

GIS 데이터를 이용한 차량 시뮬레이터용 도로 구축에 관한 연구

임형은*, 성원석#, 황원걸*, 주승원**

Construction of Roads for Vehicle Simulator Using GIS Map

Hung En Im*, Won Suk Sung#, Won Gul Hwang*, Seung Won Ju**

ABSTRACT

Recently, vehicle simulators are widely used to evaluate driver's responses and driver assistance systems. It needs much effort to construct the virtual driving environment for a vehicle simulator. In this study, it is described how to make effectively the roads and the driving environment for a vehicle simulator. The GIS (Geographic Information System) is used to construct the roads and the environment effectively. Because the GIS is the integrated system of geographical data, it contains useful data to make virtual driving environment. First, the outline and centerline of roads is abstracted from the GIS. From the road outline, the road width is calculated. Using the centerline, the grid model of roads is constructed. The final graphic model of roads is constructed by mapping road image to the grid model according to the number of lanes and the kind of surface. Data of buildings from the GIS are abstracted. Each shape and height of buildings is determined according to kind of buildings, the final graphic model of buildings is constructed. Then, the graphic model of roadside tree is also constructed. Finally, the driving environment for driving simulator is constructed by converting the three graphic models with the graphic format of Direct-X and by joining the three graphic models.

Key Words : Direct-X(다이렉트엑스), Digital Map(수치지도), GIS(지리정보시스템), Vehicle Simulator(차량시뮬레이터), Texture Mapping(텍스처매핑), DXF(Drawing eXchange Format)

1. 서론

GIS(Geographic Information System)는 지리적으로 참조 가능한 모든 형태의 정보를 효과적으로 수집, 저장, 검색, 조작 및 분석을 하고 가시화 할 수 있도록 설계된 지리적 자료의 통합체로 의사결정을 지원해주는 종합정보시스템이다.¹ 이는 지형

지물을 나타내는 공간데이터와, 교통량 등을 나타내는 비공간데이터로 구성된다. 국내 표준수치지도는 국립지리원에서 제작한 NGIS(National Geographic Information System)¹¹ 수치지도로서 원점을 국립지리원 내에 두고 있으며, 그 형식은 AutoCAD파일 형식인 DXF(Drawing eXchange Format)¹²로 되어 있다. 지형지물은 NGIS의 국가기

접수일 : 2003 년 7 월 7 일 ; 게재승인일 : 2004 년 1 월 9 일
* 전남대학교 기계시스템공학부
교신저자, 전남대학교 대학원 기계공학과
Email : borame@chonnam.chonnam.ac.kr Tel. (062) 530-0211
** 주식회사 로템 체계연구팀

본도, 수치지도 표준 지형지물, 및 속성부호 구분³에 의해 일련의 코드(code)를 부여하여 각 코드명과 같은 이름으로 명명된 레이어(layer)에 분류되어 저장되어 있다. 이러한 GIS를 이용한 토지 관리시스템, 도로관리, 도로망, 식생에 관한 연구 등이 진행되고 있다.²⁻¹⁰ 또한 정부 공공기관 및 전기, 가스, 상하수도 등의 시설물 분야에서 위치기반 서비스(LBS : Location Based System)까지 사회 전반에 적용되고 있다.

본 논문에서는 GIS 공간데이터를 이용하여 도로 및 주변 건물에 대한 가상환경과, 신호등, 가로수 등의 위치정보를 이용하여 차량 시뮬레이터용 가상 주행환경을 구축하였다. 도로정보를 다이렉트 엑스(Direct-X)에서 요구하는 그래픽 파일의 포맷으로 변환하기 위하여 AutoCAD와 3D Studio MAX를 이용하여 그래픽 데이터를 구축하고, 주행중 속도감을 느낄 수 있도록 하기 위하여 도로를 일정한 간격을 가지는 격자 구조로 만들고, 텍스처 매핑(texture mapping)기법을 통하여 그래픽 재생속도를 확보하였다.

먼저 시뮬레이터의 주행환경 구축에 중요한 요소인 도로와 건물의 데이터를 추출하여 가상환경 구축에 적합하도록 데이터를 전처리 하였다. 도로는 일정간격과 폭을 가지는 격자로, 건물은 표면적과 높이를 가지는 솔리드 형태로 모델링 하고, 생성된 도로 격자모델과 건물 솔리드모델을 텍스처 매핑 기법을 사용하여 그래픽 모델을 완성하였다. 여기에 가로수 등 주변환경을 추가하여 차량 시뮬레이터용 가상 운전환경을 구축하였다.

GIS 공간데이터를 이용하여 구축한 주행환경은 정확한 위상정보를 가지고 있으므로 3차원 GPS, LBS 등에 적용이 가능하고, 실제 도로망과 같으므로 향후 교통량 분석에 적용가능하고, 건물의 간격, 높이, 도로폭 등의 데이터를 활용하여 도시환경 분석 등과 같은 다양한 분야에 적용될 수 있다.

2. GIS 도로 정보

GIS는 현실세계의 모델을 최대한 반영하므로, 분석을 통한 필요한 자료의 추출이 가능하다. 하나의 지도에 많은 정보를 체계적으로 표현하기 위하여 수치지도에는 시설물, 도로, 도로 중심선, 지형지물, 표시, 기호 등을 레이어로 구분하였으며, 사용자가 임의로 새로운 층을 정의하여 추가할 수

도 있다.

2.1 도로정보의 구성

도로관련법에서 도로는 실폭 도로를 의미하는 도로경계를 일컫는 것이다. GIS 공간데이터에서 도로는 시설물의 하나이며, 도로의 분류는 도로법을 기준으로 고속국도, 일반국도, 특별시도, 직할시도, 지방도, 시도, 군도 등으로 구분하고 있다. 도로의 레이어 이름은 AD로 시작하며¹¹, 그 폭이나, 차선수, 신호등, 주변 건물 등에 대한 정보는 계속 보완되고 있다.

도로는 도로의 실폭이 표현되는 도로경계와 도로의 중심을 나타내는 도로중심선으로 구분된다. 도로경계는 도로의 위치, 폭, 주변시설물의 위치를 파악할 수 있어 시설물관리, 교통계획 수립 등 다양한 범위에 사용된다. 도로중심선은 도로의 중심을 연결한 선으로서 도로폭 4m를 기준으로 구분되어 있다.¹¹ 도로중심선 간의 교차점과 도로중심선의 중요 지점에 노드(node)를 구분하면서, 도로망을 형성한다. 따라서 GIS 공간데이터에서 도로 정보는 중요한 지리사상이며, 교통 관리, 최적 노선(최단경로) 등의 교통 분석에 이용되고 있다.⁶

2.2 도로 정보의 수정 및 보완

차량 시뮬레이터의 가상주행환경을 구축하기 위해, 차량이 주행하는 도로의 정보, 즉, 도로경계, 중앙선, 차선 및 주변환경의 데이터가 필요하다.

본 연구에 사용한 서울 일부지역의 GIS 공간데이터로부터 추출한 도로경계는 Fig. 1과 같다. 데이터 특성상 소로 및 부지안 도로 등은 제외하였다. 도로경계는 일관성있게 순차적으로 제작되어 있지 않고, 건물의 구획선과 겹쳐져 누락되거나 인접 도로와의 연결 등이 완전하지 않다. 따라서 누락된 경계를 도로중심선을 기준으로 표기된 경계와 동일한 간격과 형태로 보완하여야 한다. 또한, 고가도로와 지하차도는 따로 분류하여 각각 다른 레이어에 저장하여 격자생성에 사용하였다.

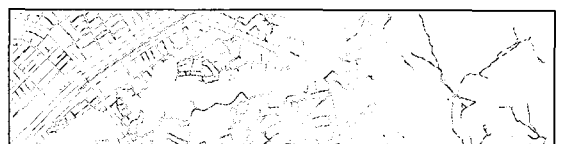


Fig. 1 Boundary of roads

중심선은 한쌍의 도로경계의 중간을 지나는 선이고, 중앙선은 차량의 통행을 구분하는 선분으로서, 일반적으로 두 선은 일치하지 않는다. GIS 공간데이터는 도로의 중심선에 대한 정보를 포함하고 있으나 도로중앙선과 차선에 대한 정보를 포함하고 있지 않으므로, 본 연구에서는 소로 및 부지안 도로를 제거하고, 나머지 도로의 중심선을 차선수 별로 분류하였다.

차선수는 일반적으로 도로의 폭에 따라 결정되므로 도로중심선으로부터 도로경계까지의 수직 거리를 도로폭으로 하여, 차선간격 3.25m를 기준으로 1차선에서 8차선까지 구분하고, 차선수별도 별도의 레이어에 저장한다.



Fig. 2 Centerline of roads

3. 시뮬레이터 도로 구축

3.1 도로의 격자모델

차량 시뮬레이터용 주행환경을 텍스처 매핑기법을 적용하였다. 텍스처 매핑기법을 적용하기 위해서는 음영처리 및 렌더링이 가능한 특정 패턴을 가진 형상을 작성할 수 있는 격자모델이 필요하다.

도로 격자모델은 GIS 공간데이터에서 추출한 직선과 곡선으로 구성된 도로중심선을 기준으로 해당 도로의 폭과 같은 폭을 갖는 다수의 격자로 구성된다. 이때 격자를 일정한 길이를 갖게 하여 차량의 주행시 속도감을 시각적으로 느낄 수 있도록 하였다. 일정한 폭은 주행중인 도로를 인식하고, 차선 변경 및 선회시 실제 도로에서 조향하는 것과 같은 시각적 효과를 고려한 것이다.

AutoCAD에서 격자모델을 구성하는 명령어(PFACE, 3DMESH)를 사용하여 Fig. 3과 같이 M과 N 방향의 다각형 격자를 작성할 수 있다. Fig. 3 (a)는 4개의 M방향 구획선과 3개의 N방향 구획선을 가지고 있으며, 6개의 격자로 구성된다. 구성된 격자인 □ ①②④⑤의 경우 ①②는 M축이 되며, 이에 수직인 방향이 N축이 된다.

생성된 다면체 격자를 구성하는 각각의 격자에 텍스처 매핑은 Fig. 3 (a)와 같이 격자를 삼각형으로 분할한 면 $\triangle ①②⑤$, $\triangle ①⑤④$ 에 텍스처를 매핑하게 된다. 즉, Fig. 3 (b)와 같이 분할된 $\triangle ①②④$, $\triangle ①④③$ 는 각각 Fig. 3 (a)의 $\triangle ①②⑤$, $\triangle ①⑤④$ 에 확대 혹은 축소되어 매핑된다. 이때 격자의 폭이 일정하지 않게되면 굴절되며, 간격이 일정하지 않으면 거리감이 상실된다. 따라서 격자의 폭과 간격을 도로의 폭과 백색 점선의 간격을 고려하여 설정한다.

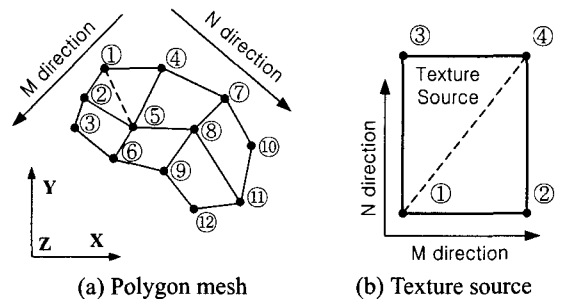


Fig. 3 Mesh schema

3.2 도로의 직선부

시작점이 $P_s(x_s, y_s)$, 끝점이 $P_e(x_e, y_e)$ 이고 X축에 대해 θ 의 기울기를 갖으며, 길이 l 인 Fig. 4와 같은 직선부의 격자모델을 만들기 위해서는 필요한 격자의 수와 격자점들의 좌표값을 결정해야 한다.

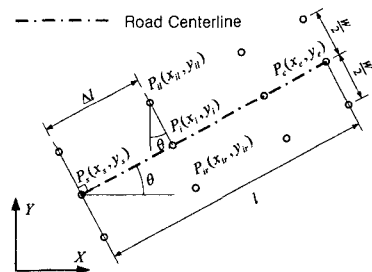


Fig. 4 Mesh points of a line

격자의 길이를 Δl 이라 하면, 길이 l 인 직선부의 격자 수는 $[l/\Delta l]+1$ 이 된다. 여기서 $[n]$ 은 n 보다 크지 않은 최대정수를 나타낸다. 직선의 시

좌점으로부터 Δl 만큼 길이 방향으로 떨어져 있는 직선상의 점 P_i 의 좌표는 다음과 같다.

$$P_i = (x_s + i\Delta l \cos \theta, y_s + i\Delta l \sin \theta) \quad (1)$$

직선상의 점 P_i 를 구한 후, 그 점으로부터 도로 중심선의 수직방향으로 격자폭 $\pm w/2$ 의 좌우 점의 좌표값 즉, 격자점을 다음과 같이 구한다.

$$\begin{aligned} P_{il} &= (x_i - \frac{w}{2} \sin \theta, y_i + \frac{w}{2} \cos \theta) \\ P_{ir} &= (x_i + \frac{w}{2} \sin \theta, y_i - \frac{w}{2} \cos \theta) \end{aligned} \quad (2)$$

직선부에 해당하는 격자점의 좌표값이 모두 구해지면, 각각의 격자점을 규칙에 따라 연결하여 텍스처 매핑이 가능한 격자모델을 생성한다.

3.3 도로의 곡선부

GIS수치지도에서 곡선은 Fig. 5와 같이 중심점 $P_c(x_c, y_c)$, 시작각 θ_s , 끝각 θ_e 이고, 반지름 R 인 호로 표현된다. 도로의 곡선부에 대해 격자 모델을 만들기 위한 격자의 수는 $[l/\Delta l]+1$ 이 된다. 호의 시작점 및 일정길이 Δl 만큼 떨어진 호 위의 점 $P_i(x_i, y_i)$ 는 다음과 같다.

$$P_i = (x_c + R \cos \theta_i, y_c + R \sin \theta_i) \quad (3)$$

여기서 $\theta_i = \theta_s + i\Delta \theta$ 이다.

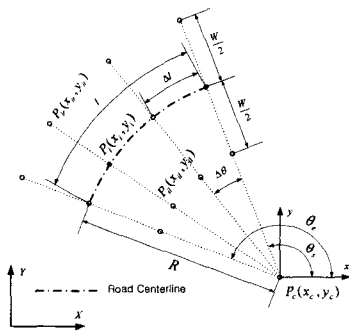


Fig. 5 Mesh points of an arc

호 위의 점 P_i 를 구한 후, 그 점에 접하는 점

선의 직각방향 즉, 반경방향으로 격자폭의 $\pm w/2$ 만큼 떨어진 좌우점을 식(4)와 같이 구한다.

$$\begin{aligned} P_{il} &= (x_i + \frac{w}{2} \cos \theta_i, y_i + \frac{w}{2} \sin \theta_i) \\ P_{ir} &= (x_i - \frac{w}{2} \cos \theta_i, y_i - \frac{w}{2} \sin \theta_i) \end{aligned} \quad (4)$$

식 (2), (4)에서 구한 격자점들을 이용하여, Fig. 6과 같은 직선부와 곡선부에 대한 격자모델을 생성하기 위해서는 M과 N방향의 구획선의 개수 m 과 n을 정의 하여야 한다. Fig. 6에 나타난 바와 같이 n이 2이므로 전체 격자점의 수 10을 n으로 나누면 5를 m값으로 한다.

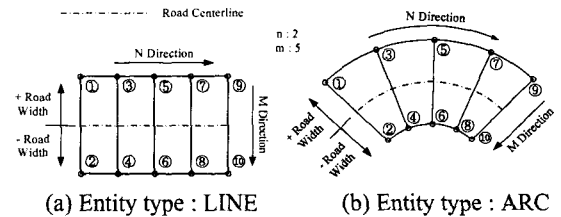


Fig. 6 Generation of polygon mesh

3.4 교차로

교차로는 도로구축에 있어 중요한 요소이며, 실제의 교차로는 지형에 따라 다양한 형태를 취하고 있으나, GIS 공간데이터도로부터 구할 수 있는 도로정보는 제한되어 있다. 본 연구에서는 4개의 교점으로 단순화된 모델을 구성하였다.

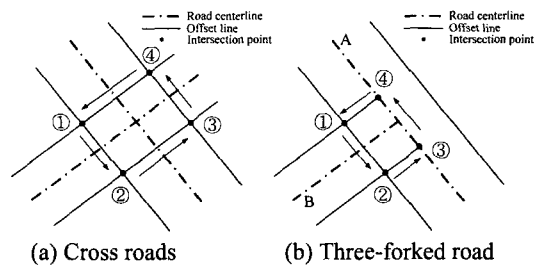


Fig. 7 Polygon schema of intersection area

단순화 된 교차로 모델은 4거리에 대해 Fig. 7 (a)와 같이 도로중심선이 만나는 교차점에서 각각

의 중심선을 도로폭의 1/2만큼 좌우로 오프셋(offset)시켜 교점 ①, ②, ③, ④를 구한다. 4개의 교점을 반시계방향으로 연결하여 다각형(polygon)을 작성하고 새로운 레이어에 저장한다. 삼거리의 경우 Fig. 7 (b)와 같이 중심선 B의 오프셋선과 중심선 A의 교점을 이용하여 다각형을 작성한다.

교차로의 격자생성은, 선택된 다각형으로부터 격자 생성을 위한 데이터를 추출하고 교차로의 격자를 저장할 새로운 레이어를 정의한다. 또한 다각형을 형성하는 정점의 좌표 및 시작점을 선별한다. 정의된 레이어에 각 정점으로 구성된 로컬좌표계를 갖는 독립된 단일 격자를 생성한다. 이때 격자의 로컬좌표계는 Fig. 7에서 ①②이 M축이 되도록 한다. 따라서 다각형 작성시 점 ①을 시작점으로 한다.

3.5 도로의 구축

최종적인 차량 시뮬레이터용 도로의 그래픽 모델을 구축하기 위해서는 도로 격자모델에 매핑시킬 도로의 이미지가 필요하다. 특히 차선 구획선은 일정간격을 가진 백색 점선으로 되어 있어 차량 속도감을 구현하는데 중요한 요소이므로 실제 차선의 길이에 영향을 주지 않도록 격자에 맞는 도로의 차선 이미지를 만들어야 한다. 본 연구에서는 도로교통법의 노면표시규정에 따라, 백색 점선을 3m, 점선간격 5m, 그리고 황색선과 백색 점선의 폭을 0.1m로 이미지를 작성하였으며, 백색선과 황색선의 색상은 실제 도로에서 이미지를 획득하여 사용하였다.

본 연구에서는 고속국도, 특별시도, 지방도, 군도, 소로 등을 구별할 수 있도록, 도로 표면을 촬영하여 노면의 이미지를 획득하였다. 이미지를 처리 후 도로표면 샘플을 작성하였으며, 도로의 폭에 따라 1~8차선의 차선수를 가진 도로를 묘사하였다.

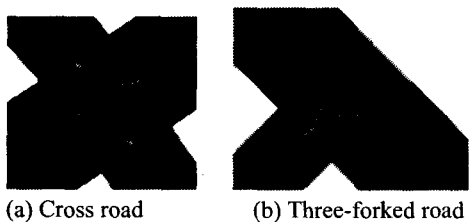


Fig. 8 Graphic model of roads

도로와 교차로 이미지를 각각의 격자모델에 텍스처 매핑기법을 이용하여 매핑시켜 Fig. 8과 같은 차량 시뮬레이터용 도로의 그래픽 모델을 구축하였다.

GIS에는 지형에 따른 도로의 경사도, 도로 포장이나 노후에 따른 노면 조도에 대한 정보가 없으므로, 도로 모델링 시 도로 기울기와 조도를 0으로 가정하여 모델링 하였다. 따라서 기울기와 조도변화에 따른 차량 동특성 관찰은 곤란하나, 평지에서 수행되는 각종 차량 동특성 평가를 위한 시뮬레이션은 가능 할 것으로 사료된다.

4. 주변환경 및 차량시뮬레이터

시뮬레이터용 도로에 현실감을 부여하기 위하여는 도로주변의 건물, 가로수, 신호등 등의 주변환경의 조성이 필요하다. GIS 공간데이터에는 가로수의 위치는 물론 건물의 면적과 높이, 신호등의 위치 등의 상세정보를 갖고 있지 않다. 따라서 건물의 용도 및 성격에 따라 높이를 설정하고, 가로수의 위치를 지정하였으며, 신호등은 고려하지 않았다.

4.1 건물

GIS 공간데이터에서 건물은 시설물로서, 일반주택, 연립주택, 시청 등 용도별로 146가지로 분류되어 있으나, 그 외형만이 표현되어 있고 건물의 높이에 대한 정보는 가지고 있지 않다. 일반적으로 건물의 높이방향 창문의 개수로 층수를 인식하므로, 건물의 면적을 구하여 면적에 따라 건물의 층수를 결정하였다. 또한 건물의 용도 및 성격에 따른 층수별 이미지를 작성 하였다. 각 건물에 대하여, 주택은 일반적으로 4층, 아파트 및 빌딩은 15층이하로 설정하였다.

건물위치영역을 나타내는 폴리라인에 대해 면적을 구하며, 그 면적과 건물의 종류에 따라 층수를 결정하고 높이를 결정하여 3차원 솔리드 모델을 생성하였다. 이때 층간 높이는 3.5m로 하였다.

생성된 솔리드 건물모델에 건물의 종류 및 층수에 따른 건물 이미지를 텍스처 매핑기법으로 매핑시킴으로써 Fig. 9와 같은 건물의 그래픽 모델을 완성한다.



Fig. 9 Graphic model of buildings

4.2 가로수

가로수는 차선과 더불어 도로에 가장 근접해 있어 차량운전자로 하여금 주행감을 느끼게하는 중요한 요소이다. 따라서 본 연구에서는 도로주변에 가로수의 배치위치를 지정하면, 가로수의 위치를 ASCII 형태 파일로 작성하는 프로그램을 개발하였다. 이 데이터 파일을 이용하여 차량시뮬레이터가 3 종류의 가로수 이미지를 시뮬레이션시 랜덤하게 데이터 파일에 지정된 위치에 나타내도록 구현하였다.

4.3 차량 주행 시뮬레이터

차량 주행 시뮬레이터는 시험차량으로부터 조향각, 브레이크 페달 답력, 쓰로틀 밸브의 개도 등의 운전자의 조작을 입력 받아 주행환경 이미지를 CRT 프로젝터를 통해 운전자에게 전달하여 가상적인 주행시험을 가능하도록 하는 장비이다.

차량 시뮬레이터의 제어 시스템은 프로그램 개발의 효율성과 확장성을 위하여 8개의 모듈로 구성되어 있다. 가상 주행환경 구현을 위한 그래픽 모듈에는 차량 그래픽 모듈, 도로 그래픽 모듈, 환경 그래픽 모듈이 있으며, 주행 음향효과를 위한 사운드 모듈, 차량 동역학적 모듈, 운전자 모듈, 인터페이스 모듈 및 확장 모듈 등이 있다.⁷

제작된 주행환경은 다이렉트엑스 기반으로 제작된 시뮬레이터의 그래픽 모듈에 의해 호출되며, 주행중인 차량의 위치정보에 따른 차량 주변환경을 나타내게 된다. 또한 운전자의 주시각도, 및 관찰자가 원하는 시점에서 관측이 가능하다. Fig. 10은 여러가지 시점에 따른 시뮬레이터의 주행 환경의 변화를 보여주고 있다. 운전자 시점에서는 차량의 내부와 함께 도로의 중앙선, 가로수, 건물 등에 의하여 적절한 속도감을 느낄 수 있었다. 그러나, 도로를 주행하는 차량들이 생성되어 있지 않고, 도로 주변의 건물은 용도 및 성격에 따른 외

관의 차이가 없다. 또한 획일화된 노면 표시로 다소 현실감이 떨어지는 등의 문제점은 차후 보완되어야 할 것이다.

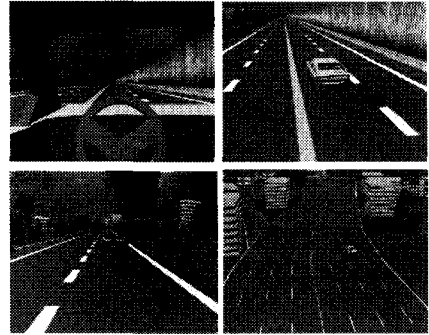


Fig. 10 Environment of vehicle simulation

5. 결론

GIS 공간데이터로부터 도로 및 도로 주변 데이터를 추출하여 수정 보완한 후, 보완된 도로의 직선부와 곡선부에 대하여 각각 차선수에 따른 일정한 간격과 폭을 가지는 도로격자모델을 생성하였다. 또한 교차로를 구성하고, 단순격자로 모델링하였다. 이 격자모델에 텍스처 매핑하여 차량의 주행환경을 구축하였다.

주변환경 조성을 위하여 GIS 공간데이터로부터 건물의 용도와 성격 그리고 면적에 따라 높이가 다른 3차원 솔리드 건물모델을 생성하였다. 또한 가로수 좌표를 ASCII 형태의 파일로 출력하여 편집 및 적용을 용이하도록 하였다.

구축된 주행환경을 주행 시뮬레이터에 적용한 결과, 지형지물에 대한 위상 정보로 인하여 적절한 속도감과 3차원 입체감을 느낄 수 있었다. 그러나, 다양한 건물의 형태나, 도로교통에 있어 중요한 신호등이나, 교통량, 노면조건 등을 구현하지 않아 현실감이 부족하였다. 따라서, 노면 조건 및 다양한 주변 환경 조성에 대한 차후 연구가 필요하다고 하겠다.

GIS 정보를 이용하여 구축한 주변환경은 정확한 위상정보를 가지고 있으므로 3차원 GPS 및 LBS에의 적용이 가능하다. 또한 교통량 분석이나, 도시환경 분석 등과 같은 다양한 분야에 적용될 수 있을 것으로 사료된다.

후 기

이 논문은 2001년도 전남대학교 두뇌한국21 지역대학육성분야 사업에 의하여 지원되었음.

참고문헌

1. Hollingshead, Mark A., "So What, who cares about technology," Urban and Regional Information Systems Association, Washington, DC., 1992.
2. Environmental Systems Research Institute, Inc., Introduction to ArcGIS II (for ArcView 8, ArcEditor 8, and Arcinfo 8), ESRI, 2001.
3. Berstein, David and Eberlein, Xu Han, "A relational GIS-T," American Association of State Highway and Transportation officials, Portland, OR., 1992.
4. 정진환, 국가지리정보시스템을 위한 관리시스템의 구조, 정보과학회지, 제 16권, 제 3호, 1998.
5. 양성대, "실시간 차량 시뮬레이터의 개발에 관한 연구," 전남대학교 대학원 공학석사학위논문, 2002.
6. Autenucci, John C., Geographic Information System : A Guide to the Technology, Van Nostrand Reinhold, New York, 1991.
7. 김경희, "지리정보시스템을 이용한 도로관리정보체계 구축," 홍익대학교 산업정보대학원 석사학위논문, 1995.
8. Kim, Won, Modern Database System, Addison-Wesley, 1995.
9. 박기석, GIS 지리정보시스템, 도서출판 동서, pp. 37-39, 1995.
10. 김재영, "GIS 概念과 시스템 構策方向," 대한지방행정공제회, 1994.
11. Aronoff, Stan, Geographic Information System : A Management Perspective, WDL Publications, Canada. 1989.
12. 한국정보통신기술협회, 국가지리정보체계(NGIS)의 국가기본도 및 표준수치지도 표준 - 지형지물 및 속성부호 - 버전 1.1, 1998.
13. Autodesk, DXF Reference Guide, 2002.