

단지설계업무에서 3차원 공간자료의 활용

A Pilot Site Planning and Design based on 3D Spatial Information

황철수¹ · 이상훈²

Chul-Sue Hwang¹ and Sang-Hun Lee²

(Received January, 4, 2012 / Revised January, 13, 2012 / Accepted January, 27, 2012)

요 약

본 연구는 단지설계과정에서 3차원 공간정보 가운데 최근 각광을 받는 LiDAR 자료를 통합하여 정보의 정확성을 높이고 활용성을 확인하는데 목표를 둔 연구이다. 즉, 실제 활용되는 프로그램인 LH공사 업무 중 단지설계프로그램인 DAS를 연구의 대상으로 삼아 3차원 공간정보의 적용가능성을 알아보고 이를 효과적으로 적용시키기 위한 시뮬레이터를 개발하여 구현하였다. 이를 위해 사례연구지역을 선정하여 개발 전·후의 모습을 시뮬레이션하고 이 과정에서 개발 전 모습을 LiDAR 자료를 이용한 방법과 기존의 수치지도 이용 방법에 따른 정확성을 살펴보고, 개발 후 모습을 설계자료를 이용하여 구현하였다. 그 결과 횡단면분석을 통해 분석한 결과 LiDAR가 기존의 지리정보 데이터 보다 높은 정확성을 지니고 있음을 알 수 있었다. 또한 LiDAR 데이터를 활용하여 생성된 수치표고모델(DEM)을 등고선으로 추출하여 DAS프로그램에 적용하는 방안을 제시하였으며, 설계자료를 이용한 모델 생성 일반화식을 제시하였다. 3차원 공간정보를 활용한 시뮬레이터 개발은 3차원 지형모델을 이용한 3차원 공간분석, 3차원 공간정보를 바탕으로 한 의사결정 업무에 활용 가능할 것으로 예상된다.

주제어 : 3차원 공간정보, LiDAR, 단지 네비게이팅시스템

ABSTRACT

The purpose of this research was to propose housing estate planning that applies 3D spatial information to DAS housing estate planning program and to enhance applicability of 3D spatial analysis. In addition, this research evaluated the applicability of 3D spatial information to site planning of Korea Land and Housing Corporation and developed models for the purpose of applying the spatial information efficiently. Moreover, we tested applicability of LiDAR that can allow 3D spatial information to be more efficient and accurate. The results from cross section analysis implies that LiDAR has higher usability than existing geographic information. Additionally, this study shaded light on the suggested system development model that can simulate location or height of an apartment house by spatially analyzing difference between before-and-after site development.

Keywords: 3D Spatial Information, LiDAR, Housing Estate Navigating System

1. 서 론

최근 정보통신의 급속한 발달은 정보 유통의 가속화와 함께 정보전달의 시각화, 그리고 정보인지에 대한 정확성을 가능하게 했다. 특히, 실제의 물리적 공간을 전자공간에 실제와 흡사하게 옮겨놓은 가상현실(virtual reality)은 컴퓨터에서 생성된 가상공간을 통해 현실을 체험하거나, 실제로 일어나기 힘든 상황을 시뮬레이션을 통해 간접적 체험을 할 수 있게 한다. 이러한 시뮬레이션 등은 지리정보시스템(GIS)이라는

기술과 접목되어 보다 다양하고 실증적인 가상현실을 실현하고 있다. 지리정보와 첨단기술의 융합은 나날이 진화되어 근래에 들어서는 민간사업만이 아닌, 공공분야에서도 다양한 솔루션과 모델로 패키지화되어 체계적이고 과학적인 결과물을 제공하고 있다.

국가에서는 제3차 NGIS 사업에서 3차원 공간정보 구축과 관련된 여러 사업이 진행되었다. 국토해양부에서는 ‘3차원 공간정보구축 추진계획 수립연구(2002)’와 ‘3차원 도시 공간 모형의 활용성 연구(2003)’를 통해 3차원 공간정보 구축을

본 논문은 토지주택연구원의 ‘LH 공간정보 활용 시범시스템 개발 연구’ 과제의 일부를 발췌하여 수정·보완한 것임.

1) 경희대학교 지리학과 교수(주저자: hcs@khu.ac.kr)

2) 토지주택연구원 수석연구원(교신저자: icarus@lh.or.kr)

위한 기초적인 연구를 시작으로 2004년부터 2008년까지 21개 지방자치단체를 대상으로 3차원 공간정보를 구축하였다. 5년간 9,393백만 원의 예산을 들여 약 2,727km²에 해당하는 면적의 3차원 공간정보를 구축하였으며, 구축된 공간정보는 칼라항공영상 및 정사영상, LiDAR를 이용한 수치표고모델, 그리고 일부 건물에 대한 3차원 가시화 정보이다. 2009년에는 13,100백만 원의 예산으로 서울 및 수도권 일부지역, 여수, 춘천 등에 대한 사업을 실시하고 있다. 중앙정부 차원의 3차원 공간정보 구축과는 별도로 지방자치단체에서도 3차원 공간정보를 구축하였다(한국개발연구원, 2010).

국내의 공공분야에서의 3차원 공간정보 활용을 살펴보면 지방자치 단체에서 3차원 공간정보를 활용하여 사전에 현장을 분석하는 등의 업무를 미리 수행하여 출장 횟수 감소 및 업무처리시간 단축으로 행정서비스 질을 향상시키고 합리적이고 과학적인 의사결정 지원 자료를 제공 하는 등의 다양한 활용을 하고 있다. 민간분야의 3차원 공간정보는 내비게이션 업체와 포털사이트에서 대표적으로 활용하고 있는 것을 알 수 있다(국토해양부, 2010). 내비게이션 업체의 경우 내비게이션이라는 목적에 맞게 교통시설물과 교차로 정보 등을 실세계와 거의 유사하게 3차원으로 제작하여 서비스 하고 있으며, 포털사이트에서도 3차원 공간정보를 활용하여, 각 지역의 업종별 상가, 업체 소개, 교통정보와 사진 기반 지역정보 검색 서비스를 제공하고 있다.

국외의 경우 선진국을 중심으로 3차원 공간정보 구축에 많은 비용을 들이고 있으며, 다양한 노력을 하고 있다. 공공분야의 경우 미국, 영국, 일본 등의 선진국에서 이미 국가차원에서 정사사진과 수치표고모형을 제작하고 있으며 각 도시별로 3차원 공간 정보를 구축하고 있는 경우 건물에 대한 3차원 모델링까지 세세하게 만들어져 대부분 가상모델을 활용하여 도시계획 수립 등의 도시 관리 기능에 다양하게 활용하고 있다. 선진 유럽 국가들은 20세기 말부터 한정된 토지의 지속적 개발과 다양화·입체화되어 가는 토지이용을 현 상태 그대로 표현할 수 있으며, 입체적 토지이용으로 인하여 발생하는 복잡한 토지소유권 및 권리관계와 물리적 현황을 체계적으로 등록·관리할 수 있는 3차원 공간정보에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 국외의 민간분야의 경우 구글사의 Google Earth와 Google Map, 마이크로소프트사의 Virtual Earth에서 3차원 공간정보 서비스를 제공하고 있으며, 국외의 지도서비스의 가장 큰 특징은 국내의 서비스와 다르게 기본적인 2차원 지도를 바탕으로 3차원 객체를 추가하여 지리정보 서비스를 제공한다는 점이다.

우리나라의 경우 서울시를 비롯하여 전라남도 괴산군 등 각 지자체에서는 경쟁적으로 3차원 공간정보기술을 활용한 대국민행정서비스를 목적으로 다양한 연구개발 사업이 추진 중이며 일부는 이미 서비스가 개통되어 운용되고 있다. 특히,

서울시 3차원 생활공간정보 서비스는 서울시의 도시변천 역사. 어린이를 위한 눈높이 지도학습, 지리정보의 유통 등 GIS에 관련한 다양한 콘텐츠를 가지고 포털 서비스를 운영 하고 있다(윤정미 외, 2010).

이와 더불어 전국 연속정사 영상사업으로 0.25m급 정사영상과 LiDAR 데이터의 보급화하고 있다. LiDAR를 이용한 수치표고모델은 수치지도에 비해 정확하고 다양한 분야에서 LiDAR데이터를 활용한 분야 증가하고 있다.

위광재 외(2007)에 의하면 기존 항공사진 도화를 이용한 등고선 생성과정에 정확도와 지형묘사의 문제점을 지적하고 LiDAR 데이터를 이용한 등고선 제작과의 비교를 통해 정확도, 세밀도, 경제성에서 보다 효율적임을 제시하였다. 제시한 성과를 살펴보면, 현지 GPS 측량을 통해 얻어진 검사점 성과와 LiDAR 데이터, 1/1,000 및 1/5,000 수치지형도의 표고성과와의 비교결과, 각각 그 차이의 평균은 0.089m±0.062m, 0.457m±0.362m, 1.384m±1.129m를 타나냈다. 또한 지형을 표현하는 세밀도에 있어서도 고밀도 LiDAR 데이터를 이용한 자동화 방식이 교량, 산악절개지, 복개 주차장 등 복잡한 지형지물을 세밀하게 표현해 줌을 알 수 있었고, 경제적인 관점에서 LiDAR 데이터를 이용하는 경우가 현행 항공사진도화 방식에 비하여 각각 48%와 14% 정도의 비용 절감 효과가 있음을 제시하고 있다.

또한 미국의 NOAA(National Oceanic and Atmospheric Administration) Coastal Services Center에서 발간한 문서(Keil Schmid et al., 2008)에 의하면 DEM 생성 시 시간 소비적이며 노동집약적인 사진측량에 비해 LiDAR를 이용하였을 경우 보다 수직적 정확도와 수평적 해상도가 뛰어나고 최신성 유지에 보다 효율적이라고 지적하고 있다.

이진녕 외(2010)에 의하면 기존 토공설계프로그램에서는 2차원 설계의 한계를 낮은 정밀성, 3차원 공간정보 활용의 어려움, 분석 방법의 부정확성을 지적하고 토공량 산정의 개선을 위한 프로그램 설계와 그 효과를 제시하고 있다. 설계된 프로그램에서 나온 결과물을 KML 형식으로 저장하여 구글어스에 표시하도록 하였다. 하지만 구글어스에 표현되는 정보는 3차원 시뮬레이션 정보를 충실히 표현하기는 힘든 한계를 지니고 있다.

본 연구에서는 토지주택설계에 3차원 공간정보의 활용 가능성과 타당성을 분석하기 위해 실제 한국토지주택공사(LH)의 DAS 단지설계프로그램에 LiDAR 영상에서 추출한 지형 데이터를 적용하여 3차원 공간분석의 응용 모형을 개발하였다. 특히, LH공사와 같이 현업 업무에 3차원 공간정보의 적용가능성을 모의하기 위해 3차원 시뮬레이터를 구현하였다. 3차원 시뮬레이션의 조건은 개발 전에는 정사영상과 LiDAR 데이터를 이용하여 제작가능하고 개발 후에는 정사영상의 이미징 수평과 설계도면을 효과적으로 융합할 수 있어야 한다.

2. DAS 단지설계와 3차원 공간모델

DAS 프로그램은 LH공사에서 개발되어 사용되어 지고 있는 단지설계프로그램이다. DAS 단지설계프로그램의 주요과정은 기존 수치지도 및 현장측량성과를 이용하여 삼각망을 생성하고 시점, 종점, 중간점 등의 선정과 완화곡선에 대한 수식을 적용하여 계획노선도를 설계하고 표준횡단작성표를 이용하여 세부 설계를 수행하고 있다. 삼각망생성은 단지 및 도로설계를 하기 위하여 기초 데이터를 제작하는 것으로 X, Y, Z 3차원 공간상에서 설계가 진행되었다.

기존에는 DAS 단지설계프로그램으로부터 출력된 데이터를 이용하여 공간분석을 수행하였으나 출력된 도면은 2차원으로 조망분석, 일조분석 등 공간분석이 어렵다. 또한 평면데이터를 이용하여 LH공사에서 수행하고 있는 토지보상, 토지매입 등의 업무를 수행하고 있으나 경계 불분명, 현장조사의 기준 등 민원발생을 고려한 설계가 요구된다.

따라서 출력데이터는 2차원 평면데이터로 계획평면도, 횡단면도, 종단면도, 부대시설도, 토지이용계획도 등에 대하여 수집 및 특징 분석하였으며 계획평면도, 횡단면도, 종단면도, 계획노선도를 이용하여 2차원 계획선형을 생성하고 3차원 좌표변환을 통한 3차원 지형모델링 자동 생성 방안에 대하여 알고리즘을 제시하였다.

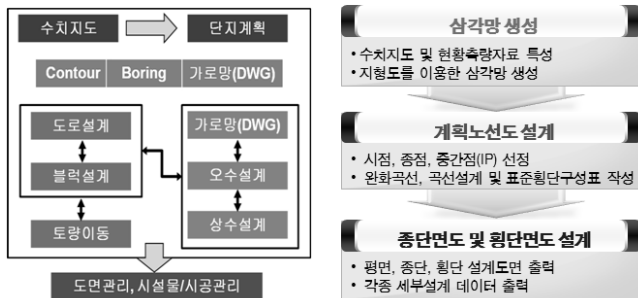


그림 1. DAS 프로그램에서 단지 및 도로설계 주요 과정

3. 3차원 모델 생성

현재 DAS 단지설계프로그램으로 출력된 2차원 평면데이터는 2차원 그래픽으로 가시성 및 3차원 공간표현에 대한 제약과 상대적인 좌표체계로 되어 있으나 3차원 지형모델을 이용한 3차원 시뮬레이션은 공간분석 및 가시성 분석에 대한 장점을 가지고 있다.

개발 전은 3차원 시뮬레이션 제작은 수치지도 및 LiDAR 데이터를 이용하여 현재 지형에 대한 수치표고모델과 정사영상을 이용하여 3차원 시뮬레이션을 제작하였다. 기존 방법을 이용하여 DAS 단지설계에 필요한 수치 값, 설정 값, 계수 값 등을 유지하면서 기초데이터의 변화에 따른 것으로 출력데이

터의 차이가 발생할 것으로 예상되어 LiDAR 데이터를 기초 데이터로 적용하였다.

개발 후에 대한 3차원 시뮬레이션 제작은 설계자료를 이용하여 진행함을 전제로 DAS 단지설계프로그램에서 출력된 2차원 평면 데이터를 이용하였으며 또한 Visual Basic을 사용하여 3차원 공간좌표변환 데몬 프로그램으로 개발 후에 대한 3차원 지형모델과 기존 현황 정사영상의 이미지 편집 과정을 거쳐 개발 후 3차원 시뮬레이션을 제작하였다

3.1 LiDAR 데이터를 이용한 개발 전 3차원 모델 생성

LiDAR 데이터는 지형, 수목, 건물 등 다양한 속성정보를 포함하고 있어 DAS 프로그램에 입력하기 위해서는 LiDAR의 포인트 분류과정이 필요하다. LiDAR 처리 프로그램은 Bentley사의 Microstation Terra를 이용하였다.

3.1.1 포인트 분류 과정

LiDAR는 지상에 존재하는 지표, 식생, 건물 등에 대한 속성정보를 가지고 있으며 LiDAR 전처리 과정 및 분류를 통하여 수치표고모델 생성함으로 대상지역에 대한 수치표고 모델 제작이 가능하다.

LiDAR를 사용하기 전에 지표아래에 찍힌 점, 구름과 조류로 인한 공중에 찍힌 점 등 에러를 보유하고 있는 불량점에 대하여 포인트 분류를 수행하였다. 불량포인트는 지표면 아래나 공중 등 구름, 조류, 지표 반사에 따른 도달시간의 부정확으로 발생하는 포인트로 전체 Default 값에서 주변 포인트 0.1 이하 2m 이상인 불량포인트를 제거하며 Low point의 class로 분류 수행하였다.

순수지표면 추출과정은 수렴각과 수렴거리의 설정 값에 따라서 포인트가 분류되는 것으로 산지에서는 수렴각과 수렴거리를 크게 하면 보다 많은 포인트가 추출되지만 너무 큰 값은 지표면 이상의 값까지 포함하기 때문에 포인트의 개수와 지형에 따라서 값을 적절히 조정하였다. 수렴각의 설정 값에 변화를 주었을 경우 순수지표면의 형상이 달랐으며 수렴거리의 설정이 너무 크거나 작아지면 건물이나 산정상부의 지표면추출에 어려움을 가지고 있다.

3.1.2 LiDAR 데이터 활용을 위한 DAS 프로그램 입력

DAS 프로그램에 LiDAR 측량 성과를 이용하기 위해서는 LiDAR를 활용하여 생성된 수치표고모델을 다시 등고선으로 제작하여 입력하여야 한다. 이를 위하여 ArcGIS에서 수치표고모델을 등고선으로 추출하여 DAS프로그램에 입력하였다.

3.1.3 횡단면분석 결과

LiDAR 데이터와 현장측량성과의 횡단면분석은 설계 자료를 이용하여 26개의 단면에 대하여 횡단면분석을 수행하였

다. 횡단라인의 번호는 설계 자료를 이용한 것으로 변곡점에서 측점 번호로 소수점을 포함하고 있었다.



그림 2. 횡단면분석 대상지역

3.2.1 계획노선도 절대좌표 생성

계획노선도의 도로중심점 좌표는 Auto CAD Lisp을 이용하여 자동으로 추출 가능하며 종단면도를 이용하여 계획고의 추출로 중심점에 대한 X, Y, Z 절대 값으로 생성하였다.

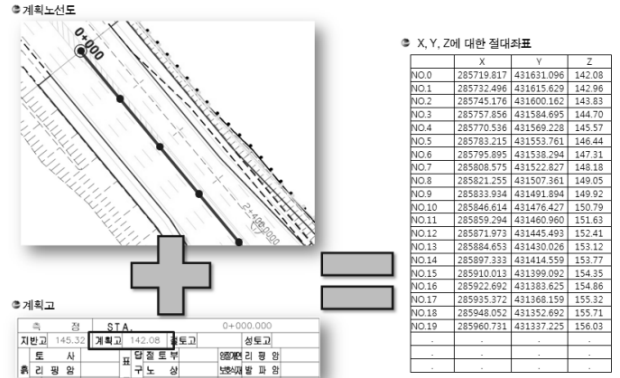


그림 4. 계획노선도의 X, Y, Z 절대좌표 추출

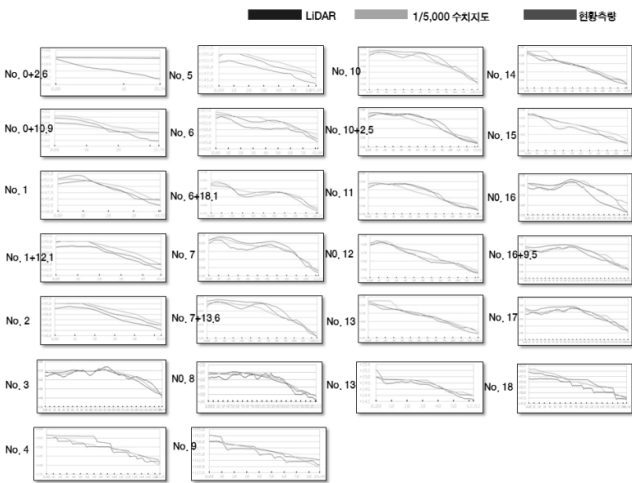


그림 3. LiDAR 데이터와 1/5,000 수치지도, 현황측량성과 횡단면분석 결과

26개 지점에 대하여 횡단면분석 결과 전반적으로 LiDAR 데이터의 높이가 낮은 것을 알 수 있었으며 지형표현에 대하여 LiDAR 데이터는 자연스럽게 표현하고 있으나 1/5,000 수치지도, 현황측량성과는 지형표현이 끊어지고 직선으로 연결되어 자연스럽게 못한 것을 알 수 있었다.

3.2 개발 후 모델 생성을 위한 3차원 계획선형 공간좌표 변환 알고리즘 제시

자동화 방안을 제시하기 위해선 일반화 식이 필요하였다. 그리하여 계획노선도의 도로중심점 좌표를 이용하여 그 측선에 대한 법선의 방정식을 유도하여 전 측점에 대한 일반화 식 정립하였다.

3.2.2 법선의 방정식을 이용한 일반화 식 정립

법선이란 평면 곡선 위의 한 점 P를 지나고 그 점에서의 접선에 수직인 직선 및 곡면 위의 한 점 P를 지나고 그 점에서의 접평면에 수직인 직선을 말한다.

계획노선도 도로중심점의 각 측점에 대한 법선은 횡단라인을 의미하게 되며 이때 법선에 대한 일반화 식 정립하였다.

임의 3 점 P_{n-1}, P_n, P_{n+1} 이 주어졌을 경우 P_n 점에서의 법선을 구하는 식은 다음과 같이 정리하였다.

- i) $M // M'$ 은 평행
 - ii) $\frac{P_n P_{n-1}}{P_n P_{n+1}} = \frac{P_n P_{n+1}}{P_n P_{n-1}}$ 라고 가정하고
- 일반적인 일차방정식은

$$Y = aX + b \tag{1}$$

에서 P_{n-1} 과 P_{n+1} 에 대한 a의 기울기는

$$a = \frac{Y_{n+1} - Y_{n-1}}{X_{n+1} - X_{n-1}} \tag{2}$$

법선은 기울기의 역수 값 $-\frac{1}{a}$ 가 되므로 식 (1)에 대입하면

$$Y = -\frac{1}{a}X + b \tag{3}$$

따라서 P_n 에 대한 법선은

$$Y_n = -\frac{1}{a}X_n + b \tag{4}$$

으로 정의 할 수 있으며 N 으로 표시할 수 있다. 또한, P_n 에 대한 좌표를 알고 있을 경우

$$b = Y_n - aX_n \quad (5)$$

에 의해서 b 값을 구할 수 있다.

일반화식은 두 번째 측점부터 적용이 되며 $N-1$ 까지이며 $N=5$ 이라고 가정할 때 일반화 방정식은 측점 2, 3, 4 까지 이며 처음 점과 마지막 점은 다음과 같이 정리하였다.

첫 번째 점에 대한 법선은 $\overline{P_{n-1}P_n}$ 에 대한 기울기 a 에 대하여 90도 만큼 더해지게 되면 P_{n-1} 에 대한 법선을 구할 수 있었다.

마지막 점에 대한 법선도 기울기 a 에 90도 만큼 더해지게 되면 그 측점에서의 법선을 구할 수 있게 되어 도로중심선 전체에 대하여 각 측점별로 다른 법선의 일반화식을 구할 수 있었다.

N' 의 경우: $Y_{n-1} = aX_{n-1} + b$
 N'' 의 경우: $Y_{n+1} = aX_{n+1} + b$

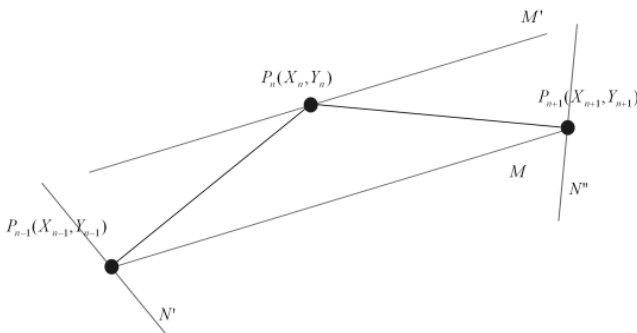


그림 5. 처음과 마지막 점에 대한 법선

3.2.3 법선에 의한 계획선형 배치

2차원 계획선형을 계획노선도 도로중심선에 배치하는 방안은 법각 측점에 대한 법선의 방정식을 이용하여 배치하였다.

법선의 방정식에 계획선형의 중심점을 기준으로 상대변화량에 따라 ΔX , ΔY 의 값을 입력하여 각 측점에 대한 법선의 일반화 식을 정립하였다.

계획선형의 좌우 방향은 왼쪽을 시점으로 기준으로 놓았을 경우 계획노선도의 진행방향이 남북, 북남, 동서, 서동 등 변화하게 되어 시점과 종점에 대한 기준이 필요하다.

계획선형의 방향에 대한 값을 정해줘야 하며 $\overline{P_n P_{n+1}}$ 을 기준으로 좌, 우에 대한 사이각을 구하는 방향각법을 사용하였다.

방향각법은 특정방향을 기준으로 시계방향에 대한 각을 나타내는 것으로 $\overline{P_n P_{n+1}}$ 과 S_1, S_2 에 대한 사이각을 구하는 식을 말한다.

- i) S_1, S_2 는 계획선형의 양 끝점에 대한 X 값을 넣어 시작점과 끝점에 대한 값
- ii) $\angle M = P_{n+1}, P_n, S_1$, $\angle N = P_{n+1}, P_n, S_2$ 로 가정

만약 계획선형의 중심선을 기준으로 ΔX 값이 양(+)이면 $\overline{S_1 S_2}$ 에서 S_2 방향에 위치하게 되고 $\angle M$ 일 경우, ΔX 값이 음(-)이면 $\overline{S_1 S_2}$ 에서 S_1 방향에 위치하게 되고 $\angle N$ 일 경우에 법선의 방정식의 해를 구할 수 있었다.

마지막 점에서는 $n+1$ 의 값을 가지고 있지 않기 때문에 전 측점을 기준으로 방향각을 계산하여 법선의 방정식을 구할 수 있었다.

위와 같은 방법을 통하여 각 측점에 대한 법선의 방정식에 2차원 계획선형의 중심으로부터 떨어진 X 값을 대입하여 Y 에 대한 값을 얻을 수 있으며 Z 값도 도로중심점 기준을 중심으로 상대변화량에 따라 절대 값 부여를 할 수 있었다.

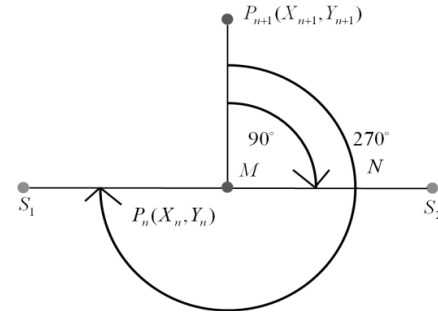


그림 6. ΔX 값에 따른 좌, 우 위치 선정

| No. | X | Y | Z | 방향 | 3차원 절대좌표(X, Y, Z) |
|--------|------------|------------|-------|--------------|-------------------------------|
| No.001 | 235719.817 | 431571.026 | 2.122 | C:780156.678 | 335733.737, 431642.937, 0.402 |
| No.003 | 235745.176 | 431600.162 | 2.143 | C:780156.678 | 335730.644, 431639.971, 0.402 |
| No.004 | 235757.896 | 431598.696 | 2.144 | C:780156.304 | 335729.636, 431638.147, 0.402 |
| No.005 | 235770.536 | 431568.229 | 2.145 | C:780154.177 | 335728.630, 431638.141, 0.402 |
| No.006 | 235783.215 | 431593.761 | 2.146 | C:780156.552 | 335729.037, 431638.703, 0.402 |
| No.007 | 235795.995 | 431538.244 | 2.147 | C:780156.579 | 335727.762, 431637.638, 0.238 |
| No.008 | 235808.575 | 431522.827 | 2.148 | C:780156.304 | 335723.683, 431634.266, 0.140 |
| No.009 | 235821.095 | 431507.361 | 2.149 | C:780156.304 | 335723.683, 431634.266, 0.110 |
| No.010 | 235833.334 | 431491.894 | 2.149 | C:780156.183 | 335718.017, 431631.036, 0.000 |
| No.011 | 235846.514 | 431476.427 | 2.150 | C:780156.679 | 335714.017, 431628.341, 0.150 |
| No.012 | 235859.294 | 431460.960 | 2.151 | C:780156.799 | 335704.300, 431618.416, 0.110 |
| No.013 | 235871.973 | 431445.493 | 2.152 | C:780154.177 | 335704.300, 431618.416, 0.140 |
| No.014 | 235884.853 | 431430.026 | 2.153 | C:780156.552 | 335700.870, 431615.563, 0.223 |
| No.015 | 235897.333 | 431414.559 | 2.153 | C:780156.679 | 335700.403, 431615.266, 0.173 |
| No.016 | 235910.013 | 431399.092 | 2.154 | C:780156.304 | 335700.291, 431615.068, 0.173 |
| No.017 | 235922.692 | 431383.625 | 2.154 | C:780156.304 | 335700.096, 431614.929, 0.173 |
| No.018 | 235935.372 | 431368.158 | 2.155 | C:780156.679 | 335700.096, 431614.829, 0.073 |
| No.019 | 235948.052 | 431352.691 | 2.155 | C:780156.679 | 335699.696, 431614.569, 0.187 |
| No.020 | 235960.731 | 431337.224 | 2.156 | C:780156.304 | 335699.696, 431614.511, 0.173 |
| No.021 | 235973.411 | 431321.757 | 2.156 | C:780154.176 | 335699.323, 431614.266, 0.187 |
| No.022 | 235986.091 | 431306.290 | 2.157 | C:780156.679 | 335698.951, 431614.011, 0.187 |
| No.023 | 235998.771 | 431290.824 | 2.157 | C:780156.679 | 335698.419, 431611.095, 0.181 |
| No.024 | 236011.450 | 431275.357 | 2.157 | C:780156.679 | 335694.646, 431610.451, 0.091 |
| No.025 | 236024.130 | 431259.890 | 2.157 | C:780156.304 | 335691.203, 431607.638, 0.142 |
| No.026 | 236036.810 | 431244.423 | 2.157 | C:780156.304 | 335690.231, 431606.941, 0.157 |
| No.027 | 236049.490 | 431228.957 | 2.158 | C:780156.679 | |

그림 7. 데몬 프로그램을 이용한 3차원 절대좌표 생성

따라서 2차원 횡단면도를 이용하여 3차원 지형모델을 만들 수 있었으며 이를 바탕으로 데몬 프로그램을 제작 할 수 있었다.

Visual Basic을 이용하여 데몬 프로그램을 제작할 수 있었으며 계획노선도를 입력하고 계획선형을 입력하게 되면 해당 측점에 대한 3차원 절대좌표를 얻을 수 있었다.

각 측점마다 생성된 3차원 절대좌표는 Point와 Line의 형태로 출력할 수 있었으며 Point와 Line의 차이점은 가시적인

프레임의 형태로 나타났고 데이터의 수치 값에 대해서는 변하지 않았다.

출력된 지형모델링은 X, Y, Z의 값을 가지고 있으며 절대좌표로 이루어졌다. 따라서 데몬 프로그램을 이용하여 추출된 3차원 지형모델은 다양한 기 구축 공간정보와의 호환성이 있으며 개발 후에 대한 3차원 시뮬레이션의 제작에 활용 가능하였다.

4. 3차원 공간정보 기반 단지 네비게이팅 시스템 모형

현실감 있는 3차원 가상공간세계를 구현하기 위해서는 대용량의 고정밀 항공사진과 표고자료, 세밀한 텍스처를 가진 3D City 모델을 빠르고 안정적으로 가시화할 수 있는 3차원 GIS 엔진과 하드웨어가 필수적이며, 네비게이팅 기능을 가미하기 위해서는 사용자 인터페이스를 통하여 3차원 공간 내 관찰자 위치(View Point)와 비행경로를 조종하고 제어할 수 있는 어플리케이션이 필요하다.

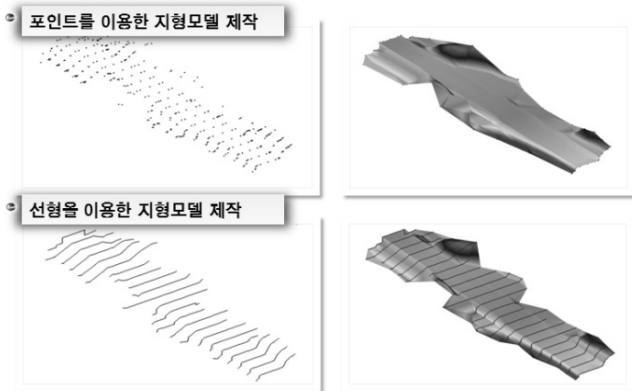


그림 8. 데몬 프로그램을 적용한 3차원 지형모델링

4.1 지형정보와 결합

가상의 3차원 공간정보를 실제와 가깝게 표현하기 위해서는, 지형의 높고 낮음을 입체적으로 보여주는 골격 역할의 수치표고모델(DEM)과 그 위에 지표면의 상세한 정보를 이미지로 담고 있는 스킨 역할의 항공영상 데이터가 필요하다. 이는 앞서 살펴본 3차원 수치표고모델 뿐 아니라 생성된 시뮬레이션 자료를 사용할 수 있다. 이 때 원본 자료를 그대로 사용하는 것이 아니라 실시간 시뮬레이션시 렌더링 처리 속도를 향상시키고 최적화된 3차원 영상을 얻기 위해서 피라미드(Level 0, Level 1, Level 2 ...)구조의 다단계 D/B로 구축하는 전처리 작업을 수행한다.

4.2 건물 분류 체계와 가시권 거리 설정

3차원 공간을 시뮬레이션 하는 과정에서 수직으로 내려다

보는 2D View보다는 사선 또는 수평으로 보는 측면 3D View가 많이 사용되기 때문에, 화면에 도시되는 영역은 2D를 사용하는 경우보다 더 넓은 지역을 묘사해야 한다. 또한 이 넓은 지역의 각종 건물과 시설물이 3차원 공간상에 배치되기 때문에 하나의 화면을 만들어내는 렌더링 작업에 많은 시간이 소요될 수밖에 없다. 게다가 정지영상이 아닌 네비게이팅하는 동적 영상을 실시간으로 만들어 내야 하므로 컴퓨터는 실 새 없이 수많은 연산 작업을 처리해야 한다.

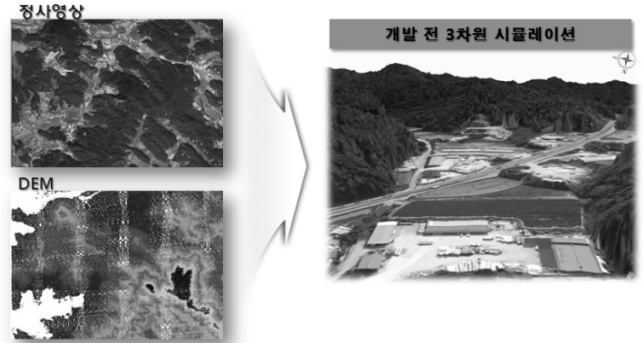


그림 9. 개발 전 3차원 시뮬레이션



그림 10. 개발 후 3차원 시뮬레이션

사용자가 느끼기에 자연스러운 동적 영상을 만들어 내기 위해서는 최소 '초당 16프레임' 이상의 속도로 렌더링을 진행해야 하고, 이보다 늦을 경우 화면이 떨리거나 자연스럽지 못한 영상으로 인식하게 된다. 특히, 체감형 네비게이팅 시스템은 사용자의 몰입도를 높이기 위한 목적으로 5대의 모니터를 사용하기 때문에 일반적인 경우보다 5배의 렌더링 작업 부하가 걸리게 된다. 이는 렌더링 속도 저하의 중요한 요인이 되며 해결해야 할 기술적 이슈 중 큰 부분이다.

하나의 장면에 렌더링 되는 건물의 수를 줄여 렌더링 속도를 최적화하기 위해서 너무 먼 거리에 있거나, 건물의 크기가 작아 다른 건물에 가릴 가능성이 있는 건물 등은 Display Off 시켜도 무방하다. 따라서 이런 식으로 여러 가지 조건과 상황을 고려하여 렌더링시 자동으로 On/Off 될 수 있도록 건물 데이터를 구성하여 시스템을 최적화 시킨다.

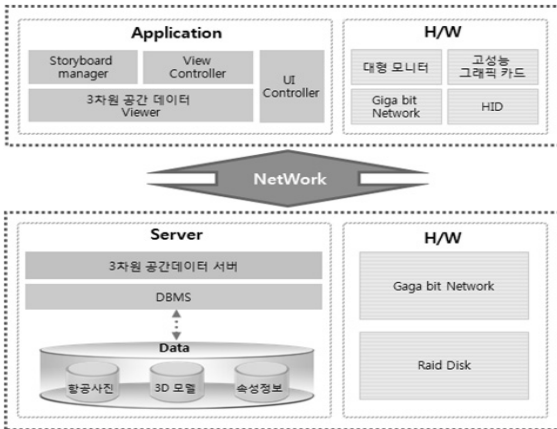


그림 11. 네비게이팅 시스템 구성도

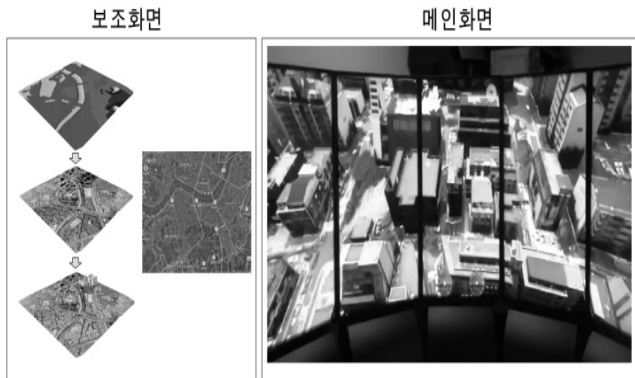


그림 12. 구축된 네비게이팅시스템의 예

가능해 진다. 현재의 가상공간에 조감도, 설계도 등의 이미지 컷을 표출함으로써 시공 후의 미래 모습을 사용자에게 안내 하고 데이터가 준비되어 미래의 가상공간 구성이 가능한 경우에는, 모드 선택방식으로 현재의 가상공간과 미래의 가상 공간을 전환해 가면서 두 공간을 모두 체험할 수 있도록 구성할 수 있다.

또 시범지역 공간정보와 3D 모델로 가상공간을 구성하고, 속성정보로 표출한 데이터를 바탕으로 홍보 시나리오를 구성 하고 네비게이팅 시스템을 구현을 통하여 3차원 공간정보시스템을 이용한 의사결정 및 홍보모델 연구할 수 있다. 이는 ‘비행모드’를 선택하여 시범지역 상공을 네비게이팅 하면서 다양한 고도에서 조망되는 파노라마를 체험하고, 조종간 운전 에 익숙해지면 고층건물과 건물사이로 또는 지상의 낮은 고도로 날면서 3차원 가상 화면이 주는 ‘유사세계(Semi-Real World)’의 요묘조묘를 체험한다. 평소 보던 지상에서의 View 와 전혀 다른 Bird-View를 통해 넓은 지역 전체를 조망하는 이채로운 경험을 할 수 있게 해주며, 비행모드에서의 네비게이팅 중, 랜드마크가 되는 기지의 특정 건축물은 물론 알고 싶은 건물에 대해 화면 정중앙에 표시되는 커서를 이용하여 건물명을 확인할 수 있다. 부가정보가 있는 것으로 표시되는 건물에 대해서는 상세정보 보기 기능을 이용하여 해당 건물에 대한 상세한 정보를 D/B에 저장된 사진이나 텍스트, 동영상 등의 멀티미디어 데이터 형태로 조회할 수 있다. 또한 비



그림 13. 단지 개발 전(상)/후(하) 비교

4.3 사업지구 가상체험

특정 기구의 사업이 완료 되어 사업지구 가상체험이 실시 되면 지형 데이터와 모델 데이터가 정비된 지구 또는 사업 계획/착수단계이지만 사업 준공 후의 모습을, 설계 단계에서 나온 3D 모델 데이터와 수정된 주변 공간정보를 기반으로 가상 구축한 사업지구나 단지에 대해, 사용자가 화면을 통해 직접 둘러 볼 수 있는 네비게이팅 체험 기능이 구현된다.

네비게이팅 체험 기능으로써 먼저 비행시뮬레이션 중 건물 속성정보 조회 기능을 통하여 주행모드나 보행모드에서 어느 지역의 어떤 건물인지 또는 새롭게 들어서는 건물이 무엇인지를 확인하고 추가 정보를 필요시 조회할 수 있고, 건물명과 건물정보를 조회 할 수 있다.

다음으로 단지 개발 전/후 비교 가능한 시범모델 연구가

행 중 최근 신축된 사업지구나 아직 착수전이지만 개발계획이 확정된 사업지구와 지구명이 화면에 폴리곤과 주석으로 표시된 부분을 만나면, 건물 속성정보 보기 기능과 유사한 방식으로 개별 사업지구에 대한 세부정보, 즉 조감도/설계도/이미지 등을 조회할 수 있고, 일반사용자 중 특정 지구의 택지 및 주택 개발에 관심이 있거나 입주를 희망하는 아파트 단지에 대해 개발될 미래의 모습을 가상공간을 통해 체험할 수 있다. 또한 LH경영진의 입장에서 보상업무의 디지털 성과물을 네비게이팅 시스템에 연계하여 표출하는 상황을 가정해 볼 수 있다. 즉, 현재 진행 중인 사업지구별로 추진단계, 토지 보상 현황, 지장물 철거 및 이전 진척률, 미수용 필지, 지구별 필지별 보상금 통계 그래프 등의 업무파악용 보고 자료를, 네비게이팅 시스템 상에서 ‘건물속성 정보 보기’하는 방법과 같이 조회할 수 있다.

5. 결론

3차원 공간정보를 활용하여 단지설계프로그램에 적용하기 위해서는 현재 DAS 단지설계프로그램에서 데이터의 호환성 검토가 필요하다. 기존 GIS Tool을 사용하여 LiDAR 데이터를 입력하고 처리하는 과정이 나와 있으며 LiDAR 데이터를 이용하여 TIN 생성 후 등고선 데이터로 출력이 가능하여 DAS 단지설계프로그램에 입력이 가능하다. 따라서 DAS 단지설계프로그램에서 기존 GIS-Tool에서 제공하고 있는 LiDAR 데이터의 입력·처리과정을 활용하여 DAS단지설계에 적용하게 되면 LiDAR 데이터의 처리과정이 단순해지고 DAS 단지설계프로그램의 활용성이 높아질 것으로 기대된다.

그리고, 3차원 공간정보를 활용한 방안은 기존 평면데이터를 이용한 2차원 해석에서 3차원 지형모델을 이용한 3차원 공간분석이 가능하였고 개발 후에 대한 3차원 시뮬레이션을 생성함으로써 개발 전·후 3차원 공간분석과 LiDAR를 통한 수고별 식생분석이 가능할 것으로 예상된다.

한편, 3차원 공간정보를 의사결정에 이용할 수 있는 분야는 가시분석, 조망분석, 일조분석, 일영분석 등을 통해 단지 개발 전·후의 공간분석을 통해 아파트의 위치나 층수 등을

시뮬레이션해 보고 법규를 준수하면서 민원을 최소화하는 최적 안을 설계하는 업무를 대표적인 예로 들 수 있다. 또한, 단지 내 조경 설계 후보안 별로 경관과 파노라마가 어떻게 변화하는지를 가상적으로 비교해 보고 최적 안을 선정하는 업무 등에 적용할 수가 있다. 그 밖에 토공량 분석이나 도로/지하보차도 등 구조물 설치 경로 분석 등에 3차원 공간정보의 활용이 가능하다. 그 밖에 3차원 공간정보를 바탕으로 의사결정 업무에 활용한 성과물(단지 설계 결과 등)을 네비게이팅용 시범시스템에 연계시켜 수요자인 일반인을 대상으로 개발될 사업지구를 홍보 및 판매 업무에도 도움을 줄 수 있다.

본 연구를 통해 구축된 파일럿 시스템을 시작으로 3차원 공간정보의 활용을 점차 고도화한다면 홍보 및 공개가 가능한 콘텐츠를 터치스크린, 스마트폰 등에 공개하여 대민서비스를 실시할 수 있을 것이다. 또한 구축한 3차원 공간정보 데이터는 먼 미래에는 과거도시자료로 활용할 수 있으며, 주기적인 3차원 데이터의 구축을 통해서 5년 주기의 도시변천사와 같은 홍보 및 교육서비스와 향후 도시의 변천을 예측할 수 있는 의사결정 업무에 활용할 수 있다는 장점을 갖는다.

참고문헌

1. 국토해양부(2010), 「3차원 공간정보 시범사업 지역에 대한 활용도 조사」.
2. 위광재, 조재명, 이임평, 강인구(2007), “LiDAR 데이터를 이용한 등고선 제작의 효율성 평가”, 「한국지형공간정보학회지」, 15(2): 59~66.
3. 윤정미, 옥진아, 서용철, 김태우(2010), 「충청남도 3차원 GIS 구축·운영 실태 및 활성화 방안」, 기본연구 2010-08, 충남발전연구원.
4. 이진녕, 편무욱, 구지희, 박재선(2010), “3차원 정밀지형자료를 활용한 토공계획 개선”, 「한국지형공간정보학회지」, 18(1): 63~72.
5. 한국개발연구원(2010), 「3차원 공간정보(정사영상·수치표고모형) 구축사업 예비타당성조사」.
6. Schmid, K., K. Waters, L. Dingson, B. Hadley, R. Mataosky, J. Carter and J. Dare (2008), *An Introduction To LIDAR Technology, Data, And Applications*, NOAA Coastal Services Center.