

## 3D GIS를 위한 3차원 구조화 및 처리기술 분석

### Analysis of 3D Data Structuring and Processing Techniques for 3D GIS

구흥대<sup>1)</sup> · 정동기<sup>2)</sup> · 유환희<sup>3)</sup>

Koo, Heung Dae · Chung, Dong Ki · Yoo, Hwan Hee

<sup>1)</sup> 경상대학교 대학원 도시공학과 석사과정(E-mail : koo11010@hanmail.net)

<sup>2)</sup> 경상대학교 대학원 도시공학과 석사과정(E-mail : 1bigstone1@naver.com)

<sup>3)</sup> 경상대학교 건설공학부 도시공학전공 교수(E-mail : hhyoo@nongae.gsnu.ac.kr)

#### Abstract

Lately, 3D GIS begins to be widely used in many application fields. In this research, we proposed a survey and analysis result of research trends for 3D GIS technologies-acquisition of 3D spatial data, 3D features structuring, 3D visualization, data query, and transmission etc. The result is expected to give the helpful information for constructing research road-map on development of 3D GIS technologies.

## 1. 서론

최근 정보화 시대를 맞아 보다 차별화 되고 향상된 정보를 요구하며 현실성있는 기술 정보가 필요하게 되었다. 3차원 공간정보는 각종 시설물의 위치를 평면이 아닌 공간 개념으로 DB화 하여 입체적으로 시물레이션할 수 있다. 이러한 3차원 공간정보를 구축하기 위하여 3차원 지형정보를 취득하고 이를 3차원 모델로 구조화하기 위한 연구가 필요하다.

지금까지 항공에서의 자료취득은 항공사진측량방법을 가장 많이 사용하여 왔으나, 최근 고해상의 상업용위성이 출현하면서 고해상 위성영상의 이용에 대한 관심이 높아지고 있다. 그러나 아직 위성영상은 항공사진에 비해 해상력이 낮고 관측시기도 자유롭게 선택할 수 없어서 그 활용이 광범위하게 이용되고 있지는 못한 실정이다. 항공사진측량기술은 최근 수치사진측량기술이 개발되면서 일부 자동화가 이뤄지고 있으나 아직 반자동화에 의한 3차원 위치자료를 취득할 수 있는 단계까지 발전하고 있다(Gruen 등, 1998). 또한 최근 국내에서도 많은 관심을 보이고 있는 레이저측량기술(LIDAR)은 항공기를 이용해 정밀한 DSM(Digital Surface Model)을 생성할 수 있어서 3차원 국토정보를 생성하는데 매우 중요한 역할을 할 수 있는 기술로 주목 받고 있다(김형태, 2000; 김형태 등, 2002). 그러나 LIDAR기술에 의해 얻어지는 정보는 항공사진과는 달리 텍스처자료를 얻을 수 없어서 항공사진을 이용하거나 LIDAR관측용 항공기에 디지털카메라를 탑재하여 별도로 텍스처를 취득하는 과정과 아울러 고해상 영상의 그림자 지역이나 폐색영역은 DEM생성이 불가능한 지역으로서 LIDAR시스템에서 생성된 자료를 상호 융합하는 멀티센서자료 융합기술 개발도 필요하다.

따라서, 본 연구에서는 3D GIS를 구축하는 데 있어, 3차원 위치정보 취득기술과 정확도 분석, 3D 구조화 기술과 구조화 과정, 3D 표현 및 전송기술과 공간검색 기술을 조사 분석함으로써 3D GIS를 위한 효율적인 3차원 구조화 구축 및 활용방안을 제시하고자 하였다.

## 2. 3차원 지형정보 취득기술 현황

3차원 지형정보 취득기술은 3차원 GIS을 구축하기 위하여 다양한 매체를 통하여 공간 데이터를 새롭게 취득하기 위한 기술로, 현재 3차원 공간정보는 고해상도의 영상자료, 고정밀의 DEM 자료, 이들 자료들을 처리하여 추출된 벡터 자료나 포인터 자료, 수치지도와 같은 벡터 자료에서 추출한 등고선 자료나 지물자료 등을 통하여 취득하고 있다. 3차원 구조화를 위한 위치정보는 항공 레이저측량, 항공사진측량, 고해상 위성영상으로부터 정보를 취득할 수 있다. 이들 방법은 서로간의 장점과 단점이 있으나 상호 장점을 이용하여 단점을 보완하는 방법을 택하는 것이 필요하다. 그림 1은 다양한 매체를 통한 3차원 자료 취득 기술을 보여주고 있다.

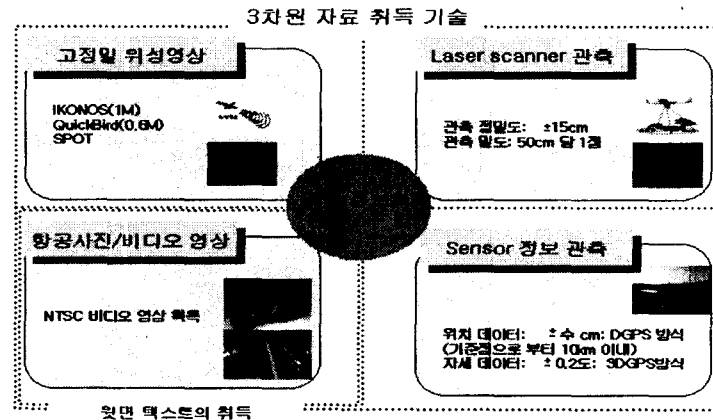


그림 1. 3차원 자료 취득기술 개요

### 2.1 고해상 영상 취득 기술

지금까지 항공에서의 자료취득은 항공사진측량방법으로 주로 이루어 졌으나, 최근 고해상 위성영상이 출현하면서 고해상 위성영상의 이용에 대한 관심이 높아지고 있다. 인공위성 영상을 이용한 고해상 영상취득은 주로 1m 공간해상도의 IKONOS 영상이나 0.6m 해상력을 가진 QuickBird 위성영상을 통하여 이루어지고 있으며, 기하학적 모델링을 통하여 3차원 위치결정이나 3차원 공간정보의 기초 DB 구축에 필수자료로 활용되고 있다. 따라서, 인공위성의 촬영 고도나 센서의 해상도를 고려할 때, 해상도 60cm 이하의 정교한 대축척 영상을 항공촬영기법을, 그 이상의 해상도에는 인공위성 영상을 활용하는 것이 고려되어야 할 것으로 판단된다.

### 2.2 고정밀 DEM 취득 기술

고정밀 DEM을 취득할 수 있는 기술로서 최근 국내에서도 많은 관심을 보이고 있는 레이저측량기술(LIDAR)은 항공기를 이용해 정밀한 DSM(Digital Surface Model)을 생성할 수 있어서 3차원 GIS를 구축하는데 매우 중요한 역할을 할 수 있는 기술로 주목 받고 있다. 그러나 LIDAR기술에 의해 얻어지는 정보는 항공사진과는 달리 텍스트자료를 얻을 수 없어서 항공사진을 이용하거나 LIDAR관측용 항공기에 디지털카메라를 탑재하여 별도로 텍스트를 취득해야 한다.

인공위성에 탑재된 센서를 이용하는 방법으로 고해상의 스테레오 위성영상을 취득하여 위성센서 모델링을 수행하고 영상정합과정을 통하여 격자해상도에 따라 DEM을 취득할 수 있다. SAR 또한 광역의 DEM을 취득할 수 있으나 해상도 한계로 인하여 고정밀 DEM 취득에는 적합하지 않다. 최근에는 MMS(Mobile Mapping System)에 Laser scanner를 GPS, INS와 탑재하여 LiDAR나 고해상 위성영상으로 생성이 불가능한 복잡한 도심지역에 대하여 정밀 DEM

이나 지형 DEM 취득에 효과적으로 활용하고 있다.

### 2.3 지형·지물 취득 기술

일반적으로 고해상 영상이나 고정밀 DEM에서 지형지물을 취득하기 위해서는 영상 이진화, 히스토그램 분석, LoG 연산자나 Hough 변환을 이용한 벡터 추출 등 다양한 영상처리 기법이 적용되고 있다. 그러나, 고해상 영상이나 고정밀 DEM으로 취득하기 어려운 그림자나 폐색영역, 조밀한 도심지역의 지형지물 취득에는 이미 구축된 벡터자료를 활용해야만 한다. 반면, 수치지도의 미 구축지역이나 변화가 심한 지역은 MMS나 LIDAR를 통하여 수시로 지물 자료를 구축할 수도 있다.

### 3. 3차원 지형정보취득 기술 정확도 분석

표 1. 취득기술 정확도 분석

분류	플랫폼	정밀도			평가 기준
		1m 이하	1~10m	10m 이상	
SAR	인공위성			██████████	점(point) 밀도
	항공기		██████████		점(point) 밀도
레이저 스캐너	항공기		██████████		점(point) 밀도
	차량	██████████			점(point) 밀도
	지상 설치	██████████			점(point) 밀도
영상(Imagery)	인공위성		██████████		영상 해상도
	항공기		██████████		영상 해상도
	차량	██████████			영상 해상도
	도보로 이동	██████████			영상 해상도
선형 CCD 센서 (Linear array sensor)	인공위성		██████████		영상 해상도
	항공기		██████████		영상 해상도
	차량	██████████			영상 해상도
비디오	항공기		██████████		영상 해상도
	차량	██████████			영상 해상도
기존 도면 (CAD 자료, 지도)		██████████			

### 4. 3차원 구조화

#### 4.1 지물의 3차원 구조화 기술

레이저 항공측량으로 취득된 DEM 데이터는 정밀도가 우수하고 데이터 취득면에서 유리하지만 과도한 데이터 처리와 복잡한 정제과정, 3차원 모델 맵핑에 직접적으로 활용할 수 없으므로 본 연구에서는 고해상 영상, 수치지도와 레이저 항공측량 데이터를 동시에 활용하여 지상 시설물 정보만을 취득 분석하고 이를 박스(wireframe)형태로 모델링함으로써 궁극적으로 지상시설물에 대한 3차원 모델을 구조화하는 방법을 제시하고자 한다. 이 과정에서 다양한 자료원의 기준좌표계가 다를 경우 좌표계 통일을 고려해야 한다. GPS인 경우 WGS84를 사용하고 있으며, 수치지도인 경우 Bessel 타원체에 기준을 두고 있으므로, 점차적으로 한국지구중심좌표계(KTRF)의 기준을 따르도록 해야 한다. 즉, 지구 형상인 경우 Bessel타원체에서 GRS80 타원체로, 지리학상 위치인 경위도는 ITRF94로의 변환이 필요하다. 또한, 현실에 가까운 시각 정보를 제공하기 위하여 고해상의 비디오 자료나 항공사진자료를 3차원 모델 벽면에 각각 중첩시키는 텍스처 기술이 필요하다. 그림 2는 건물에 대한 3차원 구조화 과정을 나타내고 있

다.

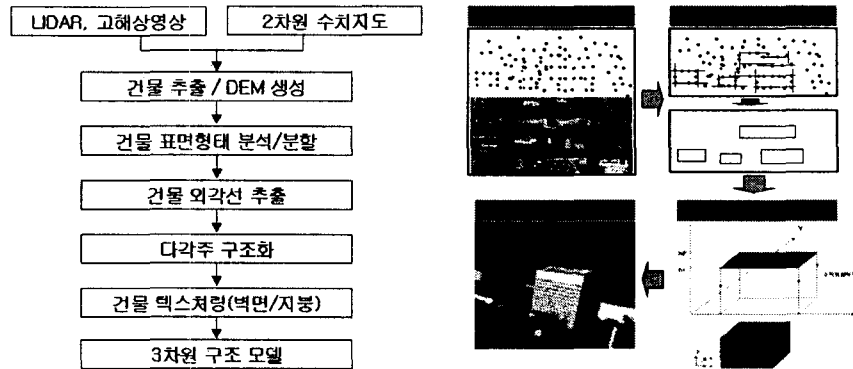


그림 2. 건물 구조화 구축 과정

#### 4.1.1 건물 추출 및 DEM 생성

DEM 자료 추출은 수치지도로부터 추출하는 방법, 고해상 위성이나 항공사진으로부터 추출하는 방법, LIDAR시스템을 통하여 추출하는 방법 등이 고려될 수 있다.

지상에는 다양한 형태의 자연지물과 시설물이 존재하여 개별 건물이나 수목 등의 경계정보가 불명확하기 때문에 레이저 측량데이터만으로 각각의 시설물 정보를 취득하는데 어려움이 있으므로 수치지도의 건물 레이어로부터 추출된 건물정보와 레이저 측량 데이터와 비교하여 건축물에 해당하는 DEM 정보를 추출할 수도 있다.

#### 4.1.2 건물 육상형태 결정

지상 건물 지붕면은 대부분 평면 형태로 볼 수 있으나, 블록하거나 오목하게 경사진 돔 형태나 일정 높이의 턱을 가진 형태 등 다양하게 존재할 수 있으므로, 가우스 곡률 기법을 이용하여 건축물 지붕 형태 정보를 취득한다.

#### 4.1.3 건물 외곽선 정보 추출

레이저 측량 데이터로부터 건물의 외곽선 정보를 취득하기 위해 Hough 변환을 이용하여 건물 DEM의 경계선 형태(Boundary)의 점 데이터로부터 건물외곽선에 대한 직선을 추출한다. Hough 변환은 2차원의 x, y 직각좌표계 공간상의 임의의 점을 Hough 공간상으로 변환하고, 그러한 점을 통과한 직선 중에 가장 빈도가 높은 직선을 추출하는 기법으로, 영상처리 분야에서 비교적 계산량이 적으면서도 효과적으로 경계점을 추출하기 위한 수법으로 알려져 있다. 이렇게 Hough 변환된 점들은 Hough 공간에서 균일하게 분포되고, 빈도가 높은 값을 가진 직선을 어떤 건물을 나타내는 외곽선 정보로 인식하게 된다. 결국 Hough 변환을 통해 추출된 직선들을 교차시켰을 때 형성하는 일정 크기 이상의 폐색영역을 건물의 외곽선으로 추출하게 된다 (Brunn, 1998).

#### 4.1.4 다각주 구조화를 통한 3차원구조모델 구축

건물 DEM으로 추출된 건물의 외곽선 점들은 각 점들에 대한 높이 정보를 가지고 있으므로, 추출된 외곽선의 높이는 DEM 데이터의 평균값으로 계산된다. 이 추출된 건물 외곽선에서 수직방향으로 투영시켜 wireframe 구조로 된 박스형태의 3차원 모델을 취득할 수 있다.

#### 4.1.5 3차원 모델 구축을 위한 지표면 구축

수치지도에서 추출한 건물 외곽선의 정보는 높이 정보를 가지고 있지 않기 때문에 건물의 높이 정보는 LIDAR나 고해상의 스테레오 영상에서 수치사진측량 기법에 의해 추출된 DEM

에서 취득하게 되며, 지표면의 높이 정보는 수치지도에서 등고선 자료를 추출하여 구축하게 된다. 레이저측량 데이터에서 추출된 건물 DEM의 외곽선 정보로부터 건물의 3차원 구조 모델을 구축하고, 수치지도에서 추출한 건물 외곽선을 이용하여 지표면 모델 상에 중첩하게 된다. 건물 지붕면의 높이 정보는 레이저 측량 데이터에서 취득 가능하고, 건물 바닥면의 높이는 수치지도에서 추출된 등고선 자료로부터 계산하게 되는 데, 이 때 바닥면 높이는 건물의 중심을 기준으로 바닥면이 수평이라는 가정이 필요하다.

## 4.2 텍스처링(Texture) 기술

### 4.2.1 텍스처링 과정

텍스처링 기술은 구조화된 3D 모델을 최대한 현실의 모습에 가깝게 표현하기 위하여 칼라 항공사진, 지상촬영 영상, 비디오 항공촬영 영상으로 모델의 내외부에 텍스처 맵핑(texture mapping)하는 과정으로 3차원 모델 표면에 실제의 질감을 부여하여 현실감을 주기위한 기술이다. 지형과 같은 주로 광역적인 텍스처링에는 항공촬영 영상이 주로 활용되고, 건물 등의 인공적인 지형지물에 대해서는 지상에서의 디지털 카메라 영상이나 비디오 촬영 영상을 활용하게 된다. 텍스처 맵핑 과정은 먼저 텍스처할 영상을 현장에서 취득하여 취득된 영상의 기하학적 보정과 장애물 처리 등의 가공과정을 거쳐 건물에 대한 텍스처를 추출하여 템플릿으로 저장한 후, 텍스처 맵핑시 이 저장된 템플릿을 미리 구축된 3D 모델에 맵핑하게 된다(Ueda 등, 1999; 건설교통부, 2003).

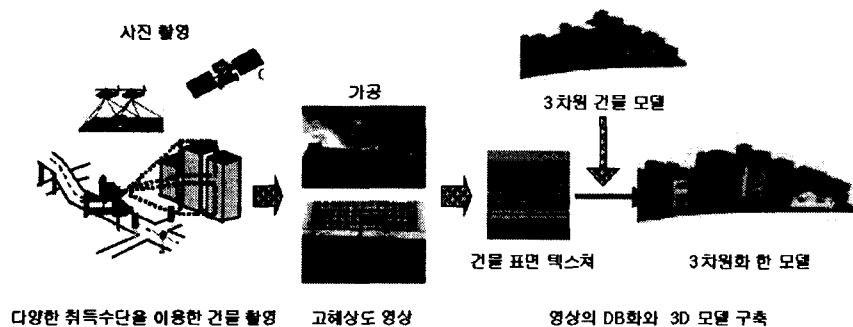


그림 3. 3차원 건물 텍스처링

### 4.2.2 텍스처링 과정시 고려사항

#### 1) 텍스처 보정

실제 촬영과정에서 카메라의 광축방향과 벽면이 수직으로 교차하는 최적의 조건에서 영상이 취득되기가 어려우므로 각 프레임마다 왜곡이 발생하게 되고 그 보정량도 달라진다. 따라서, 촬영조건에 따라 발생하는 왜곡량을 기하학적으로 정확하게 보정하기 위한 모델식 개발이 필요하다.

#### 2) 장애물 제거

텍스처링 과정에서 3차원 모델의 외형이 아닌 부분 즉, 건물을 가로막고 서 있는 나무나 가로등, 사람들은 제거해야 할 필요성이 있다. 이 과정은 주로 수동작업으로 이루어지고 있으며, 많은 노력을 필요로 한다. 그림 5는 텍스처링할 건물 앞에서 서 있는 장애물을 제거하는 그림을 보여주고 있다.

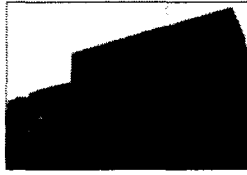


그림 4. 텍스처 보정

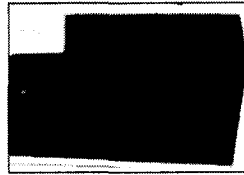


그림 5. 장애물 제거

### 3) 음영과 반사를 고려한 밝기값 조정

동일 벽면내의 텍스처의 밝기값이 달리 표현되는 경우가 발생하는 데, 이는 음영과 일조의 차이, 빛의 반사 때문이다. 이러한 텍스처 밝기값 조절을 위하여 히스토그램 분석을 통한 밝기값 조정 등의 전처리 과정이 필요하다. 그러나, 다수의 영역의 밝기값을 전체에 적용하는 단순 밝기값 조정은 세밀한 부분의 텍스처 정보 즉, 창틀이나 벽의 모양 등의 실제 정보가 제거될 가능성이 있으므로 주의해야 한다.

## 5. 3차원 모델의 표현/전송 기술

표현 및 전송기술은 3 차원 GIS 서비스와 GIS 데이터를 시각적으로 보다 현실감 있는 3차원 공간데이터로 표현하여 필요한 이용자에게 효율적으로 전송하기 위한 기술이다.

효율적인 화면 표현을 위한 고속 스크롤 기술은 3 차원 모델이 시점 이동 등이 발생했을 때 화면이 자연스럽게 변화하기 위한 기술이며, 데이터 압축 기술은 전체 데이터 전송량을 최소로 하는 것으로 데이터 범위 제한이나 데이터 경량화 기술 등이 포함된다. 고속데이터 전송기술은 전송 대상 데이터량을 부분적으로 줄이거나 순서를 변경하는 등 이용자 대기시간을 줄이기 위한 기술이다. 이러한 3차원 GIS 모델의 표현 및 전송 기술은 대체로 실용 단계에 있음을 표 2에서 확인할 수 있다.

표 2. 표현 전송 기술 개발 현황

기술 항목			현재 기술개발 상태		
			기초연구단계	개발 단계	실용 단계
표현	고속 스크롤	LOD			██████████
		다중 해상도			██████████
		이동중 화면 변화		██████████	██████████
전송	데이터 압축	다중 해상도			██████████
		데이터 압축		██████████	██████████
	고속 데이터 전송	3 차원 데이터 전송		██████████	██████████

표현기술 중 CG(Computer Graphics)에 관련된 항목으로는 자연광, 인공광 등 광학 조건이나 원/근경 표현기술과 관련된 환경조건 표현기술, 3 차원 GIS의 대상인 지형지물을 데이터로부터 3 차원 즉, 입체적인 형상으로 표현하는 형상 표현기술, 3 차원 GIS 데이터 형상을 현실적인 질감으로 표현하기 위한 렌더링 표현기술이 있다. 그림자 부분을 표현하는 셰이딩, 실제 영상을 표면에 그대로 중첩한 텍스처 맵핑, 범퍼 맵핑 등 렌더링 표현기술은 형상표현기술과 함께 3 차원 형상을 보다 현실감있게 표현하는 데 활용된다. 여기에 구름이나 연기와 같은 표면모델(surface model)로 표현하기 어려운 지물의 형상은 볼륨 렌더링 기술이 활용될 수 있으며, 대상이 이동하거나 변하는 경우에는 애니메이션을 활용하여 보다 생생하게 표현할 수 있다.

표 3. CG 분야 기술 개발 현황

기술 항목	현재 기술개발 상태			비 고
	기초 연구	개발 단계	실용 단계	
환경 표현	자연광		■	태양 광, 평행 광원,
	인공 광원		■	점광원, spot 광원(실내 공간), 면광원(형광등).
	물리 법칙 표현		■	물체의 충돌이나 낙하 등.
	원근감 표현		■	근/원경 표현
형상 표현	다각형		■	지물
	곡면		■	XVL, NURBS 등
	객체화(instance)		■	수목, 신호기 등, GIS에 의한 객체화
질감 표현	셰이딩		■	광학 조건, 확산 반사
	텍스처 매핑		■	대용량 자료시 메모리 부족 우려
	투과 매핑		■	투명/반투명 물체의 투과성 조작기술
	범퍼 매핑		■	지면 등의 요철 표현
렌더링	새도우 표현		■	지표 평면에서의 그림자
	포토 리얼리티 렌더링		■	
애니메이션	소립자		■	비, 연기 등
	질감 표현 기술		■	신호, 간판, 네온 등, 광원 애니메이션

3 차원 GIS의 활성화를 위하여 Web 환경에 있어도 GIS 서비스를 전개해 가는 것이 중요한 과제이며, 인터넷 환경에 있어서 서비스 실용화를 감안해야 한다. 또한, 단순한 3 차원 데이터의 표현에 머무르지 않고, 음성·영상 등 다양한 미디어를 통합한 방향으로 개발이 진행되어야 한다.

## 6. 3차원 공간검색 기술

GIS를 실제로 업무나 일상 생활에서 활용하기 위해서 공간 정보의 검색이나 연산, 가공, 분석 등의 처리 기술이 필수적이다. 3차원 공간 검색을 수행하기 위하여 우선 실세계에 존재하는 지물을 모델화한 후 공간 데이터베이스를 구축해야 한다. 이 공간 데이터베이스를 통하여 공간 정보의 검색이나 편집을 수행하며, 필요한 정보를 추출하여 시각적으로 처리 결과를 얻게 된다. 공간 검색 기술은 3 차원 공간의 방대한 데이터를 효율적으로 관리하기 위한 기술로서 3 차원 GIS내에서 공간 검색 기술은 검색 결과의 표시, 데이터의 분석이나 통합 등에 이용할 수 있다. 또한 공간 검색의 기술은 3 차원 공간 데이터에 대한 다양한 연산을 수행할 수 있어, 장소나 현재 지점 또는 도로에서 일정 거리 내에 있는 3 차원 공간 데이터를 검색하거나, 도시 공간내 한 지점에서 다른 지점까지의 최적 경로를 다양한 조건으로 탐색할 수 있다.공간 검색 기술 분석에 대하여 처리, 형상표현 방식, 데이터 구조 등에 대한 현재 기술개발 현황은 표 4와 같다.

2 차원 공간에서의 검색 처리기능은 실용 단계에 있으며 다양한 분석기능을 가진 상용 s/w도 시판되고 있다. 반면, 3차원 공간에서의 공간 검색에 관해서는 부분적으로 실용 단계에 있는 것도 있지만 아직 기술 개발단계에 머물고 있다. 공간 검색 기술에 기본이 되는 데이터 구조는 2.5차원, 3차원에서도 어느 정도 실용화되고 있으며 다양한 상용제품들이 출시되고 있다.

표 4. 공간 검색 기술 개발 현황

기술 항목		현재기술개발 상태			비고
		기초연구	개발단계	실용단계	
처리기능	검색 기능	■	■		
	분석 기능	■	■		
형상기술 방식	2.5 차원			■	
	3 차원		■		
데이터 구조	블록법			■	공간을 동일간격 메쉬로 분할, 메쉬별 데이터 관리
	R-Tree 구조			■	구축시간이 소요
	k-d Tree 구조			■	데이터를 2가지로 분할하면서 Tree 구조생성
	MD Tree 구조			■	Tree의 밸런스 성의 향상, 메모리 효율 향상을 위한 Tree 구조
	GBD Tree 구조			■	정적·동적 데이터의 양호한 관리위한 Tree 구조
	2 차원 Tree 구조			■	공간을 레이어로 분류 후 2 차원의 Tree 구조를 생성

## 7. 결론

본 연구에서는 3D GIS를 구축하는데 있어서 필요한 3차원 위치정보 취득기술, 3D 구조화 기술, 3D 표현 및 전송기술, 공간검색 기술 등을 외국의 연구 동향을 조사하여 분석한 결과를 제시하였으며 현재 국내 기술 현황을 조사하고 있다. 향후 3D GIS의 활용이 광범위하게 이뤄질 것으로 예상되고 있어서 이 분야의 기술동향과 수준을 분석하는 것은 연구개발 로드맵을 수립하는데 많은 도움을 줄 것으로 생각된다.

## 참고문헌

- 건설교통부(2003) 3차원 공간정보구축 추진계획 수립연구.
- 김형태(2000) GIS 건물레이어 자동구축을 위한 LIDAR 데이터와 항공사진의 융합, 서울대학교 대학원, 박사학위 논문.
- 김형태, 심용운, 박승룡, 김용일(2002) LIDAR 데이터를 이용한 수치정사사진의 제작, 한국측량학회지, 제 20권 제 2호, pp.137-143.
- Brunn, A. and Weidner, U. (1998) Hierarchical Bayesian nets for building extraction using digital surface models, *ISPRS Journal of Photogrammetry*, pp. 296-307.
- Gruen, A. and Wang, X. (1998) CC-Modeler: a topology generator for 3D city models, *ISPRS Journal of Photogrammetry*, pp. 286-295.
- Ueda, M., Tokumaru, K. and Sibasaki, R.(1999) 3D Modeling of Urban Landscape for Monsoon Asia, *Urban 3D*, pp. 95-101.