

# 유비쿼터스 환경에서 콘텐츠 적응변환을 위한 워터마킹 시스템

강석준<sup>○</sup> 배태면 노동만 인소란  
 한국정보통신대학원대학교 영상비디오시스템 연구실, 주식회사 니츠  
 {impedance99<sup>○</sup>, heartles, yro}@icu.ac.kr srine@nitz.co.kr

## WATERMARKING SYSTEM FOR CONTENTS ADPATATION IN UBIQUITOUS ENVIRONMENT

Seokjun Kang<sup>○</sup> Taameon Bae Yongman Ro Soran Ine  
 Image & Video Systems Laboratory, Information & Communications University (ICU) Nitz Corporation

### 요 약

유비쿼터스 환경에서 콘텐츠 서비스를 하기 위해 DRM시스템은 콘텐츠 적응변환을 필요로 한다 그러나 DRM시스템에서 콘텐츠의 저작권 보호를 위해 삽입된 워터마크는 콘텐츠 적응변환으로 인해 왜곡된다. 본 논문에서는 워터마킹기술과 콘텐츠 적응변환을 함께 사용하기 위한, 유비쿼터스 DRM 시스템에서의 워터마킹 시스템을 제안한다. IMPRIMATUR 모델에 기반한 DRM시스템에서 콘텐츠 적응변환 후 워터마크의 생존여부를 나타내는 워터마크 유효 정보 추출과정과 이를 표현하는 메타데이터를 제안한다. 마지막으로 기존에 사용되고 있는 워터마킹 알고리즘을 콘텐츠 적응변환에 적용하는 실험을 통해서 제안한 워터마킹 시스템이 콘텐츠 적응변환에 유용하다는 것을 증명하였다.

### 1. 서 론

유비쿼터스 컴퓨팅 환경의 도래로 사용자들은 언제, 어디서나 다양한 종류의 서비스를 제공받을 수 있게 되었다. 유비쿼터스 환경에서는 ADSL, 무선랜, 그리고 모바일 네트워크와 같은 다양한 채널을 통해서 멀티미디어 콘텐츠가 전송되고, 사용자 단말기의 종류도 PDA에서 HDTV에 이르기까지 다양하다. 이러한 사용환경에서 콘텐츠 적응변환은 사용자의 다양한 소비환경을 만족시키기 위해서 연구되어왔다.

콘텐츠의 유통시 저작권 보호를 위해 개발된 DRM시스템에서 디지털 워터마킹은 배포된 콘텐츠의 소유권 확인 및 추적을 가능케 하는 기술로써, DRM시스템 내부의 콘텐츠가 외부에서 불법적으로 유통되는 것을 추적하기 위해 사용될 수 있다. 그러나 콘텐츠의 적응변환은 삽입된 워터마크 신호를 왜곡시키므로 지적 재산권 보호의 수단으로 워터마킹을 사용하는 DRM시스템에서는 이러한 왜곡을 고려해야만 한다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서는 콘텐츠 적응변환이 발생할 때 삽입된 워터마크의 왜곡여부 대해서 워터마크 유효성 판단을 위한 방법을 제안하고 DRM 시스템인 IMPRIMATUR 모델에 적용하였다 [1].

본 논문에서는 DRM시스템, 유비쿼터스 환경, 그리고 콘텐츠 적응변환을 2, 3장에서 설명한다. 4장에서는 DRM시스템에서 콘텐츠 적응변환시 워터마크가 유효할 조건을 찾는 과정과 이를 표현하는 메타데이터에 대해 설명한다. 5 장에서는 콘텐츠 적응변환 시에 제안된 방법의 유효성을 실험하고, 마지막으로 6 장에서 결론을 내린다.

### 2. 재산권 보호와 저작권 관리를 위한 콘텐츠 배포 모델:

### DRM(Digital Rights Management) 시스템

그림 1은 현재 MPEG-21에서 채택된 전자상거래 비즈니스모델이다. 제작자 (Creator)는 Creation Provider (CP)에게 디지털 콘텐츠를 제공하고 CP는 제공 받은 콘텐츠를 각 콘텐츠에 대한 고유번호 (Unique Number)와 함께 패키징한다. 이때 고유번호는 Unique Number Issuer 에서 발행한다. CP는 패키징된 콘텐츠를 Media Distributor (MD)에게 전달하고 MD는 전달받은 콘텐츠 패키지를 소비자(Purchaser)에게 전달한다. Monitoring Service Provider는 MD의 모든 과정을 감시 기록한다.

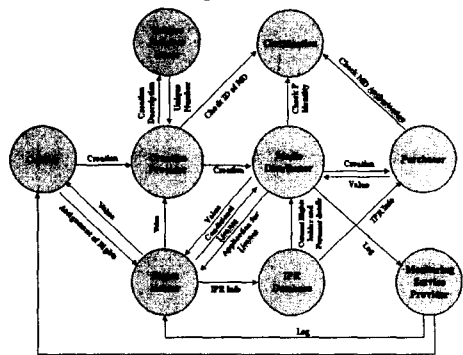


그림 1. 재산권 보호와 저작권 관리를 위한 콘텐츠 배포 모델: IMPRIMATUR

워터마크 삽입 과정은 Creator, CP, MD에서 실행될 수 있는데, 각 콘텐츠에 대한 고유번호는 Unique Number Issuer 에 의해 발행되기 때문에 CP에서의 워터마킹이 가장

적절하다. 소비자의 소비환경에 맞는 디지털 콘텐츠의 적응변환 과정은 Media Distributor 에서 실행된다. 그림 2는 이런 과정을 보여주고 있다.

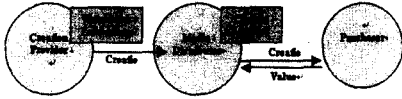


그림 2. DRM 시스템에서 워터마크 삽입과 콘텐츠 적응변환

3. 콘텐츠 적응변환과 유비쿼터스 환경

디지털 콘텐츠 적응변환은 유비쿼터스 환경에서의 멀티미디어 콘텐츠 소비에 유용하다. 디지털 콘텐츠 적응변환은 사용자의 환경에 적합한 콘텐츠를 제공하는 기술이다. 유비쿼터스 환경에서의 콘텐츠 소비는 네트워크 대역폭, 단말기의 디스플레이 능력 그리고 단말기의 계산능력에 의해 제한된다. 현재, MPEG-21에서 이러한 콘텐츠 적응변환에 관한 연구와 표준이 활발히 진행되고 있다[2].

각 콘텐츠의 적응변환은 삽입된 워터마크를 공격하는 것과 같은 영향을 준다. 이미지 크기를 변환시킬 때, 삽입된 워터마크는 기하학적인 공격과 같은 영향을 받는다[3]. 콘텐츠의 비트율은 프레임율, 양자화 계수값의 크기 그리고 프레임의 해상도와 관계있다. 표 1은 이러한 콘텐츠 적응변환의 종류와 워터마크가 받는 영향을 나타낸다.

표 1. 콘텐츠 적응변환과 대응하는 워터마크 공격

화면 해상도 축소	기하학적인 왜곡
비트율 변환	양자화
	프레임율 감소
복잡도 감소	기하학적인 왜곡
	프레임율 감소

4. 워터마크 유효 조건

4.1 워터마크 삽입 및 유효 조건

워터마크 알고리즘들은 3 장에서 설명된 적응변환에 의해 워터마크신호가 왜곡을 일으킨다. 그러나 DRM 시스템 내에서 사용된 워터마킹에 관한 추가 정보를 사용하면 삽입된 워터마크의 왜곡을 방지 할 수 있다. 콘텐츠에 삽입된 워터마크의 강인성과 콘텐츠 적응변환의 영향에 대해 충분히 알고 있는 상황에서는 콘텐츠 적응변환 후의 워터마크 검출 여부를 판단 할 수 있으므로 삽입된 워터마크를 추출할 수 없는 콘텐츠가 소비자에게 배포되는 것을 방지할 수 있다. 다음은 워터마크 유효 메타데이터 생성 및 사용과정을 나타낸다.

- (1) Creator 또는 Creation Provider 콘텐츠에 워터마크를 삽입하는 과정에서, 가능한 콘텐츠 적응변환의 조합을 사용하여 콘텐츠 적응변환에 따른 워터마크의 강인성을 테스트 한다.
- (2) (1)의 테스트에서 얻어진 워터마크에 대한 데이터를

사용하여 적용가능한 적응변환에 관한 메타데이터를 생성한다. 그리고 생성된 메타데이터를 콘텐츠와 함께 MD에게 전달한다.

- (3) MD는 소비자로부터 콘텐츠의 소비환경을 전달 받고 적용 가능한 적응변환의 변수값들을 결정한다. 그리고 사용한 적응변환 후에 콘텐츠에 삽입된 워터마크의 검출 가능여부를 메타데이터값과 비교하여 체크한다.
- (4) 만약 변수를 적용한 콘텐츠 적응변환 후에 삽입된 워터마크가 검출 가능하다면 콘텐츠 적응변환을 수행하고 그렇지 않으면 적응변환을 제한하거나 적응변환 변수값을 수정한다.

4.2. 워터마크 유효 메타데이터

워터마크 유효 메타데이터는 콘텐츠 적응변환 종류를 서술하고 콘텐츠 적응변환 변수를 서술한다. 표 1로부터 모든 적응변환 변수들 중 요구되는 변수들을 선택하는 것이 가능하다. 제안하는 워터마크 유효 메타데이터는 표 2와 같은 정보를 포함한다.

표 2. 워터마크 유효 메타데이터의 정보

Function(F)	세부 적응변환
Parameter Set(PS)	세부 적응변환의 변수 집합
Linear Flag(LF)	각 변수에 대한 워터마크 유사도의 비례/반비례 여부
Detection Flag(DF)	워터마크 검출 여부

실제로, 콘텐츠 적응변환은 멀티미디어의 표준과 관계 있다. JPEG과 MPEG은 이미지와 비디오의 표준이므로 이러한 표준에서 콘텐츠 적응변환을 분석하는 것은 중요하다. JPEG에서 워터마크의 유효 조건과 관계 있는 변수들은 화면의 해상도 변경과 양자화 계수가 있다. MPEG 비디오에서는 화면의 해상도 뿐 아니라 부호화 변수들이 고려되어야 한다. JPEG과 비교하여 MPEG의 경우에는 많은 부호화 변수들이 있기 때문에 워터마크 유효 조건을 서술하기가 어렵다. 그러나 I(Intra) frame이 워터마킹에 사용되는 경우는 이미지 워터마킹과 유사하므로 I frame이 워터마킹에 고려된다면, 워터마크 유효성과 관계 있는 변수의 수가 줄어들어 이미지 워터마킹과 같은 Function들을 가질 수 있다.

JPEG 표준과 MPEG 표준에서 고려할 수 있는 적응변환에 대한 메타데이터 구조는 각각 표 3과 표4와 같이 표현할 수 있다.

표 3. 유효 메타데이터 : JPEG

F	Scale Ratio					Quality Value					
PS	2	4	8	10	...	100					
LF	T					T					
DF	T	T	F	F	...	T					

표 4. 유효 메타데이터 : MPEG

F	Scale Ratio						Quality Value			Frame Ratio	
PS	2	4	8	10	...	100	2	...	5		
LF	T						T			T	

DF	T	T	F	F	...	T	T	...	F
----	---	---	---	---	-----	---	---	-----	---

5. 실험과 분석

본 논문에서는 일반적인 워터마킹 알고리즘들을 적용하여 삽입된 워터마크가 콘텐츠 적응변환이 필수인 유비쿼터스 DRM 시스템에서 얼마나 강인한가를 먼저 테스트 하였다. 이미지의 경우, 여러 적응변환 중 화면 해상도와 양자화 계수 변환에 따른 화질 적응변환이 고려된다. 먼저 콘텐츠 적응변환 후에 워터마크의 안전한 검출이 가능하도록 워터마크 유효 조건을 결정하는 실험을 하였다. 화면 해상도 변환과 화질 변환 과정에서 삽입된 워터마크가 얼마나 강인한가를 측정한다. 실험에 사용된 알고리즘은 Cox에 의해 제안된 DCT 영역에서의 스프레드 스펙트럼 알고리즘 [4] 과 웨이블릿 기반의 알고리즘 5개를 사용하였다 [5-8].

그림 3은 실험의 결과이다. 가로축은 각각 원본 크기에 비해 2배, 4배, 8배로 줄여짐을 의미하고 세로 축은 워터마크와의 유사도를 의미한다. 이 실험에서 워터마크를 검출 할 수 있는 임계값은 6 이다[4]. 실험을 통해 대부분의 알고리즘이 화면 해상도 변환에 강인하지 않음을 알 수 있다.

그림 4는 이미지의 화질을 변화 시킬 때 워터마크가 얼마나 강인한 정도를 보여준다. 그림 4에서 화질 계수가 10에서 100까지 점점 증가될 때 그에 따른 원본 워터마크와의 유사도를 보여 준다. 그림 4에서 보듯이 화질 계수 값과 워터마크 유사도 값은 비선형이므로 처음으로 검출 임계값아래로 내려가는 지점을 고려해야만 한다.

그림 5는 워터마크 유효 메타데이터를 생성하는 실험을 나타낸다. 가로축과 세로축은 각각 화면 해상도율과 화질 계수이다. 각각의 알고리즘이 서로 다른 곡선을 표현하고 있지만 모든 알고리즘에 대해서 곡선의 위쪽 영역이 콘텐츠 적응변환에서 사용될 수 있는 영역들이다.

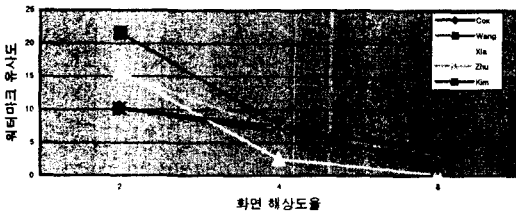


그림 3. 각 알고리즘의 화면 해상도 변환과 워터마크 유사도

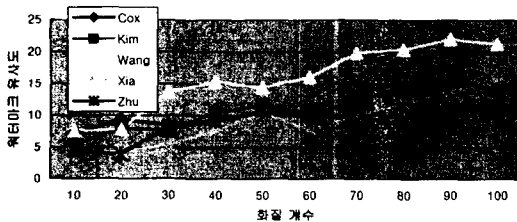


그림 4. 각 알고리즘의 화질 변환과 워터마크 유사도

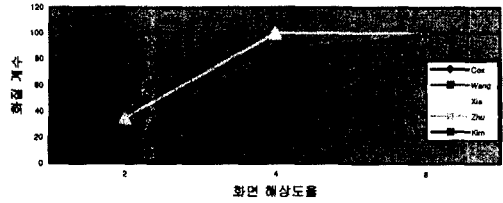


그림 5. 콘텐츠 적응변환 변수 공간에서 워터마크 유효 공간

6. 결론과 향후 과제

본 논문은 유비쿼터스 DRM 시스템에서 디지털 워터마킹을 사용될 수 있는 프레임워크를 제안한다. 유비쿼터스 DRM 시스템에서 콘텐츠 적응변환이 수행될 때, 일반적인 유비쿼터스 알고리즘은 디지털 워터마킹 기술을 사용할 수 없다. 워터마킹 기술의 안전한 사용을 보장하기 위해서, 본 논문은 콘텐츠 적응변환에 대한 워터마크 유효 조건을 서술하는 방법을 제안한다. 이미지와 비디오의 표준 때문에 워터마킹을 분석하였고 콘텐츠 적응변환의 관점에서 압축 변수들을 분석하였다. 본 논문은 JPEG에 따른 화질 변환과 단말기에 따른 크기 변환에 초점을 두었으며, 제안한 방법을 비디오 콘텐츠로 확장하여 적용하기 위해서는 워터마크의 검출 성능에 영향을 주는 압축 변수들이 분석되어야 한다.

7. 참고문헌

- [1] IMPRIMATUR Business Model, Version 2.1, June 1999, Available at <http://www.imprimatur.net>.
- [2] "MPEG-21 Requirements on Digital Item Adaptation," ISO/IEC/JTC1/SC29/WG11 N4684, March 2002, Jeju.
- [3] M. Alghoniemy, and A. H. Tewfik, "Geometric Distortions Correction in Image Watermarking," *IEEE International Conference on Multimedia and Expo*, pp. 82-89, 2000.
- [4] I.J. Cox and M.L. Miller, "A Review of Watermarking and the Importance of Perceptual Modeling," *Proc. SPIE Conf. on Human Vision and Electronic Imaging II*, Vol. 3016, pp.92-99, Feb. 1997.
- [5] J. R. Kim, et. el, "A robust wavelet-based digital watermark using level-adaptive thresholding," *Proceedings of the IEEE International Conference on Image Processing*, pp.202, Oct. 1999.
- [6] H. Wang, et. el, "Wavelet-based digital image watermarking," *Optic Express*, Vol. 3, pp.497, Dec. 1998.
- [7] Xia, el. el, "Wavelet transform based watermark for digital images," *Optics Express*, Vol. 3, pp.497, Dec. 1998.
- [8] W. Zhu, et. el, "Joint wavelet compression and authentication watermarking," *Proceedings of the IEEE International Conference on Image Processing*, pp.202, Oct. 1998.