

디지털 영상 워터마킹에 대한 MPEG-21 DIA 의 영향 분석

배태면*, 강석준*, 노용만*, 인소란**

*한국정보통신대학

**주식회사 니츠

e-mail : heartles.impudence99_yro@icu.ac.kr, srine@nitz.co.kr

The Analysis of Digital Watermarking for MPEG-21 Digital Item Adaptation

Tae Meon Bae *, Seok Jun Kang*, Yong Man Ro*, So Ran Ine**

*Image and Video System Lab., Information and Communication University

**Nitz Corporation

요 약

본 논문에서는 MPEG-21 Digital Item Adaptation(DIA)에 의한 워터마크 신호의 영향을 실험하고 분석한다. MPEG-21 DIA 에서는 다양한 소비환경에 맞게 멀티미디어 콘텐츠를 변환할 수 있는 기능들을 제공하고 있다. 그러나 콘텐츠 변환기능들은 저작권 보호를 위해 콘텐츠에 삽입된 워터마크신호를 훼손시킬 수 있으므로, DIA 환경에서 워터마킹기술을 사용하기 위해서는 워터마킹기술에 대한 DIA 의 영향을 분석할 필요가 있다. 본 논문에서는 일반적으로 널리 알려진 대표적인 워터마킹기술을 이용하여 MPEG-21 DIA 에서 정의하고 있는 각각의 적응변환기능에 대한 워터마크의 강인성을 실험하여, 그 결과를 바탕으로 DIA 환경에서 워터마킹기술을 적용할 때 필요한 요구사항을 분석하였다.

1. 서론

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 PDA 에서 HDTV 에 이르기까지 다양하다. 이러한 사용환경에서 사용자에게 멀티미디어 정보를 제공하기 위해 사용자환경에 맞게 변환하여 공급할 수 있도록 MPEG-21 에서는 Digital Item Adaptation(DIA)에 대한 표준을 제안하고 있다[1].

이와 함께 콘텐츠가 불법 유통되는 것을 막기 위해 콘텐츠의 소유권을 확인 할 수 있는 기술로써 멀티미디어 콘텐츠에 대한 디지털 워터마킹이 연구되어 왔다. 디지털 워터마킹은 소유자에 대한 정보

또는 소유권을 주장할 수 있는 정보를 콘텐츠에 삽입함으로써, 불법 유통되는 콘텐츠에 대해 소유권자가 자신의 콘텐츠를 주장할 수 있는 근거를 제시할 수 있도록 한다.

그러나 DIA 는 콘텐츠에 대해 편집 및 포맷 변환과 같은 작업을 수행하는데, 이러한 작업은 저작권을 나타내기 위해 멀티미디어 콘텐츠에 삽입된 워터마크 신호를 훼손시킬 수 있다. 그러므로 본 논문에서는 DIA 가 적용되는 환경에서 워터마킹 기술을 사용하기 위해 DIA 서 사용되는 각각의 콘텐츠 변환 기술에 대한 워터마킹의 영향을 분석하고 이에 대한 요구사항을 정리한다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 먼저 2 장에서 DIA 에 대해 설명하고, 3 장에서는 디지털 워터마킹 기술 및 워터마킹 기술에 영향을 미치는

DIA 에서 기술된 콘텐츠 변환에 대해 기술한다. 4 장에서는 각각의 콘텐츠 변환에 대한 워터마킹의 영향을 실험하고 그 결과를 분석하며 5 장에서 결론을 맺는다.

2. MPEG-21 Digital Item Adaptation

콘텐츠 적응변환은 디지털 아이템 적응변환(Digital Item Adaptation)이라는 개념으로 MPEG-21 에서 정의되어 있다[1]. 디지털 아이템 (Digital Item)은 전자상거래에 기반한 콘텐츠 소비단위로써 콘텐츠와 이것을 서술하는 메타데이터인 디지털 아이템 선언(Digital Item Declaration)으로 구성되어 있다.

MPEG-21 표준은 사용자로 하여금 단말기와 네트워크의 설치, 관리, 구현으로부터 자유롭게 하여 배포된 멀티미디어 콘텐츠로의 상호작용 할 수 있는 투명한 접근을 목표로 한다[2]. 이런 목표를 달성하기 위해서 다양한 사용환경에서의 디지털 아이템의 소비를 위해 디지털 아이템의 적응변환이 필요하다. 그림 1은 디지털 아이템 적응변환의 개념도이다. 디지털 아이템 적응변환 엔진은 리소스 적응변환 엔진과 서술자 적응변환 엔진으로 구성되어 있고 이들은 최종적으로 적응변환된 디지털 아이템 (Adapted Digital Item)을 만들어 준다. MPEG-21 에서 적응변환 엔진 그 자체는 표준이 아니고 리소스 적응변환, 서술자 적응변환 그리고 QoS 관리를 지원하는 서술자 (Descriptions)나 표준에 독립적인 메카니즘들이 표준의 범위에 속한다.

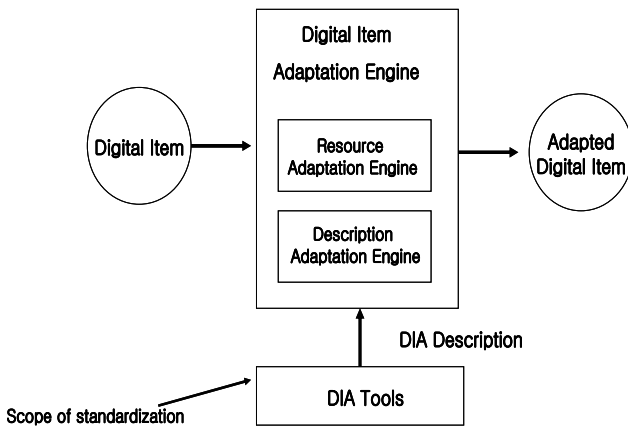


그림 1. 디지털 아이템 적응변환 개념도

디지털 아이템 적응변환 도구들은 그림 2와 같이 3 개 부분으로 구성되어 있으며, 디지털 아이템 적응변환의 기능과 사용에 따라 구분되어 있다.

사용자 환경 서술 도구(User Environment Description Tools)는 디지털 아이템 적응변환을 위한 사용자 특성, 단말기 성능, 네트워크 특성 그리고 자연환경 특성을 포함하는 사용자 환경을 서술하는 정보를 제공한다.

디지털 아이템 리소스 적응변환 도구들(Digital Item Resource Adaptation Tools)은 디지털 아이템 리소스의 적응변환에 목표를 둔다. 이것은 표준에 독립적인 방법으로 비트스트림을 조정할 수 있도록 해주는 비트스트림 구문 서술(Bitstream Syntax Description)이나

단말기와 네트워크의 제약을 서술하고 가능한 적응변환을 서술하여 이를 만족하는 변수값을 결정함으로써 단말기와 네트워크 QoS(Terminal and Network QoS)를 만족하도록 한다.

디지털 아이템 선언 적응변환(Digital Item Declaration Adaptation Tools)은 디지털 아이템에 포함된 메타데이터인 디지털 아이템 선언의 변환을 위한 사항을 서술한다.

이들 서술자들 중에서 콘텐츠변환과 연관된 부분은 사용자 환경 서술 도구에서의 사용자 정보, 단말기의 서술 정보를 제공하는 단말기 성능, 네트워크의 서술 정보를 제공하는 네트워크 특성, 그리고 단말 및 네트워크의 QoS 가 고려된다.

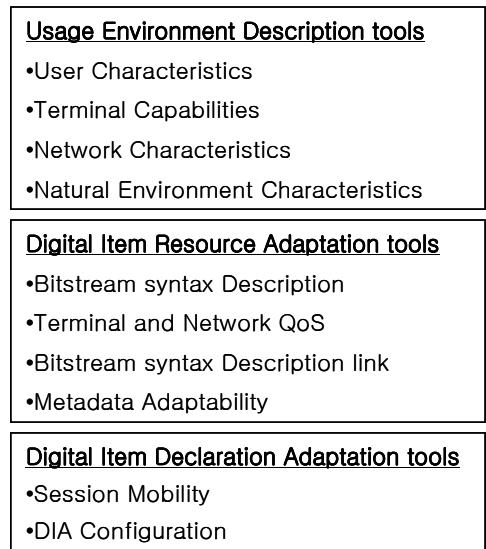


그림 2. 디지털 아이템 적응변환의 구성

2.1 사용자환경 (User Characteristics)

사용자의 환경은 사용자가 선호하는 환경, QoS 를 위한 사용자 선호정보, 그리고 사용자의 시청각 장애등을 기술하고 있다. 이러한 사용환경 서술을 위한 적응변환기능 가운데 영상에 관련된 내용을 표 1과 같이 정리 할 수 있다.

표 1. 사용자 환경과 관련된 적응변환기능

User Environment Description	Adaptation Function
ContentPreference	None
PresentationPreference	Transcoding
ColorPreference	Color adjustment
StereoscopicVideoConversion	None
ModalityConversionPreference	Transmoding
PresentationPriorityPreference	Transcoding
FocusOfAttentation	Image cropping
VisualImpairment	None
ColorVisionDeficiency	Color conversion

2.2 단말기 성능(Terminal Capability)

단말기 성능에는 부호화/복호화 능력, 단말기의 특성, 입/출력능력의 관점에서 단말기를 서술한다. DIA 에서 단말기 성능에 맞게 콘텐츠를 변환하는 기능은 표 2와 같이 정리 할 수 있다.

표 2. 단말성능 관련 적응변환기능

Terminal capability	Adaptation function
CodecCapability	Format conversion (transcoding, transmoding)
CodecParameter	Transcoding
DisplayCapability	Transcoding

단말기가 복호화 할 수 있는 파일 포맷과 복호화에 필요한 능력, 그리고 단말기 자체의 특성 가운데 화면출력 관련 정보인 해상도, 색상 깊이 등이 고려된다.

2.3 네트워크 특성 (Network Characteristics)

네트워크 특성은 네트워크의 대역폭과 전송상태를 서술한다. 대역폭, 지연폭, 오류 비트율등이 네트워크 특성으로 고려된다. 네트워크 특성을 고려하는 디지털 적응 변환기능은 표 3과 같다.

표 3. 네트워크 특성 관련 적응변환기능

Network characteristics	Adaptation function
NetworkCapability	Transcoding
NetworkCondition	Transcoding

2.4 단말 및 네트워크 QoS

단말기와 네트워크의 QoS 는 단말기 및 네트워크에 의한 제약을 만족시킬 수 있는 적응변환기술을 기술한다. DIA 에서 정의하는 적응변환 엔진은 단말기와 네트워크의 제약을 만족하도록 적응변환을 수행하는 부분이다. 이때 사용자환경에서 사용자의 선호도 및 VisualImpairment, ColorVisionDeficiency 와 같은 시청각장애 또한 QoS 의 제약조건으로 고려할 수 있다.

표 2, 3에서와 같이, 단말성능과 네트워크 제약조건에 의한 적응변환은 스케일러블코딩 (scalable coding), 트랜스코딩 (transcoding)과 트랜스모딩 (transmoding)에 의해 구현됨을 알 수 있다. 또한 사용자 선호서술 정보 가운데 PresentationPriorityPreference 와 FocusOf Attention, PresentationPreference 는 트랜스코딩 또는 트랜스모딩시 QoS 를 위한 제약조건으로 고려된다.

3. DIA 및 디지털 워터마킹

디지털 워터마킹 기법은 디지털 콘텐츠에 워터마크라고 하는 사용자의 ID(Identification) 또는 고유의 정보를 삽입시켜 소유권을 주장할 수 있는 근거를 제시할 수 있도록 하는 기술이다. 그런데 DIA 도구들이 디지털 아이টে임을 변환시키므로 디지털 아이টে임에 삽입된 워터마크가 왜곡된다. 워터마크 신호가 왜곡되는 정도는 사용되는 DIA 도구의 종류와

변환기능의 매개변수에 따라 달라지기 때문에 DIA 도구들에 대한 워터마크신호의 영향을 분석하기 위해서는 DIA 도구 각각에 대한 영향뿐만 아니라 매개변수값 변화에 대한 영향도 분석할 필요가 있다.

적응변환기능은 이미지에 대한 처리를 수행한다는 의미에서 일반적인 영상처리로 볼 수 있다. 그러나 사용자 단말 및 네트워크 QoS 에 의한 적응변환의 경우, 표 1, 2, 3에서 알 수 있듯이 트랜스코딩과 트랜스모딩 그리고 스케일러블코딩과 같은 영상 부호화기법에 크게 영향을 받는다. 그러므로 본 논문에서는 DIA 에 의한 디지털 워터마킹의 영향을 일반적인 영상처리기법에 의한 적응변환과 부호화에 의한 적응변환으로 구분하여 분석한다.

3.1 영상처리방법에 의한 콘텐츠변환

표 1로부터 콘텐츠변환에 사용된 영상처리기법에는 색도 조절, 색변환, 영상크기변환, FocusOfAttention 을 위한 영상부분추출과 흑백영상의 조절이 있다.

3.2 부호화에 의한 콘텐츠변환

단말 및 네트워크 QoS 를 위한 부호화에는 스케일러블코딩, 트랜스코딩 그리고 트랜스모딩을 생각할 수 있다.

스케일러블코딩에는 MPEG 에서 지원하는 레이어 기반부호화(layered coding)[6]와 FGS(Fine Granularity Scalability)[5]가 있으며 영상크기 및 시간적 프레임 율에 대한 확장성을 지원한다. 트랜스코딩은 단말기가 지원하는 포맷으로 콘텐츠를 변환 하는 경우와 디지털 아이টে임이 스케일러블 코딩으로 부호화되어 있지 않았을 때 CodecParameter, Display Capability 및 Network Capability 를 만족시키기 위해 사용된다. 트랜스모딩은 트랜스코딩으로 QoS 를 지원할 수 없는 경우에 사용되며 Video-to-Image 가 대표적인 방법이다.

스케일러블코딩의 경우, QoS 를 만족시키기 위해 손실되는 정보가 없기 때문에 디지털 아이টে임에 삽입된 워터마크는 손상되지 않는다. 그러나 트랜스코딩을 수행하는 경우, 재부호화 과정에서 정보가 손실되므로 삽입된 워터마크가 훼손될 수 있다. 트랜스모딩의 경우는 트랜스코딩의 특별한 경우로 고려할 수 있다. 포맷 변환을 위한 트랜스코딩의 경우, MPEG-2 와 MPEG-4 사이의 변환과 JPEG 과 JPEG2000 간의 변환을 생각할 수 있다.

4. 실험 및 분석

일반적으로 널리 알려진 워터마킹 방법중 Cox 에 의해 제안된 Spread Spectrum 방식[3]과 wavelet 기반의 방식[4]을 이용하여 DIA 에서 정의한 각각의 콘텐츠 변환방법에 대한 워터마크의 영향을 실험하였다. 실험은 Lena 와 MPEG-4 표준 실험 영상인 "Foreman" 비디오를 이용하였다. 검출되는 워터마크 신호는 워터마크 검출 유사도 (detection similarity)값을 기준으로 검출가능 여부를 확인하였으며 워터마크 삽입강도와 워터마크 검출에 사용된 문턱치 (threshold value) 값은 [3]와 [4]에서 제안하는 값들을

사용하였다. 표 4, 5, 6 은 실험에 사용된 콘텐츠 변환기능들과 적용후 워터마크의 검출여부 또는 검출율을 나타내고 있다.

영상처리방법의 경우 밝기, 채도, 명도, 대비 변환, 영상의 관심부분만을 전송하기 위한 영상부분 추출, 화면크기를 변환한 후 워터마크를 검출하는 실험을 하였으며 각각의 변수는 10%에서 50%까지 변화시키면서 실험을 수행하였다. 표 4에서, 대비, 색조의 경우 워터마크 알고리즘에 관계없이 약간의 변환에도 검출이 어려웠으며 밝기와 채도의 경우 알고리즘에 따라 강인성에 정도가 있지만 wavelet 을 이용한 워터마킹은 강인하지 않음을 알 수 있다. 화면 크기 조절의 경우, 1/2, 1/4, 1/8 의 3 가지 경우에 대하여 실험하였으며 1/4 이상으로 크기를 축소하는 경우 워터마크 검출이 어려움을 알 수 있었다.

실험에 사용한 비디오 워터마킹은 Cox 의 알고리즘[3]을 각 프레임에 적용하였다. 트랜스코딩에 관한 실험은 포맷변환에 의한 영향과 콘텐츠의 부호화시 압축률을 변환하여 재부호화하는 경우에 대해 실험하였다. 포맷변환 실험의 경우, 부호화시 동일한 압축률에 대해 포맷만을 변환하였으며 압축률 변환의 경우, 부호화조건에서 제한된 전송율을 만족시킬 수 있도록 재부호화 하였다.

표 4. 영상처리후 워터마크 추출

Image processing	Watermark detection boundary	
	Cox	Zhu
Contrast	10%	10%
Brightness	50%	10%
Hue	0%	10%
Saturation	30%	10%
Image cropping	7%	70%
Image size conversion	1/4	1/4

표 5. 부호화율 변환후 워터마크 추출

Compression ratio	Watermark detection ratio
30	100%
50	99%
94	90%

표 6. 영상크기 및 부호화율 변환후 워터마크 추출

Compression ratio	Watermark detection ratio
94	49%
188	40%

MPEG2 와 MPEG-4 간의 포맷 변환 실험에서는, 부호화율을 변화시키지 않은 경우, 포맷 변환 후에도 워터마크는 추출가능함을 알 수 있었다. 또한, 표 5 에서와 같이 부호화 율을 조정하여 재부호화하는 경우에는 워터마크 검출율이 90%이상임을 알 수 있다. 그러나 높은 부호화율을 얻기 위해 영상크기

변환이 고려된 트랜스코딩의 경우, 표 6 과 같이 매우 낮은 워터마크 검출율을 보여 주고 있다.

5. 결론 및 향후과제

본 논문에서는 MPEG-21 DIA 에서 정의한 콘텐츠 변환에 대한 워터마킹기술의 영향을 분석하였다. 그 결과 영상처리관련 콘텐츠변환의 경우 삽입된 워터마크의 추출은 영상처리의 강도와 워터마킹 알고리즘에 따라 다르지만 영향을 받는 것을 알 수 있었다. 포맷변환의 경우, 부호화율이 변하지 않는 포맷변환은 삽입된 워터마크의 검출율에 영향을 주지 않았으며 부호화율을 높이기 위해 트랜스코딩을 하는 경우에도 워터마크 검출율에는 큰 영향을 주지 않았다. 다만 부호화율을 높이기 위해 영상 크기변환이 함께 고려된 트랜스 코딩의 경우, 워터마크 검출이 용이하지 않음을 알 수 있었다.

유비쿼터스 환경은 다양한 형태의 사용자환경이 가정되며, DIA 에 의한 콘텐츠 변환은 이러한 환경에 대응하기 위한 필수요소이다. 본 논문의 실험결과 단순 포맷 변환과 부호화율 변환을 제외한 대부분의 콘텐츠변환에 의해 워터마킹 검출율이 낮아지는 것을 확인하였다. 그러므로 워터마킹 기술이 저작권 보호 기술로써 사용되기 위해서는 워터마크신호가 왜곡되지 않기 위한 알고리즘 개발이나 시스템적 접근이 필요하다.

참고문헌

- [1] "Text of ISO/IEC 21000-7 FCD – Part 7: Digital Item Adaptation," ISO/IEC/JTC1/SC29/WG11 N5854, July 2003, Trondheim.
- [2] "MPEG-21 Overview v.4", ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N4801, Fairfax, May 2002
- [3] I.J. Cox, J. Kilian, T. Leighton and T. Shamon, "Secure Spread Spectrum Watermarking for Multimedia," *IEEE Trans. on Image Processing*, 6, 12, pp. 1673-1687, 1997.
- [4] W. Zhu, et. el, "Multiresolution watermarking for images and video: a unified approach," *Proceedings of the IEEE International Conference on Image Processing*, pp.202, Oct. 1998.
- [5] W. Li, "Overview of Fine Granularity Scalability in MPEG-4 Video Standard," *IEEE Trans. on Circuits and System for Video Technology*, March 2001.
- [6] "ISO/IEC 13818-2, "MPEG-2 Video Compression. Compression of video, both interlaced and non-interlaced. A superset of the older MPEG-1 video compression standard," 1995.