

3차원 점군자료의 효율적 저장을 위한 자료구조 연구 A Study of Data Structure for Efficient Storing of 3D Point Cloud Data

장영운* · 조기성**
Jang, Young Woon · Cho, Gi Sung

要 旨

지형정보에 대한 3차원 복원 및 지리정보에 관한 연구와 적용은 최근 국가적인 정책을 통하여 R&D 사업 및 시범 사업 등으로 여러 분야에 걸쳐 진행되고 있다.

LiDAR 시스템은 3차원 공간데이터를 손쉽게 조밀하게 취득할 수 있는 이점이 있어 다방면으로 연구와 활용이 이루어지고 있으나 3차원으로 구성된 점 자료의 특성으로 볼 때 화면을 통한 2차원의 형태로 나타내기 위해서는 많은 연산 처리를 필요로 하게 되어 높은 사양의 처리 프로세서가 필요하다. 이에 비해 2차원 격자구조는 간단한 구조와 처리속도로 인하여 벡터구조에 비하여 저가의 장비에서도 가능한 장점이 있다.

따라서 본 연구에서는 3차원의 형식으로 저장된 LiDAR 자료를 도심지역의 3차원 지형 표현이나 건물 표현등에 활용하고자 할 경우 발생할 수 있는 과대한 저장공간의 요구에 따른 문제를 해소하기 위하여 3차원 지형 표현 자료로 제공하기 유용한 2차원 격자 형태의 자료로 재구성하여 그 저장공간을 축소시키면서 트리구조를 응용하여 세밀한 표현도 가능하도록 하는 저장하는 기법을 제시하고자 한다.

핵심용어 : 3차원, 자료 압축, 자료 구조

Abstract

Recently, 3D-reconstruction for geographic information and study of geospatial information is progressing in various fields through national policy such as R&D business and pilot project.

LiDAR system has a advantage of acquisition the 3D information data easily and densely so that is used in many different fields. Considering to characterist of the point data formed with 3D, it need a high specification CPU because it requires a number of processing operation for 2D form expressed by monitor.

In contrast, 2D grid structure, like DEM, has a advantage on costs because of simple structure and processing speed. Therefore, purpose of this study is to solve the problem of requirement of more storage space, when LiDAR data stored in forms of 3D is used for 3D-geographic and 3D-buliding representation. Additionally, This study reconstitutes 2D-gird data to supply the representation data of 3D-geographic and presents the storage method which is available for detailed representation applying tree-structure and reduces the storage space.

Keywords : 3D, Data Compression, Data Structure

1. 서 론

지형정보에 대한 3차원 복원 및 지리정보에 관한 연구와 적용은 최근 국가적인 정책을 통하여 R&D 사업 및 시범 사업 등으로 여러 분야에 걸쳐 진행되고 있다 (최석근, 2010). 각 기관에서 구축한 공간정보체계를 통합하여 원스톱 공간정보 공급체계(국가공간정보통합

체계)를 구축함과 동시에, 범정부 차원의 통합 데이터 베이스 구축에 의해 통일성 있는 국가공간정보 인프라를 정비하고 최신 자료를 신속하게 제공함으로써 국민 누구나 손쉽게 정보에 접근하여 이를 개인 생활이나 상업화 하는데 이용할 수 있도록 하고 있다. 또한 3차원 지형도를 바탕으로 한 도로, 터널, 공항, 간척사업 등에 적용하여 예산절감효과가 연 수천억원에 이를 것으로

2010년 5월 11일 접수, 2010년 6월 9일 채택

* 교신저자 · 전북대학교 공과대학 토목공학과 박사과정(cloud311@jbnu.com)

** 정희원 · 전북대학교 공과대학 토목공학과 교수(gscho@jbnu.ac.kr)

전망되며, 구축된 공간정보인프라를 각종 인터넷 및 통신 등과 결합하여 재개발, 신도시 건설 등에 활용함으로써 기존의 산업이 업그레이드 되고 U-city의 실현이 가능해지며 공간정보와 공간정보인프라를 활용한 산업, 행정, 문화 등 모든 영역의 고부가가치 창출의 원동력이 될 것으로 기대된다.

이와 같은 지형에 대한 공간정보를 효율적으로 제공하기 위해서는 기존에 구축된 정보를 체계적으로 수정·갱신하여야 함은 물론이며, 최신의 정보를 신속하고 경제적으로 취득할 필요성이 있다. 특히 LiDAR(Light Detection And Ranging) 시스템은 3차원 공간데이터를 손쉽게 조밀하게 취득할 수 있는 이점이 있어 다방면으로 연구와 활용이 이루어지고 있다(Zhou et al., 2004; 장영미, 강준목, 2006; 이용희, 2008). 그러나 일반적으로 LiDAR 데이터는 객체의 3차원 정보에 대하여 불규칙한 점군 형태로 취득되기 때문에 자료를 변환 없이 그대로 사용할 경우 3차원으로 구성된 점 자료의 특성으로 볼 때 화면을 통한 2차원의 형태로 나타내기 위해서는 많은 연산 처리를 필요로 하게 되어(Suveg, 2003) 높은 사양의 처리 프로세서가 필요하며 이는 결국 공간정보를 인터넷을 통해 일반 사용자들에게 제공할 경우 큰 걸림돌이 될 수 있다. 이에 비해 2차원 격자 구조 자료는 간단한 구조와 처리속도로 인하여 벡터구조에 비하여 저가의 장비에서도 가능한 장점이 있으나 격자의 크기에 따라 세밀한 묘사정도나 파일 크기가 저장공간 및 자료전송에 있어서 문제가 될 다.

따라서 본 연구에서는 3차원의 형식으로 저장된 LiDAR 자료를 도십지역의 3차원 지형 표현이나 건물 표현등에 활용하고자 할 경우 발생할 수 있는 과도한 저장공간의 요구에 따른 문제를 해소하기 위하여 자료를 압축하는 기법을 제시하고자 한다. 특히 LiDAR 자료를 3차원 지형 표현 자료로 제공하기 유용한 2차원 격자 형태의 자료로 재구성하여 그 저장 공간을 축소시키면서 트리구조를 응용하여 세밀한 표현도 가능하도록 하였다.

2. 3차원 공간자료의 압축 및 저장 기법

2.1 공간정보의 압축

고해상도 위성 영상 시대의 개막과 디지털 시대로의 진입에 따라 대용량 자료의 공급과 수요는 지속적으로 증가할 것으로 보이며, 이를 인터넷이나 인트라넷을 통해 검색하고 처리하려는 수요 또한 급속히 늘어날 것으로 보인다. 이에 따라 대용량 자료를 효과적으로 저장하고 처리하려는 기술이 필요하며, 이에 대한 핵심적인

대안으로 새로운 압축 기법의 개발이 요구되고 있다.

자료를 압축하는 방법은 일반적으로 반복된 자료를 하나의 값으로 표현하는 방법이 많이 사용된다. 따라서 연속된 격자의 값의 변화가 심하면 압축의 효율 또한 떨어지게 된다. 그러나 실제로 공간정보는 그 변화가 심하지 않아 하나의 레이어내에서 많은 수의 격자는 동일하거나 유사한 값을 지니고 있기 때문에 적절한 압축 기법을 활용하여 자료를 저장함으로써 경제적인 자료의 저장 및 관리가 가능하다.

2.2 LiDAR 데이터의 압축

LiDAR 자료를 이용하여 격자구조를 생성할 경우 정방형 격자망을 LiDAR 자료에 중첩하여 각 격자 하나 하나에 포함된 표고점들의 평균값에 따라 해당 격자망의 표고값을 지정하게 된다. 이때 격자의 크기에 따라 대상지역의 지형의 묘사가 달라지게 되는데 매우 세밀한 묘사를 위해서는 격자의 크기를 작게 해야 하지만 격자의 크기가 작을 경우 많은 격자를 저장하기 위한 저장공간의 증가가 발생하게 된다. 또한 저장공간의 효율을 위하여 격자의 크기를 크게 할 경우 넓은 지역이 하나의 격자로 표현되게 되므로 대상지역의 지형에 대한 표현은 왜곡이 되어 실제의 지형과 상이한 문제가 발생할 가능성이 높게 된다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위해 공간자료의 압축 알고리즘들이 제시되었으며 그 중 사지수형(Quadtree)은 BST(Binary Search Tree)에서 저장대상을 2차원 평면상의 점 자료로 확장시킨 것이다. 따라서 점 정보를 저장할 수 있으며 탐색이 빠른 BST의 특성을 가지고 있어 3차원 점 자료를 용이하게 압축 저장하는데 유용하다.

점자료를 압축하기 위하여 사지수형을 이용한 방식은 크게 점 구조형 압축 방식과 영역구조형 압축 방식 등의 2가지로 구분할 수 있다.

점구조형 압축 방식은 그림 1과 같이 모든 점 자료를 기준으로 주변 점과의 위치를 판단하여 영역을 분할하는 과정을 수행한 후 그림 2와 같이 이웃한 점들과의 유사성을 판단하여 점차적으로 영역을 합쳐나가는 과정을 통해서 수행이 이루어진다. 이 방식은 모든 점 자료의 트리구조화로 인해 효율적인 자료 정리가 가능하며 인접 지역에 대한 영역확장이 자연스럽게 이루어지고 자유로운 지역크기의 변환으로 좁은 지역의 표고변화에서도 표고차의 표현이 가능하다는 장점이 있으나, 각각의 점들간의 영역을 분할하기 위한 전처리 작업시간이 많이 소요되며 각각의 영역에 대한 좌표와 크기를 기록해야 되므로 추가적인 저장공간이 소요된다.

영역구조형 압축은 일정한 영역을 기준으로 해당 영

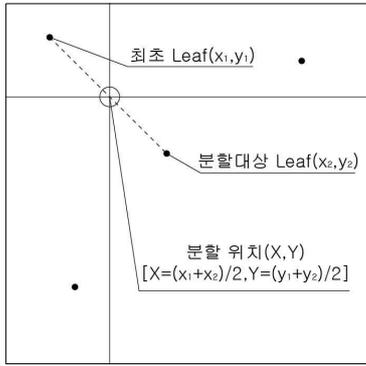


그림 1. 영역 분할 방법

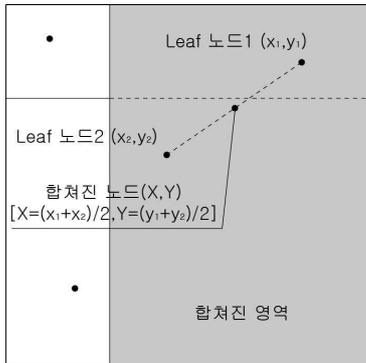


그림 2. 노드의 압축 방식

역 내부의 점자료들의 특성을 분석하고 유사한 점자료로 구성되어있다고 판단되면 해당 영역을 유지 하지만 유사하지 않은 점자료로 구성되어있다고 판단될 경우 해당 영역을 4개의 지역으로 나누어 각각의 지역을 기준으로 같은 과정을 반복하고 최소의 영역 크기로 나누어지면 과정을 중단하는 방식으로써, 표고의 변화가 다양한 지역에서는 압축이 크게 발생하지 않게 되며, 지상물과 지면의 경계 부분에서 최소 영역의 크기만큼 왜곡이 발생할 가능성이 존재하지만 자료가 영역으로 구조화되므로 일정한 격자형으로 저장하기 용이하며, 따라서 각 영역에 대한 좌표값을 추가적으로 저장하지 않아도 되는 이점이 있다.

본 연구에서는 도심지역을 기준으로 하였으며 일반적으로 도심지역은 지형의 기복이 심하지 않으므로 저장공간의 효율성을 위하여 사지수형 방식의 압축 기법에 영역구조형을 저장방식을 응용한 알고리즘을 이용하였다.

여기서 각 격자를 더욱 세분화된 격자로 구분하기 위하여 한 격자내에 이질적인 표고값이 존재하는지를 파악

하는 척도를 표고값의 표준편차로 지정하였다. 즉 하나의 격자 내부에서 존재하는 LiDAR 자료들의 표고값에 따라 변화가 작은 지역은 하나의 큰 격자로 저장되면서 대상지역의 자료를 하나의 값으로 압축하게 되고 변화가 큰 지역은 더욱 작은 격자들로 구분되게 되면서 최소 격자 크기 내에서 대상지역의 세밀한 표고변화를 그대로 저장할 수 있도록 하였다.

2.3 압축자료의 저장

일반적인 ASCII형 파일의 저장방식으로는 파일에서 자료가 알고리즘을 통하여 압축되는 정도에 비하여 표고값의 소숫점 유효자리수가 텍스트 형태로 차지하는 비중이 더욱 크기 때문에 효과적인 압축의 효율성을 기대하기 어려운 점이 있다. 다시 말해서 표고값의 소숫점 유효자리수 글자 하나당 1Byte의 크기를 차지하게 되므로 두자리의 정수와 5자리의 소숫점 유효자리수를 가진 표고값 하나를 저장하기 위해서 소숫점을 표시하기 위한 마침표(.) 글자까지 총 8개의 단어를 저장하여 8Byte의 공간을 차지하게 되므로 세밀한 값을 저장하기 위해서는 비효율적인 저장방식을 갖게 되는 것이다. 따라서 ASCII 형식의 파일 저장방식이 아닌 이진(binary) 파일 방식을 사용해서 저장을 수행하도록 하였다(장영운, 2009).

표고값은 기본적으로 Single형(4Byte 실수)으로 구성되며, 자료를 파일로 저장할 때 일반적인 격자자료처럼 모든 격자에 대하여 순차적으로 저장하는 방식을 활용할 경우 빈 공간에 대한 저장값을 지정하면 결국 기존 격자자료를 텍스트형에서 이진파일로 변환하여 저장하는 것과 동일하게 되므로 이러한 문제점을 피하기 위하여 트리의 구조 형식을 메모리에 저장하는 방식과 유사하게 파일로 저장하도록 하였다.

그림 3은 본 연구에서 수행한 알고리즘의 전체적인 과정을 나타낸 것이다.

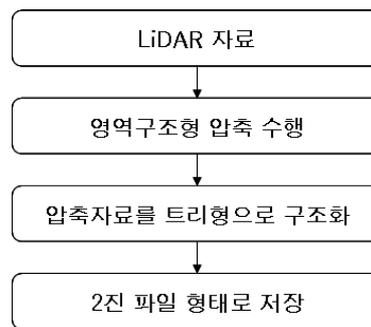


그림 3. 알고리즘 수행 과정

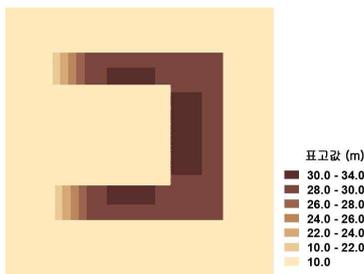
3. 압축 수행 및 결과분석

3.1 시범자료를 통한 압축 및 결과 분석

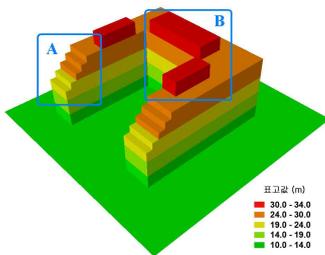
본 연구에서 개발한 알고리즘의 효율성을 분석하기 위하여 먼저 특정한 건물형태로 이루어진 시범자료에 알고리즘을 적용하는 연구를 수행하였다. 시범자료는 LiDAR 자료와 같은 X, Y, Z값을 지닌 점들을 64m × 64m 크기의 지역에 25point/m² 밀도로 배치하여 제작하였으며, GIS 툴을 사용하여 건물의 형태를 나타낼수 있도록 z값을 수동으로 입력하였다. 그림 4는 본 연구에서 제작한 시범자료의 점 자료와 3차원 형태를 나타낸 것이다. 다양한 표고변화와 형태에 대하여 본 연구에서 개발한 압축 알고리즘이 어떻게 작용하는지 파악하기 위하여 그림 4(b)의 A지역과 같이 계단형태로 된 경우와, B지역과 같이 건물 상층에 옥탑이 설치된 경우 등을 고려하여 제작하였다.

그림 5는 시범자료를 압축한 결과를 나타낸 것이다. 압축 결과에서 그림 4(b)의 계단형태로 이루어진 A지역은 그림 5의 A지역과 같이 그 계단형의 표현이 자연스럽게 이루어져 있었으며 그림 4(b)의 B지역의 경우에도 그림 5의 B지역과 같이 건물 내부나 외부에서 그 경계가 명확하게 표현되고 있음을 확인할 수 있었다.

또한 파일의 크기를 기준으로 세밀성 비교를 위해서 최소 격자 크기가 1m인 압축된 격자자료와 가장 일반적으로 사용되는 2차원 격자자료 형태인 DEM 형식의



(a) LiDAR 자료



(b) 3차원 형태

그림 4. 제작된 자료

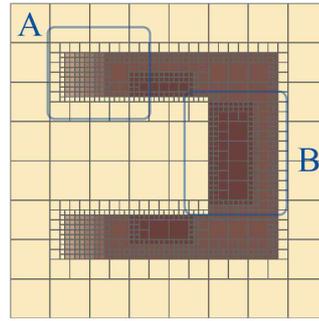


그림 5. 압축결과
(표준편차 임계값 0.1m)

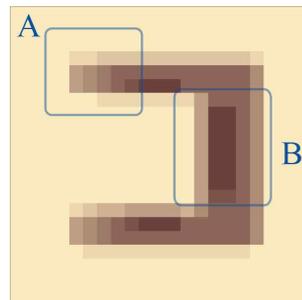


그림 6. 일반 격자자료
(격자 크기3m)

로 구성된 격자 크기별 자료중 동일한 파일 용량을 3m 격자크기의 자료를 그림 6과 같이 생성하였다.

원본 자료인 그림 4의 (a)를 동일용량의 압축자료인 그림 5와 비교하여 볼 때 압축자료는 건물의 외곽선이 세밀하게 표현되면서 명확하게 구분이 된 것을 확인할 수 있으나, 그림 6은 표고값이 30m인 건물 외곽선과 10m 표고값을 갖는 바닥지역 사이에 격자가 놓임으로써 건물 외곽선의 표고값이 내려가는 결과가 나타났고, 이로 인해 건물의 외곽선 형태가 불명확하게 나타난 것을 확인할 수 있었다. 세부적인 부분에서도 그림 4(b)의 A지역 및 B지역의 경우 그림 6의 격자자료는 표고구분이 불완전하게 이루어져 경계가 모호해지는 현상이 발생하였다. 이러한 결과로 볼 때 본 연구에서의 알고리즘을 통해 압축된 결과가 동일한 파일 크기의 격자자료와 비교하여 건물을 매우 세밀하게 묘사하고 있음을 확인할 수 있었다.

압축 효율성을 분석하기 위해 압축된 자료중 건물의 형태와 가장 유사하게 표현된 임계값 0.1m에서의 압축자료의 최소 격자크기인 1m부터 4m까지 격자크기를 변형하며 격자자료를 생성하여 결과 표 1과 같은 결과

표 1. 압축 격자 자료와 일반 격자 자료의 파일 크기 비교

격자 크기	파일크기 (단위:Byte)	
	일반적인 격자자료	압축된 격자자료 (최소 크기 1m)
1m	37,026	4,102
2m	9,349	
3m	4,091	
4m	2,421	

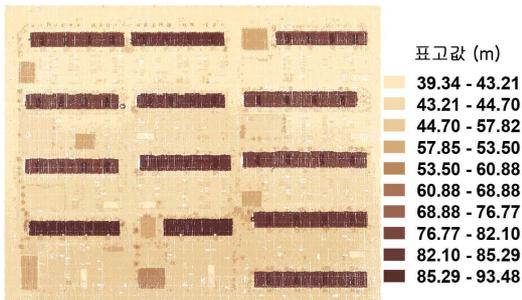
를 얻을 수 있었다. 파일의 크기만으로 비교했을 경우 압축된 자료는 동일한 격자 크기의 격자자료에 비하여 11%에 가까운 크기로 압축되어 본 알고리즘이 매우 효율적인 압축 성능을 나타내는 것으로 판단된다.

3.2 도심지역 LiDAR자료 압축 및 결과 분석

본 연구에서의 알고리즘을 모형뿐만 아니라 실질적인 지형에서의 효과를 확인하기 위해 그림 7과 같은 도심 지역의 LiDAR 자료에 적용하여 압축비를 파악하였다. 대상지역은 대전시 지역으로 원시 LiDAR 자료로부터 높은 건물과 낮은 지상물이 함께 존재하는 256 × 256 m의 지역에서의 LiDAR 자료를 분할하여 본 연구에 적용하였다.



(a) 대상지역 항공사진



(b) 대상지역 LiDAR 표고값 그림 7. 연구대상지역

표 2. 연구대상지역의 압축비 및 표고차 평균(단위 m)

압축입계 표준편차	압축비 (압축/원본)	표고오차 평균	표고오차 표준편차
0.1m	51.90%	0.003	0.034
0.2m	47.90%	0.006	0.045
0.3m	45.30%	0.010	0.063
0.4m	42.60%	0.015	0.072
0.5m	40.10%	0.022	0.910
0.6m	37.60%	0.030	0.109
0.7m	36.10%	0.042	0.126
0.8m	34.70%	0.053	0.137
0.9m	33.20%	0.065	0.162
1.0m	31.70%	0.081	0.198

표 3. 수치지도의 축척별 오차 허용범위

<수치지도작성작업내규>

도화축척		1/1,000	1/5,000	1/25,000
표준 편차	평면위치	0.2m	1.0m	5.0m
	등고선	0.3m	1.0m	3.0m
	표고점	0.15m	0.5m	1.5m
최대 오차	평면위치	0.4m	2.0m	10.0m
	등고선	0.6m	2.0m	5.0m
	표고점	0.3m	1.0m	2.5m

본 연구에서 수행한 압축의 효율을 파악하기 위하여 대상지역을 영역구조형 압축방식의 자료분할 기준인 임계표준편차의 변화하며 압축과정을 수행하고 그 결과를 압축 자료의 최소 격자 크기와 동일한 1m 크기의 격자자료로 변환하여 저장한 결과의 파일 크기간 비율과, 격자자료를 기준으로 동일한 지역의 압축자료 표고값에 대한 차이로 각각 정리하여 표 2와 같은 결과를 얻을 수 있었다.

이 결과에서 분석자료중 표준편차의 최대 임계값인 1.0m에서 31.7%의 압축률을 나타내었으며 이때의 표고오차 평균값은 0.08m 표준편차는 0.20m로 나타났다. 결과적으로 수치지도의 허용오차중 1/1,000의 표고점 표준편차의 기준인 0.15m에는 약간 미달되었으며, 1/5,000 축척에서 표고점 표준편차의 기준인 1.0m를 만족하였다.

4. 결론

본 연구는 3차원 LiDAR 자료와 같은 고밀도자료의 효율적인 자료압축 및 저장 기법을 제시하기 위한 연구로써 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 3차원 LiDAR 자료의 X, Y, Z 값으로 부터 유사한 표고값을 갖는 지역을 통합하여 하나의 격자로 저장함으로써 적은 용량으로 세밀한 표현이 가능한 2차원 격자의 형태의 압축 및 저장 알고리즘을 제시하였다.

2. 다양한 표고를 가진 건물 형태의 LiDAR 자료를 제작하여 압축 저장한 파일의 크기가 일반적인 격자자료에 비하여 11%로 매우 높은 압축비를 나타내었으며 세밀한 표현도 가능함을 확인할 수 있었다.

3. 압축 결과를 도심지역의 LiDAR 자료에 적용한 결과 표준편차 임계값이 1.0m에서 최대 압축비가 31.7%로 나타났으며 표고의 오차 평균은 0.08m 표준편차는 0.20m로써 수치지도 1/5,000 축척의 오차 허용 범위를 만족함을 알 수 있었다.

추가적으로 본 연구에서 사용한 대상지역의 형태와 다른 다양한 표고변화를 가진 지역에서도 본 연구의 알고리즘을 적용하고 결과를 비교분석할 필요가 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

이 논문은 2007년도 정부(과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. R01-2007-000-20577-0).

참고문헌

1. 강영미, 강준목, 2006, "유비쿼터스 기술을 이용한 도시 모델 개발 방안 연구", *대한토목학회논문집*, 제 27권, 제 6D호, 791-799.
2. 이용희, 문두열, 김가야, 박동일, 2008, "3차원 레이저 스캐닝을 이용한 수치지형도 수정에 관한 연구", *한국지형공간정보학회지*, 제16권, 제2호, pp.41-47.
3. 장영운, 최연웅, 이효중, 조기성, 2009, "고밀도 격자자료의 효율적 저장기법 연구", *한국측량학회지*, 제27권, 제3호, pp.401-408.
4. 최석근, 조의환, 이병용, 2010, "다차원 공간정보를 이용한 시설물관리", *한국지형공간정보학회지*, 제18권, 제1호, pp.41-46.
5. Rottensteiner, F. and Jansa, J., 2002, "Automatic extraction of building from LiDAR data and aerial images", *International Archives of Photogrammetry & Remote Sensing*, Vol. 34, part4, pp.295-301.
6. Guoqing Zhou, C. Songa, J. Simmersb, P. Cheng, 2004, "Urban 3D GIS From LiDARand digital aerial images", *Computers & Geosciences*, Vol. 30, pp.345-353.
7. Ildiko Suveg, George Vosselman, 2003, "Reconstruction of 3D building models from aerial images and maps", *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, Vol.58, pp.202-224.