

## 3D-GIS를 이용한 건물 내부공간의 최적경로탐색 Finding Optimal Paths in Indoor Spaces using 3D GIS

류근원<sup>1)</sup> · 전철민<sup>2)</sup> · 조성길<sup>3)</sup> · 이상미<sup>4)</sup>

Ryu, Keun Won · Jun, Chulmin · Jo, Sung Kil · Lee, Sang Mi

<sup>1)</sup> 서울시립대학교 지적정보학과 석사과정(E-mail:ryuwin@uos.ac.kr)

<sup>2)</sup> 서울시립대학교 지적정보학과 교수(E-mail:cmjun@uos.ac.kr)

<sup>3)</sup> 서울시립대학교 지적정보학과 교수(E-mail:skcho@uos.ac.kr)

<sup>4)</sup> 서울시립대학교 지적정보학과 석사과정(E-mail:parms@uos.ac.kr)

### Abstract

3D-based information is needed increasingly as well as 2D information as cities grow and buildings become large and complex, and use of 3D-models is getting attention to handle such problems. However, there are limitations in using 3D-models because most applications and research efforts using them have been for visual analysis. This study presents a method to find optimal paths in indoor spaces as an illustration for using 3D-models in spatial analysis. We modeled rooms, paths and other facilities in a building as individual 3D objects. We made it possible to find paths based on network structure by integrating the vector-based networks of 2D-GIS and 3D-model.

## 1. 서론

3차원 GIS 모델은 건축을 비롯하여 도시계획, 환경분석, 재해관리 등 다양한 분야에서 그 활용이 증가하고 있다. 도시의 과밀화로 인해 시간이 지날수록 건물들은 고층화, 대형화되고 복잡한 형태를 이루고 있어 건물 이용자들에게 2차원적인 정보뿐만 아니라 3차원 공간정보의 필요성이 증가하고 있으며 이를 해결하기 위해 3차원 GIS 모델의 활용이 요구되고 있다. 특히 지하철, 대형쇼핑몰 등 대규모의 실내공간에서 건물이용자가 현재 위치를 파악하고 원하는 위치까지의 최적의 이동경로 찾는거나 화재와 같은 재난상황이 발생했을 때 대피경로를 탐색하는 데에 3D 모델이 적용된다면 보다 현실적인 정보제공이 이루어 질 것이며 정량적인 분석 또한 가능해 질 것이다. 그러나 현재까지 연구되어 온 3차원 모델은 주로 건물 외부 시각화를 위한 것으로 단순한 도시모델링에 머물고 있어 3차원 공간분석에 있어 한계가 존재해 왔다.

본 연구에서는 GIS 공간분석중의 하나인 네트워크 분석에 3D 모델을 적용하는 방법을 제시하고자 한다. 건물 내부의 각 실들과 연결통로 및 기타 시설들을 각각 오브젝트로 구분하여 3차원으로 모델링하고, 2차원 GIS데이터와 3차원 모델에 각각 벡터기반의 네트워크 모델을 생성하고 DB를 이용하여 두 모델을 연동함으로써 2차원 GIS 네트워크 분석으로 추출된 이동경로를 3차원 모델에 표현할 수 있도록 하였다.

## 2. 관련연구 고찰

3차원 GIS 네트워크 모델링에 관한 연구를 살펴보면, 강정아 등(2005)은 CAD 도면을 이용하여 3차원

모델을 생성하고 수평, 수직적인 요소를 고려한 네트워크 모델링을 제시하고 있다. 그러나 CAD를 이용한 3차원 모델은 속성값의 이용이 어렵거나 네트워크 분석으로 탐색된 이동경로를 실시간으로 3차원 모델에 표현하지 못한다는 한계를 가지고 있다.

최단거리분석에 관한 연구를 살펴보면 김병화(2005)의 연구에서는 레스터 기반의 데이터로 최적경로를 탐색하는 방안을 제시하고 있는데 레스터 기반의 분석은 내부공간을 연속적인 면형요소로 변환하여 분석을 실시하므로 자료의 저장과 처리에 효과적이지만 선형기반의 네트워크 분석에 비해 상대적으로 경로탐색시간이 오래 걸려 시간적인 효율성이 떨어진다.

이에 본 연구에서는 CAD를 이용한 3차원 공간모델링과 더불어 2차원 GIS의 벡터기반의 네트워크 모델과의 연동을 통해 GIS의 기능을 이용하는 방안을 제시하고, 또한 네트워크 분석으로 탐색된 이동경로를 실시간으로 3차원 모델에 표현하는 방안을 제시하고자 한다.

### 3. 3차원 모델링과 네트워크 모델링

#### 3.1 3차원 모델링

3차원 모델을 생성할 때 다면체로 모델을 표현하는 CSG(Constructive Surface Geometry) 방법을 적용하여 건물의 3차원 모델을 생성한 후에 각 층별, 실별 공간을 눈에 보이지 않는 다면체 모델로 표현하고 그 공간들을 각각 오브젝트화 함으로써 개별적인 ID값을 통해 DB의 속성값을 표현할 수 있고 공간질의 또는 분석이 가능해 질 수 있다.

화면상에 3차원 모델의 원하는 부분을 원하는 위치에 표현하고 2차원 GIS 데이터의 분석값을 3차원 모델에 표현하기 위해서는 3차원 모델의 시뮬레이션 도구가 필요한데 본 연구에서는 이를 위해 EON Studio를 이용하였다. EON Studio는 상용 소프트웨어들과 호환성이 양호하고 고화질의 실시간 렌더링 기능을 갖고 있으며 대용량의 3차원 정보를 효율적으로 처리하는데 유리하다.

#### 3.2 네트워크 모델링

##### ■ 네트워크 모델

네트워크 모델은 선형의 객체(linear feature)를 표현하는 모델로서 도로망과 같은 교통분야의 시스템과 상하수도망, 통신망 등이 있다. 네트워크 분석에서 제공되는 기능들로는 경로탐색(path finding), 자원 할당(resource allocation), 적지선정(location allocation), 연결성(connectivity), 네트워크 유량문제(network flow problem) 등이 있다.

네트워크 모델은 선형의 객체를 junction(point)과 edge(line)로 구성하며, 여기에 비용요소가 부가된 형태이다. 네트워크 모델은 최단거리탐색과 시설물 탐색, 영향범위 및 소요시간에 따른 범위를 설정할 수 있으며 건물 내부공간에서 화재와 같은 재난이 발생했을 때 피난 및 구조를 위한 대피경로 계산 등에 이용될 수 있다.

##### ■ 2D-GIS 네트워크 모델

GIS 네트워크 모델을 구축하기 위해 건물 내부의 모든 이동경로를 나타내는 라인피쳐(line feature)를 생성해야 하는데 건물 내부의 복도 중심을 연결하고 복도의 중심에서 각 room의 입구로 연결하는 모든 라인피쳐를 포함하고 층간 이동과 같은 수직적인 이동 또한 같은 방법으로 2D-GIS 네트워크 모델에 포함되어야 한다. 네트워크 모델은 생성된 라인피쳐에 포함되어 있는 거리, 이동소요시간 등의 속성정보를 이용하여 경로를 탐색하므로 <표 1>과 같이 필요한 속성 필드를 추가하고 값을 입력한다.

표 1. 라인피처에 추가되는 속성

Field Name	Use	Type
METER	line 길이	Double
FT_MINUTE	line 이동시간	Double
TF_MINUTE	line 이동시간	Double
Floor Level	층 수	Integer
PID	3D 오브젝트 ID	Text

### ■ 3D-GIS 네트워크 모델

3D-GIS 네트워크 모델은 EON Studio에서 오브젝트로 표현된다. 즉 네트워크 모델을 구성하는 각각의 라인피처를 개별적인 ID값을 갖고 있는 오브젝트로 생성하는 것이다. 생성된 오브젝트들은 2차원 GIS 데이터와 동일한 위치에 해당하는 3차원 모델에 적용되며 2차원 평면공간에 표시된 층간이동 라인 피처는 오브젝트화 되어 3차원 모델의 계단에 위치하게 된다. 2D-GIS 네트워크 모델과 3D-GIS 네트워크 모델의 연동은 DB를 통해 이루어지는데 2D-GIS 네트워크 모델의 라인피처와 3D-GIS 네트워크 모델의 객체가 동일한 ID 값을 갖고 있어야 한다.

## 4. 내부공간의 경로탐색을 위한 3D-GIS 네트워크 모델

### 4.1 적용대상과 방법

본 연구에서는 적용대상 건물로 서울시립대학교 21세기관을 선정하였다. 선정이유는 데이터를 취득하기에 용이하다는 점과 대상 건물이 교내 건물 중 내부구조가 비교적 복잡하여 본 실험에 적합하다고 판단되었기 때문이다.

본 건물의 CAD 도면과 각 실별 현황은 3차원 모델을 생성하는데 이용하였으며, CAD 데이터를 GIS 데이터 포맷으로 변환하여 네트워크 분석에 필요한 속성값들을 포함한 GIS데이터를 생성하고 GIS 네트워크 모델을 구축하였다. 3D-GIS 네트워크 모델 생성과정은 <그림 1>과 같이 요약된다.

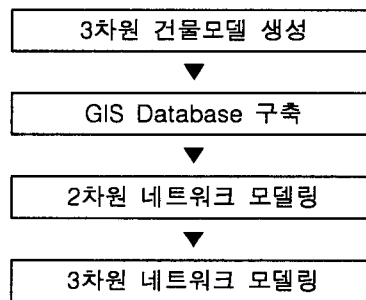


그림 1. 3D-GIS 네트워크 모델 생성과정

### 4.2 3차원 모델링

CAD 도면에서 불필요한 레이어를 제외하고 건물의 골격을 나타내는 기둥, 벽, 계단 등의 레이어만을 이용하여 각 층별, 실별 모델링을 실시하였으며 내부공간의 각 객체들을 사실적으로 표현하기 위해 내부사진과 그래픽 도구를 이용하였다. <그림 2>는 21세기관 건물 내부를 객체로 분리하여 모델링 한 예를 보여준다.

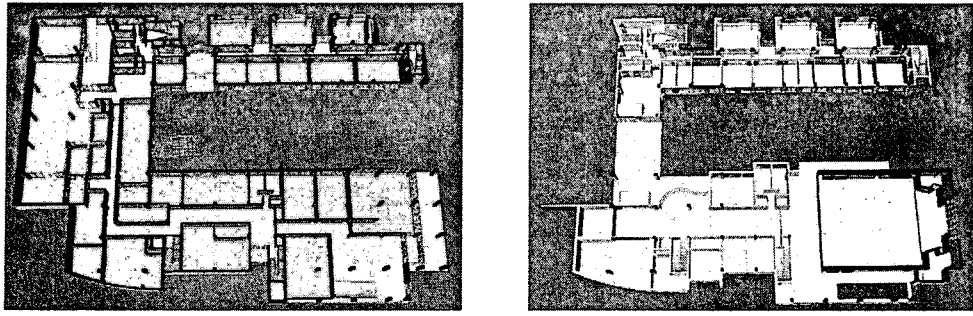


그림 2. 건물 내부의 3차원 모델(1층과 2층)

### 4.3 GIS 네트워크 모델링

#### ■ 2D-GIS 네트워크 모델링

실험대상건물인 21세기관의 CAD 도면에서 건물 내부의 이동경로를 나타내는 라인피처를 생성하였다. 복도의 중심과 각 실의 입구까지의 이동경로를 생성했으며, 층간이동경로까지 2D-GIS 데이터에 생성함으로써 <그림 3>과 같이 건물의 모든 내부공간 이동경로가 이러한 라인피처로 연결될 수 있도록 하였다.

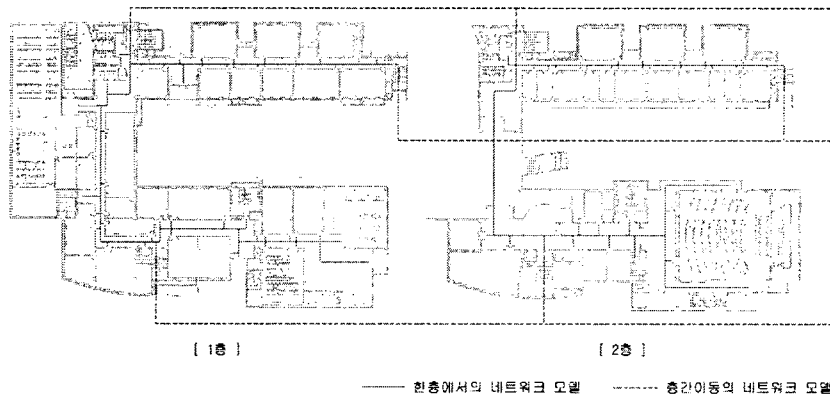


그림 3. 2D-GIS 네트워크 모델링

CAD상에서 건물내 모든 경로가 선형요소로 생성된 후에 GIS 네트워크 모델 데이터로 변환이 이루어진다. 변환된 GIS 네트워크 데이터 모델은 junction(point)과 edge(line)로 이루어진 위상관계(topology)를 갖게 되는데 이 네트워크 모델은 라인피처에 포함되어 있는 거리, 이동시간, 방향 등의 속성정보를 이용하여 경로를 탐색하게 되므로 경로탐색에 필요한 속성필드를 추가하고 값을 입력하였으며 3D 모델과의 연동을 위해 필드를 생성하고 각 3D 오브젝트와 상응하는 ID값을 입력하였다.<그림 4> 또한 junction(point) 속성테이블에는 각 포인트가 위치하는 곳의 속성정보를 담고있는 DB와의 연결을 위한 필드를 추가시키고 값을 입력하였다.<그림 5>

METER	FT_MINUTE	TF_MINUTE	Floor	PID
0.869	0.125	0.125	1	p1_001
6.258	0.214	0.214	1	p1_002
3.565	0.126	0.126	1	p1_003
7.256	0.236	0.236	1	p1_004
10.269	0.305	0.305	1	p1_005
0.256	0.052	0.052	1	p1_006
0.489	0.078	0.078	1	p1_007
11.569	0.564	0.564	1	p1_008
4.236	0.125	0.125	1	p1_009
5.278	0.189	0.189	1	p1_010
9.954	0.368	0.368	1	p1_011
12.562	0.654	0.654	1	p1_012
7.796	0.269	0.269	1	p1_013
0.482	0.089	0.089	1	p1_014
8.458	0.389	0.389	1	p1_015
13.245	0.795	0.795	1	p1_016

그림 4. 라인피처의 속성테이블

FID	Shape*	JID	JID	호실	명칭
0	Point	J004	J007	133	강의실
1	Point	J007	J009	131	강의실
2	Point	J008	J015	129	강의실
3	Point	J015	J016	135	시청각 강의실
4	Point	J018	J025	125	멀티미디어강의실
5	Point	J019	J026	137	시청각 강의실
6	Point	J026	J030	123	대학원 세미나실
7	Point	J028	J041	121	외국어교육센터 강의실
8	Point	J031	J053	120	영어교수연구실
9	Point	J035	J059	118	멀티미디어 강의실

그림 5. 포인트피처의 속성테이블과 MDB

### ■ 3D-GIS 네트워크 모델링

네트워크 모델링된 라인피쳐를 각각 오브젝트로 생성하여 3D 모델에 포함시키고 2D-GIS 네트워크 모델의 라인피쳐와 동일한 ID 값을 부여하였다. <그림 6>은 3차원 상에서 오브젝트화 된 네트워크 모델을 표현해주고 있다.

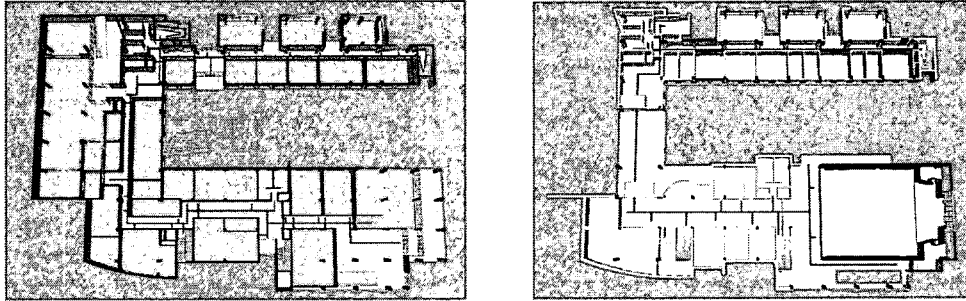


그림 6. 3D-GIS 네트워크 모델링

### 4.4 적용결과

건물내부의 이동경로를 추출하는데 있어 가상의 시나리오를 만들어 각 상황의 경로를 추출하고 3D 네트워크 모델에 표현해 보았다. 첫 번째는 시작점과 도착점을 입력해서 최단경로를 추출하였으며 두 번째는 화재가 일어났다는 가정 하에 화재발생지점과 건물 내 모든 출구를 선택한 후 현 위치에서 가장 가까운 출구를 찾아내는 네트워크 분석을 실시하고 추출된 이동경로를 3D 네트워크 모델에 표현하였다.

### ■ 두 지점간의 이동경로 표현

시작점과 도착점을 입력하여 네트워크 분석을 통해 <그림 7>과 같이 최적의 경로가 추출되고, 3D 모델에서는 <그림 8>과 같이 해당경로가 표시된다.

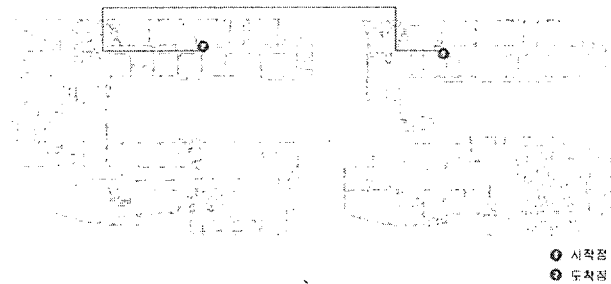


그림 7. 네트워크 분석결과

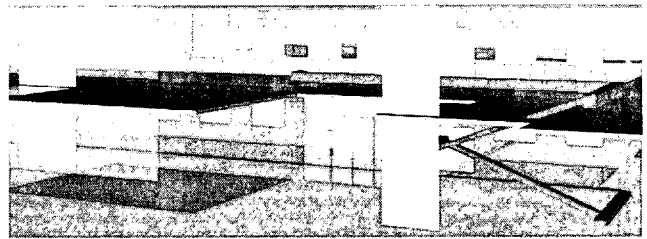


그림 8. 3D 모델에서의 경로표현

### ■ 화재발생시 가장 가까운 출구까지의 경로

화재발생지점, 출구, 현지점을 입력하여 네트워크 분석을 통해 <그림 9>와 같이 가장 가까운 출구까지의 경로가 추출되고 <그림 10>과 같이 3D 모델에서 해당경로가 표시된다.

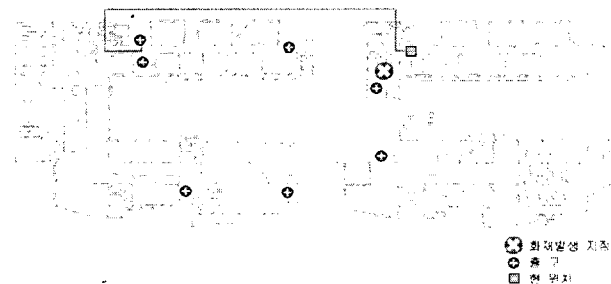


그림 9. 네트워크 분석결과



그림 10. 3D 모델에서의 경로표현

## 5. 결론

현재까지 연구되어 온 3차원 모델은 주로 건물 외부 시각화를 위한 것으로, 내부공간의 분석과 공간 질의 등 3차원 공간분석에 있어 한계가 존재해 왔다. 이에 본 연구에서는 3차원 모델에 이러한 공간분석기능을 부여하기 위한 하나의 방안으로 네트워크 모델을 3차원 모델에 적용하는 과정을 제시하였다. 2차원 GIS 네트워크 모델과 3차원 네트워크 모델의 연동을 통해 3차원 모델에서 네트워크 기반의 경로 분석과 탐지기능을 가능하게 하여 건물 내부에 대한 공간정보의 활용성을 확대시킬 수 있었다.

그러나 분석값의 신뢰성을 높이기 위해서는 네트워크 경로분석의 다양한 알고리즘을 비교 분석하여 우수한 알고리즘을 도출하고, 네트워크 모델링 과정에서는 객체 요소들의 속성값 입력 및 위치적용에 있어 3차원의 공간적 특성을 충분히 반영해야만 할 것으로 보인다.

## 참고문헌

- 강정아, 염재홍, 이동천(2005), "CAD도면을 이용한 건축물 내부 공간의 3차원 GIS 네트워크 모델링", 한국측량학회지 제23권 4호, pp. 375-384.
- 김병화 (2005), 건물 내부공간에서의 Raster GIS기반 최적경로 탐색에 관한 연구, 석사학위논문, 서울시립대학교.
- 안기원 (2003), 3차원 GIS 적용을 위한 가상공간 데이터베이스 구축, 한국측량학회지, 한국측량학회, 제 21권, 제1호, pp. 53-60
- Halla, N., Brenner, C. and Anders, K., (1998), 3D Urban GIS from Laser Altimeter and 2D Map Data, ISPRS Commission III Symposium on Object Recognition and Scene Classification from Multispectral and Multisensor Pixels, Columbus, Ohio, pp. 339-346.
- Lewis, R. and Sequin, C., (1998), Generation of 3D Building Models from 2D Architectural Plans, Computer-Aided Design, Volume 30, Issue 10, September 1998, pp. 765-779.
- Pu, S. and Zlatanova, S., (2005), Evacuation Route Calculation of Inner Buildings, PJM Van Oosterom, S Zlatanova & EM Fendal(Eds.), Geo-information for Disaster Management, Springer Verlag, Heidelberg, pp.1143-1161.
- Vosselman, G. and Dijkman, S., (2001), 3D Building Model Reconstruction from Point Clouds and Ground Plans, Internatinal Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. 34, Part 3/W4, October 22-24, Annapolis, MA, USA, pp.37-44.