

---

# 3차원 GIS기법으로 환경영향을 고려한 곡선부 시거 안정성 분석

최 현\*

Estimate for Ensuring sight Distance of Curve Section from Consideration of the  
Environmental Impact Assessment based on the 3D GIS

Choi, Hyun\*

## 요 약

최근 GIS 시스템은 2차원에서 3차원으로 변환되고 있다. 3차원 GIS를 이용한 관련 분야가 급성장함에 따라 공공 분야, 국방분야를 비롯한 일반산업에 이르기까지 점차적으로 다양화 되고 있다. 본 논문은 3차원 GIS기법으로 환경영향평가를 고려한 곡선부의 시거 안정성에 대한 분석가능성을 검토하였다. 시거는 입체성격을 지닌 도로 위를 입체성격의 운전자 시선과의 관계를 통해 결정하기 때문에 평면과 종단을 동시에 고려해야만 정확한 산정이 가능하다. 연구 결과 도로에 대한 설계속도 80km/h와 주행속도 60-120km/h까지 속도를 고려한 주행 시뮬레이션으로 시거 분석뿐만 아니라 기본적인 경관 주위 구조물 및 교량과의 조화, 안정성 평가뿐만 아니라 환경영향 평가가 가능할 것으로 보인다.

## ABSTRACT

The latest system of GIS has been changing from 2 dimension to 3 dimension. According to the rapid growth of the fields linked to 3D GIS, 3D GIS has variously affected the public field, the national defense field, and the industrial field. This study estimated sight distance safety of curve section considering the environmental impact based on 3D GIS. Sight distance is calculated from the relation between road which keeps the three-dimension character and driver gaze, so it needs to consider both plane and vertical for the accurate measuring. This study made analysis of the sight distance through considering the environmental impact with driving simulation of design speed 80km/h and running speed 60-120km/h.

## 키워드

3D GIS, Sight Distance, Environmental Impact, Driving Simulation

## I. 서 론

3차원 GIS 관련기술은 1980년대부터 현재까지 3차원 지형분석의 2차원적 표현에서부터 3차원 지형의 가시화

및 분석시스템을 거쳐 최근 3차원 가상도시 단계까지 발전해오고 있다. 3차원 GIS에 대한 연구는 도시계획분야에서 시도되었다. 도시계획의 한 대안으로 1990년 초반에 필요성이 처음으로 언급되었고 방법론과 의사결정의 필

요성이 강조되었다[1, 2]. 2000년대에 들어서는 3차원 GIS를 가시화하여 일반 시민이 설계의 결과를 선택 할 수 있게 하여 계획의 피드백을 강조하게 되었다[3]. 우리나라에서 3차원 지형분석 S/W의 개발을 필두로 도로설계의 안정성을 분석하기 위해 연구되었다[4, 5].

도로 선형은 도로의 중심선이 입체적으로 그리는 연속된 형상으로서 평면적으로 본 도로중심선의 형상을 평면선형, 종단면으로 본 도로중심선의 형상을 종단선형이라 한다[6]. 선형은 해당 도로의 설계속도에 주로 좌우된다. 도로의 선형 설계는 안전성, 효율성을 기준으로 운전자, 자동차, 교통 및 도로환경 등을 고려하여 최적 수준의 설계안이 확보되도록 하는 것이다. 공사비가 가장 적게 소요되는 선형설계는 당연히 지형에 따라 자연스럽게 설계하는 것이지만 자동차의 안전 주행을 위해서는 시거를 포함하여 설계속도에 따른 최소 설계기준을 만족시켜야 하기 때문에 지형을 그대로 따르는 것은 현실적으로 어려운 점이 많다. 그리고 환경훼손에 대한 우려도 심각한 편이다.

따라서 본 논문은 접속부에 대한 시거분석을 기존의 2차원분석에서 탈피하여 시뮬레이션 기법을 적용하여 주행 안정성에 대한 분석을 실시하였다. 그리고 도로의 기능성, 안전성, 효율성, 환경성 및 경제성 등이 종합적으로 고려될 수 있도록 3차원 GIS로 구현된 주행 시뮬레이션으로 환경영향을 고려한 도로 선형설계 시 적용방안에 대한 분석을 하였다.

## II. 기본이론

### 1. 도로설계에서 시거

시거란 운전자가 주행 중에 전방을 볼 수 있는 거리이다. 전방을 보는 능력은 도로상에서 자동차의 안전하고 효율적인 운행을 위해 가장 중요하다. 도로상의 자동차 경로와 속도는 운전자의 통제력에 의존하며 이러한 운전자의 능력, 훈련, 경험은 상당히 다양하다. 시거에는 도로의 설계속도에 따라 안전상 필요한 길이를 전구간에 걸쳐서 확보해야 하는 정지시거와 양방향 2차로 도로에서 효율적인 도로운영을 위해 앞지르기를 허용하는 구간을 둘 때 고려하는 앞지르키시거, 도로시설의 정보 인식을 도모하기 위한 판단시거, 교차로에서 확보되어야 하는 교차로 시거가 있다.

정지시거는 운전자가 같은 차로상에 있는 고장차 등의 장애물 또는 위험요소를 알아차리고 제동을 걸어서 안전하게 정지하거나 혹은 장애물을 피해서 주행하기 위해 필요한 길이이다. 정지시거는 식 (1)로 산정되며, 설계속도별 정지시거는 표 1로 나타낸다[7].

$$D = 0.694V + \frac{V^2}{254f} \quad (1)$$

여기서,

D = 정지시거 (m)

V = 자동차의 속도 (km/h)

f = 노면상태에 따른 종방향 미끄럼 마찰계수

표 1. 도로조건에 따른 설계속도별 정지시거  
Table. 1 Stop sight distance classified by design speed according to road condition

설계속도 (km/h)	노면습윤상태		노면건조상태		노면동결상태	
	f	정지시거 (m)	f	정지시거 (m)	f	정지시거 (m)
120	0.28	280	0.54	190		
110	0.28	250	0.55	165		
100	0.29	200	0.56	140		
90	0.30	170	0.57	120		
80	0.30	140	0.58	100		
70	0.31	110	0.59	85	0.15	140
60	0.32	85	0.60	70	0.15	105
50	0.34	65	0.61	55	0.15	70
40	0.37	45	0.63	40	0.15	45
30	0.44	30	0.64	30	0.15	25
20	0.44	20	0.65	20	0.15	25

정지시거는 운전자에게 큰 영향을 미치므로 충분히 안전함을 취해야 한다. 일반적인 설계에서는 종방향 미끄럼 마찰계수를 노면 습윤 상태로 고려함과 동시에 자동차의 주행속도를 설계속도로 하여 산정한다. 노면이 결빙한 경우에는 마찰계수 값이 감소하게 되므로(f=0.15) 운전자는 스노우타이어 또는 체인을 장착하거나, 설계속도보다 어느 정도 감소된 속도로 주행하게 된다. 그러므로 이를 고려하여 정지시거를 계산한다. 긴 터널구간에서는 노면 습윤상태의 마찰계수를 적용하는 일반구간(토공구

간, 교량구간)과는 달리 실제 상황이 노면이 건조된 상태가 대부분이므로 터널 내에서의 정지시거는 마찰계수를 노면 건조 상태의 값으로 적용한다. 그러나 연장이 짧은 터널의 경우와 터널 갭문으로부터 일정한 구간은 노면 습윤 상태가 일반 구간과 동일하므로 노면 습윤 상태의 정지시거를 적용한다.

양방향 2차로 도로에서는 대항하는 자동차가 서로 상대를 확인한 후 제동하여 정지하기 위해서는 표 1의 두 배 값에 해당하는 거리가 필요하다. 도로의 종단경사를 고려할 때는 아래의 식(2)로 정지시거를 산출한다.

$$D = 0.694V + \frac{V^2}{254(f+s/100)} \quad (2)$$

여기서, s = 종단경사(%)

### 2. 앞지르기 시거

양방향 2차로 도로에서는 저속 자동차가 주행하는 경우, 뒤따르는 자동차가 저속 자동차를 앞지르기를 하려 해도 실제로 반대방향 차로의 교통량이 많거나 도로의 선형이 불량하면 앞지르기가 불가능한 경우가 많아 비효율적으로 운영되거나, 무리한 앞지르기 시도에 의해 사고를 유발하기도 한다.

따라서 양방향 2차로 도로에서는 고속 자동차가 저속 자동차를 안전하게 앞지를 수 있도록 충분한 시거가 확보되는 구간을 적절한 간격으로 둔다.

앞지르기 시거는 양방향 2차로, 설계속도 80km/h 이하의 도로에서만 적용하며 앞지르기 시거의 규정치는 표 2와 같다.

표 2. 설계속도별 앞지르기시거  
Table 2. Overtaking sight distance classified by design speed

설계속도(km/h)	앞지르기 시거(m)
80	540
70	480
60	400
50	350
40	280
30	200
20	150

앞지르기 구간의 설치는 지형, 설계속도, 공사비 등을 고려하고 운전자가 극도로 불편하지 않고 운영 효율을 높일 수 있도록 앞지르기 구간의 길이와 빈도가 적절히 제공되도록 해야 하며 앞지르기 구간이 그 도로의 전 구간에 걸쳐 얼마만큼 존재하는가를 나타낸 것이 앞지르기 시거 확보구간의 존재율이라 한다. 교차로 시거는 교차하는 다른 자동차와의 충돌을 피하기 위해 필요한 시거로 두 접근부에서 교차로로 진입하는 두 자동차의 운전자가 서로 인지한 후 안전하게 정지하기 위해 요구되는 거리이다.

### 3.3차원 GIS기반의 가상현실

가상현실은 Video place 개념을 창안한 Myron Krueger 박사에 의해 시작되었으며[8], 미국 VPL Research의 Jarrow Lanier에 의해 1989년에 가상현실이란 용어로 다시 정리되었다. 즉, 가상현실 시뮬레이션이란 실제환경과 유사하게 만들어진 컴퓨터 모델속에 들어가 시각, 청각, 촉각 같은 감각들을 이용하여 그 속에서 정의된 세계를 경험하고 대화식으로 정보를 공유하는 것으로 정의할 수가 있다. 오늘날의 가상현실은 인공지능, 시뮬레이션 그리고 컴퓨터 그래픽 등 여러 가지 학문의 종합체로 볼 수가 있으며 그 중에서 컴퓨터 그래픽과 관련된 연구가 아주 활발히 진행 중이다.

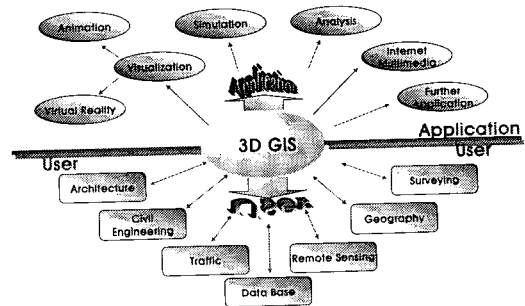


그림 1. 3D GIS 활용분야

Fig 1. The field of the application about 3D GIS

그림 1은 3차원 GIS의 적용과 각종 응용분야와 이와 연계되어지는 가상현실 시뮬레이션의 중심적 역할을 나타내는 것으로 시각화, 시뮬레이션, 3차원 분석 등의 다양한 분야에서 사용되어지거나 연구가 진행되고 있다[9].

컴퓨터 시뮬레이션에 대한 응용분야는 컴퓨터 공학, 가상현실, 인공적인 삶, 물리적인 곳에 기초를 둔 모델링

과 컴퓨터 애니메이션 등 여러 분야에 많이 적용된다[10]. 특히 우리가 일반적으로 알 수 있는 가상현실의 응용분야는 건축물이나 구조물에 대한 실제 시물레이션과 공간 구성에 대하여 CAD작업과 함께 이용되어지고 있는 것을 기본으로 하고 있다. 최근 컴퓨터 하드웨어의 비약적인 발전으로 공공기관, 지방자치단체의 지하시설물관리 시스템 등과 같이 비교적 단순한 3차원 공간의 표현 및 관리 등에 적용되고 있다. 선진국에서는 이미 가상현실을 이용한 원격진료, 수술, 로봇의 컨트롤에 있어서 가상현실 시물레이션이 많이 이용되어지고, 가상현실을 이용하여 항공기 훈련 및 군사 훈련에 적용하여 보다 현실감 있는 훈련이 가능하게 되었다.

### III. 3차원 GIS 구축

#### 1. 연구대상지역

3차원 GIS로 접속부에 대한 주행시거 안정성 분석에 필요한 자료는 수치지도와 설계 종·횡단면도가 필요하다. 그리고 도로 경관정보를 입력 할 식재와 광원의 할당도 필요하다. 연구대상지역은 부산광역시에 소재하는 가덕도와 거제도를 있는 거가대교구간의 일부인 농소-유호 구간으로 곡선구간과 직선구간이 골고루 분포되어 시거 분석에 유리하다. 3차원 GIS 자료구축에 필요한 연구 범위는 1.743km이며 설계속도는 80km/h로 되어있다.

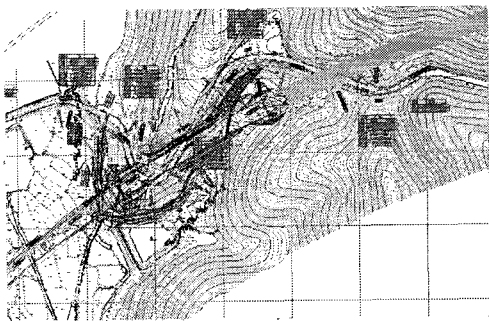


그림 1. 1:1,000 수치지도  
Fig 1. 1:1,000 scales digital map

#### 2. 자료 구축

3차원 GIS의 기본자료인 수치표고모형은 지도 등의 평면도면으로부터 획득한 2차원의 요소에 높이를 할당함으로써 3차원요소를 생성해낼 수가 있게 된다. 이 경우

아주 복잡한 모양의 건물요소를 생성하지는 못하지만 건물의 하단 및 상단면이 동일구조물의 형성이 가능하게 되는데 기존의 2차원 자료의 높이정보와 결합하여 3차원으로 가시화 하는데 쉽게 이용될 수가 있다. 3차원 구조물의 생성에서 좀더 현실감을 부여하기 위해서 몇 가지 방식을 생각할 수가 있는데, 가장 많이 이용되는 방식은 실제 구조물과 같은 색상과 유사한 색상을 사용하는 방식, 구조물의 특성을 가장 잘 나타내는 텍스처를 사용하는 방식 등이 있는데 첫 번째 방식은 다소 단조로운 색상을 타내지만 영상을 렌더링하는데 시간이 적게 걸리는 장점이 있다. 두 번째 방식은 첫 번째 방식보다 사실감 있는 영상을 구축하지만 영상을 렌더링하는데 시간이 많이 걸린다. 본 연구에서는 사실적인 지형의 재현을 위해 불규칙삼각망모형을 이용하였다.

#### 3. 광원처리

광원처리기법에는 삼각형 자체를 이루고 있는 하나 하나의 도트단위에 대하여 연산을 수행하는 픽셀광원처리(per pixel lighting) 방식과 물체의 표면을 이루고 있는 삼각형 단위로 각각의 빛의 움직임을 보간을 통해 직접 계산하는 꼭지점광원처리(vertex lighting) 방식 있으며 본 연구에서는 그림 2의 픽셀광원처리기법을 이용하였다.

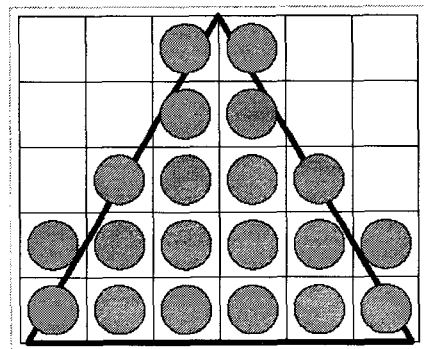


그림 2. 픽셀 광원 처리방식  
Fig 2. Processing about the pixel for light source

#### 4. 환경 모델링

도로변의 환경 모델링은 도로를 기본으로 주위에 건물과 각종 주변장치를 배치해야하며, 건물은 일반적 3차원 모델러로 구현했다. 그리고 도로 주변의 복잡하고 다양한 형상의 건물 및 조형물을 사실적으로 모델링 할 경우 엄청난 양의 삼각점이 필요하게 되므로 건물의 형상을 단순

화하는 작업이 필수이다. 맵핑할 텍스처의 경우 각종 건물 및 조형물들이 도로에 근접해 있으므로 사실감을 증대시키기 위하여 비교적 자세한 텍스처를 활용하였다(그림 3).

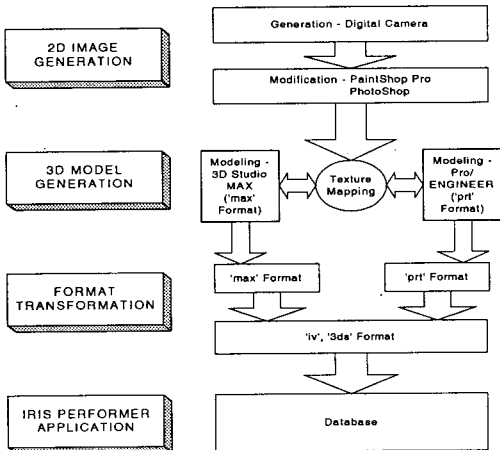


그림 3. 그래픽 형상 모델링 생성과정  
Fig 3. How to process to graphic form modeling

현상이 발생하고, 도로가 다소 꺾이는 것처럼 보였다. 이는 터널입구에서 일반적으로 발생하는 평면 곡선반경이 실제 크기보다 작게 느껴지기 때문이다. 따라서 장승포 - 터널입구 접속부에서 주행속도 120km/h 에서는 운전자가 핸들 조작에 곤란을 느낄 것으로 판단된다.

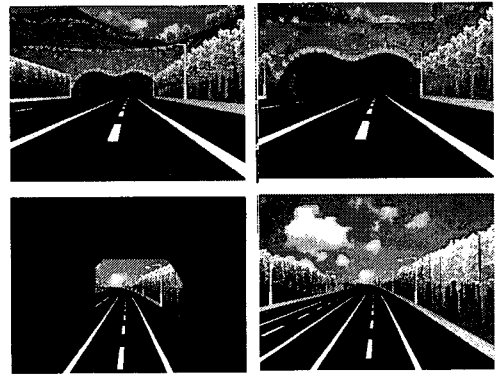


그림 4. 설계속도에 따른 접속부 경관 분석  
Fig 4. Design speed according road-scape investigation

#### IV. 3차원 GIS로 시거분석 및 고찰

도로 선형분석으로 도로접속부의 시거 및 안정성 분석을 위해서 기본적으로 고려된 사항은 평면 및 종단선형의 1:1 대응여부, 운전자의 시각적 심리적, 안정성 확보, 선형의 시각적, 역학적 연속성 유지, 도로 환경 및 경관과의 조화 등 4가지로 고려하였다. 3차원 GIS 자료 구축 후 시물레이션 기법을 적용하였다. 그림 4는 도로에 대한 설계속도 80km/h와 주행속도 60-120km/h 에서의 주행 시물레이션 화한 것이다. 검토결과, 경관 주위 구조물 및 교량과의 조화, 안정성 평가 등에서 전체적으로 평면 선형과 종단 선형이 조화를 이루는 양호한 선형 조합을 이루고 있었다. 평면 곡선 반경 확장에 따라 발생된 종곡점 위치를 시공성 고려한 교량 종점에서 과업종점 방향으로 종단곡선길이 충분히 확보하여 주행 유도가 가능하였다.

접속부에서 시물레이션 기법을 이용한 시거분석을 통한 도로주행 안정성에 대한 연구로서 각 접속부에 대한 시물레이션 검토결과 도로주행에 대한 큰문제가 발생하지 않았으며 장승포구역의 터널 입구 접속부에서는 설계속도 120km/h에서 운전자에게 터널입구가 짧아 보이는

#### V. 결 론

주요도로의 접속부와 곡선부 설계시 원활하지 못한 시거의 확보는 운전자에게 불쾌감과 교통사고의 주요원인이 되므로 주행의 쾌적 및 안전, 적설, 결빙 등의 기상조건, 지역구분, 저속 주행 자동차의 빈도, 시공성 및 유지관리 뿐만 아니라 환경성에 대한 고려를 해야 하지만 기존의 도로 2차원 설계는 위의 요소들을 고려하지 못하고 모든 도로에 획일적으로 설계치를 고려하였기 때문에 비합리적인 설계가 되었다. 그리고 접속부에 대한 주행시거분석을 위해서는 평면 및 종단선형에 대한 시거분석, 설계속도 및 주행속도에 대한 시거분석, 운전자의 시각적 심리적 안정성 확보, 도로와 접속부의 경관조화분석 등이 선행되어야 한다. 그러나 본 연구에서는 3차원 GIS를 활용해서 도로설계 시물레이션으로 구현하였기 때문에 요소를 고려하여 설계 가능성을 분석하였다.

도로에 대한 설계속도 80km/h와 주행속도 60-120km/h 까지 속도를 고려한 주행 시물레이션으로 환경영향을 고려한 시거 분석이 가능하였으며 주위 구조물 및 교량과의

조화, 안정성 평가 그리고 환경영향 평가도 가능할 뿐 만 아니라 시각적인 영향 평가도 가능 할 것이다. 3차원 GIS를 기반으로 시각적 환경영향을 고려한 시거평가는 기존 노선의 주행 가중치를 쉽게 예측이 가능할 것으로 보이기 때문에 예상 민원에 대한 고려를 쉽게 할 수 있으며 시간적·경제적 손실 최소화가 가능할 것으로 보이며 벡터자료와 격자자료를 활용하기 때문에 경제성을 바탕으로 한 최적노선의 자동 선출이 가능할 것으로 보인다. 그리고 도로 설계 프로그램을 이용하여 토공량 분석 까지 가능할 것으로 보인다.

저자소개



최 현(Hyun Choi)

1998년 부경대학교 토목공학과(공학사)  
2000년 부산대학교 대학원 토목공학과(공학석사)

2005년 한국전산원 ITA팀  
2006년 ~ 현재 경남대학교 토목공학과 전임강사  
※ 관심분야 : 원격탐사, 사진측정학, GIS, DBMS, 3D-GIS, Virtual Reality, ITS, GPS

참고문헌

- [ 1 ] Shiffer, M. J., "Representation of Environmental Conditions in Planning Support Systems", Paper presented at the Association of Collegiate Schools of Planning Annual Conference, Columbus, Ohio, October, 1992.
- [ 2 ] Jepson, W., Liggett, R., and Friedman, S., "An Environment for Real-time Urban Visualization". Proceedings of the Symposium on Interactive 3D Graphics, Monterey, California, 1995.
- [ 3 ] Pullar, D. "Embedding map algebra into a simulator for environmental modeling", 4th Int. Conf. On Integrating GIS and Environmental Modeling (GIS/EM4), Banff, Canada, 2000.
- [ 4 ] 최현, 강인준, 이병걸, "3차원 지형공간정보체계를 이용한 도로설계시물레이션, 대한토목학회논문집, 제 21권 제2D호, pp. 201-207.
- [ 5 ] 안충현, 자료처리 및 3차원 지형분석 S/W개발, 과학기술부.
- [ 6 ] 건설교통부, 도로안전시설 설치 및 관리지침, 2002.
- [ 7 ] 대한토목학회, 도로의 구조·시설기준에 관한 규정 해설 및 지침, 대한토목학회, 2000.
- [ 8 ] Krueger, Myron W, "Artificial Reality: Past and Future", Hesel & Roth, pp. 19~25, 1991
- [ 9 ] 시종익, 권형진, 하수옥, 3차원 GIS동향분석, 한국전산원, pp.1-2, 2004.
- [10] <http://ftp.cis.ufl.edu/~fishwick/book/book.html>