

PLC 홈 네트워킹 환경에서 저작권 보호를 위한 불법 복제 방지 및 추적에 관한 연구

서인혜 · 이양선 · 강희조

목원대학교 컴퓨터멀티미디어컨텐츠공학부

A Study on the Illegal Copy Prevention and Tracking for Copyright Protection in Power Line Communication Home Networking Environment

In-Hye Seo · Yang-sun Lee · Heau-jo Kang

Mokwon University

E-mail : ihseo@mokwon.ac.kr

요 약

본 논문에서는 워터마크가 삽입된 데이터의 저작권 보호를 위하여 데이터의 복제 시 신속한 위치 추적을 통한 불법 복제 방지 시스템을 제안하고 시뮬레이션 하였다. 제안된 방법은 복사기, 프린터, 스캐너 등에 부착된 워터마크 검출 장치로부터 워터마크 검출 시 원 워터마크 이미지와 추출된 워터마크 이미지가 일정 비 이상의 상관관계가 있을 경우 불법 복제 상황으로 간주하고, 디지털 데이터로 변환된 워터마크 이미지와 주소 정보가 전력선을 통하여 전송된다. 수신단에서는 수신된 데이터의 발신자 정보를 통해 위치정보를 알아내어 불법 복제 작업현장의 위치를 추적한다. 전력선을 통신선으로 이용 시 전송신호는 전력선 채널 환경에서 임펄스 잡음에 많은 영향을 받기 때문에 본 논문에서는 제안한 시스템의 검증을 위해 AWGN과 임펄스 잡음을 고려하고 잡음 특성이 우수하고 신뢰성이 비교적 강한 DS-CDMA/BPSK 시스템을 통해 제안된 시스템을 시뮬레이션 하였다. 또한, 열악한 채널 환경으로부터 수신성능을 개선하기 위해 컨벌루션 부호화기법을 적용하여 성능 개선 전 후의 복원 이미지의 성능을 비교 분석 하였다.

1. 서 론

최근 컴퓨터통신, 인터넷과 같은 네트워크의 급속한 발전과 디지털 데이터의 증가로 인하여 불법복제로부터의 지적소유권 문제가 크게 부각되고 있다. 따라서 소유권자의 동의가 없는 불법적 복제를 방지하고 소유권을 보호하기 위한 저작권 보호기법의 기술이 요구되고 있다[1].

디지털 워터마킹 기법은 다양한 목적을 위해, 특히 멀티미디어 데이터의 저작권 보호를 위해 제안되었다. 여기서 워터마크는 음성이나 영상 신호에 삽입되어 비 저작권자에 의해 인식되지 않아야 하고 법적으로 저작권 소유자에 의해서만 검출될 수 있어야 한다. 워터마크란 저작권 보호를 위해 영상이나 음성 데이터에 표시한 보이지 않는 마크(Mark)로서, 영상이나 음성 등의 신호에 삽입되는 특정한 부호나 패턴을 말한다. 이 워터마크의 삽입 여부 및 변조 여부를 측정함으로써, 원 신호의 위조나 도용이 이루어졌는지를 검사할 수 있는 저작권 보호의 방법으로 사용될 수 있다 [2].

그러나 디지털 데이터에 워터마크를 삽입 하는 것만으로 불법적 복제를 방지하고 대량 유포를 방지하기에는 많은 문제점들을 지니고 있다. 따라서 본 논문에서는 단순한 워터마크 삽입뿐만 아니라 워터마크 검출 시 신속한 대응으로 불법적 복제를 방지하기 위한 방법을 제안하고, AWGN과 임펄스 잡음이 고려된 PLC (power Line Communication) 환경에서 DS-CDMA/BPSK 시스템을 통해 제안된 시스템을 시뮬레이션 하였다.

II. 워터마크 검출 및 추적 시스템

2.1 시나리오

본 논문에서는 특정 디지털 콘텐츠의 저작권을 보호하고 불법 복제로 인한 대량 유포를 방지하기 위해 디지털 워터마크를 이용하여 디지털 콘텐츠의 불법 복제 시 이를 검출하고 불법 복제 위치를 추적하여 감시하는 장치를 제안한다.

그림 1은 본 논문에서 제안한 워터마크 검출 및 추적 시나리오를 나타내고 있고, 그림 2는 제

안한 시나리오의 순서도를 보여주고 있다. 제안한 장치는 복사기, 스캐너, 프린트와 같은 입출력 장치에 장착된다. 제안한 장치의 기능은 입출력 장치를 통하여 개인의 혹은 공공 기관의 저작 콘텐츠를 불법 복사하는 경우, 제안한 장치로 입력되는 콘텐츠의 정보를 분석하여 제안한 장치가 소유하고 있는 워터마크 정보와의 상관도가 일정비 이상 검출되는 경우, 불법 복제 상황으로 간주하여 입출력 장치의 동작 기능을 정지시키고, 입출력 장치의 위치정보를 삽입한 워터마크 데이터가 powerline을 통하여 공공기관(수사, 감시기관)으로 전송된다. 전송되어진 워터마크 데이터는 공공기관에서 발신자 위치를 확인하여 추적할 수 있는 정보를 제공하게 된다.

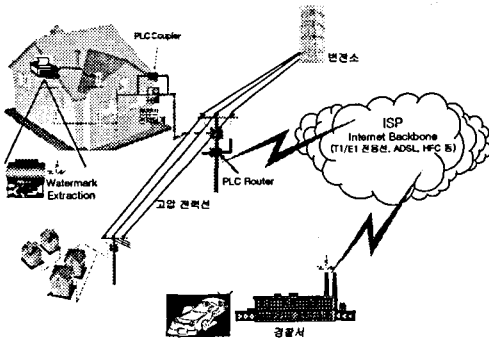


그림 1. 워터마크 검출 및 추적 시나리오

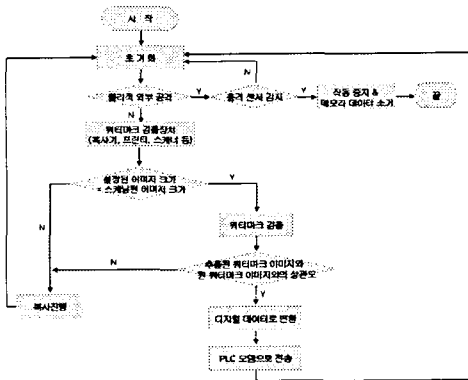


그림 2. 제안된 시스템 순서도

또한, 제안한 장치는 입출력 장치에 탑재되는데 외부의 물리적인 공격(물리적인 힘에 의해 제안한 장치를 해체하려고 하는 경우)이 가해질 경우, 제안한 장치 내부의 메모리에 저장되어 있는 워터마크 정보를 삭제하는 기능을 갖는다. 이는 제안한 장치의 고유 정보를 외부유출로부터 방지하기 위함이다.

2.2 워터마킹

그림 3은 Key값에 의해 워터마크 이미지의 삽입, 추출하는 과정을 보여주고 있다. 이미지를 8x8 블록으로 DCT를 수행한 후 일정한 Key값에 의해 시퀀스를 생성하고, 인간의 감지능력이 떨어지는 주파수 영역과 데이터 손실을 감안하여 그림 4와 같은 중간 주파수 대역에 워터마크를 삽입한다[3].

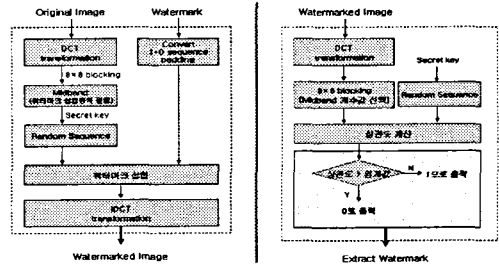


그림 3. 워터마크 이미지 삽입/추출 과정

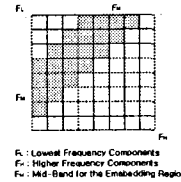


그림 4. 중간주파수 영역의 정의

또한 워터마크 추출은 워터마크 삽입 순서와 같은 방법으로 비밀 키를 이용하여 시퀀스를 생성하고, 워터마크가 삽입 되어 있는 이미지의 중간주파수 영역의 계수값과 상관도를 구한 후, 구해진 상관도와 임계값을 비교하여 워터마크 이미지를 추출한다.

2.3 DS-CDMA/BPSK

직접 확산 방식은 1차 변조된 반송파를 제차 의사 랜덤 잡음 부호(PN code)로 2차 변조하는 방식으로서 시스템 구성이 간단하고 변조를 쉽게 할 수 있다는 등의 여러 가지 장점을 가지고 있다. 스펙트럼 확산 통신방식에서는 대역을 확산시키는 과정에서 처리이득(Processing Gain)이 생기는데 이 처리 이득은 확산된 신호 대역폭과 원래의 좁은 신호 대역폭간의 비로 나타내어지며 다음과 같이 표현된다.

$$PG = 10 \log \frac{B_{SS}}{B} \quad [\text{dB}] \quad (1)$$

단, B_{ss} : 확산 신호의 대역폭

B : 정보 신호의 대역폭

그림 5는 본 논문에서 시뮬레이션 한 DS-CDMA/BPSK 시스템의 해석 모델을 나타낸다.

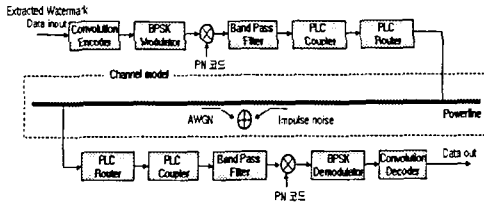


그림 5. 시스템 해석 모델

2.4 Power Line Communication (PLC)

PLC란 전력선을 타고 가정으로 들어오는 50~60Hz 주파수대의 교류전기가 흐르는 구리 전기선에 수십~수백kHz의 고주파 통신신호를 함께 실어 보내고 이때 모뎀을 이용하여 전기선에서 통신신호만을 골라내 인터넷 통신을 가능하게 한 기술이다. PLC를 이용한 서비스는 홈오트메이션, 원격검침(Automatic meter reading : AMR), 광대역통신 등이 있다. 홈오트메이션과 원격검침은 전송하는 데이터의 양이 크지 않아 실용화하는 데 별 어려움이 없는 것으로 알려져 있으며, 원격검침은 실제로 상용화되어 있다. 광대역 통신의 경우 상용화를 위해서 세계 주요국에서 노력하고 있다.

PLC는 무선통신 방식에 비해 단말기를 저렴하게 공급할 수 있고, 기존 전력선을 그대로 활용함으로써 투자비가 저렴하고 기존 변압기를 그대로 활용함으로써 공간 점유 비용이 불필요하여 현재의 초고속 통신망의 단점인 높은 설치비를 현저하게 줄일 수 있다[4].

2.5 임펄스 잡음

본 논문에서는 전력선 통신의 채널환경으로서 임펄스 잡음을 고려하였다. 임펄스 잡음의 통계적 모델 중에서 Middleton의 A급 임펄스 잡음은 거의 모든 종류의 실제 임펄스 잡음을 표현하는데 사용되는 정량화된 방법이다.

일반적으로 협대역 잡음 $n(t)$ 를 동상 성분과 직교 성분으로 나타내면 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$n(t) = x(t) \cos w_c t - y(t) \sin w_c t \quad (2)$$

여기서 w_c 는 협대역 잡음의 중심 각 주파수이다. 잡음 $n(t)$ 를 A급 임펄스 잡음으로 가정할 때 이에 대한 결합확률밀도함수(p.d.f.)는 다음과 같다.

$$p_f(x, y) = e^{-A} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{A^m}{m! 2\pi W \sigma_m^2} \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2W \sigma_m^2}\right) \quad (3)$$

이때, Jacobian 정리를 사용하여 각각 직교성분과 동상 성분으로 나타내면 다음과 같다.

$$p_f(x) = e^{-A} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{A^m}{m! \sqrt{2\pi W \sigma_m^2}} \exp\left(-\frac{x^2}{2W \sigma_m^2}\right)$$

$$p_f(y) = e^{-A} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{A^m}{m! \sqrt{2\pi W \sigma_m^2}} \exp\left(-\frac{y^2}{2W \sigma_m^2}\right) \quad (4)$$

여기서, $\sigma_m^2 = \frac{m/A + \Gamma'}{1 + \Gamma'}$, $\Gamma' = \sigma_c^2 / \sigma_I^2$ 는 가우스 잡음 전력 대 임펄스 잡음 전력비, A는 임펄스 지수(단위 시간당 임펄스 성분이 차지하는 비율), $W = \sigma_c^2 + \sigma_I^2$ 는 전체 잡음 전력을 나타낸다[5].

본 논문에서는 문헌 [6]으로부터 실제 전력선 통신 채널의 측정용 통하여 산출된 임펄스 잡음 파라미터 $A = 0.2$, $\Gamma' = 0.22$ 인 전력선에서 방출되는 A급 임펄스 잡음의 실제 파라미터를 고려하였다[6].

III. 시스템 시뮬레이션 및 검토

복호 화상의 화질 판정은 최종적으로 사람이 판단해야 하지만, 원 화상과 추출된 화상의 상관관계를 가지고 평가한다. 식 5는 상관계수 식으로, A와 B가 같은 매트릭스(또는 벡터)에서 두 화상 사이의 상관 계수를 비교하고 처리한다[3].

$$r = \frac{\sum_m \sum_n (A_{mn} - \bar{A})(B_{mn} - \bar{B})}{\sqrt{\sum_m \sum_n (A_{mn} - \bar{A})^2 \sum_m \sum_n (B_{mn} - \bar{B})^2}} \quad (5)$$

단, A=원화상, B=복호화상

\bar{A} = the mean of the element of a matrix(A)

\bar{B} = the mean of the element of a matrix(B)

표 1은 Key 값을 이용하여 워터마크를 삽입, 추출하고 추출된 워터마크와 원 워터마크와의 상관도를 보여주고 있다.

표 1. 임계값의 변화에 따른 상관도

Threshold	Correlation
0.1	0.6240
0.2	0.7019
0.3	0.7736
0.4	0.7924
0.5	0.7770
0.6	0.7386
0.7	0.6863
0.8	0.6085
0.9	0.4659

표 1의 결과에 따르면 임계값이 0.4일 때 상관도가 가장 큰 것으로 나타났다. 따라서 본 논문에서는 워터마크 검출 판정을 임계값 0.4를 기준으로

로 하여 시물레이션 하였다.

표 2. Threshold값이 0.4일 때 이미지

















원 이미지(512×512)	원 워터마크(64×64)
	
워터마크가 삽입된 이미지(512×512)	추출된 워터마크 이미지(64×64)
	

표 2는 임계값이 0.4일 때, 추출된 워터마크 이미지를 보여주고 있다.

추출된 워터마크와 원 워터마크와의 상관도가 일정비 이상 일치 할 때 본 논문에서 제안한 시스템은 워터마크 이미지와 주소정보를 DS-CDMA/BPSK 시스템을 통해 변조된 후 powerline을 통해 전송된다.

표 3은 powerline전송 후의 컨볼루션 부호화기법의 적용 유·무에 따른 워터마크 이미지의 성능 비교를 보여주고 있다.

표 3. powerline전송 후 컨볼루션 적용 유무에 따른 이미지 비교

컨볼루션 적용 전			컨볼루션 적용 후		
SNR	이미지	상관도	SNR	이미지	상관도
2		0.3094	2		0.6941
4		0.3990	4		0.8817
6		0.4498	6		0.9439
8		0.4796	8		0.9740
10		0.5071	10		0.9814
12		0.5292	12		0.9833

결과에 따르면 컨볼루션을 적용하지 않았을 때 powerline 전송 후 임펄스 간섭으로 인해 이미지가 알아볼 수 없을 정도로 손상되어 SNR 4dB에서 상관도 0.3990으로 낮은 성능을 보임을 알 수

있다. 반면, 컨볼루션을 적용 한 경우, SNR 4dB에서 상관도 0.8617로 컨볼루션 적용 전에 비해 약 2배 이상의 우수한 상관도 성능을 보임을 알 수 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는 단순한 워터마크 삽입뿐만 아니라 워터마크 검출 시 신속한 대응으로 불법적 복제를 방지하기 위한 방법을 제안하고, AWGN과 임펄스 잡음이 고려된 PLC (power Line Communication) 환경에서 DS-CDMA/BPSK 시스템을 통해 제안된 시스템을 시물레이션 하였다.

시물레이션 결과, 컨볼루션 적용 유·무에 따라 같은 SNR에서 이미지 복원 시 임펄스 잡음영향으로 인하여 상관도 약0.4정도의 큰 차이를 보임으로써 PLC를 이용한 통신 환경에서 채널코딩 기법이 반드시 필요함을 알 수 있었고, 컨볼루션을 적용하였을 때 SNR 4dB의 낮은 SNR에서도 복원된 이미지가 시각적으로 확인 가능하고 원 워터마크와의 상관도 또한 0.8617로 좋은 성능을 나타냄을 알 수 있었다. 본 논문에서 제안한 워터마크 검출 및 추적 장치는 특수 용도로 제작된 이미지 콘텐츠의 복사 방지 시스템 등에 적용 되면 적절할 것이다.

참고문헌

- [1] A. Z. Tirkel, R. G. Schyndel and C. F. Osborne, "A digital watermark," *In Proc. of IEEE ICIP'94*, vol. 2, pp. 86-90, Nov. 1994
- [2] W. Bender, D. Gruhl, N. Morimoto and A. Lu, "Techniques for data hiding," *IMB Systems Journal*, vol. 35(3/4), pp. 313-336, 1996.
- [3] Yu Zin Zang, Ting Chen, Juan Li, "Embedding Watermarks into Both DC and AC Components of DCT", *Proceeding of SPIE*, 2001.
- [4] 김병운, 김방룡, "PLC의 동향 및 시장전망," *정보통신동향분석*, 제16권 제3호, ETRI, 2001. 6.
- [5] S. Unawang, S Miyamoto, and N. Morinaga, "A novel receiver desing for DS-CDMA systems under impulsive radio noise environments," *IEICE Trans. Commun*, vol. E82-B, no. 6, pp. 936-943, Jung 1999.
- [6] K. Yamauchi, N. Takahasi and M. Maeda "Parameter measurement of class A interference on power line," *Trans. on IEICE*, E72, 1, pp. 7-9, Jan. 1989.