

GPS 정보태깅을 이용한 원근거리 판별 기반의 위성영상 워터마킹

안영호[†], 김준희^{**}, 이석환^{***}, 문광석^{****}, 권기룡^{*****}

요 약

본 논문에서는 안전한 웹 맵 매쉬업 서비스 구현을 위한 위성영상의 원근거리 기반의 위성영상 워터마킹 기법을 제안한다. 제안한 방법에서는 위성 영상의 위치 정보와 사용자 정보를 위성 영상의 원근거리에 따라 에지 및 색상 히스토그램 분포에 은닉한다. 따라서 사용자 요구에 의해 서비스되는 임의 해상도의 위성영상들에 대해 해당 해상도의 영상 특성에 적합한 워터마킹 기법을 수행하여 해당 위성 영상을 악의적으로 수정하여 불법 유통한 유통자를 추적하고, 사용자의 사생활 보호 할 수 있다. 실험 결과 제안한 기법의 비가시성이 우수함을 확인하고, 회전, 이동 등의 기하학적 공격에도 삽입된 워터마크가 강인함을 확인한다.

Satellite Image Watermarking Perspective Distance Decision using Information Tagging of GPS

Young-Ho Ahn[†], Jun-Hee Kim^{**}, Suk-Hwan Lee^{***},
Kwang-Seok Moon^{****}, Ki-Ryong Kwon^{*****}

ABSTRACT

This paper presents a watermarking scheme based on the perspective distance for the secure mash-up service. The proposed scheme embeds the watermark of the location information of satellite image and the user information using edge-color histogram, which is dissimilar to general digital image. Therefore, this scheme can trace the illegal distributor and can protect private information of user through the watermarking scheme that is adaptive to satellite image. Experimental results verified that our scheme has the invisibility and also the robustness against geometric attacks of rotation and translation.

Key words: Satellite Image(위성영상), Watermarking(워터마킹), Perspective Distance Decision(원근거리 판별), GPS Information Tagging (GPS 정보태깅)

1. 서 론

21세기에 들어서 급격한 정보통신 기술의 발달과

소비자의 요구가 결합하여 이를 충족시키려는 웹 및 모바일 기반의 서비스가 제공되고 있다. 그 중에서 위치정보를 활용하는 산림/해양 자원관리 및 자원보

※ 교신저자(Corresponding Author) : 권기룡, 주소 : 부산광역시 남구 대연3동 599-1(608-737), 전화 : 051)629- 6257, FAX : 051)629-6210, E-mail : krkwon@pknu.ac.kr
접수일 : 2012년 3월 20일, 수정일 : 2012년 5월 9일
완료일 : 2012년 5월 16일

[†] 정회원, 부경대학교 IT융합응용공학과
(E-mail : yhahn@pknu.ac.kr)

^{**} 준회원, 부경대학교 IT융합응용공학과
(E-mail : junnee07@pknu.ac.kr)

^{***} 정회원, 동명대학교 정보보호학과 부교수
(E-mail : skylee@tu.ac.kr)

^{****} 종신회원, 부경대학교 전자공학과 교수
(E-mail : ksmoon@pknu.ac.kr)

^{*****} 종신회원, 부경대학교 IT융합응용공학과 교수
(E-mail : krkwon@pknu.ac.kr)

※ 본 논문은 교육과학기술부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 광역경제권 선도산업 인재양성사업의 연구결과입니다.

호 시스템, 기후 변화와 환경 재해에 대비하는 방재 시스템, 위치 확인 서비스 등을 제공하기 위해 GIS (geographic information system) 관련 연구가 활발하게 진행되어지고 있다.

다양한 목적을 가지는 GIS를 구축하기 위해 사용되는 기반 데이터는 위성영상이다. 위성영상은 단순한 사진의 개념이 아니라 고품질의 공간정보를 담은 고급 지리정보 콘텐츠로서 영상의 수집과 처리에 복잡한 처리절차를 가진다. 위성영상을 이용하여 위치 정보를 나타내는 위성영상 지도로 만들기 위하여 인공위성을 발사체에 탑재하여 지구궤도 위에 안착시키고, 다양한 스펙트럼 이미지를 획득할 수 있는 탑재체를 이용하여 사진을 촬영하고, 촬영된 사진을 다양한 정보와 함께 여러 단계의 영상처리 절차를 거친 후 인화하고 도화하는 동시에 정확한 위치정보를 가지게 하기 위하여 지상 측량이 이루어져야 하는 등 상당히 복잡한 과정을 거쳐 획득할 수 있다[1].

복잡한 과정을 수행한 위성영상을 그대로 사용하는 래스터 데이터와 벡터기반으로 변형한 벡터 데이터가 GIS를 구축하기 위한 기본 데이터로 사용된다. 최근, GIS의 기본 데이터의 저작권 보호를 위하여 벡터 데이터 기반의 기법 연구는 활발하게 진행되고 있으나, 위성영상이 포함되는 래스터 데이터에 대한 기법 연구는 미흡한 실정이다. 그 이유로 국내의 위성영상을 처리하고 배포하는 한국항공우주연구원 위성정보연구소의 처리 및 배포 인프라의 영세화로 신속한 처리 능력이 부족하기 때문에 위성영상에 대한 저작권 보호에 대한 처리가 미흡하다는 것을 들 수 있다. 만약 위성영상 데이터의 상용 판매 복사본이 불법 도용되는 것을 기술적으로 대비할 수 없는 상황이 생기면, 위성영상 데이터 유통 시장에서 판매된 개수에 비해 곱절이나 많은 기현상이 발생되며 이는 위성영상의 판매 수익구조를 더욱 악화시키는 요인으로 작용될 수 있다. 또한, 군사적인 목적으로 위성영상 데이터가 불법적으로 수정 및 배포된다면 국가적으로 문제가 발생할 수 있다는 문제점까지 고려할 수 있다. 따라서 위성영상에 적합한 저작권 보호 기법에 대한 연구가 절실히 필요한 상태이다.

기존의 GIS 데이터의 저작권을 보호하기 위한 기법을 살펴보면, 벡터 데이터 기반의 기법과 래스터 데이터 기반의 기법으로 나눌 수 있다. 먼저 벡터 데이터를 기반으로 하는 기존 기법을 살펴보면, 우선

Chang 등[2] 제안한 방법에서는 기하학적 공격, 데이터 정밀도 및 재배열 공격에 강인하기 위하여 레이어 내의 폴리곤 데이터 면적 분포에 이진 워터마크를 삽입한다. 즉, 선택된 레이어 내의 모든 폴리곤들의 2D 투영 면적을 구한 다음, 이를 일정 간격 나누어진 구간으로 할당한다. 그리고 워터마크 비트를 각 구간의 평균 면적에 각각 삽입한다. 그러나 이 방법은 다양한 비율로 스케일링된 벡터 맵에 대하여 원본 크기의 벡터 맵을 알아야하는 단점을 가진다. Kim 등[3]이 제안한 방법에서는 기하학적 공격에 강인하기 위하여 레이어 내의 폴리라인 길이를 이용하여 워터마크를 삽입한다. 폴리라인의 분포를 파악하여 2개의 레이어들을 선택하고, 선택된 레이어의 폴리라인을 구성하는 꼭지점 개수를 이용하여 최종 삽입 대상을 결정한다. 최종적으로 결정된 폴리라인과 중점과의 평균 거리를 이용하여 워터마크 비트를 각 폴리라인의 평균 거리를 조절하는 것으로 워터마크 비트를 삽입한다. 그러나 이 방법은 원본이 필요하다는 단점을 가진다. 그리고 이외에도 GIS 벡터 데이터 워터마킹 기법에 대한 연구가 진행되어 왔다[4-6].

래스터 데이터를 기반으로 하는 기존의 저작권 보호 기법을 살펴보면, Han 등[7]이 제안한 방법에서는 항공사진이나 위성사진이 일반 사진에 비해 고주파 성분을 많이 포함하고 있는 특성을 이용한 워터마킹 방법이다. 고주파 성분은 영상을 압축할 때 손실되기 쉽기 때문에 웨이블릿 패킷 변환을 이용하여 고주파 대역에서 중요 계수를 선택하여 최저주파수 대역을 포함한 전 대역에 걸쳐 워터마크를 삽입한다. 워터마크가 삽입될 위치의 중요계수는 웨이블릿 패킷 변환 계수에 제로트리 기법을 적용하여 선택하며, JPEG 등의 고압축에 강인하다는 장점을 가진다. 그러나 이 방법은 웨이블릿 변환 후 전 대역에 워터마크를 삽입함으로써 계산량이 많아 속도가 느리다는 단점을 가진다. 이외에도 GIS 래스터 영상 워터마킹 기법에 대한 연구가 진행되어 왔다[8].

본 논문에서는 GIS의 기본 데이터 중 래스터 데이터에 해당하는 위성영상의 저작권 보호를 위한 GPS 정보태깅을 이용한 워터마킹 기법을 제안한다[9,10]. 위성영상에서 내려다보는 높이가 높을수록 산, 바다, 강 등을 표현하는 색상 정보가 많고, 내려다보는 높이가 낮을수록 건물, 도로, 경계 구역 등의 에지 성분이 많이 분포한다는 것을 기반으로 원근거리에 따라

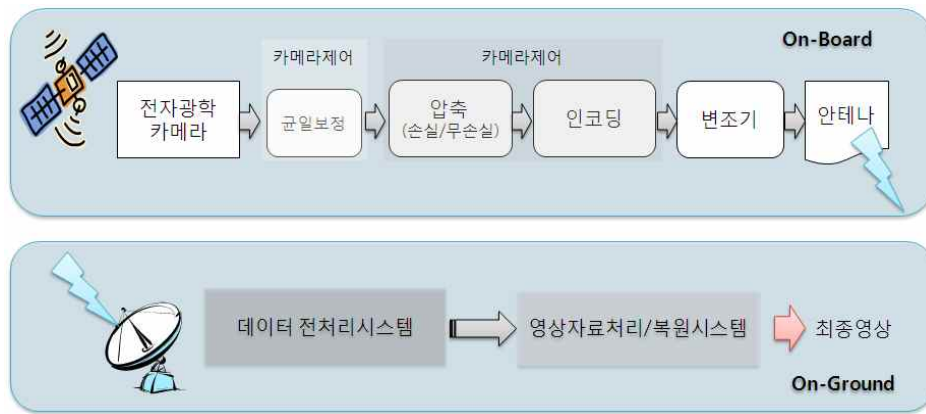


그림 1. 위성영상의 전자광학 탑재체 위성영상 생성 과정

적응적인 워터마킹 기법을 제안한다.

본 논문의 구성으로 2장에서는 본 논문의 이해를 돕기 위한 위성영상의 특징을 살펴보고 3장에서는 본 논문에서 제안하는 워터마킹 기법에 대해 서술하였다. 또한, 4장에서는 제안한 방법의 성능평가를 위해 비가시성과 강인성에 대한 실험결과를 고찰한다. 마지막으로 5장에서는 제안 논문의 결론은 맺으며 향후 추가되어야 할 개선점이나 연구 방향 등을 제시한다.

2. 위성 영상

국내의 위성영상은 한국항공우주연구원에서 1999년 12월에 다목적실용 1호(KOMPSAT-1 : Korea Multi-Purpose Satellite-1)를 발사한 후 2008년 1월까지 총 47만여 장의 영상을 촬영하였으며, 2007년 7월에 발사된 다목적실용-2호는 전 세계에서 7번째로 1m의 공간 해상도를 가지는 위성으로 현재 계속적으로 위성영상을 수집하고 있다.

국내의 위성영상 수집에 있어서 고해상도 위성체

개발과 탑재체 개발과 같은 하드웨어 부분은 기술 수준이 많이 향상되었으나, 위성 정보 활용도 측면에서는 아직 많이 부족한 것이 국내의 현실이다. 하지만 최근 정부기관, 지자체 그리고 대학을 중심으로 위성 영상 활용에 대한 인식이 변화되었는데, 이것은 최근 웹 또는 모바일 환경에서 활용도가 높은 Google Earth, Virtual Earth 등과 같은 서비스가 제공되기 시작한 시점에서 인지되기 시작한 것으로 사료된다. 정부를 중심으로 공공부분에 대한 위성영상 기반의 활용 시스템 운영을 활성화 하고자 노력을 기울이고 있다. 국내 위성영상 활용 계획 및 수요 현황에 대해서 표 1에서 확인할 수 있다[11].

위성영상은 일반적으로 사진이라 불리는 이미지는 다르다. 그 이유는 위성영상 대부분이 특정한 목적을 가지는 GIS의 기반 데이터로 사용되기 때문이다. 만약 사진처럼 위성영상을 수정한다면 위성영상은 본래의 목적에서 벗어난 전혀 다른 의미를 가지는 데이터로 변형된다. 여기서 변형된 데이터를 사용자가 기존의 데이터와 동일하다 생각하고 본래의 목적에 맞춰 사용할 경우 전혀 다른 결과를 초래할 수

표 1. 국내 위성영상 활용 수요 현황

위성자료	공공기관	위성영상 활용 계획 및 내용
K-2	환경부	위성영상을 활용한 정사영상 제작
	국토해양부	고해상도 위성영상을 이용한 연안지도(WebGIS) 시스템 구축
고해상도광학 위성영상	제주특별 자치도	고해상도 위성영상 DB를 활용한 정밀 산림 지도제작 및 활용
	대구광역시	위성영상 기반의 지도서비스 및 각종 공간계획 자원 자료로 활용
	인천광역시	공간영상정보 관리시스템(SIIMS)의 신규 위성영상 갱신
위성영상 활용사업	산림청	위성영상을 이용한 해외 조림 사업지 모니터링 및 사후관리
	강원도	고해상도 위성영상을 활용한 3차원 공간정보시스템 구축

있기 때문에 위성영상은 일반 사진과 다르다. 또한 GIS의 기반 데이터로 사용되는 위성영상은 위성에서 내려다보는 높이에 따라 표현되는 위치정보가 다르기 때문에 사진과 다르다. 여기서 말하는 위치정보는 위성영상을 보는 것으로 구분할 수 있는 지역경계를 의미한다. 가까이서 보았을 때는 어느 지점 즉, 건물 및 도로 등을 주로 표현하지만 멀리서 보았을 때는 건물이나 도로 보다는 주변에 많이 분포해있는 산, 바다 등의 자연경관을 표현하기 때문이다. 따라서 본 논문에서는 위성영상이 가지는 이러한 특징을 이용하여 위성영상의 저작권 보호를 위한 적응적인 워터마킹 기법을 제안한다.

3. 제안한 위성영상 워터마킹

본 논문에서 제안하는 워터마킹 기법의 전체 수행 과정은 그림 2에서와 같이 나타낼 수 있다. 제안하는 기법은 위성에서 내려다보는 높이에 따라 표현되는 지역특성이 다르다는 것을 이용한다. 즉, 내려다보는 높이가 높을수록 건물이나 도로 등의 정보보다 산, 바다 등의 특정 레벨의 색상을 가지는 정보가 많고, 높이가 낮을수록 산, 바다 등의 색상 정보보다 건물, 도로, 도시경계 구역 등이 가지는 에지 정보가 많다는 것을 이용한다.

먼저 RGB 공간영역으로 구성된 위성영상을 HSI 공간영역으로 변환하고, 색상(Hue) 성분의 히스토그램을 이용하여 원근거리를 확인한다. 원거리 위성영

상의 경우 바다, 산, 강 등을 나타내는 특정한 색상 성분의 빈도가 높다는 것을 이용하여 색상 히스토그램을 생성하고, 삽입되는 워터마크 비트로 히스토그램을 분할한 뒤, 분할된 영역안의 히스토그램 계수를 쉬프트 하는 것으로 워터마크를 삽입한다. 근거리 위성영상의 경우 건물, 도로, 도시경계 구역 등을 나타내는 에지 성분의 빈도가 높다는 것을 이용하여 위성영상을 $N \times N$ 크기의 블록으로 분할하고, 각 블록마다 에지 히스토그램을 생성하여 가장 높은 빈도를 가지는 화소의 주변 값을 이용하여 워터마크를 삽입한다.

3.1 색상(Hue) 히스토그램을 이용한 위치정보 판별

제안한 워터마킹 기법은 위성영상이 위성에서 내려다보는 거리에 따라 표현되는 위치정보가 다르다는 특징을 이용하여 보다 적응적으로 워터마크를 삽입한다. 거리를 보다 정확하게 판별하기 위해 RGB 공간영역에서 HSI 공간영역으로 변환하고 변환된 영역의 색상 히스토그램을 이용한다. 다양한 색상으로 구성된 위성영상의 색상 히스토그램을 분석한 결과, 원거리 위성영상의 경우 바다, 산 등의 자연 형상을 표현하는 특정 색상 정보를 가지는 화소의 빈도가 높고, 근거리 위성영상의 경우 건물, 도로, 도심 경계 구역 등을 표현하는 비교적 다양한 색상을 가지는 화소들이 고루 분포한다는 것을 확인하였다. 아래의 그림 4는 가까운 거리에서 촬영한 위성영상의 색상 히스토그램과 먼 거리에서 촬영한 위성영상의 색상 히스토그램을 나타낸 것으로 두 히스토그램의 색상 분포 형태가 확실한 차이를 가진다는 것을 확인할 수 있다.

거리 판별에서는 다음의 수식에 의하여 색상 영상을 구한다. 이는 색상 히스토그램을 이용하여 보다 정확하게 거리를 판별하기 위한 것이다.

$$H = \begin{cases} \theta, & \text{if } B \leq G \\ 360 - \theta, & \text{if } B > G \end{cases} \quad (1)$$

$$\text{where } \theta = \cos^{-1} \left\{ \frac{\frac{1}{2}[(R-G) + (R-B)]}{[(R-G)^2 + (R-B)(G-B)]^{1/2}} \right\}$$

여기서 R, G, B는 입력된 영상의 한 화소에 대하여 Red, Green, Blue에 해당되는 값을 나타내며, 값은 0부터 255까지의 범위를 가진다. 거리를 판별하기 위

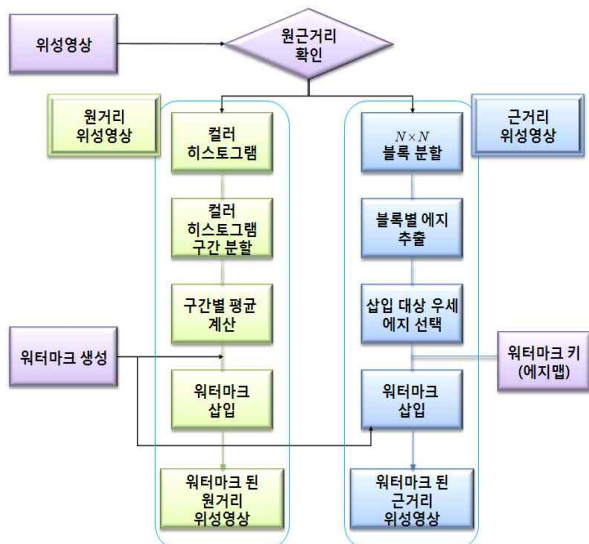


그림 2. 제안한 워터마킹 기법의 전체 수행 과정

해 변환된 색상 성분을 이용하여, 색상 히스토그램을 생성한다. 생성된 색상 히스토그램의 분포를 이용하여 원근거리를 판별하며, 판별하는 순서는 아래와 같다.

- 1) 색상 히스토그램 레벨의 계수를 이용하여 분산 $\sigma_{h_{Huc}[c]}^2$ 를 계산한다.
- 2) 집합 I_{Huc} 를 다음 식에 의하여 구한다.

$$I_{Huc} = \{h_{Huc}[c] | h_{Huc}[c] > \max(h_{Huc}[c] - \sigma_{h_{Huc}[c]}^2)\}, \quad (2)$$

집합 I_{Huc} 의 원소 개수에 따라 근거리 또는 원거리를 판별한다.

if $N[I_{Huc}] > Th$, then I : 근거리 위성영상
 else $N[I_{Huc}] \leq Th$, then I : 원거리 위성영상

색상 히스토그램 $h_{Huc}[c]$ 을 구성하는 각 레벨의 화소들을 이용하여 히스토그램의 분산 $\sigma_{h_{Huc}[c]}^2$ 를 계산하고, 가장 높은 색상 히스토그램을 가지는 레벨에서 분산 $\sigma_{h_{Huc}[c]}^2$ 을 뺀 값이 원래의 색상 히스토그램 $h_{Huc}[c]$ 보다 높은 값을 가지면 집합 I_{Huc} 에 포함한다. 0부터 255레벨을 가지는 색상 히스토그램 $h_{Huc}[c]$ 의 각 레벨마다 가지는 레벨의 화소 값에서 분산 $\sigma_{h_{Huc}[c]}^2$ 을 빼고, 조건보다 높은 값을 가지는 레벨의 값을 최종적으로 집합 I_{Huc} 에 포함하는 것이다. 그리고 집합 I_{Huc} 의 개수를 확인하는 것으로 위성영상의 원근거리를 판별할 수 있다. 만약 집합 I_{Huc} 의 개수가 Th 보다 크면 다양한 색상 분포를 가지는 근거리 위성영상으로 판별하고, Th 보다 작거나 같으면 특정 색상의 빈도가 높은 원거리 위성영상으로 판별한다. Th 는 다양한 크기 및 거리를 가지는 위성영상을 실험적으로 분석하여 본 논문에서는 3으로 결정하였다.

3.2 근거리 위성영상 워터마킹

앞 절에서 설명한 색상 히스토그램을 이용한 위치 정보 판별 조건을 이용하여 판별된 위성영상이 근거리 위성영상일 경우, 분포되어 있는 위치정보를 분석하면 건물, 도로 등의 시설물, 행정 경계 구역 등으로 비교적 균일한 에지 성분이 분포되어 있는 것을 확인할 수 있다. 따라서 근거리 위성영상에 많이 분포되어 있는 에지 성분을 이용하여 워터마크를 삽입한다. 또한 위성영상에서 표현되는 건물, 도로 등의 위치

정보에 따라 우세한 에지 방향 성분을 가지는 영역이 다르다는 것을 이용하여 위성영상을 $n \times n$ 크기의 블록으로 분할한다. 각 블록에서 에지 성분을 보다 정확하게 검출하기 위해 HSI 공간영역의 I 영역을 이용하며, 모든 방향의 에지 성분을 추출하면서, 돌출한 화소 값을 평균화하여 잡음에 강인한 소벨 연산자를 사용하였다.

소벨 연산자에 의하여 $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ$ 의 블록별 에지 방향을 추출하고, 추출된 방향을 이용하여 에지 히스토그램 $h_{b_{ij}}[e_k]$ 를 생성한다. 각 블록마다 생성된 에지 히스토그램 $h_{b_{ij}}[e_k]$ 를 분석하여, 가장 우세한 에지 방향 성분 $MAX(h_{b_{ij}}[e_i])$ 를 워터마크 삽입 대상으로 결정한다. 각 블록의 워터마크 삽입 대상 성분에 대한 정보를 워터마크 키(key)로 저장한다. 워터마크 키 $K = \{key_{MAX(h_{b_{ij}}[e_i])} | i, j \in [0, M]\}$ 는 에지맵(edge map)으로 워터마크 검출에 사용되며, 워터마크 키만으로 원본 데이터의 속성을 전혀 알 수 없다. 각 블록마다 우세한 에지 방향 성분이 다르다는 것을 그림 3에서 확인할 수 있다.

각 블록마다 우세한 에지 방향의 화소를 중심으로 이웃한 화소들을 이용하여 워터마크를 삽입한다. 워터마크가 삽입된 후에 우세 에지 방향이 변경되는 것을 방지하기 위하여, 인접한 가로, 세로 각각 3개의 화소들을 이용하여 평균을 계산하고, 평균값 $m_{b_{ij},k,l}$ 을 기준으로 워터마크를 삽입한다. 우세한 에지 방향

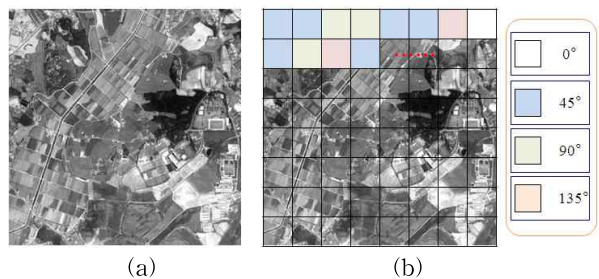


그림 3. 블록별 우세 에지 방향; (a) 위성영상의 I 영역 및 (b) I 영역의 $n \times n$ 블록별 우세 에지 방향

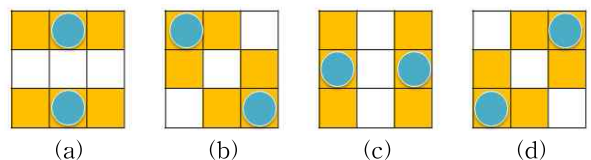


그림 4. 우세 에지 방향에 따른 워터마크 삽입 위치; (a) 0° , (b) 45° , (c) 90° , 및 (d) 135°

에 따라 인접한 화소들을 이용하여 워터마크가 삽입되는 위치는 다르며, 그림 4에서 확인할 수 있다.

만약 우세 에지 방향이 0°인 화소의 경우, 인접한 화소 값의 평균 $uavg_{b_{i,j,k}}$ 와 $davg_{b_{i,j,k}}$ 를 이용하여 워터마크를 삽입하는 할 수 있으며, 평균 $uavg_{b_{i,j,k}}$ 와 $davg_{b_{i,j,k}}$ 는

$$u_avg_{b_{i,j}} = \frac{1}{3} [(e(i-1,j-1)+e(i-1,j)+e(i-1,j+1))], \tag{3}$$

$$d_avg_{b_{i,j}} = \frac{1}{3} [(e(i+1,j-1)+e(i+1,j)+e(i+1,j+1))]$$

와 같다.

워터마크 $w_k \in \{0,1\}$ 는 위성영상의 저작권을 나타내는 사용자의 정보를 이진 비트열 $W = \{w_k | k \in [1, K]\}$ 로 변환하여 사용하였으며, K 는 워터마크 비트 수를 나타낸다. 워터마크 w_k 의 삽입강도 α 와 β 는 인접한 화소들을 이용하여 계산한 표준편차 $u\sigma_{B_{i,j,k}}$, $d\sigma_{B_{i,j,k}}$ 를 사용하여 비가시성을 유지하면서 워터마크가 삽입되며, 식 (4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$e'_{i,j}(i-1,j) = uavg_{B_{i,j,k}} + (2w_k - 1)\alpha \tag{4}$$

$$e'_{i,j}(i+1,j) = davg_{B_{i,j,k}} + (2w_k - 1)\beta$$

3.3 원거리 위성영상 워터마킹

앞 절에서 설명한 색상 히스토그램을 이용한 위치 정보 판별 조건을 이용하여 판별된 위성영상이 원거리 위성영상일 경우, 분포되어 있는 위치정보를 분석하면 바다, 산, 밀집된 도시 등 근거리 위성영상과 다르게 특정 색상 레벨의 화소들이 높은 빈도를 가진다는 것을 확인할 수 있다. 이는 유사 패턴을 가지는 영역의 수가 작아 RGB 색상 분포가 고르지 않다는 것을 의미한다. 색상 히스토그램을 이용하여 위치정보를 판별한 후 색상 성분을 보다 정확하게 추출하기 위하여 RGB 각 색상 영역의 히스토그램 $h_{Red}[r]$, $h_{Green}[g]$, $h_{Blue}[b]$ 을 생성한다. 생성된 각 색상 영역의 히스토그램 $h_{Red}[r]$, $h_{Green}[g]$, $h_{Blue}[b]$ 의 색상 분포 $MAX[h_{Red}[r]]$, $MAX[h_{Green}[g]]$, $MAX[h_{Blue}[b]]$ 를 계산하고 분석하여 가장 높은 분포 dr_{max} 를 가지는 영역의 히스토그램을 워터마크 삽입 대상으로 결정한다.

먼저 워터마크 삽입 대상 히스토그램 dr_{max} 은 삽입되는 워터마크 w_k 비트 수에 의해 구간 H_{g_i} 로 분할한다. 워터마크 $w_k \in \{0,1\}$ 비트는 위성영상의 저작권

을 나타낼 수 있는 사용자의 정보를 이진 비트열 $W = \{w_k | k \in [0, K]\}$ 로 변환하여 사용하였으며, 제안하는 워터마킹 기법에서는 64비트를 사용하였다. 64비트 워터마크 w_k 를 삽입하기 위하여 $[0,255]$ 레벨을 가지는 히스토그램 dr_{max} 를 4개의 레벨씩 구간 H_{g_i} 로 분할하였으며, 이는 그림 5에서 확인할 수 있다.

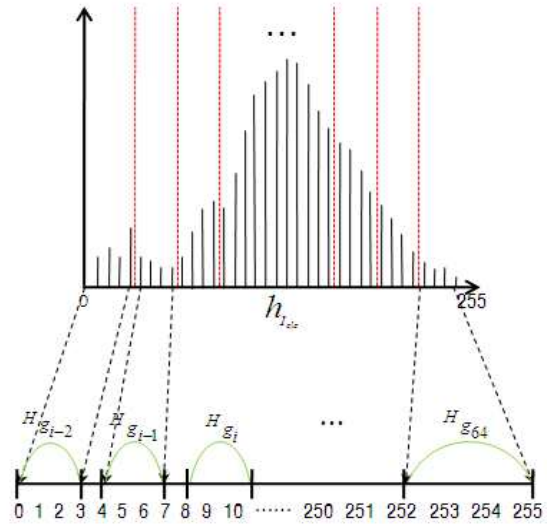


그림 5. 최종 삽입 대상 히스토그램 구간 분할

분할된 각 구간 H_{g_i} 내에 포함되어 있는 색상 레벨 $h_{g_i}[c_i]$ 는 인접한 레벨의 색상 차이는 인간 시각 시스템에서 쉽게 인지하지 못한다는 것을 이용하여 $h_{g_i}[c_i]$ 의 화소를 쉬프트함으로써 워터마크를 삽입한다. 단, 삽입 조건은 각 구간 H_{g_i} 내의 색상 레벨 $h_{g_i}[c_i]$ 과 $h_{g_i}[c_{i+2}]$ 의 평균 $m_{g_{s,k}}$ 와 $h_{g_i}[c_{i+1}]$ 와 $h_{g_i}[c_{i+3}]$ 의 평균 $m_{g_{s,z}}$ 를 이용하여 워터마크가 삽입되는 조건이

$$\begin{cases} m_{g_{s,k}} > m_{g_{s,z}}, & \text{if } w_k = 0 \\ m_{g_{s,k}} \leq m_{g_{s,z}}, & \text{else } w_k = 1 \end{cases} \tag{5}$$

와 같이 만족되어야 한다.

각 구간 H_{g_i} 마다 워터마크 w_k 가 삽입 조건을 만족하기 위하여 색상 레벨 $h_{g_i}[c_i]$ 을 가지는 화소들을

$$p'_{g_i} = p_{g_i} - (2w_k - 1)\alpha, \quad p'_{g_{i+1}} = p_{g_{i+1}} + (2w_k - 1)\alpha, \tag{6}$$

$$p'_{g_{i+2}} = p_{g_{i+2}} - (2w_k - 1)\beta, \quad p'_{g_{i+3}} = p_{g_{i+3}} + (2w_k - 1)\beta$$

와 같이 쉬프트한다. 색상 히스토그램을 이용하여, 각 구간마다 워터마크를 삽입하는 기법을 그림 6에서 확인할 수 있다.

색상 히스토그램에서 워터마크를 삽입할 때 사용되는 삽입강도 α_i 와 β_i 는 쉬프트되는 화소 계수를 나타내며, $m_{g_{\rho k}}$ 와 $m_{g_{\rho z}}$ 를 이용하여 표준편차를 계산하고 표준편차를 기준으로 표준편차보다 크지 않은 값을 α_i 와 β_i 로 이용하여 워터마크를 삽입한다.

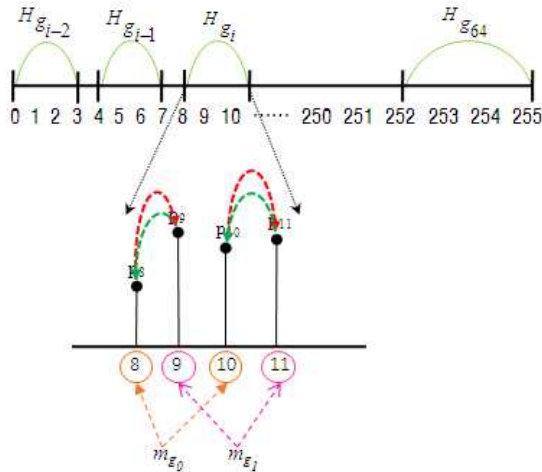


그림 6. 구간별 색상 히스토그램 워터마크 삽입 기법

3.4 워터마크 검출

본 논문에서 제안한 기법은 근거리 위성영상은 에지 방향 성분을 이용하고, 원거리 위성영상은 색상 히스토그램을 이용하여 워터마크를 삽입한다.

우선 근거리 위성영상의 워터마크 검출 알고리즘은 워터마크 키로 사용되는 에지맵을 이용한다. 에지맵을 이용하여 워터마크가 삽입된 위치를 확인하고, 주변 가로, 세로의 3개의 인접한 화소들을 이용하여 평균 $uavg'_{B_{i,j,k}}$ 와 $davg'_{B_{i,j,k}}$ 을 구한다. 평균 $uavg'_{B_{i,j,k}}$ 와 $davg'_{B_{i,j,k}}$ 와 워터마크가 삽입됨으로 변경되는 주변 화소값을 비교하여

$$w'_k = \begin{cases} 0, & \text{if } e'_{i,j}(i-1,j) > uavg'_{B_{i,j,k}}, e'_{i,j}(i+1,j) > davg'_{B_{i,j,k}} \\ 1, & \text{if } e'_{i,j}(i-1,j) \leq uavg'_{B_{i,j,k}}, e'_{i,j}(i+1,j) \leq davg'_{B_{i,j,k}} \end{cases} \quad (7)$$

와 같이 워터마크 비트를 추출한다.

원거리 위성영상의 워터마크 검출 알고리즘은 워터마크가 삽입된 위성영상의 R, G, B 색상 히스토그램 $h'_{I_{Red}}[r]$, $h'_{I_{Green}}[g]$, $h'_{I_{Blue}}[b]$ 을 생성하고, 분포가 높은 색상 히스토그램 dc'_{max} 을 이용하여 삽입된 워터마크 비트 수로 구간을 분할한다. 분할된 구간에서 인접한 색상 레벨 $h'[r_{H_{\xi_j}}]$ 와 $h'[r_{H_{\xi_{j+1}}}]$ 의 평균 m'_{g_0} 와

$h'[r_{H_{\xi_{j+1}}}]$ 와 $h'[r_{H_{\xi_{j+2}}}]$ 의 평균 m'_{g_1} 을 계산한 다음, 워터마크 비트 w'_k 를

$$w'_k = \begin{cases} 0, & \text{if } m'_{g_0} > m'_{g_1} \\ 1, & \text{if } m'_{g_0} \leq m'_{g_1} \end{cases} \quad (8)$$

와 같이 추출한다.

4. 실험결과 및 고찰

제안한 위성영상 워터마크 기법의 검증을 위해 Google에서 제공되고 있는 위성영상 서비스인 Google Earth를 이용하여 다양한 크기 및 거리를 가지는 다수의 위성영상을 획득하여 실험에 사용하였다. 앞장에서 설명하였듯이 위성영상의 원근거리를 분석하기 위하여 RGB 공간 영역에서 HSI 공간 영역으로 변환하고, 색상 히스토그램을 생성하고 분석하여 원근거리를 확인하였다. 색상 히스토그램의 레벨이 다양하게 분포되어 있는 근거리 위성영상은 건물, 도로 등을 표현하는 에지 성분이 많이 분포되어 있어 에지 히스토그램을 이용한다. 색상 히스토그램의 레벨이 특정 레벨에서 높은 빈도를 가지는 원거리 위성영상은 바다, 산 등이 표현하는 특정 색상 성분이 많이 분포되어 있다는 것을 이용하여 RGB 히스토그램을 이용하여 워터마크를 삽입하였다. 영상 워터마크 기법에 대한 연구는 포화 상태라 할 수 있을 만큼 많이 연구되어 왔으나, 제안한 방법인 원근거리 판별에 따른 컬러 위성영상 워터마크의 성능 비교를 위한 적합한 방법이 전무하다. 따라서 본 실험에서는 제안한 방법에 대한 비가시성과 강인성에 대하여 평가를 수행하였다.

워터마크는 사용자의 정보 이진화하여 이진 비트열로 사용되었으며, 삽입강도 α 와 β 는 근거리 위성영상일 경우, 인접한 화소들의 평균을 이용하여 적응적으로 계산되어지며, 원거리 위성영상일 경우 인접한 색상 레벨을 이용하여 계산되어진다. 워터마크가 삽입된 근거리 위성영상 및 원거리 위성영상을 그림 7 및 8에서와 같다. 이 그림들을 살펴보면, 시각적으로 워터마크의 삽입 여부를 구분하기 어렵다는 것을 확인할 수 있다.

다음은 인터넷 환경에서 수행될 수 있는 다양한 영상처리 공격에 대한 워터마크의 강인성 실험을 위해 회전, 확대 및 축소, 절단(cropping), JPEG압축, 고주파/저주파 필터링 등의 다양한 공격 후 워터마크를 검출하였다. 강인성 비교척도는 BER(bit error

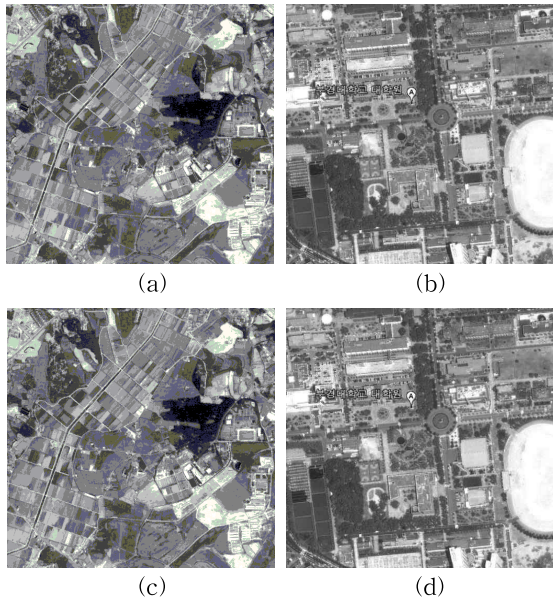


그림 7. 근거리 위성영상1과 2에서 (a) 원본 근거리 위성영상 1, (b) 원본 근거리 위성영상2, (c) 워터마크가 삽입된 근거리 위성영상1, (d) 워터마크가 삽입된 근거리 위성영상2

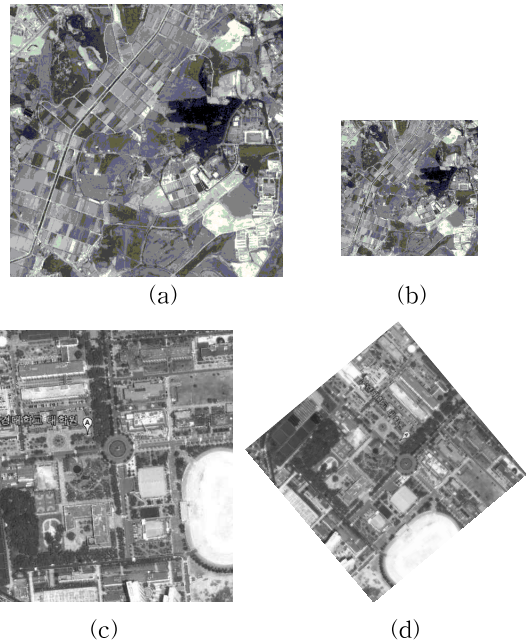


그림 9. 근거리 위성영상1과 2에서의 (a) 워터마크가 삽입된 근거리 위성영상1, (b) 0.5배 공격을 받은 근거리 위성영상 1, (c) 워터마크가 삽입된 근거리 위성영상 2, (d) 50° 회전 공격 받은 근거리 위성영상2

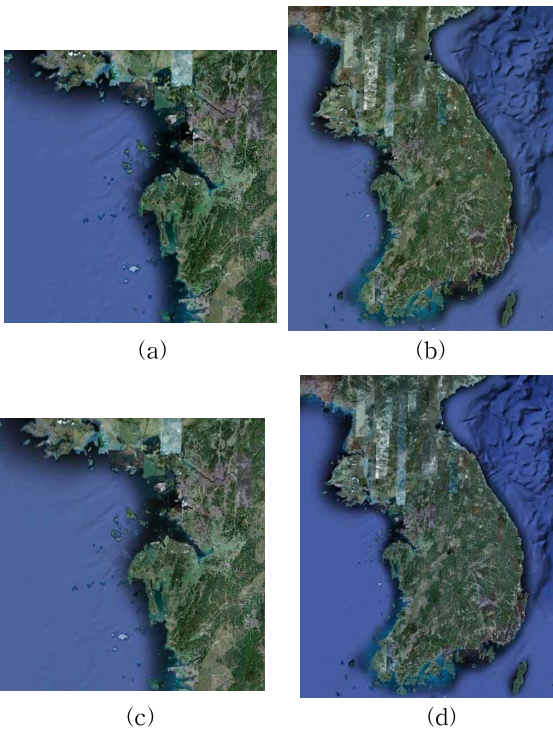


그림 8. 원거리 위성영상1과 2에서 (a) 원본 원거리 위성영상 1과 (b) 원본 원거리 위성영상2, (a) 워터마크가 삽입된 원거리 위성영상1, (b) 워터마크가 삽입된 원거리 위성영상2

ratio)을 사용되었다. 그림 9에서는 공격으로 간주되는 범주에서의 다양한 공격 실험을 한 후 공격받은

위성영상을 보여주고 있다. 여기서, 확대·축소 공격은 워터마크 키를 참조하여 원본 크기로 복원시킨 후 워터마크를 검출함으로써 강인성을 평가하였으며, 이때 복원된 위성영상에서 검출한 워터마크는 회전 및 이동 등의 공격에서 BER이 평균 10%이하로 나타났다. 절단 공격의 경우 절단 비율을 높게 하면 BER이 높아지므로 워터마크의 손실 또한 많아진다는 것을 확인하였다. 그러나 절단 비율이 너무 커지면 위성영상이 가지는 정보의 의미가 없어지기 때문에 공격의 범주에서 제외된다. 또한 JPEG 공격시 압축률이 90%-70%일 때 까지 BER이 약 0.17-0.23 정도 다소 낮게 나타났다. 표 2는 워터마크가 삽입된 위성영상에 다양한 공격을 수행하고 추출된 워터마크 비트에 대한 BER을 나타낸다.

5. 결 론

본 논문에서는 위성영상이 원근거리에 따라 표현되는 위치정보가 다르다는 특징을 이용한 GPS 정보 태깅 기반의 워터마킹 기법을 제안하였다. 위성영상의 색상 히스토그램을 이용하여 색상 레벨이 가지는 빈도가 낮은 분포를 가지는 영상은 건물, 도로, 도시 경계 구역을 표현하는 근거리 위성영상으로 판별하

표 2. 다양한 공격 후 워터마크 추출 BER

공격		위성영상1 (원거리)	위성영상2 (원거리)	위성영상1 (근거리)	위성영상2 (근거리)
회전	50°	0.02	0.02	0.01	0.04
	70°	0.03	0.02	0.01	0.05
확대 및 축소	0.5	0.02	0.03	0.04	0.06
	2	0.05	0.03	0.05	0.05
이동	임의 거리	0.01	-	0.02	0.02
절단	10%	0.04	0.05	0.05	0.03
	25%	0.09	0.8	0.12	0.1
메디안 필터링	3×3	0.17	0.19	0.16	0.15
JPEG 압축	90%	0.1	0.12	0.07	0.09
	70%	0.21	0.23	0.19	0.17

였고, 특정 색상 레벨이 높은 빈도를 가지는 영상은 바다, 산, 강 등의 자연을 표현하는 원거리 위성영상으로 판별하였다. 근거리 위성영상일 경우 도로, 건물 등의 경계를 나타내는 에지 성분이 많이 분포되어 있다는 것을 이용하여 $n \times n$ 크기의 블록으로 분할하고 각 블록별 에지 히스토그램을 이용하여 삽입 대상을 결정하였다. 삽입 대상 화소에 이웃한 화소들을 이용하여 워터마크를 삽입한다. 원거리 위성영상일 경우, 산, 바다 등의 자연물을 표현하는 색상 성분이 많이 분포되어 있다는 것을 이용하여 RGB 히스토그램을 이용한다. 히스토그램을 삽입되는 워터마크 비트 수만큼 블록으로 분할하고, 분할된 블록 내의 히스토그램 레벨 화소 계수를 쉬프트 시키는 것으로 워터마크를 삽입한다. 실험 결과로부터 제한한 기법으로 삽입된 워터마크가 비가시성을 만족함을 확인할 수 있었다. 즉, 워터마크가 삽입된 근거리 위성영상, 원거리 위성영상을 실제 사용하더라도 위성영상의 정보를 오인하는 문제가 발생되지 않음을 확인할 수 있었다. 또한 워터마크의 강인성을 평가하기 위해 이동, 확대 및 축소, 회전, 절단, JPEG 압축 등의 각종 공격을 수행한 후 워터마크를 추출하였다. 그 결과 BER이 평균 15% 이하로서 다양한 공격에 대하여 강인성을 만족함을 확인할 수 있었다.

마지막으로 현재까지의 위성영상에 대한 워터마크 기법은 아직 초기 연구 단계로서, 지금까지 연구되고 있는 기법들과 아울러 위성영상의 색상, 지역 특성 및 원근거리에 따른 특징을 고려한 다양하고 지속적인 연구가 필요하다. 따라서 본 논문의 연구

결과가 위성영상에 대한 지적 재산권 및 저작권을 보호함으로써 경제적 손실을 방지하고, 위성영상에 대한 저작권 보호기술로서 위성영상 워터마킹 기술에 대한 보다 다양한 연구가 활발히 이루어지는 계기가 될 것으로 예상된다.

참고 문헌

- [1] 임혜정, *위성자료, 공공·상업활용 확대 시급*, <http://itnews.inews24.com/>, 2011.
- [2] H.J. Chang, B.J. Jang, Y.S. Seo, S.H. Lee, and K.R. Kwon, "Digital Watermarking on Geographic Information Data using Geometric Characteristic and MAAG of Polygons," *IEEK Fall Conference*, pp. 39, 2007.
- [3] 김준희, 이석환, 권성근, 박승섭, 권기룡, "GIS 벡터맵 폴리라인 워터마킹 방법," *멀티미디어학회 논문지*, Vol. 13, No. 4, pp. 582-593, 2010년 4월.
- [4] X.J. Huo, S.H. Lee, S.G. Kwon, K.S. Moon, and K.R. Kwon, "A Watermarking Scheme for Shapefile-Based GIS Digital Map using Poly-line Perimeter Distribution," *Journal of Multimedia Society*, Vol. 14, No. 5, pp. 595-606, May 2011.
- [5] S.H. Lee and K.R. Kwon, "Vector Watermarking Scheme for GIS Vector Map Management," *Multimedia Tools and Applications*, Published online, Oct. 2011.

- [6] J.Y. Kim and Y.I. Lee, "Watermarking Technique and Algorithm Review of Digital Data for GIS," *The Journal of GIS Association of Korea*, Vol. 13, No. 4, pp. 393-400, 2005.
- [7] S.Y. Han and D.S. Lee, "Wavelet Packet based Watermarking for Remote Sensing Image using Coefficients Partition Scan Order," *Journal Korean Institute of Information Technology*, Vol. 1, No. 2, pp. 7-14, 2003.
- [8] K. Anusudha, A. Sangeetha, and S. Ayeswarya, "A Robust Digital Watermarking of Satellite Image at Third Level DWT Decomposition," *International Conference on Computational Intelligence and Multimedia Applications (ICCIMA)*, 2007.
- [9] 안영호, 김준희, 이석환, 문광석, 권기룡, "컬러·에지 히스토그램 기반의 위성영상 워터마킹 기법," 한국멀티미디어학회 추계학술대회 논문집, 제13권 제2호, pp. 18, 2010.
- [10] 안영호, 원근 거리를 이용한 위성영상 워터마킹 기법, 부경대학교 석사학위논문, 2011.
- [11] 영종민, 김윤수, 윤보열, 천용식, 김학정, "위성 정보 활용 현황 및 발전 전망," 전자공학회 학회지, 제37권 제12호, pp. 1352-1361, 2010.



안 영 호

2001년 부산외국대학교 전자정보통신공학과 졸업(공학사)
 2010년 부경대학교 컴퓨터공학과 공학석사 졸업(공학석사)
 2003년~현재 한국멀티미디어학회 부장
 관심분야 : GIS, 워터마킹, 영상신호처리



김 준 희

2007년 동명대학교 정보통신공학과 졸업(공학사) 공학사
 2009년 동명대학교 정보보호학과 공학석사 졸업(공학석사)
 2009년~현재 부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부 박사과정

관심분야 : GIS, 워터마킹, 영상신호처리



이 석 환

1999년 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 2001년 경북대학교 전자공학과 졸업(공학석사)
 2004년 경북대학교 전자공학과 졸업(공학박사)
 2005년~현재 동명대학교 정보보호학과 부교수

관심분야 : 워터마킹, DRM, 영상신호처리



문 광 석

1979년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1981년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
 1989년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)

1988년 1월~12월 일본 동경대학교 공학부 연구원
 1997년 8월~1998년 7월 미국 Jackson State University 객원교수
 2006년 1월~2007년 2월 미국 North Carolina State University 객원교수
 1990년 3월~현재 부경대학교 전자공학과 교수
 관심분야 : 영상신호처리, 적응신호처리 등



권 기 룡

1986년 경북대학교 전자공학과 학사 졸업(공학사)
 1990년 경북대학교 전자공학과 석사 졸업(공학석사)
 1994년 경북대학교 전자공학과 박사 졸업(공학박사)

2000년~2001년 Univ. of Minnesota, Post-Doc.
 1996년~2005년 부산외국어대학교 디지털정보공학부 부교수
 2011년~2012년 Colorado State Univ., Visiting Scholar
 2006년~현재 부경대학교 IT융합응용공학과 교수
 2012년~현재 한국멀티미디어학회 총무및조직담당부회장
 관심분야 : 멀티미디어정보보호, 디지털영상처리, 멀티미디어통신및신호처리