



특집 01

가역 워터마킹 기술을 통한 콘텐츠 위변조 탐지 및 사생활 보호



도엄지·오기태·장한별·이해연 (금오공과대학교)

목 차 »	1. 개 요
	2. 가역 워터마킹 기술 현황
	3. 콘텐츠 위변조 탐지
	4. 의료 영상 사생활 보호 방안
	5. 결 론

1. 개 요

최근 다양한 디지털 기기들이 등장하고 네트워크 기술이 급속도로 발전하면서 디지털 콘텐츠의 활용이 증가하고 있다. 특히, 스마트폰, 태블릿 PC 등 스마트 단말기의 보급률이 높아지면서 디지털 콘텐츠 시장은 더욱 확대되고 있다. 또한 신문, 만화, 도서 등이 디지털로 제작되어 온라인을 통하여 이용이 편리해짐으로써 디지털 콘텐츠의 활용은 향후 가속화될 것으로 예상된다.

그러나 디지털 콘텐츠에 대한 공급 및 수요가 증가한 만큼 최근 사회적으로 불법적인 콘텐츠 유통과 같은 저작권 위반 사례도 급증하고 있다(그림 1 참조)^[1]. 엔터테인먼트 측면에서의 디지털 콘텐츠 이외에도 환자의 개인적인 정보를 촬영한 의료 영상을 이용하는 의료 서비스 분야 및 CCTV 등을 이용한 감시 및 관제 시스템 분야, 군사 및 위성 영상 시스템 분야 및 예술 작품 등 고부가 및 고품질 데이터를 이용하는 많은 서비스들에 있어서도 반드시 위변조되지

않은 높은 신뢰성을 보장할 수 있어야 한다.

이와 같이 디지털 콘텐츠에 불법적인 활용에 따라서 지적 재산권에 대한 보호의 필요성이 증가하고 있고, 디지털 콘텐츠의 보호 및 관리의 중요성이 요구되고 있다.

디지털 워터마킹은 디지털 콘텐츠의 유통에 절대적으로 필요한 저작권 보호의 해답이 될 수 있다. 워터마킹은(그림 2)와 같이 디지털 콘텐츠의 저작물을 보호하기 위하여 특별한 형태의 워터마크를 감추고 추출하는 기술적 방법을 뜻한다. 초기에는 원래의 디지털 콘텐츠 저작물 자체에 대해서 은닉시키는 방법을 연구하였지만, 현재에는 많은 기술적 변환방법을 이용한 강력한 워터마킹 기술이 개발되고 있다.

현재 디지털 워터마킹 기법은 다양한 기술이 개발된 상태로서 다양한 상업적인 활용이 이루어지고 있다. 국내 워터마킹 기술은 이미 서비스 완성 단계에 있으며 현재까지 인터넷에서 발급되는 티켓이나 상품권을 판매하는 업체들의 경우 워터마킹을 삽입

구분	2012년			2013년			증감률(12~'13)	
	합계	온라인 오프라인	비율	합계	온라인 오프라인	비율	합계	On Off
음악	86,824	30,803	35.5	88,000	50,258	57.1	1.4	63.2
		56,020	64.5		37,742	42.9		-32.6
영화	11,090	6,855	61.8	11,132	7,133	64.1	0.4	4.1
		4,234	38.2		3,999	35.9		-5.6
방송	12,848	12,229	95.2	13,527	12,941	95.7	5.3	5.8
		618	4.8		585	4.3		-5.3
출판	4,201	1,803	42.9	4,305	1,910	44.4	2.5	5.9
		2,397	57.1		2,394	55.6		-0.1
게임	1,601	908	56.7	1,769	1,229	69.5	10.5	35.4
		692	43.2		539	30.5		-22.1
전체	116,564	52,600	45.1	118,733	73,472	61.9	1.9	39.7
		63,963	54.9		45,261	38.1		-29.2

* 자료 : KOCCA, 국내 콘텐츠산업 불법복제물 유통 현황('14. 07)

(그림 1) 국내 콘텐츠 온/오프라인 합법저작물 시장 침해규모

하여 불법 유통과 위조를 막을 수 있는 기술을 구현하고 있다.

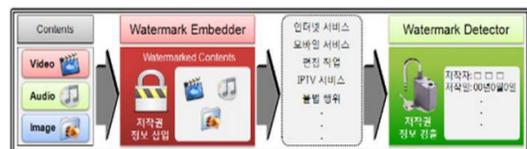
본 기고문에서는 이처럼 디지털 콘텐츠의 저작물을 보호할 수 있는 디지털 워터마킹 기술에 대하여 간략히 설명하고, 콘텐츠 원본 품질을 보존할 수 있는 가역 워터마킹 기술에 대하여 소개하고, 이를 통한 디지털 콘텐츠의 위변조 탐지 방법을 설명하겠다. 마지막으로 고품질의 의료 영상에 대한 사생활 보호하기 위한 응용에 대하여 살펴보도록 하겠다.

2. 디지털 워터마킹 기술 현황

디지털 워터마킹 기술은 그 요구에 따라서 강인한 워터마킹, 연성 워터마킹, 반연성 워터마킹 등의 기법들이 존재한다. 강인한 워터마킹은 다양한 신호처리 공격이나 기하학적인 공격에 견딜 수 있도록 워터마크를 삽입하고 검출하는 방법으로 저작권이나 소유권 보호를 위하여 많이 활용되는 기술이다. 연성 워터마킹은 간단한 공격에도 워터마크가 훼손되도록 워터마크를 삽입하고 검출하는 방법으로 콘텐츠 인증 등을 위하여 많

이 활용하는 기술이다. 반연성 워터마킹 기술은 연성 워터마킹과 유사하지만 압축 등의 필수적인 처리에는 강인성을 유지하며, 의도적인 공격 등에 삽입된 워터마크가 훼손되도록 하는 방법이다. 그러나 이들 워터마킹 기술은 원본 콘텐츠의 품질을 희생하여 워터마크를 삽입하므로 원본 콘텐츠의 복원이 불가능한 문제점이 있다.

최근에 원본 콘텐츠의 품질을 중요시하고, 추가적으로 지적 재산권에 대한 보호의 필요성이 증가됨에 따라 원본 품질의 복원이 가능한 가역 워터마킹에 대한 연구가 진행되고 있다²⁾. 가역 워터마킹은 워터마킹이 삽입된 콘텐츠에서 메시지를 제거한 후, 원본 콘텐츠로 완전한 복원이 가능하기 때문에 콘텐츠의 무결성 인증뿐만 아니라 위변조에 대한 증명, 그리고 저작권 보호를 위한 용도로 이



* 자료 : 대한민국 정책포털, 디지털시대의 저작권 기술('10. 03)

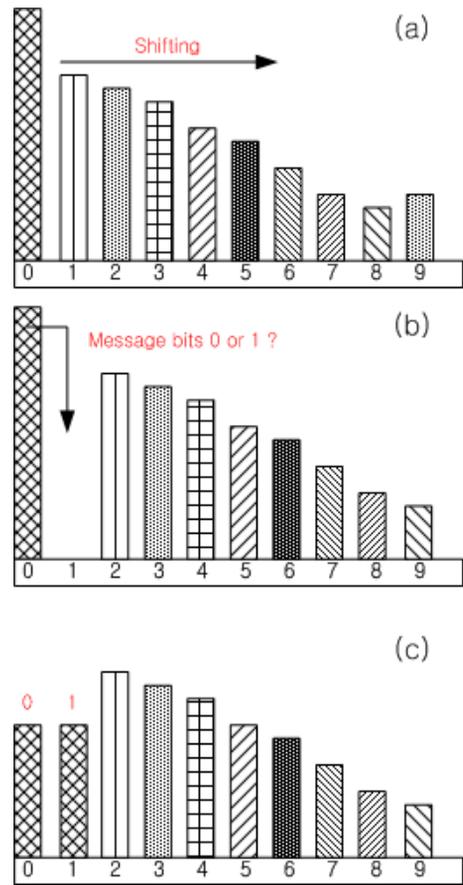
(그림 2) 디지털 워터마크 기술

용될 수 있다. 가역 워터마킹 기술은 여러 가지의 디지털 콘텐츠에 적용 할 수 있다. 또한 적용되는 콘텐츠에 따라 적용되는 알고리즘이나 삽입 방법이 달라진다. 다양한 가역 워터마킹 기법들 중에서 현재 일반 영상에 범용적으로 활용할 수 있는 대표적인 기술은 차이값 히스토그램에 대한 조정을 통하여 워터마크를 삽입하고 검출하는 방법이 가장 효율적이다. 본 연구팀에서는 차이값 히스토그램 방식과 유사한 추정 오차 확장 및 오류 예측 보정을 통한 가역 워터마킹 기술을 보유하고 있고 이에 대하여 간략히 소개하겠다.

2.1 추정 오차 확장 및 오류 예측 보정을 통한 고용량 가역 워터마킹

히스토그램 방식을 통한 가역 워터마킹 알고리즘에서는 (그림 3a)와 같이 히스토그램을 생성하고, 최대값을 찾아서 그 값을 초과하는 히스토그램 값을 쉬프팅 함으로서 메시지의 삽입공간을 만든다. 그 다음에 (그림 3b)와 같이 최대값에 해당하는 히스토그램 값을 메시지 값에 따라서 히스토그램에서의 위치를 조정함으로서 워터마크를 삽입한다.

이와 같은 히스토그램 기반 가역 워터마킹 방법에서는 히스토그램의 최대값이 클수록 높은 삽입 용량을 갖는다. 따라서 본 연구팀이 보유한 추정 오차 확장 및 오류 예측 보정을 통한 가역 워터마킹 기술은 최대값이 높은 히스토그램을 생성하여 높은 삽입률을 가지고 있다. 이를 위해 추정 오차는 선형 보간 방법을 사용하여 픽셀 값을 추정하고, 원본 픽셀 값과 추정 픽셀 값과의 차이 값을 계산하여 히스토그램을 생성하는 방법으로 추정 오차를 활용한다. 이 때 워터마크의 삽입 및 검출 과정에서 추정치가 변경 여부를 파악하기 위해 고정된 픽셀의 위치를 활용한다. 고정되지



(그림 3) 히스토그램 쉬프팅을 통한 워터마크 삽입

않은 픽셀은 주변의 고정된 픽셀들의 값을 계산하여 추정 값을 만들어 내고 원본 값과의 비교를 통해 히스토그램을 계산한다.

히스토그램에 워터마크를 삽입하기 위해서 최대값을 찾고 그보다 큰 히스토그램의 값을 쉬프트하여 메시지의 값이 0인 경우 추정 오차 값을 유지하고 워터마크의 값이 1인 경우 추정 오차 값을 +1을 증가시키는 방식으로 워터마크를 삽입한다^[3].

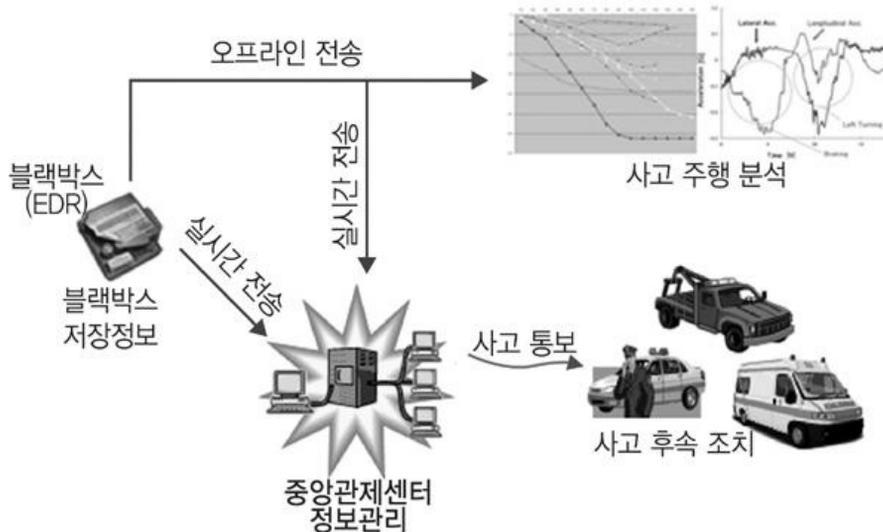
3. 콘텐츠 위변조 탐지

최근 교통사고 발생 시 사고 발생의 책임 소재

에 대한 판단을 용이하게 하고 사고 예방의 효과를 높이기 위해 차량 주변의 상황을 영상으로 기록하는 차량용 블랙박스의 장착이 급속도로 보급되고 있고 (그림 4)와 같이 다양한 비즈니스 모델들이 활용 가능하다. 또한 국내에서는 사업용 차량의 블랙박스의 장착이 의무화 되고 민간에서는 여러 자동차 보험회사들이 블랙박스를 장착한 차량에 보험료를 할인해주고 있다. 차량용 블랙박스에서 발생할 수 있는 보안 이슈는 데이터 영상의 위변조 문제이다. 블랙박스 영상은 블랙박스 기기의 소유자가 완벽한 접근 권한을 가지고 있다는 특징으로 인해 기록의 임의적인 파기나 조작이 용이하다. 이에 따라 블랙박스 영상의 위변조를 탐지할 수 있는 연구가 필요한 실정이다⁴⁾. 차량용 블랙박스 위변조의 문제는 워터마킹을 삽입하여 해결할 수 있다. 이미 디지털 보안솔루션 전문 업체 아이서티에서 차량용 블랙박스 위변조 문제를 원천 차단할 수 있는 워터마킹 기반

의 블랙박스 위변조 차단 기술 특허를 획득하였다. 또한 양자화 된 DCT 계수값을 해쉬 함수에 넣어 해쉬 이미지를 생성하고 가역정보은닉 알고리즘으로 영상 내에 해쉬 이미지를 삽입하여 동영상의 무결성을 확보하는 기법이 존재한다⁵⁾. 차량용 블랙박스뿐만 아니라 원본 품질을 중요하게 생각하는 의료, 군사 및 예술 분야에도 가역 워터마킹 기술을 사용하여 콘텐츠 위변조를 탐지할 수 있다.

영상의 추정 오차를 계산하고 오류 예측 보정을 통한 가역 워터마킹 기술을 사용하여 콘텐츠 위변조 탐지가 가능하다³⁾. 우선, 영상의 추정 오차를 계산하기 위해 히스토그램을 생성한다. 영상의 인접한 픽셀의 추정치 차이값을 활용하여 히스토그램을 계산하는데, 픽셀값을 추정함에 있어서 중요한 사항은 워터마크의 삽입 및 검출 과정에서 추정치가 변경되면 안 되므로 고정된 픽셀의 위치를 지정해주어야 한다. 고정된 픽셀로부터 추정 픽셀



* 자료 : 한인환, "차량용 블랙박스 표준화 동향과 전략," 표준화우수논문수상논문집, 한국표준협회, 2005.

(그림 4) 차량용 블랙박스의 정보 활용

을 구하고 고정 픽셀을 제외하여 추정 오차 히스토그램을 생성한다. 여기서 워터마크를 삽입하기 위해서는 히스토그램의 최대값에 해당하는 위치를 검색하고 최대값보다 큰 히스토그램 위치 값을 갖는 픽셀을 쉬프트한다. 히스토그램 쉬프팅을 통하여 워터마크의 삽입공간을 생성한 후에 워터마크를 삽입 할 수 있다. 워터마크가 삽입된 영상을 검출할 때 삽입 과정에서와 유사하게 추정 오차 계산에 의하여 추정 픽셀값을 구하고 히스토그램을 생성할 수 있다. 워터마크를 삽입하기 위한 과정에서 고정된 픽셀을 제외하고 추정 픽셀 값을 조작하여 워터마크를 삽입하였기 때문에 워터마크가 삽입된 영상에서의 고정 픽셀값은 삽입 전 영상의 고정 픽셀값과 동일하다. 삽입 과정에서 사용한 최대값을 활용하여 삽입된 워터마크를 추출하고 히스토그램 쉬프팅 과정을 통하여 삽입 전의 히스토그램으로 복원한다. 이와 같은 과정을 통하여 워터마크 삽입, 검출 및 복원이 가능하다. 만약 워터마크를 검출하고 복원하는 과정에서 워터마크의 왜곡이 발생하거나 불일치할 경우 위변조된 영상임을 알 수 있다.

다시 말해서 워터마크(인증번호)가 삽입된 디지털 콘텐츠를 조작하여 원본 콘텐츠를 변형 한다면 워터마크를 검출하는 과정에서 콘텐츠 위변조를 탐지할 수 있다.

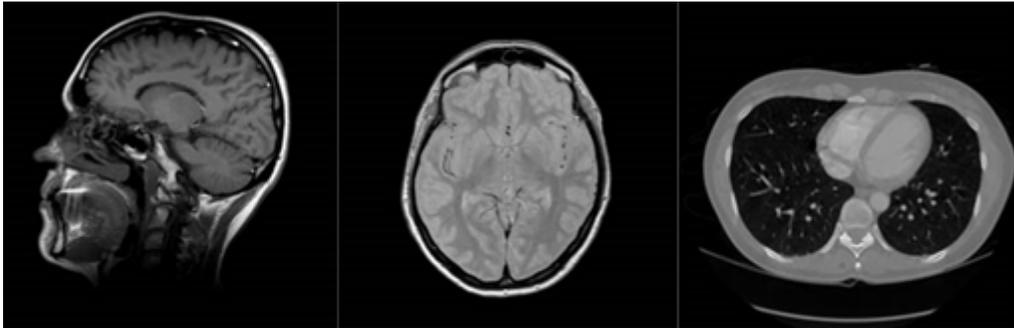
4. 의료 영상 사생활 보호 방안

정보통신 기술의 발전과 컴퓨터 그래픽 및 영상처리 기술의 발달로 의료기기의 디지털화가 가능하게 되어 의료 영상 분야에 다양한 활용이 이루어지고 있다. 의료 영상을 디지털화하여 저장하고 네트워크를 통해 단말 장치로의 전송이 가능하다. PACS(Picture Archiving and Communication System)는 의료영상 저장 전송 시스템으로

의료영상을 디지털 데이터로 저장하며 고속의 전송망을 이용하여 진찰실, 병동 등의 단말 장치가 있는 곳이면 어느 곳이든 실시간으로 환자의 영상을 전송·조회·검색이 가능한 시스템을 말한다.

최근에는 정보통신 기술의 발전과 의료 환경의 변화 등으로 인터넷 웹사이트를 통하여 다양한 형태의 의료정보가 제공되고 있다. 원격의료의 사용자는 빠른 속도로 증가하고 있으며 개방형 네트워크를 통하여 의료 정보를 발급받아 보험금지급이나 병무청의 근거 서류로 사용될 수 있다. 이러한 시스템의 이용에 있어 환자 진료에 관한 모든 정보를 디지털 데이터화하는 결과를 초래하였다. 특히 개인정보보호의 측면에서 적극적으로 지켜야 할 의무이며 엄격하게 관리되어야 할 의료 영상 분야에서 정확한 환자정보의 보호와 사생활 보호는 매우 중요한 문제이며 인터넷이라는 보안 문제가 해결되지 않은 공간에서 수많은 해커와 바이러스가 활발히 활동하고 있다. 이에 따라 PACS와 같은 시스템에서 발생할 수 있는 환자의 의료영상의 변형이나 훼손 등의 보안 문제점이 제기된다⁶⁾.

이러한 의료 영상의 사생활 보호 및 저작권 보호를 위한 대안으로 디지털 콘텐츠에 대한 소유권 및 내용 인증을 제공하는 가역 워터마킹 기술을 적용할 수 있다. 기존 상용 영상에 대한 가역 워터마킹 연구들은 영상의 품질 저하를 최소화하고 삽입용량을 최대화하기 위하여 노력하고 있다. 그러나 기존의 가역 워터마킹 알고리즘은 의료 영상 전체에 워터마킹이 적용되기 때문에 의료 영상에서 중요한 물체 부분의 미세한 왜곡을 야기하고 이로 인하여 진단 오류나 자동화된 알고리즘이 오류를 범할 수 있다. 이와 같은 오류를 줄이기 위하여 의료 영상의 배경과 물체를 분리하여 물체 부분 보다 배경 부분에 워터마크를 집중적으로 삽입함으로써 물체의 왜곡을 최소화 할



(그림 5) 의료 영상

수 있는 연구가 진행 중이다.

가역 워터마킹 기술을 (그림 5)와 같은 의료 영상 분야에 응용함으로써 원본 영상의 위변조 여부 및 개인 의료 정보에 대한 보안성을 효율적으로 유지할 수 있다. 더 나아가 의료 영상 시스템들의 촬영 기술에 따른 분석들을 통하여 의료 영상에 적합한 차세대 가역 워터마킹 기술의 발전을 기대할 수 있다.

5. 결론

바야흐로 디지털 콘텐츠의 시대가 도래하였다. 디지털 콘텐츠가 증가하고 이에 따라 디지털 콘텐츠의 지적 재산권의 보호가 요구되고 있다. 디지털 콘텐츠의 저작물을 보호하기 위하여 디지털 워터마킹 기술은 지적 재산권보호를 목적으로 제안되었지만 현재는 다양한 분야에서 활용되고 있다. 그런데 기존에 존재하고 있는 디지털 워터마킹 기술들은 워터마크를 삽입함에 있어 원본 콘텐츠의 품질을 저하 시키는 결과를 초래한다. 이에 원본 영상의 품질을 유지하고 원본 콘텐츠로의 복원이 가능한 가역 워터마킹 기술이 주목받고 있으며 가역 워터마킹 기술에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 가역 워터마킹은 워터마크된 콘텐츠에서 메시지를 제거한 후, 원본 콘

츠로 완전한 복원이 가능하기 때문에 콘텐츠의 무결성 인증뿐만 아니라 위변조에 대한 증명, 그리고 저작권 보호를 위한 용도로 이용될 수 있다.

쉽게 복사되고 수정 후 재가공이 매우 쉽다는 디지털 데이터의 특성으로 디지털 콘텐츠의 불법적인 유통과 위변조로 인한 많은 문제점이 대두되었다. 차량용 블랙박스와 같은 디지털 콘텐츠의 위변조 탐지에 가역 워터마킹 기술을 사용하여 콘텐츠의 무결성 유지를 보장할 수 있다. 워터마크가 삽입된 콘텐츠의 워터마크를 검출 및 복원하는 과정에서 워터마크의 왜곡이 발생하거나 불일치할 경우 위변조된 콘텐츠임을 알 수 있다. 이처럼 가역 워터마킹을 통해 디지털 콘텐츠의 무결성을 보장할 수 있다. 특히 환자의 의료 영상을 다루는 의료 서비스 분야 등은 반드시 위변조되지 않은 높은 신뢰성있는 영상이 필요하다. 위변조 문제와 더불어 가역 워터마킹 기술은 의료 영상의 사생활 보호 및 저작권 보호의 대안으로 적용될 수 있다.

본 기고문에서는 디지털 콘텐츠의 위변조 탐지 방법과 의료 영상의 사생활 보호 방안을 제안하였다. 정보통신 기술의 급속한 발전에 따라 다양한 디지털 콘텐츠가 제공되고 이에 따른 문제점도 존재한다. 디지털 콘텐츠 보호에 대한 사회적 요구에 부응하기 위하여 앞으로 가역 워터마

킹에 대한 지속적인 연구가 필요할 것이다.

참고 문헌

- [1] 한국콘텐츠진흥원, 국내 콘텐츠산업 불법복제물 유통 현황, 2014년 7월.
- [2] K.-S. Kim 外, "Reversible data hiding exploiting spatial correlation between sub-sampled image", Pattern Recognition, Vol.42, No.11, pp.3083-3096, 2009.
- [3] H.-Y. Lee and K.-S. Kim, "High-Capacity Reversible Watermarking through Predicted Error Expansion and Error Estimation Compensation," 정보처리학회논문지 Vol.17-B(4), pp.275-286, 2010.
- [4] ETRI, 지능형 차량교통 보안 기술 동향, 2013년 6월.
- [5] H.-J Kim and S.-U. Kang, "Guarantying The Car Blackbox Video Integrity Using The Difference Expansion Reversible Watermarking Technique", 대한전자공학회, Vol.37, No.1, pp.1409-1411, 2014.
- [6] 정재호 外, "PACS에서 보안관리 평가기준 연구와 실태조사", 방사선기술과학, Vol.31, No.4, pp.347-353, 2008.

저자 약력



도 엄 지

이메일 : umjido@hanmail.net

- 2011~현재 금오공과대학교 컴퓨터소프트웨어공학과 (학사)
- 관심분야: 멀티미디어, 영상처리, 콘텐츠보안, 디지털 워터마킹 등



오 기 태

이메일 : bps1024@naver.com

- 2008~현재 금오공과대학교 컴퓨터소프트웨어공학과 (학사)
- 관심분야: 멀티미디어, 영상처리, 콘텐츠보안, 디지털 워터마킹 등



장 한 별

이메일 : han-quf@hanmail.net

- 2008~현재 금오공과대학교 컴퓨터소프트웨어공학과 (학사)
- 관심분야: 멀티미디어, 영상처리, 콘텐츠보안, 디지털 워터마킹, 모바일 등



이 해 연

이메일 : haeyeoun,lee@kumoh.ac.kr

- 1997년 성균관대학교 정보공학과 (학사)
- 1999년 한국과학기술원 전산학과 (공학석사)
- 2006년 한국과학기술원 전자전산학과 전산학전공 (공학박사)
- 2001년~2006년 (주)세트렉아이 선임연구원
- 2006년~2007년 코벨대학교 박사후연구원
- 2008년~현재 국립금오공과대학교 컴퓨터소프트웨어공학과 교수
- 관심분야: 멀티미디어, 영상처리, 콘텐츠보안, 디지털 워터마킹, 모바일 등