



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

지리정보시스템에서 폴리곤들의 평균면적을
이용한 적응적 블라인드 워터마킹 기법



2008년 8월

부 경 대 학 교 대 학 원

컴 퓨 터 공 학 과

장 혜 정

공학석사 학위논문

지리정보시스템에서 폴리곤들의 평균면적을
이용한 적응적 블라인드 워터마킹 기법

지도교수 권기룡

이 논문을 공학석사 학위논문으로 제출함.

2008년 8월

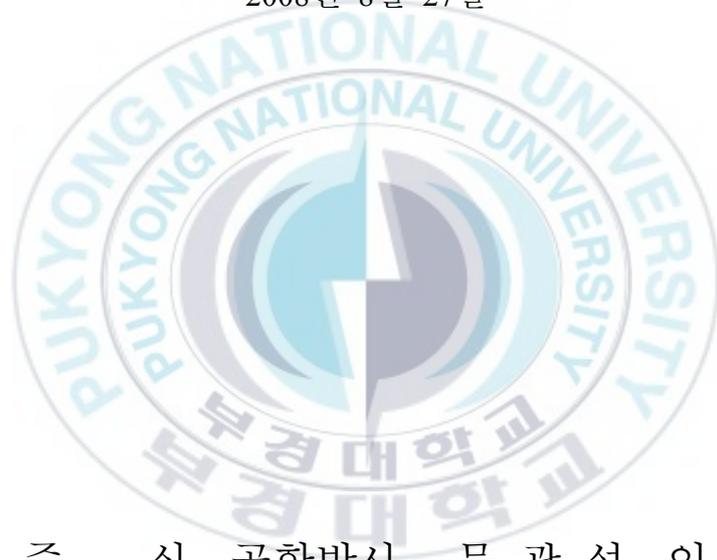
부경대학교 대학원

컴퓨터공학과

장혜정

장혜정의 공학석사 학위논문을 인준함

2008년 8월 27일



주 심 공학박사 문 광 석 인

위 원 공학박사 권 기 룡 인

위 원 공학박사 심 봉 기 인

목 차

I. 서 론	1
II. GIS 데이터 체계 및 구조	6
III. 기존의 디지털 맵 워터마킹 알고리즘	14
IV. 제안한 워터마킹 알고리즘	18
4.1 워터마크 삽입 알고리즘	19
4.2 워터마크 검출 알고리즘	25
V. 실험 결과 및 분석	27
VI. 결론	41
참고문헌	43

표 목 차

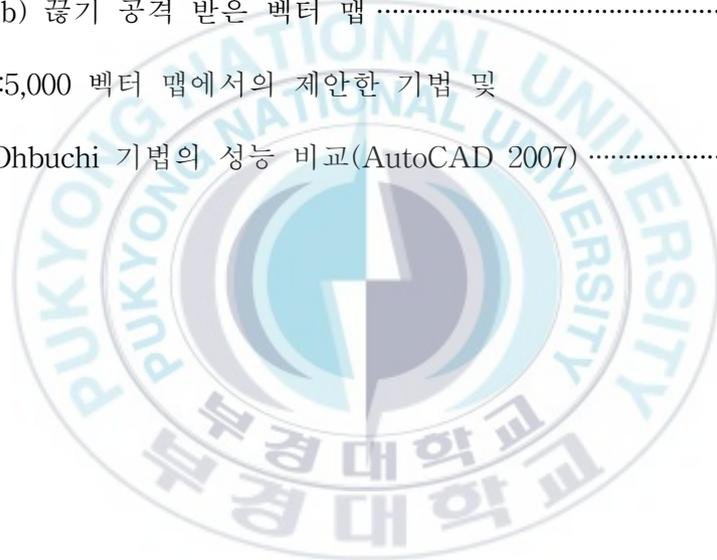
표 1. 벡터 구조 GIS 맵과 래스터 구조 GIS 맵의 비교	8
표 2. 1/5,000 및 1/25,000 수치지도 레이어 체계(대분류)	10
표 3. 상용 GIS 자료구조의 종류	11
표 4. 기존 벡터 맵 워터마킹 기법들의 성능 비교	17



그림 목 차

그림 1. GIS 자료 구조 및 제안한 워터마킹 기법의 기반 요소	7
그림 2. GIS에서의 레이어 체계	9
그림 3. DXF 파일 포맷의 내부 구조	12
그림 4. Quadtree(QUAD) 분할 방식의 예	15
그림 5. 제안한 워터마크 삽입 블록도	18
그림 6. GIS에서의 폴리곤 구성 예	19
그림 7. 각 폴리곤 면적 분포 구간 별 워터마크 삽입 방법	22
그림 8. 제안한 워터마크 검출 블록도	26
그림 9. 1:5,000 벡터 맵에서의 제안한 워터마킹에 대한 (a) 원 벡터 맵과 (b) 레이어 '4111'내에 워터마크가 삽입된 벡터 맵	29
그림 10. 1:5,000 벡터 맵에서의 PSNR (a) 레이어 '4111' 과 (b) 레이어 '4112' 내에 워터마크가 삽입된 벡터 맵	30
그림 11. 1:5,000 벡터 맵에서의 (a) 워터마크가 삽입된 벡터 맵과 (b) 2배 확대 공격 받은 벡터 맵	32
그림 12. 1:5,000 벡터 맵에서의 (a) 워터마크가 삽입된 벡터 맵과 (b) 1/2배 축소 공격 받은 벡터 맵	33
그림 13. 1:5,000 벡터 맵에서의 (a) 워터마크가 삽입된 벡터 맵과 (b) 회전 공격 받은 벡터 맵	34

그림 14. 1:5,000 벡터 맵에서의 (a) 워터마크가 삽입된 벡터 맵과 (b) 이동 공격 받은 벡터 맵	35
그림 15. 1:5,000 벡터 맵에서의 절단 공격 받은 벡터 맵	36
그림 16. 1:5,000 벡터 맵에서의 (a) 워터마크가 삽입된 벡터 맵과 (b) 잡음 첨가 공격 받은 벡터 맵	37
그림 17. 1:5,000 벡터 맵에서의 (a) 워터마크가 삽입된 벡터 맵과 (b) 끊기 공격 받은 벡터 맵	38
그림 18. 1:5,000 벡터 맵에서의 제안한 기법 및 Ohbuchi 기법의 성능 비교(AutoCAD 2007)	40



Adaptive Blind Watermarking Technique Using the Mean Area
of Polygons in Geographic Information System

Hye-Jung Chang

Department of Computer Engineering, The Graduate School,
Pukyong National University

Abstract

Recently, many people can contact with various information in the convergence environment of computers, communications and digital media, more conveniently. Especially, as the human scope of activity is extended, the necessity of the geographic information and the position information has been augmented. For example, the geographic information has been widely used in the city planning or the managements of the natural environment, farmland, forests, land registers and so on. For the systematical management and the efficient usage of geographic information, the necessity of a GIS(geographic information system) has been on the rise. The GIS is also called as the integrated service system that is designed by collecting, analyzing and manufacturing the geographic data for applying to geography industry fields. As the GIS is embossed with the important technique which is embodies ubiquitous and the importance is coming to be higher, GIS related private enterprises have been spread rapidly during the government's third country GIS construction project. Thereafter, currently many people have used the GIS service in the internet, car navigations, vessels and so on.

Most of the geographic vector maps in the GIS has been produced by S/W CAD tools that can represent more detail and easier. But GIS vector map can be copied easily, edited and diffused illegally like as most of digital data. Furthermore, from the broadcasting or newspapers, we have often watched the news that GIS vector maps from National Geographic Information Institute (NGI) are circulated unlawfully by some GIS application companies. Therefore the watermarking scheme has been required to prevent plagiarizing the GIS vector maps.

This paper proposes a blind watermarking scheme for the copyright protection of GIS vector maps by using the geometrical characteristics of the polygon. In our scheme, we select the layer where watermark is embedded. And then, we calculate each surface area of polygons and MAPG(mean areas of polygon group) in the selected layer. Using the calculated MAPG, all polygons in the layer have been grouped into similar area distributions. Finally the watermark is embedded by changing each mean area distribution of the grouped polygons with transparency and robustness of the watermark. From experimental results, we confirmed that the artifacts by the embedded watermark are not observed to users and the watermark has the robustness against geometrical attacks like as translation, rotation and cropping and so on.

I. 서론

최근, 실생활 공간을 컴퓨터를 통해 모델링하여 디지털화된 공간 데이터로 구현하고자하는 요구가 증가하면서 지리정보시스템(GIS, geographic information system)의 중요성이 크게 증대되고 있다. 우리나라는 활용수요가 급격히 늘어나고 있는 공간정보의 중요성을 인식하고, 국가 GIS 구축 사업을 성공적으로 추진함으로써 공공부문은 물론 민간 서비스 부문까지 공간정보의 활용을 크게 확산시켰다. 더욱이 유·무선통신과 위치정보의 결합을 통해 위치기반 서비스(LBS, location based service)와 텔레매틱스 서비스 등 새로운 개념의 지리정보 서비스들이 도입되어 새로운 시장을 창출하면서 GIS의 중요성이 더욱 강조되고 있으며, 그에 따라 GIS 콘텐츠의 상업적 가치 또한 날로 증가하고 있다.

하지만 현재 민·관 차원의 GIS 구축 사업이 활발하게 이루어지고 다양한 사회분야에 활용되고 있는 반면, 구축된 GIS를 활용함으로써 얻어진 콘텐츠에 대한 저작권 및 지적 재산권 보호는 아직 미흡한 실정이다. 실제로 국토지리정보원에서 구축한 GIS 데이터들을 일부 비양심적인 GIS 관련 업체들이나 2, 3차 소비자들이 불법 유통하는 사례가 증가하고 있으며, 이러한 문제점들에 대한 해결책으로 GIS 데이터의 저작권 및 지적 재산권 보호 기술의 핵심 기술로서 디지털 워터마킹(digital watermarking) 기술이 요구된다.

디지털 워터마킹이란 인간이 지각적으로 인지할 수 없는 저작권자의 정보, 즉 워터마크(watermark)를 정지영상, 오디오 및 비디오 데이터와 같은 디지털 멀티미디어 콘텐츠에 은닉하는 기술로, 이후 그것이 불법 복제 및

유통 되었을 때 해당 콘텐츠에서 워터마크를 검출함으로써 지적 재산권 및 저작권을 보호하고, 소유권을 주장할 수 있는 근거를 제시할 수 있도록 해 주는 기술이다[1-4]. 따라서 디지털 워터마킹에서는 워터마크가 삽입된 콘텐츠에 대해 고의적, 혹은 비고의적인 왜곡이 발생하더라도 워터마크 검출 과정을 통해 해당 콘텐츠의 저작권 및 소유권을 주장할 수 있는 강인성과 삽입된 워터마크로 인해 콘텐츠의 품질이 저하되지 않도록 하는 비가시성을 만족해야 한다.

우선, 기존의 디지털 멀티미디어 콘텐츠 중 영상에 대한 대표적인 워터마킹 기술들을 살펴보면, Cox 등[3]은 주파수 변환에 의하여 생성된 주파수 계수들을 변형시켜 워터마크를 삽입하는 기법으로 정지영상에 대한 대역확산(spread spectrum) 알고리즘을 제안하였다. 이 알고리즘에서는 전체 영상을 DCT(discrete cosine transform) 영역으로 변환한 후, DC계수를 제외한 AC 계수 중 크기가 큰 1000개의 계수에 대하여 워터마크를 삽입한다. 이 알고리즘은 고주파 성분을 제거하는 저역통과 필터, 손실 부호화 등에는 견고할 수 있지만, 잡음 첨가 및 기하학적 변환 등과 같은 공격에 대해서는 강인하지 못하며, 워터마크가 삽입되는 계수 값들이 대부분 저주파 성분이므로 화질의 열화가 심하게 발생하는 단점이 있다.

Podilchuk 등[4]은 JND(just noticeable difference)를 이용한 시각 모델 기반의 워터마킹 기법을 제안하였다. 이 알고리즘은 영상을 DCT 및 DWT(discrete wavelet transform)에 의한 다해상도 주파수 영역으로 변환한 후, 비가시성을 위하여 각 블록의 DC 및 기저대역의 계수들을 제외한 나머지 부대역상에서 변환 계수들에 대하여 JND에 따라 적응적으로 워터마크를 삽입한다. 그러나 이 알고리즘은 강인성 및 비가시성을 만족하지만 워터마크 검출 시 원 영상이 필요하다는 단점을 가지고 있다.

GIS 콘텐츠의 기반이 되는 벡터 맵 데이터(vector map data)는 꼭짓점

좌표와 벡터 성분으로 이루어져 있어 기존의 화소 기반 2D 영상에 대한 워터마킹 기술을 적용하는 것은 기술적으로 한계가 있다. 따라서 이런 이유로 최근 해외에서는 화소기반의 영상에 대한 워터마킹 기술과 달리 독자적으로 벡터 맵 데이터에 대한 저작권 보호를 위한 워터마킹 기술이 연구되기 시작하였다.

벡터 디지털 맵에서의 워터마킹 기술을 최초로 연구한 Ohbuchi 등[5]은 원본 벡터 맵을 일정한 크기로 나누거나, 쿼드트리(quadtree) 혹은 수정된 쿼드트리(modified quadtree) 방식으로 나눈 후, 나누어진 각각의 블록에 대해 워터마크(watermark) 한 비트씩을 반복 삽입하는 방법을 제안하였는데, 이 방법은 워터마크 삽입 시 의사난수열(PRNS, pseudo-random number sequence)를 사용함으로써 보안성과 검출된 워터마크의 신뢰성을 향상시켰다. 그러나 이 방법은 워터마크 검출 시 원래의 벡터 맵 데이터를 필요로 하며, 지도의 특성에 따른 은닉 방법이 적응적이지 못하다. 또한 아핀(affine) 변환과 같은 맵 전체의 변형과 위상 변화에 대해서 강인성이 취약한 단점이 있다.

Garret Schulz와 Michael Voigt[6]는 정확한 허용오차에 따라 원본 맵 데이터를 일정한 면적으로 수직, 또는 수평의 영역들로 나누어 워터마크를 삽입함으로써 이동(move), 랜덤 노이즈 첨가, 단순화(simplification), 절단(cropping)과 같은 공격에 강인한 2D 벡터 맵 워터마킹 기법을 제안하였다. 그러나 이 알고리즘은 각 영역 안의 꼭짓점들이 워터마크 비트에 따라 어느 특정 위치로 이동되었을 때 워터마크의 비동기화 문제가 발생하는 단점을 가지고 있다.

Hwan Kang 등[7]은 원본 벡터 맵 파일의 객체(object)를 워터마크 비트에 따라 동일한 객체를 하나 또는 두개로 중복 생성하여 덮어 쓴다. 이 기법은 워터마크 삽입 전·후의 데이터가 시각적으로 동일하며, 파일 포맷 변

환에 강인하다. 그러나 절단과 같은 기하학적 공격에 취약하며, 데이터의 용량이 증가하는 큰 단점이 있다.

Bill Huber[8], Kyi Tae Park 등[9], H. Sonnet 등[10]의 공통된 방법은 원본 맵 내에 새로운 꼭짓점을 삽입함으로써 워터마크를 삽입하는 기법을 제안한 것이다. Bill Huber의 기법에 대해 살펴보면, 원본 맵 내에서 시작점과 끝점을 두 개의 인접한 꼭짓점으로 놓고, 두 점을 연결한 하나의 직선을 가정하고 워터마크 비트 수 만큼 그 직선상에 새로운 꼭짓점을 삽입한다. 이때, 워터마크에 따라 새로운 꼭짓점들과의 거리를 결정한다. 이 기법은 회전이나 확대, 축소와 같은 공격에는 강인한 반면, 워터마크가 삽입된 맵의 데이터 용량이 증가하는 것과 단순화와 같은 공격에 대해서 강인성이 취약한 단점들이 있다.

지금까지 살펴본 바와 같이 국외 연구자들에 의해 벡터 맵에 대한 워터마킹 기술 연구는 활발히 진행되어 왔으나, 반면 국내에서의 연구는 미진한 상태이며, 또한 이러한 기존의 기법들은 비가시성과 강인성을 동시에 만족하지 못한다[11-25].

따라서 본 논문에서는 GIS 콘텐츠 내에서 벡터 맵의 저작권 보호를 위해 비가시성 및 강인성을 동시에 만족하고 워터마크를 맵 특성에 따라 적응적으로 삽입하기 위해 폴리곤(polygon)의 평균면적을 이용한 워터마킹 기법을 제안한다[26-31].

제안한 기법은 GIS 시스템의 주 데이터 포맷인 벡터 데이터 기반에서 폴리곤 성분에 대하여 워터마크를 삽입한다. 제안한 기법의 워터마크 삽입 과정은 우선, GIS 벡터 맵 내에서 워터마크를 삽입 할 레이어와 그 레이어 내의 폴리곤을 선택하고, 선택한 레이어에 포함된 전체 폴리곤들의 면적의 분포를 이용하여 여러 개의 면적분포 구간으로 나눈 후, 각 구간에 속하는 폴리곤들의 평균면적을 적응적으로 가변시키는 방법으로 워터마크를 삽입

한다. 또한, 워터마크를 삽입하는 과정에서 워터마크 키를 생성하고, 이 키를 워터마크 검출 시에 사용하는데, 이것은 워터마크 키만으로는 원본 데이터의 속성을 전혀 알 수 없으므로, 제안한 기법이 블라인드(blind) 워터마킹 기법을 만족하기 위한 것이다.

실험 결과, 워터마크가 삽입된 GIS 벡터 맵의 PSNR(peak signal to noise ratio)이 100dB 이상으로 삽입된 워터마크의 비가시성을 만족하고, 절단, 노이즈 첨가, 스케일링(scaling), 이동, 회전(rotation) 등의 공격에 대하여 비트 오류율(BER, bit error rate)이 0~5%로써 제안한 알고리즘이 강인함을 확인하였다.

본 논문의 구성으로 2장에서는 GIS 데이터 체계 및 구조에 대해 상세히 알아보고, 3장은 기존의 벡터 데이터 워터마킹 알고리즘에 대해 서술하였으며, 4장은 본 논문에서 GIS 콘텐츠 내에서 제안한 적응적인 블라인드 워터마크 삽입 및 추출 방법을 서술한다. 5장은 제안한 방법의 비가시성과 강인성에 대한 실험결과 및 고찰을 정리하고, 마지막으로 6장의 결론으로 제안한 방법에 대해 평가하고자 한다.

II. GIS 데이터 체계 및 구조

GIS는 여러 종류의 지리정보 데이터를 관리하고 분석하여 사용자에게 원하는 정보를 제공하여 주는 시스템으로서 다양한 형태의 지리정보를 효율적으로 수집, 저장, 갱신, 처리, 분석, 출력하기 위해 이용되는 하드웨어, 소프트웨어, 지리자료(데이터), 인적자원(사용자)의 총체적 조직체로 구성된다. 하드웨어는 컴퓨터 시스템의 물리적 장치를 가리키는 말로써 눈으로 볼 수 있고 손으로 만질 수 있는 것을 의미하며, GIS에서 하드웨어의 구성은 컴퓨터, 입력장치, 출력장치로 구성된다. GIS가 운영되는 컴퓨터로서 서버, 데스크톱 PC, 네트워크 NT 등이 있으며, 소프트웨어는 지리정보를 저장, 분석, 시각화 기능을 제공하는 소프트웨어를 말하며, 다양한 매핑과 지형분석 업무를 수행할 수 있도록 하는 여러 개의 프로그램으로 구성되어 있다. 또한 데이터는 공간정보와 속성정보로 구성되며 GIS에서 가장 중요한 부분이며, GIS 사용자는 개발자에서부터 매일 사용하는 관리자까지 넓게 포괄한다.

GIS 자료는 그림 1에서 나타낸 것과 같이, 크게 공간자료(spatial data)와 속성자료(attribute data)로 구분된다. 공간자료는 위치자료나 사상 또는 대상물의 위치에 관한 자료로서 그림으로 표현되는 경우가 많으므로 도형자료(graphic data)라고도 한다. 공간자료는 일반적으로 대상물의 위치와 그 주변과의 관계를 나타내기 위한 지도형태로 표현되므로 주로 지상측량, 항공사진 측량, 위치 항법 장치(GPS, global positioning system), 원격탐사 등의 측량 기술들에 의해서 얻어지며, 이렇게 획득된 공간자료의 종류는 그 형태에 따라서 점, 선, 면으로 3가지 기본 요소로 표시된다. 속성자료는

대상물의 특성이나 이와 관련된 사항들을 기술하는 자료를 의미하며, 문자로 표현되는 경우가 많으므로 비도형(non-graphic) 자료라고도 한다. 그리고 공간자료가 주로 측량에 의해서 구축되는 반면, 속성자료는 그 종류가 다양하여 각종 통계자료, 보고서 및 문서자료, 현장조사 등 여러 가지 방법으로 만들어지는 것으로 구분된다.

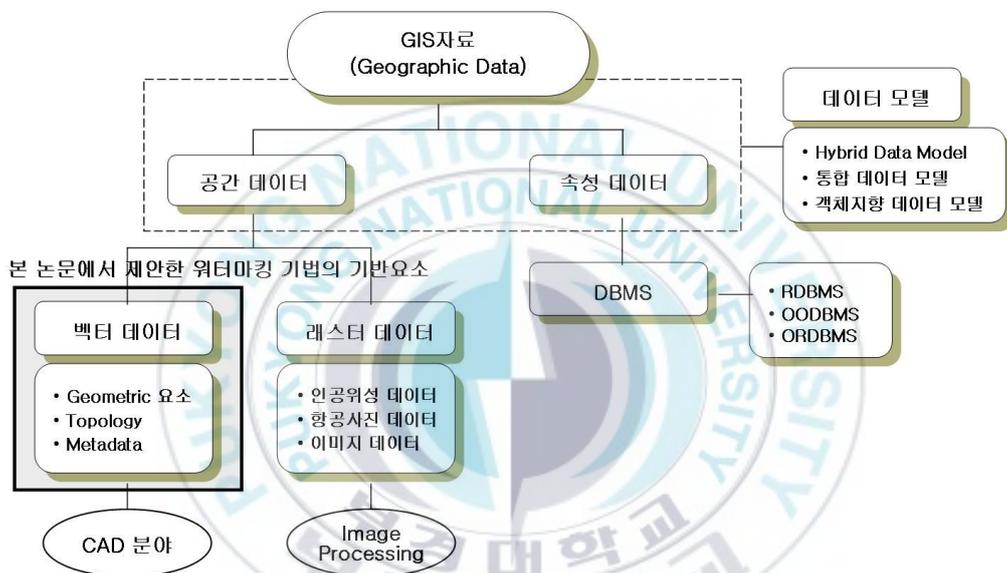


그림 1. GIS 자료 구조 및 제안한 워터마킹 기법의 기반 요소

지리자료는 위치, 위상학적 연결성, 사상의 속성 등 독특한 정보를 저장하고 있기 때문에 타 정보시스템에서 이용되고 있는 자료들과는 다른 구조를 가지고 있다. 또한 자료의 처리에 있어 위상학적이고 공간적인 측면이 고려되어야 하기 때문에 타 정보 시스템과는 큰 차이가 있다.

GIS는 공간 자료구조를 이용하여 위치 및 속성에 관한 정보를 컴퓨터로 표현할 수 있으며, 일반적으로 공간의 위상학적 정보를 표현하는 자료구조에는 래스터 구조와 벡터구조가 있다. 또한 래스터 자료구조는 실세계를

균등한 크기의 셀로 분할하여 각 셀의 위치와 속성을 표현하는 방식으로 격자 혹은 픽셀로 구성된 배열구조를 가지며, 자료구조가 간단하고 지도 중첩이나 원격탐사 자료와의 연결과 다양한 공간 분석이 용이하나, 네트워크 연계 구현이 어려우며 투영 변환에 많은 시간이 소모되는 단점이 있다. 표 1은 벡터 구조와 래스터 구조를 비교한 것이다.

표 1. 벡터 구조 GIS 맵과 래스터 구조 GIS 맵의 비교

비교항목	벡터 구조	래스터 구조
데이터 구조	<ul style="list-style-type: none"> · 임의 표현 가능 · 데이터 구조가 복잡할 수 있음 	<ul style="list-style-type: none"> · 정방향으로 일정 (압축 형식 지원) · 셀 간격에 의존
정밀도	<ul style="list-style-type: none"> · 기본도에 의존 	<ul style="list-style-type: none"> · 셀 간격에 의존
공간 데이터 표현	<ul style="list-style-type: none"> · 점, 선, 면 등으로 표현 	<ul style="list-style-type: none"> · 셀의 면 단위만 표현
속성 데이터와 연계	<ul style="list-style-type: none"> · 점, 선, 면 각각의 공간 데이터와 결합 가능 	<ul style="list-style-type: none"> · 셀 단위로 공간 데이터와 결합 가능
데이터 양	<ul style="list-style-type: none"> · 공간 데이터의 양에 의존 	<ul style="list-style-type: none"> · 그림의 크기와 정밀도에 의존
확대/축소	<ul style="list-style-type: none"> · 지도를 확대·축소하여도 형상이 변하지 않음 	<ul style="list-style-type: none"> · 지도의 확대·축소 시 거칠게 표현됨
선별적 관리	<ul style="list-style-type: none"> · 원하는 데이터 항목만 관리/출력이 가능 	<ul style="list-style-type: none"> · 전체 그림 단위로만 관리
공간 해석	<ul style="list-style-type: none"> · 고도의 프로그램이 필요 	<ul style="list-style-type: none"> · 매우 단순함
네트워크 해석	<ul style="list-style-type: none"> · 위상 표현이 가능 	<ul style="list-style-type: none"> · 위상 표현 불가능

수치지도에서는 일반적으로 방대한 자료에 대한 데이터베이스의 구축이 전제로 되기 때문에 특별한 경우가 아니면 벡터 자료구조를 선택하는 것이 일반적이다. 따라서 본 논문에서는 앞서 언급한 내용을 기반으로 벡터 자

료구조 기반의 워터마킹 기법을 제안하는데, 워터마크 삽입을 위해서 우선 벡터 데이터의 특성과 현재 국토지리정보원 수치지도의 표준 포맷에 대해 분석하고, 공격으로 간주될 수 있는 여러 가지 데이터 핸들링에도 강한 삽입과 검출 알고리즘을 제안한다.

GIS 데이터는 그림 2 및 표 2에서와 같이 철도, 하천, 도로, 건물 등 지형·지물의 특성과 데이터의 특성에 따라서 여러 개의 레이어들로 구성되어 있으며, 각 레이어는 점, 선, 면, 문자 등의 네 종류로 표현되고, 축척별 도식규정을 적용하여 GIS 데이터를 제작하기 때문에 지형·지물의 표현 방식에 차이가 있다.

- 점: 전주, 맨홀, 논, 밭 등의 심벌과 표고 값을 표현하는데 사용되고 있으며 축척별로 심벌의 내용과 규격은 달라진다.
- 선: 도로, 도로중심선, 철도 등의 데이터를 표현하는데 사용되고 있으며 축척에 따라서 선의 데이터가 면으로도 표현될 수 있다.
- 면: 경계, 건물, 도로 등의 데이터를 표현하는데 사용되고 있으며 GIS 구축 공간데이터로 변환할 때 중요한 자료로 사용된다.
- 문자: 건물명, 도로명, 등고 수치 등 주로 주기를 표현할 때 사용되고 있으며 축척별로 문자의 규격은 달라진다.

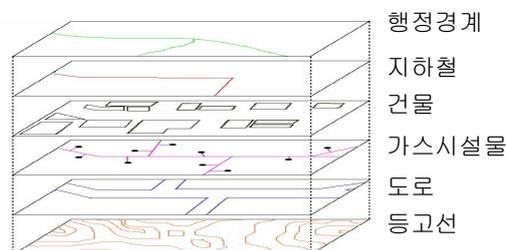


그림 2. GIS에서의 레이어 체계

표 2. 1/5,000 및 1/25,000 수치지도 레이어 체계(대분류)

Layer 코드	내용	Layer 코드	내용
1###	철도	6###	시설물
2###	하천	7###	지형
3###	도로	8###	행정 및 지역경계
4###	건물		
5###	지류	9###	주기

GIS의 데이터 형식은 데이터 구조를 실제로 저장하거나 이기종간의 상호 교환을 목적으로 하는 물리적인 표현 방법으로 어떠한 데이터 형식을 갖느냐에 따라 데이터 저장 효율 및 처리 기능의 성능이 좌우된다. 따라서 GIS에서는 데이터의 보안과 시스템 성능의 향상을 위해 시스템 고유의 자체 데이터 저장 형식을 갖는다. 그러나 이렇게 자체 형식만을 지원하게 되면, 같은 도면의 중복 생성과 서로 다른 시스템 간의 데이터 호환성에 많은 문제점을 갖게 되므로 대부분의 GIS 소프트웨어에서는 자체 저장 형식 뿐만 아니라 이기종 또는 서로 다른 시스템 간의 데이터 교환을 목적으로 하기 위해 표준화된 공통의 교환 형식을 지원하는 것이 일반적이다. 이러한 공간 데이터를 서로 다른 시스템에서 상호 교환하여 사용할 수 있는 공통의 표준 교환 형식에 대해 알아보면 표 3과 같다.

아래 표 3에서 보듯이 현재 국토지리정보원 수치지도의 표준 포맷은 DXF(drawing exchange format) 파일이며, 국토지리정보원에서 제작한 DXF 파일은 그림 3으로 표현된다. 선은 라인(line)과 폴리라인(polyline) 방식으로 표현되는데, 라인 데이터는 끝은 라인 선분(line segment)으로서, 높이와 두께를 가질 수 있는 1차원 형상이다. 구성은 레이어, 시작점 X, Y, Z 좌표, 끝점의 X, Y, Z 좌표로 구성되었으며, 중간 좌표(vertex)가 없는

데이터 구조이다. 폴리라인 데이터는 실 지형의 복잡한 지형을 표현하는데 유리하며, 라인 데이터와는 달리 중간 좌표를 가질 수 있고, 구성은 초기 설정자료(레이어 X, Y, Z의 초기값의 기본정보)와 좌표(X, Y, Z의 좌표 값)들의 집합으로 구성된다. 이때 좌표의 시작점과 끝점이 동일하면 면(폴리곤, polygon)의 모습을 표현하고, 다르면 연결된 라인을 표현한다.

표 3. 상용 GIS 자료구조의 종류

자료구조	자료구조 설명
SDTS	<ul style="list-style-type: none"> · Spatial Data Transfer Standard · 각기 다른 종류의 공간 및 속성 데이터가 서로 호환될 수 있도록 만든 표준 · 벡터나 래스터로 된 어떤 형태의 데이터 등과도 호환 · 이기종 컴퓨터 간에 수치 데이터의 전송이 포함된 정부 응용 및 프로그램 개발 등에 필수적으로 적용되도록 설계
DIGEST	<ul style="list-style-type: none"> · Digital Geographic Information Exchange Standard · 4단계의 위상 관계를 이용 · 우리나라에서는 군사용으로 DIGEST를 표준 형식으로 제정
DXF	<ul style="list-style-type: none"> · Drawing Exchange Format · AutoCAD에서 데이터 교환의 목적으로 만든 형식 · 이진(binary) 데이터 형식과 아스키 데이터 형식의 두 가지 형태로 저장 · 현재 국토지리정보원 수치지도의 표준 포맷
TIFF	<ul style="list-style-type: none"> · Tag Image File Format · Aldus와 Microsoft에 의해 개발되고 지원되는 구조로 desktop 출판과 관련된 응용분야에서 데이터 변화를 위해 개발 · 매킨토시, PC, 유닉스 워크스테이션 등에서 지원
TIGER	<ul style="list-style-type: none"> · Topologically Integrated Geographic Encoding and Referencing · 미국의 Census Bureau의 센서스 조사에서 수치지도와 관련된 지리적 활동을 지원하기 위해 1990년 개발 · 가장 잘 통합되고 자동화된 지리 데이터베이스

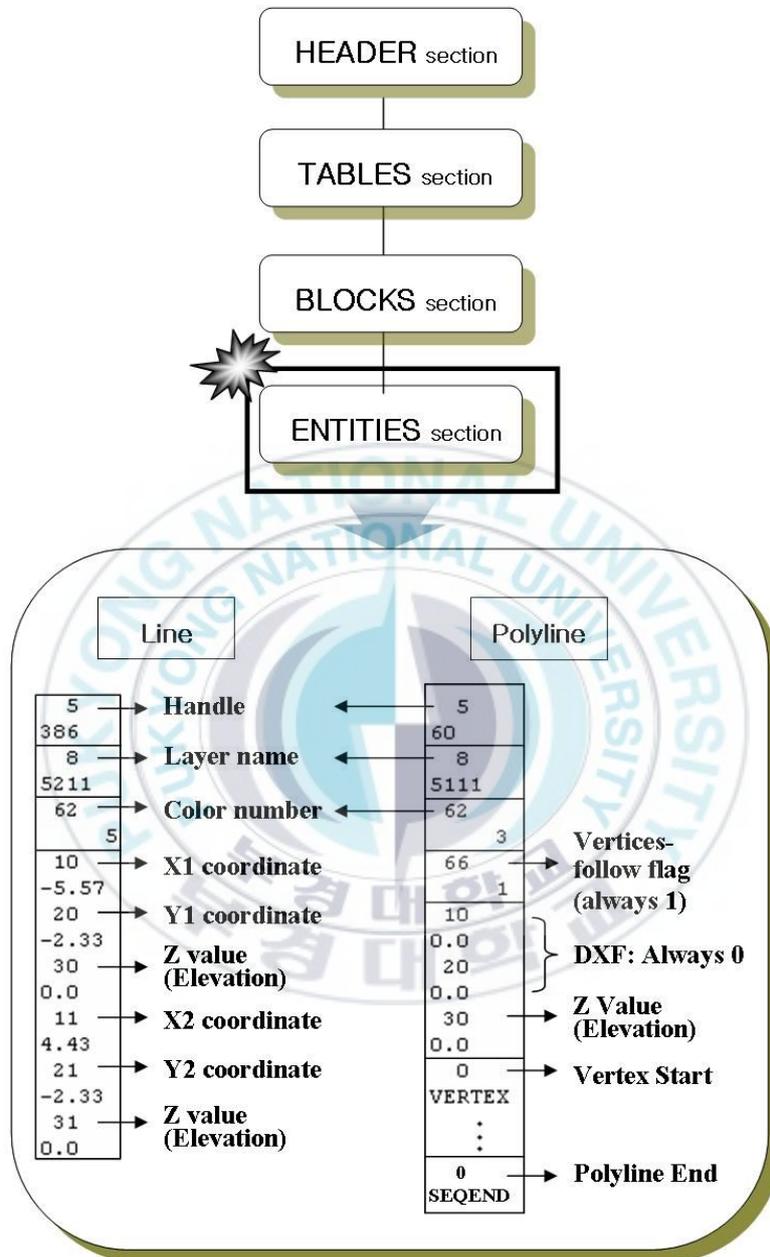


그림 3. DXF 파일 포맷의 내부 구조

그림 3에서 나타낸 것과 같이, DXF 파일은 HEADER, TABLES, BLOCKS, ENTITIES으로 이루어져 있으며, 이 중 그림 3에서 강조된 ENTITIES 섹션(section)은 실제 도면 형상에 대한 정보들을 담고 있으며, 일반적으로 제작된 수치지도의 DXF 구조에서 ENTITIES 섹션의 크기가 도면 크기의 95%이상을 차지한다. 따라서 제안한 방법은 GIS 맵 구성에서 가장 중요한 ENTITIES 섹션에 대해 워터마킹을 수행한다. 한편 워터마크가 삽입된 GIS 벡터 데이터에서 의도적이든, 의도적이지 않던 공격으로 고려 될 수 있는 여러 가지 GIS 벡터 맵 변형 방법들에 대해 살펴보면 다음과 같으며, 제안한 기법의 강인성 평가를 위한 실험에서도 사용된다.

(1) 기하학적 공격

- 회전, 확대·축소, 이동: 도면의 일부를 필요에 의해 회전, 확대·축소, 이동하는 경우에도 워터마크는 검출 가능해야 한다.
- 아핀(Affine): 축척 비율 및 정밀도를 위한 아핀 변형에도 워터마크는 검출이 가능해야 한다.

(2) 꼭짓점 좌표 공격

- 보간, 단순화, 절단: 꼭짓점의 삽입, 삭제나 일부분을 제거하였을 경우에도 워터마크는 검출되어야 한다.

(3) 성분 재배치

- 파일 저장 시 레이어의 순서나 지형, 지물의 순서를 재배열 했을 때도 워터마크는 검출이 가능해야 한다.

제안한 알고리즘은 이 같은 공격들에 강인하고 동시에 워터마크의 비가시성을 만족시키도록 설계하였으며, 4장에서 제안한 방법의 세부 내용에 대해 자세히 설명하였다.

Ⅲ. 기존의 디지털 맵 워터마킹 알고리즘

본 절에서는 제안한 기법과의 비교 실험을 위해 Ohbuchi 등[5]이 제안한 알고리즘에 대하여 알아보기로 한다. Ohbuchi 등은 벡터 맵에 워터마크를 삽입하는 방법을 최초로 제안하였다. 이 방법에서는 이동, 절단, 확대·축소 등의 기하학적 변형에 대한 견고성을 높이기 위하여 벡터 맵을 여러 영역으로 나뉘서 각 영역에 속하는 꼭짓점들의 좌표를 변화시킴으로서 각 영역에 워터마크가 1 비트씩 삽입된다.

Ohbuchi의 방법에서 워터마크를 삽입하기 위해 벡터 맵을 영역 별로 나누는 방법에 대해 살펴보면 다음과 같다.

- Uniform(UNIF): 벡터 맵을 $k \times l$ 의 균일한 크기의 사각형 영역들로 나눈다. k 와 l 은 임의의 가로와 세로 크기를 의미한다.
- Quadtree(QUAD): 그림 4에 나타난 것과 같이 전체 벡터 맵을 등간격으로 4 분할하고 각 부분을 또 4 분할하여 생기는 트리(tree) 구조를 갖는 영역 집합으로서 한 개의 영역은 꼭짓점에 대한 최대 수용량을 가지고 있어서, d 개의 꼭짓점들의 개수 보다 많으면 다시 더 세분화하여 분할된 영역을 생성한다. 여기서 d 는 각 영역 내 속하는 최대 꼭짓점들의 개수이다.
- Modified quadtree(MQUAD): QUAD 기법을 변형한 방법으로서 d 개의 꼭짓점들의 개수 보다 작게 존재하는 지역을 합쳐서 하나의 영역으로 만든다.

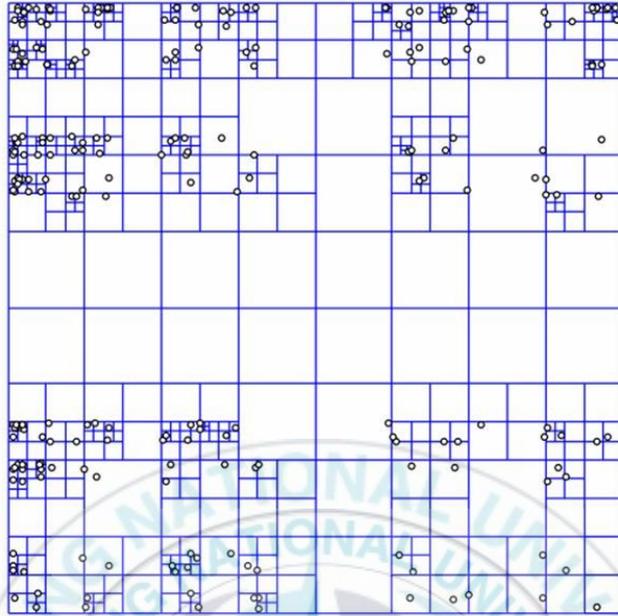


그림 4. Quadtree(QUAD) 분할 방식의 예

앞서 언급한 바와 같이 UNIF, QUAD, MQUAD 등의 방법으로 원본 벡터 맵을 $I(1 < i < I)$ 개의 영역으로 나눈 후, 각 영역에 워터마크를 삽입하는데, 이때, 삽입되는 워터마크 \mathbf{a} 는 m 개의 비트열을 가지는 $\mathbf{a} = (a_1, a_2, \dots, a_m)$ $a_j \in \{0, 1\}$ 이고, \mathbf{a} 를 c 횟수만큼 반복함으로써 $\mathbf{b} = (b_1, b_2, \dots, b_{mc})$ 를 생성하며, $b_i \in \{0, 1\}$ 를 만족한다. 최종적으로 벡터 맵의 각 분할 영역에 삽입되는 워터마크 \mathbf{b}'_i 는

$$b'_i = \begin{cases} -1, & \text{if } b_i = 0 \\ 1, & \text{if } b_i = 1 \end{cases} \quad (1)$$

이고, 워터마크 삽입 방법은 식 (2)와 같다.

$$\hat{v}_{i,m} = v_{i,m} + b'_i \cdot p_i \cdot \alpha, \quad (1 < m < M) \quad (2)$$

이 때, i 번째 영역에 속하는 꼭짓점들의 개수는 M 개이고, $v_{i,m}$ 와 $\hat{v}_{i,m}$ 는 i 번째 영역에 속하는 m 번째 워터마크 삽입 전·후의 꼭짓점 좌표이다.

P_i 는 $P_i \in \{-1,1\}$ 를 갖는 의사랜덤난수(PRNS, pseudo-random number sequence)이고 이 값을 키 k_w 로 저장하여 워터마크 검출 시 사용되며, α 는 워터마크 삽입강도로서 항상 $\alpha > 0$ 이다.

워터마크 검출은 워터마크 삽입 시 생성한 k_w 와 원본 벡터 맵을 필요로 하며, 식 (3)~(6)을 계산하여 워터마크 a_j 를 검출 할 수 있다.

$$\bar{v}_i = \sum_{k=1}^{h_i} \tilde{v}_i, \quad \bar{\hat{v}}_i = \sum_{k=1}^{h_i} \hat{v}_i \quad (3)$$

$$q_j = \sum_{i=jc}^{(j+1)c-1} (\bar{v}_i - \bar{\hat{v}}_i) \cdot p_i = \sum_{i=jc}^{(j+1)c-1} b'_i \cdot \alpha \cdot p_i^2 \quad (4)$$

$$q_j = c \cdot \alpha \cdot b'_i \quad (5)$$

$$a_j = \text{sign}(q_j) \quad (6)$$

여기서 \bar{v}_i 와 $\bar{\hat{v}}_i$ 는 워터마크 삽입 전·후의 모든 꼭짓점 좌표 v_i 와 \hat{v}_i 의 평균이다.

이와 같이 Ohbuchi 등의 방법에서는 벡터 맵을 여러 개의 영역으로 나누고 워터마크를 반복 삽입함으로써 절단, 이동, 확대·축소 등과 같은 기하학적 공격에 견고한 장점을 가진다. 그러나 워터마크 검출 시 식(3)~(6)과 같이 원본을 사용함으로써 원본 자체가 유출 될 수 있는 단점을 가지고 있다.

표 4는 기존 디지털 맵 워터마킹 알고리즘에 대한 성능을 비교한 것이다. 아래 표 4에 나타나듯이 기존의 기법들이 가지고 있는 여러 가지 단점들을 보완하기 위해서는 워터마크 검출 시 원본을 사용하지 않고, 워터마크의 견고성을 유지할 수 있는 워터마킹 알고리즘이 필요하며, 본 논문에서는 그러한 단점들을 해결하기 위한 강인한 블라인드 워터마킹 알고리즘을 제안하였다.

표 4. 기존 기법들의 성능 비교

제안자	제안기법	Blind	Robustness				
			Geo	Sim	Int	Noi	Sh
R. Ohbuchi[5]	· 여러 블록으로 나눈 후, 각각의 블록에 워터마크 한 비트를 반복 삽입	No	Yes	Yes	Yes	Yes	No
H. Kang[7]	· 워터마크에 따라 원본 객체를 중복 생성	Yes	Yes	No	No	No	Yes
B. Huber[8]	· 새로운 좌표를 추가함으로써 워터마크 삽입	Yes	Yes	No	No	No	Yes

- Geo: geometric attacks (translation, rotation, scaling etc.)
- Sim: simplification
- Noi: additional noise
- Int: interpolation
- Sh: shape distortion

IV. 제안한 워터마킹 알고리즘

GIS 데이터는 앞서 언급하였듯이 지형·지물 및 지리 데이터의 특성에 따라 여러 개의 레이어로 구성되고, 각 레이어는 점, 선, 면, 문자 등의 네 종류로 표현된다. 맵 특성에 따라 적응적으로 선택한 특정 레이어 내의 면(폴리곤)에 대해 제안한 워터마크 삽입 블록도를 그림 5에 나타내었으며, 그림 5에서 보듯이 워터마크 삽입 과정은 우선, 원본 GIS 벡터 맵을 분석하여 워터마크를 삽입할 레이어와 폴리곤을 선택하고, 선택한 레이어에서 전체 폴리곤들의 평균면적(MAPG, mean area of polygon group)을 이용하여 각 폴리곤 집합들의 평균면적을 변화시키는 방법으로 워터마크를 삽입한다. 워터마크를 삽입하는 과정에서 워터마크 키(watermark key)를 생성하는데, 이 워터마크 키는 워터마크 검출 시 사용되며, 이렇게 워터마크가 삽입된 폴리곤들은 다시 원본 GIS 데이터에 교체 삽입됨으로서 워터마크가 삽입된 GIS 벡터 맵을 획득할 수 있다.

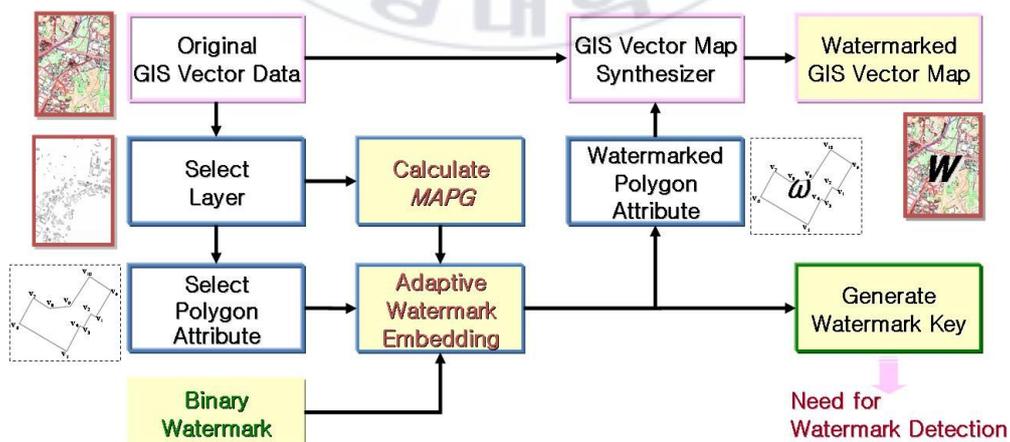


그림 5. 제안한 워터마크 삽입 블록도

4.1 워터마크 삽입 알고리즘

본 논문에서는 GIS 벡터 맵에서 가장 많이 다루어지는 성분 중의 하나인 폴리곤에 대해 폴리곤의 평균면적을 이용하여 워터마크를 은닉하는 방법을 제안한다.

우선 GIS 벡터 맵에서 폴리곤은 초기 좌표(x_0, y_0, z_0)와 면을 이루기 위한 여러 좌표($x_{N-1}, y_{N-1}, z_{N-1}$)들로 구성되어진다. 이때 N 은 한 개의 폴리곤을 구성하는 꼭짓점의 개수이며, 시작점 좌표(x_0, y_0, z_0)와 끝점 좌표(x_N, y_N, z_N)의 좌표 값은 동일하다. 실제로 워터마크를 삽입하는 부분도 이 좌표 값이 되며, 그림 6은 GIS 벡터 맵 내의 일반적인 폴리곤 구조를 나타낸다.

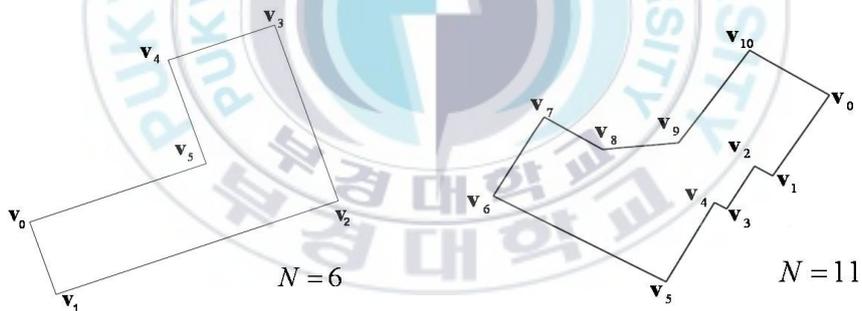


그림 6. GIS에서의 폴리곤 구성 예

앞 절에서 설명한 다양한 공격들에 대해 강인하게 하기 위하여 제안한 알고리즘은 폴리곤들의 면적 분포를 파악한 후, 면적분포에 따라 여러 개의 폴리곤들로 구성된 폴리곤들의 집합을 형성한다. 그리고 각 집합에 속하는 폴리곤들의 평균면적을 비가시성을 만족하는 범위 내에서 변화시킴으로서 워터마크 1 비트를 삽입하게 된다. 여기서, 워터마크 $w_k \in \{0, 1\}$ 는 이진 비트열

$\mathbf{W} = \{w_k | k \in [1, K]\}$ 이며, K 는 워터마크 비트 수이다.

워터마크 삽입을 위한 폴리곤의 집합을 결정하는 방법에 대해 살펴보면, 먼저 원본 GIS 벡터 데이터를 분석하여 워터마크를 삽입하고자 하는 레이어를 선택하고, 해당 레이어에 있는 모든 폴리곤 $P_L = \{P_i | i \in [1, I]\}$ 을 추출한다. 여기서 $P_i = \{\mathbf{v}_{i,n} = (x_{i,n}, y_{i,n}, z_{i,n}) | k \in [0, N]\}$ 는 앞서 언급한 바와 같이 $\mathbf{v}_{i,0} = \mathbf{v}_{i,N}$ 조건을 만족해야 하며, I 는 선택된 레이어 내 모든 폴리곤 개수이다.

P_L 을 추출한 다음, 각 P_i 의 면적 A_i 를 식 (7)을 이용하여 계산하고,

$$A_i = \frac{1}{2} \sum_{n=1}^N (x_{i,n} \cdot y_{i,n+1} - x_{i,n+1} \cdot y_{i,n}) \quad (7)$$

P_L 의 평균 면적 $MAPG$ 는 식 (8)로서 계산한다.

$$MAPG = \frac{1}{KI} \sum_{i=1}^I A_i \quad (8)$$

그 후, 계산된 $MAPG$ 를 이용하여 $2 \times MAPG$ 를 여러 개의 구간 $S = \{S_k | k \in [1, K]\}$ 으로 나눈다. 각 구간 S_k 에 속하는 폴리곤 $P_{k,j}$ 는 식 (9)와 같고,

$$S_k = \left\{ P_{k,j} | j \in [1, J], (k-1) \frac{2MAPG}{K} < A_{k,j} < k \frac{2MAPG}{K} \right\} \quad (9)$$

J 는 S_k 에 속하는 폴리곤 P_i 의 개수이고, $P_{k,j}$ 와 $A_{k,j}$ 는 S_k 에 속하는 P_i 와

P_i 의 면적 A_i 이다. 그런 다음, S_k 의 $P_{k,j}$ 평균면적 \bar{A}_{S_k} 를 식 (10)과 같이 계산한 후,

$$\bar{A}_{S_k} = \sum_{j=1}^{N_s} A_{k,j} / J \quad (10)$$

w_k 에 따라 \bar{A}_{S_k} 의 값을 변화시킴으로써 워터마크를 삽입한 $\bar{A}_{S_k}^*$ 을 얻을 수 있다. 이때, $\bar{A}_{S_k}^*$ 는 식 (11)의 조건을 만족해야 한다.

$$\begin{aligned} &\text{if } w_k = 0, \\ &\quad \bar{A}_{S_k}^* \in \left[(k-1) \frac{2 \cdot \text{MAPG}}{K}, (k - \frac{1}{2}) \frac{2 \cdot \text{MAPG}}{K} \right] \\ &\text{else } w_k = 1, \\ &\quad \bar{A}_{S_k}^* \in \left[(k - \frac{1}{2}) \frac{2 \cdot \text{MAPG}}{K}, k \frac{2 \cdot \text{MAPG}}{K} \right]. \end{aligned} \quad (11)$$

$$\text{key}_k = k \frac{2 \cdot \text{MAPG}}{K} \quad (12)$$

그리고 워터마크 검출을 위한 $k \frac{2 \cdot \text{MAPG}}{K}$ 를 식 (12)와 같이 워터마크 키 key_k 로 저장한다. key_k 만으로는 원본 데이터의 속성을 전혀 알 수 없으므로 제안한 기법은 블라인드 워터마킹 기법으로 설계되었다고 할 수 있다. 그림 7은 $w_k = 0$ 일 때, 식 (7)~(11)까지를 도식화 한 것이며, $\bar{A}_{S_k}^*$ 는 식 (11)에 나타난 것과 같이 $(k-1) \frac{2 \cdot \text{MAPG}}{K}$ 와 $(k - \frac{1}{2}) \frac{2 \cdot \text{MAPG}}{K}$ 사이에 위치하도록 한다. $\bar{A}_{S_k}^*$ 는 워터마크 삽입 후의 \bar{A}_{S_k} 이다.

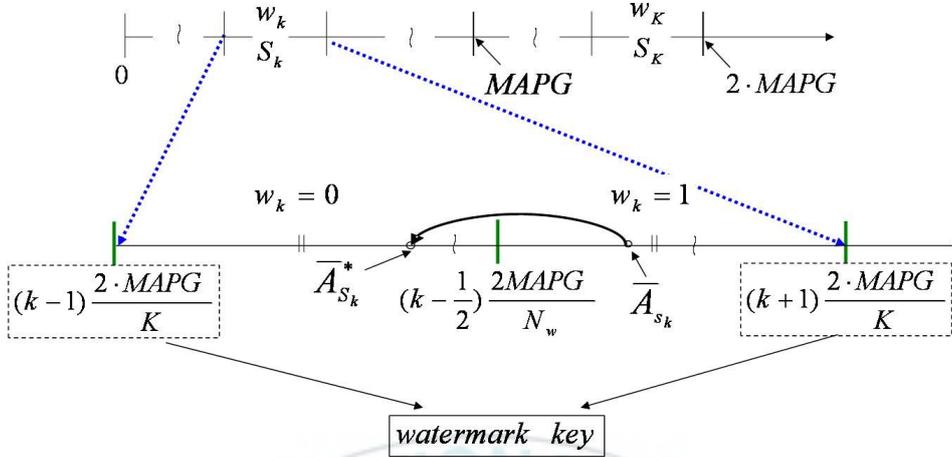


그림 7. 각 폴리곤 면적 분포 구간 별 워터마크 삽입 방법

제안한 방법에서 워터마크 비트에 따라 \bar{A}_{S_k} 을 변화시키는 방법에 대해 보다 구체적으로 살펴보면, 워터마크 비가시성을 위해 \bar{A}_{S_k} 는 각 집합에 속하는 폴리곤들의 면적 $A_{k,j}$ 를 해당 집합 내 각 폴리곤 면적을 변경함으로써 워터마크 비가시성을 위해 적응적으로 해당 폴리곤 집합의 면적을 변화시키게 된다. 이때, 각 폴리곤 $P_{k,j}$ 의 면적 $A_{k,j}$ 을 고려하여 해당 폴리곤의 좌표들을 식 (13)의 워터마크 삽입강도 $\sqrt{\alpha_{k,j}}$ 를 이용하여 수정하는 방식으로 S_k 구간 내 폴리곤들의 평균 면적 \bar{A}_{S_k} 를 재귀적으로 변경함으로써 워터마크를 삽입한다.

$$\sqrt{\alpha_{k,j}} = \frac{1}{2} \sum_{n=1}^N (A_{k,j} + m_k), \quad (13)$$

$$m_k = \begin{cases} (k-1) \frac{2 \cdot \text{MAPG}}{K} + (k - \frac{1}{2}) \frac{2 \cdot \text{MAPG}}{K}, & \text{if } w_k = 0 \\ (k - \frac{1}{2}) \frac{2 \cdot \text{MAPG}}{K} + k \frac{2 \cdot \text{MAPG}}{K}, & \text{otherwise} \end{cases}$$

여기서 m_k 는 워터마크에 의한 해당 폴리곤 집합의 평균면적을 결정하기 위해 그 집합 내의 각 폴리곤 면적의 변화량을 조절하는 요소이다. 여기서 꼭짓점 좌표를 이용하여 하나의 폴리곤 면적을 가변시키는 방법은 식 (14)와 같이 계산함으로써 수행된다.

$$\begin{aligned}
 & \text{if } w_k = 0 \\
 & \quad \text{if } A_{k,j} \in \left[\left(k - \frac{1}{2}\right) \frac{2 \cdot \text{MAPG}}{K}, k \frac{2 \cdot \text{MAPG}}{K} \right] \\
 & \quad \quad A_{k,j}^* = \frac{1}{2} \sum_{n=1}^N \left(\sqrt{\alpha_{k,j}} \cdot x_{k,j,n} \cdot \sqrt{\alpha_{k,j}} \cdot y_{k,j,n+1} \right. \\
 & \quad \quad \quad \left. - \sqrt{\alpha_{k,j}} \cdot x_{k,j,n+1} \cdot \sqrt{\alpha_{k,j}} \cdot y_{k,j,n} \right) \\
 & \text{if } w_k = 1 \\
 & \quad \text{if } A_{k,j} \in \left[\left(k - 1\right) \frac{2 \cdot \text{MAPG}}{K}, \left(k - \frac{1}{2}\right) \frac{2 \cdot \text{MAPG}}{K} \right] \\
 & \quad \quad A_{k,j}^* = \frac{1}{2} \sum_{n=1}^N \left(\sqrt{\alpha_{k,j}} \cdot x_{k,j,n} \cdot \sqrt{\alpha_{k,j}} \cdot y_{k,j,n+1} \right. \\
 & \quad \quad \quad \left. - \sqrt{\alpha_{k,j}} \cdot x_{k,j,n+1} \cdot \sqrt{\alpha_{k,j}} \cdot y_{k,j,n} \right)
 \end{aligned} \tag{14}$$

식 (14)에 나타낸 것처럼 워터마크가 삽입된 $A_{k,j}^*$ 는 각 폴리곤의 면적에 따라 적응적으로 변하게 되고, 최종 워터마크가 삽입된 GIS 데이터의 꼭짓점 좌표는 식 (15)와 같이 구해진다.

$$(x_{k,j}^*, y_{k,j}^*) = (\sqrt{\alpha_{k,j}} \cdot x_{k,n}, \sqrt{\alpha_{k,j}} \cdot y_{k,n}) \tag{15}$$

이때, 강인성을 높이기 위하여 적응적 임계치 $\Delta\gamma$ 와 $\Delta\delta$ 를 이용해서 워터마크 비트에 따라 $\bar{A}_{S_k}^*$ 의 값이 식 (16)을 만족 할 때까지 식 (13) 및 (14)을 반복함으로써 워터마크가 삽입된 GIS 벡터 데이터를 얻을 수 있다.

$$\bar{A}_{S_k}^* = \begin{cases} (k-1)\frac{2\cdot MAPG}{K} + \Delta\delta < \bar{A}_{S_k}^* < (k-\frac{1}{2})\frac{2\cdot MAPG}{K} - \Delta\gamma, & \text{if } w_k = 0 \\ (k-\frac{1}{2})\frac{2\cdot MAPG}{K} + \Delta\gamma < \bar{A}_{S_k}^* < k\frac{2\cdot MAPG}{K} - \Delta\delta & , \text{ otherwise} \end{cases} \quad (16)$$



4.2 워터마크 검출 알고리즘

제안한 워터마크 검출 알고리즘은 그림 8에서와 같이 우선 워터마크가 삽입된 GIS 벡터 맵에서 워터마크가 삽입된 레이어를 선택하고, 해당 레이어 내의 모든 폴리곤을 추출한다. 그 후, 선택된 레이어 내 모든 폴리곤의 면적 A_i^* 를 식 (17)을 이용하여 계산하고, 모든 A_i^* 의 평균면적 \overline{MAPG} 를 식 (18)을 이용하여 구한다. 이때, $x_{i,n}^* \cdot y_{i,n}^*$ 와 A_i^* 는 각각 워터마크 삽입 후의 폴리곤의 꼭짓점 좌표 값과 면적이다.

$$A_i^* = \frac{1}{2} \sum_{n=1}^N (x_{i,n}^* \cdot y_{i,n+1}^* - x_{i,n+1}^* \cdot y_{i,n}^*) \quad (17)$$

$$\overline{MAPG} = \frac{1}{KI} \sum_{i=1}^I A_i^* \quad (18)$$

그리고 워터마크 삽입 시 저장한 워터마크 키 key_k 를 이용하여 $2 \times \overline{MAPG}$ 을 워터마크 개수 K 만큼 구간 S_k 를 나누고, 각 구간 S_k 에 속하는 폴리곤들의 평균면적 $\overline{A}_{S_k}^*$ 를 구한다. 최종적으로 식 (19)에 나타낸 것과 같이 $k \frac{2 \cdot \overline{MAPG}}{K}$ 와 $\overline{A}_{S_k}^*$ 값을 비교함으로써 삽입한 워터마크를 검출할 수 있다.

$$w_k^* = \begin{cases} 0, & \text{if } (k-1) \frac{2 \cdot \overline{MAPG}}{K} < \overline{A}_{S_k}^* < (k - \frac{1}{2}) \frac{2 \cdot \overline{MAPG}}{K} \\ 1, & \text{if } (k - \frac{1}{2}) \frac{2 \cdot \overline{MAPG}}{K} < \overline{A}_{S_k}^* < k \frac{2 \cdot \overline{MAPG}}{K} \end{cases} \quad (19)$$

여기서, $\bar{A}_{S_k}^*$ 는 워터마크 삽입 후 각 구간 내 폴리곤들의 평균면적이며, $k \frac{2 \cdot MAPG}{K}$ 값은 key_k 에 저장된 값이며, $(k - \frac{1}{2}) \frac{2 \cdot MAPG}{K}$ 는 각 구간의 중간 값이며, w_k^* 는 검출된 워터마크이다.

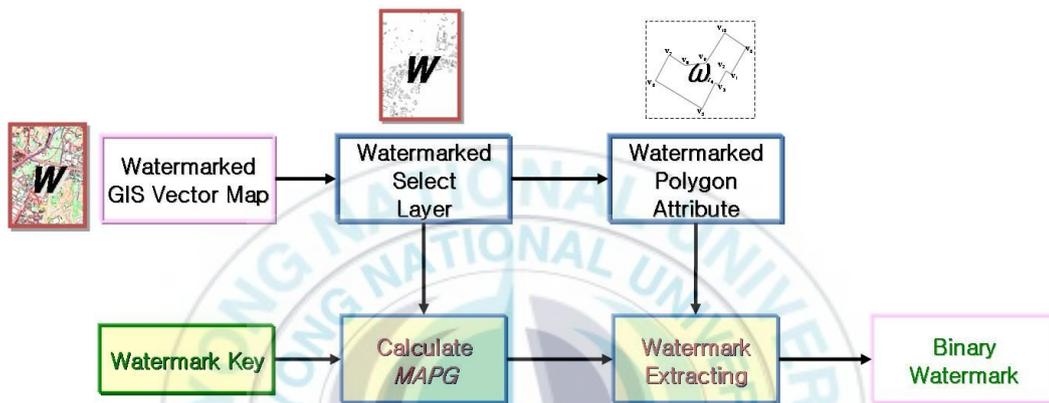


그림 8. 제안한 워터마크 검출 블록도

V. 실험 결과 및 분석

제안한 벡터 기반 GIS 콘텐츠의 워터마킹 알고리즘 검증을 위해 국토지리정보원에서 제공하는 수치지도 샘플 데이터(현행 DXF Format)로 1:5,000 수치지도를 사용하였다. 4장에서 설명하였듯이 원 GIS 벡터 맵에서 각 레이어별로 분리한 다음 워터마크를 삽입하고자 하는 레이어를 선택하고 폴리곤 성분을 추출한 후, 워터마크를 삽입하였다.

워터마크로는 20개의 이진 비트열을 사용하였고, 삽입 강도 $\sqrt{\alpha_{k,j}}$ 는 폴리곤 면적에 따라 적응적으로 계산되어지며, 워터마크 삽입 시 비가시성을 고려하여 $\Delta\gamma = \Delta\delta = 1$ 로 하였다.

1:5,000 수치지도는 총 73개의 레이어로 이루어져 있으며, 폴리곤의 개수가 많은 건물을 표현한 레이어 '4111'와 '4112'를 선택하여 워터마크를 삽입하였다.

워터마크가 삽입된 GIS 벡터 맵은 그림 9(b)에서 나타낸 바와 같이 시각적으로 워터마크의 삽입 여부를 구분하기 어렵다는 것을 확인 할 수 있었다. 그리고 영상, 오디오 및 비디오 등에서 비가시성을 평가하기 위한 객관적인 화질 척도로 *PSNR*을 사용하였고, *PSNR*을 구하는 공식은 식 (20)과 같다.

$$PSNR \text{ [dB]} = 20 \log_{10} \left(\frac{\text{MAX}(V_{x,y})}{RMSE} \right) \quad (20)$$

$$RMSE = \sqrt{\sum ((V_{x,y} - V_{x,y}^*)^2 / N_{total})} \quad (21)$$

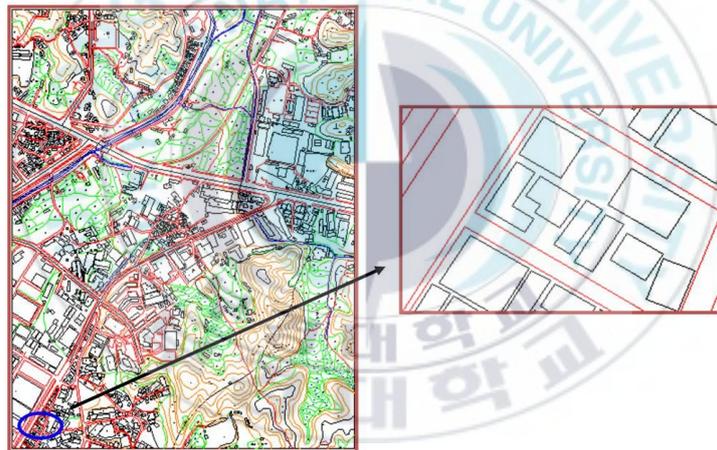
여기서 $V_{x,y}$ 및 $V_{x,y}^*$ 는 각각 원본 GIS 벡터 맵의 좌표와 워터마크가 삽입된 GIS 벡터 맵의 좌표이며, N_{total} 은 GIS 벡터 맵의 전체 꼭짓점 좌표의 개수이다.

그리고 강인성을 평가하기 위해 공격으로 간주할 수 있는 핸들링을 위한 소프트웨어로 AutoCAD 2007을 사용하였고, 이를 이용한 다양한 공격들을 거친 후 워터마크 검출 실험을 수행하였다. CAD 툴을 이용한 공격의 강도는 시각적으로 훼손되었는지 여부를 판별 할 수 없는 정도로 실험하였다. 공격당한 GIS 벡터 맵이 시각적으로 훼손되었는지 확인 할 수 있다면, 불법적으로 복제 및 유통이 되더라도 사용이 불가능하기 때문이다. 또한, 제안한 알고리즘의 비가시성 및 강인성 척도를 위해 Ohbuchi가 제안한 기법과 비교 실험하였다.





(a)



(b)

그림 9. 1:5,000 벡터 맵에서의 제안한 워터마킹에 대한 (a) 원 벡터 맵과 (b) 레이어 '4111' 내에 워터마크가 삽입된 벡터 맵

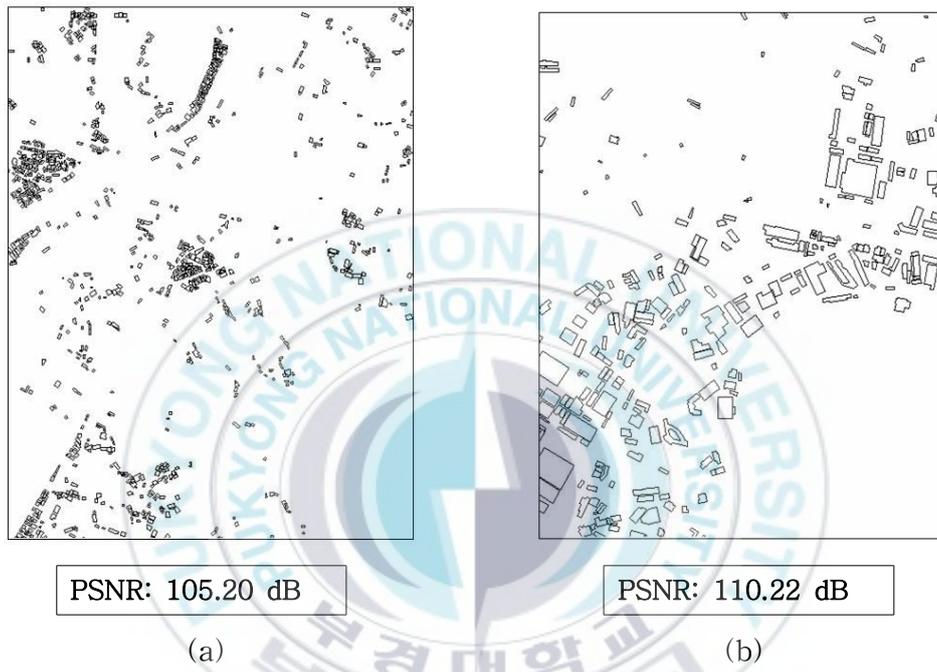


그림 10. 1:5,000 벡터 맵에서의 PSNR (a) 레이어 '4111'과 (b) 레이어 '4112' 내에 워터마크가 삽입된 벡터 맵

그림 9와 그림 10에서 볼 수 있듯이 시각적으로 워터마크의 삽입 여부를 구분하기 어려울 뿐만 아니라, 레이어 '4111', '4112'에 워터마크를 삽입한 결과 PSNR이 각각 105.20 dB와 110.22 dB로 주관적 또는 객관적으로 삽입된 워터마크의 비가시성이 우수함을 확인할 수 있었다.

다음은 각종 공격으로 간주될 수 있는 범주에서의 공격들을 실험하였다. 그림 11과 그림 12에서는 확대·축소 공격을 가한 벡터 맵을 나타내었다. 또한 공격자가 필요에 따라 워터마크가 삽입된 벡터 맵을 회전, 이동을 시켰을 경우에도 워터마크가 검출되어야 한다. 그림 13과 14는 각각 회전 및 이동 공격을 가한 벡터 맵을 나타내었다. 또한 사용자가 워터마크가 삽입된 벡터 맵에서 어느 한 부분만을 도용하는 경우나 사용자 자신의 필요에 의해 일부분을 제거하였을 경우, 또는 레이어 일부가 절단되는 경우에도 워터마크는 검출되어야 한다. 그림 14는 절단 공격을 가한 벡터 맵을 나타내었으며, 그 밖에 잡음 첨가, 끊기 공격을 가한 벡터 맵을 그림 15, 그림 16에 각각 나타내었다.

강인성 비교 척도는 비트 오류율(BER, bit error rate)을 사용하였으며, 여기서 BER은 삽입되는 워터마크 총 비트 수에서 에러가 발생한 비트 수를 퍼센트로 나타낸 것이다.



그림 11. 1:5,000 벡터 맵에서의 (a) 워터마크가 삽입된 벡터 맵과 (b) 2배 확대 공격 받은 벡터 맵

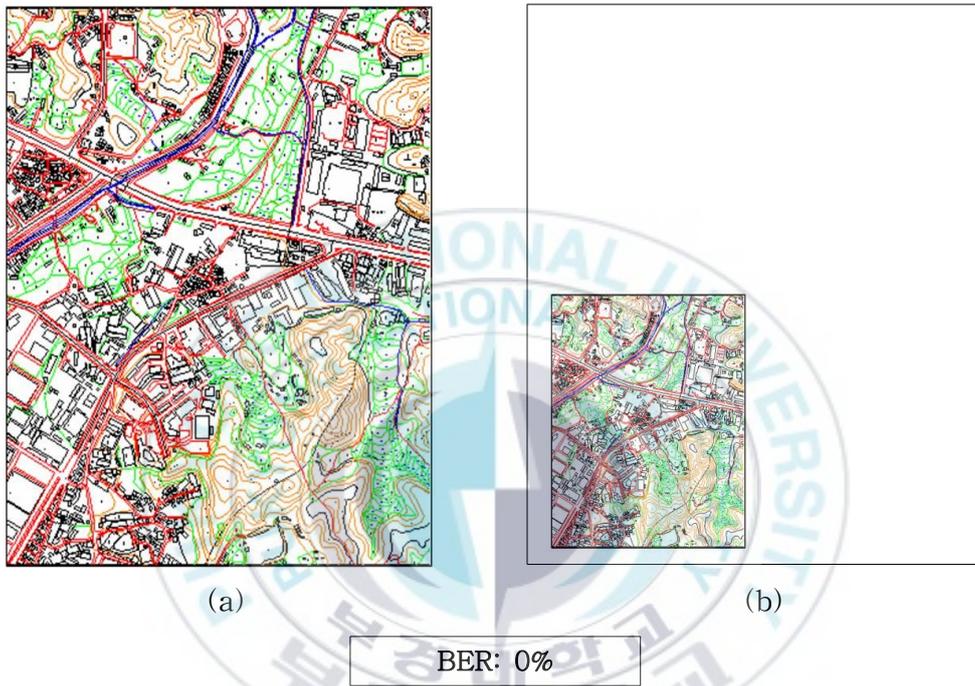


그림 12. 1:5,000 벡터 맵에서의 (a) 워터마크가 삽입된 벡터 맵과 (b) 1/2 배 축소 공격 받은 벡터 맵

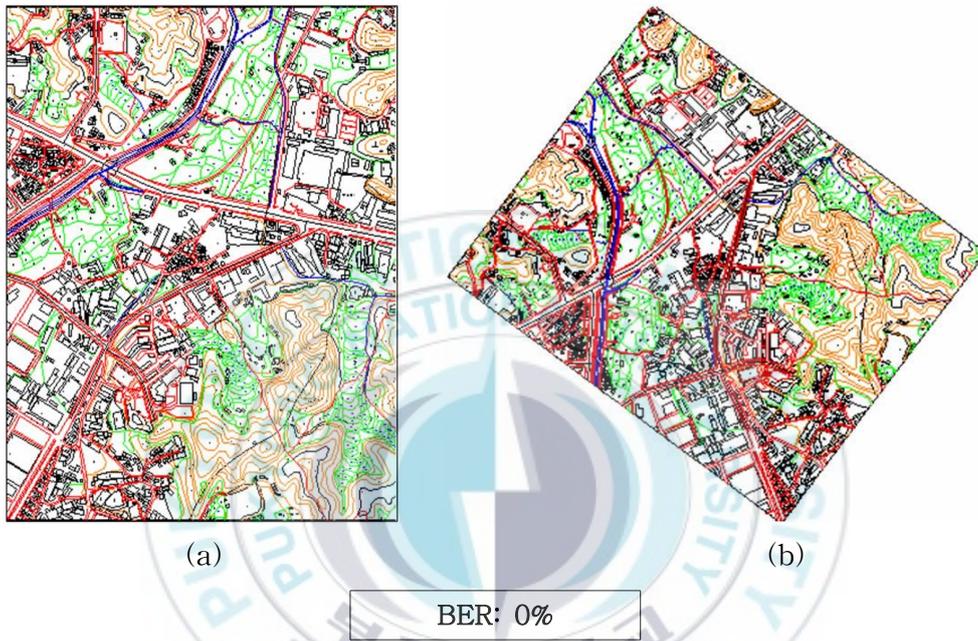
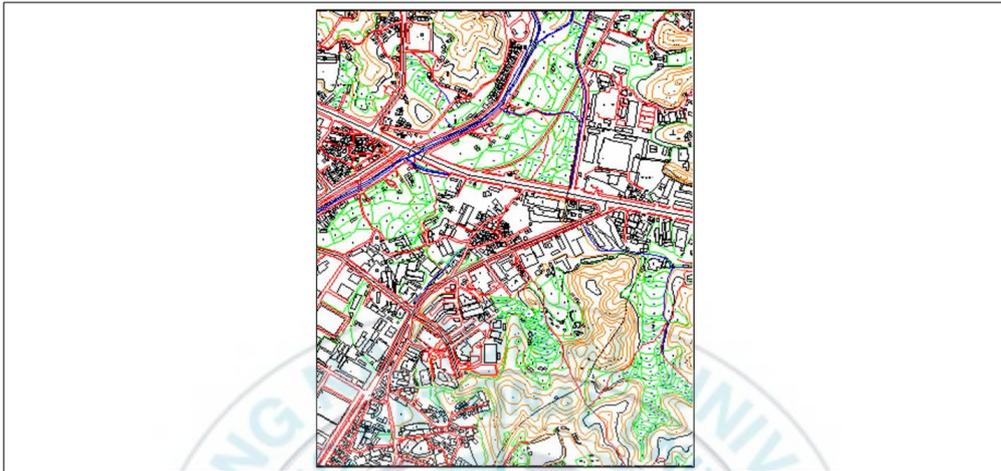


그림 13. 1:5,000 벡터 맵에서의 (a) 워터마크가 삽입된 벡터 맵과 (b) 회전 공격 받은 벡터 맵



(a)



(b)

BER: 0%

그림 14. 1:5,000 벡터 맵에서의 (a) 워터마크가 삽입된 벡터 맵과 (b) 이동 공격 받은 벡터 맵

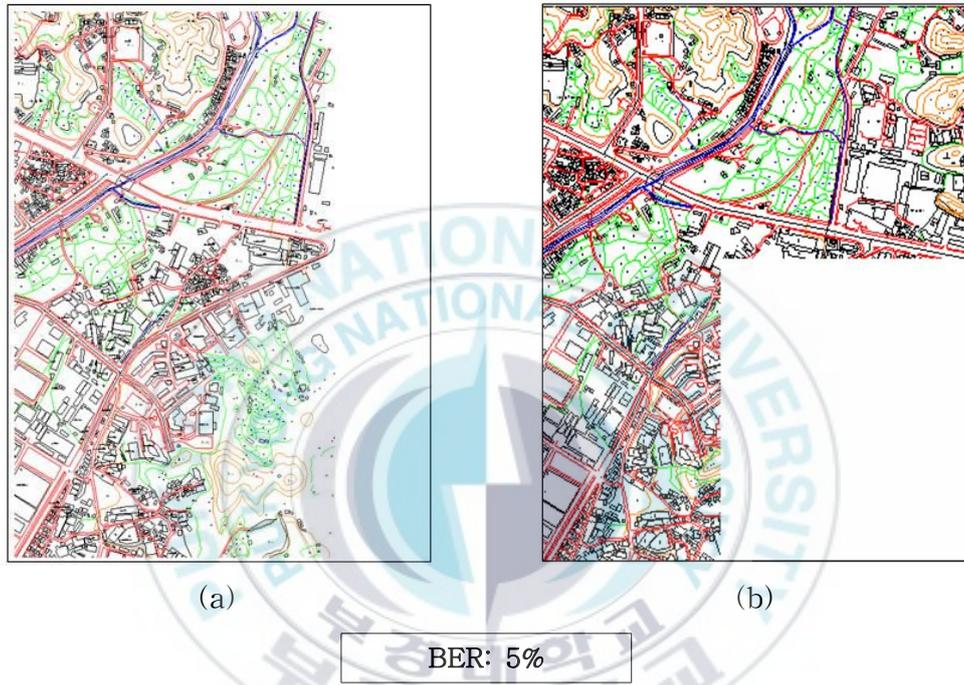


그림 15. 1:5,000 벡터 맵에서의 절단 공격 받은 벡터 맵

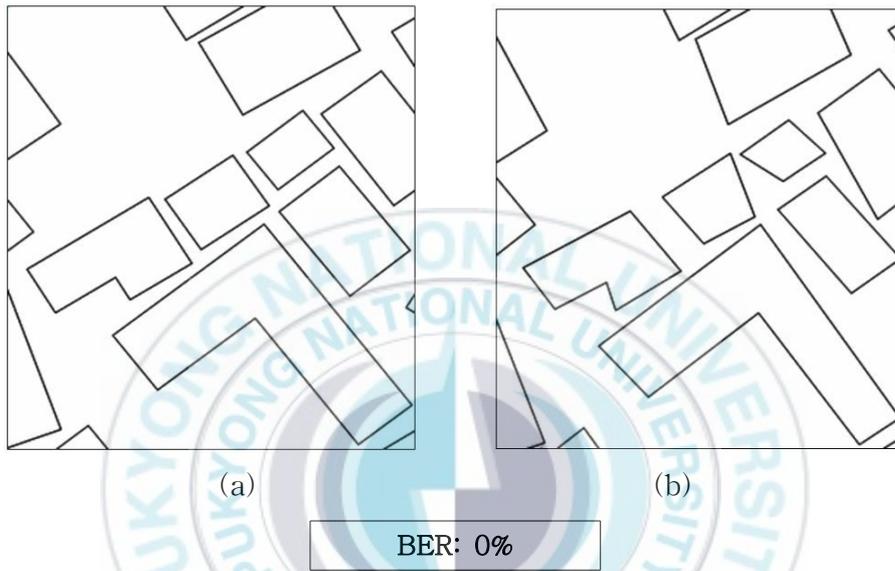


그림 16. 1:5,000 벡터 맵에서의 (a) 워터마크가 삽입된 벡터 맵과 (b) 잡음
첨가 공격 받은 벡터 맵

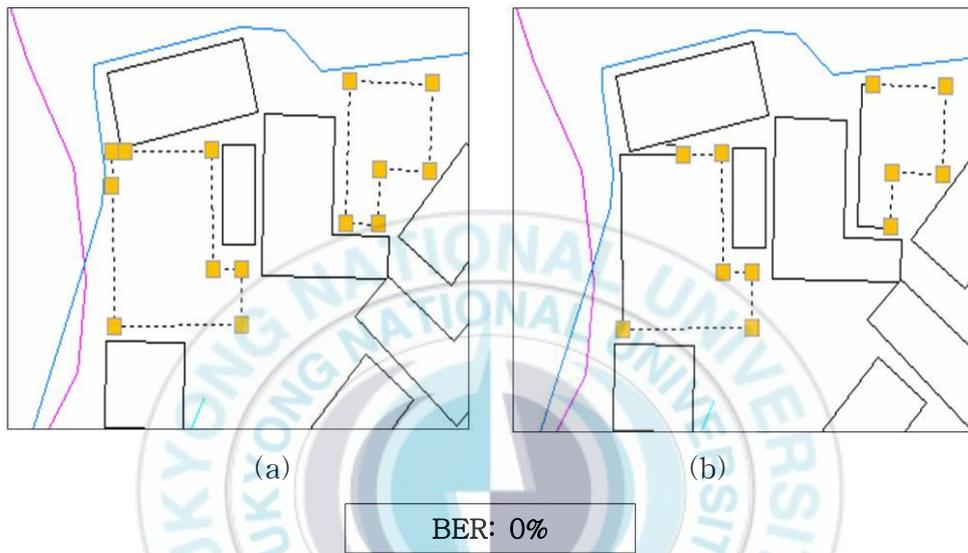


그림 17. 1:5,000 벡터 맵에서의 (a) 워터마크가 삽입된 벡터 맵과 (b) 끊기 공격 받은 벡터 맵

그림 11~17에서 공격으로 간주될 수 있는 범주에서의 공격 실험을 한 후 각각의 벡터 맵과 BER을 나타내었다. 여기서, 확대·축소 공격은 워터마크 키를 참조하여 원본 크기로 복원 시킨 후 워터마크를 검출함으로써 강인성을 평가하였으며, 이때 복원된 벡터 맵에서 검출한 워터마크는 회전 및 이동 공격에서와 같은 결과로서 BER이 0%를 나타내었다. 절단 공격의 경우 절단 비율을 높게 하면 BER이 높아지므로 워터마크의 손실도 많아지는 것을 알 수 있었다. 그러나 절단 비율이 너무 커지면 벡터 맵 자체가 갖는 정보의 의미가 없어지기 때문에 공격의 범주에서 제외된다. 또한 잡음 첨가, 끊기 및 절단과 같은 공격에 대해서도 BER이 0%로 워터마크의 손실 없이 검출되었다.

그림 18은 Ohbuchi가 제안한 기존의 방법으로서 벡터 맵을 여러 영역으로 나누고 워터마크를 반복 삽입하는 워터마킹 알고리즘과 본 논문에서 제안한 벡터 맵의 기하학적인 특성 및 폴리곤의 평균면적을 이용하여 워터마크를 삽입하는 알고리즘에 대한 워터마크 강인성을 비교하여 그래프로 나타낸 것이다. 이 그래프에서 보듯이 제안한 방법이 잡음 첨가, 끊기(break), 모각기(fillet)와 같은 공격에 대해서 기존 방법보다 강인성이 더 우수함을 알 수 있었다.

결과적으로 제안한 워터마킹 기법을 이용하여 워터마크를 삽입한 벡터에 대해 이동, 확대, 축소, 회전, 절단 등의 다양한 공격을 실험한 결과 BER이 5% 이하로, 제안한 알고리즘이 기존의 다른 방법들과 비교하여 비가시성을 만족하는 동시에, 각종 공격에 대해 상대적으로 강인함을 확인할 수 있었다. 또한 원본 없이 워터마크를 검출 할 수 있는 블라인드 워터마킹 기법으로서 제안한 기법이 보다 우수한 특성이 있음을 확인하였다.

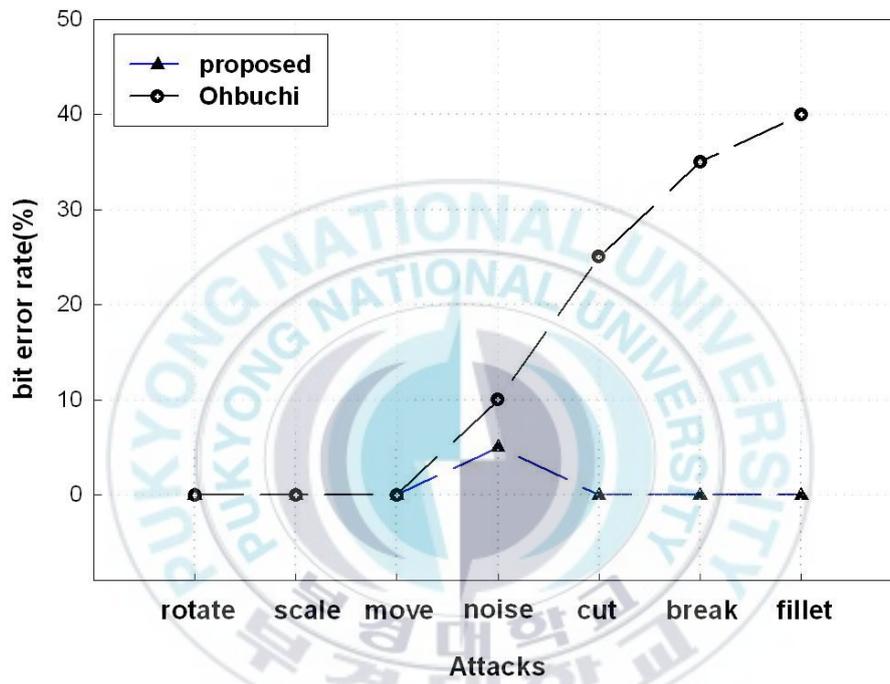


그림 18. 1:5,000 벡터 맵에서의 제안한 기법 및 Ohbuchi 기법의 성능 비교 (AutoCAD 2007)

VI. 결론

최근 컴퓨터, 통신 및 각종 미디어들이 서로 융합되고 네트워크를 통하여 빠르게 전파됨으로써 각종 정보들을 빠르고 쉽게 접할 수 있게 되었다. 이와 함께 인간의 활동 범위가 확대되면서 지리정보 및 위치정보에 대한 수요가 기하급수적으로 증가하였으며, 이러한 것들을 효율적으로 활용하기 위해서 보다 체계적으로 관리할 필요성이 증대됨에 따라 GIS에 대한 관심이 대두되는 시점에서 정부는 3차에 걸쳐 국가 GIS 구축사업을 추진함으로써 민간 서비스 시장으로의 확산을 가속화하고 있다. 이처럼 현재의 GIS 구축사업은 활발하게 이루어지고 있으나, 구축된 GIS를 활용함으로써 얻어진 콘텐츠 물에 대한 불법 복제 및 유통에 대한 저작권 보호기술은 아직 미흡한 실정이다.

본 논문에서는 GIS 콘텐츠의 저작권 보호를 위해 벡터 데이터에 기반을 둔 GIS 벡터 맵에 대해 GIS 벡터 맵의 특성과 기하학적 속성을 각각 분석하고, 그 특성에 따라 워터마크를 적응적으로 삽입하는 워터마킹 기법을 제안하였다. 제안한 알고리즘에서는 먼저 여러 개의 레이어로 이루어진 GIS 벡터 데이터에서 워터마크를 삽입하고자 하는 레이어를 선택하고, 기하학적 속성 중 폴리곤 속성만을 획득한다. 선택된 레이어에 포함된 폴리곤들의 평균면적의 분포를 이용하여 여러 개의 구간으로 나눈 후, 각 구간에 속하는 폴리곤들의 면적을 적응적으로 가변시킴으로써 최종적으로 워터마크가 삽입된 GIS 벡터 맵을 생성한다. 그리고 워터마크 키 값만으로는 원본 데이터의 속성을 전혀 알 수 없다는 점을 이용하여 워터마크를 삽입하는 과정에서 블라인드 워터마킹을 위해 워터마크 키를 만들고, 이 키를

워터마크 검출 시 사용하였다.

실험 결과로부터 제안한 기법으로 워터마크가 삽입된 GIS 벡터 맵의 PSNR이 100dB 이상으로 주관적, 또는 객관적으로 삽입된 워터마크의 비가시성을 만족함을 확인 할 수 있었다. 즉, 워터마크가 삽입된 GIS 벡터 맵을 실제로 사용하더라도 아무런 축척상, 지리상으로 문제가 발생되지 않음을 확인할 수 있었다. 또한 워터마크의 강인성을 평가하기 위해 이동, 확대, 축소, 회전, 절단의 각종 공격을 수행하였다. 그 결과 BER이 5% 이하로서 다양한 공격에 대하여 강인성을 만족함을 확인할 수 있었다.

이처럼, 본 논문은 GIS 벡터 맵의 기하학적 특성과 폴리곤의 면적분포를 이용하여 적응적으로 워터마크를 삽입하는 강인한 블라인드 워터마킹 기법을 제안하였다. 제안한 방법이 기존 방법들에 비해 회전, 이동, 확대·축소 등과 같은 공격에는 강인함을 확인하였지만, 대부분의 기법들과 마찬가지로 아핀변환에 대해서는 강인성을 만족하지 못하였으며, 이를 보완하기 위한 연구의 진행이 필요하다.

마지막으로 현재까지의 GIS 벡터 맵에 대한 워터마킹 기법은 아직 초기 연구 단계로서, 지금까지 연구되고 있는 기법들과 아울러 벡터 맵의 기하학적 특성 및 레이어의 체계와 색상 분류 및 각 속성들의 특징을 고려한 다양하고 지속적인 연구가 필요하다. 따라서 본 논문의 연구 결과가 GIS 벡터 맵에 대한 지적 재산권 및 저작권을 보호함으로써 경제적 손실을 방지하고, GIS 벡터 맵에 대한 저작권 보호 기술로서 GIS 벡터 맵 워터마킹 기술에 대한 보다 다양한 연구가 활발히 이루어지는 계기가 될 것으로 예상된다.

[참고 문헌]

- [1] R. G. van Schyndel, A. Z. Tirkel, and C. F. Osborne, "A digital watermark," *Proc. Of the IEEE Int. Conf. on Image Processing*, vol. 2, pp.86-90, 1994.
- [2] M. D. Swanson, B. Zhu, and A. H. Tewfik, "Robust data hiding for images," *Proc of the IEEE Digital Signal Processing Workshop*, pp.37-40, 1996.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] R. Ohbuchi, "Robust watermarking of vector digital maps," *Proc. of the IEEE International Conference on Multimedia and Exp.*, Lausanne, Switzerland, vol. 1, pp.577-580, 2002.
- [6] G. Schulz and M. Voigt, "A high capacity watermarking system for digital maps," *Proc. of the 2004 Multimedia and Security Workshop on Multimedia and Security*, Magdeburg, Germany, pp.180-186, 2004.
- [7] H. I. Kang, K. I. Kim, and S. S. Han, "Watermarking techniques using the Drawing Exchange Format (DXF) file," *Proc. of the 2001 Multimedia and Security Workshop on Multimedia and Security*, Ottawa Canada, pp.19-22, 2001.

- [8] Bill Huber, GIS & Steganography – Part 3: Vector Steganography, <http://www.directionsmag.com>.
- [9] P. Bourke, “Calculating the area and centroid of a polygon,” July 1988. <http://local.wasp.uwa.edu.au/~pbourke/geometry/polyarea/>.
- [10] X. Niu, C. Shao, and X. Wang, “A survey of digital vector map watermarking. *International Journal of Innovative Computing, Information and Control*, vol. 2, no. 6, Dec. 2006.
- [11] K. T. Park, K. I. Kim, H. I. Kang, and S. S. Han, “Digital geographical map watermarking using polyline interpolation,” *In PCM '02: Proceedings of the Third IEEE Pacific Rim Conference on Multimedia*, pages 58 - 65, London, UK, Springer-Verlag, 2002.
- [12] S. Khanna, and F. Zaney, “Watermarking maps: Hiding information in structured data,” *Proc. of the Eleventh Annual ACM-SIAM symposium on Discrete Algorithms*, San Francisco, USA, pp.596-605, 2000.
- [13] M. Voigt and C. Busch, “Feature-based watermarking of 2D-vector data,” *Proc. of the SPIE, Security and Watermarking of Multimedia Content*, Santa Clara, USA, vol. 5020, pp.359-366, 2003.
- [14] M. Voigt and C. Busch, “Watermarking 2D-Vector data for geographical information systems,” *Proc. of the SPIE, Security and Watermarking of Multimedia Content*, San Jose, USA, vol. 4675, pp.621-628, 2002.
- [15] H. Kang, “A vector watermarking using the generalized square mask,” *Proc. Of the International Conference on Information Technology: Coding and Computing*, Las Vegas, NV, USA, pp.234-236, 2001.

- [16] V. Solachidis, N. Nikolaidis, and I. Pitas, "Watermarking polygonal lines using Fourier descriptors," *Proc. of the IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing*, Istanbul, Turkey, vol. IV, pp.1955-1958, 2000.
- [17] R. Ohbuchi, H. Ueda, and S. Endoh, "Watermarking 2D vector maps in the mesh-spectral domain," *Shape Modeling International*, Seoul, Korea, pp.216-228, 2003.
- [18] Y. Li and L. Xu, "A blind watermarking of vector graphics images," *Proc. the Fifth International Conference on Computational Intelligence and Multimedia Applications*, pp.27-30, 2003.
- [19] C. L'opez, "Watermarking of digital geospatial datasets: A review of Technical, Legal and Copyright issues," *International Journal of Geographic Information Science*, vol.16, no.6, pp.589-607, 2002.
- [20] K. T. Park, K. I. Kim, H. Kang, and S. S. Han, "Digital geographical map watermarking using polyline interpolation," *Proc. of the IEEE Pacific Rim Conference on Multimedia*, pp.58-65, 2002.
- [21] H. Sonnet, T. Isenberg, J. Dittmann, and T. Strothotte, "Illustration watermarks for vector graphics," *Proc. of the 11th Pacific Conference on Computer Graphics and Applications*, pp.8-10, 2003.
- [22] R. Ohbuchi, H. Ueda, and S. Endoh, "Watermarking 2D vector maps in the mesh-spectral domain," *Shape Modeling International*, Seoul, Korea, pp.216-228, 2003.
- [23] R. Ohbuchi, S. Takahashi, T. Miyazawa, and A. Mukaiyama, "Watermarking 3D polygonal meshes in the mesh spectral domain," *Proc. of the Graphics Interface 2001*, Ontario, Canada, pp.9-17, 2001.

- [24] B. J. Jang, K. R. Kwon, K. S. Moon, and Y. Huh, "A New Digital Watermarking for Architectural Design Drawing Using LINEs and ARCs Based on Vertex," *IWDW2003*, pp. 565-579, Oct. 2003.
- [25] H. K. Park, Y. D. Moon, H. T. Chung, E. S. Kim, and K. R. Kwon, "Digital Watermarking for 3D CAD Drawing Based on Vertex Data," *ALPIT2005*, pp. 473-476, June 2005.
- [26] H. J. Chang, J. H. Kim, S. H. Lee, K. S. Moon, B. K. Cha, and K. R. Kwon, "A Digital Watermarking of GIS Data Using the Polyline Characteristics," *FCV2008*, pp.8-13, Jan. 2008.
- [27] 장혜정, 장봉주, 문광석, 이석환, 권기룡, "폴리곤 데이터의 무게중심을 이용한 지리정보시스템 워터마킹," *IPIU2008*, pp.186, 2008년 2월.
- [28] 장혜정, 정태일, 이석환, 문광석, 권기룡, "3D 오브젝트 모델의 국부 무게 중심을 이용한 패치 기반 3D 워터마킹 기법," 대한전자공학회 하계학술발표대회논문집, pp.543-544, 2007년 12월.
- [29] 장혜정, 이석환, 이용주, 문광석, 권기룡, "무게중심 좌표와 꼭지점 그룹을 이용한 3D 그래픽 모델 워터마킹 기법," 한국멀티미디어학회 춘계학술발표대회논문집, pp.36, 2007년 5월.
- [30] 장혜정, 이석환, 이미희, 박승섭, 권기룡, "Polyline 특성을 이용한 GIS 데이터의 디지털 워터마킹," 한국멀티미디어학회 추계학술발표대회논문집, pp.39, 2007년 11월.
- [31] 장혜정, 장봉주, 서용수, 이석환, 권기룡, "폴리곤의 기하학적 특성과 평균면적을 이용한 지리정보 데이터 워터마킹," 대한전자공학회 하계학술발표대회논문집, pp.639-640, 2008년 6월.

감사의 글

어느덧 2년이란 시간이 흘러 뒤를 돌아보니 하루하루가 너무나 소중하게 느껴지며, 아쉬움과 고마운 마음이 많이 남습니다. 이 자리를 빌려 그동안 지도해주시고 도움주신 분들께 감사의 마음을 전하고자 합니다.

먼저 많이 부족한 저에게 학업의 기회를 주시고 언제나 많은 격려와 가르침을 아끼지 않으시고, 잘해낼 수 있을 거라는 믿음으로 지켜 봐 주신 권기룡 교수님, 항상 웃으시며 올바른 길로 가도록 지혜와 자세를 가르쳐 주신 이석환 교수님께 깊은 감사를 드립니다. 또한 저의 부족한 논문을 심사해주신 문광석 교수님, 심봉기 교수님께도 진심으로 감사드립니다. 그리고 학위 과정 동안 저에게 많은 가르침을 주셨던 학과의 여러 교수님들께도 감사드립니다.

대학원 생활하면서 힘들고 지칠 때 마다 상담해 주고 힘이 되어 주신 택영 오빠, 가는 길이 힘들어 지쳐 있을 때 용기를 주고 아낌없이 도와주신 봉주 오빠, 자신의 일처럼 같이 힘들어하고 같이 웃어 주고 챙겨주던 준희 언니, 묵묵히 자리를 지키며 열심히 하는 지훈 오빠, 원제 오빠, 같이 지낸 시간은 얼마 되지 않지만 우리 랩을 항상 든든히 지키고 이끌어 나갈 성혜 오빠, 승환 오빠, 진호에게도 감사의 마음을 전합니다. 모두 좋은 연구 성과가 있길 바라며, 항상 행복했으면 좋겠습니다. 그리고 MCSP 연구실 선배님들, 대학원의 모든 선후배와 동기들에게 감사드립니다.

제가 하는 모든 일을 항상 믿고 지켜봐주시는 부모님, 동생, 언제 어디서나 조언과 격려를 해주고 있는 친구들에게도 감사의 마음을 전합니다.

2008년 8월 장혜정 드림