

3차원 공간에서의 철도시설정보 데이터베이스 설계방안

Data Base Design Methods for Railway Facility Information using 3D Spatial

연 상 호*
Yeon, Sang-Ho

ABSTRACT

The Spatial Image contents of Geomorphology 3-D environment is focused by the requirement and importance in the fields such as, national land development plan, telecommunication facility management, railway construction, general construction engineering, Ubiquitous city development, safety and disaster prevention engineering. The currently used DEM system using contour lines, which embodies geographic information based on the 2-D digital maps and facility information has limitation in implementation in reproducing the 3-D spatial city. Moreover, this method often neglects the altitude of the rail way infrastructure which has narrow width and long length. This As the results, We confirmed the solutions of varieties application for railway facilities management using 3-D spatial image contents and database design. Also, I suggested that U-city using railway modeling about matching methods of high density elevation value using 3-D aerial photo with laser data are best approach for detail stereo modeling and simulation.

요 약

3차원 지형 환경의 공간영상콘텐츠는 국토계획 및 통신설비계획, 철도건설, 시공, 입체적인 유비쿼터스 도시 구현, 안전 및 방재 등에서 많은 요구와 그 중요성이 크게 부각되고 있다. 현재 지리정보 기반의 2차원적인 지도정보와 시설정보를 3차원의 도시공간으로 재현하기 위하여 기존의 등고선을 이용한 DEM 방식은 많은 한계를 가지고 있으며, 특히, 철도와 같은 노선 폭이 좁고 길이가 길어서 궤적 관리가 어려운 작은 구조물의 경우에는 그 고도모델이 무시되기 쉬우므로, 레이저 측량기술을 이용한 공간대상물에 대한 높은 정확도 취득이 크게 필요한 실정이다. 이번 연구에서는 연구대상지역에 대한 3차원의 공간정보를 수집하기 위하여 먼저 등고선을 이용한 기존의 방법으로 DEM 생성 후에 3차원 조감도를 각 방향에서 바라볼 수 있도록 지형에 대한 수치 표고모델을 생성하여 3차원 지형을 모습을 입체적으로 표현하도록 하고, 항공사진의 지형의 표고 값을 레이저 데이터와의 중첩기법을 이용하여 원하는 구간에 대한 투시도 및 토공량 산정 등의 단면을 도형화하여 비교할 수 있도록 하여 3차원 지형공간정보의 U-city에서의 다양한 활용기법을 제시하였다.

1. 서론

최근에는 도시와 도시를 연결하는 확장하려는 복선 철도 노선은 철도 선로설계 및 시공기술의 발달로 인하여 기존의 노선에 이어 확장하기 보다는 대부분 비교적 민원의 마찰이 적은 외곽 및 산악으로의 우회 선로를 선호하고 있어서 선로의 궤적을 추적하고 관리하기 위한 새로운 방법을 필요로 하고 있는 실정이다. 미국이나 캐나다와 같이 동서로 수천 킬로를 횡단하는 열차의 선로를 주기적으로 3차원공간에서 영상으로 보여주고 상태를 확인하여 관리하기 위하여 인공위성과 같은 특별한 원격탐사 정보원을 필요로 하고 있으며, 여기에 선로추적과 상황파악을 위한 GPS/GIS의 결합된 시스템을 활용할 수 있게 되었다. 실제 운행하는 철도선로의 경로 추적은 수시로 변화하는 이동 위치를 추적하여 다양한 여러 가지의 철도선로의 지형적 변화를 동시에 파악하여 관리할 수 있는 솔루션이 될 수 있으므로 이미 확보된 지형공간정보와의 적절한 통합에 의한 데이터의 수집과 갱신을 통하여 웹 GIS 환경에서 서비스가 가능할 수 있을 것이다. 따라서 본 연구에서는 철도 선로관리를 위한 모바일 측량 방법을 분석하여 2차원의 선로궤적을 추적하고 이를 3차원 공간에서 구현할 수 있는 방법과 단계적 절차를 추가적으로 제시하여 이동 가능한 3차원 실제 공간에서의 선로를 재현하여 확인할 수 있는 모델을 생성하여 응용할 수 있는 또 다른 방안을 제시하고자 한다. 기존에 존재하는 많은 3차원 프로그램은 많은 양의 그래픽 정보를 짧은 시간 안에 렌더링을 해야 되기 때문에 고사양의 하드웨어가 필수적이다. 이런 단점을 보완하기 위해서 낮은 사양의 하드웨어에서도 높은 그래픽 정밀도와 빠른 렌더링 그리고 지리정보의 특징을 살릴 수 있는 실시간 3차원 전용 뷰어(viewer)이다. 이것은 빠른 렌더링 속도를 내기 위해서 여러 장으로 나누어진 그래픽정보데이터베이스에서 실시간으로 그래픽 정보를 보여주며, 이를 통해서 보다 빠른 렌더링이 가능하게 되었다. 또한 기존에 존재하는 CAD와 GIS 데이터를 이용해서 3차원데이터를 보여 줄 수 있다. 본 연구에서는 원격탐사 LiDAR 영상 Data를 중심으로 하는 정사보정하고 이에 매칭 할 수 있는 수치지도 벡터와의 통합 및 전환으로 U-city에서의 3차원 공간에서 건물 모델의 생성과 다양한 활용을 제시하는 것을 연구목적으로 하였고, 연구방법으로는 기존의 이미 취득한 2차원적인 평면사진을 지상 기준점(GCP)에 의하여 정밀기하보정을 하여 얻은 사진영상자료를 이용하여 3차원 공간정보로 구성하기 위해서는 동일지역에 대한 수준 측량결과인 높이 데이터를 매칭하여야 하므로, 항공기에 탑재한 LiDAR 의하여 모든 대상지에 대한 지형지물의 고밀도의 높이 값을 획득하여 위치보정 작업 후에 3D로 매칭할 수 있는 방법을 연구하여 실험하도록 하였다.

다음의 그림은 기존의 데이터가 솔루션을 통해서 새로운 3차원 데이터로 변환되어지는 과정을 보여준다.

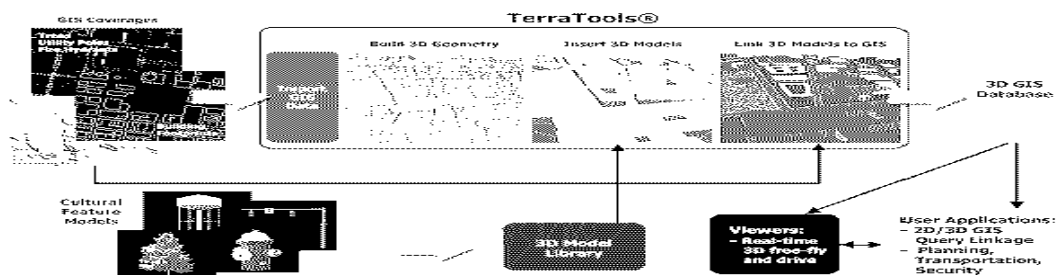


그림 1.공간 3D 데이터 제작과정

사용자가 관심 있는 특정 점이나 이 점들을 연결한 경로 등을 저장하여 다양한 프로젝트에 활용할 수 있도록 기능을 지원하고 있다. 보다 현실감이 뛰어난 3D 데이터를 제작하기 위해서는 대상 객체에 대한 정교한 모델링도 중요하지만 지형에 대한 묘사 또한 중요하다. 최근 공간해상도가 1m인 고해상도 위성영상의 사용이 일반화되면서 보다 현실감이 뛰어난 3D 데이터 구축의 가능성이 높아졌다. Space Imaging사가 개발한 CARTERRA 3D는 인공위성영상이나 항공사진과 DEM을 이용하여 3차원 데이터를 렌더링할 수 있는 뷰어이다. 다음은 IKONOS 영상의 보급 회사인 Space Imaging사가 제작한 3D

Visualization이다.



그림 2. 3D Visualization by Satellite Image

2. 철도선로관리에서의 3차원 궤도 선로 생성 사례

2.1 DEM 및 3D 영상과의 궤도선로 계획

지형에 대한 수치표고모형(DEM)은 지형도 또는 수치지도, 현장에서의 고저차 측량, 입체사진측량 및 해석 등으로부터 얻어진 등고선을 대상지역에 대한 표고분포를 수치적으로 표현한 것이므로 본 연구대상지역은 제천에서 단양에 이르는 중앙선 복선 경로에 대한 DEM을 생성하여 중앙선과 태백선의 복선 궤도를 영상위에 매칭시켜 표현하였다. 그리고 고해상도 위성영상을 정사보정하여 정위치 편집후에 DEM을 매칭하여 계획된 철도노선을 중첩하여 최적노선 선정 및 궤도추적을 위한 3차원 모델을 생성하여 시뮬레이션 하였다.

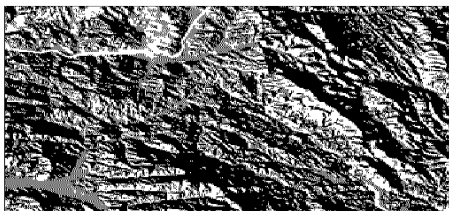


그림3. DEM과 복선 궤도 중첩

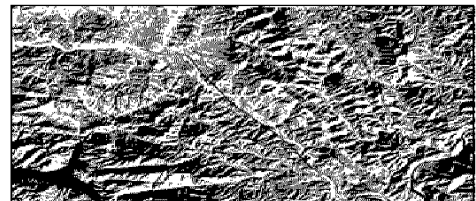


그림4. 위성영상과 복선궤도 중첩

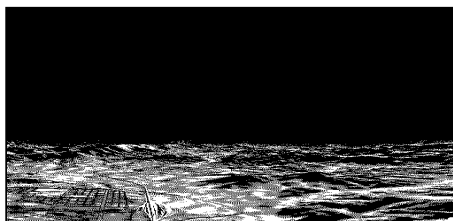


그림5. 3차원 투시조감도와 선로 중첩 (중앙선 복선철도(좌),(태백선 복선철도(우))

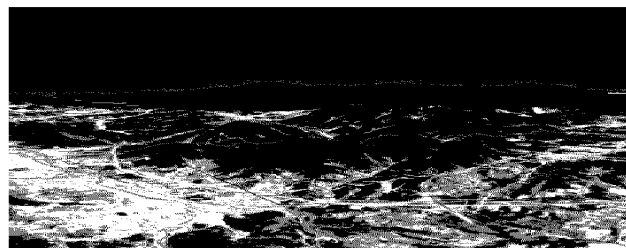
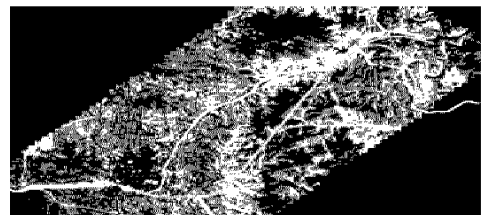


그림6. 3차원 투시조감도와 선로 중첩 (중앙선 복선철도)

2.2 모바일 철도선로 지상지하(GPS/GPR) 융합관리

미국 서부버지니아에서 현재 운행 중인 철도선로를 GPS와 GPR을 이용하여 웹 환경의 GIS와 호환이 되도록 하여 선로 표면과 지하를 동시에 관측하도록 한 것이다. 즉 GPS에 의하여 실시간으로 위치정보를 수록하도록 하고 이동하면서 GPR에 의하여 운행 중인 선로궤적의 지하에 대한 정보를 수록하도록 하였다.

작년 8월 미국 연방철도청에서 연구결과로 제시한 모바일 궤도 측량및 추적시스템은 웹 환경에서 선로를 위성영상 또는 항공사진으로 수집하여 기하학적 위치 보정 후에 선로의 노선경로를 중첩시켜 볼 수 있게 하였으며, 여기에 GPS 측량기술을 결합하여 변화하는 속도에 다른 궤도의 선로좌표를 수 센티미터 이내의 정확도로 측정할 수 있는 방안을 제시하였다.

(RR06-17, 2006.10, US Transportation Agency),

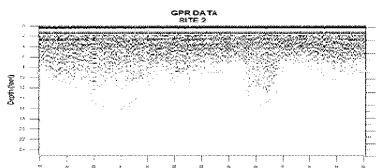


Figure 6. GPR results for a 1200-foot rail track survey with interface between track ballast and track sub-grade shown in green.

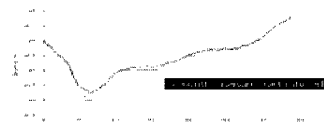


Figure 8. Compares two vertical elevation profiles obtained using the HADGPS technique conducted at 4-month intervals for a 1600-foot segment of rail track in West Virginia.

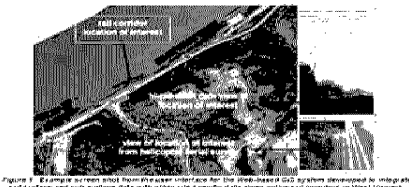


Figure 1. Example screen shot from the user interface for the HADGPS GIS system developed to integrate rail surface and sub-surface data with other site-specific data along active rail corridors in West Virginia.

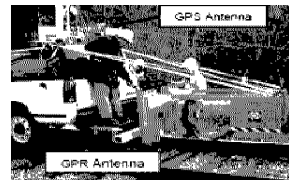


Figure 2. GPR antenna adapted to a hi-rail.

그림 7. GPS/GPR 선로정보수집 및 처리

2.3 3차원 공간정보에서의 단면도 결정 및 물량산정

우리가 살아가는 철도시설의 지형공간정보를 가장 정밀하게 촬영하기 위하여 항공기에 고해상도 디지털 카메라를 탑재하여 2008년 4월 중순에 항공사진 촬영을 실시하여 정사보정작업을 거쳐 정확한 지도영상을 작성하였다. 지상의 공간해상도를 1m로 하였고 빛의 삼원색인 RGB로 합성하여 칼라사진을 생성하였다. 이 지역에 대한 Laser 측정을 공중에서 실시하여 가로 세로 약 10m간격으로 각 격자점에 대한 경사거리를 획득하여 수직거리로 변환하여 DEM으로 생성하였다. 정사 투영의 항공사진에서의 경도, 위도의 수평좌표 위에 일대일 대응 값으로 수직 변환된 DEM의 표고 값을 연결하여 3차원 지형공간을 생성하여 실험대상지역의 항공사진과 DEM 매칭 후의 투시조감도를 각 방향에서 자유롭게 투영할 수 있도록 하였다. 그 다음에 실험대상지역의 3차원 지형분석을 위하여 가시권분석, 투시조감도, 토공량 산정을 산출할 수 있는 중형 단면도를 레이저 스캐닝에 의한 표고데이터를 이용하여 항공사진으로부터 계획단면도를 생성하도록 하였다.(사진 8, 사진9, 사진10, 사진11, 사진12, 사진13)

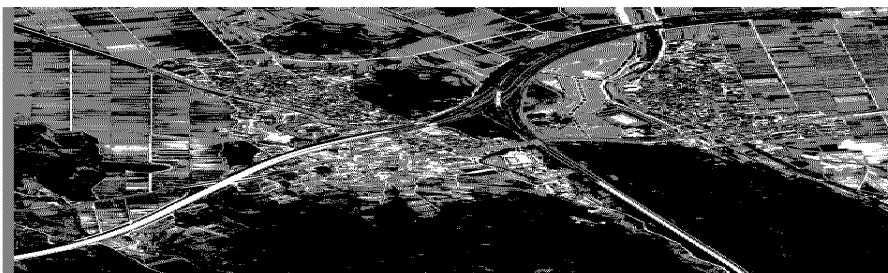


사진8, 실험대상지역의 고해상도 디지털 항공사진(1m 해상도)

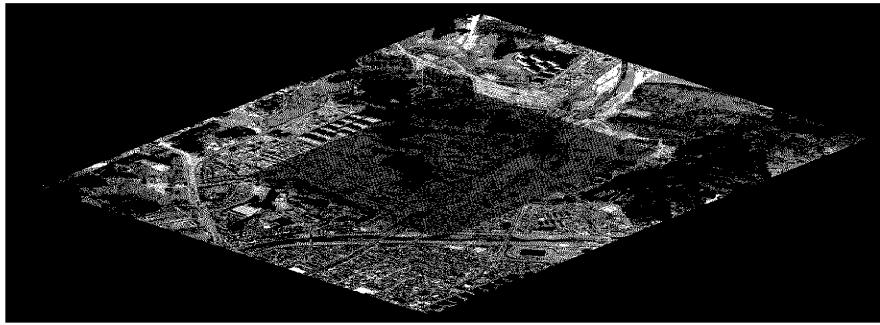


사진9, 실험대상지역의 매칭직전의 정사보정영상(45도 투시영상)

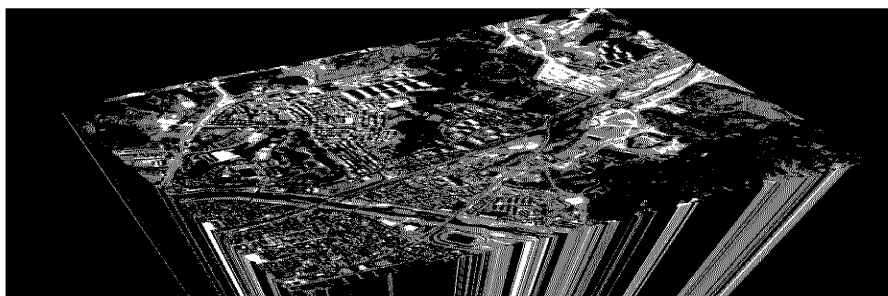


사진10, 실험대상지역의 Laser Scanning 지역 (10m 간격 격자점 높이 취득)



사진11, 실험대상지역의 항공사진과 DEM 매칭 후의 투시조감도

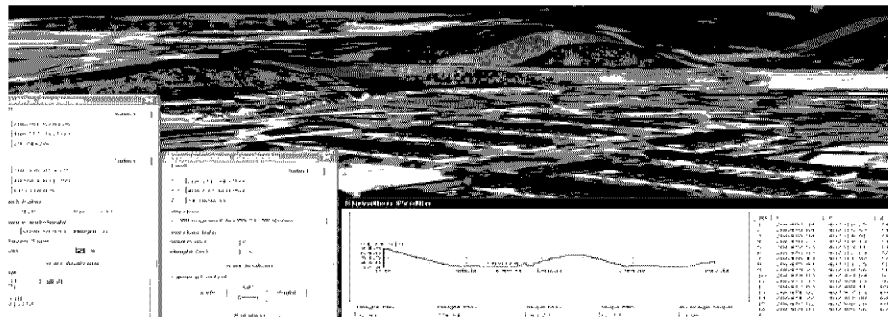


사진12, 실험대상지역의 입체조감도와 지형단면도 산정

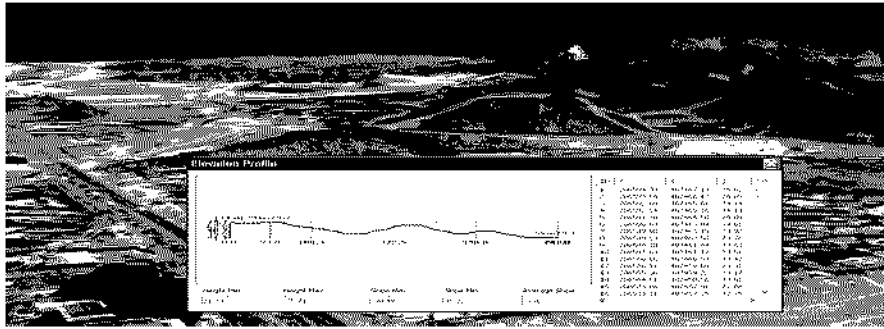


사진13. 실험대상지역의 3차원 항공사진과 토공량 산정

3. 결론

철도선로의 궤도를 추적하기 위한 디지털 영상의 공간자료의 활용이 매우 용이해짐에 따라 점차 고해상도의 사진영상의 3차원 시각화와 모델링이 GIS와 GPS를 통합하여 동시에 이루어지고 있다. 최근에는 고밀도 높이 값을 얻어낼 수 있는 항공기를 이용한 레이저 측량방식으로 이루어지고 있어 철도의 최적 노선 선정과 더불어 철도선로 및 주변 시설물과의 종합적인 정보수집과 관리가 실험되고 있다. 이동하는 교통시설을 4차원 공간에서 실시간으로 영상 변환하여 활용할 수 있게 되어 이동하는 다양한 교통수단과의 연계를 통하여 평면이 아닌 입체공간에서의 실제적인 설계와 공사를 과학적으로 진행하며 관리 할 수 있게 되었다. 따라서 현재의 철도선로 및 시설물에 대한 효율적인 공간정보 구축을 위하여 자동차가 도로 위를 주행하며 외부요소와 결합하듯이 철도선로라는 이미 그어진 선로 위를 이동하는 철도차량의 경우에는 보다 안정적이고 정확한 공간정보와의 연계에 의하여 그 활용도를 높여갈 수 있는 많은 연구가 이루어져야 할 것이다. 최근 들어 2차원 평면의 지도 및 영상을 입체적으로 전환하여 활용할 수 있는 공간정보와의 결합에 의한 3차원 이상의 선로 궤적모델 생성은 충분한 대안이 될 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

1. Yong Hu(2003), Automated Extraction of Digital Terrain Models, Roads and Buildings Using Airborne Lidar Data, GEOMATICS ENGINEERING UCGE Reports Number 20187
2. 김영배, 서정현, 임삼성, 2002, 항공레이저 매핑시스템에 의한 DTM 생성의 정확도 분석, 한국측량학회지, 20(2), pp. 105-110.
3. 김형태, 심용운, 박승룡, 김용일, 2002, LIDAR데이터를 이용한 수치정사사진의 제작, 한국측량학회지, 20(2), pp. 137-143.
4. 신영호, 홍수지도 시범제작 방안, 2002, 한국수자원학회지, 35(4).
5. 연상호, 조명희, 이진덕, 2002, 원격탐사 입문, 구미서관
6. Albert, C.P.Lo and Yeung, K. W., 2002, Concepts and Techniques of Geographic Information Systems, Prentice Hall.
7. <http://www.optech.on.ca/aboutlaser.htm#hydro>
8. <http://www.csc.noaa.gov/products/nchaz/htm/intro.htm>
9. <http://www.lidar.co.uk>
10. <http://www.ordsvy.gov.uk/productpages/lidar/home.htm>
11. Michel Morgan, Ayman Habib, 3D TIN for Automatic Building Extraction from Airborne Laser Scanning Data, University of Ohio State

12. E.Steinle, F.H. Oliveira, Assessment of Laser ScanningTechnology for Change Detection in Buildings, University of Karlsruhe Institute for Photogrammetry and Remote Sensing.
- 13 F. Rottensteiner and Ch. Briese, Automatic Generation of Building Models from LiDAR data and the Integration of aerial images, ISPRS, Vol. XXXIV, Dresden, 2003