

# VRML을 이용한 도심지역 LiDAR 압축자료의 3차원 표현 A Study of 3D Modeling of Compressed Urban LiDAR Data Using VRML

장영운\* · 최연웅\*\* · 조기성\*\*\*

Jang, Young Woon · Choi, Yun Woong · Cho, Gi Sung

## 要 旨

최근 지도제공 서비스 업체 및 각 포털 사이트가 일반 사용자를 위한 3차원 가상도시 모델 서비스에 참여하면서 그 수요가 확대되고 있다. 또한 웹이나 모바일 장비로 이러한 3차원 정보를 제공하게 되면서 자료의 정확도 및 전송속도, 시간의 흐름에 따른 갱신이 더욱 중요한 요소로 부각되고 있다. 웹으로 3차원 자료를 제공하는 다양한 기술중에서 VRML은 간단한 플러그인 설치를 통하여 별도의 비용이 없이 웹상에 제공할 수 있기 때문에 가장 많이 사용되고 있다.

LiDAR 시스템은 공간자료를 손쉽게 정밀하게 취득할 수 있는 이점이 있어 다방면으로 연구와 활용이 이루어지고 있다. 그러나 일반적으로 LiDAR 자료는 객체의 3차원 정보를 불규칙한 점군 형태로 취득하므로, 자료를 변환없이 3차원 형태로 화면에 나타내기 위해서는 많은 연산 처리를 필요로 하게 되므로 높은 사양의 처리 프로세서와 많은 양의 저장공간이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 도심지역 LiDAR 자료를 압축하고 네트워크를 통하여 3차원으로 제공하는 것을 목적으로 하였다. 이때 LiDAR 자료의 저장공간 및 처리속도 문제를 위하여, 압축 알고리즘을 적용한 2차원 격자 형태의 자료로 압축하는 알고리즘을 활용하였다. 또한 3차원 표현을 위하여 압축된 LiDAR 자료를 VRML에 적합한 코드로 변환하는 알고리즘을 개발하여 도심지역을 3차원 형식으로 표현하는 기법을 제시하였다.

핵심용어 : 3차원 표현, LiDAR 압축 자료, VRML

## Abstract

Recently, the demand for enterprise for service map providing and portal site services of a 3D virtual city model for public users has been expanding. Also, accuracy of the data, transfer rate and the update for the update for the lapse of time emerge are considered as more important factors, by providing 3D information with the web or mobile devices. With the latest technology, we have seen various 3D data through the web. With the VRML progressing actively, because it can provide a virtual display of the world and all aspects of interaction with web. It offers installation of simple plug-in without extra cost on the web.

LiDAR system can obtain spatial data easily and accurately, as supported by numerous researches and applications. However, in general, LiDAR data is obtained in the form of an irregular point cloud. So, in case of using data without converting, high processor is needed for presenting 2D forms from point data composed of 3D data and the data increase.

This study expresses urban LiDAR data in 3D, 2D raster data that was applied by compressing algorithm that was used for solving the problems of large storage space and processing. For expressing 3D, algorithm that converts compressed LiDAR data into code suited to VRML was made. Finally, urban area was expressed in 3D with expressing ground and feature separately.

Keywords : 3D Modeling, Compressed LiDAR Data, VRML

2011년 1월 27일 접수, 2011년 3월 2일 채택

\* 학생회원 · 전북대학교 공과대학 토목공학과 박사과정(cloud311@jbnu.ac.kr)

\*\* 교신저자 · 정희원 · 조선이공대 토목건설과 교수(ywchoi@chosun-c.ac.kr)

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

## 1. 서 론

기존의 일반적인 3차원 도시모델의 경우 도시계획이나 시뮬레이션 등의 일반인들이 접근하기 힘든 전문분야에서 주로 사용되었으나 최근 국토지리정보원의 3차원 국토공간정보구축 사업을 포함하여 각 포털 사이트 등의 민간 지도 제공 서비스 업체에서도 일반 사용자를 위한 3차원 가상도시모델 서비스가 시작되면서 그 수요가 확대되고 있다. 일반적인 지도 제공 외에도 관광이나 쇼핑, 도시안내 등을 접목시킨 사이트도 3차원 도시모델 서비스에 참가하면서 기존의 단순한 위치 설명이나 표현 위주의 목적을 벗어나 최근에는 일조권 분석, 3차원 GIS를 통한 GPS연동, 모바일 장비를 이용한 위치제공 등 더욱 많은 위치정보와 기하학적인 자료, 정확성 등을 요구하고 있다(오재홍 외, 2007). 또한 IT 기술의 발전에 따라 실세계를 재현하는 기술은 더욱 급속히 발전하여, 측량 및 IT기술의 융합간의 통합에 따른 시너지효과를 극대화 하고 있다(최석근 외, 2010).

그러나 3차원 표현을 위한 자료는 그 특성상 많은 위치 정보들로 구성되어 있어 데이터의 전송이나 처리면에서 일반 사용자에게 제공하는데 소요되는 시간 및 처리효율에 대한 문제를 고려해야만 한다. 특히 최근에 더욱 사용이 증대되고 있는 모바일을 통한 위치정보 서비스 등을 고려할 때 데이터의 정확도 및 자료의 전송 속도 새로운 지형자료의 갱신 등은 매우 중요한 요소로 부각되고 있다.

특히 LiDAR(Light Detection And Ranging) 시스템은 3차원 공간데이터를 손쉽게 정밀하게 취득할 수 있는 이점이 있어 다방면으로 연구와 활용이 이루어지고 있다(Zhou et al., 2004; 강영미, 강준목, 2006; 이용희 외, 2008). 그러나 일반적으로 LiDAR 데이터는 객체의 3차원 정보에 대하여 불규칙한 점군 형태로 취득되기 때문에 자료를 변환없이 그대로 사용할 경우 3차원으로 구성된 점 자료의 특성으로 볼 때 화면을 통한 2차원의 형태로 나타내기 위해서는 많은 연산 처리를 필요로 하게 된다(Suveg, 2003). 이로 인해 높은 사양의 처리 프로세서가 필요하게 되며 이는 결국 공간정보를 인터넷을 통해 일반 사용자에게 제공할 경우 큰 걸림돌이 될 수 있다. 이에 비해 2차원 격자구조 자료는 간단한 구조와 처리속도로 인하여 벡터구조에 비하여 저가의 장비에서도 가능한 장점이 있으나 격자의 크기에 따라 세밀한 묘사정도나 파일 크기가 저장공간 및 자료 전송에 있어서 문제가 된다.

따라서 본 연구에서는 3차원 자료의 획득이 용이한 LiDAR 자료의 과도한 저장공간 및 처리 문제를 해소

하기 위하여 압축 알고리즘을 적용한 2차원 격자 형태의 자료를 활용하여 3차원 형식으로 도심지역을 표현하는 기법을 제시하고자 한다.

## 2. 3차원 공간자료의 압축저장 기법

### 2.1 LiDAR 데이터의 압축

LiDAR 자료를 이용하여 일반적인 격자구조 자료를 생성할 경우 정방형 격자망을 LiDAR 점 자료에 중첩하여 각 격자 하나하나에 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. 반면에 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 압축방식 등의 2가지로 구분할 수 있다. 그 중 영역구조형 압축은 일정한 영역을 기준으로 해당 영역 내부의 점자료들의 특성을 분석하고 유사한 점자료로 구성되어있다고 판단되면 해당 영역을 유지하지만 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 기법 중 영역구조형 저장방식을 응용한 알고리즘을 이용하였다(장영운 외, 2009).

여기서 각 격자를 더욱 세분화된 격자로 구분하기 위하여 한 격자내에 이질적인 표고값이 존재하는지 파악하는 척도를 표고값의 표준편차로 설정하였다. 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.

### 2.2 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 효용성을 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.

표고값은 기본적으로 Single형(4Byte 실수)으로 구성되며, 자료를 파일로 저장할 때 일반적인 격자자료 처럼 모든 격자에 대하여 순차적으로 저장하는 방식을 활용할 경우 빈 공간에 대한 저장값을 지정하면 결국 기존 격자자료를 텍스트형에서 이진파일로 변환하여 저장하는 것과 동일하게 되므로 이러한 결과보다 더욱 압축률을 높이기 위해서 트리의 구조 형식을 메모리에 저장하는 방식과 같은 형태의 파일로 저장하도록 하였다.

그림 1은 본 연구에서 수행한 압축 알고리즘의 전체

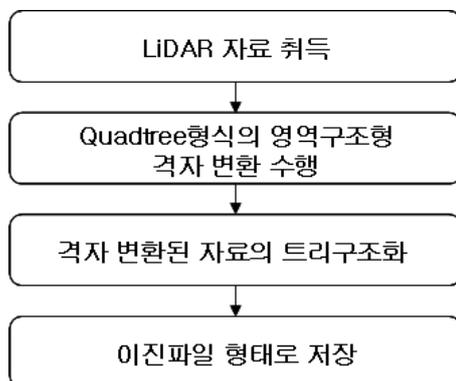


그림 1. 압축 알고리즘 수행 과정

적인 과정을 나타낸 것이다.

## 3. 압축 자료의 3차원 표현

### 3.1 VRML을 이용한 3차원 표현

인터넷에서 3차원 자료를 제공하는 기술 중에서 최근까지 가장 연구가 활발하게 진행된 기술은 VRML (Virtual Reality Markup Language)이다. VRML은 1995년에 최초로 제정된 국제 표준 언어로써, 현재 간단한 플러그인 설치를 통하여 별도의 비용이 없이 웹상에 제공할 수 있으며 가상세계의 디스플레이, 상호작용 등을 모든 측면을 인터넷을 통해 제공이 가능하여 현재 여러 분야에서 활용이 되고 있다.

일반적인 VRML 저작 도구의 구성 요소는 크게 3가지로 나눌 수 있다. VRML 월드를 디자인하는 Tool과 VRML의 각각의 오브젝트를 디자인하는 도구, 그리고 이 두 가지를 합쳐놓은 도구이다. 오브젝트 디자인 도구는 CG(Computer Graphic)를 많이 사용하는 도구로써 3D 오브젝트를 드로잉하고 렌더링한다. 벽이나 바닥의 디자인부터 문이나 화병 등 거의 모든 물체를 세밀하고 편리하게 디자인할 수 있다. 여기서 디자인된 오브젝트를 사용하여 VRML 월드를 디자인하게 된다. 보통 VRML World 전문디자인 도구들은 드래그 앤드롭(Drag-and-Drop)으로 각 오브젝트를 삽입하고 여러 시점을 정의해주며 많은 기본 요소들을 손쉽게 디자인하게 도와준다.

본 연구에서의 경우에는 우선적으로 기존 자료를 통해 3차원적인 요소를 표현하는 작업을 먼저 수행하였기 때문에 이러한 CG 도구들을 응용하기 보다는 VRML 월드를 디자인하는 기본적인 도구만을 사용하여 작업을 수행하였다.

### 3.2 ElevationGrid노드를 이용한 3차원 표현

압축된 표고자료는 본 연구에서 제작한 애플릿을 통해 각 격자의 위치 및 표고값으로 변환하는 과정을 거쳐 VRML 형식에 맞게 구성한다. 3차원 표현을 위하여 VRML의 노드 중 기초 노드인 Shape를 사용하였으며, 본 연구에서 대상으로 하는 자료가 표고값으로 된 자료이므로 geometry 필드의 ElevationGrid 노드를 이용하여 3차원으로 나타내었다. VRML 코드로 된 내용은 Web Browser를 통해 제공하기 위해 또 다시 HTML 형식으로 변환하는 작업을 수행해야 하는데 이는 본 연구에서 사용한 OS인 Window XP의 형식에 적합하도록 ASP(Active Server Page) 및 Java Script 등을 이용하였다.

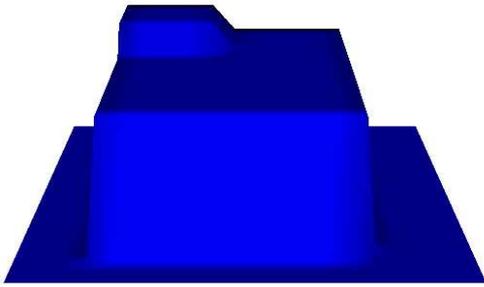


그림 2. ElevationGrid 노드를 이용한 Rendering 결과

그림 2는 본 연구에서 압축된 지역 중 건물 자료를 VRML의 ElevationGrid 노드를 이용하여 3차원으로 표현한 결과이다. 건물의 평평한 표현을 위해서는 렌더링을 Flat 형식으로 하는 것이 바람직하나 동일한 표고만으로 이루어진 경우가 많지 않아 자연스럽게 연결되는 표현이 가능하도록 Smooth 형식으로 렌더링 하였다.

### 3.3 실제 지형에서의 3차원 표현

본 연구에서의 기법을 실질적인 지형에 적용하기 위해 그림 3과 같은 원시 LiDAR 자료로부터 높은 건물과 낮은 지상물이 함께 존재하는  $355 \times 256\text{m}$ 의 지역의 LiDAR 자료를 분할하여 본 연구에 시험 적용하였다.

ElevationGrid 형식으로 모든 압축 결과자료를 화면상에 표현할 경우 원거리에서는 그 형태나 윤곽이 어느 정도 도심지의 형태로 나타날 수 있으나 네비게이션을 수행하여 근거리로 접근할 경우에는 매우 불규칙적인 모습이 나타나기 때문에 ElevationGrid 노드는 적합하지 않은 것으로 판단되어 건물을 일정한 규칙에 의해 나타내는 추가작업을 수행하였다.

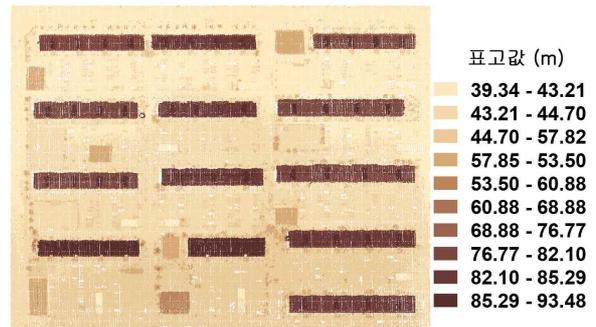
각 건물들의 지붕, 벽면 등은 건물의 느낌을 살리기 위하여 기하 노드 중 Extrusion 노드와 Box 노드, 외형 노드 중 Appearance 노드, ImageTexture 노드, Material 노드, TextureTransform 노드, 속성 노드 중 Color 노드, Coordinate 노드, Normal 노드, TextureCoordinate 노드 등을 이용하여 기초적으로 제작한 후 대상체의 크기에 따라 변형하여 불러들이는 방식을 이용하였다.

대상지역은 Quadtree 방식으로 압축 작업 수행이 가능한 정사각형의 형태의 영역이 아니므로 각각의 지역을 정사각형 영역으로 분할하여 작업을 수행한 후 연결하는 과정을 거치도록 하였다.

압축 알고리즘을 통해 생성된 자료는 트리의 깊이에 따라서 각각의 객체 위치 및 형태가 지정되게 되며 각 객체의 좌표는 격자의 좌표에 따라서 지정되게 된다.



(a) 대상지역 항공사진



(b) 대상지역 LiDAR 표고값

그림 3. 시험대상지역

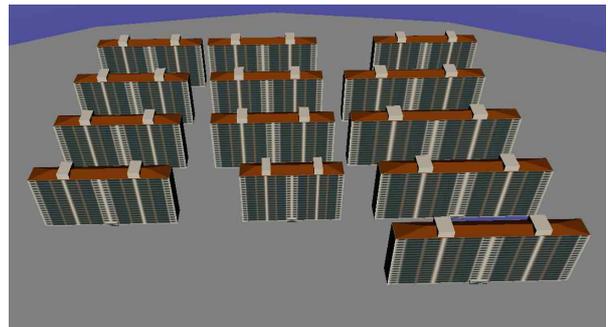


그림 4. 건물의 3차원 표현

인접한 객체중 유사한 표고(0.5m이내)를 가진 객체 자료는 동일한 객체로 인식되게 되며 각 객체의 외곽 점을 파악하여 객체를 생성하게 된다. 유사한 표고를 가진 객체가 사선으로 나타나게 되면 이는 각 객체의 꼭지점을 파악하여 객체의 각도를 조절하도록 하였다. 이러한 과정을 수행하여 그림 4와 같은 결과를 얻을 수 있었다.

### 3.4 도심지역의 3차원 표현

전체 도심지역을 나타내기 위해서는 건물과 지면을 함께 나타내야 하므로 건물과 별도로 지면의 형태를 나타내는 작업을 수행하였다.

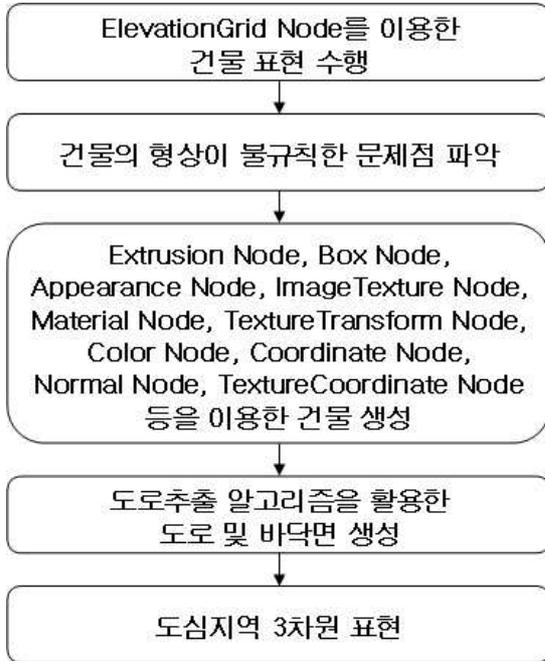
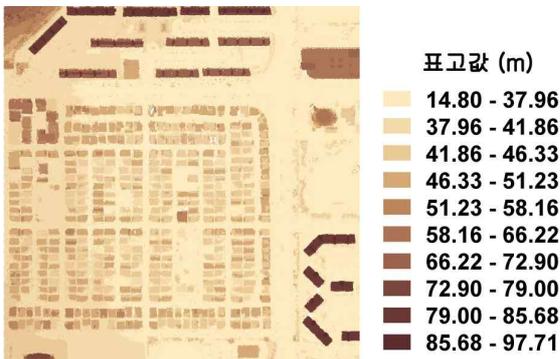


그림 5. 도심지역 3차원 표현 과정



(a) 대상지역 항공사진



(b) 대상지역 LiDAR 표고값

그림 6. 도심지역 자료

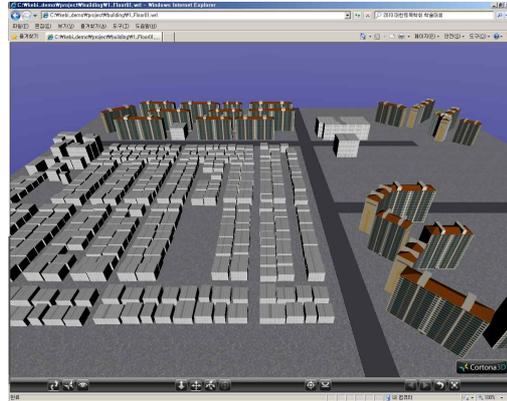


그림 7. 도심지역의 3차원 표현(정면)

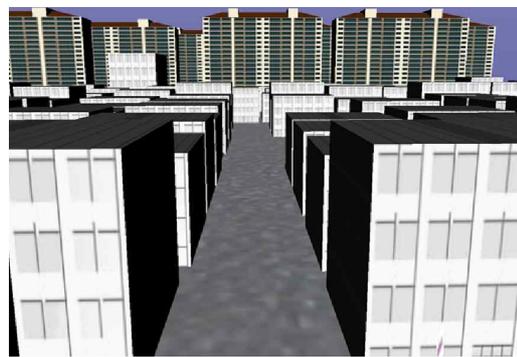


그림 8. 도심지역의 3차원 표현 (이동영상)

건물과 분리된 지면은 네비게이션에 적합하도록 유사 표고 값들을 연결하는 평활화 과정을 거쳐 단일의 Flat형으로 지정하였으며 일반적인 지면의 Texture를 입혀 바닥의 느낌이 표현되도록 하였다. 또한 지면 중에서 도로 부분을 살리기 위하여 도로추출 알고리즘 (Choi et al, 2008)을 적용 도로부분을 파악하여 바닥면을 생성하고 도로색의 Texture를 입혔다. 그림 5는 도심지역을 3차원으로 표현하는 과정을 나타낸 것이다.

대상지역은 그림 6과 같이 대전시 지역 중 높은 건물과 낮은 건물이 혼재하고 큰 도로가 중앙을 가로지르는 510×530m 지역을 본 연구에 적용하였다. 건물의 형태는 아파트와 일반 건물의 2가지 형태로 나누어 제작하였으며 아파트와 일반 건물의 분류는 표고값 및 건물의 형태를 기준으로 하여 그림 7과 같은 3차원 형태로 나타낼 수 있었다.

3차원으로 나타낸 도심지역의 형태는 실제 도심과 유사한 형태의 영상을 획득할 수 있었으며, VRML을 통해 기본적으로 가능한 기능 및 설정을 통하여 다양한 시점과 각도에서의 영상 표현이 가능하였다. 또한 그림 8과 같이 마치 사용자가 해당 지역을 이동하는 것과 같은 네비게이션 형태의 영상을 제공하도록 하였다.

## 4. 결 론

본 연구는 압축 알고리즘을 적용한 도심지역의 LiDAR 자료를 VRML을 이용하여 3차원 형식으로 표현하는 기법을 제시하기 위한 연구로써 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 2차원 격자 자료 형식으로 압축시킨 LiDAR 자료를 VRML을 이용하여 3차원으로 표현할 수 있는 기법을 제시하였다.
2. VRML의 ElevationGrid 노드를 이용하여 건물을 표현할 경우 건물의 외곽선 및 표면이 불규칙하게 나타나게 되므로 기하 노드, 외형 노드, 속성 노드 등을 통하여 건물을 기초적으로 제작하는 과정을 거쳐 실제 도심과 유사한 영상을 획득할 수 있었다.
3. VRML을 이용하여 다양한 시점 및 각도에서의 영상과 함께 사용자가 대상지역을 이동하는 것과 같은 영상을 제공할 수 있도록 하였다.

추가적으로 본 연구의 결과를 VRML의 특이인 웹 연동 기능을 활용하여 사용자에게 제공하는 웹페이지 작성 및 웹서버 제작 등의 과정을 수행할 경우 본 연구의 활용가능성을 보다 더 높일 수 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*, 제27권, 제6D호, pp.791-799.
2. 오재홍, 신성웅, 박진호, 이효성, 2007, 3차원 도시모델 생성을 위한 다중 공간영상 기반 건물 모델 텍스처 추출, *한국측량학회지*, 제25권, 제4호, pp.347-354.
3. 이용희, 문두열, 김가야, 박동일, 2008, “3차원 레이저 스캐닝을 이용한 수치지형도 수정에 관한 연구”, *한국지형공간정보학회지*, 제16권, 제2호, pp.41-47.
4. 장영운, 최연웅, 이효중, 조기성, 2009, “고밀도 격자자료의 효율적 저장기법 연구”, *한국측량학회지*, 제27권, 제3호, pp.401-408.
5. 최석근, 조의환, 이병용, 2010, “다차원 공간정보를 이용한 시설물관리”, *한국지형공간정보학회지*, 제18권, 제1호, pp.41-46.
6. Guoqing Zhou, C. Songa, J. Simmersb, P. Cheng, 2004, “Urban 3D GIS From LiDAR and 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.
8. Yun-Woong Choi, Young-Woon Jang, Hyo-Jong Lee, Gi-Sung Cho, 2008, *Three-Dimensional LiDAR Data Classifying to Extract Road Point in Urban Area*, *Geoscience and Remote Sensing Letters*, IEEE, Vol.5, No.4, pp.725-729.