

석사학위논문  
지도교수 이기원

다중환경에서의 Open Graphic  
API를 이용한 3차원 공간정보 시스템  
설계 및 구현

Design and Implementation of 3D geo-spatial Information  
System using Open Graphic API based on  
Multi-Operation System

2006년 12월 일

한성대학교 일반대학원

정보시스템공학과

정보시스템전공

김 승 엽

석사학위논문  
지도교수 이기원

다중환경에서의 Open Graphic  
API를 이용한 3차원 공간정보 시스템  
설계 및 구현

Design and Implementation of 3D geo-spatial Information  
System using Open Graphic API based on  
Multi-Operation System

위 논문을 정보시스템공학 석사학위논문으로 제출함

2006년 12월 일

한성대학교 일반대학원

정보시스템공학과

정보시스템전공

김 승 엽

김승엽의 공학석사학위논문을 인정함

2006년 11월 일

심사위원장 김 남 윤 

심사위원 이 기 원 

심사위원 남 두 희 

## < 제 목 차 례 >

제 1 장 서 론 .....	1
제 1 절 연구 배경 및 필요성 .....	1
1. 연구 배경 .....	1
2. 연구 필요성 .....	2
제 2 절 연구 내용 및 목적 .....	3
1. 연구 내용 .....	3
2. 연구 목적 .....	4
제 2 장 관련 연구 .....	6
제 1 절 개발환경 .....	6
1. 다중환경의 개발환경 .....	6
제 2 절 Open Graphic API .....	8
1. Stand-alone환경에서의 API .....	8
2. Mobile환경에서의 API .....	10
제 3 절 Image Processing .....	13
제 4 절 Stereoscopic Methods .....	15
제 3 장 설계 및 구현 .....	18
제 1 절 시스템 설계 .....	18
1. 시스템 설계 .....	18

2. 시스템 UI(User Interface) .....	21
제 2 절 시스템 구현 .....	24
제 3 절 결과 예시 .....	27
1. Desktop PC에서의 결과 화면 .....	27
2. PDA에서의 결과 화면 .....	29
3. 다중 환경에서의 3D 공간정보 공유 .....	31
제 5 장 결론 및 향후 연구 .....	32
참 고 문 헌 .....	34
ABSTRACT .....	38

## <표 차례>

표 1. 표준 모바일 3D 그래픽 API .....	11
표 2. 테스트 기기의 Specification .....	13
표 3. 파일 시스템을 이용한 데이터 타입의 구조 .....	19

## <그림 차례>

그림 1. 개발환경 및 운영환경 .....	7
그림 2. 표준 공개형 그래픽 API .....	8
그림 3. OpenGL rendering pipeline .....	9
그림 4-1. 전통적인 LOD(Level Of Detail) 기법 .....	14
그림 4-2. Image tiling 기법과 LOD 설계 구조 .....	14
그림 5. 입체영상을 위한 Anaglyph의 원리 .....	17
그림 6. Desktop PC 와 PDA에서의 시스템 구조 .....	19
그림 7. Desktop PC 와 PDA에서의 시스템 연계 .....	20
그림 8. PDA기기에서의 시스템 흐름도 .....	20
그림 9. Desktop PC에서의 사용자 인터페이스 .....	22
그림 10. 3D지형 가시화를 위한 PDA에서의 사용자 인터페이스 .....	22
그림 11. Mobile 환경에서의 3D GIS 사용자 인터페이스 .....	23
그림 12. 3D 지형을 생성하기 위한 프로세스 .....	25
그림 13. 건물 객체와 교통객체의 생성원리 및 결과화면 .....	25
그림 14. 알파블렌딩과 빌보드 기법을 적용하여 생성되는 식생 모델 .....	26
그림 15. Desktop PC에서의 렌더링 결과화면 : 지형, 건물, 도로, 식생을 이용한 도시경관 .....	27
그림 16. Desktop PC에서의 렌더링 결과화면 : Anaglyph 적용한 도시경관 .....	27
그림 17. Desktop PC에서의 렌더링 결과화면 : Anaglyph 기법을 적용한 3D 지형 .....	28
그림 18. PDA에서의 렌더링 결과화면: (A)여의도 지역 (B)그림(A)의 사각형 지역을 확대 .....	29
그림 19. PDA에서의 렌더링 결과화면: 3D기본 primitive를 이용한 복합 빌딩 객체 .....	29

그림 20. PDA에서의 렌더링 결과화면 : (A)3D지형과 vector의 중첩 (B)3D 지 형과 건물 (C)3D지형에서의 현재 위치 .....	30
그림 21. PDA에서의 렌더링 결과화면 : Anaglyph 적용된 결과 화면 .....	30
그림 22. 3D 공간정보 공유 : 동일한 정보를 desktop PC에서 가시화 .....	31
그림 23. 3D 공간정보 공유 : 동일한 정보를 PDA에서 가시화 .....	31

그림 20. PDA에서의 렌더링 결과화면 : (A)3D지형과 vector의 중첩 (B)3D 지 형과 건물 (C)3D지형에서의 현재 위치 .....	30
그림 21. PDA에서의 렌더링 결과화면 : Anaglyph 적용된 결과 화면 .....	30
그림 22. 3D 공간정보 공유 : 동일한 정보를 desktop PC에서 가시화 .....	31
그림 23. 3D 공간정보 공유 : 동일한 정보를 PDA에서 가시화 .....	31

# 제 1 장 서 론

## 제 1 절 연구 배경 및 필요성

### 1. 연구 배경

지리정보체계(Geographic Information System : GIS)는 지구상에서 발생하는 시·공간상의 제반현상들과 지형·지물의 기하정보 및 속성 정보를 결합하여 컴퓨터를 통해 입력 저장하고, 그러한 정보들을 검색, 갱신 및 처리, 분석함으로써 사용자가 요구하는 정보를 제공하는 정보 시스템이며 의사결정 지원체계이다.[1] 1995년에 범정부적으로 추진되었던 국가지리정보체계(NGIS) 사업은 GIS 범주에 해당하는 전국의 대부분의 지리정보들을 구축하였고, 현재 그 정보들을 바탕으로 정부 및 민간기업 뿐만 아니라 일반 사용자에게까지도 널리 사용되어 지고 있다.

21세기 정보화 시대가 도래되면서 2차원 공간정보 보다 향상된 3차원 공간정보가 요구되기 시작하였다.

3차원 공간정보는 우리가 살고 있는 실세계를 2차원의 평면으로 일반화·추상화 하는 것이 아닌 실사와 유사하게 표현하고 이를 관리할 수 있는 정보를 말한다. 이는 2차원 공간정보의 한계를 뛰어넘어 3차원으로 이루어진 실세계 정보를 보다 사실적으로 제공하고, 우수한 시안성과 분석기능을 가능하게 한다. 이러한 3차원 공간정보는 h/w, s/w, IT(Information Technology)기술의 급성장으로 인하여 표현 및 관리할 수 있는 인프라가 대거 구축되어짐에 따라 이를 위한 보다 효율적이고 유용한 연구가 진행되고 있는 상황이다.

정부 부처 및 민간 기업에서는 u-korea, 전자정부, 유비쿼터스, LBS, telematics 등에 대한 정보시스템을 구축 하고 있으며, 이와 같은 정보 시스템의 기반으로 3차원 공간정보가 더욱 필요하게 되었다.[2] 또한 이동통신의 고도화와 인공위성 기술의 발달과 더불어 RS(Remote Sensing)-GIS분야와 mobile 환경의 활용범위가 날로 발전하게 되고, 이에 따라 유용한 소프트웨어의 개발도 급속하게 진행되고 있는 상황이다. 그 예로 네트워크 환경을 기반으로 한 실시간 mobile RS-GIS, 기존의 2차원 영상정보 및 공간정보를 활용, 영상 DB/공간 DB 스키마 설계, 3차원 GIS 공간정보 처리 및 가시화 등과 같은 3D-GIS의 응용 분야에서 주로 연구가 진행되어 지고 있다.

## 2. 연구 필요성

3D GIS는 u-Korea, 전자정부, 유비쿼터스, LBS등의 기반 인프라 및 3차원 그래픽 처리기술, 가상현실 기술 등의 종합적으로 적용되는 고부가가치 통합 기술[1]로 필요성이 날로 부각되고 있다. 현재 3차원 공간정보를 기반으로 하여 다양한 분야의 정보를 활용하기 위하여 처리 분석 방법과 이를 위한 응용 프로그램에 대한 관심이 증대되어지고 있는 가운데 이와 관련된 연구가 활발히 이루어지고 있다.

그러나 활발한 연구에도 불구하고 3D GIS는 그 개념 및 이론의 정의를 내리기에는 아직 부족한 사항이 많은 분야라 할 수 있다. 국내의 경우 몇몇 지방자치단체나 유사관련 기업에서 상업성을 바탕으로 필요한 3차원 공간정보를 구축한 사례가 있을 뿐, 아직 까지 명확하게 완성도 있는 구축사례 및 기술력을 인증 받지 못한 실정이다.

따라서 우선 3D GIS의 다양한 prototype 설계 및 구현을 통한 테스트가 선행되어 하며, 이와 관련된 연구를 통하여 3D GIS분야를 정립해

나가야 할 것이다. 또한 이동통신의 발달과 임베디드 시스템의 발전으로 인하여 각광 받는 mobile GIS와 web GIS 분야에도 3차원 공간정보를 적용 및 활용하는 연구가 동시에 이루어져야 할 것이다.

휴대용 단말기를 이용하여 다양한 정보 콘텐츠를 제공하고 활용하는데 요구되는 기술적 수요가 증대하고 있지만, 3차원 GIS 공간정보나 지형정보를 효과적으로 제공하는 solution은 아직 상업적으로 발표된 경우가 거의 없고, PDA의 사용자들이 증가함에 따라 GIS 공간정보를 mobile환경에서 활용하고자 하는 많은 연구가 이루어지고 있는 바, 2D의 공간정보에 비하여 많은 장점을 제공하는 3D 공간정보의 사용자 요구가 증대되고 있는 이유가 바로 그것이다. 그리고 국내에서는 3D 컴퓨터 그래픽스, GIS&RS, mobile, web 등의 개별적인 기술력은 뛰어나지만, 이를 통합적으로 처리하는 s/w모듈 개발 및 활용 사례는 기술 융합에 대한 어려움으로 대단히 미흡한 실정이다. 특히 mobile GIS, web GIS분야에서의 3차원 공간정보를 활용한 s/w모듈이나 기술개발 인력은 매우 미미하다

따라서, 다양한 환경에서 GIS&RS의 공간정보를 활용하고, 이를 처리할 수 있는 3D 처리모듈, 대용량 공간정보 처리모듈 등의 기술개발은 종합적인 관점과 자체 시험 검증으로 문제점을 해결하기 위한 중요한 기술적 도구가 될 것이다.

## 제 2 절 연구 내용 및 목적

### 1. 연구내용

본 연구에서는 desktop PC환경과 모바일환경에서의 3D-GIS의 prototype을 OpenGL과 OpenGL|ES 기반을 바탕으로 설계하여 이를

구현하였고, 3D 자료구조간의 연계성 및 호환성과 복합 질의 처리가 가능한 3D-GIS로의 확장 가능성 또한 제시하였다.

연구 기반 환경은 OpenGL API를 사용하여 Visual C++ MFC의 CDocument /CView framework 구조와 desktop PC(OS : windows XP)환경에서 stand -alone 방식으로 이를 구축하였고, OpenGL의 모바일 버전인 OpenGL|ES (Embedded System) API를 사용하여 EVC (Embedded Visual C++ 4.0), pocket PC(winCE)환경에서 이를 구축하였다. desktop PC에서는 성능에 중점을 두고 공간데이터베이스 설계, 이미지처리, 대용량의 3차원 공간정보 처리 및 관리, visualization등의 기능을 최적화 하였고, embedded device에서는 성능 보다는 휴대성에 중점을 두어 real-time mobile rendering · authoring system 설계 및 구현 과정을 통하여 제한된 공간의 모바일 단말기 상에서 desktop pc의 3D-GIS의 결과정보를 처리, 공유 및 연계가 가능토록 하였다. 그리고 각각의 시스템에 DEM, 고해상도 영상이미지 등의 실측 정보와 사용자로부터 생성되는 가상정보를 통합적으로 저작 및 가시화를 가능토록 하였다. 또한 anaglyph, image processing, LOD(Level of Details), image tiling, text processing 등과 같은 부가적인 모듈 등을 구현하였다.

## 2. 연구 목적

본 연구의 목적은 정립화 되어 있지 않은 3D GIS에 대하여 stand-alone 환경과 mobile환경에서의 다양한 prototype 설계 및 구현을 통한 테스트를 거친 3D GIS의 가능성과 2차원 공간정보보다 사실적이고, 분석이 용이한 3차원 공간정보의 구축 및 활용 기법에 착안하여 복합적인 3D 공간 질의 처리가 가능한 3차원 GIS의 관리, 분석 그리고 모바일 GIS에 접근하여 무한한 활용 가능성

을 검증하는데 있다. 구체적인 처리과정은 다음과 같다.

첫째, 다중환경에서의 3D 공간정보 처리: 제한된 자원과 환경을 제공하는 mobile환경의 architecture를 기반으로 이를 stand-alone환경에 확장하여 둘 간의 공유 및 연계성을 제공하고 3차원 공간정보를 처리할 수 있다. 또한 제한된 자원을 제공하는 PDA 단말상에서 대용량의 3D공간정보의 가시화 모듈을 개발하여 기능, 성능의 보완사항이나 제안사항을 도출하였다.

둘째, 3D 도시 경관 저작: 실측 DEM, 위성영상, 이미지를 이용하여 도시경관의 주요 객체인 지형, 건물, 교통, 식생 등을 3D로 저작 및 가시화 할 수 있는 모듈을 구현하였고, 이와 관련된 부가적인 기능 수행 및 테스트를 수행하였다.

셋째, 표준 3D그래픽 API 성능평가 : 3D 공간정보를 처리하기 위한 공개된 그래픽 API인 OpenGL, OpenGL|ES를 적용하여 대용량의 정보를 처리하기 위한 알고리즘, 컴퓨터 그래픽스에 입각한 성능향상을 위한 다양한 그래픽 처리루틴 개발 및 테스트 수행하였다.

넷째, 입체 가시화기법 적용 : 위성영상과 이미지에 3D입체영상을 만들기 위한 기법중 하나인 anaglyph방식을 접목하여 렌더링된 3D의 결과 화면을 입체적으로 가시화 할 수 있는 모듈을 구현하였다.

본 연구는 위의 4가지 특징을 중점으로 수행되었고, 컴퓨터그래픽스의 파이프라인에 입각한 그래픽 처리 모듈과 3D지형, 건물, 교통, 식생, 사용자 정의모델 등을 처리할 수 있는 부분적인 모듈과 통합적인 모듈 구현 및 테스트를 수행하였다.

## 제 2 장 관련 연구

3차원 공간정보는 2차원공간정보 보다  $z$ (고도)값을 요구한다.  $x$ ,  $y$ 의 2차원 데이터를 요구하는 2차원 데이터에 비하여 3차원 데이터는 보다 커질 수 밖에 없다. 이를 보다 빠르고 효율적으로 처리하는 것이 3D GIS에서는 필수 불가결하다. 또한 3차원 공간정보는 다양한 플랫폼, 즉 O/S에 제한 없이 사용되어야만 하고, stand-alone환경 뿐만 아니라 mobile 환경에서도 또한 운행가능 해야 한다. 따라서 본 연구에서는 stand-alone환경과 mobile환경에서의 3차원 공간정보를 저작 및 가시화 시스템을 설계 및 구현하였고, 이를 처리 하기 위하여 공개 그래픽 라이브러리인 OpenGL과 OpenGL|ES을 기반으로 객체 지향적 설계 중심으로 3D GIS 저작 및 가시화 시스템을 구현하고자 하였다.

### 제 1 절 개발환경

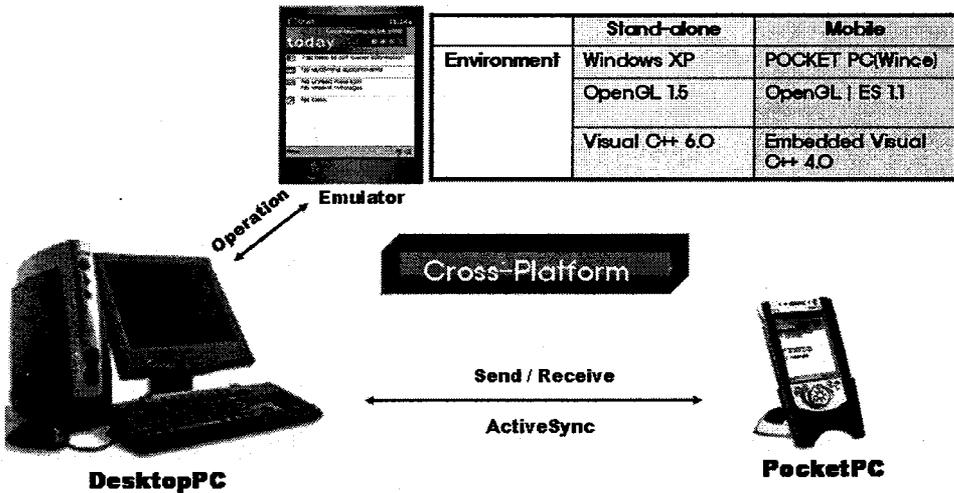
#### 1. 다중환경의 개발

본 연구에서는 desktop PC기반의 stand-alone환경과 PDA기반 mobile환경에서 동시에 3D GIS 시스템을 설계 및 구현하였다. [그림 1]은 전체 적인 개발환경 및 운영환경을 나타내고 있다. stand-alone환경은 windows XP기반에 OpenGL 1.5 버전 라이브러리를 사용하였고, 개발언어는 visual C++ 6.0을 사용하여 개발하였다.

또한, mobile 환경에서는 wince 4.0기반에 OpenGL 1.5 버전의 부분 합인 OpenGL|ES 1.1 버전을 사용하여 3D 그래픽 처리의 연계성을 가능하도록 개발하였다. 다중환경에서의 개발을 수행하기

위해 cross-platform간의 개발을 통하여 대부분의 작업은 desktop PC에서 수행되어 지고, 모바일 기기의 개발은 desktop PC의 emulator를 통하여 테스트 및 디버깅을 수행 후 해당 프로그램을 porting하는 방식으로 수행하였다. 또한 activesync를 이용하여 PDA 기기에 원하는 라이브러리를 복사 및 원격디버깅을 수행, desktop에서 직접 PDA를 접근하여 개발하는 방식을 사용 하였다.

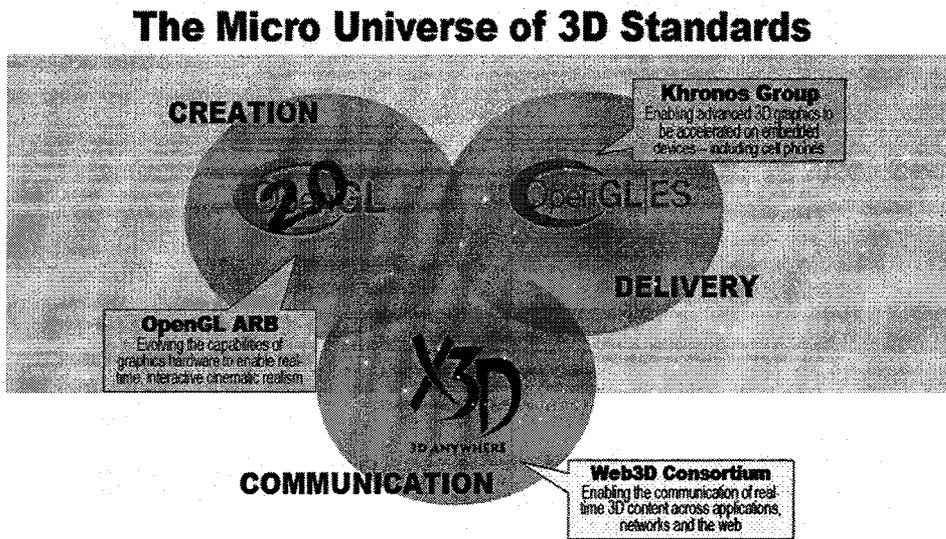
cross-platform은 이기종의 platform을 말하는데, 즉 desktopPC의 intel 계열의 cpu와 모바일 환경의 테스트기기인 PDA (HP-i4000, LGDMB PM80)의 ARM 계열의 cpu간의 개발환경을 말한다. desktopPC에서 모든 개발과 emulator를 통한 디버깅을 수행하고 테스트 후의 최종 결과물은 activesync를 이용하여 PDA에 전송, 이를 수행하는 구조이다.



[그림 1] 개발환경 및 운영환경

## 제 2 절 공개형 그래픽 라이브러리

현재 3D 그래픽 API로 제시된 표준화 API는 [그림 2]와 같이 OpenGL, OpenGL ES, X3D 등으로 구분되어 있으며 각각의 API는 개발 사양과 적용목적이 상이하다. 본 연구에서는 stand-alone환경에서는 OpenGL 1.5 버전을 사용하여 3차원 그래픽 처리를 수행했으며, mobile환경에서는 OpenGL ES 1.1버전을 사용하여 3D 그래픽을 처리하고자 했다.



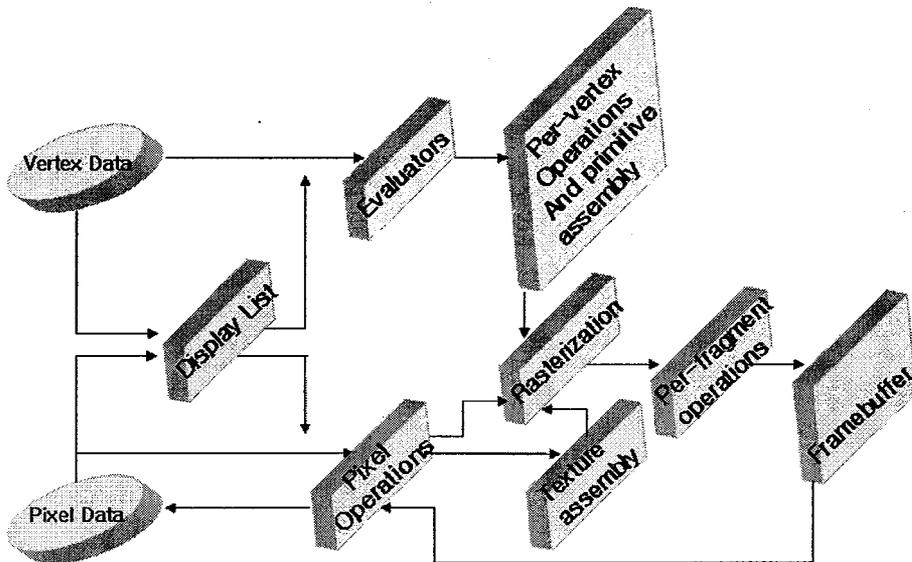
[그림 2] 표준 공개형 그래픽 API

### 1. Stand-alone환경에서의 API

3차원 공간정보를 표현·처리하기 위하여 그래픽 API인 OpenGL을 사용하고자 했다. 3차원 GIS 공간정보를 표현한 대부분의 경우는 internet 3차원 그래픽 언어인 VRML(Virtual Reality Modeling Language)과 개방형 그래픽 라이브러리인 OpenGL, 마이크로소프트에서 3D 게임 개발의 목적으로 제공되는 DirectX 계열의 API가 주로 사

용되어져 왔다. VRML은 세계 표준화된 규약으로 최근 공간정보를 다루는 확장형 모델인 Geo-VRML으로 확장되면서 이용하기 수월해 졌지만, 보안상 취약하고 대용량의 데이터를 다루는 GIS 분야에서는 한계가 있다. 또한 DirectX는 윈도우즈 운영 체제 환경에서의 직접적인 접근만을 제공하기 때문에 다양한 플랫폼에서의 3D-GIS 공간정보를 표현하지 못하는 단점을 가지고 있다. 따라서, 본 연구는 다양한 플랫폼에 독립적으로 사용 가능하고, 산업표준 그래픽 라이브러리로 인정받고 있는 OpenGL 그래픽 라이브러리를 기반으로 3D-GIS 렌더링 아키텍처를 설계하고자 한다.

OpenGL은 2차원 및 3차원 그래픽 이미지를 정의하기 위한 컴퓨터 산업계의 표준 응용프로그램 API로서, 다양한 하드웨어 플랫폼에서 구현될 수 있도록 간결하게 설계되었다. 또한 OpenGL은 강력한 저수준 렌더링 및 모델링 소프트웨어 라이브러리로 게임, CAD, 가상현실등 다양한 응용 프로그램들에서 사용되고 있다. 다음은 OpenGL에서 점, 선, 면의 기하학적인 3차원 공간정보 및 텍스처와 이미지같은 픽셀정보를 처리하여 디스플레이 되는 렌더링 파이프라인 구조이다.



[그림 3] OpenGL rendering pipeline

OpenGL 구현들은 [그림 3]의 처리단계를 통하여 화면에 렌더링 된다. 정점, 선, 폴리곤 등과 같은 기하학적 데이터들은 평가자 연산(evaluators)과 정점연산(pixel operations) 처리되고, 픽셀이나 이미지, 비트맵과 같은 픽셀 데이터는 픽셀 오퍼레이션을 통하여 처리된다. 다른 두 타입의 데이터들은 모두 래스터화(rasterization), 프래그먼트 연산을 거친 후 프레임버퍼(frame buffer)에 픽셀 데이터를 적어준다. 그 다음, 최종적으로 프레임버퍼에 저장된 정보는 화면에 디스플레이 된다.

OpenGL에서는 점, 선, 면의 기하 프리미티브만을 제공하는 저수준 렌더링 루틴만을 제공하고, 윈도우 관련작업과 사용자 인터페이스, 자료구조를 제공하지 않고 있다. OpenGL이 제공하는 기본적인 루틴과 GLU(OpenGL Utility Library), Glut (OpenGL Utility Toolkit), WGL 등의 하이레벨의 기능을 갖춘 라이브러리를 제공하여 지형, 건물, 도로, 다리등의 복잡한 모델을 표현할 수 있다. 또한 RGBA 디스플레이 모드를 사용하여 lighting, shading, blanding, anti-aliasing, fog, texture mapping등의 특수효과 기능을 제공하여 3차원 공간정보를 보다 사실적으로 표현 할 수 있다. 그러나 현재 Open-GL기반의 3D GIS 렌더링에 대한 연구는 자료구조의 부재, 시스템 부하에 따른 성능의 저하 등으로 그다지 많이 연구되지는 않고 있으며 산업계에서는 직접적인 그래픽 엔진의 개발이 주요 동향으로 되어 있다.

## 2. Mobile환경에서의 API

현재 모바일3D 그래픽 API로 제시된 표준화 API는 [표 1]과 같이 Direct3D Mobile, JSR-184, OpenGL|ES 등이 있으며 각각의 API는 개발사양과 적용목적이 상이하다.

	<i>Target Operating system</i>	<i>Cost</i>	<i>Performance</i>
<i>Direct3D Mobile</i>	<i>Dependency</i>	<i>High</i>	<i>High</i>
<i>JSR-184</i>	<i>Independency</i>	<i>Low</i>	<i>Medium</i>
<i>OpenGL ES</i>	<i>Independency</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>

[표 1] 표준 모바일 3D 그래픽 API

Direct3D Mobile은 Wince5.0에서 제공되고 있는 DirectX의 모바일 그래픽 API로써, Wince O/S에 최적화 되어 있기 때문에 우수한 성능과 다양한 개발자원을 제공하고 있다. 하지만 개발비용이 타 API보다 높은 단점을 가지고 있다. 또한 JSR-184는 유럽에서 가장 많이 사용되고 있는 Java 기반의 GSM(Global System for Mobile communication)에 최적화된 3D그래픽 API로써, J2ME(Java 2 Micro Edition)를 위한 표준 3D 그래픽API이며 OpenGL|ES와 동일한 방식으로 처리되어진다. 이는 Java기반에 최적화 되어 있지만 타 O/S에서 사용하기 위해서는 복잡한 절차작업과 많은 자원을 소비해야하는 단점을 가지고 있다. 그리고 OpenGL|ES는 OpenGL의 embedded system version으로, 휴대용 단말기나 기기, 임베디드 디스플레이 상에서 보다 향상된 2D/3D 그래픽 성능을 제공하기 위해 무료로 배포되는 Low-level단의 경량 API이다. 이는 다양한 플랫폼 상에서 플랫폼에 구애됨이 없이 어디에서나 각종 3D 그래픽 및 게임 등을 제공할 수 있도록 해주는 표준 3D 그래픽 API이며, Royalty Free의 개발비용을 절감할 수 있는 장점을 제공하고 있다.

OpenGL|ES는 모바일 환경에서 2차원, 3차원의 그래픽을 보다 쉽게 처리 할 수 있는 함수들을 제공하는 라이브러리이다. OpenGL|ES는 각각 컴퓨터그래픽 파이프라인을 구현을 위하여 SGI, MS 등에서 제공되는 개발자용 라이브러리인 OpenGL에 기반하여, 임베디드 시스템에 적용 가능한 핵심기능만을 제공하는 라

이브리리를 의미한다. 이 라이브러리는 투영, 모델변환, 특수효과 등의 복잡한 그래픽 연산을 단순화 하고, 로열티 프리(Royalty Free)로 검증된 라이브러리며 대부분의 모바일환경의 OS, 하드웨어 플랫폼으로 이식이 가능하다. 특히 OpenGL|ES는 실질적인 3D 그래픽 산업 표준 API로 인식되고 있으며 모바일 환경에서 운영되는 많은 시스템이 OpenGL|ES 라이브러리를 채택하고 있다.

현재 OpenGL|ES 1.1버전의 라이브러리는 크게 Hybrid사와 Vincent사에서 제공되는 라이브러리로 나누어 볼 수 있다. 첫번째로 Hybrid사에서 제공되고 있는 라이브러리는 Commercial버전과 nonCommercial이 제공되고, 두번째는 Vincent사에서 제공되고 있는 Mobile 3D Library는 nonCommercial 버전을 제공하고 있다. 본 연구에서는 보다 성능이 우수하고 noncommercial 버전을 제공하고 있는 Vincent 라이브러리를 사용하였다. 왜냐하면 Hybrid사에서 제공되는 nonCommercial 버전에서는GLUT(개발자의 편의를 위해 구성된 라이브러리)로 이루어진 많은 추상적 함수를 제공하고 있기 때문에 성능이 떨어진다. 또한 대용량의 위성정보/지형정보를 처리하기 위해서는 보다 low level의 개발이 필요하기 때문에 Vincet 라이브러리를 적용하여 설계 및 구현 하였다.

### 제 3 절 Image processing

#### 1. Image processing

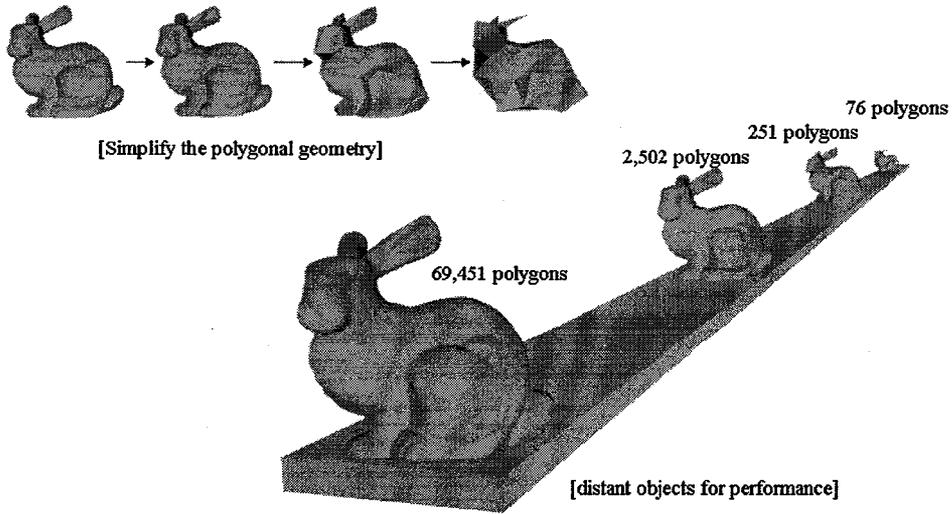
본 연구에서는 생성되는 지형, 건물, 교통, 식생등의 결과화면을 보다 사실적으로 가시화 하기 위해서 고해상도 위성영상과 이미지를 이용하였다. 또한, 3D 지형을 생성하기 위해서 DEM과 Quickbird의 1m급의 고해상도 영상을 사용하였고, 3D 건물의 표면 이미지와 3D 도로의 사실적인 표현, 3D 식생의 다양한 객체의 텍스처 이미지로 512x512의 고해상도 텍스처 이미지를 사용하고자 했다.

테스트 환경인 Desktop PC와 PDA의 3D 그래픽 처리 가능한 자원은 다음과 같다.

	Desktop PC	PDA
O/S	Windows XP	Wince 4.0
CPU	펜티엄 4 3.0	Intel PXA270(400Mhz)
기본 메모리	1GB	320 by 240 resolution, 56MB
3D H/W 기속 지원	지원	지원 않함

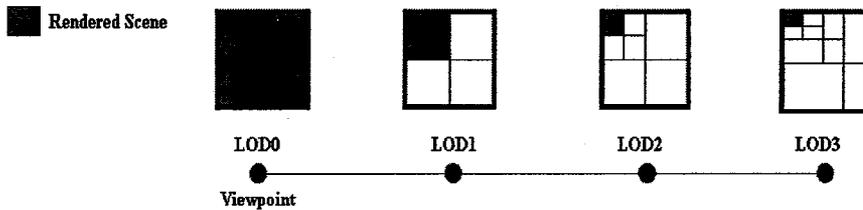
[표 2] 테스트 기기의 Specification

[표 2]의 자원을 가지고 3D GIS 시스템을 구현하는 것은 Desktop PC에서는 충분히 가능하다. 하지만 제약된 자원을 제공하는 PDA기에서는 거의 불가능 하다. 특히 PDA에서는 3D 그래픽 처리를 가능하게 하는 환경을 거의 제공하고 있지 못하다. 따라서 본 연구에서는 [그림 4]와 같은 알고리즘으로 image tiling, LOD등의 분할기법을 구현하여 고해상도 위성영상과 이미지를 적용하였다.



[그림 4-1] 전통적인 LOD(Level Of Detail) 기법

	LOD 0	LOD 1	LOD 2	LOD 3
Rendered scene size	1024x1024	1024x1024	1024x1024	1024x1024
Image Resolution	1024x1024	2048x2048	4096x4096	8192x8192
DEM size(Polygons) of rendered scene	1024 polygons among 1024 polygons	1024 polygons among 4096 polygons	1024 polygons among 16384 polygons	1024 polygons among 65536 polygons
Rendered scene				



[그림 4-2] Image tiling 기법과 LOD 설계 구조

## 제 4 절 Stereoscopic Methods

### 1. Stereoscopic Methods

본 연구에서는 가시화된 결과 화면을 입체기법을 이용하여 3차원 가시화효과를 얻을 수 있었다. 이는 마치 실제 존재하는 공간에 있는 것처럼 결과 화면이 가시화 되어지는 기법이다. 현재 실제로 3차원 영상을 재현하는 방법도 시도되고 있지만, 널리 연구되는 방법은 좌우의 눈의 시각의 차를 이용하여 각기 좌우 방향에서 본 것과 동일한 영상을 제시하여 두 눈에 시차를 주고 이것을 합성하여 하나의 입체 영상으로 보이게 하는 방법이다. 다음은 입체영상을 만드는 대표적인 기법들이다.

(1) Head-mounted displays - 헬멧형 기기로 눈앞에 있는 스크린을 보는 영상 장치를 말한다. 양쪽 눈에 근접한 위치에 액정 등의 소형 디스플레이가 설치되어 시차를 이용한 입체 영상을 투영하는 방식을 사용하여 입체 영상을 가시화한다. 또한 사용자의 바라보는 방향에 따라 영상을 변화시켜 3차원의 공간에 있는 것 같은 가상현실을 체험 할 수 있는 기능을 제공한다.

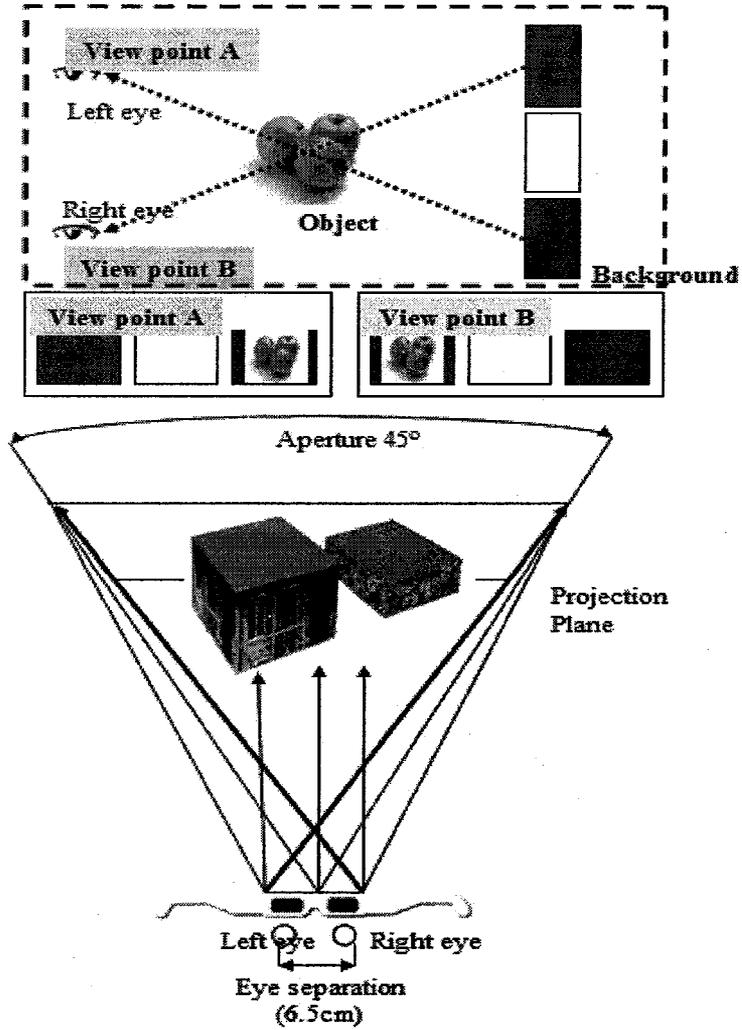
(2) LCD shutter glasses - 안경타입의 기기로 좌우 렌즈에 전압을 주어 LCD렌즈를 활성화 또는 비활성화 시켜 각기 다른 영상을 가시화하여 입체영상을 볼 수 있는 방식을 제공하고 있다. 전압이 없으면 렌즈는 불투명해져 영상을 볼 수 없고, 전압이 전달되면 투명해져 영상을 볼 수 있는 기법을 적용하여 빠른 전압의 변화에 따라 좌우 시점을 이용하여 만든 영상을 입체적으로 볼 수 있다.

(3) Polarized glasses - 편광 필터를 이용하여 입체영상을 볼 수 있는 안경 타입의 기기이다. 좌우 렌즈의 편광 필터를 통하여 두 개의 다

른 이미지를 볼 수 있고, 이들의 차이를 이용하여 입체 영상을 볼 수 있다.

(4) Two-colour anaglyph - 좌우의 시차를 통해 얻어지는 영상에 각각 색필터를 이용하여 각각 분리한다. 분리된 이미지를 중첩시켜 하나의 영상을 만들어 내고 이러한 영상을 색 필터 안경을 통하여 본다면 입체 영상이 만들어 진다. 이는 중첩된 영상을 색 필터 안경을 통해서 왼쪽 눈에는 적색 영상, 오른쪽 눈에는 청색 영상이 렌더링되어 이들 간의 차를 이용하여 입체효과를 느끼게 해주는 장비이다.

본 연구에서는 Two-colour anaglyph 방식을 사용하여 렌더링된 결과 화면에 입체효과를 주도록 설계 및 구현 하였다. 이는 2차원의 이미지를 각각 좌우의 시점에서의 이미지를 수동적으로 생성하여 입체효과를 나타내는 것이 아닌 3차원의 공간에서 생성되어 지는 지형, 건물, 교통, 식생등의 도시경관에 입체효과를 나타내도록 하였다. 즉, 2차원의 입체 영상의 시점은 사용자의 바라보는 하나의 시점이다. 하지만 본 연구에서 구현한 입체 효과는 3차원 공간의 어느 시점에서든 동적으로 입체 영상을 생성 및 렌더링 할 수 있는 구조로 설계·구현하였다는 것이 기존의 연구와의 큰 차이점이라 하겠다. 또한 입체효과를 느끼기 위해서는 좌우눈의 시차와 시점과 물체간의 거리가 매우 중요한 포인트이다. 이를 정적으로 처리되는 구조가 아닌 동적으로 처리되어 지는 점이 큰 차이점이라 할 수 있다.



[그림 5] 입체영상을 위한 Anaglyph의 원리

## 제 3 장 설계 및 구현

### 제 1 절 시스템 설계

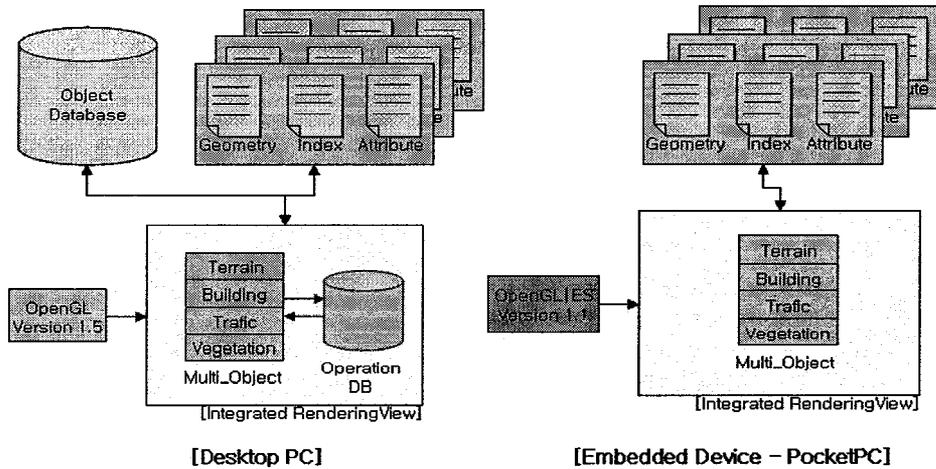
#### 1. 시스템 설계

본 연구에서 구현한 시스템의 흐름은 [그림6]과 같다. 3D geo-spatial 데이터에 대한 기하학적 정보와 속성정보를 저장하기 위하여 binary type 의 데이터 구조를 설계하였다. 대용량의 데이터 처리 및 시스템 성능 향상을 위해 가능한 생성된 객체의 3차원의 좌표정보를 저장할 수 있는 기하학적 정보, 객체의 속성정보, 수행속도의 향상을 위한 인덱스 정보로 나누어 처리하였다.

desktop PC에서는 object DB와 file system (binary type format)에서 제공하는 기본적인 prototype 모델과 저장 객체를 호출하여 원하는 형상을 저작 및 렌더링 할 수 있으며, operation DB에서의 질의처리, 갱신처리로 생성 객체들을 관리하고 있다.

pocket PC에서는 viewing기능에 중점을 두고 desktop에서의 결과정보를 렌더링 할 수 있는 기능과 소규모의 저작 기능이 가능하도록 설계 하였다. 따라서 desktop PC와 pocket PC와의 구조를 동일하게 설계하여 상호간의 동일한 결과 처리와 데이터의 공유, 연계가 가능토록 하였다.

[표 3]은 3차원 공간정보의 입·출력을 담당하는 파일시스템의 데이터 구조를 나타낸 것이다. 본 연구에서 구현한 시스템에서 생성된 3차원 공간 개체는 3차원 정보를 표현하기 위한 기반 정보를 거의 포함 하고 있다. 공간질의를 위한 최외곽정보, 기하정보 및 속성정보, 사용된 이미지 정보등은 파일시스템이나 database를 통해 삽입, 삭제, 수정이 가능한 구조로 설계 및 구현하였다.

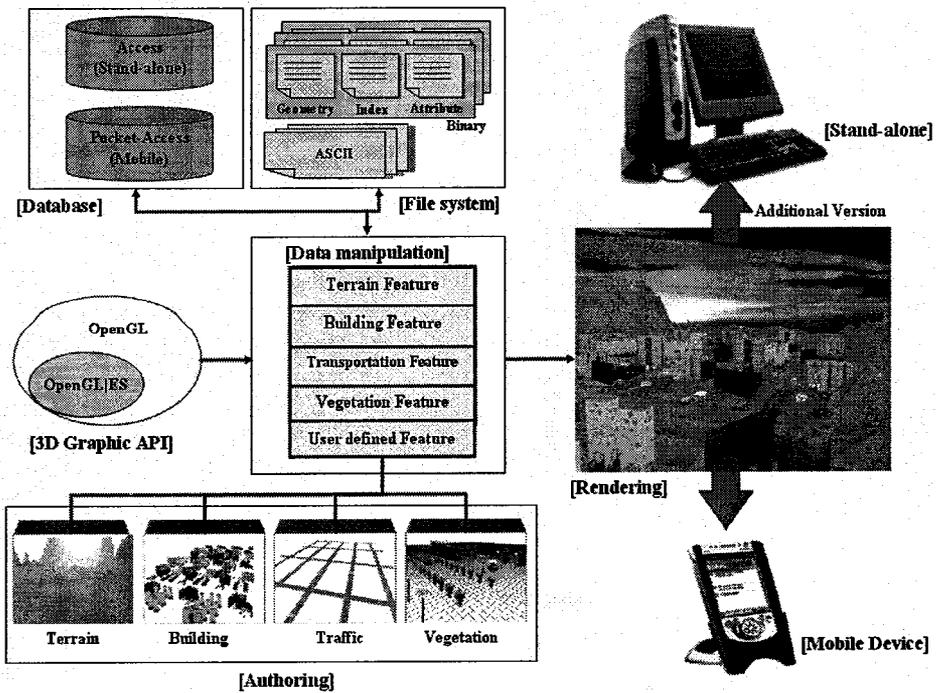


[그림 6] Desktop PC 와 PDA에서의 시스템 구조

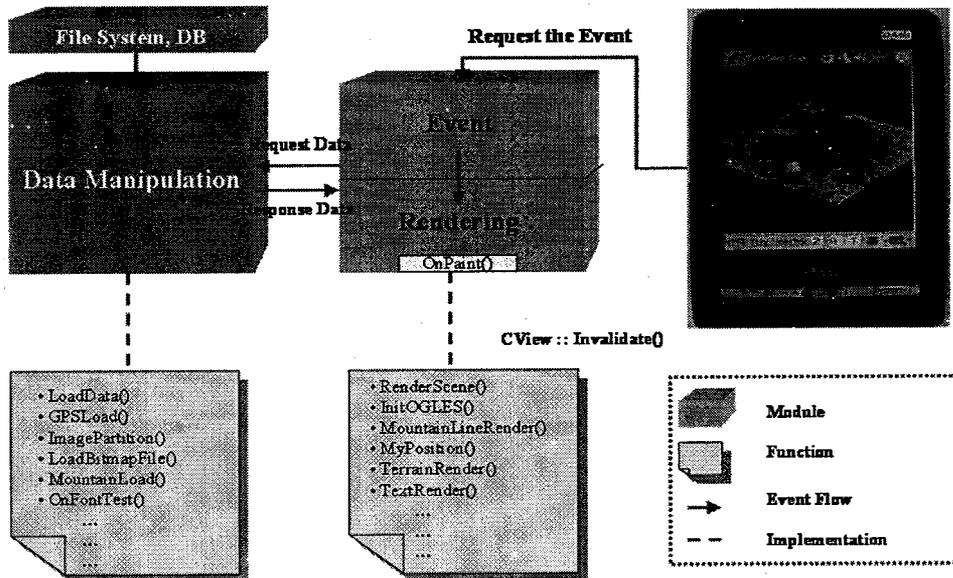
본 연구의 시스템의 구조는 최소화된 자원과 구조를 제공하는 모바일 환경의 구조를 기본 구조로 사용하여 stand-alone환경의 구조로 확장 시 이들간의 연계성과 이식성을 유지하고자 했다. 또한 OpenGL ES를 모바일 환경의 그래픽 라이브러리로 채택하여 OpenGL과의 연계성을 유지하여 이들 간의 처리된 3차원 공간정보를 공유 및 처리가 가능하도록 설계 하였다.

Category	Prototype	FileSystem	Shared Data
Terrain	DEM, Convex Type Concave Type Flat Type	DEM, Convex Shape Concave Shape Flat Shape	BoundingBox 3D Coordinates Attributes Reference_Image Texture_Image
Building	Triangular pillar Square pillar Pentagon pillar Hexagon pillar	Triangular pillar Square pillar Pentagon pillar Hexagon pillar	BoundingBox 3D Coordinates Attributes Texture_Image
Traffic	Roads Traffic Facilities	Roads Traffic facilities	BoundingBox 3D Coordinates Attributes Texture_Image Mask_Image
Vegetation	Woods Fence Yard Etc..	Woods Fence Yard Etc..	BoundingBox 3D Coordinates Attributes Vector Texture_Image Mask_Image

[표 3] 파일 시스템을 이용한 데이터 타입의 구조



[그림 7] Desktop PC 와 PDA에서의 시스템 연계



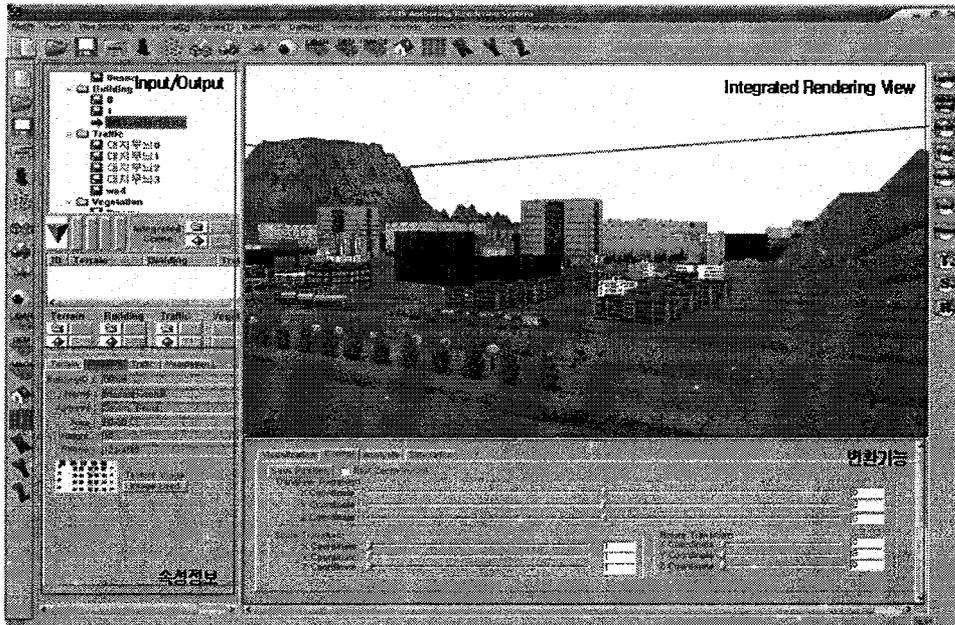
[그림 8] PDA기기에서의 시스템 흐름도

[그림 7]은 stand-alone환경과 mobile환경에서의 구현된 시스템의 연계성과 흐름을 나타내고 있다. 이 둘 간의 시스템은 크게 3차원 공간정보의 입출력을 담당하고 있는 database, file system과 지형, 건물, 교통, 식생등을 생성, 삭제, 갱신 등의 관리작업을 수행하는 Data Manipulation 부분, 3차원 그래픽 처리 루틴을 제공하는 공개형 그래픽 API인 OpenGL, OpenGL|ES, 도시경관의 주요객체인 지형, 건물, 교통, 식생등의 부분적인 작업을 위한 authoring, 원하는 형상을 개별적·통합적으로 가시화 할 수 있는 기능을 제공하는 rendering부분으로 나누어 볼 수 있다. 이와 같은 구조는 두 환경에서 동시적으로 처리 가능하고 이들 간의 연계성을 위해 같은 구조로 설계되어 있다.

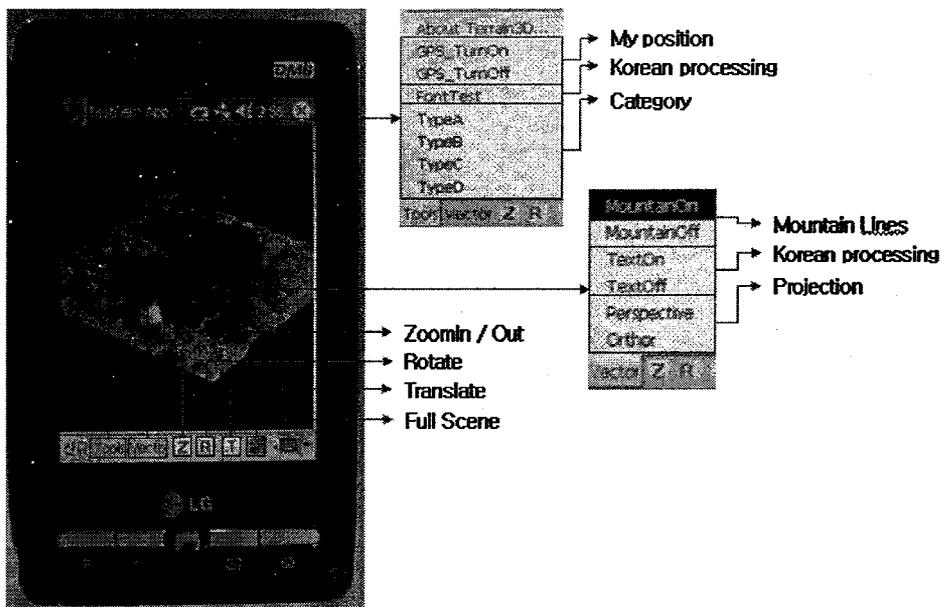
## 2. 시스템 UI(User Interface)

본 연구에서 구현한 3D GIS 저작 및 가시화 시스템의 인터페이스는 [그림 9][그림 10][그림 11]과 같다. [그림 9]는 stand-alone 환경에서 구현한 desktop PC기반의 시스템으로 저작 및 가시화에 중점을 두어 다양한 기능을 제공하고 있다. UI는 크게 전체적인 모든 기능을 포함하고 있는 메뉴와 컴퓨터 그래픽스에서 사용되는 광원효과, 셰이딩, 타입변환, 안개효과 등의 특수기능들을 제어 할 수 있는 툴바, 생성되는 3차원 객체의 효율적인 입·출력을 담당하고 있는 treeview와 컨트롤들, 회전/이동/크기 변환 등의 변환기능을 수행하는 컨트롤박스, 가시화를 하기 위한 렌더링 창 등으로 구성되어 있다. 그리고 [그림 10][그림 11]은 [그림 9]의 desktop PC버전의 시스템을 모바일 환경에 적합하도록 변환된 시스템의 UI를 나타낸다. toolbar컨트롤에 기본적인 기능들을 구현하고, 스타일러스펜을 통한 렌더링 변환 작업을 수행할 수 있는 인터페이스로 설계 하였고, 사용자는 원하고자 하는 zoomin / out기능, 회전변환, 이동변환 아이콘을 선택하고 터치스크린의 이벤트

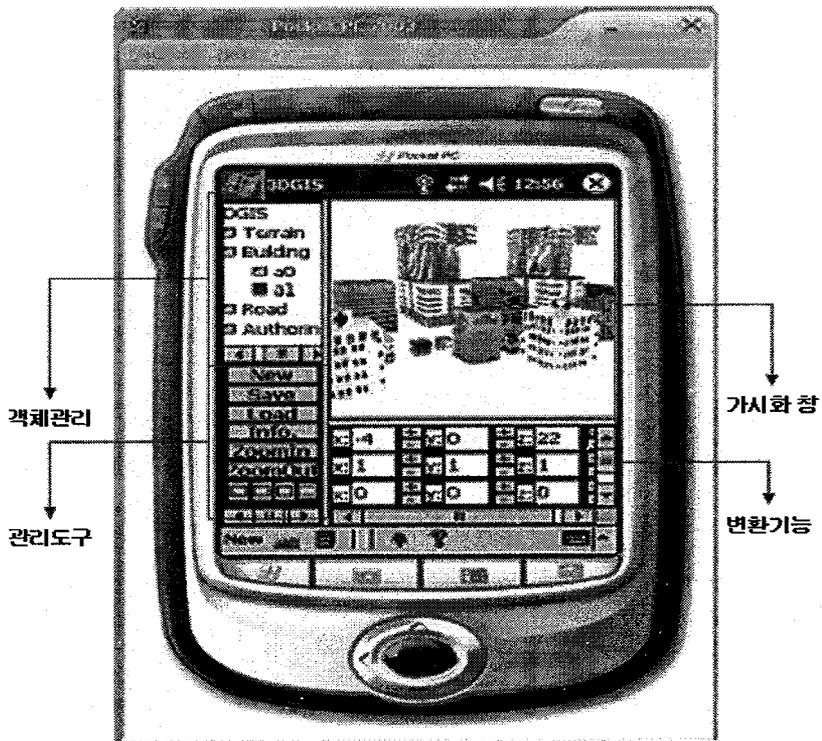
를 통하여 수행할 수 있다.



[그림 9] Desktop PC에서의 사용자 인터페이스



[그림 10] 3D지형 가시화를 위한 PDA에서의 사용자 인터페이스



[그림 11] Mobile 환경에서의 3D GIS 사용자 인터페이스

## 제 2 절 시스템 구현

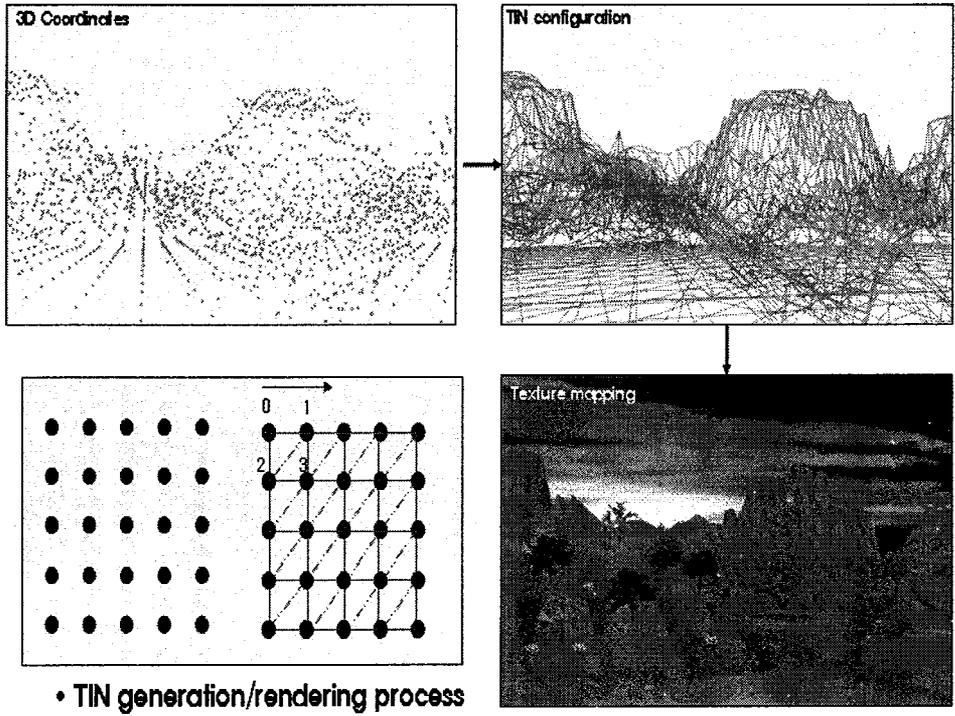
생성되는 모든 객체는 3차원 좌표정보를 이용하여 골격을 만들고 골격 표면에 이미지를 매핑하여 realistic image scene을 형성하고 있다. 이러한 수행처리 시 보다 성능을 향상 시키기 위해서는 texture mapping시 사용되는 이미지의 자원소모와 polygon의 개수를 최소화 하는 것이 중요하다. 따라서 본 연구에서는 실시간 렌더링의 속도 향상 및 최소의 자원소모를 위해서 LOD(Level of Detail)기법과 blending, bill-boarding 기법을 적용하여 Texture mapping시 적용되는 이미지를 처리하여 전체적인 시스템의 Performance를 향상시켰다.

Terrain객체는 DEM 데이터와 다양한 형태의 지형구조로 원하는 지형을 생성 할 수 있다. 이는 지리참조된 3차원 좌표값을 TIN 알고리즘을 이용하여 표면의 윤곽을 만들고, 표면에 지형 이미지를 mapping하여 표현 하였다. [그림 12]

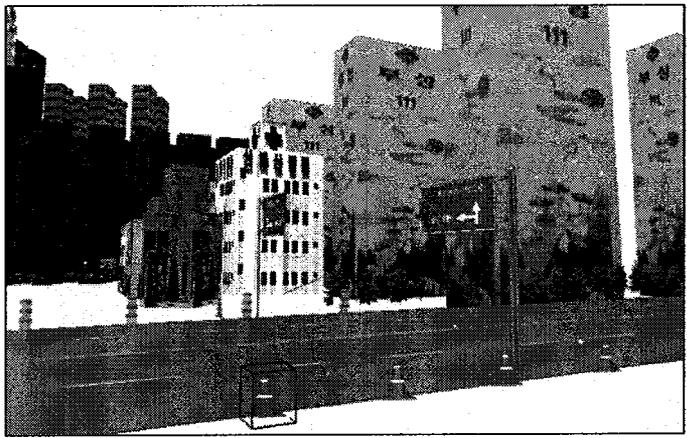
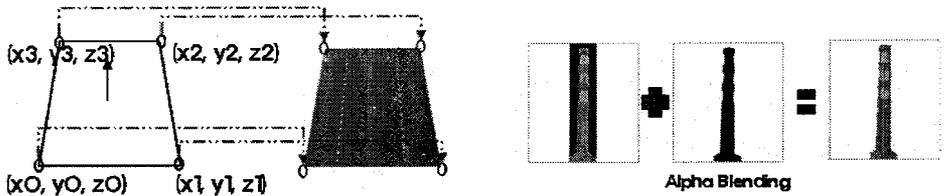
Building객체는 삼각기둥, 사각기둥, 오각기둥, 육각기둥 등의 3D 기본 primitive를 이용하여 사용자가 원하고자 하는 형상을 단일객체 또는 복합 객체로 생성 및 표현 할 수 있다. [그림 13]

Traffic 객체는 polygon Type으로 다양한 도로의 종류와 교통 시설물이 기본Primitive로 제공되어 원하고자 하는 도로 및 복합적 교통 시설물들을 저작 및 렌더링 할 수 있다. [그림 13]

Vegetation 객체는 bill-boarding기법과 blending 기법을 조합하여 2차원의 이미지로 3차원의 형상을 표현하여 실시간 렌더링시 resource를 적게 사용하면서 보다 사실적으로 나무, 식물, 가로등, 울타리 등을 최대한 quality를 유지하면서 렌더링 속도를 크게 향상 시켜 렌더링 및 저작할 수 있는 기능을 제공한다.[그림 14]

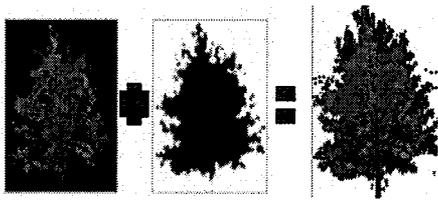


[그림 12] 3D 지형을 생성하기 위한 프로세스

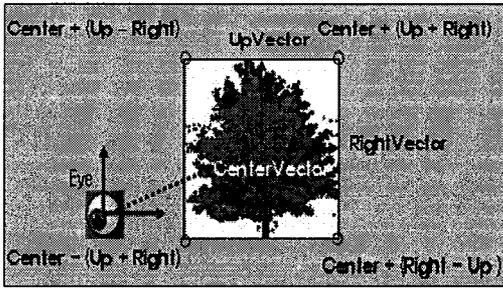


Structure in Transportation using feature models

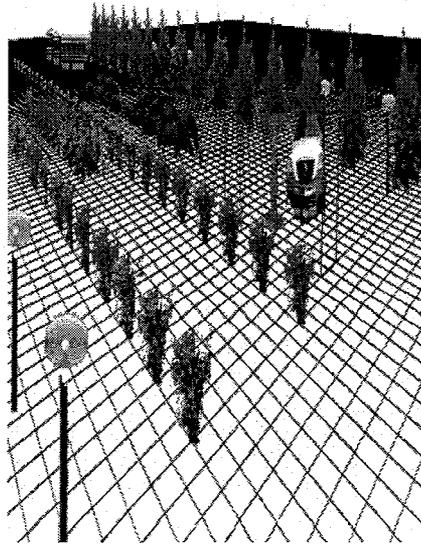
[그림 13] 건물 객체와 교통객체의 생성원리 및 결과화면



[Alpha Blending]



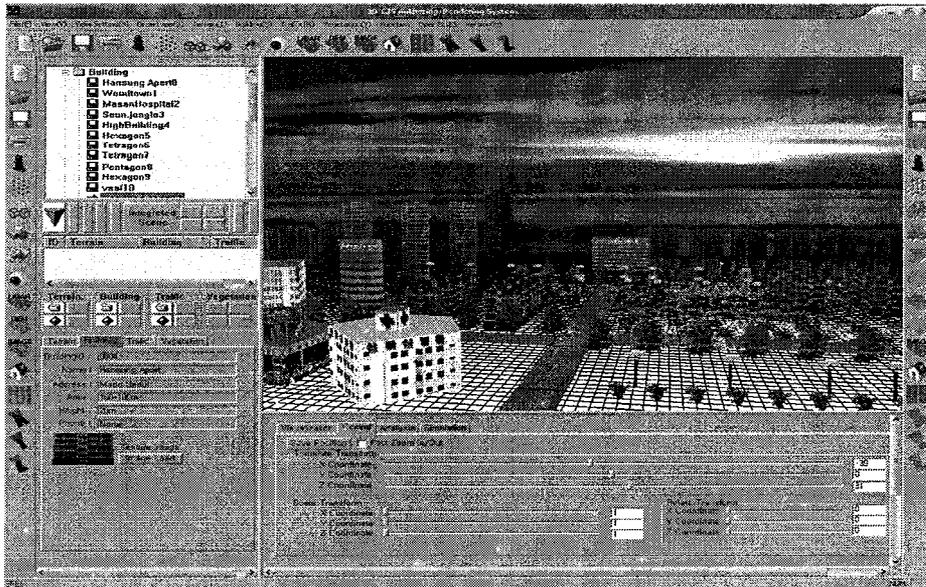
[Billboard]



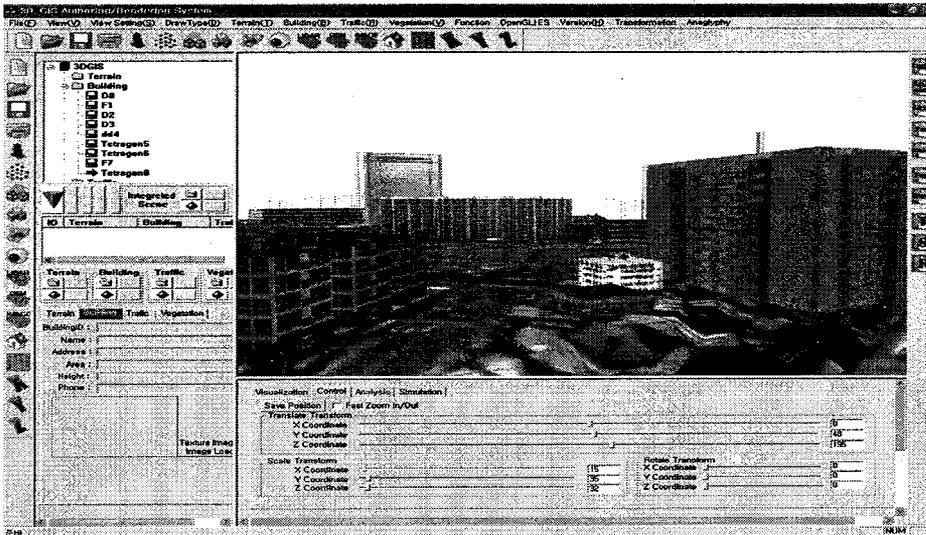
[그림 14] 알파블렌딩과 빌보드 기법을 적용하여 생성되는 식생 모델

### 제 3 절 결과 예시

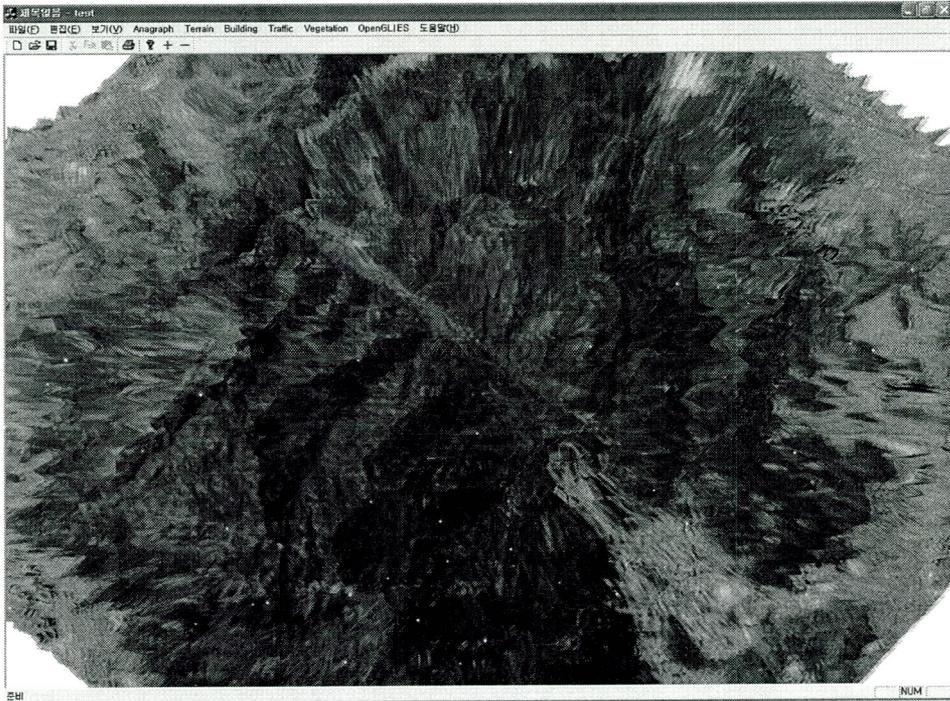
#### 1. Desktop PC에서의 결과 화면



[그림 15] Desktop PC에서의 렌더링 결과화면 :  
지형, 건물, 도로, 식생을 이용한 도시경관



[그림 16] Desktop PC에서의 렌더링 결과화면 :  
Anaglyph 적용한 도시경관



[그림 17] Desktop PC에서의 렌더링 결과화면 :  
Anaglyph 기법을 적용한 3D 지형

## 2. PDA에서의 결과 화면



(A)

(B)

[그림 18] PDA에서의 렌더링 결과화면:

(A) 여의도 지역 (B) 그림(A)의 사각형 지역을 확대



[그림 19] PDA에서의 렌더링 결과화면:

3D 기본 Primitive를 이용한 복합 빌딩 객체



(A)

(B)

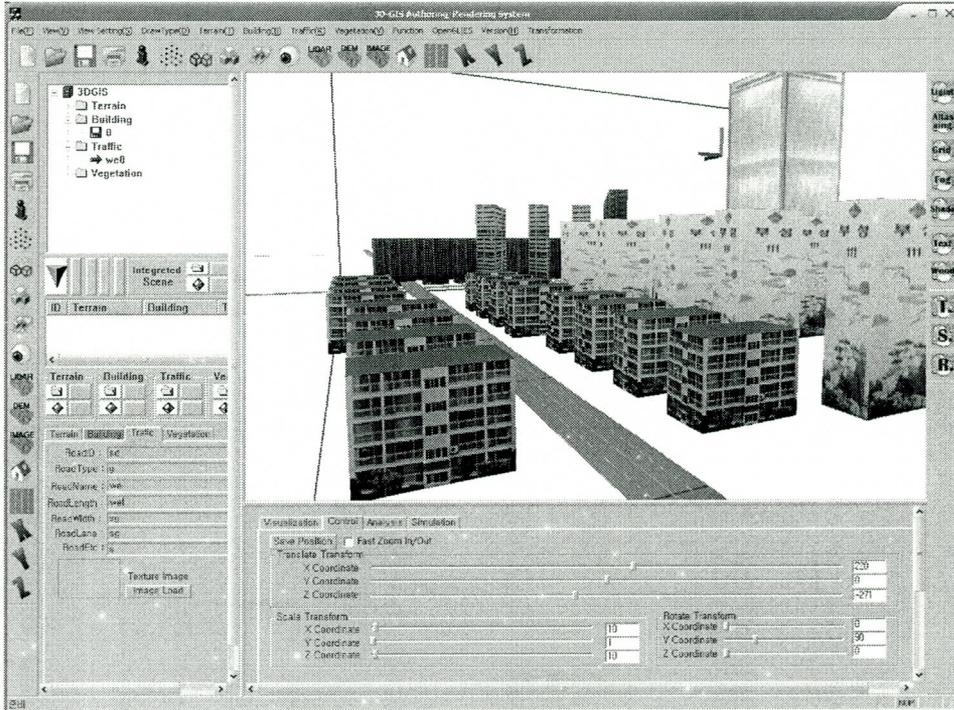
(C)

[그림 20] PDA에서의 렌더링 결과화면: (A) 3D지형과 Vector의 중첩  
(B) 3D 지형과 건물 (C) 3D 지형에서의 현재위치

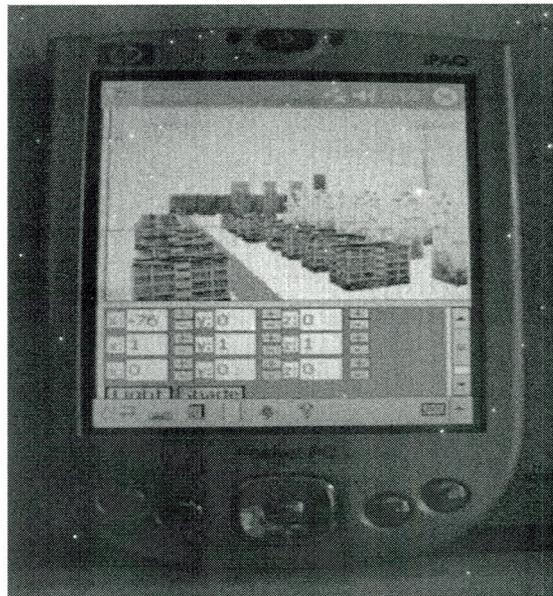


[그림 21] PDA에서의 렌더링 결과화면: Anaglyph 적용된 결과 화면

### 3. 다중 환경에서의 3D 공간정보 공유



[그림 22] 3D 공간정보 공유 : 동일한 정보를 Desktop PC에서 가시화



[그림 23] 3D 공간정보 공유 : 동일한 정보를 PDA에서 가시화

## 제 4 장 결론 및 향후 연구

본 연구에서는 정립화 되어 있지 않은 3차원 GIS prototype설계, 구현하여 desktop PC, mobile환경에서 동시에 3차원 공간 정보의 저작 및 렌더링 수행, 그리고 이들간의 상호호환 및 연계성에 대한 가능성을 검증하고자 하였다. 연구 수행결과 desktop PC에서의 실시간 3D 공간정보의 렌더링 및 저작 기능, 데이터베이스를 연동하여 데이터 처리 과정이 성공적으로 수행되었다. 또한 고해상도 위성영상과 DEM, 이미지를 사용할 수 있는 기반 모듈을 설계 및 구현으로, 3차원 공간정보의 시안성 및 성능, 분석능력을 향상 시킬 수 있었다. 그리고 입체 영상 기법인 anaglyph 방식을 접목하여 렌더링 되는 3D 결과 영상을 동적인 얻을 수 있는 구조로 수행하였다. 다양한 응용분야에 기초데이터로 요구되어지는 3차원 좌표정보와 vector, 최외곽정보, 빠른데이터 처리를 위한 binary type의 format 구조, 향후 ASCII기반의 웹 환경의 확장을 위한 ASCII type의 format구조 설계 등 개발 초기 단계이며 아직 정립화 되어 있지 않은 3D GIS의 기본 prototype system 구조 설계라 할 수 있다. 또한 향후 3D navigation · geo-spatial analysis · simulation 등의 부가적인 기능의 추가를 통하여 확장 가능할 것이라 예상한다.

본 연구과정 중 desktop PC에서의 개발은 별 다른 어려움 없이 진행되었지만, 특히 PDA 환경에서는 테스트 과정에서 제공되어야 할 기본자료의 부족으로 인하여 연구 수행에 많은 어려움을 겪었다. 따라서 pocket PC 기반 응용프로그램에서는 viewing 기능을 중점으로 저용량의 데이터 처리와 간단한 모델링만으로도 수행이 가능한 구조로 설계하였다. 이는 향후 고용량의 device에서의 테스트 및 embedded device의 발전으로 인해 기반환경에 따른 어려움은 점차 해소될 것이라 예상한다.

수요자 맞춤형 3D GIS 응용시스템 개발을 최종 목표로 하여 이에 기

반 되는 3D그래픽 처리기술에 따른 3차원 공간정보 저작/가시화 시스템을 stand-alone환경과 mobile환경에서 설계 및 구현하였다. 이는 OpenGL 과 OpenGL|ES 간의 연계에 의한 실시간 3차원 모바일 공간 정보처리 시스템 개발을 위한 prototype으로 제시가능 할 뿐만 아니라 ITS, LBS, u-City, 3D Urban Planning, 3D Geo-Web 등 3D공간정보 처리를 요하는 제반분야에 활용가능 할 것이다. 또한 3D GIS의 가시화 기법에 적용 가능한 고 정밀 위성영상의 활용과 입체영상기법의 도입 으로 한층 더 발전된 3D GIS의 prototype으로 적용 가능할 것이다.

## 참 고 문 헌

- [1] 건설교통부, 2003, 3차원 공간정보구축 추진계획 수립연구, pp.19-52.
- [2] 남기혁, 이혜림, 장지은 공역, 2003, OpenGL 프로그래밍 가이드 제 3판 pp. 34-60.
- [3] Breunig, M., 1999, An approach to the integration of spatial data and systems for a 3D geo-information system, Computers & Geosciences 25, pp.39-48.
- [4] Dirk B., M. Meibner, and T. Huttner, 1999, OpenGL-assisted occlusion culling for large polygonal models, Computers & Graphics, 23, pp. 667-679
- [5] <http://opengl.org/> ,<http://www.khronos.org/cgi-bin/ubb/ultimatebb.cgi?category=3>
- [6] Arnaud de la Losa, Bernard Cervelle, 1999, 3D Topological modelling and visualisation for 3D GIS, Computers & Geosciences 23 469-478
- [7] Astle, D. and D. Durnil, 2004. *OPENGL|ES Game development*, Premier Press, 293p.

- [8] Brachtl, M., J. Slajs, and P. Slavik, 2001, PDA based navigation system for a 3D environment, *Computers and Graphics*, 25: 627-634.
- [9] Calin Arens, Jantien Stoter, Peter van Oosterom, 2005, Modelling 3D spatial objects in a geo-DBMS using a 3D primitive, *Computers & Geosciences* 31 165-177
- [10] Ervin, S. M. and H. H. Hasbrouck, 2001. *Landscape Modeling: Digital Techniques for Landscape Visualization*, McGraw-Hill, 289p.
- [11] Huttner, T. and W. Strasser, 1999. Flyaway: a 3D terrain visualization system using multiresolution principles, *Computers & Graphics*, 23. 479-485.
- [12] Kilian Ulm, 2004, Improved 3D city modelling with cybercity-modeler using aerial, satellite imagery and laserscanner data, *Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. XXXIV-5/W10.
- [13] Knaus, C. (ed), 2003. *OpenGL ES 1.0 Reference Manual Version 1.0*, Silicon Graphics, Inc., 226p.
- [14] Lee, K. and S.-Y. Kim, 2006, Development of Mobile 3D Urban Landscape Authoring and Rendering System, *Korean Journal of*

- Remote Sensing, 22(3): 1-8.
- [15] Lipman, R. R., 2004. Mobile 3D visualization for steel structures, Automation in Construction, 13: 119-125.
- [16] Michael Beck ViewTec AG, Zurich ,2004, Real-Time Visualization of big 3D city models, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol.XXXIV-5/W10
- [17] Nadalutti, D., L. Chittaro, and F. Buttussi, 2006. Rendering of X3D Content on Mobile Devices with OpenGL ES, Proceedings of Web3D 2006: 19-26.
- [18] Nurminen, A., 2006. m-LOMA - a Mobile 3D City Map, Proceedings of Web3D 2006: 7-18.
- [19] Sanna, A., C. Zunino, and F. Lamberti, 2004. A distributed architecture for searching, retrieving and visualizing complex 3D models on Personal Digital Assistants, Int. Jour. Human-Computer Studies, 60: 701-716.
- [20] Shapiro, L. G. and G. C. Stockman, 2001. Computer Vision, Prentice Hall.
- [21] Siyka Zlatanova, Alias Abdul Rahman, Wenzhong Shi, 2004, Topological models and frameworks for 3D spatial objects, Computers & Geosciences 30 419-428.

- [22] Willneff, J., 2005, Single-image high-resolution satellite data for 3D information extraction, *High-Resolution Earth Imaging for Geospatial Information ISPRS workshop*, Hannover, Germany.
- [23] Woo, M., J. Neider, T. Davis, and D. Screiner, 1999. OpenGL Programming Guide, Third Edition, Addison Wesley.
- [24] Y. Takase, N. Sho, A. Sone, K. Shimiya, 2004. Automatic generation of 3D city models and related applications. *Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. XXXIV-5/W10.

## ABSTRACT

### Design and Implementation of 3D geo-spatial Information System using Open Graphic API based on Multi-Operation System

Seung-Yub Kim

Major in Information System Engineering

Dept. of Information System Engineering

Graduate School of Hansung University

3D mobile GIS application is at the beginning development stage in the GIS domain, compared to other GIS application using handheld devices on wireless communications and various sensor systems. In this study, an integrated 3D authoring and rendering system, based on object-oriented approach, running on handheld devices was proposed, designed and implemented for the graphic pipeline processing in this system. OpenGL(Open Graphic Library) and OpenGL|ES(Embedded System) is used for stand-alone platform and mobile platform, respectively. In these systems, 3D objects such as terrain, building, road and user-defined geometric ones can be modeled and integrated for augmented 3D landscape scene generation. In both systems, 3D urban landscape features authoring system by geo-based spatial feature database schema definition is composed of several functions: modeling, editing and manipulating of

3D landscape objects, generating of geometrically complex type features, and supporting of both database and file system with manipulating of attributes for 3D objects. As well, for realistic scene rendering, texture mapping of complex types of 3D objects with image library is also possible. In developing on the mobile system, main graphical user interface and core components were implemented under EVC 4.0 MFC and tested at PDA as iPack H4100 and LG-DMBPM80 device with Pocket PC. It is expected that dual interfaced 3D geo-spatial information systems supporting registration, modeling, and rendering systems for can be effectively utilized to 3D urban environments analysis, 3D simulation and 3D navigation related to further 3D mobile mapping.

## 감사의 글

숨 가쁘게 달려온 지난 시간들, 그 속에 저를 지켜봐 주셨던 많은 분들의 고마움을 많이 부족하지만 이 글로나마 전해드리고자 합니다.

석사생활의 꿈에 부풀어 뛰든 부딪쳐 보겠다는 자신감만으로 시작했던 그때의 제 모습이 생각납니다.

세상물정 모르는 시골취를 서울취가 되기까지 토닥여 주시고, 이끌어 주셨던 저의 평생 스승님이신 이기원 교수님, 감사라는 말이 너무나 하찮게 느껴질 만큼 감사 드립니다.

29년동안 수많은 선택을 했지만, 교수님의 제자로서의 선택은 정말 최고였습니다. 스승님의 가르침 맘속 깊이 새기고 앞으로의 시간들을 위해 열심히 살겠습니다. 지켜봐 주십시오.

책으로는 절대 얻지 못할 많은 지식과 명언들..그리고 제 미래까지 알려주셨던, 재치만담대가 북한산 김 천 교수님, 그 동안 들려주시고, 보여주셨던 모든 것들 너무나도 소중하고 귀한 것이었습니다. 감사합니다.

10년지기 평생친구 학훈아, 지난 10년간 나와 같이 한 길을 걸어준 니가 있어 너무나도 행복했고, 고마웠고, 든든했다. 이제야 비로소 진짜 어른이 된 듯 한 느낌이다. ㅎㅎ 우리가 함께한 수 많은 밤과 낮 (??) 잊지 못할꺼야. 우리집104호, 그리고 힘든 영혼의 안식처가 되어 준 라꾸라꾸도.... 마지막으로, 돈 많이 벌어!! 글구 얼렁 장가가~!!

석사 2년 동안 묵묵히 지켜봐주시고, 응원해 주셨던 부모님 정말 감사합니다. 이제 본격적으로 효도 들어갑니다. 지켜봐주세요.

그리고 두 분 모두 진심으로 사랑합니다.

사랑하는 동생 정욱아, 늘 믿어주고 따라주고, 형 뭇까지 다하면서 집안 일 챙겨주는 니가 있어, 늘 든든하고 고맙다.

힘들때면 든든한 어깨가 되어준 성혜. 내가 앞으로 돈 많이 벌어서 행복하게 해줄게 ~^^

항상 밝은 웃음으로 기분 좋게 만드는 희영이, 꿈을 이뤄낸 멋진 친구 소희, 우리나라 미래 교육에 앞장설 예비선생님 화정이, 꼼꼼한 미경이 학회로 알게

된 보열이형, 태웅이형, 부산갔다는 후 성시경에서 김제동으로 이미지 급변화  
된 성후.. 모두모두 감사합니다.

그리고 언급하지는 않았지만 저는 알고있습니다.

그분들이 누군지..

모두들 감사합니다.