할 수 있었다.

▶ Keyword : 디지털 비디오 워터마킹, 비시각적인 워터마크, 강인성, 보안성, 웨이블릿

Abstract

Performance of digital video watermarking is an assessment that hides a lot of information in digital videos. Therefore, it is required to find a way that enables to store lots of bits of data into a high quality video of the frequency area of digital contents. Hence, this paper designs a

• 제1저자 : 서정희 • 교신저자 : 박홍복

• 투고일 : 2011. 08. 01, 심사일 : 2011. 08. 19, 게재확정일 : 2011. 08. 29.

* 동명대학교 컴퓨터공학과(Dept. of Computer Engineering, Tongmyong University)

** 부경대학교 컴퓨터공학과(Dept. of Computer Engineering, Pukyong National University)

※ 본 논문은 2009학년도 부경대학교의 지원을 받아 수행된 연구임(PK - 2009 - 0012000200909500)

watermarking system improving security with an enhancing watermarking based on invisible watermarking and embedding an watermarking on LH and HL subband and its subband by transforming wavelet after the extraction of luminance component from the frames of video by compromising robustness and invisible of watermarking elements. The performance analysis of security of watermarking is carried out with a statistic method, and makes an assessment of robustness against variety of attacks to invisible watermarking. We can verify the security of watermarking against variety of attacks by testing robustness and invisible through carrying out general signal processing like noise addition, lossy compression, and Low-Pass filtering.

▶ Keyword : Digital Video Watermarking, invisible Watermark, Robustness, Security, Wavelet

I. 서 론

일반적으로 워터마크 시스템은 암호화 시스템과는 구별되어야 한다. 암호화 시스템은 송신측에서 수신측으로 디지털 콘텐츠를 전송하는 동안에는 보호할 수 있지만, 수신된 데이터를 복호화한 후에는 특정한 정보를 추출하거나 암호화된 정보의 제거를 방지하도록 설계되지는 않았다. 따라서 이런 문제점을 해결하기 위한 방안으로 디지털 워터마크 기법을 사용한다.

디지털 워터마크는 디지털 콘텐츠에 소유권자의 신분 증명, 복제 제어와 소유권 정보 등을 포함한 비시각적인 신호를 삽입한다. 또한 디지털 미디어 파일에 워터마크의 삽입 처리는 시각적으로 감추어져 있으나 디지털 미디어 파일의 인증 확인을 요구함으로써 추출할 수 있다. 따라서 비시각적인 워터마크는 불법 복제 방지, 소유권 보호, 복제 제어, 공문서 위조를 방지하기 위한 어플리케이션으로 제공되고 있다.

또한 상업용의 디지털 미디어에 대한 불법적인 사용은 인터넷 대역폭의 증가와 함께 확산되고 있는 추세이고, 디지털 미디어 산업에 막대한 손실을 야기 시킨다. 따라서 콘텐츠 제공자는 인터넷상에서 구매자가 디지털 콘텐츠를 구매할 때 디지털 콘텐츠에 대한 접근을 제한하거나 제어하기 위해서 DRM(Digital Right Management) 시스템을 제공한다.

어떤 의미에서 비시각적인 워터마크는 압축 시스템과 워터마크 디자이너에 의해서 요구되는 설계는 양립할 수 없다[1].

왜냐하면 내장된 워터마크의 강인성(Robustness)의 증가는 일반적으로 워터마크의 비시각성(Transparency)의 감소를 초래한다.

그리고 디지털 워터마크의 보안성(Security)은 또 다른 측면에서의 워터마킹 시스템이다. 소유권의 증명, 소스 인증, 저작권 침해에 대한 추적, 소유권자의 콘텐츠의 접근 제어와

같은 어플리케이션에서 기존에 삽입된 워터마크의 추출, 워터마크에 의해서 수행된 데이터의 판독, 불법적인 값을 변형/삽입, 내장된 워터마크의 제거가 목적인 조작에서 내장된 워터마크가 저항하는 것은 필수적이다[2].

대부분의 디지털 콘텐츠에 대한 왜곡은 손실 압축, 크기, 회전, 아날로그를 디지털로 변환, 노이즈 추가, Low-Pass 필터링, 프레임 비트율 감소와 같이 다양한 신호 처리 과정에서 나타난다. 그러므로 워터마크의 보안성은 일반적인 신호 처리와 공격에 대한 강인한 워터마크의 달성에 달려있다.

기존 연구에서 멀티미디어 콘텐츠에 대한 정보 보호의 성능 분석에 관한 연구[9]가 제안 되었고, 정지 영상에 대한 디지털 워터마크 기법은 현재 많은 연구가 진행되었다[3, 4]. 그러나 정지 영상과 비교해서 추가적으로 동영상 워터마킹 기법에 대한 확장이 고려되어야 하고, 현재, 디지털 동영상에 적절한 워터마크 구조에 대한 연구는 부족한 실정이다. 왜냐하면 동영상 워터마크 알고리즘은 복잡해서 워터마크의 내장과 추출에 많은 계산으로 인해 비용이 높다.

장면 변화를 기반으로 한 스크램블드(Scrambled) 워터마크와 강인한 DWT(Discrete Wavelet Transform) 기반의 비시각적인 디지털 비디오 워터마킹 구조는 디지털 비디오를 인증하기 위해서 제안되었고, 단일한 워터마크의 다른 부분들은 비디오의 다른 장면에 내장한다[5]. 이 논문에서 제안된 알고리즘은 기존의 DWT 기반의 워터마크 구조와 비교되고, 더 강인함을 나타내고 있음을 알 수 있다.

비디오 워터마킹의 성능은 디지털 비디오에서 많은 정보를 은닉하는 방법에 대한 평가이다. 따라서 다른 비시각적인 워터마크 구조를 사용한 MPEG2 비디오에 대한 워터마킹 성능을 분석하고, 높은 워터마킹 성능에 대한 새로운 워터마킹 알고리즘을 제안한다[6].

원영상과 워터마크가 내장된 신호는 웨이브릿과 같은 주파수 영역에서 변환되고, 이것은 두 신호 사이의 차이점을 분석

하는데 매우 유용하다.

비시각적인 워터마크를 보장하기 위해서 지역적인 주파수에 대한 콘텐츠는 워터마크에 적절한 영상의 영역을 결정하는데 사용된다.

따라서 본 논문은 콘텐츠에 대한 주파수 영역의 고화질의 동영상에 많은 비트의 데이터를 저장하는 방법을 제안하고 동영상 콘텐츠에 대한 비시각적인 워터마크 기반의 강인성 워터마크의 삽입 및 추출 알고리즘의 구현을 통해 향상된 보안성의 워터마크 시스템을 설계한다. 그리고 통계적인 분석을 통해서 워터마크의 강인성과 비시각성을 평가하고 다양한 공격에 대한 워터마크의 보안성을 검증할 수 있다.

본 논문의 2장은 디지털 워터마크 어플리케이션에 대해서 설명하고, 3장은 본 논문에서 제안하는 동영상 워터마크의 삽입과 추출 알고리즘에 대해 기술한다. 4장은 구현 결과 및 분석, 5장 결론, 참고 문헌 순으로 기술한다.

II. 디지털 워터마크 어플리케이션

기존의 많은 문헌에서 다양한 워터마킹 기법들이 제시되고 있다. 원신호의 시간/주파수 영역[7]에서 LSB(Least Significant Bits)을 조작하는 방법, 위상, 진폭, 주파수를 변형하는 방법, 대역 확산(Spread Spectrum)을 사용한 신호와 독립적인 워터마크 삽입 기법들이 제시되고 있다.

디지털 콘텐츠에 대한 워터마킹 기법은 소유권 정보와 같은 부가적인 데이터를 디지털 콘텐츠에 은닉함으로써 저작권 침해에 대한 추적, 복제 제어, 소유권 보호, 접근 제어와 같은 어플리케이션에서 유용하고, 대부분의 디지털 워터마킹 어플리케이션에서 삽입된 워터마크는 디지털 콘텐츠에 영향을 미치는 다양한 종류의 노이즈나 왜곡에 안전하게 유지되어야 한다.

저작권 침해에 대한 추적은 디지털 콘텐츠를 인터넷상에서 구매한 소비자의 신분 정보를 멀티미디어 데이터에 워터마크 키로 내장하여 구매자에게 전송한다. 비시각적인 워터마크에 대한 불법적인 공격자는 워터마크가 내장된 위치를 알 수 없으므로 강인성에 도움이 된다. 만일 소비자가 구매한 콘텐츠를 불법적으로 유통시키고, 해당 콘텐츠 제공자가 불법적으로 유통시킨 콘텐츠를 인터넷 상에서 복사하여 디지털 콘텐츠에 내장한 소비자의 신분 정보를 추출함으로써 불법적으로 유통시킨 사용자를 추적할 수 있다.

복제 제어(Copy Control) 어플리케이션에서 동영상 워터마크는 복사를 방지하거나 복사를 가능하게 할 목적으로 워터마크를 사용한다. 복제 제한은 수신측의 레코더(Recorder)에 의해서 제공되고, 이것은 제거에 대한 보안 워터마크를 요구한다[1]. 레코더에 사용되는 알고리즘은 공개 도메인에서 얻기 때문에 보안 워터마크를 달성하기는 어렵다. 동영상의 복사는 공개 도메인에서 필요하고 공격과의 결탁을 방지한다. 그러나 복제 제어 어플리케이션의 문제점은 어떤 복제 제어 메커니즘이 아닌 전문적인 레코더의 제조를 방지한다.

따라서 복사 제어 어플리케이션에서 기존에 요구되는 보안성은 대부분 도전이 될 것이다. 왜냐하면 공격의 가능성은 무한하고 모든 경우를 대비한 예측과 방어는 불가능하기 때문이다[2].

소유권 보호는 소유권자의 정보를 비시각적인 워터마크로 디지털 콘텐츠에 내장한다. 그리고 비소유권자의 불법적인 조작에 의한 콘텐츠에서 소유권을 증명할 수 있다.

접근 제어는 허가되지 않은 사용자의 접근을 금지하는 보안상의 기법이다. 따라서 통신망을 통한 데이터 접근에서 인증 과정을 거쳐야만 한다. 그리고 인증 과정에서 많은 트래픽이 발생하므로 정보의 제공이나 유통에 많은 문제를 발생한다. 그러나 이러한 접근 제어 기술은 정보 통제가 가능하기 때문에 정보의 불법적인 유출이나 도용이 원칙적으로 불가능하다.

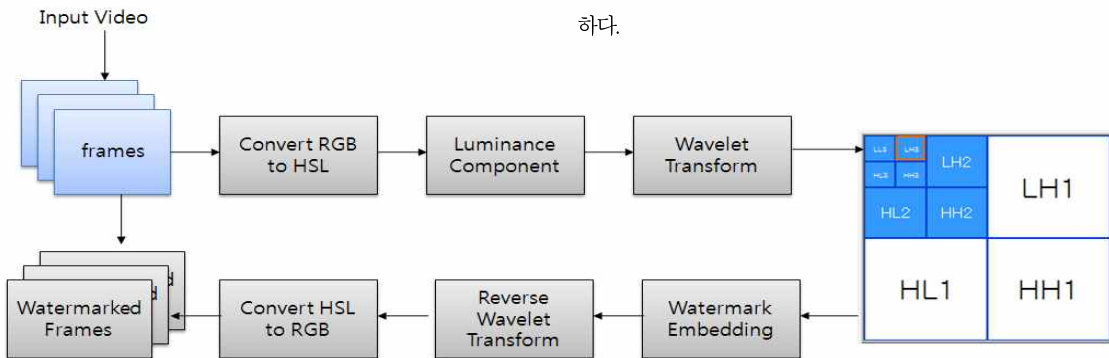


그림 1. 비디오 워터마크 내장 알고리즘
Fig. 1. Video Watermark Embedding Algorithm

III. 디지털 동영상 워터마킹

디지털 동영상은 인터넷에서 가장 활발히 데이터를 교환하는 매체로서 원본의 동영상을 불법적으로 복사하는 사례가 많다. 따라서 디지털 동영상의 불법적인 복사를 방지하고 소유자의 소유권을 보호할 필요성이 요구되고 있다.

그러므로 디지털 동영상은 프레임이 삭제되거나 프레임의 일부분의 질량, 노이즈 삽입, 다양한 필터링과 같은 공격에도 워터마크가 디지털 동영상에 존재해야 한다.

일반적으로 동영상의 RGB 컬러 공간은 높은 상관관계를 가지고 있으므로 기존 연구에서 Blue 채널은 인간 시각에 덜 민감하기 때문에 Blue 채널을 제외한 워터마킹 어플리케이션은 적절하지 않다[8]. 따라서 RGB 컬러 공간을 YUV, YIQ, YCbCr, HSL와 같은 공간으로 변형하여 휘도(Luminance) 요소에 워터마크를 삽입한다.

다중-레벨 데이터 은닉은 정지 영상뿐만 아니라 동영상에도 적용할 수 있고, 복사 제어와 같은 어플리케이션에 사용할 수 있다[3]. 프레임이 손실되거나 재정렬시에도 내장된 정보를 유지하기 위해서는 다양한 형태의 여분(Redundancy)을 사용하여 워터마크 내장 정책을 수립한다.

본 논문은 워터마킹 요소 중 견고성과 비시각성 사이의 절충을 통해서 동영상의 프레임에 대해 휘도 성분을 추출한 후 웨이블릿 변환을 수행하여 LH와 LH 대역에 워터마크를 내장한다. 그리고 워터마크의 보안성에 대한 성능 분석은 통계적인 방법을 사용하여 비시각적인 워터마킹에서의 다양한 공격에 대한 강인성을 평가한다.

3.1 워터마킹 내장 알고리즘

일반적으로 워터마킹 내장 절차를 수행하기 이전에 다양한 영상 처리를 수행한다. 본 논문의 영상 처리는 비디오 프레임의 RGB 컬러 공간을 HSL(Hue-Saturation-Luminance) 컬러 공간으로 표현하고 휘도 요소를 추출한다. 그림 1은 비디오 워터마크의 내장 알고리즘에 대한 전체적인 구조를 나타내고 있다. 입력 동영상의 프레임에서 RGB 컬러 공간을 HSL 컬러 공간으로 표현한 후, 휘도 성분을 추출하여 웨이블릿 변환(Discrete Wavelet Transform :DWT)을 수행한다. 웨이블릿 변환의 계수 영역에서 LH와 HL 부대역에 워터마크 내장 절차를 수행한다. 그리고 웨이블릿 역변환을 수행한 후 다시 HSL 컬러 공간을 RGB 컬러 공간으로 변환하여 워터마크가 내장된 프레임을 생성한다.

보통 영상 압축은 고주파수 대역에 대한 신호를 처리하는 반면 본 논문은 웨이블릿 계수에 대해 저주파수 대역(LH3, HL3)에 워터마크를 내장하는 대역 확산 기술을 사용한다. 그림 2는 원영상 프레임(그림 2의 (a))을 웨이블릿 변환을 수행하고 LH3 대역(그림 2의 (c))과 HL3 대역(그림 2의 (d))의 웨이블릿 계수를 재구성한 결과를 나타낸다. 그림 2의 (b) 주파수 대역은 웨이블릿 변환을 대역별인 계층적으로 나타낸 것이다.

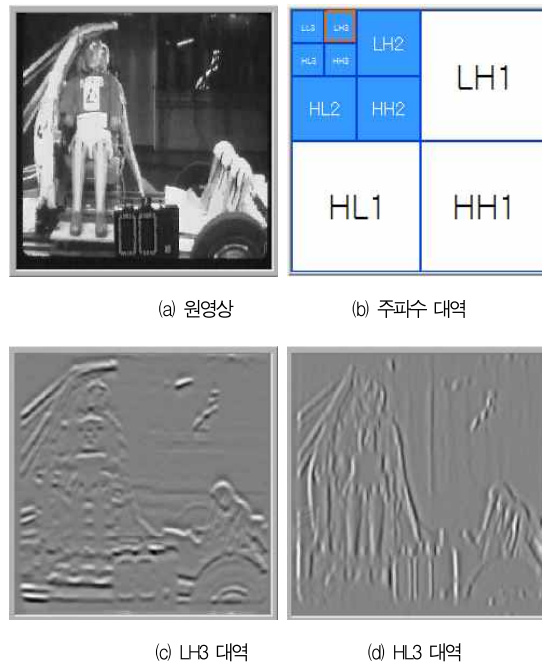


그림 2 대역별 웨이블릿 계수
Fig. 2 Wavelet Coefficients of each Bandwidth

컬러 동영상에 대한 워터마크 내장 알고리즘은 원영상 프레임 F_i 프레임에 M-Sequence의 워터마크 키를 내장한다.

$$F_i = \{F^d(x, y) | 1 \leq x \leq w, 1 \leq y \leq h\} \dots\dots (1)$$

- w : width of image
- h : height of image
- d : dimension of image

식 (1)은 각 차원에 대한 프레임을 나타내고, 먼저 프레임 F_i 에 대해 RGB 컬러 영상을 HSL 컬러 공간으로 변형한다. 따라서 프레임은 HSL(Hue-Saturation-Luminance) 컬러 공간으로 표현되고, Hue, Saturation, Luminance(L_i) 컬러 요소는 단일 요소로 분리된다.

$$L_i = \{L(x, y) | 1 \leq x \leq w, 1 \leq y \leq h\} \dots\dots\dots (2)$$

여기서 식 (2)의 L_i 휘도 요소는 Daubeches 필터를 사용하고, Dyadic 분해를 통해 웨이브릿 변환을 수행한다. 그리고 많은 비트에 워터마크를 내장하기 위해서 대역 확산을 통한 이산 웨이브릿 변환(DWT)에 의한 주파수 영역으로 변환하면 휘도 요소(L_i)는 식 (3)과 같이 계수값($COFF_i$)으로 구성된다.

$$COFF_i(x, y) = \{Transform(L_i(x, y))\} \dots\dots\dots (3)$$

웨이브릿 변환을 수행한 후 다중-레벨을 사용하여 각 프레임에 워터마크 정보를 추가한다. 따라서 본 논문의 워터마크 데이터는 마크할 영상 데이터를 {0, 1}로 구성된 Unipolar sequence로 M-sequence를 구성한다.

그리고 계수값($COFF_i$)에 대해 다중-레벨의 대역 확산을 통한 워터마크를 내장할 계수를 탐색한다.

앞에서 생성된 M-Sequence의 워터마크 키($w_{(i,j)}$)와 다중-레벨의 탐색한 계수를 조합하면 식 (4)와 같이 주파수 영역의 휘도(L_i) 요소에 워터마크가 내장된 영상($COFF_i'(x, j)$)이 생성된다.

$$COFF_i'(x, y) = COFF_i(x, y) + w_{(i,j)} \dots\dots\dots (4)$$

$w_{(i,j)}$: watermark sequences

$$L_i' = IWT(COFF_i'(x, y)) \dots\dots\dots (5)$$

(x, y) : position of Coefficients

식 (5)와 같이 $COFF_i'$ 계수값에 대해 웨이브릿 역변환을 수행하고(L_i'), HSL 컬러 공간에서 다시 RGB 컬러 공간으로 변환하면 워터마크가 내장된 컬러 프레임(F_i')이 생성된다.

3.2 워터마킹 인증 알고리즘

다중-레벨 동영상 데이터의 은닉은 고화질의 동영상에 대한 정보 은닉을 수행한다. 압축율이 낮은 동영상과 같은 고화질에서는 적은 프레임으로부터 정보를 추출하고, 높은 압축률

의 영상 처리에서는 더 많은 프레임으로부터 워터마크 추출을 수행해야 한다.

본 논문은 워터마크 추출 및 인증을 위한 절차로 원영상(F_i)과 변형이 가해진 영상(F_i')을 HSL 컬러 공간으로 변형하여 원영상의 L_i 와 변형이 가해진 영상의 L_i' 에 대해 웨이브릿 변환을 수행한다.

그리고 변형이 가해진 영상에서 프레임을 이용하여 차를 구한 다음 각 주파수의 w_i' 라는 워터마크를 추출한다. 원본 워터마크 w_i 와 변형이 가해진 영상에서 추출한 워터마크 w_i' 의 상관관계(Correlation)에 의해서 워터마크의 강인성을 평가한다.

그림 3은 워터마크 추출 및 인증을 위한 절차를 간략하게 나타내고 있다.

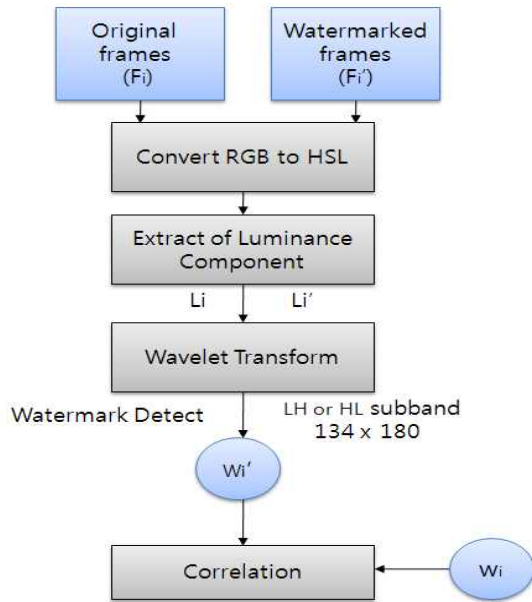


그림 3. 워터마크 추출 및 인증
Fig. 3 Extraction and Authentication of Watermark

IV. 구현 결과 및 분석

본 절은 내장된 워터마크의 강인성과 비시각성 사이의 시행착오에 통해서 워터마크의 보안성에 대한 성능을 분석한다.

테스트 동영상의 프레임 시퀀스는 267 프레임으로 초당 30프레임이고, 워터마크는 각 프레임의 134×180 비트 계수에 대해 삽입하였다.

그림 4는 프레임 스퀀스에서의 해당 프레임의 RGB 컬러 공간을 HSL 컬러 공간으로 변환하고, HSL 컬러 공간에서 Hue, Saturation, Luminance의 각 요소들을 분리하여 Luminance 영역에 워터마크를 내장한 결과를 나타내고 있다. 그림 4의 (a)는 색상(Hue), (b)는 채도(Saturation), (c)는 휘도(Luminance), (d)는 휘도에 워터마크를 내장한 영상을 나타낸다.

그림 5는 휘도 요소에 워터마크를 내장하기 위해서 웨이블릿 변환을 수행하고, 각각의 부대역 LL, HL, LH, HH 부대역을 재구성한 결과를 나타낸다.

그림 6은 그림 5에서 휘도(Luminance) 요소의 HL과 LH 부대역에 워터마크를 내장하고, 웨이블릿 역변환을 수행한다. 그리고 HSL 컬러 영역을 RGB 컬러 영역으로 변환한다. 따라서 그림 6의 (a)는 원영상의 프레임을 나타내고, (b)는 원영상 프레임에 워터마크가 내장된 프레임을 나타내고 있다.

본 논문에서 제안된 알고리즘의 시각적인 성능을 분석하기 위해서 제안된 워터마크 내장 방법은 모든 프레임 시퀀스에 같은 워터마크를 사용하였다.

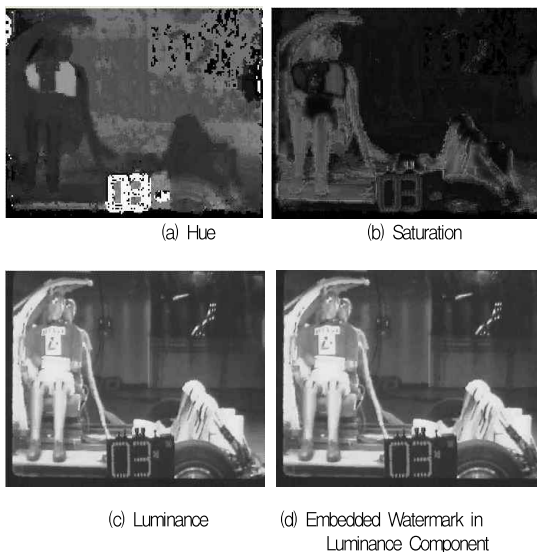


그림 4. 휘도 요소와 휘도 요소에 워터마크 내장
Fig. 4. Luminance Component and Embedded Watermark in Luminance Component

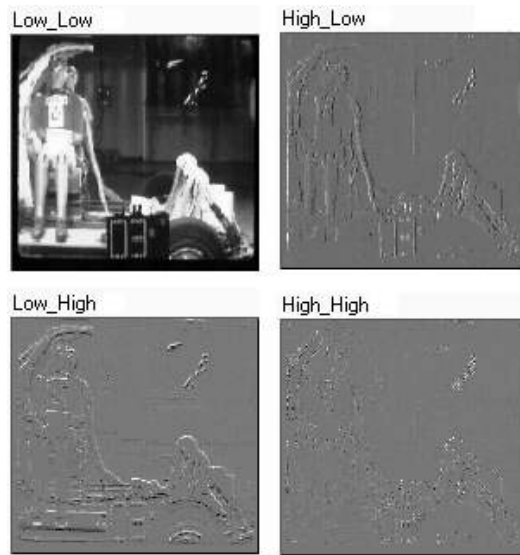


그림 5. 휘도 영역에 대한 웨이블릿 변환
Fig. 5. Wavelet Transform to Luminance Component

그림 7은 워터마크가 내장된 휘도 요소의 프레임에 대한 PSNR(Peak Signal-to-Noise Ratio)를 나타내고 있고, 수행한 테스트 동영상에 대한 전체 휘도 영상의 평균 PSNR은 47(dB)로 나타났다. 그림 8은 워터마크가 내장된 HSL 컬러 영역에서 RGB 컬러 영역으로 변환한 후 워터마크가 내장된 프레임의 PSNR를 나타내고 있다. 각 프레임에 대한 전체 프레임의 평균은 57.6(dB)로 측정되었다. 반면 논문 [10]의 PSNR의 평균값은 44~46(dB) 사이의 값으로 나타나고 있다.

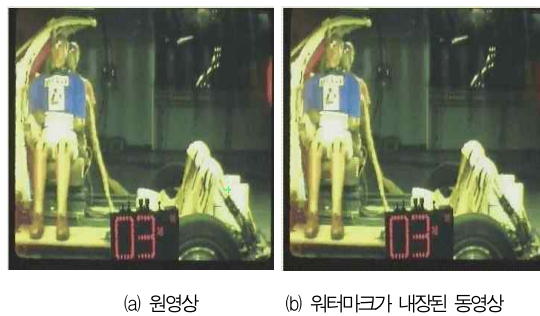


그림 6. 원영상과 워터마크가 내장된 동영상
Fig. 6. Original Video and Video Embedded Watermarked

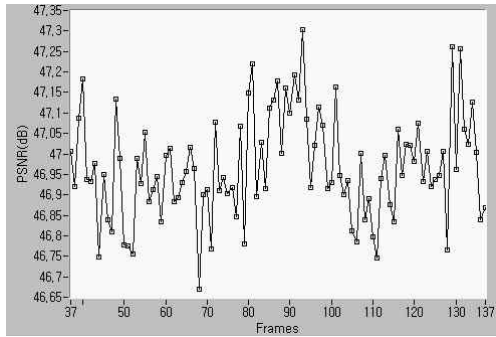


그림 7. 워터마크가 내장된 휘도 영역의 PSNR
Fig. 7. PSNR of Embedded Watermark in Luminance Domain

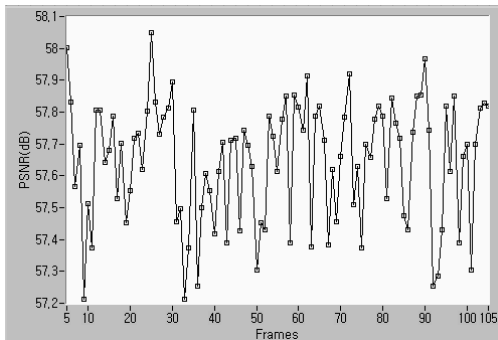


그림 8. 워터마크가 내장된 RGB 프레임의 PSNR
Fig. 8. PSNR of Embedded Watermark in RGB Frames

신호 처리 공격에 대한 워터마크의 강인성을 평가하기 위해서 워터마크가 내장된 프레임에 가우시안 노이즈, 손실 압축, Low-pass 필터링과 같은 영상 처리를 임의로 수행한 후 비디오 시퀀스에 대한 워터마크의 강인성을 상관관계에 의한 통계적인 분석을 수행하였다.

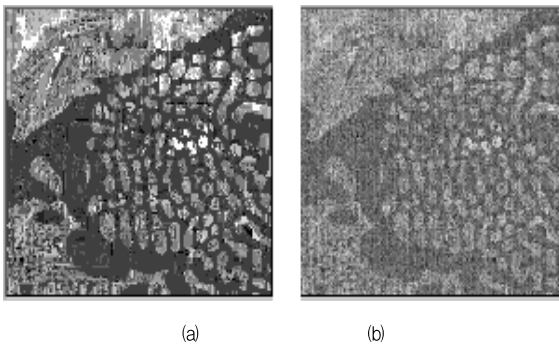


그림 9. 내장 워터마크와 워터마크 추출
Fig. 9. Embedded Watermark and Extract Watermark

그림 9의 (a)는 {0, 1}로 구성된 내장된 워터마크를 나타내고, (b)는 가우시안 노이즈가 추가된 하나의 프레임에서 워터마크를 추출한 결과를 나타내고 있다.

기존의 논문 [10]에서는 Z_{mean} 을 사용하여 상관관계를 분석하였다. 이 논문에서 가우시안 노이즈 추가에 대한 Z_{mean} 은 평균 0.72로 나타났고, 비트율 감소에 대한 Z_{mean} 은 0.8 보다 높게 평가되었다. 그리고 저주파수 필터링은 필터의 크기가 0.2 ~ 2 사이로 평균 Z_{mean} 의 값은 거의 1에 가까웠다.

그림 10은 워터마크가 내장된 프레임에 가우시안 노이즈를 0.1% ~ 10% 사이의 값을 점차적으로 추가하여 본 논문에 대한 워터마크의 강인성을 테스트한 결과를 나타내고 있다. 따라서 그림 10에서는 노이즈의 추가 빈도가 높을수록 변형이 가해진 영상에서의 내장된 워터마크와 변형이 가해진 워터마크의 상관관계가 낮게 나타나 워터마크 추출에 민감하였다.

그림 11의 Image Quality는 영상에 적용되는 압축의 양을 지정하는 것으로 높은 값 일수록 작은 손실을 나타내고, 낮은 값 일수록 더 많은 손실을 나타낸다. 여기서의 Image Quality는 950 ~ 500의 값으로 각 간격은 50으로 지정한다.

그림 12는 Low-Pass 필터링을 수행한 결과를 나타내고 Low-Pass 필터링을 수행시 수직과 수평 좌표의 크기는 3으로 지정하고 필터링 허용 오차는 40%로 지정하였다.

본 논문은 동영상에 많은 양의 워터마크를 내장하면서 워터마크의 비시각성과 강인성을 높이기 위해서 저주파수(LL) 부대역 보다는 수평과 수직 성분으로 구성된 LH와 HL 부대역에 워터마크 내장 알고리즘을 수행하였다.

그림 11의 상관관계는 0.86 ~ 0.99 사이의 값으로 매우 높은 상관관계를 가지는 것으로 나타나지만, HL과 LH 부대역에 워터마크를 삽입했기 때문에 손실 압축률의 증가는 낮은 상관관계를 보였다. 또한 그림 12와 같이 저주파수 필터링의 경우는 필터링의 x와 y의 좌표 크기가 3과 같이 작은 경우의 워터마크 상관관계가 0.97 ~ 0.99로 높게 나타났지만 필터링의 x와 y의 좌표 크기가 커지면 커질수록 상관관계가 이주 낮게 측정되었다.

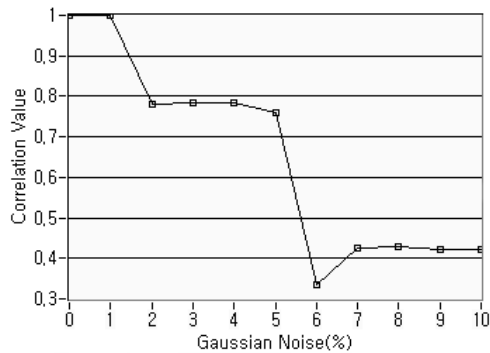


그림 10. 가우시안 노이즈 추가
Fig. 10. Add of Gaussian Noise

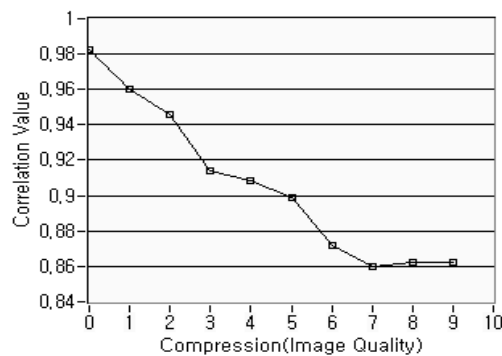


그림 11. 손실 압축
Fig. 11. lossy Compression

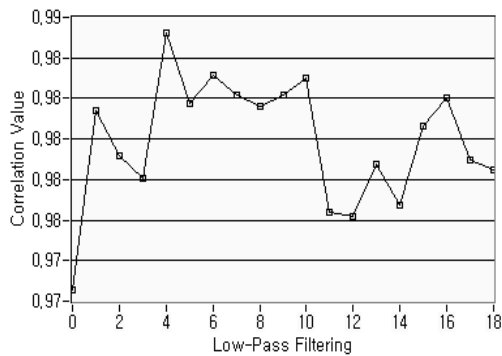


그림 12. 저주파 필터링
Fig. 12. Low-Pass Filtering

V. 결론

본 논문은 콘텐츠에 대한 주파수 영역의 고화질의 동영상에 많은 비트의 데이터를 저장하는 방법을 제안하고 동영상

콘텐츠에 대한 비시각적인 워터마크 기반의 강인한 워터마크의 삽입 및 추출 알고리즘의 구현을 통해 향상된 보안성의 워터마크 시스템을 제안하였다. 화질의 성능 향상과 많은 데이터를 저장하기 위해서 주파수 영역 중 LH와 HL 대역에 워터마크를 내장하였다.

실험 결과에서 노이즈 추가, 손실 압축, Low-Pass 필터링과 같은 신호 처리를 수행한 후 통계적인 분석을 통해서 워터마크의 강인성과 비시각성을 평가함으로써 다양한 공격에 대한 워터마크의 보안성을 검증할 수 있었다. 그러나 프레임의 휘도 성분은 LH와 HL 대역에 워터마크의 내장은 PSNR과 같은 화질의 평가는 높게 평가되었으나 Low-Pass 필터링의 경우 필터링의 수직과 수평 좌표의 크기를 증가할수록 워터마크 추출에 민감하였고, 손실 압축의 경우도 마찬가지로 압축률을 증가할수록 워터마크 추출에 민감하였다. 따라서 영상의 화질을 향상하고 손실 압축과 저주파 필터링에 덜 민감한 영역인 LL(저주파수 대역) 부대역에 워터마크를 내장하는 방법이 요구된다.

참고문헌

- [1] Anthony Huggett and Clive Stubbings, "Invisible Watermarking for Digital Video Applications and Challenges," *Secure Images and Image Authentication*, IET Conferences, pp. 9/1 - 9/6, 2000.
- [2] Petrovic R., Tehrani B., Winograd J.M., "Security of Copy-Control Watermark," *Telecommunications in Modern Satellite, Cable and Broadcasting Services*, pp. 117 - 126, IEEE Conferences, 2007.
- [3] Min Wu, Hong Heather Yu, Alex Gelman, "Multi-level Data Hiding for Digital Image and Video," in *Proc. Photonics East Conference on Multimedia Systems and Applications*, Vol. 3845, Boston, Ma, 1999.
- [4] Hung-Bog Park, Jung-Hee Seo, "Multi-Level Watermarking for Image of Multimedia Contents," *Journal of The Korean Institute of Maritime Information & Communication Sciences*, Vol. 10, No. 11, pp. 1946-1953, 2006.

[5] Raghavendra K., Chetan K.R. "A Blind and Robust Watermarking Scheme with Scrambled Watermark for Video Authentication," Internet Multimedia Services Architecture and Applications (IMSAA), 2009 IEEE International Conference on, pp. 1-6, 2009.

[6] Preda R.O., Vizireanu, D.N. "Blind Watermarking Capacity Analysis for MPEG2 Coded Video," Telecommunications in Modern Satellite, Cable and Broadcasting Services, IEEE Conferences ,pp. 465-468, 2007.

[7] Stankovic S., Orovic I., Zaric N. "An Application of Multidimensional Time-Frequency Analysis as a Base for the Unified Watermarking Approach," IEEE Trans. on Image Processing, Vol. 19, No. 3, pp. 736-745, March 2010.

[8] Zhang Guannan, Wang Shuxun, Nian Guijun, "A Blind Watermarking Algorithm Based on DWT for Color Image," Communications, 2004 and the 5th International Symposium on Multi-Dimensional Mobile Communications Proceedings. The 2004 Joint Conference of the 10th Asia-Pacific Conference on , Vol. 2, pp. 634-638, 2004.

[9] Jang Hee-Seon, Shin Hyun-Chul, Lee Hyun-Chang, "Performance Analysis of DoS Security Algorithm for Multimedia Contents Services," Journal of the Korean Society of Computer and Information, Vol. 15, No. 4, pp. 19-25, 2010.

[10] Hefei Ling, Liyun Wang, Fuhao Zou, Zhengding Lu, Ping Li, "Robust video watermarking based on affine invariant regions in the compressed domain," Signal Processing 91, pp. 1863-1875, 2011.

저 자 소개



서 정 희

1994 : 신라대학교 전자계산학과
이학사.
1997 : 경상대학교 전산통계학과
이학석사.
2006 : 부경대학교 전자상거래시
스템전공 공학박사
현 재 : 동명대학교 컴퓨터공학과
전임강사
관심분야 : 멀티미디어 응용, 정
보 보호, 모바일, 원
격교육
Email : jhseo@tu.ac.kr



박 흥 복

1982 : 경북대학교 컴퓨터공학과
공학사.
1984 : 경북대학교 컴퓨터공학과
공학석사.
1995 : 인하대학교 전자계산학전공
이학박사
현 재 : 부경대학교 컴퓨터공학과
교수
관심분야 : 모바일 시스템, 멀티
미디어 응용, 컴파일
러, 원격 교육
Email : git@pknu.ac.kr