

UCI를 이용하여 효율적 디지털 콘텐츠 관리가 가능한

무손실 비디오 워터마킹 기법

김문형⁰ 남재호⁰⁰ 홍진우⁰⁰

⁰과학기술연합대학원 석사과정, ⁰⁰한국전자통신연구원

{mhkim⁰, namjeho, jwhong}@etri.re.kr

Lossless Video Watermarking for effective digital content management with UCI

Moonhyoung Kim⁰, J.H. Nam⁰⁰, J.W. Hong⁰⁰

⁰University of Science and Technology

⁰⁰Electronics Telecommunications Research Institute

요 약

본 논문에서는 디지털콘텐츠 식별자 연계 표준인 UCI 정보를 이용하여 효율적인 디지털 콘텐츠의 관리가 가능한 무손실 비디오 워터마킹 기법을 이용하였다. 제안한 기법은 각 비디오 프레임의 히스토그램의 특정 구간의 화소값을 수직항으로써 워터마크를 삽입한다. 4CIF 크기의 테스트 시퀀스를 통한 실험결과 화질의 열화가 적으면서도 UCI 정보를 100% 왜곡없이 검출이 가능하였으며, 원본 디지털 비디오 콘텐츠도 모든 테스트 시퀀스에서 100% 복원이 가능하였다. 제안한 기법은 디지털 비디오에 UCI 정보를 직접 삽입하여 메타데이터가 없을 경우 콘텐츠만으로도 콘텐츠의 식별이 가능하고 콘텐츠로부터 추출한 UCI 정보를 통하여 효율적인 관리가 가능하면서 유사시 원본 콘텐츠를 손실없이 복원이 가능할 수 있어 영화, 방송 등의 다양한 비디오 콘텐츠의 관리를 위해 응용될 수 있다.

1. 서 론

디지털 기기와 인프라의 발달로 이제 누구나 콘텐츠를 제작할 수 있는 환경에 이르렀다. 영화, 방송 등의 전문가가 만든 콘텐츠 외에도 사용자가 직접 제작하는 UCC(User Created Contents)등이 쏟아져 나오면서 디지털 콘텐츠의 수는 기하급수적으로 증가하고 있다. 콘텐츠의 수가 많아지면서 콘텐츠 관리의 중요성이 부각되었고 효율적인 콘텐츠 관리를 위해 메타데이터 또한 점점 중요한 것으로 인식되고 있다. 콘텐츠 관리를 위해서는 먼저 콘텐츠를 효율적으로 분류하고 식별할 방법이 필요하였다. 이것을 위해 필요한 것이 디지털 콘텐츠 식별자이다. 기존에 제시된 다양한 디지털 콘텐츠 식별자는 호환성의 부재라는 큰 문제 뿐 아니라 콘텐츠의 포맷 변경 등에 유연하지 않아 확장성이 없어 효율적으로 활용되지 않았다.

이런 문제를 해결하기 위해 2003년 한국 전산원에서 디지털 콘텐츠 식별자 정보(UCI: Universal Contents Identifier)라는 규격을 개발하였다. UCI는 콘텐츠의 효율적인 유통과 활용을 위해 콘텐츠에 유일하면서도 영구적인 코드를 부여하고 이의 관리가 가능한 식별 체계로서 연계 표준이다.

효율적인 콘텐츠의 관리를 위해 저작권의 보호 또한 중요하다. 특히 디지털 비디오 콘텐츠는 그 특성이 다른 미디어에 비해 복잡하기 때문에 보호와 관리가 더욱 어렵다. 디지털 비디오의 대표적인 콘텐츠 형태인 영화, 방송 콘텐츠는 불법 유통 등으로 인한 문제가 더욱 심각하여 보호 관리의 필요성이 더욱 중요해지고 있다.

이런 문제를 방지하기 위한 워터마킹 기법이 오래 전부터 연구되어 왔다. 특히 방송, 영화 콘텐츠에 적용이 가능한 비디오 워터마킹 기법도 다양하게 연구되었다. 워터마크를 삽입하는 영역에 따라 공간 영역(spatial domain), 변환 영역(transformed domain)로 크게 나뉜다[1-4].

그 중 공간 영역에 워터마크를 삽입하는 방법은 대개 구현이 간단하고 복잡도가 낮아 빠르다는 장점이 있다. LSB에 워터마크를 삽입하는 방법, modulo 256 방법 등이 제안되었다. 최근에는 Ni[5]등이 워터마크의 검출 후에도 원본 콘텐츠를 손실없이 복원이 가능한 무손실 이미지 워터마킹 기법[5-8]이 제안되기도 하였다.

본 논문에서는 UCI 정보를 디지털 비디오 콘텐츠에 은닉하여 효율적인 디지털 비디오 콘텐츠의 관리가 가능한 기법을 제안하였다. 또한 워터마크인 UCI 정보의 검출 후 원본 콘텐츠도 완벽하게 복원을 할 수 있어 필요한 경우 원본 콘텐츠를 제공이 가능하다. 제안한 알고리즘은 손실없이 워터마크를 복원 가능하도록 하기 위하여 비디오의 각 프레임의 히스토그램을 특정 구간을 이동하여, 발생하는 빈 공간에 바이너리 형태의 워터마크를 은닉한다.

2. 디지털콘텐츠 식별자 UCI

2.1 UCI 개요

UCI는 디지털 콘텐츠 식별자 정보로서 U는 Universal, Ubiquitous의 약자이고 C는 Content Identifier의 약자이다. UCI는 국가 디지털 콘텐츠 식별 체계로서 디지털 콘텐츠의 효율적인 유통과 활용을 위해 개별 디지털 콘텐츠에 유일하면서도 영구적인 코드를 부여하고 이를 관리해주는 체계 또는 상이한 식별체계의 연계 표준이다. UCI는 상위 식별 체계로서 각 식별 체계 간의 연계 및 상호운용성 확보를 목적으로 콘텐츠의 메타데이터

UCI와 유사한 디지털 콘텐츠 식별 체계는 대표적으로 DOI와 UMID가 있다. DOI는 미국출판협회(AAP)와 CNRI가 함께 개발하였고, 이후 IDF(International DOI Foundation)가 설립되어 DOI에 대한 총괄, 관리를 수행하고 있다. DOI의 구문 구조(syntax structure)는 모든 상황에서 동일한 구조를 갖지만 UCI는 등록관리기관의 모델에 따라 각각 다른 구조를 가지기 때문에 더욱 유연하다. 또한, UCI는 구문(syntax)에 한정 코드를 이용하

기 때문에 복사본(copy), 해상도(resolution), 형식(format)의 변화와 같은 디지털 콘텐츠의 의미상의 변화가 아닌 형태상의 변화가 발생시 이것을 구문 구조(syntax structure)에서 지원이 가능하여 콘텐츠의 등록에서 편리를 더해주고 더욱 효율적으로 콘텐츠를 관리할 수 있도록 한다[9-11].

2.2 UCI 구문구조

UCI의 구문 구조는 그림 1.과 같이 필수 부분인 접두 코드(prefix code), 개체 코드(instance code), 선택 부분인 한정 코드(qualifier code) 세 부분으로 구성된다. 아래는 UCI 각 구성의 정의[9-11]이다.

- 접두코드: 등록할 디지털 콘텐츠의 관리를 위해 부여하는 부분으로써 해당 콘텐츠를 관장하는 등록관리기관, 등록자에 대한 정보를 부여하여 관리 체계를 명시함.
- 개체코드: 콘텐츠 자체를 식별하기 위해 등록자가 콘텐츠에 부여하는 코드
- 한정코드: 디지털 콘텐츠의 의미상의 변화가 아닌 형태상의 변화를 지원하기 위해 고안된 구조로 선택적 사용이 가능함.

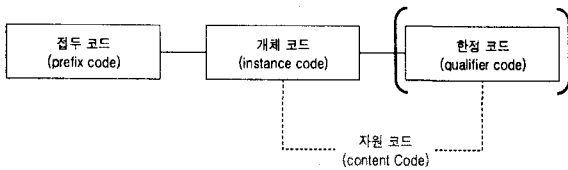


그림 1 UCI 구문 구조의 구성.

UCI의 구문 구조 정의는 IEFT RFC4179[12]에 등록되어 있으며 IEFT RFC2234에 정의된 ABNF(Augmented Backus-Naur Form)로 표기한다. 그림 2.는 UCI 명세서[10]에 정의된 UCI 구문 구조의 정의이다.

```

UCI = prefix "-" instance *1(":" qualifier)

prefix = 1*(alphaDigit) *1(":" 1*(alphaDigit))
        *1("+ 1*(alphaDigit))
instance = 1*(trans / "%" HEXDIG HEXDIG)
qualifier = head 1*(alphaDigit) *2("-" head 1*(alphaDigit))
trans = alphaDigit / other
alphaDigit = ALPHA / DIGIT
head = "C" / "R" / "F"
other = "(" / ")" / "/" / "+" / "-" / "." / ":" / ";" / "=" / "@" /
        "!" / "$" / "_" / "!" / "*" / ""
    
```

그림 2 UCI 구문 구조의 정의.

3. 효율적인 디지털 콘텐츠 관리를 위한 UCI

최근 들어 디지털 콘텐츠의 관리 등을 위하여 자막, 방송사 로고 등의 가시적 워터마크(visible watermark)

등의 부가 정보가 들어가지 않은 원본 디지털 비디오 콘텐츠의 관리에 대한 요구가 생겨나고 있다. 그렇지만 최근까지 해당 콘텐츠의 비디오에이프에 직접 이름을 써서 표시하는 것 외에는 효율적인 콘텐츠 관리 기법이 없었다.

UCI는 구문(syntax)에 한정 코드를 이용하기 때문에 복사본(copy), 해상도(resolution), 형식(format)의 변화와 같은 디지털 콘텐츠의 의미상의 변화가 아닌 형태상의 변화가 발생 시 이것을 구문 구조(syntax structure)에서 지원이 가능하여 콘텐츠의 등록에서 편리를 더해주고 더욱 효율적으로 콘텐츠를 관리할 수 있도록 한다[9]. 표 1은 영화 콘텐츠의 예를 통해 다양한 화질에 유연성과 확장성을 지원하는 UCI의 예이다.

표 1 UCI를 이용한 영화 콘텐츠의 관리

UCI	분류
G010+cinewel-wonderfuldays	일반 콘텐츠
G010+cinewel-wonderfuldays-R001	고화질 콘텐츠
G010+cinewel-wonderfuldays-R002	프리미엄 콘텐츠

3. 제안한 무손실 비디오 워터마킹 기법

3.1 삽입

제안한 무손실 비디오 워터마킹 기법은 압축하지 않은 비디오의 각 프레임 별로 순차적으로 워터마크를 삽입한다. 워터마크를 삽입할 프레임의 히스토그램을 구하여 히스토그램의 최대, 최소값을 구한다. 그 중 구간의 거리가 가장 짧은 최적의 구간을 설정한다. 그리고 설정된 구간 내의 픽셀값을 1단계 증가시킴으로써 발생하는 빈 공간에 워터마크를 삽입한다.

아래 그림 4은 워터마크의 삽입 과정이다. 원본 영상의 히스토그램을 구하여 단일의 최대, 최소값 쌍을 찾는다. 그리고 고정된 방향으로 이미지를 순차적으로 스캐닝하면서 최소값의 위치 b를 저장한다. 스캐닝이 끝나면 설정한 구간 내의 히스토그램을 1단계 오른쪽으로 이동하고, 이미지를 다시 스캔하여 이동되지 않은 최대값 a를 찾아, 그 부분에 워터마크를 삽입한다. 삽입되는 워터마크의 데이터는 바이너리 데이터로 해당 원본 영상의 픽셀값에 워터마크 비트를 더한다.

3.2 검출 및 복원

워터마크의 검출은 워터마크의 삽입 방법의 역으로 행한다. 워터마크가 삽입된 영상을 워터마크 삽입 과정과 동일한 스캔 방식으로 픽셀 값이 a+1 또는 a가 나올 때까지 스캔한다. 그림 5와 같이 a를 만나면 영상에 삽입된 워터마크 비트는 0이고 a+1을 만나면 영상에 삽입된 워터마크는 1로 검출한다.

원본 영상의 복원은 워터마크 검출이 끝난 후에 실행한다. 스캐닝이 끝난 후, 워터마크 삽입 시 설정한 구간 내의 히스토그램을 다시 삽입한 방향의 역방향으로 1 단계 이동하여 원본 영상을 복원한다. 워터마크의 검출 및 복원 과정을 그림 5에서 다시 정리하였다.

3.3. 워터마크로 삽입한 UCI

워터마크로 삽입된 UCI는 UCI 구문 구조 연구[11]에서 방송콘텐츠에 적용한 예시로 제시된 것을 사용한

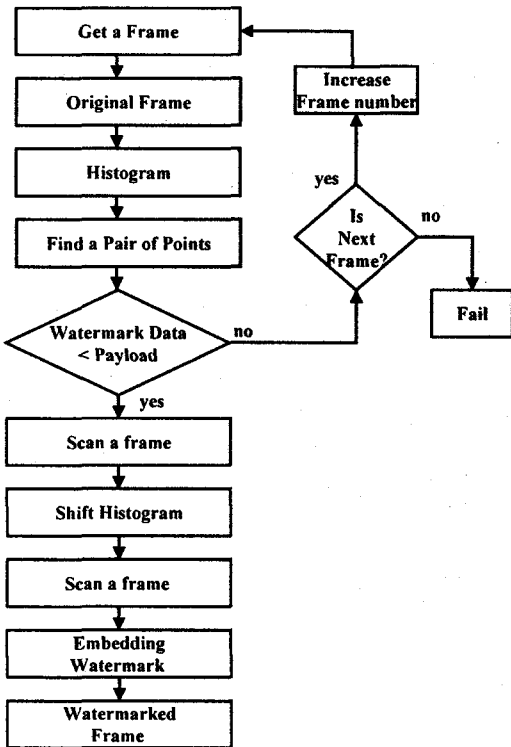


그림 3 워터마크 삽입 과정.

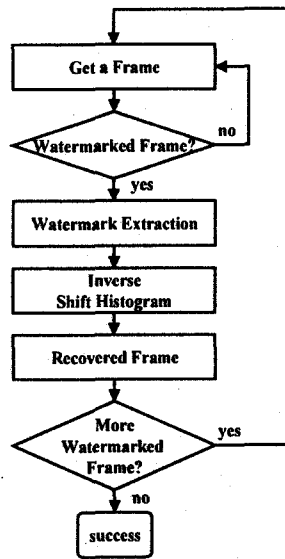


그림 5 워터마크 검출 및 복원 과정.

4. 실험 결과

본 실험에서는 현재 가장 많이 쓰이고 있는 방송 콘텐츠인 4CIF 크기의 city 시퀀스와 crew 시퀀스를 이용하여 실험하였다. 실험에서 사용한 워터마크는 그림 5과 같이 UCI 구문구조 연구[11]에서 제시된 예제를 사용한다. 원본 콘텐츠의 손실없는 복원을 위해 테스트 시퀀스의 로우프레임(raw frame)에 워터마크를 삽입하였다. 그림 8은 susie 시퀀스의 120번째 프레임과 football 시퀀스의 50번째 프레임에 대한 원본 영상, 워터마크가 삽입된 영상, 워터마크 추출 후 손실 없이 복원한 영상에 대한 결과이다. 그림 9는 city 시퀀스와 crew 시퀀스에 대해 원본 영상과 워터마크가 삽입된 영상 간의 화질 비교를 나타낸 그래프이다.

표 2는 city와 crew 시퀀스에 무손실 워터마킹 기법을 적용한 실험 결과이다. 실험 결과, 모션 정보가 큰 부분에서는 PSNR이 낮게 나타나는 특성이 있음을 알 수 있었다. 또한 워터마크가 삽입되는 구간이 작을수록 더욱 우수한 PSNR 결과를 얻을 수 있음을 알 수 있다.

다. 시나리오는 다음과 같다.

영화 콘텐츠의 관리, 배포를 하는 기관이 RA Number G010을 부여받은 경우 이의 등록자(registrant)인 인터넷 영화관 시네웰컴에서는 영화 wonderful days에 대하여 일반 콘텐츠, 고화질 콘텐츠, 프리미엄 콘텐츠로 나누어 다음과 같은 코드를 부여할 수 있다.

그림 6의 한정코드 R001은 고화질을 의미하며 프리미엄 콘텐츠일 경우 R002로 표기할 수 있어 해상도 등의 콘텐츠 변형에 따른 확장성을 잘 보여주고 있다.

본 논문에서는 그림 6의 UCI를 워터마크로 사용하여 무손실 워터마킹 알고리즘에 삽입/검출한다.

표 2 city와 crew 시퀀스 워터마킹 실험 결과.

	city	crew
영상 크기	704x576	704x576
워터마크검출률	100%	100%
원본영상복원률	100%	100%
PSNR 평균값	42.61dB	43.3dB
PSNR 최대값	44.61dB	55.17dB
PSNR 최소값	40.68dB	41.29dB

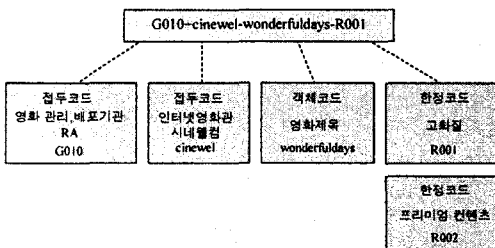
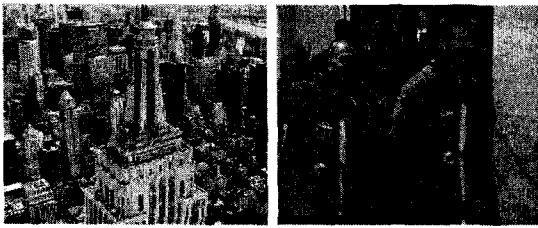
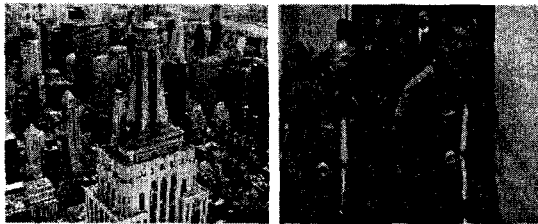


그림 4 워터마크로 사용된 UCI.



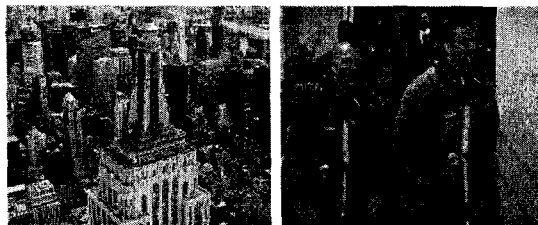
(a) 원본 city 영상, 265 프레임

(d) 원본 crew 영상, 182 프레임



(b) UCI가 워터마크로 삽입된 city 영상

(e) UCI가 워터마크로 삽입된 crew 영상



(c) UCI 검출 후, 손실없이 복원된 영상

(f) UCI 검출 후, 손실없이 복원된 영상

그림 6 city 시퀀스 265 프레임 그림(a)-(c)와 crew 시퀀스 182 프레임 그림 (d)-(f)에 대한 실험결과

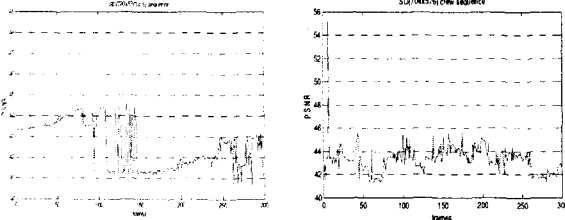
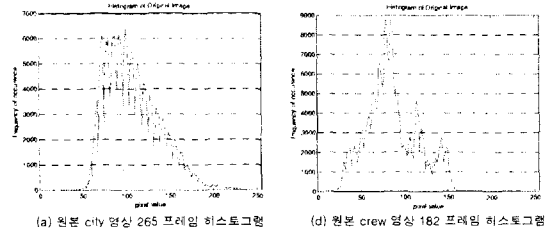


그림 7 SD 크기의 city 시퀀스 그림(a), crew 시퀀스의 화질 비교.

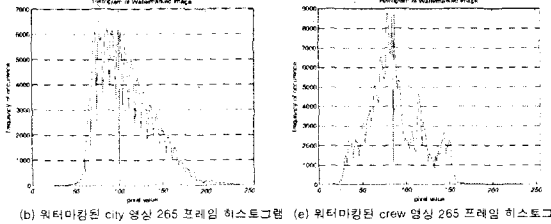
5. 결론 및 향후과제

본 논문에서는 효율적인 디지털 비디오 콘텐츠의 관리를 위해 비디오 콘텐츠에 UCI 정보를 은닉하여 관리를 용이하게 하는 무손실 비디오 정보 은닉 기법을 제안하였다. 제안한 기법은 UCI 검출 후에도 원본 콘텐츠를 손실 없이 완벽하게 복원하여 원본 콘텐츠를 필요로 할 때 콘텐츠를 제공가능하다. 4CIF 크기의 영상으로 테스트 결과 모든 프레임에서 UCI 정보가 성공적으로 검출되었으며, 원본 콘텐츠도 완벽하게 복원이 되었다. 그리고 원본 영상과 워터마크를 삽입한 영상 간의 화질 측정 결과 모션 정보가 큰 영상에서도 41dB이상으로 원본 영상과 워터마크가 삽입된 영상 간의 화질 저하가 크지 않은 것을 실험을 통해 알 수 있었다. 앞으로 UCI 정보와 더불어 UCI 식별 메타데이터와 같은 자막 등의 부가 정보도 함께 디지털 비디오 콘텐츠에 삽입한다면 더욱 효율적인



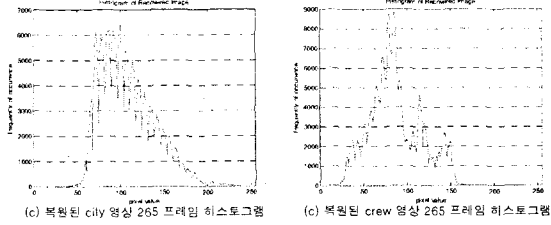
(a) 원본 city 영상 265 프레임 히스토그램

(d) 원본 crew 영상 182 프레임 히스토그램



(b) 워터마크 city 영상 265 프레임 히스토그램

(e) 워터마크 crew 영상 265 프레임 히스토그램



(c) 복원된 city 영상 265 프레임 히스토그램

(f) 복원된 crew 영상 265 프레임 히스토그램

디지털 콘텐츠의 시스템 인프라 관리가 가능할 것이다.

참고문헌

- [1] I. Cox., M. Miller., J. Bloom. "Digital Watermarking", morgan Kaufmann publishers, 2001.
- [2] J.Pan., H.Huang., L. Jain., "Intelligent Watermarking Techniques", World Scientific
- [3] Hartung F., Girod. B. "Digital watermarking of MPEG-2 coded video in bitstream domain", Proceedings of International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing(ICASSP 97), vol. 4, pp. 2621-2624.
- [4] J.Cox, J. Killian, T. Leighton, and T. Shamoan, "Secure Spread Spectrum for Multimedia,"IEEE Trans. Image Process., vol. 6, no.12, pp. 1673-1687. Dec. 1997.
- [5] Zhicheng Ni, Yun-Qing Shi, Nirwan Ansari, Wei su, "Reversible Data Hiding,"IEEE Trans. Circuits and Systems For Video Technology., vol.16, no.3, 2006.
- [6] C. W. Honsinger, P. Jones, M. Rabbani, and J. C. Stoffel. "Lossless Recovery of an Original Image Containing Embedded Data,"U.S. Patent 6 278 791 B1, Aug. 21, 2001.
- [7] J. Fridrich, M. Goljan, and R. Du, "Invertible authentication," in Proc. SPIE Security Watermarking Multimedia Contents, San Jose, CA, Jan.2001, pp. 197-208.
- [8] B. Macq and F. Deweyand, "Trusted headers for medical images", presented at the DFG VIII-O II Watermarking Workshop, 10. 1999.
- [9] <http://www.uci.or.kr>
- [10] "UCI 영세서.", 한국전산원, ver2.0
- [11] "디지털콘텐츠 식별체계 구분구조 연구.", 한국전산원, pp. 54-55. 2003.
- [12] <http://www.ietf.org/rfc/rfc4179.txt?number=4179>