

저작권 보호를 위한 건축설계도면상에서의 디지털 워터마킹

장봉주*, 문광석**, 권기룡*

*부산외국어대학교 전자컴퓨터공학과 **부경대학교 전자정보통신컴퓨터공학부

Digital Watermarking for Copyright Protection of Architectural Drawing

Bong-Ju Jang*, Kwang-Seok Moon**, Ki-Ryong Kwon*

*Dept. of Comp. and Elec. Eng., Pusan Univ. of Foreign Studies

**Division of Electronic and Telecommunication Eng., Pukyung Nat'l Univ.

*krkwon@taejo.pufs.ac.kr

요 약

본 논문은 디지털 콘텐츠의 지적 재산권 보호를 위해 활발히 연구가 진행되고 있는 디지털 워터마킹 기술의 응용분야로서 CAD 프로그램 상에서 도안된 건축설계도면에 워터마크를 은닉하는 기법을 제안한다. 워터마크 은닉에 필요한 컴퓨터로 설계된 건축도면 정보의 추출과 CAD 데이터의 특성에 맞는 워터마크 은닉알고리즘에 대해 연구하여 워터마크를 은닉하고 추출하는 실험을 하였다. 실험결과 은닉된 워터마크는 비가시성을 만족하였으며, format 변환, cropping 등에도 워터마크는 추출됨을 확인하였다.

1. 서론

오늘날 컴퓨터의 발전과 대중화는 과거 직접 손으로 해야 했던 수많은 작업들을 몇몇의 컴퓨터 입력장치들 만으로 대체하였으며 이로 인해 컴퓨터를 이용하는 사람들은 상당한 효율을 얻을 수 있었다. 또한, 컴퓨터는 디지털 정보를 가지는 특성으로 인해 대규모의 콘텐츠 제작과 관리 역시 손쉽게 이루어 질 수 있었다. 그러한 방대한 데이터 용량과 저장, 전송과 관련하여, 속도와 거리에 거의 제약을 받지 않을 정도로 컴퓨터 네트워크 역시 데이터 수용량과 거리에 대해 자유로워졌다. 반면 그러한 편리함과 장점들이 복합되어 역으로 디지털 정보의 무단 복제의 남용과 디지털 콘텐츠에 대한 지적 재산권에 막대한 악영향을 미칠 수 있는 저작권의 침해라는 큰 문제점을 낳았다. 그런 디지털 영상, 오디오, 사운드, 동영상 등의 디지털 콘텐츠의 불법 복제 및 유통에 대한 해결책으로 기존의 암호화 방식만으로는 라이선스를 얻은 합법적인 사용자가 행하는 불법적인 방법에는 적절하지 못했다. 또한 하나의 콘텐츠를 놓고 다수의 저작권자가 자신의 저작권을 주장하는 경우에도 문제가 따른다. 따라서 이러한 문제의 한 해결

책으로 디지털 워터마킹 기술이 발전하였는데, 디지털 워터마킹이란 디지털 콘텐츠 내에 잡음 혹은 정보비트, 의미있는 코드를 사용자의 지각으로 인지할 수 없는 형태로 은닉하는 것을 의미한다. 현재 오디오, 동영상, 이미지 등에 워터마크를 은닉하는 기술들이 개발되었으며, 아직도 많은 연구를 하고 있는 추세이다.

Cox 등[1]은 영상의 주파수 영역에서 대역확산을 이용한 워터마킹 기법을 제안하였으며, 은닉되는 워터마크로서 가우시안 분포의 랜덤 시퀀스를 사용하였다. Podilchuk 등[2]은 인간시각모델(human visual model)을 이용한 방법을 제시하였다. DWT 기반에서 효과적인 영상압축을 위한 JND(just noticeable difference) 값을 문턱값으로 사용하고 이보다 큰 계수들에 대해서만 워터마크를 은닉하였다. Kwon 등[3]은 멀티웨이브릿 변환 영역에서 SSQ와 비정상상태 모델에 대한 지각특성을 갖는 워터마킹 기법을 제안하였다. Ohbuchi 등[4]은 vector digital map 상에서 quadtree 방식을 이용해 일정한 양의 꼭지점을 가지는 사각형(rectangles)로 나눈 다음 그 속에 각각의 꼭지점에 워터마크를 삽입하는 방법을 제안하였다.

건축설계는 전문적인 기술과 예술 감각을 필요로 하므로 그 기술 역시 지적 재산권으로 보장받아야 할 필요성이 있는 분야이다. 하지만, 현재 그러한 필요성에도 불구하고 전혀 그 지적 재산권은 법적으로 보호받지 못하고 있다. 더욱이, CAD시스템이 발전함에 따라 오늘날 건축설계와 관련한 모든 작업들이 컴퓨터로 완료되고, 설계자로부터 최종 기술자에게 넘겨지기까지, 그것은 컴퓨터상에서 이루어지고 있으므로 네트워크를 통해 외부로 노출될 수 있는 위험 또한 발생하게 되었다. 그런 의미에서 본 논문은 CAD 시스템에서의 건축설계도면상의 워터마킹 기법을 제안한다.

본 논문은 그러한 워터마킹 기법들을 바탕으로 컴퓨터 건축설계도면 상에 워터마크를 은닉하는 기법을 제안한다. 본 논문에서는 CAD 데이터 파일의 대표적인 포맷인 DXF(drawing exchange format, 데이터 교환 형식)을 이용하는데 이는 AutoCAD에서는 각각의 도면요소(Entity)들에 대한 각각의 데이터베이스 값을 의미하는 것으로서, AutoCAD의 보급에 따라 보편적으로 사용되는 데이터 교환을 위한 ASCII 형태의 데이터이며, GPS와 같은 다른 많은 캐드 시스템을 이용하는 분야에서 Converting이 가능하며, 아울러 범용적인 건축설계 사용 틀인 "AUTODESK"사의 "AutoCAD"의 모든 버전에서 별도의 플러그인 없이 사용이 가능하다는 이점이 있다.

2. DXF 포맷 특성 분석

본 연구에서는 CAD 데이터 파일의 대표적인 포맷인 DXF를 이용한다는 것을 앞 절에서 이미 나타내었으며, 그 파일 포맷의 특징에 대해 살펴보면 다음과 같다.

- a. DXF는 AutoCAD용 데이터 파일을 다른 그래픽 시스템에서 사용될 수 있도록 AutoDESK사에서 제작한 아스키 형태의 그래픽 데이터 파일의 형식.
- b. DXF의 구조는 여러 개의 섹션으로 구성됨.
- c. DXF는 AutoCAD의 사용자가 증가되면서 급격히 사용분야가 넓어지고 있으며, 최근 대개의 그래픽 소프트웨어에서 DXF를 처리할 수 있는 기능을 제공함.

한편, 워터마크가 은닉된 건축설계도면에서의 의도적이건, 혹은 의도적이지 않건 CAD 틀 상에서 이루어질 수 있는 공격으로 간주 될 수 있는 큰 범주에서의 조건들을 나열해 보면 다음과 같다.

- a. 파일 포맷 변환 : DXF 포맷으로 작성되어지고 워터마크가 은닉된 설계도면은 DXF 포맷의 특성상 다른 유사한 프로그램에서 사용할 수 있게끔 그 포맷을 쉽게 변화시킬 수 있다. 예를 들어 AutoCAD 전

용 파일인 DWG, 혹은 DWT, DWS 등으로의 변환에도 워터마크는 손상되어서는 안된다.

- b. Cropping : 공격자가 워터마크가 은닉된 전체 설계도면 중 어느 한 부분만을 자신의 도면에 삽입하는 경우와, 워터마크된 도면에서 은닉되었을 것이라 간주하거나, 공격자 자신의 필요에 의해서 일부분을 제거하였을 때에도 워터마크는 검출되어야 한다.
- d. Scaling : 도면 전체 혹은 특정 부분만의 크기 변화에서 모두 워터마크는 검출이 가능해야 한다.
- c. Translation : 설계도면의 이동, 혹은 같은 모양의 성분일 경우 두 성분의 교체, 등의 변화에도 그 성분에 은닉된 워터마크는 손실되어서는 안 된다.

이미지의 raster기반의 특성과는 달리 DXF 파일은 꼭지점 기반의 특성을 가지므로 꼭지점 정보와, 이웃 성분과의 연관성이 없기 때문에 주파수 영역으로의 변환이 불가능하며, 따라서 이미지 워터마킹에서처럼 주파수 영역의 처리와 마스크를 이용한 처리는 불가능하고, 단순히 공간 영역에서의 처리가 적용되어진다. 이것은 그러한 다양한 처리로 인한 공격을 고려하지 않아도 된다는 이점도 있지만 DXF 파일 내에 워터마크를 은닉하는 방법이 공간영역에 제한되어 있음을 이야기하는 것이다. 더욱이, CAD 툴로 인해 이미 완성된 건축설계도면이라 하더라도, 그 데이터의 변형이 용이하기 때문에 그만큼 공격에 노출될 우려가 많다는 것을 의미한다. 본 논문에서는 그러한 특성들을 가진 DXF 파일 내에 간단하고, 강인한 알고리즘을 위해 필요한 수행과정을 제안한다.

워터마크 은닉을 위해서 우선 이 DXF 데이터를 분석하고, 그 내부의 정보를 정확히 추출하는 것이 우선되어야 한다. 우선 DXF 데이터 구조를 간략히 살펴보게 되면, [그림 1]과 같다.

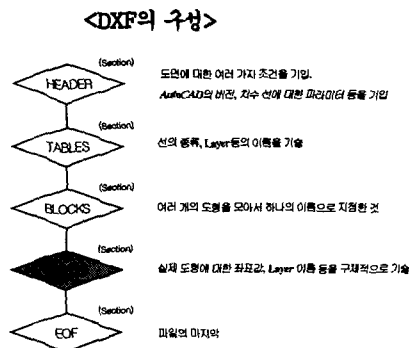


그림 1. DXF 파일 포맷의 구성도

DXF 파일 포맷의 구조는 그림 1에서 처럼 Header, Tables, Blocks, Entities, EOF 등 다섯 부분으로 나누어진다.

실제 DXF 파일 상에서 만들어지는 도형과 선, 점들은 Entity 부분에서 정의된다. 제안한 논문

서는 워터마크를 이 Entity 내에 있는 성분들에 은닉하는 방법을 제시한다. Entity 섹션은 설계도면 상에서 그려지는 원, 호, 직선, 곡선, 텍스트, 스플라인, 폴리라인, 등의 수많은 성분들의 집합으로 이루어지는데, 본 논문에서는 간단한 알고리즘의 가능성을 위해 실제적으로 건축설계 도면상에서 가장 많이 다루어지는 성분 중의 하나로서 직선(LINEs)성분에만 워터마크를 은닉한다. 이 직선의 구성은 시작점 꼭지점 좌표 (x_1, y_1) 와 끝점 꼭지점 좌표 (x_2, y_2) 으로 구성되어지며 실제로 워터마크가 은닉될 부분도 이 꼭지점들의 좌표가 된다. 또한 vertex 기반의 도면은 확대나 축소의 과정을 거친다 해도 화질의 열화가 없다는 특징이 있다. 이것은 다시 말해 워터마크를 은닉한 도면을 극단적으로 확대하고, 각 성분의 연결성을 보더라도 끊어지거나 영역을 넘어가는 부분이 설계자의 눈에 거슬러서는 안 된다는 것이다. 따라서 워터마크는 그 조건을 만족하기 위해 충분히 작은 삽입강도로 은닉이 되어야 한다.

3. 워터마크 은닉

제안한 논문은 건축설계도면을 두고 위에서 언급한 조건들을 만족시키기 위한 최초의 워터마크 은닉 방법을 제안한다.

아래 그림 2는 제안한 워터마킹 기법의 간략한 알고리즘도이다.

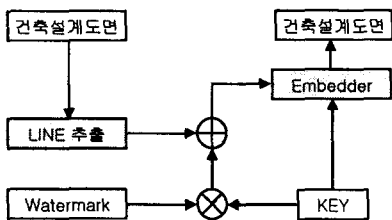


그림 2. 제안한 워터마킹 기법의 알고리즘

완성된 설계도면에서 LINE에 해당하는 성분을 추출한 후 추출된 LINE 성분의 꼭지점에 워터마크를 은닉하게 되는데, 여기서 워터마크는 각각의 특정 키 값을 가진다. 사용된 키 값은 워터마크를 은닉할 때에도 이용되며, 하나의 LINE 내에서 워터마크가 은닉되는 좌표를 정의한다. 개인 키 값을 통해 보다 알고리즘을 강하게 할 수 있는 것이다.

본 논문에서 워터마크로는 가우시안 분포 $n(0, 1)$ 를 갖는 랜덤 시퀀스를 사용하였으며, 키 값으로 이진 비트 열을 사용하였다. 간단한 도면을 대상으로 LINE 성분을 추출하여 워터마크를 삽입한다.

제안한 방법으로 간단한 실험을 거쳐 추출된 워터마크의 유사성으로서 건축설계도면에의 워터마크

크 은닉 가능성을 제시한다.

워터마크의 은닉은 추출된 LINE의 모든 꼭지점 좌표 (x_1, y_1, x_2, y_2) 에 대해 이루어진다.

이진 비트 열 키 값 k 는

$$k = \begin{cases} \text{if } 0, & -1 \\ \text{if } 1, & +1 \end{cases} \quad (1)$$

로써 은닉되는 워터마크의 부호값을 제공하며, 또한 식(2)에서처럼 하나의 LINE에 대하여 워터마크의 은닉 위치를 결정하는 값으로서 사용되어질 수도 있다.

$$k = \begin{cases} \text{if } 0, & \text{Be watermarked in } (x_1, y_2) \\ \text{if } 1, & \text{Be watermarked in } (x_2, y_1) \end{cases} \quad (2)$$

본 논문에서는 강인성을 위해 LINE 내에 모든 좌표에 워터마크를 은닉하므로 식(2)의 방법은 쓰지 않는다.

최종적으로 워터마크 W 를 x 축 좌표와 y 축 좌표에 대해 식(3)과 같이 은닉하게 된다.

$$\{x_n, y_n\}^* = \{x_n, y_n\} + k \cdot \alpha \cdot W \quad (3)$$

여기서 $\{x_n, y_n\}^*$ 와 $\{x_n, y_n\}$ 은 각각 워터마크가 은닉된 꼭지점과 원래의 꼭지점을 나타내며, $n = 1$ 일 때, LINE의 시작점이며 $n = 2$ 일 때 끝점이다.

또한 α factor를 삽입강도로서 워터마크에 곱한다. 이렇게 해서 얻어진 꼭지점 좌표 $\{x_n, y_n\}^*$ 를 다시 DXF 내에 배치함으로써 워터마크가 은닉된 건축설계도면이 얻어진다.

4. 실험결과

제안한 건축 설계도면상의 워터마킹 알고리즘의 실험을 위해 "AutoCAD 2002" CAD 툴로 제작된 그림 3으로 표현되어지는 간단한 건물의장 설계도면을 사용하였다. 사용된 워터마크는 1000개의 계수를 갖는 가우시안 분포를 갖는 랜덤 시퀀스이고, 설계도면에서의 추출된 LINE 수는 194개이며 은닉된 워터마크의 개수는 776개이다.

제안한 논문에서는 은닉된 워터마크로 인한 도면의 왜곡을 인지할 수 없게 하면서, CAD 파일로서 포맷 변환에서의 워터마크 검출 가능성과 도면의 일부를 제거하거나, 다른 도면에 붙여 넣는 경우 워터마크의 검출 가능성을 테스트한다.

그림 4는 삽입강도 α 를 0.1로 하고, 은닉한 도면인데, 각 LINE의 연결성에 문제를 나타내 결국 알아볼 수 없는 영상이 되었다. 반복적인 실험에 의해 삽입강도를 충분히 작게 했을 때 도면의 왜곡을 줄일 수 있었다. 더욱이 충분히 작은 삽입강도를 갖는 워터마크는 삽입강도의 소수자리 이상

의 꼭지점 좌표의 변화에는 강인함을 나타내는 것을 다른 실험을 통해 알 수 있었다.

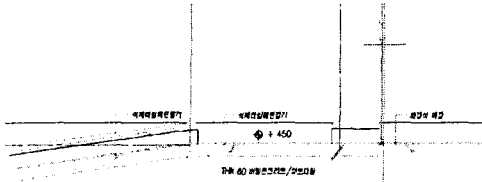


그림 3. 워터마크 은닉에 사용된 건축설계도면

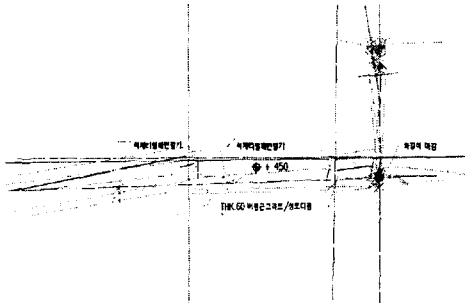


그림 4. 은닉된 워터마크로 인한 왜곡

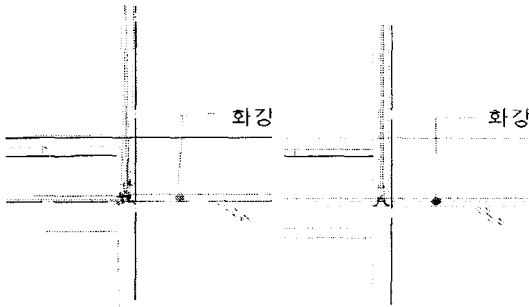


그림 5. $\alpha=0.01$ 그림 6. $\alpha=0.0001$

본 논문에서 사용한 삽입강도 $\alpha=0.0001$ 로서 이것은 극단적으로 도면을 확대하지 않고 사람이 인지할 수 없을 정도의 왜곡률을 나타내었다. 그림 5와 그림 6은 삽입강도 α 를 각각 0.01과 0.0001일 때 도면의 왜곡정도를 나타낸 것이다.

1000개의 워터마크 열 중 20 번째 키 값으로서 은닉된 워터마크의 수 776개에 대해 실험을 통해 상관관계를 식(4)를 이용해서 추출하였으며, X 와 X^* 는 각각 원래의 워터마크와 도면에서 추출된 워터마크이다. 그리고 그 추출한 결과를 그림 7에 나타내었다

$$\text{Correlation Response} = \frac{X \cdot X^*}{\sqrt{X^* \cdot X^*}} \quad (4)$$

이렇게 나타난 상관도를 다른 파일 포맷으로 변형시킨 후 다시 검출한 결과를 표 1에 나타내었다. 표 1에서와 같이 DXF 기반의 워터마킹이 다른

CAD 파일 포맷으로의 변환에도 변화가 없음을 확인할 수 있었다.

도면에서 LINE 성분을 잘라낸 후 그것을 다른 도면에 붙여 넣었을 때의 결과를 표 2에 나타내었다. 실험결과 70%의 손실에도 워터마크의 상관도는 높은 값을 유지함을 볼 수 있었다,

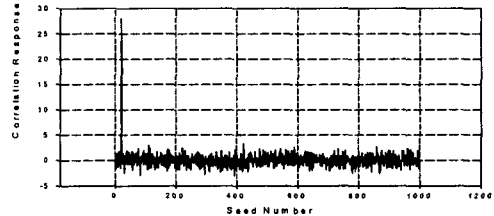


그림 7. 검출된 워터마크의 Correlation Response

표 1. 포맷변환에 따른 유사도 변화

Format	DXF (2002)	DWG	DWT	DWS	DXF (이전버전)
상관도	28.1367	28.1367	28.1367	28.1367	28.1367

표 2. Cropping ratio에 따른 유사도

Cropping	10%	30%	43%	70%
상관도	26.8429	23.4216	21.8647	17.6704

4. 결론

본 논문은 건축설계도면상에서의 워터마킹 기법을 제안하였다. 실험결과 건축설계도면에서의 응용 가능성과 그 강인성을 확인하였으며, 도면의 왜곡을 최소화시킬 수 있었으므로, 시각적인 문제점을 나타내지 않음을 확인하였다.

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(R05-2003-000-10830-0) 지원으로 수행되었음.

참고문헌

[1] I. Cox, J. Kilian, T. Leighton, and T. Shamon, "Secure Spread Spectrum Watermarking for Multimedia," in *NEC Research Institute Tech Rep. 95-10*, 1995.

[2] C. I. Podilchuk and W. Zeng, "Image Adaptive Watermarking Using Visual Models," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 16, no. 4, pp.525-539, May 1997.

[3] K. R. Kwon, S. G. Kwon, J. H. Nam and A. H. Tewfik, "Content Adaptive Watermark Embedding in the Multiwavelet Transform Using a Stochastic Image Model," in *IWDW*, pp. 293-304, Nov. 2002.

[4] R. Obuchi, H. Ueda, S. Endoh, "Robust Watermarking of Vector Digital Maps," *ICME*, August. 2002