

가상현실기법을 적용한 최적노선 선정

Selection of Optimal Route Applied Virtual Reality

손충민¹⁾ · 최현²⁾ · 홍순현³⁾ · 강인준⁴⁾

Son, Choong Min · Choi, Hyun · Hong, Sun Heun · Kang, In Jon

¹⁾부산대학교 토목공학과 석사과정(E-mail:yahhada@msn.com)

²⁾정회원 · 부산대학교 생산기술연구소 연구원(E-mail:xhyun@pusan.ac.kr)

³⁾밀양대학교 토목공학과 교수(E-mail:hongsh@miryang.ac.kr)

⁴⁾정회원 · 부산대학교 토목공학과 교수 · 공학박사(E-mail:kangprof@hanmail.com)

요지(Abstract)

Presently, research is hard to see design for construction on actuality three-dimensional route although it applied three-dimensional techniques using constructed already two-dimensional plane design. Therefore, this research wishes to study about efficient decision-making at the public problem and design change that can happen during construction designing three-dimensional road and construction at actuality route location using VGIS.

1. 서론

도로는 생산과 유통 등 경제·정치·문화적으로 중요한 기능을 담당하고 있으며, 교통체계 중에서 특히 우리의 생활에 중요한 교통시설이다. 최근에는 자동차의 급격한 증가와 경제개발 계획의 중요사업으로 고속도로의 확장 및 지방산업개발을 위한 도로의 신설, 관광도로 등이 많이 건설되고 있다. 도로 건설은 설계단계부터 상당한 비용과 시간이 소요되며 특히, 설계분야에서의 기존 설계는 2차원 평면으로서 가시적 효과를 기대할 수 없어 업무 수행 시 설계변경이 시공 중에 이루어져야 하는 결과로 이어지고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위한 방법으로서 3차원 설계를 들 수 있으며, 현재 3차원 구조물과 시물레이션에 관한 연구가 활발히 진행 중 이지만 실제 좌표를 이용하지 않은 가상의 공간에 제작 되어 분석 되므로 인하여 정확한 위치를 파악하기 힘들었다. 따라서 실제 평면 설계에 쓰이는 좌표값을 3차원 설계에 적용한다면 도로 노선 및 경관분석에 많은 도움이 될 것이다.

컴퓨터를 이용한 최적노선선정을 위한 연구로서 1980년 후반부터 계속 되어지고 있으며 고해상도 디스플레이를 위한 지도 제작시스템으로서의 GIS(Geographic Information System)는 2차원 평면이었지만, 최근의 연구 중 하나로 VGIS(Virtual Geographic Information System)를 들 수 있다. VGIS는 지형정보를 이용한 방법으로 3D 그래픽과 새로운 알고리즘 등을 사용하여 상당히 가시적이고 향상된 인터페이스로 업무를 빠르게 처리 할 수 있는 기술이 추가되었으며 어떠한 지형정보로도 사용될 수가 있다(David Koller 등, 1995). VGIS를 이용한 연구로는 가상현실(Virtual Reality)을 위한 교통 환경 시물레이션 시스템을 개발하여 3차원 주행시물레이션, 경관설계 평가에 대한 유용성의 실증에 관하여 연구가 진행되었다(Toshimitse Mukah 등, 1998). 공간데이터를 위한 가상현실을 이용하여 3차원 지형공간정보를 사용하기 쉽게 구성하고 지형공간정보자료를 이용한 3차원 표현기법을 적용하여 실질적이고 본질적인 자료표현에 관한 연구가 진행되었다(Walter Di Carlo 등, 1999). 국내에서는 인터넷을 기반으로 한 3차원 지형공간정보체계와 3차원 지형분석에 관한 연구(안충현, 1998)가 진행되었고, 3차원 지형공간정보체계를 이용한 도로설계 시물레이션(최현 등, 2001), 수치지도와 지형정보를 이용한 VGIS구축에 관한

연구(강인준 등, 2001) 등이 있다.

지금까지의 연구는 이미 구축되어진 2차원 평면설계를 이용하여 3차원 GIS기법을 적용 하였지만, 실제 3차원적인 노선상의 구조물에 대한 설계라 보기 힘들었다. 따라서 본 연구에서는 VGIS를 이용하여 실제 노선선정 시 3차원 도로의 선형과 구조물을 설계함으로써 시공 중에 발생할 수 있는 민원문제 및 설계변경 시 효율적인 의사결정에 대해서 연구하고자 한다.

2. 기본이론

2.1 VGIS

VGIS란 자료의 시각화의 한 분야로서 3차원으로 구현된 복잡한 지형을 고해상도 디스플레이 상에서 사용자 질의에 의한 상호작용을 가능하게 하는 실시간 지형정보 시각분야를 말한다(David Koller et al., 1995). VGIS는 단순한 가상 환경(SVE) 도구로서 하나의 독립된 라이브러리 장치로 향상된 가시적 환경 모델을 위한 기법과 소프트웨어 도구로 이루어진다. 도로 주변 환경 모델은 도로를 기본으로 주위에 건물과 각종 주변 장치를 배치해야하며, 건물은 일반적인 3차원 모델러를 사용하고 도로 주변의 복잡하고 다양한 형상의 건물 및 조형물을 사실적으로 모델링 할 경우 엄청난 양의 메쉬가 필요하므로 부득이하게 건물들의 형상을 단순화하는 작업이 필요하다. 맵핑 할 텍스처의 경우 각종 건물 및 조형물들이 도로에 근접해 있으므로 사실감을 증대시키기 위하여 세부적이고 선명한 텍스처를 활용해야 한다. 건물은 디지털 카메라를 이용하여 건물 이미지를 촬영하여 원근 및 렌즈 왜곡을 제거한 후 실제 건물과 같은 현실감을 주기 위해 텍스처 맵핑 기법을 사용한다. 가상현실은 컴퓨터를 이용하여 특정한 환경·상황을 모의실험 함으로써 사용자가 마치 실제 주변과 상호작용을 하고 있는 것처럼 만들어 주는 인터페이스이며 시뮬레이션은 실제 또는 가상의 동적 시스템모형을 컴퓨터를 사용하여 연구하며 복잡한 문제를 해석하기 위하여 모델에 의한 실험, 또는 사회현상 등을 해결하는 데서 실제와 비슷한 상태를 수식 등으로 만들어 특성을 파악한다. 가상현실은 몰입형 가상현실과 데스크탑 가상현실을 들 수 있으며 몰입형 가상현실은 인간의 감각을 감지하는 센서들과 가상환경을 시뮬레이트 해 주는 기계로 구성되어있다. 본 연구는 데스크탑 가상현실로서 개인용 컴퓨터를 이용하여 스크린상에 가상현실을 구현하고자 한다.

2.2 통행배정

통행배정은 4단계 교통 수요예측의 마지막 단계로서 통행발생, 통행분포, 수단선택과정을 통해서 도출된 시간대별, 교통수단별, 통행목적별 기종점간 교통수요(O-D Matrix)를 구체적인 교통망에 배분하는 것이다. 정태적 모형, 확률적 통행배분모형, 그리고 동태적 통행배분모형이 있다. 본 연구에서는 정태적 모형 중 사용자 평형이론 식 2-1을 적용하였다.

$$\text{목적함수} : \min \sum_a \int_0^{V_a} C_a(x) dx$$

$$s.t. \quad V_a = \sum_i \sum_j \sum_r P_{ijr} S_{ijr}^a T$$

식 2-1

$$OD_{ij} = \sum_r T_{ij}^r$$

$$\text{제약조건} : T_{ij}^r \geq 0, \forall r, i, j$$

$C_a(V_a)$ = 링크 a의 비용함수

P_{ijr} = 기점 존 i에서 종점 존 j를 향하는 통행중에서 경로 r을 이용하는 통행

S_{ijr}^a = 존 i와 j를 연결하는 경로 r상의 링크라면 1, 그 외에는 0

T = 총통행수

연구대상지역의 도로정비 기본계획에서 검토된 새로운 간선망으로서의 기능 여부와 기존 간선망에 미치는 영향에 대한 전반적인 검토로서의 노선대안별 교통수요예측 결과 도시계획도로를 일부 변경하여 고가교량으로 I.C.에 접속하는 대안 1로서 64,852대/일 수준으로 나타나며, 고가교량 중앙로 접속안인 대안 2의 경우 66,191대/일로 나타났다. 대안3과 4의 경우는 비슷한 62,800대/일 정도의 통계치를 보이고 있다.

3. 자료 구축

3.1 연구대상지역선정

주변도로의 장래 교통수요를 예측하여 최적의 건설 방안 수립을 위한 기본 자료로 제공하고 시설물 규모산정 및 교통처리 방안도출을 목적으로 하는 지역을 선정하였다. 그림 3-1은 VGIS를 이용한 3차원 도로설계 적용을 위한 연구 대상 지역이다.



그림 3-1. 연구대상지역 항공사진

3.2 기하구조물 설계

본 연구에서는 도로 및 구조·시설기준에 관한 규칙에 맞추어 4개의 대안노선에 대하여 기하구조물을 설계하였다. 본선의 경우 표 3-1과 같이 주간선도로로서 설계속도를 80km/h를 적용하였으며, 본선 4차로와 연결로 1방향 1차로이다. 표 3-2와 같은 도로의 횡단 구성요소로서 차로의 폭은 3.5m를 적용하였으며 중앙분리대는 도시지역 주간선도로로써 최소기준은 1.0m이나 장래의 외부 순환도로의 기능을 고려하여 2.0m를 적용하였다. 길어깨는 도시지역 주간선 도로로서 최소기준은 1.5m이나 본 연구 대상 지역의 시·종점부 모두 1km에 달하는 장대 교량구산 및 4.8km의 장대터널로 이루어져 길어깨 2m미만 시 비상주차대의 설치가 불가피 하므로 길어깨는 2.0m를 적용하였고 측대는 주간선도로 측대의 최소폭인 0.5m를 적용하여 설계하였다.

표 3-1. 주간선도로 설계속도

구분	설계속도	차로수
본선	80km/h	4
연결로	40~50km/h	1

표 3-2. 횡단 구성요소

구분	적용
차로폭	3.5m
중앙분리대	2.0m
길어깨	2.0m
측대	0.5m

3.3 지상기준점획득(GCP)

영상의 기하보정에 사용될 지상기준점은 영상과 지도에서 분명한 식별이 가능하여 영상좌표와 지도 좌표를 쉽고 정확하게 얻을 수 있어야 한다. 영상의 해상도에 따라 많이 사용되는 중, 저해상도(해상도 5m 미만) 영상의 지상기준점은 다차선 도로의 교차점, 댐의 좌·우 코너, 학교 운동장 중앙, 교량 중앙,

산복도로 등을 대상으로 한다. 고해상도 영상(해상도 5m 이상일 경우는 소도로의 교차점, 소운동장의 중앙 또는 코너, 테니스장의 중앙 또는 코너, 소규모 교량의 중앙, 산복도로, 논, 밭 등의 농사용 도로, 묘소 중앙 등을 선정한다. 선정해야 할 지상기준점의 갯수는 사용되는 변환식에 따라 다르다. 영상좌표와 지도의 평면좌표만을 사용하여 일반적으로 많이 사용되는 다항식을 적용할 경우에는 1차식, 2차식 및 3차식의 경우 최소한 3점, 6점 및 10점 이상의 지상기준점이 필요하다. 또한 선정되는 지상기준점의 배치상태도 중요하기 때문에 영상에 고루 분포되도록 선정하여야 기하보정의 정밀도를 높일 수 있다. 본 연구에서는 27점을 선정하였으나 RMSE가 2이상인 5점을 제외한 22점을 기준으로 보정을 실시하였다. 그림 3-2는 GCP 선정 과정을 나타내고 있다.

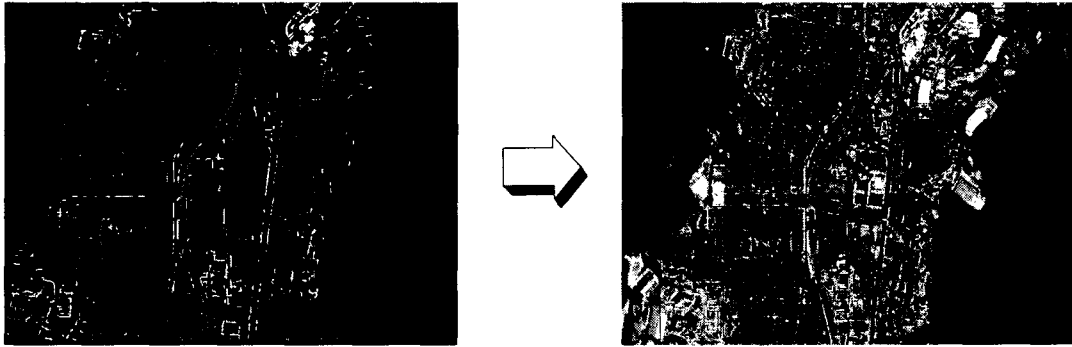


그림 3-2. GCP 선정과정

4. VGIS 정보 구축과 3차원 도로설계

본 연구에서는 VGIS를 이용한 최적노선을 가지적으로 구축하는데 그 목적이 있다.

4.1 지형모델링

VGIS에서 도시 지역에 대한 3차원지도 구축 시 선행되어야 할 요건중 하나가 지형기복에 대한 표현이다. 지형을 표현하기 위한 방법 중 하나로 수치표고모델(DEM)을 들 수 있다. 수치표고모델은 사용 용도에 따라서 많은 추출법과 보간법이 있고 이용분야는 수치지형도의 데이터베이스에 대한 표고 데이터의 저장, 도로설계시의 절토와 성토 및 3차원 지형표현과 경관분석, 경사도, 최대경사와 방향과 경사단면 등의 계산을 통하여 토공량, 음영기복, 침투 및 강우 유출량 등을 알 수가 있다. 따라서 수치표고모델은 막대한 양의 데이터 처리가 필요하므로 지정정보자료를 가장 효율적으로 획득하여야 하고 최소의 표본점으로 구성하며 참값과 비교하여 높은 정확도로 신속하게 처리할 수 있어야 한다. 수치표고모델을 이용하는 지형정보에는 기하학적 형태에 관한 지반고, 지형분포, 사면방향, 등고선, 지성선 그리고 유역 등이 있으며 정성적인 데이터인 지질, 식생 등도 포함 될 수 있다. 수치표고모델의 추출방법으로는 수치지형도, 수치사진, 현장측량방법이 있다. 본 연구에서는 연구대상지역의 데이터베이스 구축을 위해 1:1,000과 1:5,000 수치지도를 사용하여 DEM 생성을 위해 연구대상지역에 대한 수치 지도를 접합하여 등고선 레이어를 추출하여 등고선 노드를 연결한 불규칙 삼각망을 생성하였다. 지형모델링은 1:1000 수치지형도를 이용하여 불규칙한 지형 데이터를 확보하여 모델링 하였다. 또한 항공사진을 이용하여 수치지형도와와의 오차를 점검하였다. 이런 불규칙 지형정보를 DEM에 의해 모델링 하였다.

4.2 3차원도로설계

3차원도로설계를 위한 자료구축은 기존의 설계된 도로에 대한 3차원 모델링을 위한 자료구축은 1:1,000 수치지형도상의 도로를 바탕으로 구축하였으며, 3차원 노선선정방식은 도로 중심선의 3차원 좌표를 수치지도에서 구하고, 도로 횡단면의 경사를 고려하여 도로 중심 선형에 의해 도로의 바깥쪽 좌표가 설정되게 폴리곤을 형성한다. 도로형상의 생성에서 폴리곤의 간격은 종방향의 커브나 기복이 심한

곳은 간격이 좁게, 변화가 적은 곳에서는 간격을 넓게 하였다. 대안 1은 도시계획도로를 일부 변경하여 고가분리교량으로 I.C.에 접속하는 안이며, 2안은 도시계획도로를 최대한 수용하여 고가교량으로 기존의 도로에 접속하는 방안이다. 3안은 도시계획도로를 일부 변경하여 고가교량으로 I.C.에 접속하는 안이고, 4안은 도시계획도로를 일부 변경하여 평면교차로로 하천을 일부 복개하여 기존의 도로로 접속하는 방안이다. 본 연구에서는 고가교량설치로 외부순환 도로 기능인 이동성 확보에 유리한 대안 1에 대하여 3차원 설계를 시행하였다. 그림 4-1은 노선선정설계 기준에 따라 설정된 후보노선에 대한 3차원지도를 구축한 것이며 그림 4-2는 노선선정 연구대상지역에 대한 3차원 도로이며 그림 4-3은 후보노선을 3차원 가상도시와 도로를 설정한 것이다. 3차원 구조물의 구성을 위해서 폴리곤을 형성해야하는데 3차원 구조물의 각 점들을 포함하여야한다. 현재로는 3차원 구조물의 장점을 모두 지니는 지형자료를 구축하고 관리하기 위해서는 여러 가지 문제점이 따르기 때문에 평면도면에서부터 획득한 2차원 구조물에 대하여 높이값을 할당하여 3차원 구조물을 생성하였다. 이렇게 하면 복잡한 구조물의 생성은 어렵지만, 건물의 하단면과 상단면이 동일한 구조물의 생성은 가능하게 된다. 3차원 구조물의 생성에서 현실감을 부여하기 위해서는 몇 가지 방식이 적용되는데 가장 많이 이용되는 방식은 실제 구조물과 비슷한 색을 텍스처하는 방식이 가장 효과적인 것으로 판단된다.

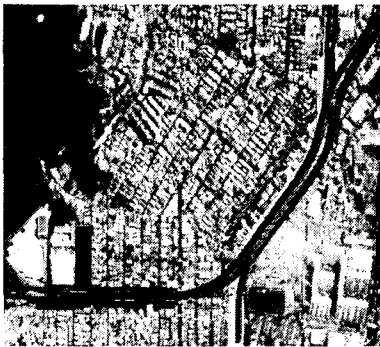


그림 4-1. 대안 1 노선

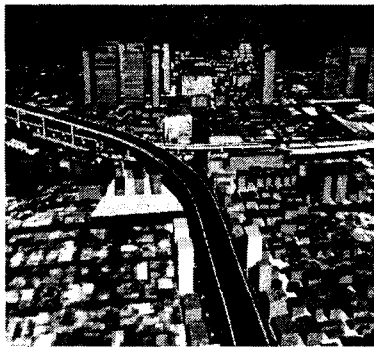


그림 4-2. 3차원 도로

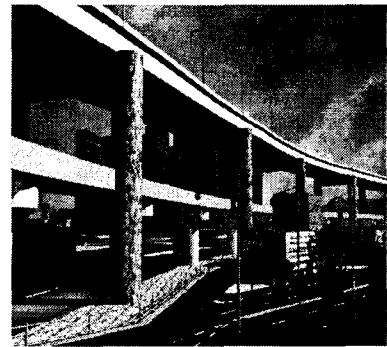


그림 4-3. 3차원 구조물

5. 비교 고찰

본 연구에서 통행배정과정에서 교통수요측면에서 파급효과가 큰 대안은 고가교량 중앙로 접속안인 대안 2로 나타났지만, 시점측과 연계하여 터널 종점측은 외부순환기능인 주간선도로로서 기능 및 이동성이 충분히 확보되어야 하는 점을 고려하였다. 따라서 대안 2 및 3안은 주간선도로로서의 기능 및 이동성은 확보되나 도시계획 변경이 필요하며 지장물 저축과다로 민원측면에서 불리하며 대안 4는 과도한 평면교차로 도로의 이동성 기능측면에서 매우 불리함을 알 수가 있었다. 따라서 본 연구에서는 주간선도로의 기능 및 이동성을 확보하고 민원을 최소화 할 수 있는 대안 1이 이상적일 것으로 본다.

6. 결론

본 연구는 VGIS를 이용하여 3차원 도로설계에 관한 연구로서 3차원 가상모델구현을 위한 VGIS를 기반으로 3차원 설계에 대한 적용이 가능함을 알 수 있었고, 시공 중에 발생할 수 있는 민원문제 및 설계변경 시 효율적인 의사결정에 따른 결론은 다음과 같다.

첫째, 기존의 2차원 설계에서는 평면적인 선형과 구조물의 형상을 이해하는데 상당한 시간이 소요되었지만, 구조물을 3차원으로 설계함으로써 인하여 비전문가가라도 구조물을 쉽게 판단할 수 있었다.

둘째, 3차원 설계로 인하여 기존의 구조물과 신설될 구조물 사이에서 공사 중 발생할 수 있는 환경 및 민원 문제를 사전에 파악할 수 있다.

셋째, 실제와 같이 구현된 구조물에 시뮬레이션을 통하여 기존의 각종 의사 결정에 있어 보다 시각

적 효과를 증진시켜 효율적인 의사결정이 가능하였다.

본 연구에서는 도로 선형 및 구조물 3차원 설계에 관한 기초적인 연구를 시행하였으며, 3차원 설계를 통하여 2차원 평면에서는 구현할 수 없는 시각적인 노선 및 구조물의 제한으로 비전문가라도 의사결정시 효율적으로 판단할 수 있었다. 앞으로 노선 및 구조물의 상관관계를 이용한 일조권 분석 또는 환경 친화적 시공 및 설계에 관한 연구가 이루어 져야 될 것으로 판단된다.

참고문헌

- 강인준, 최현, 이병걸(2001), 3차원 지형공간정보 체계를 이용한 도로설계 시뮬레이션, 대한토목학회지, 제 21권 제 2-D호, pp. 201~207호.
- 강인준, 최현, 박창하(2001) 수치지도와 지형정보를 이용한 VGIS구축에 관한 연구, 한국측량학회지, 제 19권 제 4호, pp. 331~339.
- 강인준, 최현, 홍순현, 손충민, 2003 “시뮬레이션기법을 이용한 도로대안결정”, 한국측량학회 춘계학술발표회 논문집, pp. 295~299
- 건설교통부(2000) 도로의 구조·시설기준에 관한 규칙 해설 및 지침, 기문당
- 안충현(1999), 인터넷을 기반으로 한 3차원 지형공간정보체계와 3차원 지형분석에 관한 연구.
- 유복모(1998), 지형공간정보론, 동명사.
- 최현, 강인준, 성은영, 이병걸, 2000, “실시간 도로평가 시뮬레이션구성을 위한 지형정보의 적용”, 대한토목학회 학술발표회 논문집(IV), pp. 643~646
- 向井利光(Toshimitsu Mukah)(1998), VR的交通環境シミュレーションシステム 日本情報処理學會論文誌, Vol. 39 No. 1 Jan pp. 142-151
- David Koller, Peter Lindstrom, William Ribarsky, Larry F. Hodges, Nick Faust, and Gregory Turner(1995), Virtual GIS : A Real-Time 3D Geographic Information System. Proceedings of Visualization '95. GVU Technical Report 95-100.
- Douglass Davis, William Ribarsky, T.Y. Jiang, and Nickolas Faust, "Intent, Perception, and Out-of-Core Visualization Applied to Terrain," Report GIT-GVU-98-12, pp. 455-458, IEEE Visualization '98.
- Law, A.M. and Kelton, W.D.(1991), Simulation Modeling and Analysis, Second Edition. Mcgraw Hill, Inc., New York.
- Jochen Albrecht(1995), Virtual Geographic Information System(VGIS). Proceedings of the 28th Annual International Conference on System Science.