



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공학석사 학위논문

원근거리 판별 기반의 에지·컬러
히스토그램을 이용한 위성영상 워터마킹



2011년 2월

부 경 대 학 교 대 학 원

컴퓨터공학과

안 영 호

공학석사 학위논문

원근거리 판별 기반의 에지·컬러
히스토그램을 이용한 위성영상 워터마킹

지도교수 권 기 룡

이 논문을 공학석사 학위논문으로 제출함.



2011년 2월

부 경 대 학 교 대 학 원

컴퓨터공학과

안 영 호

안영호의 공학석사 학위논문을 인준함

2011년 2월 25일



주 심 공학박사 문 광 석 인

위 원 공학박사 이 석 환 인

위 원 공학박사 권 기 룡 인

Satellite Image Watermarking Using Edge-Color Histogram based on Perspective Distance Decision

Young-Ho Ahn

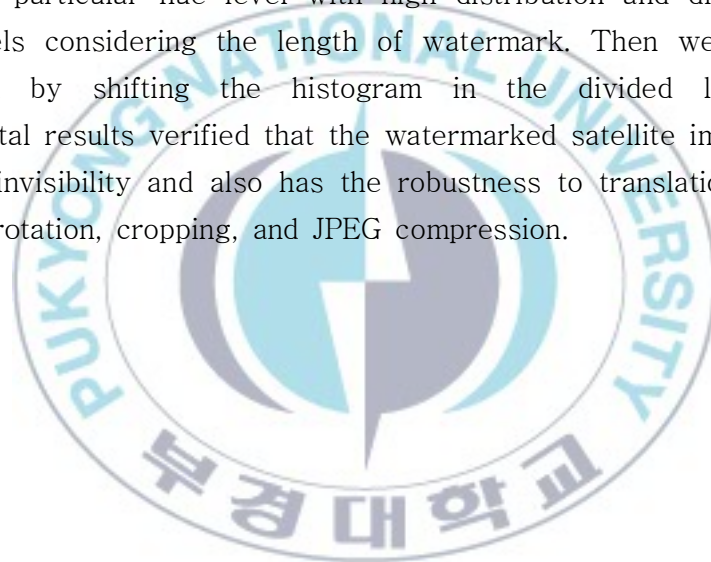
Department of Computer Engineering, Graduate School,
Pukyong National University

Abstract

A geographic information system (GIS) is a system that captures, stores, analyzes, manages, and presents geographical information. Recently, the interest in GIS data has been highly increased along with the development of various services using GIS. The recent GIS technology has been developed to the newly content combined to various information and communication technologies, such as Web 2.0, SaaS(Software as a Service), Digital Convergence and Mash-up Service in the trend of consumerization of IT industry. But GIS should require the more strong security system because GIS data developed to contents provides the location information, which it will be considered to privacy information. An active discussion about security technologies of GIS vector data is in progress, but there is still a lack of security technologies for satellite images based on raster data. This paper therefore aims to suggest digital watermarking schemes to protect copyrights of satellite images.

In this paper, we propose a watermarking scheme adaptive to the perspective distance of satellite image. Firstly, we classify any satellite image to short or long distances according to the hue histogram. Thus,

a satellite image is classified to short-distance if the hue histogram is distributed widely on many levels, such as border zones of buildings, roads, cities, and so on. On the contrary, a satellite image is classified to long-distance if the hue histogram is distributed highly on particular levels, such as nature region like seas, mountains and rivers. In case of a short distance, we divide an image into $n \times n$ blocks and detect the principal edge ingredient of each block by using the edge histogram. Then we insert the watermark in the principal edge by varying adjacent pixels. In case of a long distance, we obtain a histogram of color that is near to a particular hue level with high distribution and divide it into some levels considering the length of watermark. Then we insert the watermark by shifting the histogram in the divided levels. The experimental results verified that the watermarked satellite image has an excellent invisibility and also has the robustness to translation, scaling-up/down, rotation, cropping, and JPEG compression.



목 차

I. 서	론	1	
1.1	연구배경 및 필요성	1	
1.2	연구목적 및 개요	3	
II.	관련 연구	4	
2.1	GIS 데이터의 특성	4	
2.2	기존의 GIS 데이터 워터마킹 기법	7	
III.	제안한 워터마킹 기법	10	
3.1	원근거리 판별	11	
3.2	근거리 위성영상 워터마킹	15	
3.3	원거리 위성영상 워터마킹	19	
3.4	워터마크 검출	24	
IV.	실험 결과 및 고찰	25	
V.	결	론	42
[참고문헌]		45	

그 립 목 차

그림	1. GIS 데이터의 구조	5
그림	2. GIS 데이터	6
그림	3. 제안하는 워터마킹 기법 과정도	11
그림	4. 원근거리별 위성영상	12
그림	5. $n \times n$ 크기의 블록 분할 및 각 블록별 에지 검출 예	15
그림	6. 블록별 우세 에지 방향	16
그림	7. 우세 에지 방향에 따른 워터마크 삽입 위치	17
그림	8. 원거리 위성영상 색상 히스토그램	20
그림	9. 최종 삽입 대상 히스토그램 구간 분할	21
그림	10. 구간별 색상 히스토그램 워터마크 삽입	23
그림	11. 근거리 위성영상1	27
그림	12. 근거리 위성영상2	28
그림	13. 원거리 위성영상1	29
그림	14. 원거리 위성영상2	30
그림	15. 근거리 위성영상1	32
그림	16. 근거리 위성영상1	33
그림	17. 원거리 위성영상1	34
그림	18. 근거리 위성영상2	35

그림 19. 원거리 위성영상2	36
그림 20. 근거리 위성영상1	37
그림 21. 원거리 위성영상1	38
그림 22. JPEG QP 비율 공격에 따른 워터마크 BER	39
그림 23. 절단 비율 공격에 따른 워터마크 BER	39

표 목 차

표 1. 다양한 공격 후 워터마크 추출 BER	41
---------------------------------	----



I. 서론

1.1 연구 배경 및 필요성

1990년대 중반, 본격적으로 시도된 항공기 및 인공위성을 통한 지구표면 원격탐사 분야와 지도제작기법에 기반을 두고 발전한 지리정보체계(geographic information system: GIS)의 상호 연계는 이론적 배경과 기술은 물론 데이터의 형태도 서로 다른 상호 분야의 복잡한 공간자료를 효과적으로 입력·저장·갱신·분석할 수 있도록 하였다. 해당 기술들의 연계를 통해 획득된 지리정보자료들은 지형도 제작 및 단속업무, 소송업무, 도시계획업무 등 지방자치단체 및 중앙부처의 행정업무에 오늘날까지 효과적으로 활용되고 있다[1].

그러나 최근 웹 2.0, SaaS(Software as a Service), 디지털 컨버전스(digital convergence), 매쉬업 서비스(mashup service) 등으로 논의되고 있는 기술들의 출현은 기존의 지리정보자료 접근성 및 사용성에 일대 변화를 일으키고 있다. IT의 소비자화라는 트렌드와 함께 웹이라는 보편화된 플랫폼이 일반대중 속으로의 확장되고 초고속 통신망과 고성능 PC가 보급되면서, GIS는 과거와 같이 독자적인 전문가 시스템으로서가 아니라 소비자 중심의 환경 속에서 다른 실세계속의 모든 응용을 지원하기 위한 하나의 기반 인프라, 혹은 기반 플랫폼으로 변해가고 있다. 이러한 흐름의 변화를 간파한 Google과 MS와 같은 거대기업들은 이제 지리정보를 기반으로 새로운 형태의 일반소비자 기반 플랫폼을 준비해가고 있다[2]-[4]. 이때, 원격탐사 기술을 통해 획득된 위성영상 이미지는 Google Earth(Google)[5], Virtual Earth(MS)[6] 및 국내외 각종 포털사이트에서 제공하는 각종 위치

찾기 서비스 등과 같은 지리 정보 서비스 제공을 위한 기반 자료로서 과거, 전문가 집단에 의해 사용이 독점되던 때와 비교하여 사용 빈도 및 사용 분야가 폭발적으로 증가하였으며, 앞으로도 지속적으로 다양한 형태의 양질의 위성영상 데이터가 요구되고 있다.

위성영상은 단순한 사진의 개념이 아니라 고품질의 공간정보를 담은 고급 지리정보 콘텐츠로써 영상의 수집과 처리에 복잡한 처리절차와 상당한 비용이 소요된다. 위성영상지도 한 장을 획득하기 위해서는 인공위성을 발사체에 탑재하여 지구궤도 위에 안착시킨 후 다양한 스펙트럼 이미지를 획득할 수 있는 탑재체를 활용하여 사진을 촬영하며, 촬영된 사진을 부가정보와 함께 여러 단계의 영상처리 절차를 거친 후 인화하고 도화하는 동시에 지상측량이 이루어져야 하는 등 상당히 복잡하고 난이도가 높은 고비용 발생 과정을 거쳐야 한다. 그러나 이러한 복잡한 고비용 콘텐츠 생성비용에 비해 국내 위성영상 데이터 가공물을 통해 발생하는 수익은 그리 높지 않다. 그 이유로 첫째, 국내 생산 위성영상 품질에 대한 국내 기관 및 지자체들의 인식이 부족하며, 이로 인해 Google Earth 등의 고해상도 해외위성이나 항공위성이 촬영한 위성영상을 선호한다는 것이다. 둘째로 위성영상을 처리하고 배포하는 한국항공우주연구원 위성정보연구소의 인력이 부족하며, 위성영상을 처리하고 배포하는 인프라의 영세화로 신속한 처리 능력이 부족하다는 것을 들 수 있다[7]. 특히 두 번째의 경우, 위성영상을 위한 별도의 저작권 보호 문제와 직결되어 상용 판매 복사본에 대한 불법 도용을 기술적으로 대비할 수 없게 되어 시장에 유통된 위성영상 복사본이 정식으로 판매된 개수에 비해 곱절이나 많은 기현상을 낳고 있으며 이는 위성판매 수익구조를 더욱 악화시키는 요인으로 작용한다. 따라서 이를 해소하기 위한 위성영상에 적합한 저작권 보호 기법 개발이 절실히 요구되고 있다.

1.2 연구 목적 및 개요

본 논문에서는 상기와 같은 문제점을 방지하기 위하여 저작권 보호 (copyright protection) 방법으로 사용되어지는 디지털 워터마킹 기술을 이용하여 배포 또는 저작권자의 개인정보와 해당 위성영상의 위치정보 등을 워터마크로 은닉함으로써 이러한 문제점들을 해결하고자 한다. 제안하는 기법은 위성영상이 원근거리에 따라 일반 영상에서는 볼 수 없는 색상분포 및 에지분포 특성을 이용하여 워터마킹을 수행한다. 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. 이를 통해 안전한 웹 맵 매쉬업 서비스 구현을 위하여 위성 영상의 위치 정보와 사용자 정보를 위성 영상에 은닉하는 기법을 제안한다. 실험 결과 제안한 기법의 비가시성이 우수함을 확인하고, 회전, 이동 등의 기하학적 공격에도 삽입된 워터마크가 강인함을 확인한다.

본 논문의 구성으로 2장에서는 본 논문의 이해를 돕기 위한 관련 연구들에 대해 살펴보고 3장에서는 본 논문에서 제안하는 워터마킹 기법에 대해서술 하였다. 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.

II. 관련 연구

본 절에서는 GIS에서 가장 기본적이면서 중요한 위치정보를 가지는 GIS 데이터에 대해 살펴보고, GIS 데이터를 대상으로 하는 저작권 보호 기술에 대한 기존 연구 동향에 대해 살펴본다.

2.1 GIS 데이터의 특성

지리정보시스템이란 지리정보를 수치지도 형태로 제작하고, 이를 바탕으로 지상 및 지하에 존재하는 지형, 지물, 지명 및 경계의 위치정보와 속성정보를 컴퓨터에 입력한 후 각종 계획, 의사결정 및 산업 활동을 효율적으로 지원할 수 있도록 연계시킨 첨단 정보 시스템을 말한다. 국내의 GIS는 1995년 국가지리정보시스템(NGIS) 구축 사업을 시작으로 정부, 군, 경찰 등의 제한적인 범위로 구축되었으며, 현재 도시 정보 시스템, 토지 정보 시스템, 환경 정보 시스템, 국방 정보 시스템 등의 광범위한 분야에 활용되어 운용되고 있다[8]. 이러한 GIS를 구축하는데 가장 핵심적인 요소가 위치정보를 가지는 GIS 데이터이다. GIS 데이터는 지도위에 점, 선, 면, 영상 등으로 표현되는 공간 데이터(spatial data)와 각 공간 데이터의 지형·지물의 본질을 나타내는 속성 데이터(attribute data)로 구성된다. 공간 데이터는 공간적 위치 정보를 가지는 객체들로 표현되는 벡터(vector) 데이터와 위치 및 속성 집합들의 셀(cell)로 표현되는 레스터(raster) 데이터로 나누어지며, 그림 1과 같다.

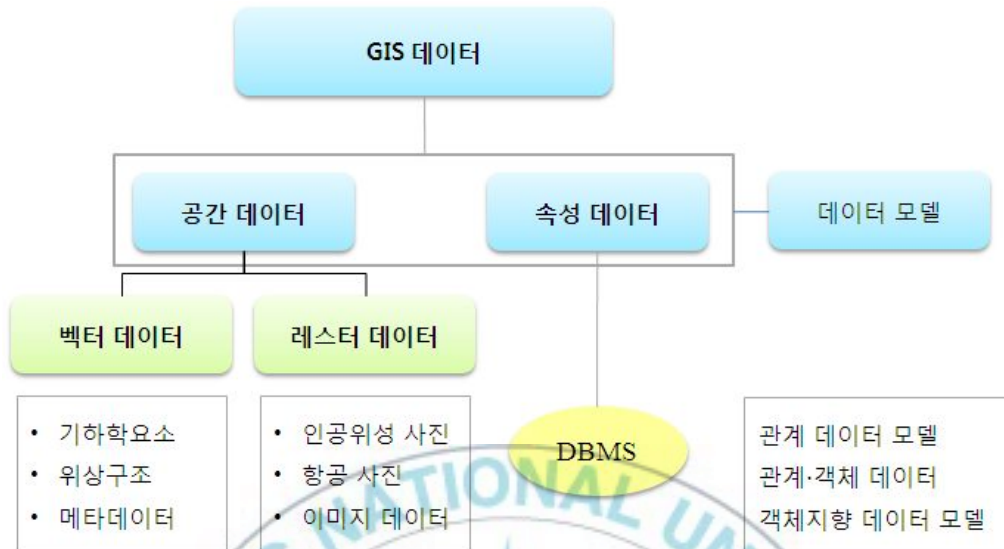


그림 1. GIS 데이터의 구조

벡터 데이터는 실세계 공간형상을 점, 선, 면의 공간 형상(spatial feature)으로 표현되며, 여기서 나타내는 점은 위치를 나타내는 심볼(symbol)이며, 선은 길이와 방향, 면은 닫혀진 면적을 나타낸다. 즉, 벡터 데이터는 도형의 형상을 점, 선, 면으로 분류하여 각각을 x, y 좌표 값과 길이의 조합으로 표현하고, 곡선이나 면의 외곽을 짧은 선분의 집합으로 표현하는 것이다. 래스터 데이터는 실세계를 균등한 크기의 셀로 분할하여 각 셀의 위치와 속성을 표현한 것으로, 격자 혹은 화소로 구성된 배열 구조를 가진다. 격자형의 영역에서는 x, y 축을 따라 일련의 셀들이 존재하며, 각 셀들은 속성 값을 가진다. 이들 속성 값에 따라 셀의 영역을 분류하거나 다양하게 표현할 수 있다. 각 셀의 크기에 따라 해상도 및 크기가 달라지며, 셀 크기가 작을수록 보다 정밀한 공간 형상을 표현할 수 있다. 벡터 데이터와 래스터 데이터에 의하여 표현되는 GIS 데이터는 그림 2와 같다. 본 논문에서 제안하는 기법은 래스터 데이터인 위성영상을 기본으로 제안한다.



(a)



(b)

그림 2. GIS 데이터; (a) 벡터 데이터와 (b) 래스터 데이터

2.2 기존 GIS 데이터 워터마킹 방법

본 절에서는 제안한 방법과의 비교를 위하여 기존 GIS 데이터 워터마킹 방법에 대하여 살펴보기로 한다. 워터마킹 방법은 앞 절에서 설명한 것과 마찬가지로, GIS 데이터의 공간 데이터 형태에 따라 다르게 적용된다. 특히, 벡터 데이터를 기반으로 하는 워터마킹 기법에 대한 연구는 다양한 워터마킹 기법이 제안되고 있으나, 레스터 데이터를 기반으로 하는 워터마킹 기법은 미흡한 실정이다[9]-[14].

벡터 데이터를 기반으로 하는 기존 워터마킹 기법을 살펴보면, 우선 Ohbuchi 등[9]이 제안한 방법에서는 회전, 스케일링 및 이동 등의 기하학 공격에 강인하기 위하여 벡터 맵 데이터를 균일(uniform), 쿼드트리(quadtree) 및 변경된 쿼드트리(modified quadtree) 방법을 이용하여 여러 영역으로 분할한다. 균일 분할 방법은 $k \times l$ 의 크기로 벡터 맵을 균일하게 분할하며, 쿼드트리 분할 방법은 등간격으로 4개의 영역으로 분할한 다음, 각 영역을 다시 4개의 영역으로 분할하는 것으로, 각 영역에 대한 트리 구조 집합을 가진다. 그리고 변경된 쿼드트리 분할 방법은 쿼드트리 분할 방법에서 꼭지점 개수가 d 보다 작은 개수를 가지는 인접 분할 영역들을 다시 묶음으로써 꼭지점 개수 및 트리구조에 따라 벡터 맵을 분할한다. 이와 같은 방법에 의하여 분할된 영역 내의 꼭지점 내에 워터마크 비트를 반복적으로 삽입한다. 이 방법은 벡터 맵을 여러 개의 영역으로 분할하고 분할된 영역 상의 평균 꼭지점 좌표에 워터마크를 반복적으로 삽입함으로써 회전, 이동 등 기하학적 공격에 강인하다. 그러나 벡터 맵의 기하학 특성에 따라 워터마크가 삽입되지 못하므로 벡터 맵 데이터 전체 변형과 위상 변화에 대하여 강인하지 못하다. 또한 워터마크 추출 시 원본 벡터 맵 데이

터가 필요하다는 단점이 있다.

Chang 등[13]이 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 알아야 하는 단점을 가진다.

Kim 등[14]이 제안한 방법에서는 기하학적 공격에 강인하기 위하여 레이어 내의 폴리라인 길이를 이용하여 워터마크를 삽입한다. 폴리라인의 분포를 파악하여 2개의 레이어를 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.

래스터 데이터를 기반으로 하는 기존의 워터마킹 방법을 살펴보면, Han 등[15]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 전대역에 걸쳐 워터마크를 삽입한다. 워터마크가 삽입될 위치의 중요 계수는 웨이블릿 패킷 변환 계수에 제로트리기법을 적용하여 선택하며, JPEG 등의 고압축에 강인하다는 장점을 가진다. 그러나 이 방법은 웨이블릿 변환 후 전대역에 워터마크를 삽입함으로써 계산량이 많아 속도가 느리다는 단점을 가진다.

기존의 GIS 데이터 워터마킹 기법만이 아니라 다양한 콘텐츠를 대상으로 하는 디지털 워터마킹 기법[16]-[26]을 기반으로 하였으며, 적응적인 워터마킹 기법을 적용하기 위하여 위성영상의 특징을 검출하는 기법[27]-[28]을 참고하였다.

앞서 설명한 기존의 GIS 데이터를 이용한 워터마킹 기법에는 다양한 방법이 있다. 하지만 대부분은 벡터 데이터를 이용하는 워터마킹 방법이며, 레스터 데이터를 대상으로 하는 워터마킹 방법에 대해서는 미흡한 실정이다. 따라서 본 논문에서는 회전, 이동, 스케일링 등의 기하학적 공격에 강인하고, 위성영상의 원근거리에 따른 특성을 이용하여 워터마크를 삽입하는 방법을 제안한다.



III. 제안한 워터마킹 기법

본 논문에서 제안하는 워터마킹 기법의 전체 수행 과정을 아래 그림 3에 나타내었다. 제안하는 기법은 위성에서 내려다보는 높이에 따라 표현되는 정보가 다르다는 것을 이용한다. 즉, 내려다보는 높이가 높을수록 건물이나 도로 등의 정보보다 산, 바다 등의 색상 정보가 많고, 낮을수록 산, 바다 등의 색상 정보보다 건물, 도로 등의 에지 정보가 많다는 것을 이용한다.

RGB 성분으로 구성된 위성 영상을 HSI 성분으로 변환하고, H(hue) 성분을 이용하여 위성영상의 원근거리를 확인한다. 원거리 위성영상의 경우 바다, 산, 강 등을 나타내는 색상 성분의 분포가 높기 때문에 색상 히스토그램을 이용하여, 삽입되는 워터마크 비트로 히스토그램을 블록으로 분할하고 각 블록안의 히스토그램 계수를 쉬프트 시키는 것으로 워터마크를 삽입한다. 근거리 위성영상의 경우 빌딩, 도시경계 구역, 농경지 등을 나타내는 에지 성분의 분포가 높기 때문에 위성영상은 $N \times N$ 크기의 블록으로 분할하고, 각 블록마다 에지 히스토그램을 생성하여, 가장 높은 빈도를 가지는 각도를 가지는 픽셀의 주변 값을 이용하여 워터마크를 삽입한다.

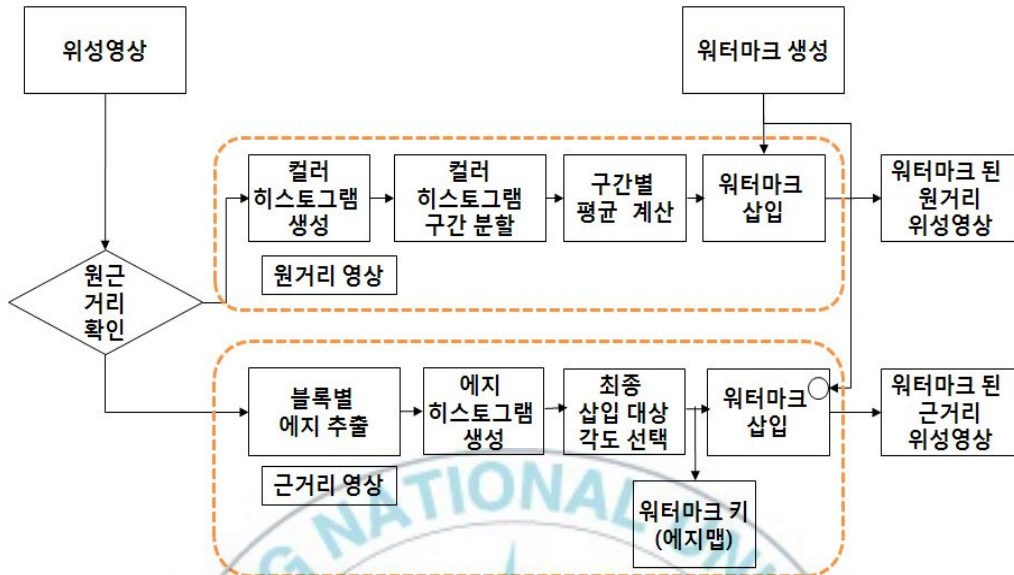


그림 3. 제안한 워터마크 삽입 과정

3.1 원근거리 판별

제안한 워터마킹 기법은 위성영상이 표현하는 위치 정보를 기반으로 원근 거리에 따라 표현되는 위치 정보가 다르다는 특징을 이용하여 적응적으로 워터마크를 삽입한다.

원근거리를 보다 정확하게 판별하기 위해 RGB 공간영역에서 HSI 공간영역으로 변환하고 변환된 영역의 색상(hue) 히스토그램을 이용한다. 다양한 색상으로 구성된 위성영상의 색상 히스토그램을 분석한 결과, 원거리 위성영상의 경우 바다, 산 등의 자연 형상을 표현하는 특정 색상 정보를 가지는 픽셀의 빈도가 높고, 근거리 위성영상의 경우 건물, 도로, 도심 경계 구역 등을 표현하는 비교적 다양한 색상을 가지는 픽셀이 고루 분포한다는 것을 확인

하였다. 아래의 그림 4는 근거리 위성영상의 색상 히스토그램과 원거리 위성영상의 색상 히스토그램을 나타낸 것으로 두 히스토그램의 색상 분포 형태가 확실한 차이를 가진다는 것을 확인할 수 있다.

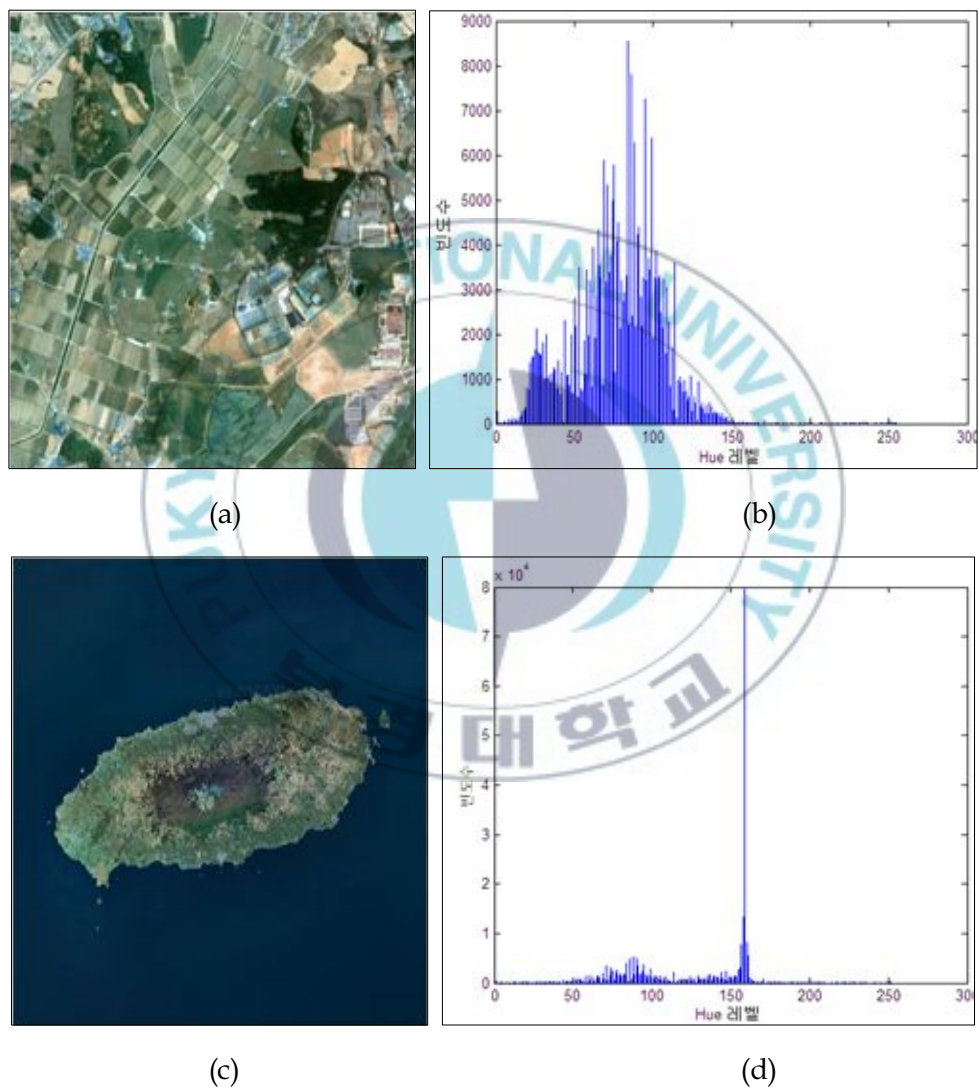


그림 4. (a) 근거리 위성영상과 (b) 근거리 위성영상의 색상 히스토그램 및 (c) 원거리 위성영상, 및 (d) 원거리 위성영상의 색상 히스토그램

원근거리를 판별하기 위하여 먼저 수행하여 하는 것이 RGB 공간영역에서 HSI 공간영역으로 변환하는 것이다. 색상 히스토그램을 이용하여 보다 정확하게 원근거리를 판별하기 위한 것으로 색상 공간영역으로 변환하는 것은 아래의 식(1)로 나타낼 수 있다. R, G, B 각 색상 영역은 입력된 영상의 한 픽셀에 대하여 Red, Green, Blue에 해당되는 값을 나타내며, 값은 0부터 255까지의 범위를 가진다.

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

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

원근거리를 판별하기 위해 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 $\sigma_{h_{Hue}[c]}^2$ 를 계산한다.
- 2) 집합 I_{Hue} 를 식(2)를 이용하여 계산한다.

$$I_{Hue} = \{h_{Hue}[c] | h_{Hue}[c] > \max(h_{Hue}[c] - \sigma_{h_{Hue}[c]}^2)\}, c \in [0, 255] \quad (2)$$

- 3) 집합 I_{Hue} 의 원소 개수에 따라 근거리 또는 원거리를 판별한다.

if $N[I_{Hue}] > Th$, then I: 근거리 위성영상

$else N[I_{Hue}] \leq Th$, then I : 원거리 위성영상

색상 히스토그램 $h_{Hue}[c]$ 을 구성하는 각 레벨의 픽셀을 이용하여 히스토그램의 분산 $\sigma_{h_{Hue}[c]}^2$ 를 계산하고, 가장 높은 색상 히스토그램을 가지는 레벨에서 분산 $\sigma_{h_{Hue}[c]}^2$ 을 뺀 값이 원래의 색상 히스토그램 $h_{Hue}[c]$ 보다 높은 값을 가지면 집합 I_{Hue} 에 포함한다. 0부터 255레벨을 가지는 색상 히스토그램 $h_{Hue}[c]$ 의 각 레벨마다 가지는 레벨의 픽셀 값에서 분산 $\sigma_{h_{Hue}[c]}^2$ 을 빼고, 조건보다 높은 값을 가지는 레벨의 값을 최종적으로 집합 I_{Hue} 에 포함하는 것이다. 그리고 집합 I_{Hue} 의 개수를 확인하는 것으로 위성영상의 원근거리를 판별할 수 있다. 만약 집합 I_{Hue} 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 원근거리를 가지는 위성영상을 분석하여 본 논문에서는 3으로 결정하였다.

3.2 근거리 위성영상 워터마킹

앞 절에서 설명한 원근거리 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 픽셀 값을 평균화하여 잡음에 강인한 소벨 연산자(sobel operator)를 사용하였다.

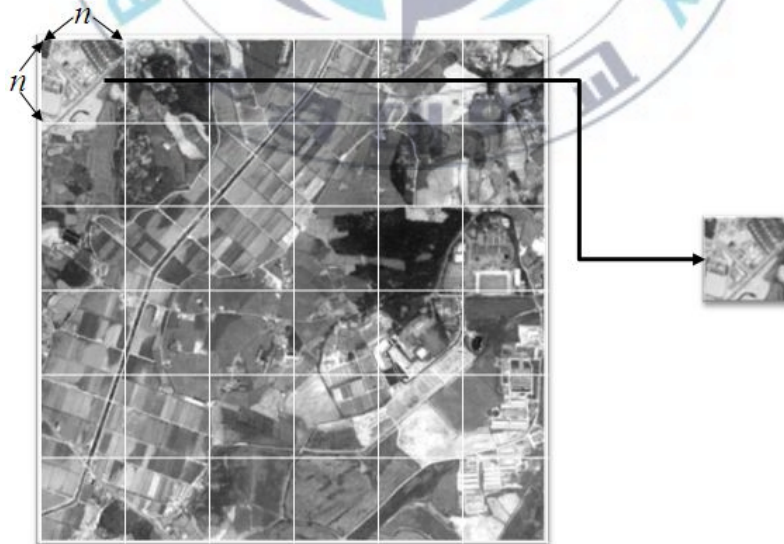


그림 5. $n \times n$ 크기의 블록 분할 및 블록별 에지 검출 예

소벨 연산자를 이용하여 각 블록마다 0° , 45° , 90° , 135° 를 가지는 에지 방향 성분을 추출하고, 추출된 성분을 이용하여 에지 히스토그램 $h_{b_{i,j}}[e_k]$ 를 생성한다. 각 블록마다 생성된 에지 히스토그램 $h_{b_{i,j}}[e_k]$ 를 분석하여, 가장 우세한 에지 방향 성분 $MAX(h_{b_{i,j}}[e_i])$ 를 워터마크 삽입 대상으로 결정한다. 각 블록의 워터마크 삽입 대상 성분에 대한 정보를 워터마크 키(key)로 $K = \{key_{MAX(h_{b_{i,j}}[e_i])} | i, j \in [0, N]\}$ 저장한다. 워터마크 키는 에지맵(edge map)으로 워터마크 검출에 사용되며, 워터마크 키만으로 원본 데이터의 속성을 전혀 알 수 없으므로 제안한 기법은 세미 블라인드(semi-blind) 워터마킹 기법으로 설계되었다고 할 수 있다. 각 블록마다 우세한 에지 방향 성분이 다르다는 것을 그림 6에서 확인할 수 있다.

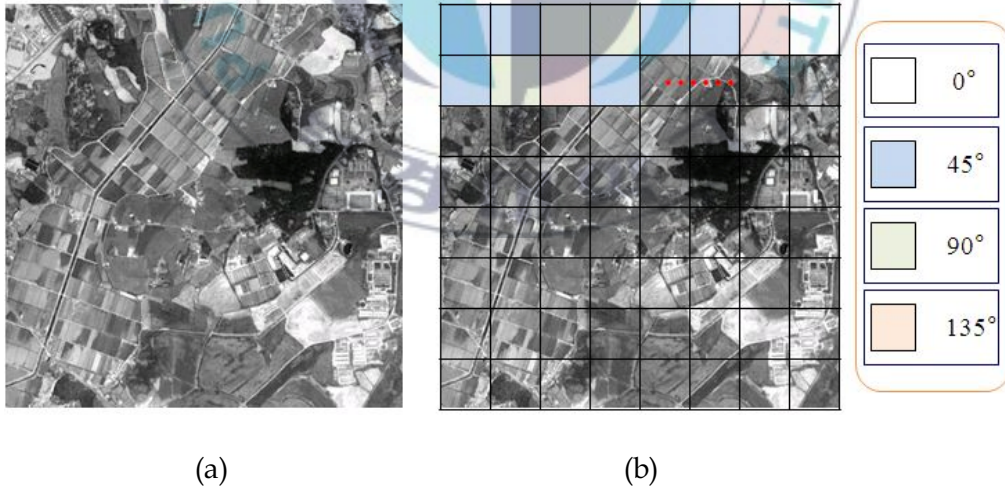


그림 6. 블록별 우세 에지 방향; (a) 위성영상의 I 영역 및 (b) I 영역의 $n \times n$ 블록별 우세 에지 방향

각 블록마다 우세한 에지 방향의 픽셀을 중심으로 이웃한 픽셀을 이용하여 워터마크를 삽입한다. 워터마크가 삽입된 후에 우세 에지 방향이 변경되는 것을 방지하기 위하여, 인접한 가로, 세로 각각 3개의 픽셀을 이용하여 평균을 계산하고, 평균값 $m_{b_{i,j},k,l}$ 을 기준으로 워터마크를 삽입한다. 우세한 에지 방향에 따라 인접한 픽셀을 이용하여 워터마크가 삽입되는 위치는 다르며, 그림 7에서 확인할 수 있다.

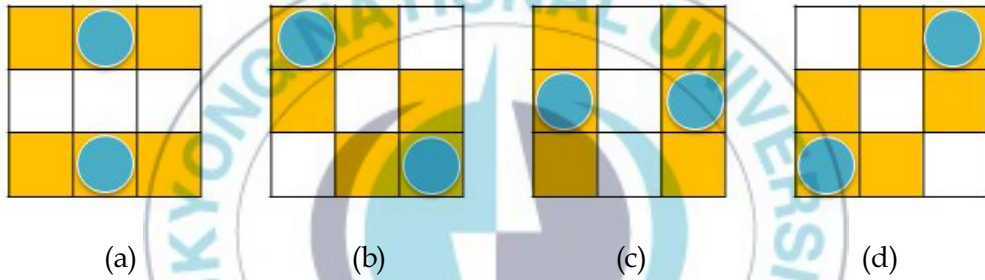


그림 7. 우세 에지 방향에 따른 워터마크 삽입 위치; (a) 0°, (b) 45°, (c) 90°, 및 (d) 135°

만약 우세 에지 방향이 0°인 픽셀의 경우, 인접한 픽셀 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 식 (3)으로 나타낼 수 있다.

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

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

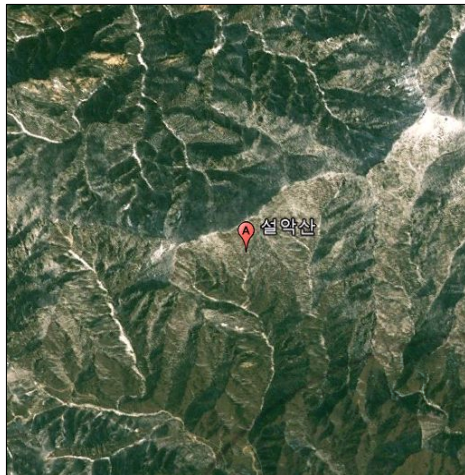
워터마크 $w_k \in \{0,1\}$ 는 위성영상의 저작권을 나타내는 사용자의 정보를 이진 비트열 $W = \{w_k | k \in [1, K]\}$ 로 변환하여 사용하였으며, K 는 워터마크 비트 수를 나타낸다. 워터마크 w_k 의 삽입강도 α 와 β 는 인접한 픽셀을 이용하여 계산한 표준편차 $u\sigma_{B_{i,j,k}}, d\sigma_{B_{i,j,k}}$ 를 사용하여 비가시성을 유지하면서 워터마크가 삽입되며, 식 (4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} e'_{i,j}(i-1,j) &= uavg_{B_{i,j,k}} + (2w_k - 1)\alpha \\ e'_{i,j}(i+1,j) &= uavg_{B_{i,j,k}} + (2w_k - 1)\beta \end{aligned} \quad (4)$$

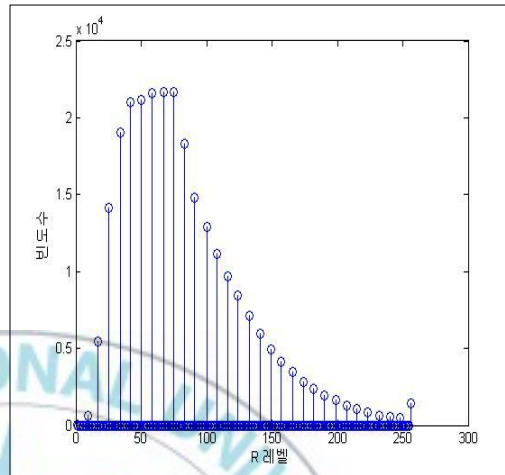


3.3 원거리 위성영상 위터마킹

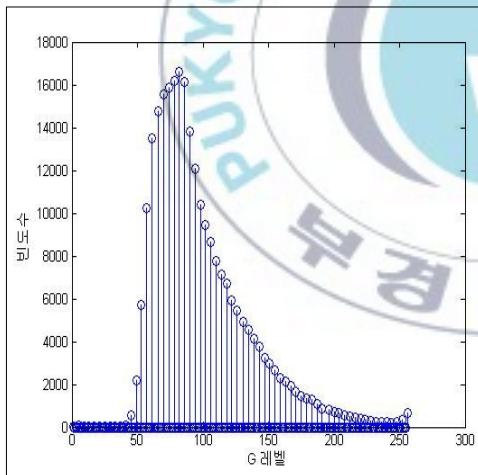
앞 절에서 설명한 원근거리 판별 조건을 이용하여 판별된 위성영상이 원거리 위성영상일 경우, 분포되어 있는 위치정보를 분석하면 바다, 산, 밀집된 도시 등 근거리 위성영상과 다르게 특정 색상 레벨의 픽셀들이 높은 빈도를 가진다는 것을 확인할 수 있다. 이는 유사 패턴을 가지는 영역의 수가 작아 RGB 색상 분포가 고르지 않다는 것을 의미한다. 색상 히스토그램을 이용하여 원근 거리를 판별한 후 색상 성분을 보다 정확하게 추출하기 위하여 RGB 각 색상 영역의 히스토그램 $h_{Red}[r]$, $h_{Green}[g]$, $h_{Blue}[b]$ 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 clr_{max} 를 가지는 영역의 히스토그램을 위터마크 삽입 대상으로 결정하며, 그림 8에서 원거리 위성영상의 R, G, B 각 색상 영역별 히스토그램을 확인할 수 있다.



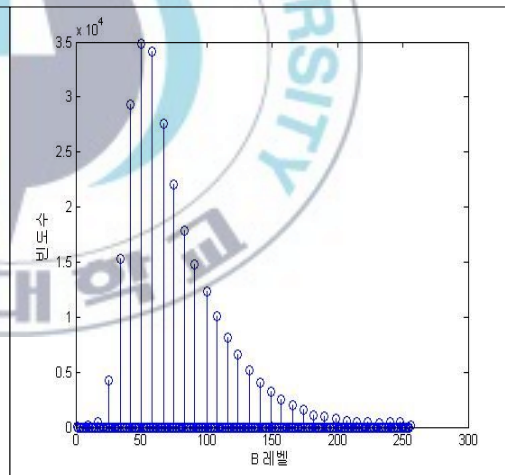
(a)



(b)



(c)



(d)

그림 8. 원거리 위성영상 색상 히스토그램; (a) 원거리 위성영상과 (b) R 색상 히스토그램, (c) G 색상 히스토그램, 및 (d) B 색상 히스토그램

먼저 워터마크 삽입 대상 히스토그램 $clr_{\max}$ 은 삽입되는 워터마크 w_k 비트 수에 의해 구간 H_{g_i} 로 분할한다. 워터마크 $w_k \in \{0,1\}$ 비트는 위성영상의 저작권을 나타낼 수 있는 사용자의 정보를 이진 비트열 $W = \{w_k | k \in [0, K]\}$ 로 변환하여 사용하였으며, 제안하는 워터마킹 기법에서는 64bits를 사용하였다. 64bits의 워터마크 w_k 를 삽입하기 위하여 $[0, 255]$ 레벨을 가지는 히스토그램 $clr_{\max}$ 를 4개의 레벨씩 구간 H_{g_i} 로 분할하였으며, 이는 그림 9에서 확인할 수 있다

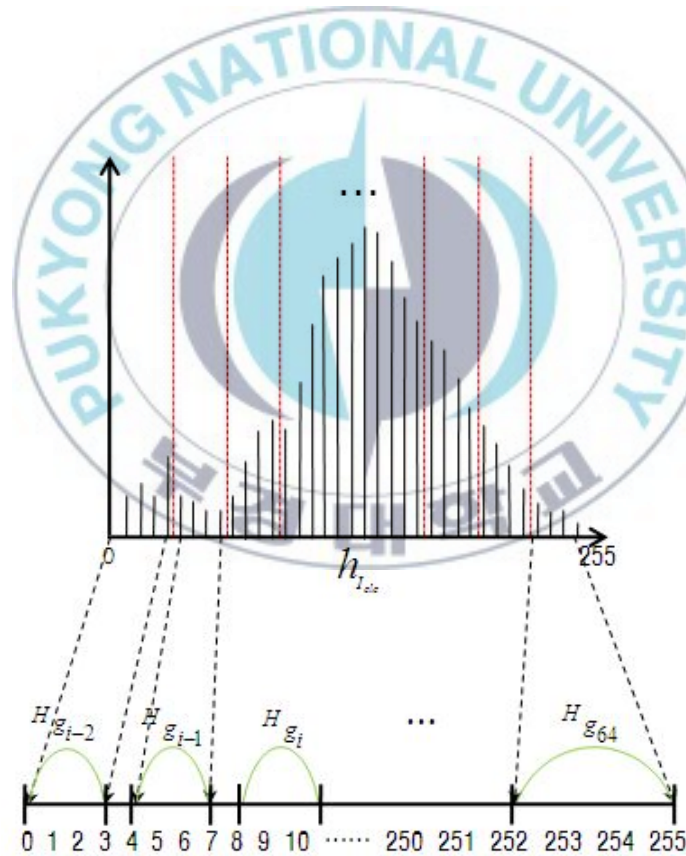


그림 9. 최종 삽입 대상 히스토그램 구간 분할

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 $h_{g_i}[c_i]$ 을 가지는 픽셀을 쉬프트(shift)하는 것으로 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 $m_{g_i,k}$ 와 $h_{g_i}[c_{i+1}]$ 와 $h_{g_i}[c_{i+3}]$ 의 평균 $m_{g_i,z}$ 를 이용하여 식(5)와 같이 워터마크가 삽입되는 조건을 만족시켜야 한다.

$$\begin{cases} m_{g_i,k} > m_{g_i,z}, & \text{if } w_k = 0 \\ m_{g_i,k} \leq m_{g_i,z}, & \text{else } w_k = 1 \end{cases} \quad (5)$$

각 구간 H_{g_i} 마다 워터마크 w_k 를 삽입하는 조건 식(5)를 만족시키기 위하여 아래의 그림 10과 같이 색상 레벨 $h_{g_i}[c_i]$ 을 가지는 픽셀을 쉬프트하는 것을 식(6)과 같이 계산함으로써 수행된다. 색상 히스토그램을 이용하여, 각 구간마다 워터마크를 삽입하는 기법을 그림 10에서 확인할 수 있다.

$$\begin{aligned} p'_{g_i} &= p_{g_i} - (2w_k - 1)\alpha \\ p'_{g_{i+1}} &= p_{g_{i+1}} + (2w_k - 1)\alpha \\ p'_{g_{i+2}} &= p_{g_{i+2}} - (2w_k - 1)\beta \\ p'_{g_{i+3}} &= p_{g_{i+3}} + (2w_k - 1)\beta \end{aligned} \quad (6)$$

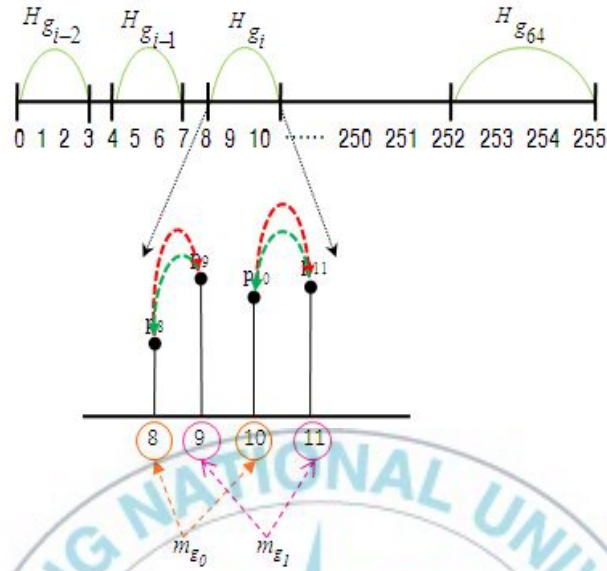


그림 10. 구간별 색상 히스토그램 워터마크 삽입 기법

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

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 키(key)로 사용되는 에지 맵을 이용한다. 에지 맵을 이용하여 워터마크가 삽입된 위치를 확인하고, 주변 가로, 세로의 3개의 인접한 픽셀을 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 픽셀의 값을 비교하여 식(7)을 이용하여 워터마크를 검출한다.

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

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 clc'_{max} 을 이용하여 삽입된 워터마크 w'_k 비트수로 구간을 분할한다. 분할된 구간에서 인접한 색상 레벨 $h'[r_{H_{g_{ij}}}]$ 와 $h'[r_{H_{g_{ij+2}}}]$ 의 평균 m'_{g_0} 와 $h'[r_{H_{g_{ij+1}}}]$ 와 $h'[r_{H_{g_{ij+3}}}]$ 의 평균 m'_{g_1} 을 계산하고, 아래의 식(8)을 이용하여 워터마크를 검출한다.

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

IV. 실험 결과 및 고찰

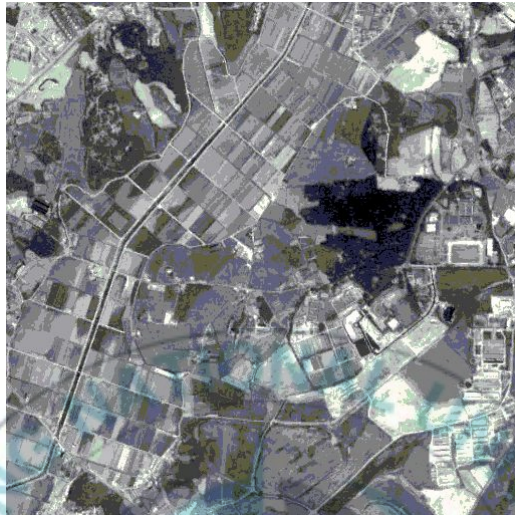
제안한 위성영상 워터마킹 기법의 검증을 위해 Google에서 제공되고 있는 위성영상 서비스인 Google Earth를 이용하여 다양한 크기 및 원근거리를 가지는 다수의 위성영상을 획득하여 실험에 사용하였다. 앞장에서 설명하였듯이 위성영상의 원근거리를 분석하기 위하여 RGB 공간 영역에서 HSI 공간 영역으로 변환하고, 색상 히스토그램을 생성하고 분석하여 원근거리를 확인하였다. 색상 히스토그램의 레벨이 다양하게 분포되어 있는 근거리 위성영상은 건물, 도로 등을 표현하는 에지 성분이 많이 분포되어 있어 에지 히스토그램을 이용한다. 색상 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.

워터마크는 사용자의 정보 이진화하여 이진 비트열로 사용하였으며, 삽입강도 α 와 β 는 근거리 위성영상일 경우, 인접한 픽셀들의 평균을 이용하여 적응적으로 계산되어지며, 원거리 위성영상일 경우 인접한 색상 레벨을 이용하여 계산되어진다. 워터마크가 삽입된 근거리 위성영상은 그림 11(b)에서 나타낸 바와 같이 시각적으로 워터마크의 삽입 여부를 구분하기 어렵다는 것을 확인할 수 있었다. 그리고 영상, 오디오 및 비디오 등에서 비가시성을 평가하기 위한 객관적인 화질 척도로 사용되는 PSNR을 이용하였으며, PSNR을 계산하는 공식은 식(9)와 같다.

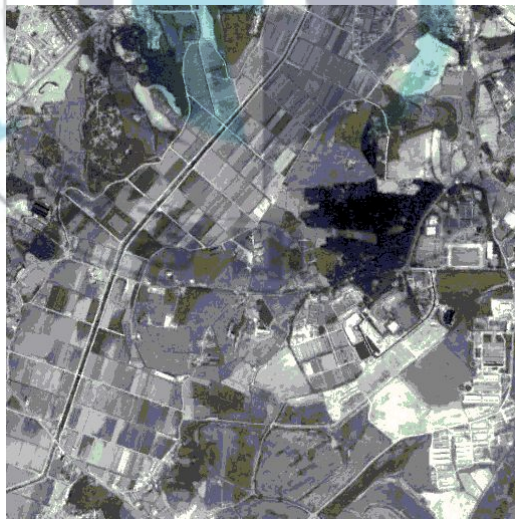
$$PSNR \text{ [dB]} = 10\log_{10}\left(\frac{255^2}{\frac{1}{M \times N} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} |x(i,j) - \hat{x}(i,j)|^2}\right) \quad (9)$$

여기서 $x(i,j)$ 와 $\hat{x}(x,y)$ 는 각각 원본 위성영상의 픽셀과 워터마크가 삽입된 위성영상의 픽셀이며, $N \times M$ 은 위성영상의 전체 픽셀 개수를 나타낸다. 그리고 강인성을 평가하기 위해 공격으로 간주할 수 있는 핸들링을 위한 소프트웨어로 Photoshop CS4를 사용하였고, 이를 이용한 다양한 공격들을 수행한 후 워터마크 검출 실험을 실시하였다.





(a)



(b)

그림 11. 근거리 위성영상1에서 (a) 원본 근거리 위성영상1과 (b) 워터마크가 삽입된 근거리 위성영상1 (PSNR : 29.64[dB])

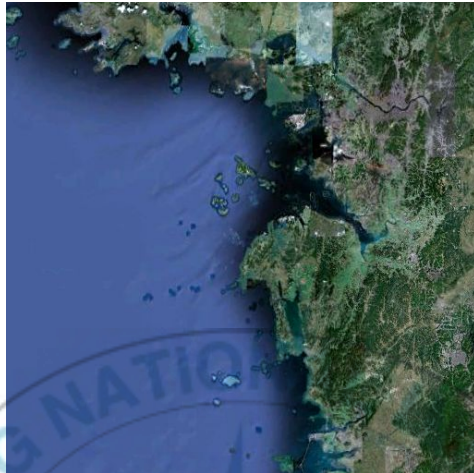


(a)

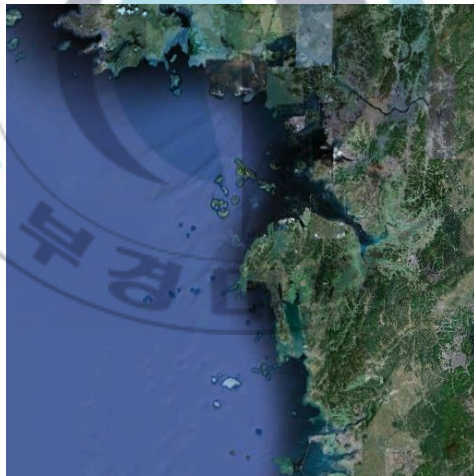


(b)

그림 12. 근거리 위성영상2에서 (a) 원본 근거리 위성영상2와 (b) 워터마크가 삽입된 근거리 위성영상2 (PSNR : 29.42[dB])



(a)



(b)

그림 13. 원거리 위성영상1에서 (a) 원본 원거리 위성영상1과 (b) 워터마크가 삽입된 원거리 위성영상1 (PSNR : 28.73[dB])



(a)

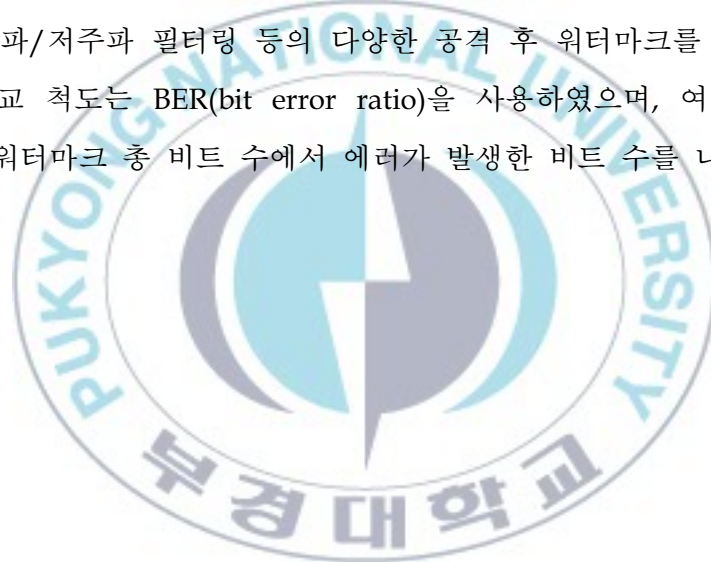


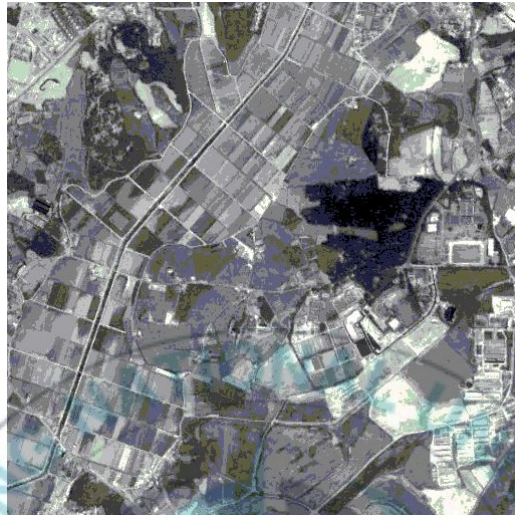
(b)

그림 14. 원거리 위성영상2에서 (a) 원본 원거리 위성영상2와 (b) 워터마크가 삽입된 원거리 위성영상2 (PSNR : 29.87[dB])

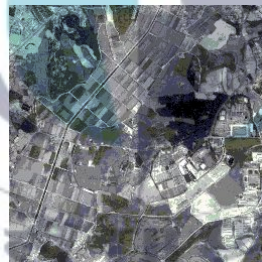
그림 11, 12, 13 및 14에서 볼 수 있듯이 에지 히스토그램을 이용한 워터마킹을 적용한 근거리 위성영상과 색상 히스토그램을 이용한 워터마킹을 적용한 원거리 위성영상이 시각적으로 삽입된 워터마크의 확인이 불가능하다. 워터마크를 삽입한 결과 근거리 위성영상의 PSNR이 평균 29.78[dB]이며, 원거리 위성영상의 PSNR은 평균 28.69[dB]로 주관적 또는 객관적으로 삽입된 워터마크의 비가시성이 우수함을 확인할 수 있었다.

다음은 인터넷 환경에서 수행 될 수 있는 다양한 영상처리 공격에 대한 워터마크의 강인성 실험을 위해 회전, 확대 및 축소, 절단(cropping), JPEG 압축, 고주파/저주파 필터링 등의 다양한 공격 후 워터마크를 검출하였다. 강인성 비교 척도는 BER(bit error ratio)을 사용하였으며, 여기서 BER은 삽입되는 워터마크 총 비트 수에서 에러가 발생한 비트 수를 나타낸다.



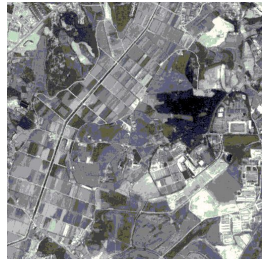


(a)

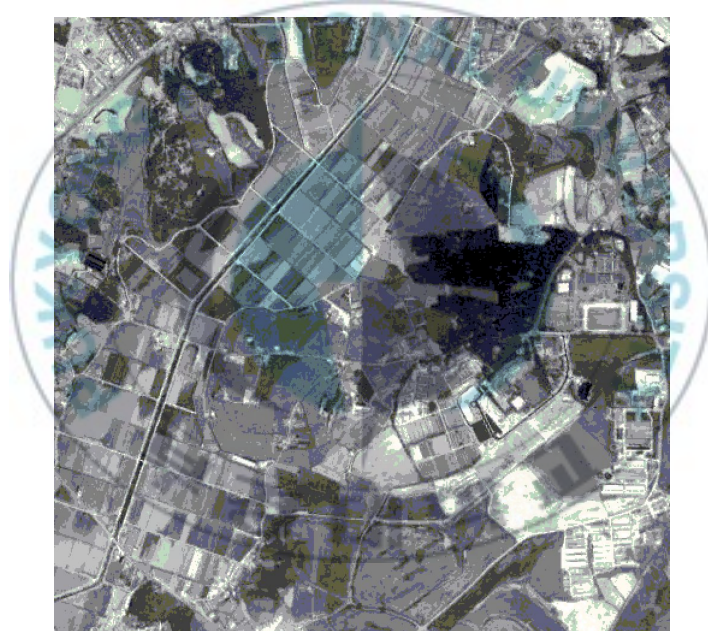


(b)

그림 15. 근거리 위성영상1에서의 (a) 워터마크가 삽입된 위성영상과 (b) 0.5배 축소 공격 받은 위성영상



(a)



(b)

그림 16. 근거리 위성영상1에서의 (a) 워터마크가 삽입된 위성영상과 (b) 2배 확대 공격 받은 위성영상

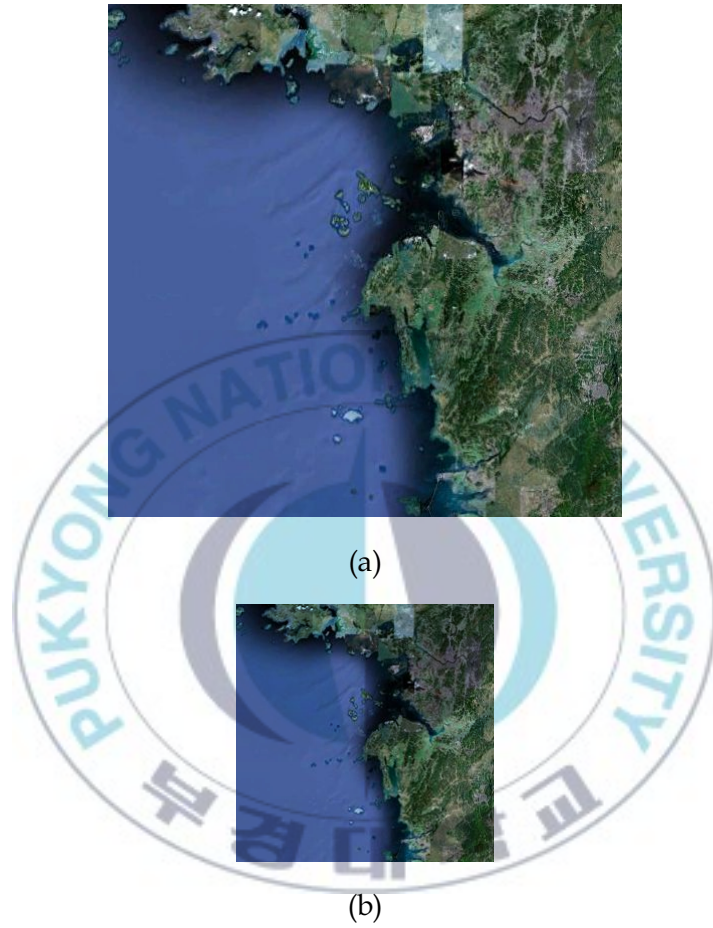


그림 17. 원거리 위성영상1에서의 (a) 워터마크가 삽입된 위성영상과 (b) 0.5배 축소 공격 받은 위성영상

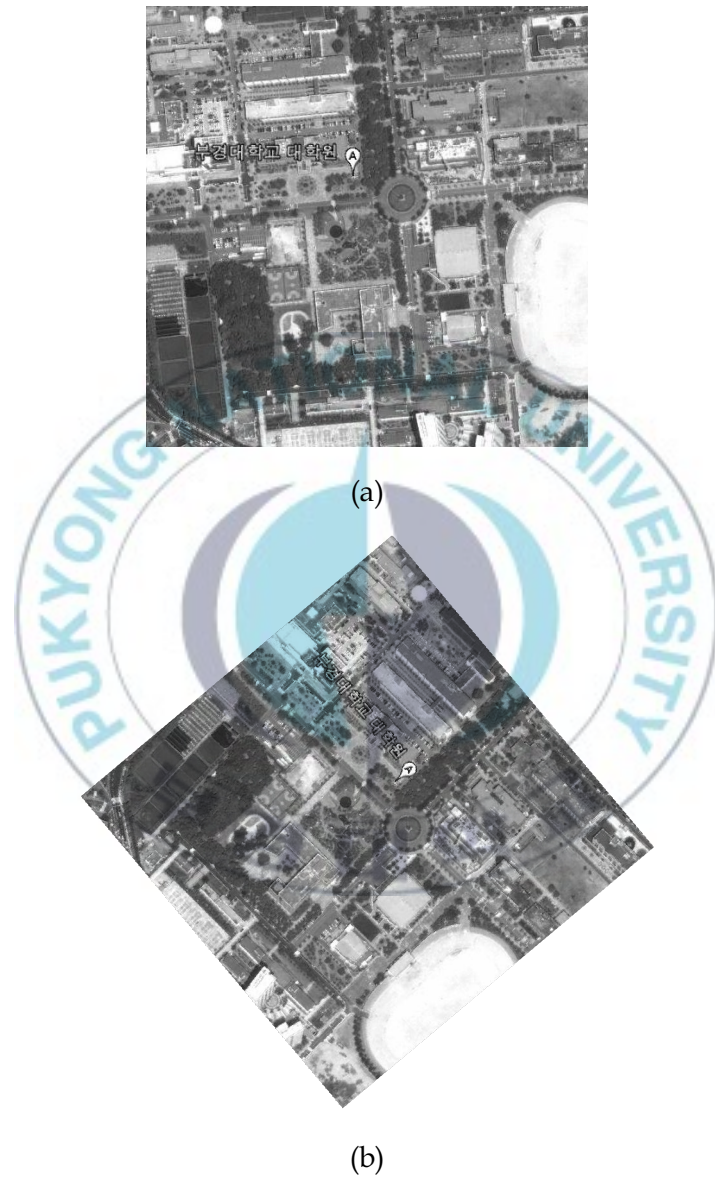


그림 18. 근거리 위성영상2에서의 (a) 워터마크가 삽입된 위성영상과 (b) 50° 회전 공격 받은 위성영상

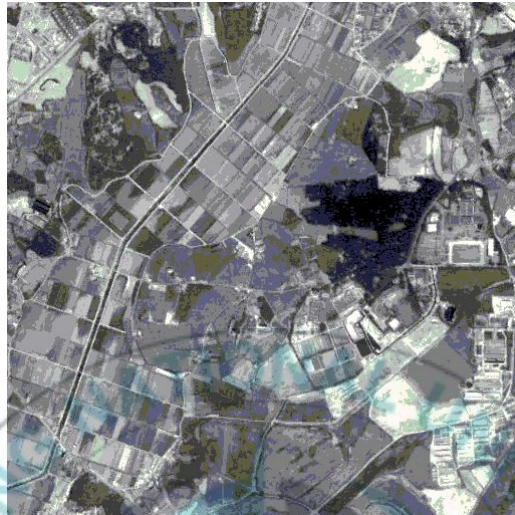


(a)

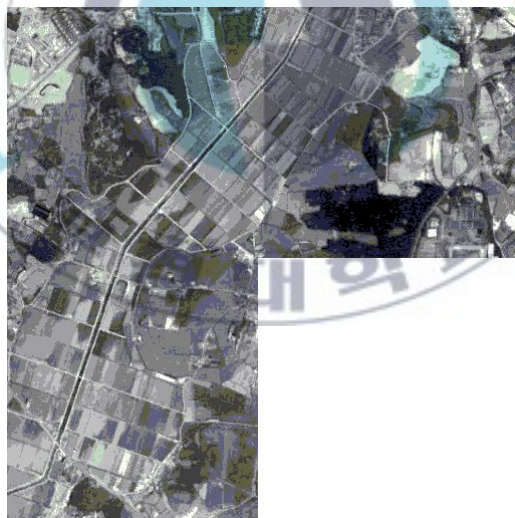


(b)

그림 19. 원거리 위성영상2에서의 (a) 워터마크가 삽입된 위성영상과 (b) 70° 회전 공격 받은 위성영상

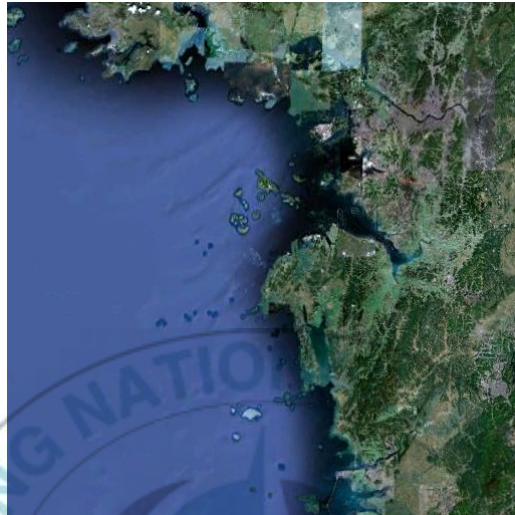


(a)

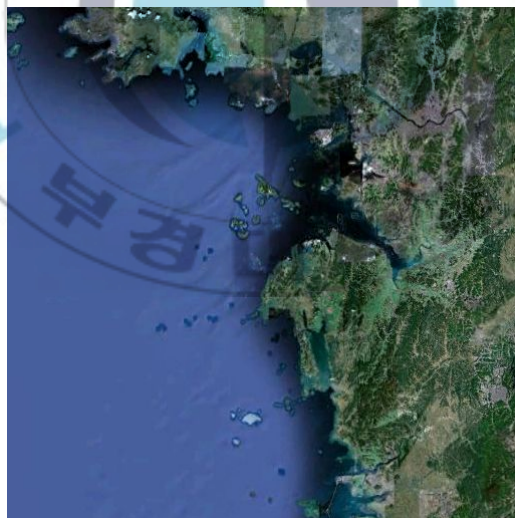


(b)

그림 20. 근거리 위성영상1에서의 (a) 워터마크가 삽입된 위성영상과 (b) 25% 절단 공격 받은 위성영상



(a)



(b)

그림 21. 원거리 위성영상1에서의 (a) 워터마크가 삽입된 위성영상과 (b) JPEG QP=70 압축 공격 받은 위성영상

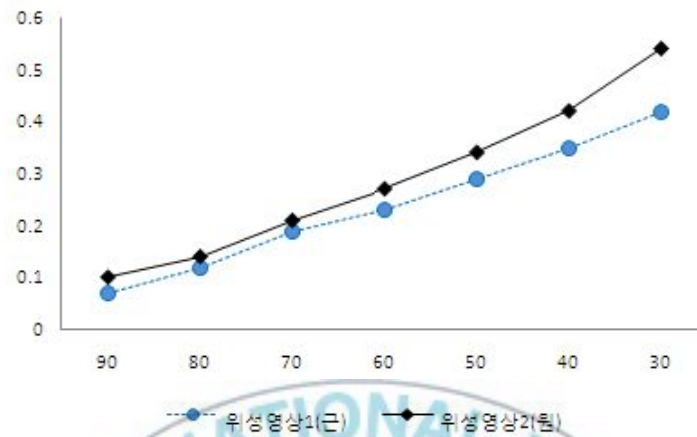


그림 22. JPEG QP 비율 공격에 따른 워터마크 BER



그림 23. 절단 비율 공격에 따른 워터마크 BER

그림 15~21에서 공격으로 간주되는 범주에서의 다양한 공격 실험을 한 후 공격받은 위성영상을 나타내었다. 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 그림 22에서 절단 비율을 높게 하면 BER이 높아지므로 워터마크의 손실 또한 많아진다는 것을 확인하였다. 그러나 절단 비율이 너무 커지면 위성 영상이 가지는 정보의 의미가 없어지기 때문에 공격의 범주에서 제외된다. 또한 그림 23에서 JPEG 압축공격 비율이 낮을 경우 BER이 낮게 나타나지만 공격 비율이 높아질수록 BER이 높게 나타난다. 이는 제안하는 기법이 주파수 영역을 이용한 워터마킹 기법이 아니라 공간 영역에서 색상 정보를 이용하여 워터마크 삽입을 수행하여 압축에 의해 손실되는 워터마크의 정보가 높기 때문이다. 따라서 JPEG 압축에 강인한 공간영역을 이용한 워터마킹 기법으로의 연구가 추가적으로 필요하다. 표 1은 워터마크가 삽입된 위성영상에 다양한 공격을 수행하고 추출된 워터마크 비트에 대한 BER을 나타낸다.



표 1. 다양한 공격 후 워터마크 추출 BER

공격		위성영상1 (원)	위성영상2 (원)	위성영상1 (근)	위성영상2 (근)
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
Median Mask	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

결과적으로 제안한 워터마킹 기법을 이용하여 워터마크를 삽입한 위성영상에 대해 이동, 확대 및 축소, 절단, JPEG 압축 등의 다양한 공격을 실험한 결과 BER이 평균 15% 이하로, 제안한 기법이 비가시성을 만족하는 동시에 각종 공격에 대해 상대적으로 강인함을 확인하였다. 또한 원본이 필요하지 않고 워터마크 삽입 시 저장된 예지 맵을 이용하여 워터마크를 검출할 수 있는 세미 블라인드 기법으로 제안한 기법이 우수함을 확인하였다.

V. 결 론

웹 2.0, SaaS, 디지털 컨버전스, 매쉬업 서비스 등으로 논의되고 있는 기술들의 출현은 기존의 지리정보자료 접근성 및 사용성에 일대 변화를 일으키고 있다. IT의 소비자화라는 트렌드와 함께 위성영상이 결합하여 Google Earth(Google), Virtual Earth(MS) 및 국내외 각종 포털사이트에서 제공하는 각종 위치 찾기 서비스 등과 같은 지리 정보 서비스 제공을 위한 기반 자료로 사용되고 있다. 위성영상은 과거 전문가만이 사용 가능하였으나 최근, 지리 정보 서비스 제공을 위한 기반 자료로 사용됨으로써 활용 범위가 매우 광범위해졌다. 이렇게 위성영상의 활용 범위가 확대됨에 따라 위성영상이 일반 이미지와 다르게 위치 정보를 가진다는 특징이 부각되었고, 이러한 특징을 보호하기 위한 보안의 요구가 높아지고 있는 실정이다. 따라서 본 논문에서는 위성영상의 저작권 보호를 위한 워터마킹 기법을 제안한다.

본 논문에서는 위성영상이 원근거리에 따라 표현되는 위치 정보가 다르다는 특징을 이용한 워터마킹 기법을 제안하였다. 위성영상의 색상 히스토그램을 이용하여 색상 레벨이 가지는 빈도가 넓은 분포를 가지는 영상은 건물, 도로, 도시 경계 구역을 표현하는 근거리 위성영상으로 판별하였고, 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 픽셀에 이웃한 픽셀을 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 블록내의 히스토그램 레벨 픽셀 계수를 쉬프트 시키는 것으로 워터마크를 삽입한다.

실험 결과로부터 제안한 기법으로 워터마크가 삽입된 위성영상의 PSNR이 평균 29[dB] 정도로써 주관적, 또는 객관적으로 삽입된 워터마크의 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.

이처럼, 본 논문은 위성영상이 원근거리에 따라 표현되는 정보가 다르다는 것을 이용하여 원근거리별로 예지 히스토그램 또는 색상 히스토그램을 이용하여 워터마크를 적응적으로 삽입하는 워터마킹 기법을 제안하였다. 제안한 기법의 워터마크는 일반적인 공격에는 강인하였으나 JPEG 압축에서 높은 BER을 나타내었다. 이는 일반적으로 사용되고 있는 주파수 영역을 이용한 워터마킹이 비해 공간 영역의 색상 정보를 이용하기 때문에 발생하는 문제점이다. 하지만 주파수 영역에서 사용되는 워터마킹 기법에 비해 속도가 빠르다는 장점을 가진다. 따라서 JPEG 압축 공격에 강인성을 만족하도록 보완하기 위한 연구의 진행이 필요하다.

마지막으로 현재까지의 위성영상에 대한 워터마킹 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.



[참 고 문 헌]

- [1] 사공호상, 황승미, “원격탐사와 GIS 연계 활용방안 연구 : IKONOS 영상을 이용한 도시지역분석을 중심으로,” 국토연구원, 2002년.
- [2] 홍일영, “지리정보로 열어가는 모바일 웹2.0세상,” 한국소프트웨어진흥원, 정책리포트 12월호, 2007년.
- [3] 이기환, 이동천, 박석호, 김 일, 신상희, “국민참여형 위성영상 블로그 시스템 구축,” 대한원격탐사학회지, 제23권 제2호, pp.125-130, 2007.
- [4] 과학기술부, “고해상 위성영상의 상용화 전략 연구”, 2007.
- [5] Google Earth,
<http://code.google.com/intl/ko-KR/apis/earth/documentation>
- [6] Virtual Earth Map Control SDK 5.0,<http://msdn.microsoft.com/ko-kr/library/aa905677.aspx>
- [7] 임혜정, “위성자료, 공공·상업활용 확대 시급,” <http://itnews.inews24.com/>
- [8] 국가 GIS 통합 포털, <http://www.ngis.go.kr/>
- [9] R. Ohbuchi, "Robust watermarking of vector digital maps," *Proc. of the IEEE International Conference on Multimedia and Exp.*, vol. 1, pp. 577-580, 2002.
- [10] G. Schulz and M. Vogit, "A high capacity watermarking system for digital maps," *Proc. of the 200 Multimedia and Security Workshop on Multimedia and Security*, pp. 180-186, 2004.
- [11] M. Vogit and C. Busch, "Feature-based watermarking of 2D-vector data," *Proc. of the SPIE, Security and Watermarking of multimedia Content*, SantaClaram USA, vol. 5020, pp. 359-366, 2003.
- [12] L. Zheng, Y. Jia, and Q. Wang, "Research on vector map digital watermarking technology," *First international Workshop on Education*

- Technology and Computer Science*, vol, 1, pp. 304-307, 2009.
- [13] 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.
- [14] J. H. Kim, S. H. Lee, S. K. Kwon, S. S. Park and K. R. Kwon, "A Polyline Watermarking Scheme for GIS Vector Map," *Journal of Korea Multimedia society*, v.13, no.4, pp.582-593, 2010.
- [15] 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*, v.1 no.2, pp.7~14, 2003. 9.
- [16] I. J. Cox, J. Kilian, F. T. Leighton, and T. Shammon, "Secure spread spectrum for watermarking for multimedia," *IEEE Trans. Image Processing*, vol.6, pp.1673-1687, 1997.
- [17] C. I. Podilchuk and W. Xent, "Image adaptive watermarking using visual models," *IEEE Journal on Selected Area in communications*, vol.16, no.4, pp.525-539, May 1997.
- [18] B. Huber, GIS & Steganography - Part 3 : Vector Steganography, <http://www.directionsmag.com>, accessed to Dec. 2009.
- [19] J. Y. Kim, S. E. H, Y. I. Lee, S. H. P, "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.
- [20] K.Anusudha, A. Sangeetha, S. Ayeswarya, "A Robust Digital Watermarking Of Satellite Image at Third Level DWT

Decomposition," ICCIMA, 2007.

- [21] 장봉주, 권성근, 문영득, 이석환, 권기룡, "모바일 카메라 폰에서의 멀티미디어 포렌식을 위한 디지털 워터마킹," 제20회 영상처리 및 이해에 관한 워크샵, pp. 99, 2008년 2월.
- [22] 김진호, 서용수, 이석환, 권기룡, "색차신호의 정보은닉 기법을 이용한 안전한 GIS Web-Map 서비스 설계 및 구현," 한국멀티미디어학회 추계학술대회 논문집, 제12권 2호, 2009년 11월.
- [23] 김원제, 문광석, MD Abul, Bashar, 안영호, 김준희, 이석환, 서용수, 권기룡, "Random Block-Based Video Watermarking of H.264/SVC," MITA2008, pp.290- 293, 2008년 7월.
- [24] 김지훈, 장봉주, 안영호, 이석환, 정태일, 권기룡, "적응 QIM을 이용한 컨투어렛 변환기반의 블라인드 워터마킹," 한국멀티미디어학회 추계학술대회 논문집, 제11권 2호, pp.18-21, 2008년 11월.
- [25] 성택영, 김성범, 김준희, 안영호, 권기룡, 이석환, "모바일Buyer-Seller 워터마킹 3D 콘텐츠 워터마킹," 대한전자공학회, 제33권 1호, pp.1591-1594, 2010년 6월.
- [26] 안영호, 김준희, 이석환, 문광석, 권기룡, "컬러·에지 히스토그램 기반의 위성영상 워터마킹 기법," 한국멀티미디어학회추계학술대회논문집, 제 13권 2호, pp.18, 2010년 11월.
- [27] 박운용, 문두열, 홍순헌, 윤경철, "고해상도 위성영상을 이용한 경계 검출에 대한 정확도 분석," GIS/RS 공동 춘계학술대회 논문집, 2004.
- [28] 최준수, "공간영상정보 활용을 위한 영상정보 검색·추출 기술에 관한 연구-웨이블릿 기법 응용," ITFIND, 2001.

감사의 글

저에게는 직장생활과 공부를 병행해야 하는 대학원 생활이었습니다. 어려울 때 도와준 분들이 아니었다면 아마도 저는 이 자리에 설 수 없었을 것입니다. 이 모든 분들께 감사의 글을 바치고자 합니다.

먼저 부족한 저에게 학업의 기회를 주시고 언제나 많은 격려와 가르침을 아끼지 않으시고, 믿음으로 지켜 봐 주신 권기룡 지도 교수님, 이 논문이 나오기 까지 아이디어를 주시고, 논문지도와 심사를 해주신 이석환 교수님께 진심으로 감사드립니다. 또한 저의 부족한 논문을 심사하여주신 문광석 교수님께 감사드립니다. 항상 격려를 해주시는 한국멀티미디어학회에서 활동하고 계시는 많은 교수님께 감사드립니다.

배움의 여정이 즐거울 수 있게 해주었던 MCSP 연구실 선배님들, 후배님들에게 감사의 마음을 전합니다. 연구실을 이끌고 있는 든든한 택영, 연구실 활력소이자 아이디어 뱅크인 봉주, 우리 랩을 든든히 지키고 이끌어 나갈 대엽, 성범, 멀리 중국에서 와서 열심히 연구하고 있는 효고, 류양에게 고마움을 전합니다. 특히 논문의 완성에 많은 도움을 준 준희에게 감사드립니다. 지친 일상에 활력이 되어주는 친구들에게 감사의 마음을 전합니다. 저의 영원한 친구 재원에게 고마움을 전합니다. 같은 사무실에서 일하고 있는 안종섭 소장님, 김병철 책임, 이용희 팀장, 김유나 간사, 황보선에 대리에게도 감사드립니다.

항상 바른 길을 가도록 인도해주신 가족 친지 분들과 저의 든든한 동생 미영, 은정, 매제 택기, 사랑스러운 조카 현우, 서연에게 감사의 마음을 전합니다. 끝으로 지금도 은행에서 열심히 일하고 계시며, 저의 직장생활에 귀감이 되어 주신 아버지, 헌신적으로 뒷바라지 해주신 어머니, 저의 사랑하는 부모님께 머리 숙여 감사의 마음을 전하며 이 논문을 바칩니다.

2011년 2월

안 영 호 드림