

# 지형공간정보체계를 이용한 3차원 도로시물레이션에 관한 연구 A Study On The Three Dimensional Road Simulation Technique Based on GIS

권혁춘\* · 이병걸\*\*

Quan, He-Chun · Lee, Byung-Gul

## 要 旨

본 연구의 목적은 GIS를 이용하여 3차원 동영상 도로 시물레이션에 관한 연구이다. 이를 위하여 제주도 남부의 해안선 지역을 설정하여 3차원도로 설계를 실시하였다. 사용된 자료는 1/5,000수치지도와 현지측량자료를 사용하였고, 도로시물레이션은 소프트웨어 microstation CAD, Inroads를 이용하였다. 해안도로의 특성상 도로주변의 식재인 꽃과 나무 등을 삽입하여 경관을 고려한 3차원 도로가 이루어지도록 설계를 시도하였다. GIS기술을 이용하여 설계된 도로는 3차원 시물레이션이 성공적으로 이루어 졌으며, 특히 도로의 전진주행 및 후진주행 등을 선택하여 산악도로의 경관을 평가할 수 있어 본 연구의 결과는 실제공사 시 해안도로경관 시물레이션에 적용할 수 있을 것으로 판단된다.

**핵심용어** : GIS, 3차원 도로설계, microstation CAD, Inroads, 1/5,000수치지도

## Abstract

Based on Geo-Spatial Information System(GIS), we tried to develop three dimensional road simulation system of coastal region considering landscape in Jeju island. The 1:5000 digital map, microstation CAD and Inroads road design programs were used to design coastal road. To estimate landscape effect of the three dimensional road visual simulation, we implemented three types road simulations that are the trees planted, the flowers planted and the trees and flowers planted road, respectively. From the study, we found that the three dimensional virtual technique was very useful tool to design the road considering landscape effect in ocean view terrain and to estimate the reasonable road characteristics.

**Keywords** : Geo-Spatial Information System(GIS), microstation CAD, Inroads, landscape

## 1. 서 론

토목공사의 설계 및 시공단계에 있어서, 3차원 컴퓨터 그래픽에 의한 시물레이션을 실행하면 완성상황을 재현 체험하고, 경관이나 주행성 문제점을 공사 전에 파악하게 되면 부실시공의 방지, 시공비용 절감, 시공 전 경관 분석 예측이 가능하다.

그러나 실무에 적용될 만큼, 정밀한 모델을 고화질로 묘사하는 데는 많은 계산 시간이 걸리기 때문에 디스플레이를 실시할 때 컴퓨터 과부하문제, 주변기기 지원 등 어려운 점이 있는 것이 사실이다. 이러한 이유로 기존의 시공 후 예측 시물레이션은 미리 설정된 결과를 비디오에 수록해두고 보는 것이 일반적이다(유복모, 1999).

또한 기존에 이용되고 있는 지형공간정보체계는 수문

해석, 노선선정, 지형정보 분석, 3차원 모델링, 가시권분석, 2차원 공간정보 입출력 등 지형공간 적용에 있어서 아직 초보적인 단계를 벗어나지 못하고 있다.

최근 컴퓨터의 성능 향상으로 3차원 지형공간정보체계는 지하매설물공사, 지질학, 지구 물리학, 지진학 등 여러 분야에서 활발히 이용되고 있으며, 기존의 지형공간정보체계에서의 분석오류 및 불일치, 시각화하는데 여러 가지 문제점을 효율적으로 극복하는 대안으로 떠오르고 있으며, 3차원 자료 분석, 인터넷기반 응용기술, 대용량 공간정보 분산처리기술, 실시간 자료기술, 기반기술 등이 주 관심분야로 대두되고 있다(최현 등, 2001).

지형공간정보체계가 토목분야에 적용되는 것을 살펴보면 지형 및 지질 상황의 모의, 지형을 이용한 절·성 토량 계산, 경사도와 주향분석, 토목계획, 도로계획, 가시

2004년 4월 14일 접수, 2004년 4월 29일 채택

\* 제주대학교 대학원 토목해양공학과 대학원석사과정 (qhchun@hanmail.net)

\*\* 정회원, 제주대학교 토목환경공학과 부교수 (leebg@cheju.ac.kr)

권분석 등에 적용되어지고 있다. 도로계획부분에서 지형 공간정보체계는 지형의 전체모형을 DTM(Digital Terrain Model)으로 구성하여 시거성, 쾌적성, 안정성 등을 시각적으로 예측할 수 있는 도로설계를 진행 할 수 있다.

3D-GSIS는 엄청난 시장 잠재력과 응용분야의 다양성에도 불구하고, 3차원 데이터 구축의 자료원의 획득 및 데이터베이스 구축의 고비용, 3차원 모델링 기술 대용량 데이터베이스 처리 기술, 초고속 네트워크 기술 등의 기술적인 어려움으로 인하여 개발이 부진한 실정이다. 그러나 1m~5m의 공간해상도를 지원하는 고해상도위성영상 및 국산위성인 아리랑 호 등에 의한 지도 제작용 위성영상의 획득이 가능하고, 3차원 정보를 취득 할 수 있는 정보원이 다양해지면서 3차원 데이터의 구축이 용이해지고, 최근 하드웨어 기술의 발달 및 컴퓨터 그래픽과 가상현실 기술, 네트워크 기술의 발달로 인하여 비약적인 발전이 예상된다.

3차원 지형공간정보체계를 이용한 기법에서 가상현실 기법의 개발에 대한 주요연구를 살펴보면, 가상현실을 위한 교통 환경 시뮬레이션, 경관 설계평가에 대한 유용성에 실증에 대한 연구가 진행되었다(Toshimitse, 1999). Gert VanMaren은 공간 데이터를 위한 가상현실을 이용하여 3차원 지형공간정보체계를 좀 더 사용하기 쉽게 만들었다. 그리고 원격탐사자료를 이용한 3차원 표현기법을 적용하여 실질적이고 본질적인 자료표현에 관해서 연구하였다(Walter Di Carlo, 1999). 국내에서의 지형공간정보에 대한 적용사례를 보면 인터넷 GIS기법에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며(김성우 등, 1999; 강인준 등, 1999), 가상현실이라는 새로운 분야에 대한 관심이 급증하면서 자동추출 및 실감 표현기술 개발이나 인

터넷 환경 하에서의 3차원 지형분석 모듈 개발 등의 연구가 진행 중이다(정연구, 1998). 3차원 지형공간정보체계를 이용한 도로시뮬레이션에 대한 기법에 대한 연구도 진행 되었다(최현 등, 2001).

본 논문에서는 PC를 기반으로 3차원가상현실구현을 위한 3D-GIS를 기반으로 경관을 고려한 도로설계 시뮬레이션기법에 대한 도입의 적용 가능성에 대해서 연구하고자 한다. 본 연구의 흐름도는 그림 1과 같다.

## 2. 연구대상지역

본 연구에서는 그림 2와 같이 제주도 서귀포 시 해안 부근의 한 지역을 연구대상지역으로 선정하였다. 이곳은 바다와 자그마한 섬을 인접하고 있으며 지세가 상대적으로 평탄하고 오름 들의 분포가 적다.

노선의 길이는 2776.32m이고, 노선 시점의 평면직각 좌표는 X:21027.1604, Y:152430.2349이고 종점의 평면 직각좌표는 X:21233.3220, Y:154623.5890이다.

그림 3은 노선이 놓여 질 지역의 수치지도로부터 등고선을 추출하여 불규칙삼각 TIN망을 구성한 다음 렌더링하여 연구지역의 지형모습을 나타낸 것이다.

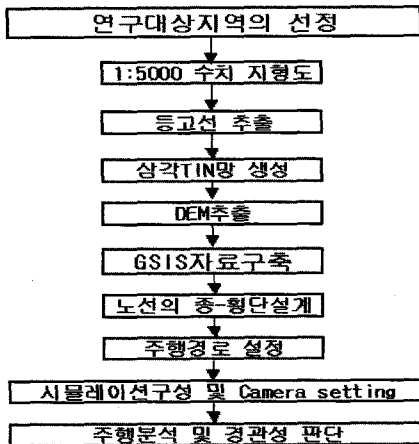


그림 1. Workflow for Roadway Simulation

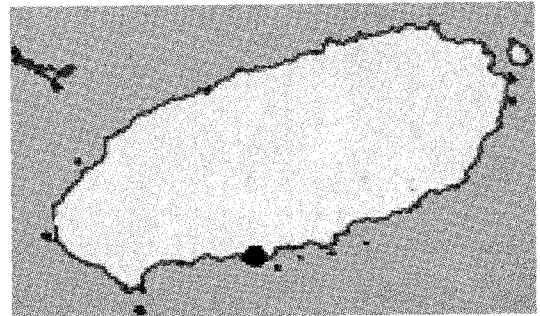


그림 2. Study area

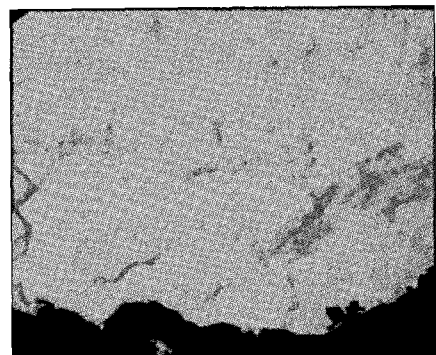


그림 3. shade relief of Study area

### 3. 3차원 도로 구축과 시물레이션

#### 3.1 연구대상지역의 수치표고모델형성

수치표고모델이란 공간상에 나타난 연속적인 기복변화를 수치적으로 표현하는 방법을 말한다. 수치표고모델은 각종 지형정보를 수치화 할 수 있기 때문에 기본적인 표고, 면적, 체적, 지형의 경사와 곡률, 사면의 방향 및 지형기복 상태를 가시적으로 평가 할 수 있으며, 등고선도와 3차원투시도, 지형의 3차원 표현과 조경설계 및 계획을 위한 입체적인 표현 등 여러 분야에서 이용되어지고 있다(최현 등, 2001).

3차원지형 형성을 위해서는 연구대상지역의 고도 값이 필요하므로 수치지도로부터 불규칙 TIN망을 만든 후 각 모서리의 X, Y, Z의 값을 추출하였고 3차원 렌더링을 실시하여 지형의 완성도를 확인하였다. TIN망은 관측대상의 기준이 되는 기준점의 모서리를 이용하여 삼각형을 생성하고 이웃하는 점들과 연결되어 삼각형의 한

변을 이룬다.

표면은 각각의 작은 평면들로 구성된 다수의 삼각형이 연결되어 표현된다. 그림 4는 연구대상지역의 수치지도의 등고선만을 추출하여 프로그램 Inroads 및 MTA에서 TIN망을 구성한 것이다.

#### 3.2 도로설계

##### 3.2.1 도로의 선형설계

도로설계는 선정된 후보노선에 대하여 지형도를 이용하여 구체적인 노선을 설계하는 단계이다. 도로설계에서는 지형에 대한 정확한 정보에 의한 기본도 구축이 중요하다. 합리적인 지형도 구축을 위해서 본 연구에서는 1:5000 지형도로부터 DTM을 구축하여 등고선도와 TIN구조를 작성하였다.

선정된 노선에 대해 도로설계프로그램인 Inroads를 이용하여 도로의 평면선형 및 종단선형, 확폭, 시거, 편경사 등을 고려하여 설계를 하였다. 일반적으로 도로의 선형은 자동차가 안전하게 주행할 수 있도록 해야할 뿐만 아니라 주행의 쾌적성에 대해서 고려할 필요가 있다. 이와 같은 관점에서 도로의 평면선형은 자동차의 주행궤적에 따르도록 직선, 원곡선, 완화 곡선으로 구성되며, 그 설계 요소로는 곡선반경, 곡선의 길이, 곡선부의 편구배, 곡선부의 확폭 및 완화구간 등이 있다(대한토목학회, 1997).

표 1은 연구대상지역 노선의 평면선형과 곡선반경을 나타낸 것이다.

표 2는 도로의 구조·시설 기준에 관한 규정에 근거하여 최소곡선반경과 편구배 및 확폭의 값을 나타 냈다.

연구지역의 설계조건으로는 설계속도 60km/h, 차선폭 3.5m, 길 어깨는 2m, 중앙분리대는 0.5m으로 왕복 1차 선도로로 하였으며 설계된 도로의 종단면도는 그림 3과

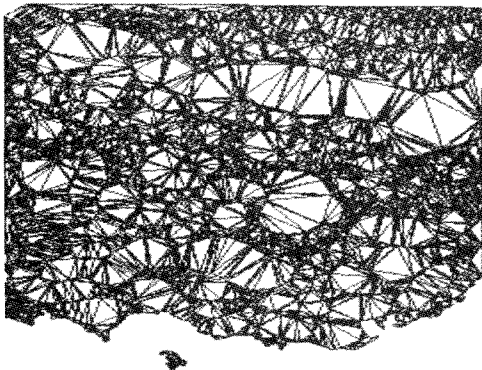


그림 4. TIN shapes of study area

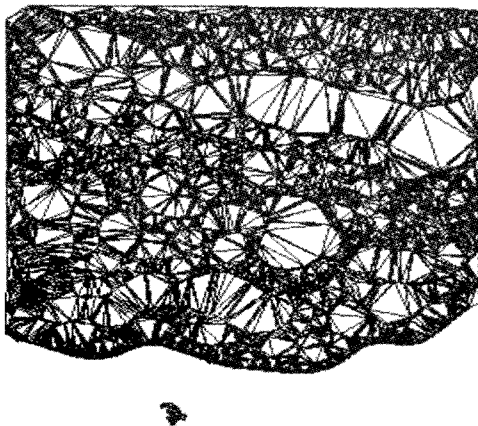


그림 5. TIN-Terrain after designed road

표 1. Alignment curve set and horizontal alignment geometry

	x	y	곡선반경
B.P	21027.1604	152430.2349	
L.P			
1	20884.1774	152801.9317	300
2	21023.8351	153069.8214	200
3	20860.9009	153424.7756	800
4	20804.3728	153923.7196	350
5	21030.4853	154138.031	200
6	20997.2339	154392.5265	200
E.P	21233.322	154623.589	

표 2. Minimum horizontal curves and inclination pitch according to vehicle velocity

설계속도(km/h)	마찰계수(f)	최소곡선반경(m)	
		계산값	규정치
120	0.1	709	710
70	0.13	203	200
60	0.14	142	140
40	0.16	57	60
설계속도(km)	곡선반경(m)	편구배(%)	확폭(m)
60	300	6	0.15
	200	7	0.25
	800	2	~
	350	5	0.15
	200	7	0.25
	200	7	0.25

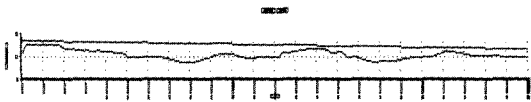


그림 6. Original surface and road line surface of Study area

같다. 그림에서 가운데 구불구불한 선은 기존의 지형선형을 나타낸 것이고, 맨 위의 선은 도로가 놓여 질 종단선형을 나타낸 것이다. 해안도로를 설계함으로 인하여 보통도로보다 도로의 종단선형이 기존지형선형보다 상대적으로 높게 설계하게 되었다.

3.2.2 3D GIS에서의 도로의 표현

그림 5는 그림 4와 거의 같은 모양이지만, 내부적으로는 도로망을 형성한 새로운 TIN망의 모습이다. 이 그림은 도로를 설계하여 표면처리를 한 후 등고선을 재작성하고 TIN망을 다시 처리하였다.

연구지역의 광원은 2004년 5월로 하고 태양광은 1.0으로 설정하였으며 도로의 양 옆에는 나무와 꽃을 일정한 간격으로 배치하였다. 프레임은 모두 300개로 구성되고 묘사조건에 대한 해상도는 860×640으로 하고 컬러로 구현하였다.

위의 그림 7~8은 각각의 주행경로를 설정하여 도로완성후의 모습을 부동한 각도에서 바라본 모습이다. 또한 본 연구에서는 도로주변의 식재환경에 따른 경관을 평가하기 위하여 꽃만이 도로주변에 식재된 경우, 나무만 식재된 경우, 나무와 꽃이 같이 식재된 경우의 3가지로 구분하여 프로그램 Inroads상에서 3차원 도로시물레이션을 실시하였다.

그림 9는 꽃만이 식재된 경우의 시물레이션 결과이며, 그림 10은 나무만 식재된 경우, 그림 11은 나무와 꽃이

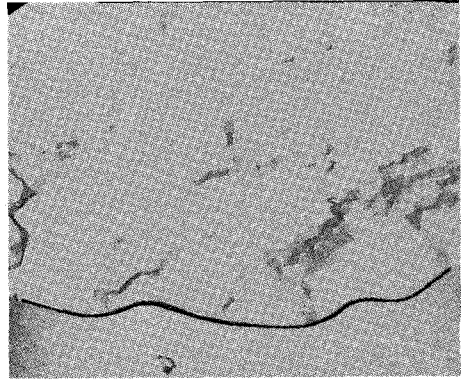


그림 7. Perspective View on top

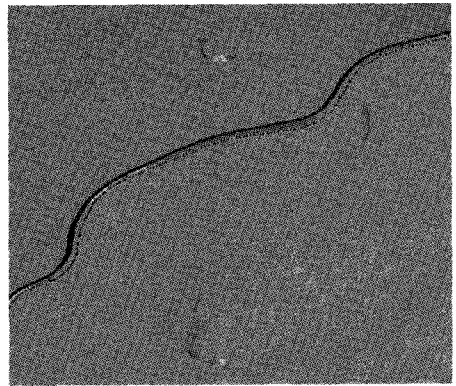


그림 8. Perspective View on right



그림 9. Only flowers in a view

같이 식재된 경우를 각각 나타내고 있다. 이상의 3가지 경우에 대한 3차원 도로시물레이션을 실시해본 결과, 나무와 꽃이 동시에 식재된 것이 동영상 그림에서 경관이 가장 보기 좋은 것으로 나타났다.

이상의 결과를 미루어 볼 때 3차원 지형공간정보기법

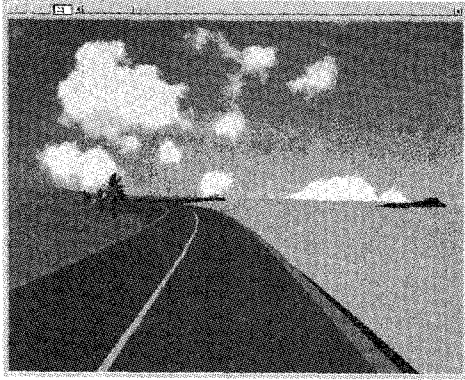


그림 10. Only trees in a view



그림 11. Trees and flowers in a front view

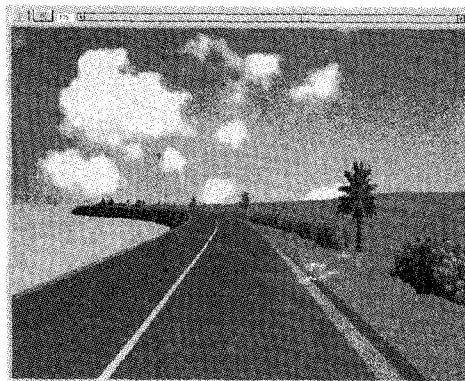


그림 12. Backsight view

을 이용하여 해안도로의 경관분석을 진행함으로써 사전에 연구대상지역의 해안도로와 타당한 경관을 여러 각도에서 평가할 수 있는 도로환경을 예측할 수 있었다.

그리고 그림 12는 도로의 반대방향으로 주행할 때의 풍경을 나타낸 것으로, 본 연구의 경우 도로의 순행방향

과 역행방향 등을 비교해 봄으로써 보다 정확하게 도로 경관 및 설계를 실시할 수 있는 방법을 제시할 수 있었다.

#### 4. 결 론

본 연구는 지형정보체계를 이용한 지형분석을 통하여 최적노선을 선정하고 3D-GIS를 이용한 도로 주행시물레이션을 진행함으로써 도로설계후의 효과를 평가하고자 하였으며 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

첫째, 지형공간체계를 이용한 경우 경관 적 요소를 고려할 수 있어 과학적인 방법으로 평가를 향상시킬 수 있다.

둘째, 수치지형모형을 이용하여 노선결정시 실제적인 지형을 표현할 수 있어 비전문가에게도 쉽게 시각적 효과를 줄 수 있다.

셋째, 기존의 2차원 도로설계개념에서 실질적인 3D GIS에서의 설계가 가능하였으며 노선계획 및 설계에서부터 경관 시물레이션에 이르기까지 전 과정이 전산화되어져 있어 보다 시각적이고 입체적인 계획이 가능하고 준 공후에야 할 수 있는 문제점을 시공 전에 예측할 수 있다.

#### 감사의 글

이 논문은 2003년도 제주대학교 BK사업단의 대학원(RA)지원비에 의하여 지원을 받았습니다.

#### 참고문헌

1. 강인준·이준석·장용구·김미란, 1999, "Servlet을 이용한 지형공간정보 Browsing Service제공", 대한토목학회 학술발표회 논문집(IV), pp. 601-604.
2. 김성우·임승호·유환희, 1999, "Map Objects IMS를 이용한 InternetGIS 개발", 대한토목학회 학술발표회, pp. 545-548.
3. 대한토목학회, 1997, "도로의 구조·시설 기준에 관한 규정", pp. 149-223.
4. 유복모, 1999, "지형공간정보론", 박영사, pp. 1-45.
5. 정연구, 1997, 3차원 시각정보의 자동추출 및 실감표현 기술 개발, 한국정보통신부, pp. 11-18.
6. 최현, 강인준, 이병걸, 2001, "3차원 지형공간 정보체계를 이용한 도로설계 시물레이션", 대한토목학회논문집, 제21권, 제2-d호, pp. 201-207.
7. Toshimitse Mukah, 1998, VR의交通環境シミュレーションシステム, 日本情報處理學會論文集, Vol. 39, No. 1, pp. 142-151.
8. Walter Di Carlo, 1999, A Virtual Environment for Remote Sensing Data Exploration, Proceeding of SPIE, Vo. 1. 3643, pp. 71-80.