
수치항공사진에서 생성된 수치표고모형에서 3차원 GIS를 이용한 도로설계와 모의주행

최 현*

Driving Simulation after Road Design by 3D-GIS in Digital Elevation Model from Digital
Aerial Photogrammetry

Choi, Hyun*

이 연구 결과물은 2007년도 경남대학교 신진교수연구비 지원에 의하여 이루어졌음.

요 약

본 연구는 수치항공사진에서 생성된 수치표고모형에서 3차원 GIS를 이용한 도로설계와 모의주행에 관한 연구이다. 도로의 효율적인 설계를 위해서는 설계이전부터 지형적인 특성을 고려한 경관분석은 매우 중요한 문제이다. 그럼에도 불구하고 기존의 연구는 수치지도를 이용하거나 항공사진을 이용하더라도 산악지역에 국한된 연구를 주류가 이루어지고 있으며 실제 도로설계가 이루어진 지역에서의 항공사진을 이용한 연구사례는 아직 이루어지지 못하고 있다. 따라서 본 연구에서는 항공사진으로부터 생성된 수치표고모형을 기반으로 실제 도로설계자료를 지형에 적용시켜 3차원 도로설계 및 모의주행을 실시하고자 한다.

ABSTRACT

This Study is about driving simulation after road design by 3D-GIS in digital elevation model from digital aerial photogrammetry. For designing roads efficiently it's very important to consider geographical features before design when analyze the view. Nevertheless, existing studies is mainly restricted in the mountainous, despite of using digital map or aerial photogrammetry and the study which used aerial photo in the area where the road designing is made really is not get executed. Therefore, this study will do 3D-road design and driving simulation by applying really road design data to topography, on the basis of digital elevation generated from aerial photogrammetry.

키워드

수치표고모형, 수치항공사진, 3차원 GIS, 모의주행, 수치지도
Digital Elevation Model, Digital Aerial Photogrammetry, 3D-GIS, Driving Simulation, Digital map

I. 서론

도로의 효율적인 설계를 위해서는 설계이전부터 지형적인 특성을 고려한 경관분석은 매우 중요한 문제이다. 기존의 연구동향을 살펴보면 수치지도를 이용하여 3차원 지형정보를 이용한 도로주행 시뮬레이션에 관한 연구를 수행하여 3D-GIS를 기반으로 도로설계 시뮬레이션 기법에 대한 도입과 적용가능성에 관한 연구를 수행하였다[1]. 한편 수치사진측량기법으로 지형정보를 획득하기 위한 연구가 지속되어 수치사진측량방법을 이용하여 도심지역의 수치표고모형(DEM; Digital Elevation Model) 정확도 향상방안에 대하여 연구하여 도심지역의 지리정보자료를 생성하였다[2]. 그리고 기존의 수치지도를 이용한 3차원 도로설계를 이용한 방법 대신 수치지도에서 뚜렷하게 나타나지 않는 산악지역을 수치사진측량방법으로 수치표고모형을 추출하여 3차원 도로설계에 적용하였으며[3], 수치사진측량의 활용방안에 대한 연구에서는 가시권분석, 수리수문해석, 각종지형수치모델링, 3차원 입체지형도 제작 등에 활용됨을 언급하였다[4].

3차원 도로시뮬레이션에 관한 연구[5],[6]을 살펴보면 수치지도를 이용하거나 항공사진을 이용하더라도 산악지역에 국한된 연구를 주류가 이루어지고 있으며 실제 도로설계가 이루어진 지역에서의 항공사진을 이용한 연구사례는 아직 이루어지지 못하고 있다. 따라서 본 연구에서는 항공사진으로부터 생성된 수치표고모형을 기반으로 실제 도로설계자료를 지형에 적용시켜 3차원 GIS를 이용한 도로설계 및 모의주행을 실시하고자 한다.

II. 본론

2.1. 3차원 GIS의 정의

3차원 GIS는 3차원의 입체적인 지리정보를 제작하고 활용하는 기술을 말한다. 기존의 2차원 GIS에서는 3차원적인 표현을 위하여 3차원의 데이터에 고도값을 부여한 후 입체적인 모습을 구현하였으나 이는 2.5차원의 요소라 할 수 있다. 3차원 GIS가 구현되기 위해서는 각각의 지형지물이 3차원 모델링으로 개별적인 객체로 구축되어야 할 것이다. 그리고 대용량 자료처리, 3차원 공간분

석, 3차원 코딩, 다차원 지리정보의 유기적인 연계 등의 기능들이 지속적으로 지원되어야 할 것이다.

3차원 GIS기술은 지표면을 형상화하는 2차원적 지형 분석에서부터 3차원 지형의 가시화 및 분석 시스템을 통하여 시뮬레이션 및 의사결정을 지원할 수 있는 3차원 가상도시 구현 단계 까지 발전하고 있다. 최근에는 GIS 자료를 기반으로 3차원 가상세계(google earth 등)를 구축하려는 시도가 진행되고 있다. 3차원 GIS는 시각적인 이해도를 높여 시간, 경제적인 비용을 절감 할 수 있을 것으로 보이기 때문에 앞으로 이에 대한 지속적인 연구가 수행될 것으로 판단된다. 특히 3차원 GIS는 인터넷을 기반으로 구현되는 연구가 이루어지고 있으며[7], 이를 위해서 갖추어야 할 기본 기능 또는 구조에는 크게 네 가지로 구성되어 있는데 그림 1과 같다[8].

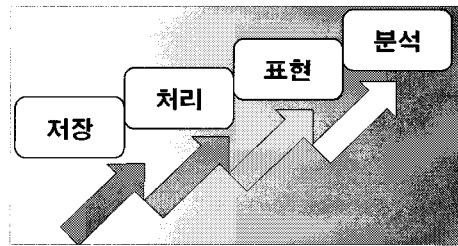


그림 1. 3차원 GIS의 기본 기능
Fig. 1. The basis of the 3D-GIS.

이와 같은 구조는 물론 3차원 GIS 뿐만 아니라 2차원 GIS에도 적용될 수 있는 일반적인 구조라 할 수 있다. 그러나 세부 구조에는 3차원 GIS를 다루기 위해 필요한 특화된 기술들이 요구되며 이론적인 연구가 진행 중인 것부터 상용소프트웨어 출시까지 다양하다.

2.2. 수치표고모형생성을 위한 수치항공사진의 전처리

획득된 수치항공사진은 사진측량시스템, 태양광 등 여러 가지 요인에 의해 왜곡이 발생하게 되는데 촬영당시의 상태로 변환하는 작업을 수치영상의 전처리라 한다. 전처리에는 기하보정과 방사보정이 있다. 방사보정은 대상지역에 대한 영상자료를 취득하는 과정에서 여러 가지원인에 의하여 지표의 밝기값 변화나 노이즈가 발생하며 이는 모자이크 처리 시 집합오류나 전체영상에 시각적인 이질감을 발생시키기 때문에 밝기값 조정이나 노이즈 제거와 같은 영상개선기법을 적용해야 한다. 영상에서 시각적인

이질감을 제거하기 위해서는 모자이크 전 단계에서 영상의 상호 밝기값에 대한 보정이 이루어져야 한다. 입력된 영상에 대한 전체적인 영상소의 밝기를 조정하기 위해서는 기준 영상의 영상소 범위에 맞추어 나머지 영상의 영상소 값 범위를 조정한다.

기하보정은 수치사진과 렌즈의 투영중심 그리고 대상물간의 기하학적 관계를 이용하여 대상물이 지니고 있는 특성을 분석하는 기본원리는 중심투영을 기준으로 사진과 대상물간의 상관관계를 해석하는 것으로 공선조건식, 광속조정법, 에피폴라기하학(Epipolar Geometry) 등의 이론에 의해 해석된다. 에피폴라기하학은 수치사진 측량에서 가장 기본적인 처리과정 중의 하나이며 수치사진측량 기술의 발달과 더불어 입체사진에서 공액점을 찾는 과정은 점차 자동화되어 가고 있으며, 공액요소 결정을 위해 이용된다. 그림 3은 본연구에서 에피폴라 영상을 구현하는 전체적인 과정을 간략히 정리한 것이다.

에피폴라기하 영상을 구현 후 다중영상접합의 표정을 실시해야 한다. 다중영상접합의 표정(Orientation)이란 여러 다른 사진들과 대상물에 관련된 각 사진의 카메라 위치와 회전요소에 대한 계산이며, 표정점에 대한 대상물 좌표를 계산하는 것으로서 내부표정과 외부표정으로 구분할 수 있다.

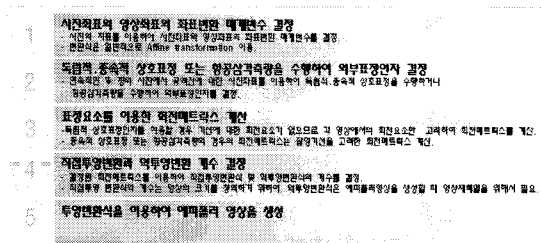


그림 2. 에피폴라 기하영상 구현 과정
 Fig. 2. Processing of the Epipolar Geometry

III. 자료구축과 모의 주행

3.1. 3차원 지형표현을 위한 수치표고모형 생성

3차원 지형은 수치표고모형과 불규칙 삼각망(TIN; Triangulated Irregular Network)으로 나타내어진다. 수치표고모형의 경우 자료구조가 간단하여 쉽게 다룰 수 있으나 데이터의 구조적인 압축과 간략화에서 어려움이

발생한다. 불규칙삼각망은 자료구조가 비교적 복잡하지만 적은양의 데이터로도 실제지형을 유사하게 나타낼 수 있는 장점이 있다. 3차원지형은 위성영상이나 항공사진 등을 텍스처하여 현실감의 극대화가 가능하다. 본 연구에서는 수치화된 항공사진(1/20,000)을 이용하여 수치표고모형을 생성하였으며 촬영일시는 2001년 12월 3일 이다. 항공사진의 구체적인 정보는 표 1에서 보는 바와 같으며 촬영고도는 3070.54m이고 초점거리는 153mm, 촬영에 이용된 항공사진용 카메라는 RMK TOP15기종이며 수치화를 위해 사용된 자동동취기 기종은 Intergraph PhotoScan TD이다. 그림 3은 취득된 항공사진을 보여준다. 그림 4는 수치항공사진의 기하보정을 위해 사용된 수치지도이다.

표 1. 항공사진 정보
 Table 1. information of Aerial photo

사진축척	1 : 20,000
초점거리	153mm
촬영고도	3070.54m
촬영카메라	RMK TOP 15
촬영년도	2001. 12. 3
자동동취기 기종	Intergraph PhotoScan TD

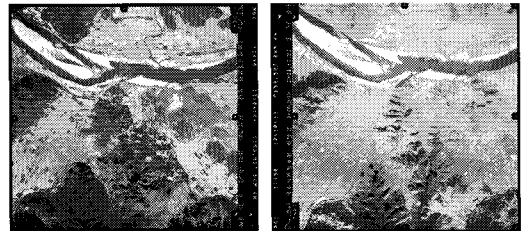


그림 3. 연구에 이용된 항공사진(1/20,000)
 Fig. 3. Aerial Photos for this study(scale 1/20,000)

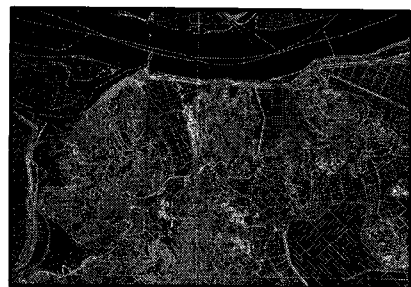


그림 4. 기하보정을 위한 수치지도(1/5,000)
 Fig. 4. Digital Map for this Geometric Correction(scale 1/5,000)

수치표고모델생성을 위해 도로의 교차점이나 구조물의 모서리 등과 같이 항공사진에서 판독하기 쉬운 점을 선택하여 외부표정을 실시하였으며 Image- Station Z를 사용하여 그림 5와 같은 모듈로 항공사진을 이용하여 수치표고모형을 자동생성/정사영상을 제작하여 3차원 GIS의 기본자료를 획득 하였다.

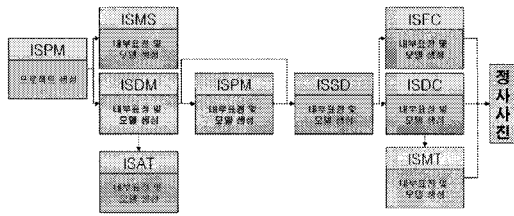


그림 5. 수치사진측량처리 시스템 모듈
Fig. 5. Processing of Digital Photogrammetry System Module

그림 6은 그림 5의 시스템 모듈에 따라 생성된 대상지역의 수치지형모형(DTM; Digital Terrain Model)이다. 이와 같이 항공사진에서 생성된 수치표고모형은 구조물의 형태와 지형 등의 모형이 그대로 나타나 수치지도에서 생성된 수치표고모형보다는 다소 현실적인 지형모습을 나타내고 있다.

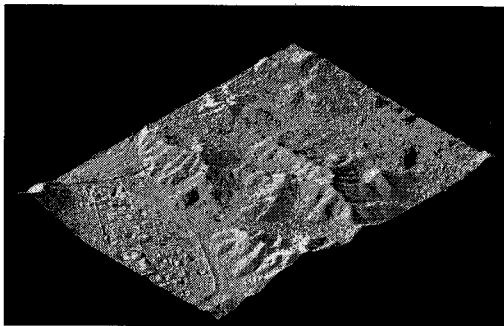


그림 6. 연구지역의 수치지형모형
Fig. 6. Digital Terrain Model at Study Area

항공사진에서 생성된 수치지형모형은 절점수가 많고 지형이 복잡한 이유로 도로설계 후 모의주행을 수행한다면 계산 과정이 복잡하기 때문에 단순화 할 필요가 있다. 따라서 불필요한 절점을 제거하기 위해 보간으로 지형을 단순화 할 필요가 있다. 본 연구에서는 1차 내삽 보간으로 지형을 단순화 시켰으며 그림 7과 같다.

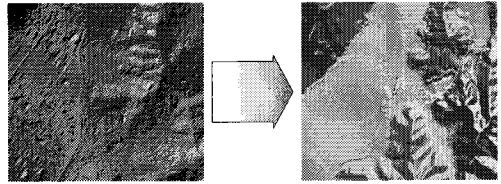


그림 7. 도로설계 및 모의주행을 위한 지형의 단순화
Fig. 7. Simplification of Topography for Driving Simulation and Road Design

3.2. 도로설계 및 모의 주행

본 연구에서의 도로설계는 기존 설계도를 활용하였으며 도로공사 후의 모습을 3차원 GIS 자료 구축으로 모의 주행이 가능하게 하였다. 먼저 AutoCAD Land Desktop를 이용하여 3차원 도로설계를 하였으며 질감 및 조명작업은 Autodesk VIZ 4를 활용하였다. 모의 주행을 위해서는 카드 파일을 레이어별로 분할 및 재배치를 하여 작업의 연속성을 가지게 하였으며 실제로 도로를 주행하는 자동차를 만들어 현실감을 극대화 시켰다. 그리고 항공사진을 Mapping 하여 실제지형을 재현 하였다. 주행속도, 주변차량라인, 주행시간 등을 개별적으로 구현하여 자연스러운 모의 주행이 가능하게 하였으며 구체적인 프로세싱 과정은 그림 8과 같다.

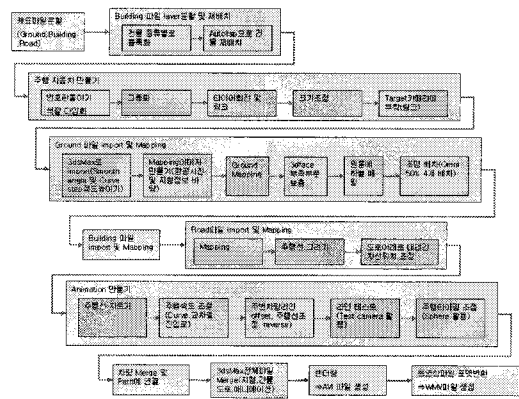


그림 8. 도로설계 및 모의주행 방법을 위한 3D-GIS 처리과정
Fig. 8. Processing of the Driving Simulation and Road Design for 3D-GIS

그림 9는 수치항공정사사진을 DEM에 Mapping 한 것으로 일반적인 질감 보다 사실감 있는 재현이 가능하게 하였다.

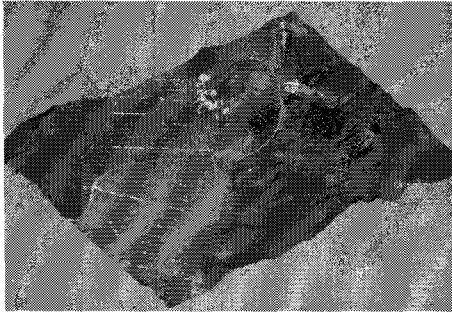


그림 9. 3차원 항공입체 사진
Fig. 9. 3-D Aerial solid Photo

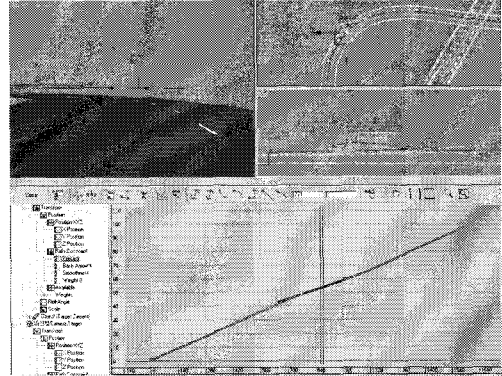


그림 12. 도로 표현
Fig. 12. Road Expression

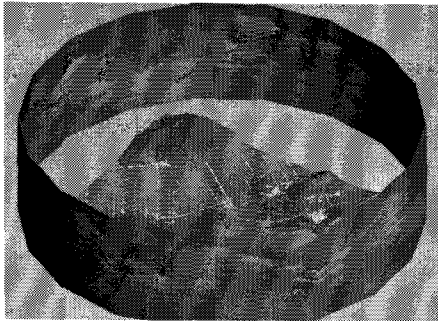


그림 10. Skyview를 위한 원통형 하늘
fig. 10. coffin-like cylinder Sly for Skyview

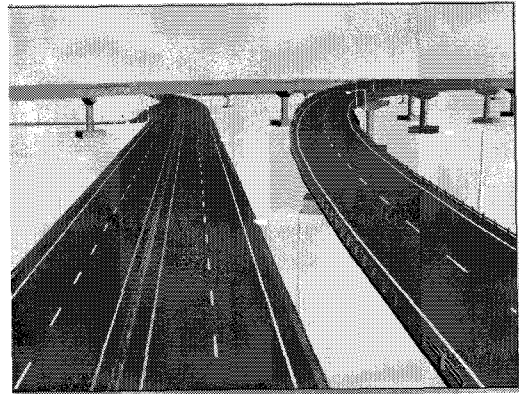


그림 13. 도로의 3차원 렌더링
Fig. 13. 3D-Rendering of Road

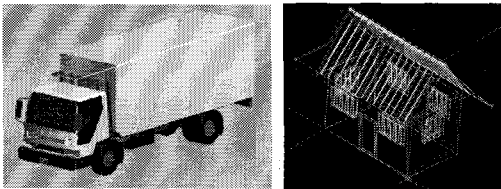


그림 11. 차량 및 각종 부대 시설물
Fig. 11. Vehicles and facilities

그림 10은 Skyview를 위해 원통형으로 하늘을 형상화 하였으며 그림 11은 주행에 필요한 차량과 각종 시설물 등을 표현한 것이다. 그 외에 도로형상에서 커브가 심한 곳은 폴리곤의 간격을 좁게 하고 직선도로에서는 폴리곤의 간격을 최대한으로 넓게 하여 절점 수를 최소화 하였다(그림 12).



그림 14. 3차원 구현을 위한 모델링 과정
Fig. 14. Precessinf of 3D- Modelling



그림 15. 도로 모의주행
Fig. 15. Road Driving Simulation

그림 14는 주행타이밍과 라인테스트를 활용하여 동영상파일로 포맷을 변환 하는 것을 나타내며 그림 15는 모의주행을 수행하는 화면을 나타낸다.

IV. 결론

본 연구에서는 수치사진측량에서 생성된 수치표고 모형에서 3차원 GIS를 이용한 도로설계 와 모의주행에 관한 연구이다. 기존의 3차원 GIS를 이용한 도로 설계에서는 수치지도로부터 DEM을 생성하여 지형을 모델링한 후 모의주행을 수행하였다. 기존의 연구는 실제 지형을 현실감 있게 구현하기위해 항공사진이나 위성영상을 활용하기 때문에 작업량이 방대하여 시간이 많이 걸리는 단점이 있었다. 그러나 본 연구에서는 수치항공사진으로 수치표고모형과 정사사진을 한 번에 제작하여 3차원 GIS기법으로 모의 주행을 수행하였기 때문에 작업의 단순화가 이루어 졌다. 현재 3차원 GIS의 활용분야는 현재 정형화된 예는 없으나 3차원 시설물의 검색, 속성 정보 출력, 가시권분석, 관광정보 등에 적용되고 있으며 향후 큰 발전이 이루어질 것으로 판단된다. 도로 뿐만 아니라 도시계획의 기초 검토 단계에서부터 본 연구를 활용한다면 비용, 시간 그리고 시각적인 면에서 효율이 클 것이다. 본 연구에서는 벡터와 래스터 기반의 지리정보 자료를 적절히 활용하여 현실감 있고 정밀한 3차원 입체 시설물의 표현이 가능하였으나 구성요소간의 관계를 고려한 공간분석을 수행 또는 사용자 질의를 처리하기에는 많은 어려움이 따랐다. 따라서 이에 대한 위상관계를 정립하여 속성정보를 고려한 3차원 공간분석에 관한 연구가 활성화 되어야 할 것이다.

참고문헌

- [1] 최현, 강인준, 이병걸, “3차원 지형공간정보체계를 이용한 도로설계시물레이션”, 대한토목학회논문집, 제 21권 제2-D호, pp. 201-207, 2001.
- [2] 이현직, 김정일, 황창섭, “항공사진영상을 이용한 도심지역의 지형공간정보 취득”, 한국측량학회지, 제 21권, 제 1호, pp. 348-351, 2003.
- [3] 권혁춘, 이병걸, “산악지역에서의 수치사진측량에 의한 DEM추출과 GIS를 이용한 3차원 도로설계시물레이션에 관한 연구”, 한국측량학회지, 제 24권, 제 1호, pp.123-130, 2006.
- [4] 최현, 홍순헌, “항공사진을 이용한 수치표고모형 생성과 활용방안”, 한국콘텐츠학회논문지, 제 7권 제 3호, pp. 168-175, 2007.
- [5] 유영화 “도로설계 평가를 위한 3차원 도로 시물레이션”, 부경대학교 대학원, 석사학위논문. 2007.
- [6] 김남희 “GIS를 이용한 3차원 도로설계에 대한 시물레이션”, 상주대학교 산업대학원, 석사학위논문, 2004.
- [7] Hyun Choi, “ Virtual Reality and Internet GIS for Highway Simulation Based on the ASE, Koran Journal of Remote Sensing, Vol. 21, No.5, pp. 433-443, 2005.
- [8] 김경호, 최승걸, 박종현, 양영규, “인터넷과 3차원 GIS”, 한국인터넷정보학회지, 제2권 제4호, pp.45-51, 2001.

저자소개



최 현(Hyun Choi)

1998년 부경대학교 토목공학과 (공학사)

2000년 부산대학교 대학원 토목공학과 (공학석사)

2004년 부산대학교 대학원 토목공학과(공학박사)

2005년 한국전산원 ITA팀 연구원

2006년 ~ 현재 경남대학교 토목공학과 교수

※ 관심분야 : 원격탐사, 사진측량학, GIS, 3D-GIS, Virtual Reality, GPS.