

# 고밀도 격자자료의 효율적 저장기법 연구

## A Study on Efficient Storage Method for High Density Raster Data

장영운<sup>1)</sup> · 최연웅<sup>2)</sup> · 이효종<sup>3)</sup> · 조기성<sup>4)</sup>

JunJang, Young Woon · Choi, Yun Woong · Lee, Hyo Jong · Cho, Gi Sung

### Abstract

A study for 3D-reconstruction and providing the geospatial information is in progress to many fields recently. For efficient providing the geospatial information, the present information has to be updated and be revised and then the latest geospatial information needs to be acquired economically. Especially, LiDAR system utilized in many study has a advantage to collect the 3D spacial data easily and densely that is possible to supply to the geospatial information. The 3D data of LiDAR is very suitable as a data for presenting 3D space, but in case of using the data without converting, the high performance processor is needed for presenting 2D forms from point data composed by 3D data. In comparison, basically the raster data structure of 2D form is more efficient than vector structure in cheap devices because of a simple structure and process speed. The purpose of this study, in case of supplying LiDAR data as 3D data, present the method that reconstructs to 2D raster data and convert to compression data applied by th tree construction in detail.

Keywords : LiDAR Data, Compression, Grid Data, Tree Structure

### 초 록

지형정보에 대한 3차원 재현 및 지리정보의 제공에 관한 연구는 최근 다양한 분야에 걸쳐 진행되고 있다. 지형정보의 효율적인 재현 및 제공을 위해서는 현재까지 구축된 자료들을 체계적으로 관리함과 동시에 최신의 지형정보를 신속하고 경제적으로 취득할 필요성이 있다. 특히 최근에 그 활용성이 증대되고 있는 LiDAR 시스템은 3차원 공간데이터를 빠르고 조밀하게 취득할 수 있는 특징이 있다. 그러나 이러한 LiDAR 자료는 3차원의 공간을 표현하기 위한 자료로는 매우 적합하지만, 이러한 벡터 구조자료를 재구성 없이 3차원으로 표현할 경우 3차원 자료의 특성상 화면을 통한 2차원의 형태로 표현하기 위해서는 많은 연산 작업을 수반하기 때문에 고사양의 처리 프로세서가 필요하다. 이에 비해 기본적으로 2차원 형태로 구성된 격자구조 자료는 간단한 구조로 인하여 벡터구조에 비하여 저가의 장비에서도 표현이 용이한 장점이 있다. 본 연구에서는 LiDAR 자료를 3차원으로 나타낼 때 저장공간의 효율적인 사용을 위한 자료 압축 및 구현속도의 향상을 위하여 자료를 압축된 트리구조 자료로 재구성하는 알고리즘을 제시하고자 한다.

핵심어 : LiDAR 자료, 압축, 격자자료, 트리구조

## 1. 서 론

최근 지형정보에 대한 3차원 복원 및 지리정보에 관한 연구와 적용이 확대되면서 국가적인 정책을 통하여 모

든 지리정보를 영상화, 3차원화 하는 추세이다(장문현, 2005). 각 기관에서 구축한 공간정보체계를 통합하여 원스톱 공간정보 공급체계(국가공간정보통합체계) 구축, 범정부 차원의 통합 데이터베이스 구축 등으로 통일성

1) 전북대학교 대학원 토목공학과 박사과정(E-mail:cloud311@chonbuk.ac.kr)  
2) 교신저자, 전북대학교 공학연구원 공업기술연구센터 연구원(E-mail:choiyum@chonbuk.ac.kr)  
3) 전북대학교 공과대학 전자공학과 교수(E-mail:hlee@chonbuk.ac.kr)  
4) 정회원 · 전북대학교 공과대학 토목공학과 교수, 공업기술연구센터 연구원(E-mail:gscho@chonbuk.ac.kr)

있는 국가공간정보 인프라 구축 및 최신 자료의 신속한 제공 등을 통해 국민 누구나 손쉽게 정보에 접근하여 이를 개인 생활이나 상업화 하는데 이용할 수 있도록 할 뿐만 아니라 대형 도로, 터널, 공항, 간척사업 등에 적용하여 예산절감효과가 연 수천억원에 이를 것으로 전망되며, 구축된 공간정보인프라를 활용하여 산업, 행정, 문화 등 모든 영역의 고부가가치 창출의 원동력이 될 것으로 기대된다.

이러한 지형에 대한 정보를 효율적으로 제공하기 위해서는 기존에 구축된 자료들을 체계적으로 관리해야 하는 것은 물론이며, 새로 변화된 지역에 대한 정보를 신속하고 경제적으로 취득할 필요성이 있다. 현재 유통되고 있는 수치지도는 3차원 자료를 포함하고 있지 않기 때문에 고품질의 3차원 자료를 요구하는 여러 새로운 활용분야에 바로 이용하기에는 부적합한 경우가 많다(이석근 등, 2006). 최근 그 활용성이 증대되고 있는 LiDAR (Light Detection and Ranging) 시스템은 지형정보에 제공이 가능한 3차원 공간데이터를 빠르고 조밀하게 취득 가능한 이점이 있다(강영미 등, 2006). 그러나 일반적으로 LiDAR 데이터는 객체의 3차원 정보에 대하여 불규칙한 점군 형태로 취득되기 때문에 이 데이터를 이용한 3차원 모델링을 위해서는 LiDAR 데이터의 체계적인 분류 및 위상기하학적 분할이 필수적이며(Elaksher 등, 2002; Rottensteiner 등, 2002; Volker, 2003), LiDAR 데이터를 이용하여 대상물을 3차원으로 재구성하기 위해서는 일반적으로 LiDAR 데이터에서 대상물에 대한 점들을 분할하는 과정과 분할된 점들을 이용하여 3차원으로 재구성하는 과정을 거쳐야 한다(Alharthy 등, 2004; Pottman 등, 2002).

일반적으로 지리정보시스템이 저장하고 처리해야 할 자료가 다른 정보시스템에 비해 상대적으로 커서 효과적인 저장과 처리가 이루어지지 않으면 그 기능을 제대로 발휘할 수가 없다. 이러한 관점에서 3차원의 공간을 표현하기 위한 자료로써 LiDAR의 3차원 자료는 매우 적합하다 할 수 있지만, 자료를 변환없이 그대로 사용할 경우 3차원으로 구성된 점 자료의 특성상 화면을 통한 2차원의 형태로 나타내기 위해서는 많은 연산 처리가 필요하기 때문에 높은 사양의 처리 프로세서가 필요하며 많은 저장공간을 필요로 한다.

이에 비해 DEM 등의 격자구조 자료는 격자의 크기에 따라 세밀한 묘사가 어렵고, 세밀한 묘사에 따른 저장공간의 증가로 인한 문제점이 있으나, 간단한 구조와 처리

속도로 인하여 벡터구조에 비하여 일반 가정에서 사용하는 저가의 장비에서도 처리가 가능한 장점이 있으며 GIS 서비스의 경우 공간데이터의 경량화와 압축이 필수적(조명희 등, 2004)이기 때문에 여전히 활용되고 있다.

따라서 본 연구에서는 LiDAR 자료를 3차원 자료로 제공할 경우 처리속도를 고려하여 2차원 격자 형태의 자료로 재구성하되 세밀한 표현을 위한 데이터 용량을 고려하여 트리구조를 응용한 압축자료로 변환하는 기법을 제시하고자 한다.

## 2. 압축 알고리즘

### 2.1 일반적인 격자자료 압축기법

격자구조의 자료에서 각 격자가 지닌 값의 변화가 심하면 해당 자료를 손쉽게 압축할 수는 없다. 하지만 실제로 격자구조에서 보여주는 공간적인 변화는 일반적으로 그다지 심하지 않다. 즉, 하나의 레이어내에서 많은 수의 격자는 동일한 속성값을 지닌다는 것이 일반적인 격자구조의 특성이다. 따라서 적절한 압축기법을 활용하여 자료를 저장함으로써 경제적인 자료의 저장 및 관리가 가능하다. 대표적인 격자구조의 압축기법으로는 run-length code 기법, quadtree 기법, block code 기법, 그리고 chain code 기법 등을 들 수 있다.

run-length code 기법은 격자자료에서 하나의 행에서 동일한 수치값을 갖는 격자들을 찾아 좌에서 우로 또는 위에서 아래로 진행하여 그 위치와 연속되는 길이를 저장하는 방식이다. quadtree 기법은 run-length 코드 기법과 함께 가장 많이 쓰이는 자료 압축기법이나 크기가 다른 정사각형을 이용하여 run-length 코드보다 더 많은 자료의 압축이 가능하다. 전체 대상지역에 대하여 하나 이상의 속성이 존재할 경우 대상지역은 동일한 가로, 세로 길이를 가진 4지역으로 나누게 되며 나누어진 각 지역마다 다른 속성의 유무를 판단하고 다른 속성이 존재할 경우 각 지역에서 다시 4개지역으로 나누는 과정을 반복하여 최소의 크기까지 자료를 분류 저장하는 방식이다. 분류된 값들은 일반적으로 4개의 Leaf와 노드로 나누어지는 트리형태로 저장하는 방식을 사용한다. block code 기법은 서로 크기가 다른 정방형의 격자를 사용하여 run-length 코드 방식 처럼 주변의 연속되는 자료를 찾는 방식에 따라 정방형 지역의 격자의 값이 동일할 경우 하나의 정방형으로 인식하도록 하는 방법이다. chain code 기법은 하나의 격자로부터 동일한 값의 주변지역을 계

속해서 탐색해나가는 방법으로써 각 값들마다 x축과 y축으로 각각 연결되어있는 상태와 해당 값을 저장하는 방식이다.

각각의 압축 알고리즘은 대상 자료에 따라서 다양한 압축률을 나타내므로 가장 좋은 압축기법을 선정할 수는 없지만 대체적으로 넓은 지역에서 적은 속성값으로 나누어진 경우 run-length code 기법이 가장 큰 압축률을 나타내며 그 외에는 quadtree 기법이 가장 많이 사용되고 있다.

### 2.2 LiDAR 데이터의 압축 저장

LiDAR 데이터를 이용하여 격자구조를 생성할 경우 정방형 격자망을 LiDAR 데이터에 중첩하여 각 격자 하나하나에 포함된 LiDAR 점들의 평균값에 따라 해당 격자망의 표고값을 지정하게 된다. 이때 격자의 크기에 따라 세밀한 표현을 위해서 자료의 용량이 커지는 문제가 발생하는 단점을 보완하기 위해서 본 연구에서는 앞서 설명한 압축기법 중 quadtree 방식을 응용하였다.

그림 1은 격자구조의 생성 순서도를 나타낸 것이며, 여기서 가장 중요한 요소는 각 격자를 더욱 세밀하게 표현해야 될 필요성이 있는 척도가 되는 표준편차의 임계값이다. 표준편차는 하나의 격자 내부에 존재하는 LiDAR 자료가 동일한 객체의 표고임을 나타내는 척도로서 분류과정에 사용되기 때문에 표준편차의 임계값을 지정하는 것은 자료의 압축률과 정확도를 결정짓는 중요한 요소가 된다.

그림 2 (a)와 같이 격자 내부에 각각 존재하는 LiDAR 점자료들의 표고값에 따라 동일한 표고의 영역인지 또는 다른 표고들로 이루어진 영역인지를 구분하기 위하

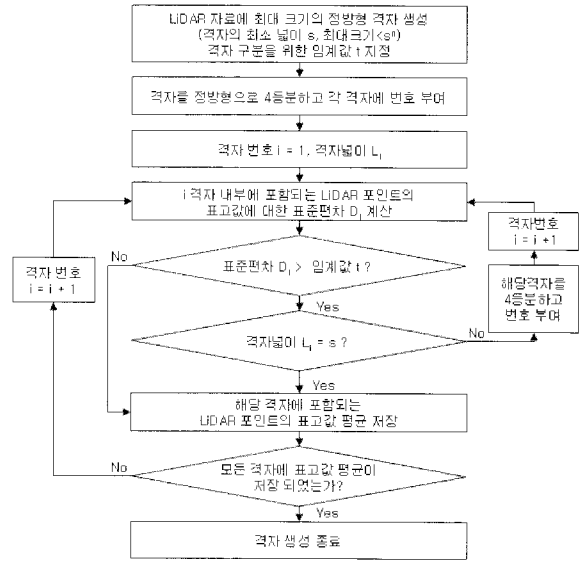
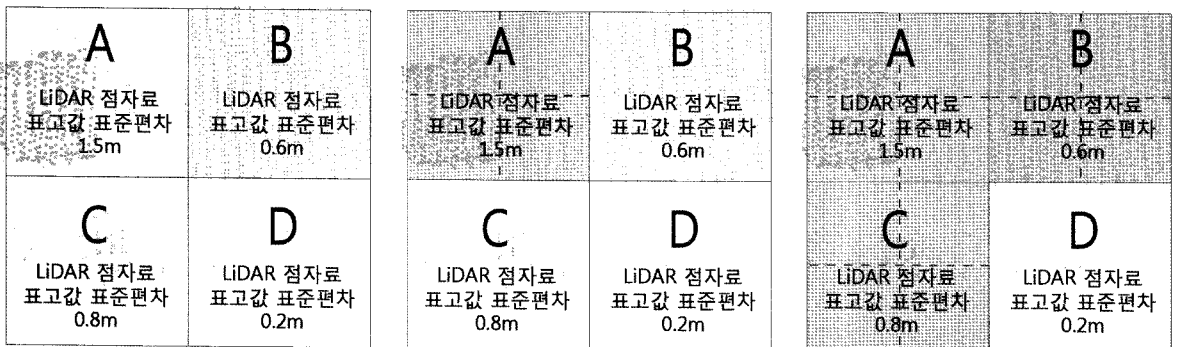


그림 1. 격자 압축 알고리즘 순서도

여 해당지역의 LiDAR 점자료들의 표고값에 대한 표준편차를 구하고 이에 임계값을 적용하여 분할할 것인지를 결정하게 된다. 예를 들어 그림 2 (a)에서 표준편차의 임계값을 1.0m로 적용하여 분할할 경우 그림 2 (b)처럼 A지역의 표고값 표준편차가 임계값 이상이므로 상이한 표고들로 이루어진 지역으로 판단되어 동일한 크기의 4개 격자로 분할되며 B지역, C지역, D지역 등은 유사한 표고들로 이루어진 지역으로 판단하여 영역이 그대로 유지된다. 그러나 표준편차의 임계값을 0.5로 적용할 경우 그림 2 (c)와 같이 A지역과 함께 B지역도, C지역도 상이한 표고들로 이루어진 지역으로 판단하여 분할하는



(a) LiDAR 자료의 표고 분포

(b) 표준편차 임계값 1.0m 적용

(c) 표준편차 임계값 0.5m 적용

그림 2. 개선된 격자구조 생성 순서도

과정을 수행하게 되는 것이다.

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.

### 3. 자료처리 및 분석

#### 3.1 연구대상지역

본 연구의 대상지역은 대전광역시 지역과 마산시 지역으로써 도심지에서 흔히 존재하는 다양한 높이의 건물 및 도로 등이 존재하는 지역으로써 원시 LiDAR 자료로부터 각각 512×512m, 256×256m 크기로 추출하고 알고리즘을 적용하였다. 대전광역시의 LiDAR 자료 점밀도는 이고, 마산시 지역의 점밀도는 이다. 그림 3은 각 지역의 항공사진, LiDAR 자료 표고값 및 대상지역에서 생성한 격자자료의 표고값을 나타낸 것이다.

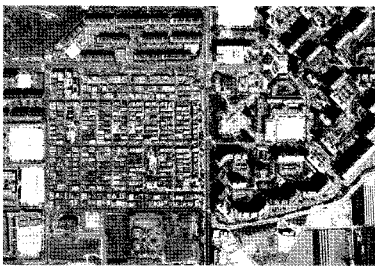
#### 3.2 압축 알고리즘 수행

본 연구에서 구성한 알고리즘에 표준편차 임계값을 0.1m부터 1.0m 까지 변화시키면서 각각의 연구대상지역에 적용하여 압축된 격자자료를 생성하였다. 알고리즘이 수행되는 과정은 그림 4와 같다.

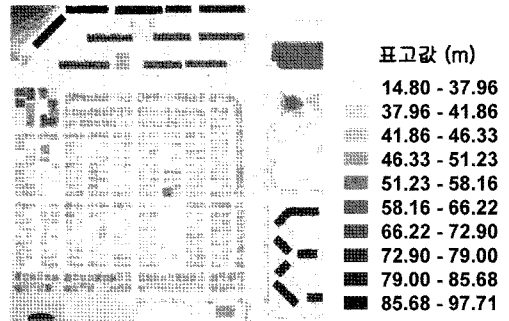
그림 4에서 처럼 전체 영역에서 정사각형으로 4등분된 각각의 격자들은 해당 격자에 속한 LiDAR 포인트들의 표고값에 대한 표준편차에 따라 다시 4등분되며 최소의 격자 크기까지 나누게 된다. 이때 최소 격자의 크기는 LiDAR 포인트의 점밀도를 고려하여 2m로 하였다.

그림 5는 연구대상지역 1과 2에서 압축 결과 중 표준편차 임계값을 1.0m로 적용하여 압축이 완료된 자료에 각 격자마다 외곽선을 표시한 것이다.

그림 5에서 연구지역 1의 경우 고층 아파트가 있는 지역으로써 상단 및 우측에 존재하는 아파트 건물 사이의 주차장과 도로부분이 유사한 표고로 이루어져 있어 대체적으로 큰 격자로 나타났고, 연구지역 2의 경우 다양한 표고를 가진 건물들이 밀집한 지역으로 사이사이의 도로들과 좌측 하단의 운동장 등이 큰 격자로 압축되었음을 확인할 수 있다.



(a) 연구지역 1 항공사진



(b) 연구지역 1 LiDAR 표고값



(c) 연구지역 2 항공사진



(d) 연구지역 2 LiDAR 표고값

그림 3. 연구대상지역 항공사진

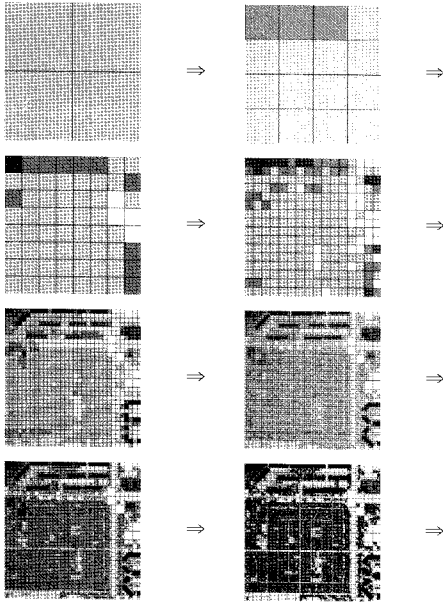
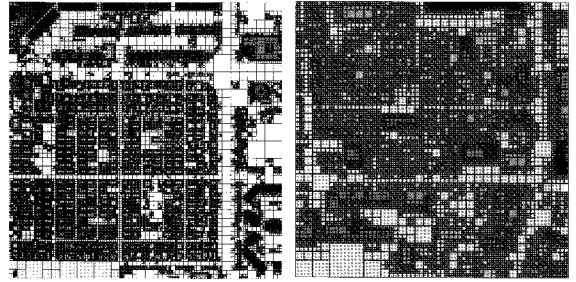


그림 4. 압축 알고리즘 진행도

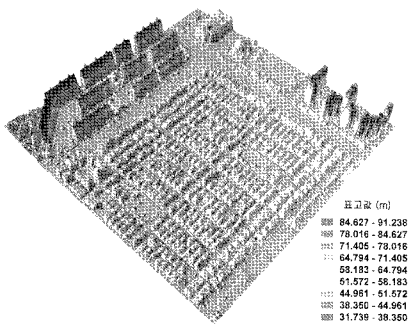


(a) 연구지역 1 (b) 연구지역 2

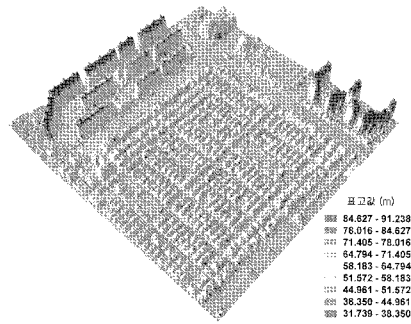
그림 5. 압축 결과의 자료 구성도 (표준편차 임계값 1.0m)

그림 6은 본 연구의 최종 목표인 압축자료의 3차원 표현상 가시성을 고려하여 연구지역 1, 2의 격자자료와 표준편차 임계값을 0.5m로 하여 압축된 결과를 3차원으로 표현한 것이다.

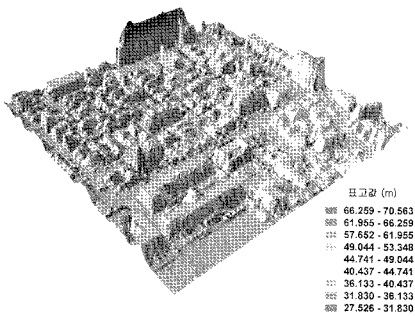
연구지역 1에서는 고층 건물의 형태가 기본 격자자료와 동일하게 표현되었고, 기타 저층의 건물도 큰 변화 없이 거의 동일한 형태로 표현되었으며 비교적 동일한 표고가 넓게 분포된 도로지역에서만 주로 압축이 되어



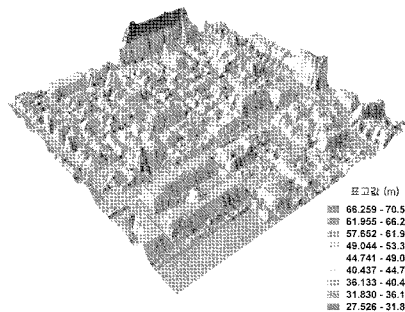
(a) 연구지역 1 기본 격자 자료



(b) 연구지역 1 압축결과 (표준편차 임계값 0.5m)



(c) 연구지역 2 기본 격자 자료



(d) 연구지역 2 압축결과 (표준편차 임계값 0.5m)

그림 6. 연구지역 1(상), 2(하)의 3차원 표현

미세한 변화를 나타내던 부분들이 하나의 격자로 변화된 것을 확인할 수 있었으며, 연구지역 2에서도 연구지역 1과 같이 기본 격자자료와 압축결과의 형태가 거의 동일하면서 도로나 건물의 지붕 등이 동일한 표고로 압축이 된 것을 확인할 수 있었다.

### 3.3 결과 분석

본 연구에서 적용된 압축기법에 의한 압축률을 파악하기 위해서 대상지역을 소수점 5자리까지 저장되도록 격자형식 파일을 생성하였고 압축기법으로 구성된 데이터 또한 동일하게 소수점 5자리로 저장되도록 파일을 생성하였다. 표 1은 압축한 결과를 분석한 내용으로 먼저 압축된 정도를 파악하기 위하여 각 연구대상지역의 DSM 파일을 생성하고 본 연구에서 제시한 알고리즘에서 표준편차의 임계값을 0.1m에서 1.0m까지 적용하여 압축을 수행한 결과파일과의 용량을 비교하였다. 또한 압축된 자료가 본래의 자료에서 변형된 정도를 파악하기 위하여 DSM 자료를 기준으로 각 셀에 해당하는 위치에 존재하는 압축 결과자료의 표고값 간의 차이를 파악하여 그 평균값을 정리하였다.

압축비는 표준편차 임계값 1.0m에서 연구지역 1은 60%, 연구지역 2는 69%이며 표고 오차의 평균값에서는 연구지역 1이 0.108m, 연구지역 2가 0.091m로 나타났으며 이는 수치지도의 허용오차중 1/1,000 축척에서 표고

점의 최대오차가 0.3m임을 감안하면 압축결과의 오차는 매우 적게 나타난 것으로 판단된다.

연구대상지역 1과 2의 압축결과를 비교해보면 수치상으로 두 지역 모두 큰 편은 아니지만 서로 약간의 차이가 있는 것으로 나타났다. 그 이유는 연구지역 1이 연구지역 2에 비해 유사한 표고를 가진 넓은 도로와 주차장들이 존재하여 동일한 셀로 압축되는 경우가 많았고, 도로상 다수의 차량 및 작은 물체들이 존재하여 이러한 물체들이 도로나 주변지역에 비해 큰 표고차이를 갖지 않음으로써 유사한 표고의 지역으로 인식되는 경우도 있었을 것이며, 또한 연구지역 2에서는 다양한 표고를 가진 작은 건물들이 연구지역 중앙에서 좁은 간격을 두고 존재함으로써 상이한 표고의 지역으로 파악되어 압축의 정도가 적게 나타난 것으로 판단된다.

그림 7은 표준편차 임계값의 변화로 인한 압축비와 표고차 평균값의 변화도를 보기위해 표 1을 그래프로 표현한 것이다. 그림 7에서와 같이 모든 연구지역에서 압축과정 중 격자를 나누기 위한 표준편차의 임계값이 증가함에 따라 작은 격자들이 하나의 격자로 되는 부분이 증가하여 표고의 차이도 증가하는 것으로 나타났다. 연구지역 1과 연구지역 2에서 압축비와 표고차 평균값의 차이는 존재하나 대체적으로 그 변화도는 비슷한 형태로 나타났음을 확인할 수 있다.

표 1. 압축 결과의 압축비 및 표고차 분석

구 분	연구지역 1			연구지역 2			
	저장용량 (Byte)	압축비 (압축/원본)	표고오차 평균(m)	저장용량 (Byte)	압축비 (압축/원본)	표고오차 평균(m)	
기본격자(DSM)자료	590,182	-		147,687	-		
압축 자료 (표준편차 임계값)	0.1m	536,647	91%	0.004	136,912	93%	0.003
	0.2m	481,231	82%	0.010	128,464	87%	0.007
	0.3m	456,799	77%	0.016	124,744	84%	0.012
	0.4m	434,815	74%	0.026	121,360	82%	0.017
	0.5m	415,015	70%	0.040	116,608	79%	0.028
	0.6m	397,183	67%	0.059	112,744	76%	0.039
	0.7m	384,151	65%	0.070	109,240	74%	0.050
	0.8m	373,087	63%	0.084	107,344	73%	0.057
	0.9m	361,063	61%	0.100	104,704	71%	0.069
	1.0m	353,143	60%	0.108	101,224	69%	0.091

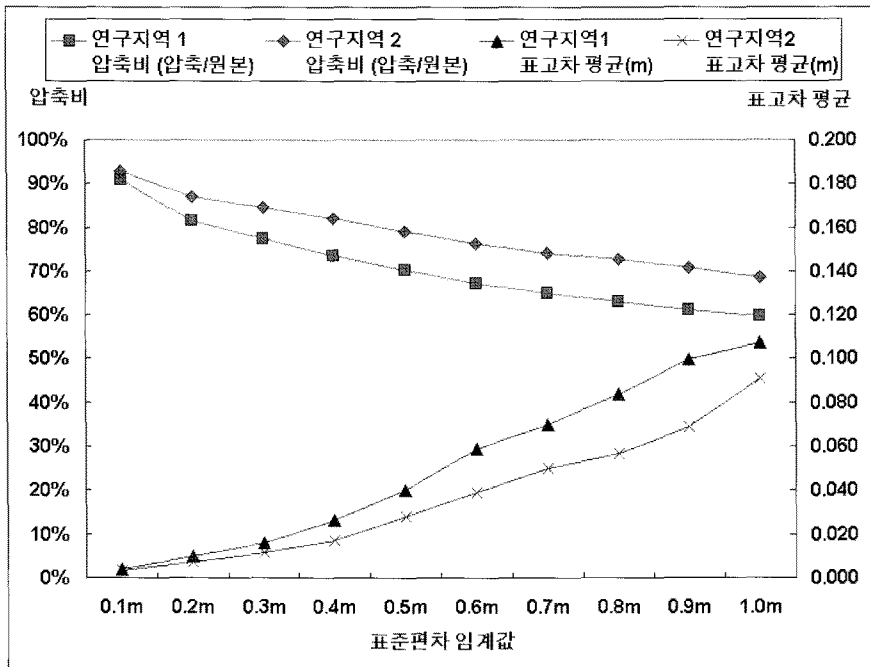


그림 7. 압축 결과 분석 그래프

#### 4. 결 론

본 연구는 3차원 LiDAR 자료를 웹을 통하여 전송하고 3차원 가시화하기 위한 선행 연구로써 3차원 원본자료를 압축된 2차원 격자의 형태로 구성하는 기법을 제시하기 위한 연구를 수행하고 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, LiDAR 자료를 2차원 격자형태로 저장함에 있어 자료의 표현 등급 및 저장 용량을 고려한 효율적인 저장 알고리즘을 제시하였다.

둘째, 격자 분할 기준으로 적용한 표준편차의 임계값이 증가함에 따라 압축률이 증가하였으며 최대 1.0m를 적용한 결과에서 DSM 자료대비 압축 비율이 최대 60%를 나타내었다.

셋째, 압축비가 증가함에 따라 압축된 결과자료와 원본자료의 표고오차가 증가하였으나 60% 압축비의 경우에서도 표고차의 평균값이 최대 0.108m로 나타났으며 수치지도 1/1,000 허용오차를 만족하였다.

추가적으로 본 연구에서 제시한 압축기법에 가시화에 적합한 임계값을 파악하기 위하여 제시한 다양한 환경요소를 지닌 지역에서 여러 임계값을 적용한 압축을 수행하고 압축비에 따른 3차원 표현 결과를 비교 분석해야

할 것으로 판단된다.

#### 감사의 글

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

#### 참고문헌

- 강영미, 강준목 (2006), LiDAR 자료를 이용한 유역의 퇴적물 모니터링, 한국측량학회지, 한국측량학회, 제 24권, 제 1호, pp. 27-36.
- 이석균 (2006), IKONOS 컬러 입체영상을 이용한 대규모 도시지역의 3차원 건물복원, 대한토목학회논문집, 대한토목학회, 제 26권, 제 3D호, pp. 535-540.
- 장문현 (2005), Web GIS 기반의 3차원 도시경관 시뮬레이션시스템 설계 및 구현, 한국GIS학회지, 한국GIS학회, 제 13권, 제 1호, pp. 103-117.
- 조명희, 이명보, 이시영, 김준범, 권봉겸, 허영진, (2004), 산불진화정보 관리를 위한 Mobile GIS 공간데이터 압축기법 개발, 한국지리정보학회지, 한국지리정

보학회, 제 7권, 제 2호, pp. 78-87.

Alharthy, A., Bethel, J. and Mikhail, E. M. (2004), Detailed Building Reconstruction from Airborne Laser Data Using a Moving Surface Method, *CD-ROM Proceedings of 2004 ISPRS Congress*, ISPRS.

Elaksher, A. and Bethel, J. (2002), Reconstruction 3D buildings from LiDAR data, *Proceedings of Photogrammetric Computer Vision, ISPRS Commission III*, ISPRS, pp. 102-107.

Pottman, H., Leopoldseder, S., Wallner, J., and Peternel, M. (2002), Recognition and reconstruction of special surfaces from point clouds, *ISPRS Archives*, ISPRS, Vol. 34(3A), pp. 271-276.

Rottensteiner, F. and Jansa, J. (2002), Automatic extraction of building from LiDAR data and aerial images, *International Archives of Photogrammetry & Remote Sensing*, IAPRS, Vol. 34, part4, pp. 295-301.

Volker Coors (2003), 3D-GIS in networking Environments, *Computers, Environment and Urban Systems*, Vol. 27, pp. 345-357.

---

(접수일 2009. 6. 5, 심사일 2009. 6. 22, 심사완료일 2009. 6. 24)