

博士學位論文

모바일 매핑을 적용한 3차원 Map
생성에 관한 연구



濟州大學校 大學院

컴퓨터工學科

朴 昌 希

2007年 12月

모바일 매핑을 적용한 3차원 Map 생성에 관한 연구

指導教授 金 壯 亨

朴 昌 希

이 論文을 工學 博士學位 論文으로 提出함.

2007年 12月

朴昌希의 工學 博士學位 論文을 認准함.

審查委員長 _____ 印

委 員 _____ 印

委 員 _____ 印

委 員 _____ 印

委 員 _____ 印

濟州大學校 大學院

2007 年 12 月

A Study of 3D Map Creation using Mobile Mapping

Chang-Hee Park

(Supervised by professor Jang-Hyung Kim)

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE
REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
DOCTOR OF ENGINEERING

DEPARTMENT OF COMPUTER ENGINEERING
GRADUATE SCHOOL
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

2007. 12.

목 차

그림목차	iii
표목차	v
국문초록	vi
영문초록	viii
I. 서 론	1
II. GIS와 3D Map	5
1. 위치데이터 처리	5
1) HBR-tree	6
2) HBR-tree의 구조	8
3) 해쉬 테이블의 생성	9
2. SVG Map	12
1) SVG Map 생성	13
2) SVG Map 변환	13
3. 객체 모델링 및 DB 구축	16
1) DXF 분석기	16
2) 객체 속성 추출기 및 객체 모델러	16
3) 도로망 그래프 추출기 및 통합기	17
III. 모바일 매핑 시스템	19
1. 모바일 매핑 시스템	19
2. Video GIS의 기능 및 구조	20
1) 수치지도와 비디오 데이터의 양방향 연계	20
2) 수치지도와 비디오 데이터의 연계 분석	21
3) 수치지도와 비디오 데이터의 연계 정보 제공	21
3. 이동객체의 위치 데이터 처리	23
1) HBR-tree의 생성	24
2) HBR-tree의 알고리즘	27
3) HBR-tree를 이용한 과거 위치 데이터 인덱스	30

4. 영상정합	31
1) CCD의 영상취득	31
2) 영상 좌표 측정	33
3) 직접선형변환	37
4) 영상정합(Image matching)	40
5. 3차원 Map 생성	43
1) 지도요소 분석	43
2) 지도포맷 분석	44
3) SVG 포맷 분석	49
6. 공간 데이터의 저장	55
1) GPS의 위치 결정	56
2) 공간데이터의 저장	56
IV. 설계 및 구현	58
1. 실험환경	58
1) 시스템 개발 환경	58
2) 비디오 데이터 획득 및 위치 측위	59
3) 영상처리 및 공간 지리 객체 추출	60
4) 연계 정보의 구축	61
2. 구축 모델링 및 흐름도	62
3. 모바일 매핑 데이터베이스 설계	63
1) DB 구축 및 DB 인터페이스	64
2) 데이터베이스 스키마 설계	66
3) 모바일 매핑 데이터베이스	72
V. 결과분석 및 고찰	77
1. 결과분석	78
2. 정확도 분석	80
3. 결과 고찰	85
VI. 결 론	88
참 고 문 헌	90

그림 목 차

그림 1. HBR-tree의 구조	8
그림 2. 해쉬 테이블의 연관관계	10
그림 3. 이동 객체 연관관계	11
그림 4. 이동 객체 검색	11
그림 5. 이동 객체의 상관관계	11
그림 6. 이동 객체의 결과	12
그림 7. XML/SVG Map 변환 소프트웨어 개념	13
그림 8. DXF Import 화면	14
그림 9. Shape Import 화면	14
그림 10. feature와 DBF를 읽어 레이어 추가	15
그림 11. SVG format을 웹브라우저로 출력	15
그림 12. DXF 분석	16
그림 13. 객체 속성 추출 및 객체 모델러	17
그림 14. 건물, 도로망 추출 및 통합	17
그림 15. 모바일 매핑 시스템의 정의	19
그림 16. 모바일 매핑 시스템 구성도	20
그림 17. 비디오 지리정보 시스템 구조	23
그림 18. 이동 객체의 삽입	24
그림 19. Lazy 갱신	25
그림 20. 최소 해쉬테이블 영역	25
그림 21. 최소 해쉬 테이블 분할	26
그림 22. 해쉬 테이블의 크기 영역	27
그림 23. HBR-tree를 이용한 빠른 위치 데이터 검색	31
그림 24. CCD 사진기의 영상취득 원리	32
그림 25. 화소 좌표계와 사진좌표계	33
그림 26. 타깃 영상의 중단도	34

그림 27. Affine 변환	35
그림 28. 영상 상관기법	41
그림 29. OGC Simple Feature 모델	44
그림 30. Main File 구조도	45
그림 31. Index File의 구성도	46
그림 32. SVG 문서 엘리먼트의 실행결과	50
그림 33. SVG 문서 웹브라우저 랜더링 결과	55
그림 34. 실험환경의 구성도	58
그림 35. Mobile Mapping System에서의 위치측위를 위한 좌표계 위상	60
그림 36. 비디오 데이터 및 연계정보 모델링	61
그림 37. 3차원 공간정보 구축 모델링 및 흐름도	62
그림 38. CNS 및 도로속성 데이터 구축	63
그림 39. 3D Map DB 인터페이스 개요	64
그림 40. Application Layer에서의 DB 사용	65
그림 41. DB 내부 인터페이스	66
그림 42. 모바일 GIS의 DB 스키마 구조	67
그림 43. UML을 사용한 응용 스키마 구조	68
그림 44. 모바일 GIS DB의 시스템 구성도	74
그림 45. 모바일 매핑 시스템의 DB구축 대상 구분	75
그림 46. 모바일 매핑 DB의 처리 흐름도	76
그림 47. PDA 시스템의 외형적 모형	78
그림 48. PDA용 지도서비스의 기능별 설명	79
그림 49. 실험대상지역과 모바일 매핑 시스템의 촬영영상	80
그림 50. 제안 시스템의 경계선 추출 결과에 대한 정확도 분석	81
그림 51. 제안 시스템의 도로 시설물 추출결과에 대한 정확도 분석	82
그림 52. 모바일 매핑 영상을 이용한 Video GIS 구현 결과	85

표 목 차

표 1. 해쉬 인덱스의 방법	7
표 2. R-tree 방법	7
표 3. 비디오 지리정보 시스템의 주요 기능	22
표 4. shape type의 종류	45
표 5. DXF 파일의 각 섹션별 구성	47
표 7. Entity Type의 그룹코드 및 의미	48
표 7. LBS 시스템 요구사항 정의	66
표 8. 피쳐 유형의 식별	67
표 9. 피쳐 유형별 속성 식별	68
표 10. 기존 GML 응용 스키마와의 대응관계	69
표 11. 도로지도 서비스의 문서화	69
표 12. 도로링크 클래스의 문서화	69
표 13. 스키마 매핑 정의서	70
표 14. 논리적 구현 스키마 정의서	71
표 15. 속성 타입 정의서	71
표 16. 물리적 클래스 정의서	71
표 17. 물리적 구현 스키마 정의서	72
표 18. 모바일 서비스를 위한 요구사항 분석	73
표 19. PDA용 지도서비스의 기능별 설명	79
표 20. 모바일 매핑 결과 GPS 측량 결과의 비교·분석	82
표 21. 모바일 매핑을 응용한 수치지도의 수정·갱신 작업	84

국 문 초 록

모바일 매핑을 적용한 3차원 Map 생성에 관한 연구

컴퓨터공학과 박 창 희

지도 교수 김 장 형

최근 컴퓨터의 대용량화 및 고성능화에 따라 GIS(Geographic Information System)에 근거한 다양한 형태의 응용 시스템들이 연구 및 개발되고 있다. 이러한 연구 및 개발은 이전에는 주로 GIS를 위한 데이터베이스 기술 측면을 기준으로 많이 진행되었지만, 무선 인터넷과 PDA, HPC와 같은 Mobile 장치의 발전으로 인하여 점차적으로 사용자의 위치 정보를 기반으로 한 Mobile GIS의 형태로 발전되어 가고 있다.

Mobile GIS를 통해 위치 기반 서비스(LBS: Location Based Service)를 효과적으로 제공하기 위해서는 서버에서 동적인 상황(예, 차량의 움직임이나 개개인의 위치 파악)을 빠르게 파악하여 처리할 수 있는 실시간 GIS 엔진과 작은 양의 기억 장치, 낮은 처리 능력을 가지는 Mobile 장치에서 데이터를 효율적으로 관리할 수 있는 Mobile 클라이언트가 필요하다. 그러나 이전의 정적인 데이터를 주로 처리하는 GIS나 DBMS에서 사용되는 기술은 이러한 동적인 데이터의 처리 기능이 미비하므로 Mobile GIS에 적합하지 않았다. 본 연구에서는 효율적인 위치기반 서비스를 제공하기 위하여 실시간 데이터베이스 시스템을 이용한 Mobile GIS에 대하여 연구한다.

Mobile GIS는 이전의 GIS에서 사용되는 지도 데이터와 같은 정적인 데이터와 특정 시점에 사용자의 위치 정보와 같은 위치 데이터가 사용된다. GPS를 통하여 입력되는 이러한 위치데이터는 그 특성상 갱신 작업이 많고, 수신율이 좋지 않은 지역에서는 데이터의 손실이 발생할 수 있는 특성을 가지고 있다. 이러한 데이터의 처리를 위해서 실시간 데이터베이스 시스템을 이용한 Mobile GIS를 사용하게 되면 매우 효과적이다.

본 연구에서 개발한 실시간 데이터베이스 시스템을 이용한 Mobile GIS는 크게 실시간 GIS 엔진, 미들웨어, 그리고 Mobile 클라이언트로 구성되어 있다. 특히, 다양한 위치 기반 서비스 시스템들의 상호 운용성을 위해 본 연구에서는 OGC의 OpenLS 사양을 수용하였다.

실시간 GIS 엔진은 기존의 실시간 데이터베이스 시스템의 기능에 공간 데이터 타입, 공간 데이터의 삽입, 검색, 삭제, 갱신기능, 그리고 공간 연산 기능이 추가되어 있다. 또한, 공간 질의를 처리할 수 있으며, 사용자의 위치 정보를 신속하게 처리할 수 있도록 공간/비공간 인덱스를 관리한다. 그리고 백엔드 GIS로부터 데이터를 적재하기 위한 데이터 로더, 위치 데이터를 분산 저장하기 위한 위치 데이터 관리자, 레이어를 관리하기 위한 레이어 관리자 등을 가지고 있다.

본 논문은 3차원 지리정보 및 시설물 형상 추출, 4차원 시공간 데이터의 처리, 효율적인 자동화 모델링 등의 기능을 포함함으로써 대용량 3차원 지리정보의 구축과 처리를 저비용으로 빠르게 수행할 수 있는 3차원 GIS 소프트웨어 개발과 그 응용 가능성의 검증에 획기적인 전기를 마련할 수 있으며 전체 시스템 개발 공정을 컴포넌트를 기반으로 수행함으로써 기술의 성능향상 및 유지 보수 기간을 단축할 수 있고 경쟁력 있는 국내 기술력을 확보할 수 있게 된다.

ABSTRACT

A Study of 3D Map Creation using Mobile Mapping

Chang-Hee, Park
Department of Computer Engineering
Graduate School
Cheju National University

Recently, as the result of high technology of computer environments, various types of computer application have been researched and developed. Previously, it has been progressed on the database side of GIS(Geographic Information System). However, because of the growth of the wireless Internet, PDA(Personal Digital Assistants), and HPC(Hand Held PC), the focus of research and development has been changed to the mobile GIS for location based services.

To support location based services efficiently through the mobile GIS, there must be a real-time GIS engine that can deal with dynamic status(e.g., movement and location of users) of objects and mobile clients that can manage spatial data efficiently on the mobile devices which usually have low storage and data processing capability. However, previous technology of GIS which usually deals with static data is not suitable for the mobile GIS. Therefore, in this paper, the author has studied the mobile GIS using a real-time database system, which can support location based services efficiently.

The mobile GIS generally use static data such as map data that are managed in the existing GIS and location data such as information of user's location at the specific time. Location data which is usually gathered from GPS has characteristics such as frequent update and data loss due to the bad

reception rate. To process such data efficiently, it is necessary to use the mobile GIS based on a real-time database system. In this paper, therefore, the author designed and implemented the mobile GIS using a real-time database system, which consists of a real-time GIS engine, a middleware, and a mobile client. Especially, we adopts the OGC's OpenLS specification for the interoperability of various location based service systems.

The real-time GIS engine can provide insert, delete, update and search operations of spatial data, in addition to operations of the existing real-time database system. And, it can deal with spatial/aspatial queries and manage spatial/aspatial indices for the efficient management of information of user's locations. The real-time GIS engine consisted of a data loader which can load data from back-end GIS to the real-time GIS engine, a location data manager which can distribute location data over several systems, a layer manager which can manage layers, and so on.

In this paper is to develop core technologies such as automatic shape extraction from images, spatial-temporal data processing, efficient modeling, and then make it inexpensive and fast to build and process the huge 3D geographic data. The upgrade and maintenance of the technologies are also easy due to the component-based system architecture.

I. 서론

다양한 지형지물, 도로시설물 및 교통정보는 공간정보를 다루는 도시, 교통, 물류, 환경 및 군사 분야 등 다양한 분야에서 의사결정 및 계획에 필수적으로 요구되는 정보이다[1]. 따라서 이와 같은 정보는 신속하고 정확하게 취득되어야 하며, 경제적이며 효율적이며 또한 도시의 팽창 및 신도시 개발에 따른 도로시설물과 교통정보 등 도시 관련 행정업무에서 관리해야 하는 범위는 날로 증가하고 있으며[3], [4], 도로교통의 혼잡은 환경오염, 에너지 낭비 및 불필요한 자원의 낭비 등 여러 분야에 영향을 끼치고 있다. 이러한 분야에 사용되는 지리정보시스템(GIS)이란[7] 공간적인 위치와 관련되어 있는 정보들을 가시적으로 관리하고, 분석하며, 사용자에게 직관적으로 표현해 줄 수 있도록 하는 컴퓨터 소프트웨어 및 하드웨어, 그리고 공간 지리 데이터의 집합을 말한다. 기존의 지리 정보 시스템은 주로 관계형 데이터베이스 혹은 파일들에 저장되어 있는 공간 지리 데이터를 읽어, 이를 대개 2차원 형태로 보여주고 관리할 수 있도록 하고 있다. 지리 정보 시스템은 현재 각종 사업, 교육, 산업 등의 사회에 널리 사용되고 있다[21].

이러한 지형정보, 도로시설물 및 교통정보를 경제적으로 취득하고 효율적으로 유지 관리할 수 있는 기술의 국내개발은 실제적으로 행정업무에 직접 활용되어, 시민들이 균형 있는 생활을 영위하고, 건전하고 쾌적한 도시환경을 가꿀 수 있는 기반을 조성할 수 있다.

공간정보 기술에서 핵심적인 기능을 담당하는 모바일 매핑 시스템은 일반 차량에 CCD(Charge Coupled Device) 카메라, 레이저 스캐너, 비디오카메라 등의 이미지 획득 장치(image acquisition device)와 GPS 수신기, INS(Inertial Navigation System), DMI(Distance Measuring Indicator) 등의 내비게이션 정보 획득 장치를 탑재하여 주행과 동시에 도로와 관련된 각종 시설물 현황이나 기타 속성정보를 실시간으로 자동 취득 및 갱신할 수 있는 이동식 도면화 시스템이다. 모바일 매핑 시스템에서 핵심적인 역할을 하는 GPS와 INS의 정보를 통합하여 이미지 센서의 위치와 자세를 의미하는 외부표정 요소(exterior orientation)를 직접적인

방식으로 결정할 수 있다. 이에 반해 기존의 재래식 측량 시스템의 경우는 많은 비용과 노력이 요구되는 지상 기준점의 설치와 복잡한 블록 조정(block adjustment)이라는 기법을 통해 외부표정 요소를 결정하는 방식이었다. 이와 같은 방식을 간접적인 외부표정 요소 결정이라 하며, 간접적인 방법보다는 모바일 매핑 시스템을 통한 직접적인 외부표정 요소 결정을 통해 이미지 센서의 위치와 자세 결정 과정에 소요되는 많은 시간과 비용을 절약할 수 있게 되었다. 그리고 사진 측량학적인 관점에서 수행된 복잡한 블록 조정, 번들 조정(bundle adjustment)[12] 등에 대한 함수모형의 단순화를 실현할 수 있으며, 컴퓨터 기술들이 발전하고, 사회가 점점 더 복잡해짐에 따라 사람들은 지리 정보 시스템에 대하여 많은 변화를 요구하고 있다. 그 중에 한 부분이 바로 현실적이고 사실적인 정보의 제공 부분이다. 지리 공간 정보를 단순히 2차원 혹은 3차원 형태의 수치지도로써만 보여주는 것이 아니라, 현장에 있어서의 정보, 즉 실제 영상 정보와 연계하여 보여줄 수 있도록 요구하고 있는 것이다[10].

이러한 흐름에 의하여 등장한 비디오 지리 정보 시스템(Video Geographic Information System : Video GIS)[7]이란 기존의 컴퓨터 그래픽을 기반으로 하는 지리 정보 시스템이 아니라 비디오 영상을 기반으로 하여 직접 사용자와 상호작용이 가능하고 공간데이터를 분석하고 가공하는 시스템을 말한다. 또한 비디오 지리 정보 시스템을 통하여 사용자들은 기존의 지리 정보 시스템으로부터 얻을 수 있었던 정보 뿐 아니라 공간 지리 데이터가 실제로 어떠한 모습으로 존재하고 있는지에 대한 정보를 얻을 수 있다. 이러한 영상 정보를 통해서 사용자는 현실 세계와 컴퓨터상으로 표현되는 지리 공간 데이터의 관계성을 더 정확하고 빠르게 알아볼 수 있다[9].

비디오 지리 정보 시스템은 시대적인 요구와 기술적인 뒷받침으로 인하여 이제 시작되고 있는 분야라 할 수 있다. 본 논문에서는 이러한 비디오 지리 정보 시스템의 기술적 요인을 분석으로 현실 세계에서 실현가능한 기술을 제안하고자 한다. .

이를 위해서 본 논문에서는 비디오 데이터 획득 및 위치 측위를 위한 기술, 영상 처리 및 공간 지리 객체 추출을 위한 기술, 연계 정보 구축을 위한 기술 등을 활용하여 기존의 그래픽 처리에 의한 매핑방식에서 벗어난 외부표정요소를 직접적

인 방법에 의해 새로운 영상 매체에 의한 매핑방식에 대해 연구 하였다. 영상입력 매체를 통해 얻어진 정보는 수치사진측량 기법을 이용하여 카메라에 나타나는 모든 물체의 정확한 위치를 결정할 수 있다는 측면에서 기존의 모바일 매핑 시스템의 위치정보는 GPS 수신기에 의해서 결정되지만, 비교적 낮은 데이터 수신율(1Hz)과 최소 위성이 4개 보여야 한다는 단점 때문에 GPS만 사용하는 것은 바람직하지 않다는 관점에서 GPS의 단점을 보완하기 위해서, 짧은 시간 동안 높은 정확도의 위치와 자세 정보를 고주파로 얻을 수 있는 관성항법 시스템(INS)을 사용한 모바일 매핑 시스템은 GPS/INS의 위치 정보와 자세 정보를 이용하는 입체 영상 시스템이다[16], [26].

사람이 두 개의 눈으로 사물의 거리를 알아내는 것처럼, 두 영상에 나타나는 모든 물체의 위치정보를 알 수 있다. 모든 영상은 GPS/INS 장치에 의해 획득된 순간의 위치와 자세 정보를 갖고 있으며, 획득된 영상의 처리를 위해서 우선 도로에 대한 실제 관측 작업 전 각종 센서들의 상태와 상호간의 편이벡터와 회전각을 실험실에서 관측한다. 정지상태의 3차원 측량 타깃을 이용하여 카메라의 내부표정 요소인 초점거리, 주점 및 렌즈의 왜곡 매개변수와 외부표정 요소인 카메라 촬영 때의 위치와 자세를 결정할 수 있다. 본 논문에서 제시한 이러한 방식은 항공 삼각측량과 같이 외부표정 요소를 산출할 수 있으므로 CCD/GPS/INS를 통합하기 위해서도 필요한 과정이며, 외부표정 요소와 동일 시간대의 GPS/INS 통합결과의 편이 벡터와 회전 매트릭스를 계산하여 현장 측량에서 촬영된 모든 영상에 대한 외부표정 요소를 지상 기준점 없이 얻을 수 있다. 따라서 각종 정보를 필요로 하는 이용자에게 저비용으로 적절한 시기에 적절한 형태로 신속 정확하게 지원하여 의사결정에 도움을 줄 수 있다.

본 논문의 구성은 GIS기반 위에 사용자와 직접 상호작용이 가능하고 공간정보 및 비디오 영상을 기반으로 하는 Video GIS의 시대적 요구의 흐름과 함께 2장에서는 기존의 GIS와 3D Map 구현에 활용되는 기술을 바탕으로 위치데이터의 처리, SVG Map, 객체모델링 및 DB구축을 언급하였으며, 제3장에서는 모바일 매핑 시스템의 정의와 구조에 대해서 기술하고 영상 획득 과정과 좌표 측정 기법을 통한 PDA에서 공간 데이터 영상표현에 의한 영상정합 및 GPS 위치결정방법, 위치데이터 알고리즘을 다루기 위해 HBR-tree의 구조, 생성, 알고리즘 및 위치

데이터 인덱스에 대한 모바일 매핑 전반에 대한 방법론을 제시했으며, 4장에서는 3비디오데이터 획득 및 위치측위와 함께 3D Map 변환 영상처리, 데이터베이스의 설계 등을 다루었으며, 5장에서 비디오 데이터 및 연계정보 모델링을 통한 3차원 공간정보 구축 모델링 및 모바일 매핑 데이터베이스 설계 구현에 대한 결과를 분석하고, 6장에서 결론을 제시하여 구성하였다.



II. GIS와 3D Map

컴퓨터가 등장하기 이전에는 하나의 지도를 얻기 위해 수많은 수고와 시간을 투자하여 손으로 지도를 직접 만들어야 했다. 그러나 오늘날에는 컴퓨터 기반의 GIS에 의해 손쉽게 해결되고 있다. GIS의 적용은 인위적인 그리고 자연적인 환경사건의 분석에 유용하다. 예를 들면, USGS가 완성한 GIS는 1989년 알래스카 Exxon Valdez의 석유 유출사건의 공간적인 영향력을 분석하는데 도움을 주었다. GIS는 특히 자연 재해와 사회를 분석하는데 도움이 될 뿐만 아니라 국가들의 경제선과, 인간이 정착, 하천, 호수와 바다, 핵발전소 입지, 위험물 저장 위치, 그리고 다른 경제적 항목들에 미치는 영향에 대한 정보제공을 가능하게 해 준다. 최근의 GIS는 단순한 지도정보 제공이 아닌 좀 더 사실감을 가미하기 위하여 위치정보에 3D 매핑 기술을 활용하고 있으며, 이러한 GIS 기술은 이하의 처리기술에 의해 표현된다.

1. 위치데이터 처리

공간데이터는 양이 크고 복잡한 공간 연산을 필요로 한다. PDA에서 공간 데이터를 효율적으로 처리 및 검색하기 위해서는 데이터양을 감소시키고 공간 색인 기법을 적용한 저장 구조로 데이터를 변환하는 것이 필요하다. 팜 PDA는 공간 데이터를 수용할 수 있는 저장 공간이 적고 저장 구조가 데이터베이스 형태의 직접 접근이 가능한 순차적인 가변길이 레코드 단위의 저장 구조이다.

본 논문에서는 기존의 공간, 시공간 인덱스의 단점을 해결하는 새로운 위치 데이터 인덱스 방법을 제안한다. 본 장에서는 HB(Hash Based)R-tree의 동기 및 특성, 구조 알고리즘, HBR-tree를 이용하는 과거 위치 데이터 인덱스의 장점에 대하여 설명한다.

1) HBR-tree

이동 객체의 표현 방법은 이동 객체가 데이터베이스에 저장되는 대상에 따라 크게 이동 객체 위치를 저장하는 방법과 이동 객체에 대한 시간 함수를 저장하는 방법으로 나눌 수 있다.

첫 번째 방법은 이동 객체가 저장되는 기하학적 상태에 따라 점 데이터로 표현하는 방법과 선 데이터로 표현하는 방법으로 구분할 수 있다. 일반적으로 이동 객체는 주기적인 이동 객체 정보 수집을 통하여 점, 선 데이터 타입으로 저장될 수 있으므로 이동 객체를 공간 객체처럼 처리할 수 있다. 이동 객체를 공간 객체처럼 처리하게 되면 기존의 공간 인덱스를 이용하여 이동 객체를 인덱싱할 수 있는 장점이 있다. 그러나 이와 같은 방법은 이동 객체의 수가 증가할수록 변경 연산 비용이 크게 증가하는 단점이 있다.

두 번째 방법으로 이동 객체를 시간의 함수로 표현하는 방법은 첫 번째 방법에 비해서 인덱스 변경 비용이 비교적 적게 든다는 장점이 있다. 그러나 이동 객체의 변경을 정확히 표현하는 수식을 찾는 것이 어렵고, 질의 때마다 이동 객체의 위치를 복잡한 계산을 통해서 산출해내야 하는 문제점이 있다. 이동 객체의 위치는 2차원의 점으로 표현될 수 있으므로 기존의 공간 인덱스를 이용하여 인덱싱할 경우에 다음과 같은 문제가 발생한다. 고정 격자 파일은 이동 객체의 위치를 키 값으로 해쉬하는 방법을 사용하여 비교적 간단한 과정으로 인덱스가 가능하다는 장점이 있다.

그러나 데이터 집합이 비정규 분포(특정 지역에 밀집)일 경우 특정 셀에 지속적인 오버플로우가 발생하여 인덱스의 성능이 저하되는 문제가 발생한다. 이동 객체는 주기적으로 이동하기 때문에 밀집 지역을 빈번하게 발생시키기 때문에 고정 격자 파일의 성능 저하가 우려된다.

R-tree는 높이 균형 트리 구조이기 때문에 데이터의 분포와 관계없이 일반적으로 검색에 우수한 성능을 나타내지만, 이동 객체의 계속되는 위치 이동으로 인해 인덱스의 변경이 발생하고, 인덱스의 빈번한 변경으로 전체적인 인덱스의 성능 저하가 나타난다. 이와 같은 문제의 원인은 공간 인덱스가 변경이 극히 적은 정적 데이터를 기반으로 설계되어 검색에는 효과적이지만 삽입이나 갱신이 빈번한

위치 데이터의 연산에는 적합하지 않은 구조를 갖고 있다. 이동 객체의 위치 변경으로 인한 빈번한 인덱스의 갱신 문제는 해쉬 함수를 이용한다.

이동 객체의 위치 변경은 대부분 기존 공간 객체의 변경으로 볼 수 있다. 기존의 공간 인덱스는 대부분 갱신 연산보다는 검색 연산을 중점적으로 고려하였으나, 이동 객체 데이터베이스에서는 빈번한 갱신 연산을 고려한 인덱스 구조가 필요하다. 공간 객체의 위치 변경은 트리 기반의 인덱스 구조에서 삭제 후 재 삽입 연산으로 이루어진다. 트리 기반의 인덱스에서 삭제와 재 삽입 연산은 인덱스의 병합과 분할을 초래하기 때문에 위치 변경이 빈번한 이동 객체를 위한 인덱스로는 적합하지 않다. [표 1]과 [표 2]는 해쉬 인덱스를 이용하는 방법과 R-tree를 이용하는 방법의 장단점에 대하여 각각 설명한다.

표 1. 해쉬 인덱스의 방법

구분	특성
장점	이동 객체의 위치를 키 값으로 해쉬하는 방법을 사용하여 비교적 간단한 과정으로 인덱스가 가능하고 검색이 빠름
단점	데이터 집합이 비정규 분포(밀집)일 경우, 특정 영역 셀에 지속적인 오버플로우가 발생하여 인덱스의 성능이 저하되는 문제가 발생함
	해쉬 인덱스를 구성할 전체 영역에 대한 설정이 어려움(예, 영역의 범위가 최소값과 최대값 여부에 따라 다름)
	밀집 지역에서의 해쉬는 셀 간의 거리가 짧아야 하고 이동 객체가 없는 곳에서는 셀 간의 거리가 길어야 함(즉, 다른 해쉬 함수를 사용할 수 있어야 함)

표 2. R-tree 방법

구분	특성
장점	R-tree는 높이 균형 트리 구조이기 때문에 데이터의 분포와 관계 없이 우수한 성능을 나타냄
단점	이동 객체의 계속되는 위치 변동으로 인한 인덱스의 빈번한 갱신으로 전체적인 인덱스의 성능 저하가 발생함

일반적으로 이동 객체에 대한 현재 인덱스를 구성할 경우에 이동 객체의 특성에 따라서 그룹을 지을 수 있다. 즉, 지하철을 타고 가는 경우, 버스를 타고 가는 경우, 고속도로를 가는 경우, 인도를 걷어가는 경우 등 대부분의 경우는 동일한 영역을 일정하게 이동하다가 새로운 이동 객체의 추가 및 다른 영역으로 이동하는 이동 객체의 삭제가 일어나게 된다. 그러므로 그룹에 대한 MBR을 이용하여 해쉬 테이블을 구성하고 이에 대한 MBR 정보를 R-tree를 이용하여 구성하게 되면 기존의 해쉬 기반 공간 인덱스의 단점을 해결할 수 있고, 또한 R-tree의 문제점인 인덱스의 빈번한 변경으로 인한 전체적인 인덱스의 성능 저하가 발생하는 문제점도 해결할 수 있다.

2) HBR-tree의 구조

HBR-tree는 기존의 R-tree의 장점과 해쉬 인덱스의 장점을 동시에 수용하고 있으며, HBR-tree는 R-tree의 해쉬 인덱스에서 확장된 개념으로 HBR-tree의 구조는 [그림 1]과 같다.

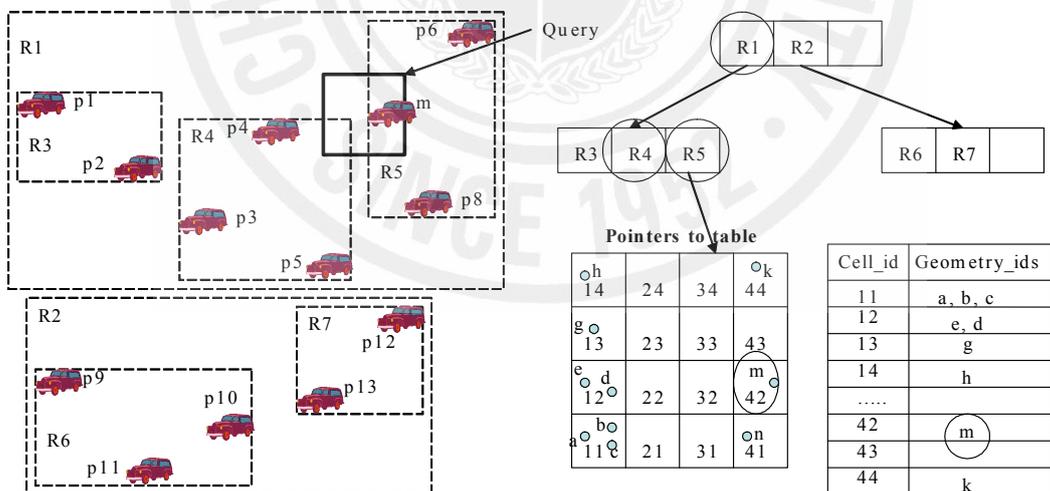


그림 1. HBR-tree의 구조

HBR-tree에서 영역에 대한 질의가 들어오면 R-tree의 트리에서 해당하는 MBR을 검색하게 된다. [그림 1]에서와 같이 R1의 전체 영역 중 질의에 포함되는 R4

와 R5를 검색한 후 해쉬 테이블에서 m을 구하게 된다. 일반적인 위치 데이터의 갱신은 해쉬 함수에서 일어나고, 이에 대한 전체적인 MBR의 검색은 R-tree에서 일어나게 되므로 빈번한 이동 객체의 변경에도 빠른 처리가 가능하게 된다.

3) 해쉬 테이블의 생성

HBR-tree에서는 전체 공간 도메인을 해쉬 함수를 통해 작은 범위로 축소시키게 된다. 예를 들면, 특정 지역의 지도를 가로, 세로의 일정한 영역으로 나누었을 때 각각의 격자는 해쉬 테이블의 하나의 셀(cell)에 매핑될 수 있다. 즉, d-차원을 구성하는 각 i축(단, $1 \leq i \leq d$)을 m_i 구간으로 나누어 전체 공간 도메인을 $k = m_1 \times m_2 \times \dots \times m_d$ 개 셀들의 집합으로 구성되는 공간으로 변환한다. d-차원 공간의 임의의 좌표는 (v_1, v_2, \dots, v_d) 와 같이 표현된다. 해쉬 테이블에서는 각 축의 값에 대한 공간 해쉬 함수 값들인 $(f_1(v_1), f_2(v_2), \dots, f_d(v_d))$ 을 해당 좌표의 셀 주소(cell address)로 사용한다. HBR-tree에서 사용하는 i축을 위한 공간 해쉬 함수 $f_i(v_i)$ 는 (식 2.1)과 같다. (단, $1 \leq i \leq d$).

$$f_i(v_i) = \frac{v_i - \min_i}{\frac{\max_i - \min_i + 1}{m_i}} \quad (\text{식 2.1})$$

\max_i 와 \min_i 는 각각 공간 데이터베이스에 존재하는 모든 공간 객체들의 i축의 값에 대한 최대값과 최소값이다. m_i 는 i축을 구성하는 구간의 수이다. 즉, i축은 m_i 개로 나누어진다. 그러므로 셀 주소는 $(0, 0, \dots, 0) \sim (m_1, m_2, \dots, m_d)$ 의 범위에 존재하게 된다. m_i 의 값이 $\Delta i (\max_i - \min_i + 1)$ 에 근접한다면, 즉 m_i 의 값이 커지면 셀의 크기가 작아지기 때문에 이동 객체는 밀집상태가 되어 오버플로우가 많이 발생하게 된다. m_i 의 값이 1에 근접한다면 즉, m_i 의 값이 작아지면 셀의 크기가 커져서 셀에 속하게 되는 이동 객체가 많아지게 되므로 인접한 이동 객체를 찾는 것이 쉽지만 메모리 공간을 많이 차지하게 된다. 그러므로 m_i 는 이동 객체의 밀집도에 따라서 결정하는 것이 바람직하다.

전체 공간 도메인은 해쉬 함수를 통해 작은 셀들로 나누어지고 각각의 셀들은

해당 셀에 소속된 공간 객체들의 개수와 객체에 대한 참조 포인터를 갖는다. 셀에 소속된 이동 객체는 다음과 같이 정의된다.

정의 1 (소속) : 다음과 같은 경우에 공간 객체 o 는 셀 c 에 소속된다. ($o \in c$ 로 표현). d -차원에 존재하는 점 공간 객체 o 의 좌표 값을 (v_1, v_2, \dots, v_d) 이라 하고 $cmin_i$ 와 $cmax_i$ 는 각각 셀 c 의 i 축에 대한 최소값과 최대값이라고 할 때 다음 조건을 만족하면 o 는 c 에 소속된다.

$$\forall i : cmin_i \leq v_i < cmax_i \quad (\text{단, } 1 \leq i \leq d) \quad (\text{식 2.2})$$

2차원 공간에서 이동 객체가 셀에 소속되는 예제를 [그림 2]에 나타내었다. [그림 3]에서 이동 객체 $o1$ 은 셀 주소가 (식 2.2)인 셀에 소속되어 있고 이동 객체 $o2$ 는 셀 주소가 (식 2.3)인 셀에 소속되어 있다.

○ 14○	24	34○	○ 44
○ 13	23	○ ² 33○	43
○12○	22	32	○ ¹ 42○
○ 11	○ 21○	31	○ 41

그림 2. 해쉬 테이블의 연관관계

정의 2 (인접) : 이동 객체 \bullet 와 동일한 셀에 소속된 이동 객체들은 이동 객체 \bullet 와 인접해 있다.

[그림 3]은 [그림 4]에서 사용된 이동 객체의 인접 관계를 보여준다. 여기서, 이동 객체 $o2, o3$ 는 인접해 있으나, 이동 객체 $o1, o4$ 는 인접해 있지 않다. [그림 4]에서 원의 영역으로부터 검색되는 이동 객체에 대하여 인접 질의가 요구된다면 검색되는 객체 $o2$ 가 포함된 셀은 (식 2.3)이고 이 셀에 소속되어 인접한 객체는 $o3$ 가 된다.

○14○	24	34°	○44
○13	23	○2○3○ ○33	43
○12○	○4 22	32	○1 ○42
○11	○2○1○ ○21○	31	○41

그림 3. 이동 객체 연관관계

○14○	24	34°	○44
○13	23	○2○3○ ○33	43
○12○	○4 22	32	○1 ○42
○11	○2○1○ ○21○	31	○41

그림 4. 이동 객체 검색

정의 3 (이웃) : K 를 모든 셀들의 집합이라고 할 때 $neighbor(c)$ 로 표현되는 셀 c 의 이웃은 다음과 같이 정의된다.

$$neighbor(c) = \left\{ cc \mid cc \in K \text{ and } |cc_{max_i} - c_{max_i}| \leq \left\lceil \frac{max_i - min_i + 1}{m_i} \right\rceil \text{ for } all i = 1, d \right\} \quad (\text{식 2.3})$$

이웃은 현재 선택된 이동 객체와 근접한 이동 객체가 이웃한 셀에 포함되어 있을 경우 이를 검색하기 위해서 사용된다. [그림 5]에서 이동 객체 o1이 포함된 셀 c 와 이웃하는 셀들은 $\{(2,1), (2,2), (2,3), (3,1), (3,3), (4,1), (4,2), (4,3)\}$ 이다.

○14○	24	34°	○44
○13	23	○33○	43
○12○	22	○ 32 ○1	○42
○11	○2○1○ ○21○	31	○41

그림 5. 이동 객체의 상관관계

정의 4 (이동) : 이동 객체의 위치 좌표 x, y 가 시간 t 에 대하여 다음과 같은 공식이 성립할 때 이를 이동이라고 한다.

$$\bar{x}(x) = \bar{x}(x_0) + \bar{v}_x(t - t_0), \text{ where } t \geq \text{now} \quad (\text{식 2.4})$$

$$\bar{y}(y) = \bar{y}(y_0) + \bar{v}_y(t - t_0), \text{ where } t \geq \text{now} \quad (\text{식 2.5})$$

위치 좌표의 이동은 점 객체의 이동에 대한 벡터 값이므로 $\bar{x}(t)$ 와 $\bar{y}(t)$ 는 특정 시간대에 이동한 위치 데이터의 좌표 x 좌표와 y 좌표를 의미한다. $\bar{x}(t_0)$ 와 $\bar{y}(t_0)$ 는 이동 객체의 처음 발생 위치 좌표를 나타내며, $\bar{v}_x(t - t_0)$ 와 $\bar{v}_y(t - t_0)$ 는 현재 시간 t 에 초기 시간 t_0 부터 이동한 거리의 벡터 값을 의미한다. [그림 6]은 이동 객체가 이동된 결과를 보여준다.

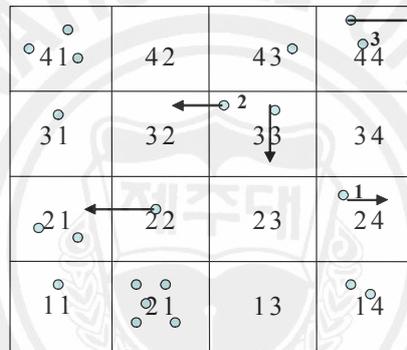


그림 6. 이동 객체의 결과

정의 5 (이탈) : 이동 객체가 시간이 흐름에 따라서 이동하게 될 경우 다음 조건을 만족할 때 이탈이라고 한다.

$$\exists i : \min_i > v_i \text{ or } \max_i \leq v_i \quad (\text{단, } 1 \leq i \leq d) \quad (\text{식 2.6})$$

[그림 19]의 경우 o_3 는 해쉬 테이블의 \max_i 값을 x 좌표가 벗어나 해쉬 테이블의 어떤 셀에도 소속되지 않으므로 이탈에 해당한다.

2. SVG Map

1) SVG Map 생성

SVG Map을 생성하기 위해 DXF와 Shape 포맷의 지도를 가공하여 변환할 수 있다. XML 그래픽 에디터(XML Editor for Graphics)인 XEG에 DXF 또는 Shape 형태의 지도를 읽어 들여, 목적에 맞게 지도를 가공하고 SVG 포맷으로 변환한다. 일반적으로 지도는 주제 레이어별로 다른 파일로 저장되는데, 이들을 효율적으로 관리하기 위해 XEG에 지도 레이어를 통제할 수 있으며, 다음의 [그림 7]은 다양한 지리정보를 필터링하여 SVG Map으로 변환하고, 웹 브라우저에서 활용되는 과정에 대한 개념도를 보여준다.

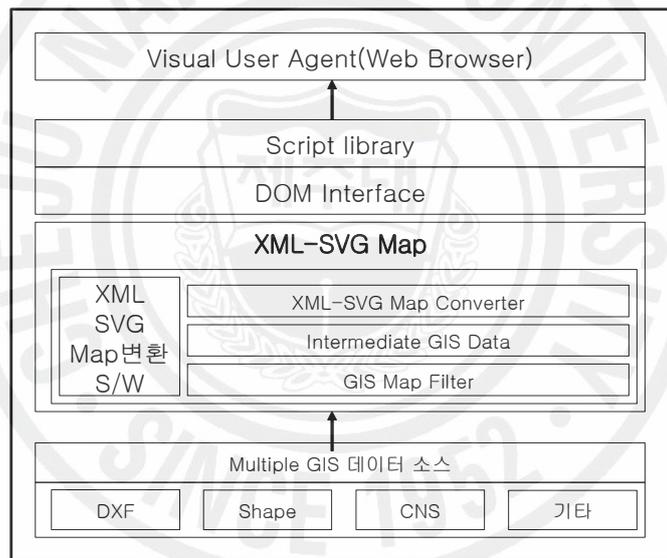


그림 7. XML/SVG Map 변환 소프트웨어 개념

2) SVG Map 변환

XML/SVG Map 생성 및 변환 프로그램을 XML 그래픽 에디터 XEG(XML Editor for Graphic)에 통합하였다. XEG를 이용한 SVG Map 제작과정은 다음과 같다.

(1) 수치지도 Import

[그림 8]은 국립지리원 DXF 수치지도를 읽어 들인 결과이다. 오른쪽 하단에 읽어 들인 모든 레이어의 이름이 나타나며, 선택된 레이어에 대하여 지도의 feature의 수정, 삭제 등의 편집을 할 수 있다. 또한 오른쪽 상단의 칼라 팔레트를 이용하여 선이나 면의 색을 변경할 수도 있으며, 선과 면에 대해 패턴을 바꿀 수도 있다. 그리고 도형 그리기 기능을 이용하여 새로운 feature 추가하는 기능도 제공한다. [그림 9]는 ESRI 사의 Shape 포맷의 수치지도를 읽어 들인 결과이며, [그림 10]은 지도의 feature와 연결된 DBF에서 원하는 속성을 선택하여 지도 레이어에 추가하는 기능을 보여주고 있다.

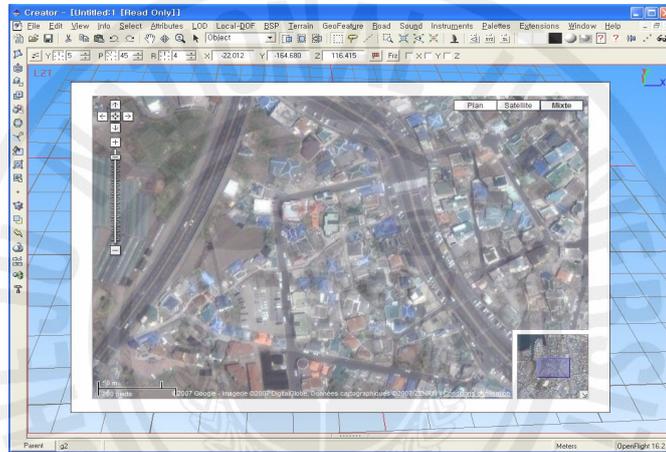


그림 8. DXF Import 화면

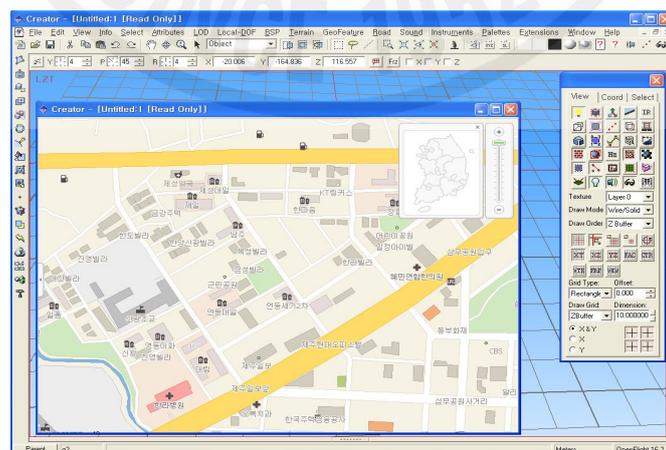


그림 9. Shape Import 화면

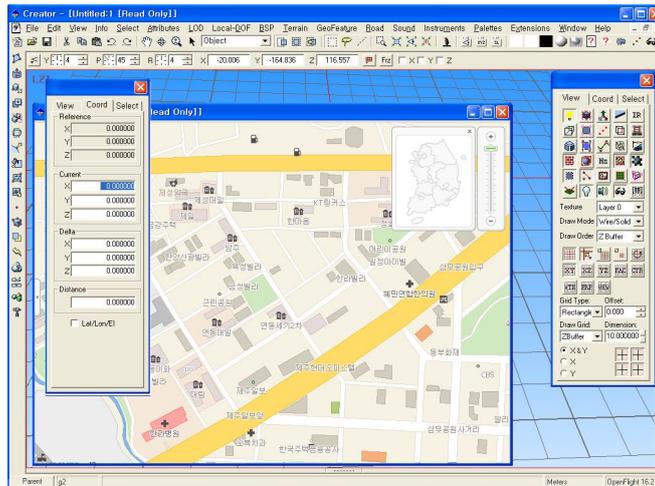


그림 10. feature와 DBF를 읽어 레이어 추가

(2) 수치지도 수정 및 심벌 삽입

텍스트의 칼라 등 속성을 바꾸기 위해 텍스트가 선택된 결과들을 보여준다. 다른 레이어에 대해서도 수정할 객체들을 마우스로 선택하여 칼라 등의 속성을 쉽게 변경할 수 있다. 또한 SVG Map 생성도구는 WMF, JPEG, GIF, BMP 등의 그래픽을 삽입하는 기능을 제공한다. 이 기능을 이용하여 외부에서 만들어진 다양한 그래픽 객체들을 삽입할 수 있다. 지도를 편집하여, SVG 포맷으로 Export하면 [그림 11]에서와 같이 웹 브라우저에서 SVG 지도를 볼 수 있다.

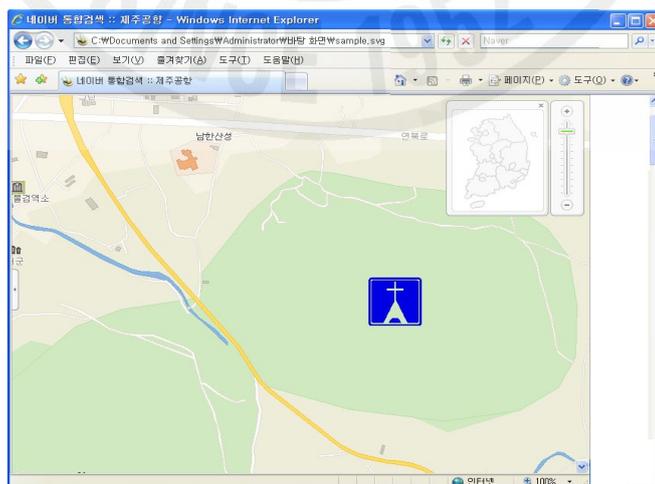


그림 11. SVG format을 웹브라우저로 출력

3. 객체 모델링 및 DB 구축

1) DXF 분석기

수치 지도화(digital restitution)는 측량용 항공사진 또는 위성영상의 지형지물을 해석도화기 또는 좌표 입력장치 부착도화기에 의하여 수치데이터로 축적하여 이를 컴퓨터로 수록하거나 수록된 데이터를 이용하여 정위치 편집, 구조화편집 또는 도면제작편집을 실시하는 것이다. 이 공정을 통해 국가 지리에 대한 정보를 저장한다[9], [32].

국가 표준 규격은 2차원 DXF 평면 데이터를 파싱하여 3차원으로 표현 가능한 데이터 집합을 분석하는 것이다. 즉, 건물, 지형, 도로 등과 같은 각각의 의미를 가진 3차원 데이터의 기초가 되는 정보를 [그림 12]와 같이 분석한다.



그림 12. DXF 분석

2) 객체 속성 추출기 및 객체 모델러

객체의 특성 즉 밑바닥의 크기 및 모양, 건물의 종류, 위치, 명칭 등을 추출하여 객체의 기본 값으로 할당한다. 객체 속성 추출기로부터 얻어진 데이터는 3차원 정보가 아니기 때문에 정확한 물체의 상태를 반영하지 못한다.

따라서 DXF 데이터에 존재하지 않는 객체의 특성, 예를 들어 객체의 크기, 높이 등을 모델러를 통하여 새로 생성함으로써 내비게이션의 생동감을 높일 수 있다. 또한 [그림 13]에서와 같이 3D MAX와 같은 상용 모델링 툴로 작성된 모델을

읽어 들여 새로운 객체를 삽입하거나 삭제하는 기능을 개발함으로써 모델 구축의 효율성을 높인다[5].

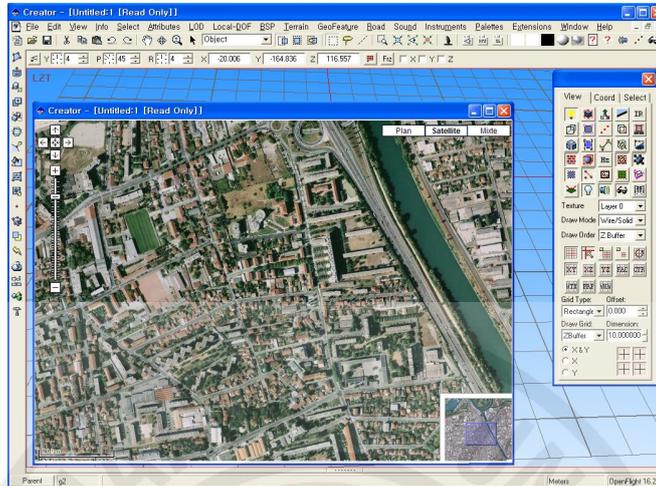


그림 13. 객체 속성 추출 및 객체 모델러

3) 도로망 그래프 추출기 및 통합기

2D DXF 파일은 개별적인 도로의 정보를 내포하고 있으나, 도로와 도로 사이의 관계, 또는 도로의 특성, 예를 들면 U턴 금지, 좌회전 금지 등을 내포하고 있지 않다.



(a)개별 DXF 데이터

(b)통합객체 및 건물, 도로

그림 14. 건물, 도로망 추출 및 통합

따라서 개별적인 도로를 통합하여 3D 통합 도로망을 구축해 주어야 하기 때문에 여러 DXF 파일을 통합하여 3D Map DB에 저장하기 위한 작업이 필요하다고 할 수 있다[그림 14].



Ⅲ. 모바일 매핑 시스템

1. 모바일 매핑 시스템[24]

다양한 지형지물, 도로시설물 및 교통정보를 획득, 저장, 관리, 활용하는 공간정보 기술의 개발은 범국가적으로 추진하고 있는 국가지리정보체계 및 교통정보체계 구축사업의 효율적인 추진 및 국내의 관련 사업에 대한 예산절감과 생산성 향상이 크게 기대된다. 더불어, 지형정보를 다루는 최첨단 기술을 개발하므로, 국제적으로도 시장 경제력을 강화하여 기술의 수출 등을 기대할 수 있다. 도로시설물정보 등 지형정보를 필요로 하는 프로젝트의 사업비중 80%는 정보를 구축하는데 소요된다고 일반적으로 알려져 있다.

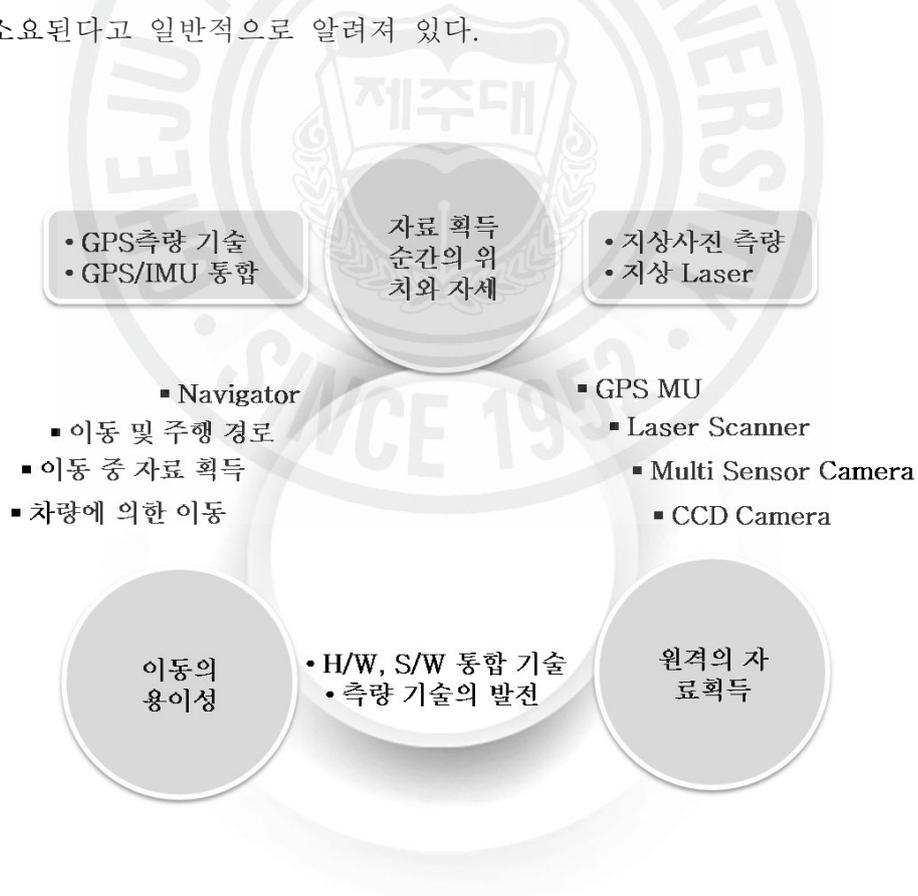


그림 15. 모바일 매핑 시스템의 정의

이처럼 많은 비용이 소요되는 부문에 대한 새로운 기술의 개발은 비용절감의 효과와 더불어 지형정보를 획득하는 소프트웨어의 해외 의존도를 낮추어 외화의 유출을 방지하고, 나아가 우리나라 실정에 적합한 기능을 갖춘 소프트웨어를 개발하여 경제적 산업적 측면에서의 적용 범위를 확대시켜 나갈 수 있다.

따라서 본 논문에서 제안하는 기존의 GIS에 디지털 이미지를 추가한 Video GIS의 모바일 매핑 시스템의 개략적인 구성도는 [그림 16]과 같다.



그림 16. 모바일 매핑 시스템 구성도

2. Video GIS의 기능 및 구조

Video GIS는 기존의 지리 정보 시스템이 제공하는 기능을 포함하며, 여기에 수치지도와 비디오 데이터들의 연계 정보를 기반으로 하는 기능들을 제공한다. 그 주요 기능은 다음과 같다[26].

1) 수치지도와 비디오 데이터의 양방향 연계

수치지도와 비디오 데이터의 양방향 연계란 수치지도 상의 공간 지리 객체와 비

디오 데이터에 나타나는 공간 지리 객체가 양방향으로 참조되어 수치지도를 통한 비디오 데이터의 검색, 관리와 비디오 데이터를 통한 수치지도 객체의 검색 및 관리를 가능하도록 하는 것을 말한다.

이러한 기능을 통하여 사용자는 특정 수치 지도 데이터의 실제 모습을 영상 데이터를 통하여 확인할 수 있으며, 수치지도의 관리 및 분석을 보다 쉽게 할 수 있다. 수치지도와 비디오 데이터의 양방향 연계를 위해서는 수치지도와 비디오 데이터에서 취득한 상호 참조 정보를 효율적으로 모델링 하는 것이 필요하며, 데이터 연계에 있어서의 성능 향상을 위해 수치지도 데이터와 비디오 데이터 및 연계 정보를 효율적으로 색인하는 것이 필수적이다.

2) 수치지도와 비디오 데이터의 연계 분석

수치지도와 비디오 데이터의 연계 분석이란 기존의 지리 정보 시스템이 제공하는 공간 분석 기능을 비디오 데이터를 통하여 제공하여 주는 것을 말하며, 이를 통하여 현실감 있는 공간 검색을 보다 가시적으로 사용자에게 제공해 줄 수 있다. 수치지도와 비디오 데이터의 연계 분석을 위해서는 수치지도와 비디오 데이터 사이의 연계 정보를 사전에 구축하는 것이 필요하다.

수치지도와 비디오 데이터의 연계 정보 구축 과정에서는 영상 처리 및 패턴 인식 등을 통하여 비디오 데이터에서의 공간 지리 객체를 추출하며 추출된 공간 지리 객체의 실제 지상에서의 좌표 계산 및 추출이 이루어진다.

3) 수치지도와 비디오 데이터의 연계 정보 제공

수치지도와 비디오 데이터의 연계정보 제공에 있어서 비디오 지리 정보 시스템을 통하여 구축된 수치지도와 비디오 데이터 사이의 연계 정보는 다른 응용 프로그램에서 사용할 수 있도록 했다.

특정 수치지도와 비디오 데이터의 연계 정보는 Mobile GIS, Web GIS 등의 지리 정보 시스템의 응용과 기타 LBS(Location Based Services)[4] 등의 응용에서, 수치지도 데이터의 현장 정보를 제공하고 수치지도와 비디오 데이터의 상호 분석이 필요한 곳에 사용된다[29].

표 3. 비디오 지리정보 시스템의 주요 기능

수치지도와 비디오 데이터의 양방향 연계 출력	<ul style="list-style-type: none"> • 수치지도로부터 비디오 데이터로의 연계 및 이를 통한 비디오 데이터의 검색, 출력 편집 • 비디오 데이터로부터 수치지도로의 연계 및 이를 통한 수치지도의 검색, 출력 및 관리
수치지도와 비디오 데이터의 연계 분석	<ul style="list-style-type: none"> • 비디오 데이터를 통한 수치지도의 공간 분석 기능 제공
수치지도와 비디오의 연계 정보 제공	<ul style="list-style-type: none"> • GIS LBS의 응용 등 기타 응용프로그램을 위한 비디오 데이터 및 수치지도와 비디오 데이터의 연계 정보를 제공

[표 3]에서 언급한 기능들을 제공하기 위한 비디오 지리 정보 시스템은 다음과 같은 기능을 제공한다.

■ 수치지도 출력 편집, 속성 데이터 출력 편집

수치지도 데이터를 2D 혹은 3D 형식으로 출력, 편집, 관리하며, 공간 지리 객체의 여러 속성 정보들을 출력 편집한다.

■ 비디오 벡터 데이터 출력 편집

이미지 비디오 데이터를 출력, 관리한다. 또한 수치지도 데이터와 비디오 데이터 사이의 연계 정보의 일부로서 공간 지리 객체의 위치 및 모양을 이미지 비디오 데이터 상에 벡터 형태로 나타내어 주고 이를 편집 및 관리한다.

■ 수치지도와 비디오 데이터의 연계 분석[26]

수치지도를 통한 비디오 데이터의 참조나 비디오 데이터를 통한 수치지도의 참조를 제공함으로써, 비디오 데이터를 기반으로 하는 공간 분석 연산을 지원한다. 또한 [그림 17]은 비디오 지리 정보 시스템의 대표적 구조를 보인다.

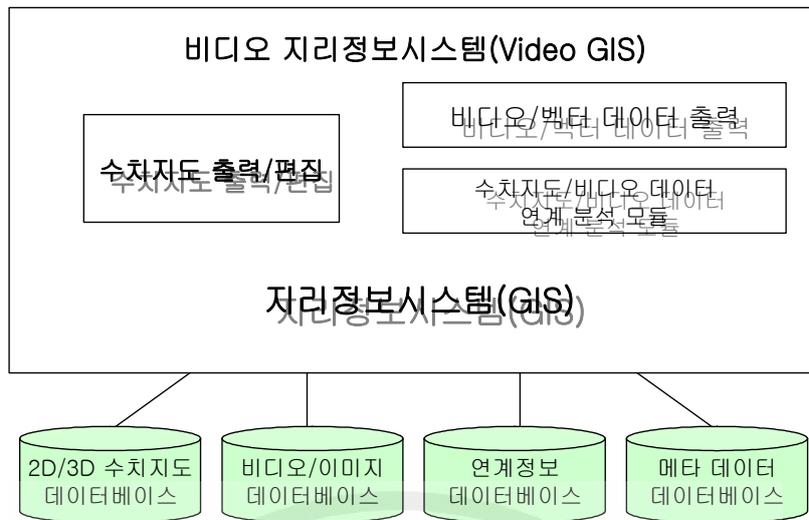


그림 17. 비디오 지리정보 시스템 구조

3. 이동객체의 위치 데이터 처리

이동 객체의 위치 데이터를 처리하기 위해서는 단일한 해쉬 테이블을 사용하면 많은 이동 객체를 하나의 해쉬 테이블 내에 저장하기 어렵다는 단점이 있다. 이를 해결하기 위해서는 해쉬 테이블 내에 저장될 수 있는 이동 객체수를 제한하거나 여러 개의 해쉬 테이블을 이용하여 이동 객체의 위치 데이터를 저장하도록 했으나 해쉬 테이블의 이동 객체수를 제한한다는 것은 효과적이지 못하다는 측면에서 위치 데이터가 여러 개의 해쉬 테이블 중에 어느 해쉬 테이블에 존재하는지를 판단하기 위한 방법에 대한 제시를 했다.

일반적으로 이동 객체의 위치 데이터를 획득하게 되면 특정 시간에 획득된 이동 객체를 그룹으로 관리하게 되는데, 그룹으로 발생된 위치 데이터들의 MBR을 알 수 있기 때문에 그룹으로 발생된 위치 데이터를 해쉬 테이블에 저장하고 이 해쉬 테이블의 MBR을 이용하여 R-tree를 구성하게 되면 위치 데이터의 빈번한 갱신은 해쉬 테이블에서 처리되고 해쉬 테이블의 관리 및 영역 질의는 R-tree를 이용하여 처리된다.

결론적으로 HBR-tree에서는 R-tree의 빠른 검색과 해쉬 테이블의 빠른 갱신을 동시에 얻을 수 있다.

1) HBR-tree의 생성

(1) 이동 객체의 위치 데이터 삽입

본 논문에서는 이동 객체가 일종의 그룹을 이룬 형태로 입력이 되는 것을 가정하고 있다. 실세계에서의 이동 객체는 일반적으로 그룹을 이루면서 동일한 궤적으로 이동한다. 즉, “100번 버스를 이용하는 시민들”은 버스의 이동하는 궤적에 따라 위치 데이터가 발생되게 된다. 그러므로 이러한 이동 객체의 위치 데이터는 위치 획득 단계에서 그룹으로 나누어 HBR-tree에 입력되게 된다.

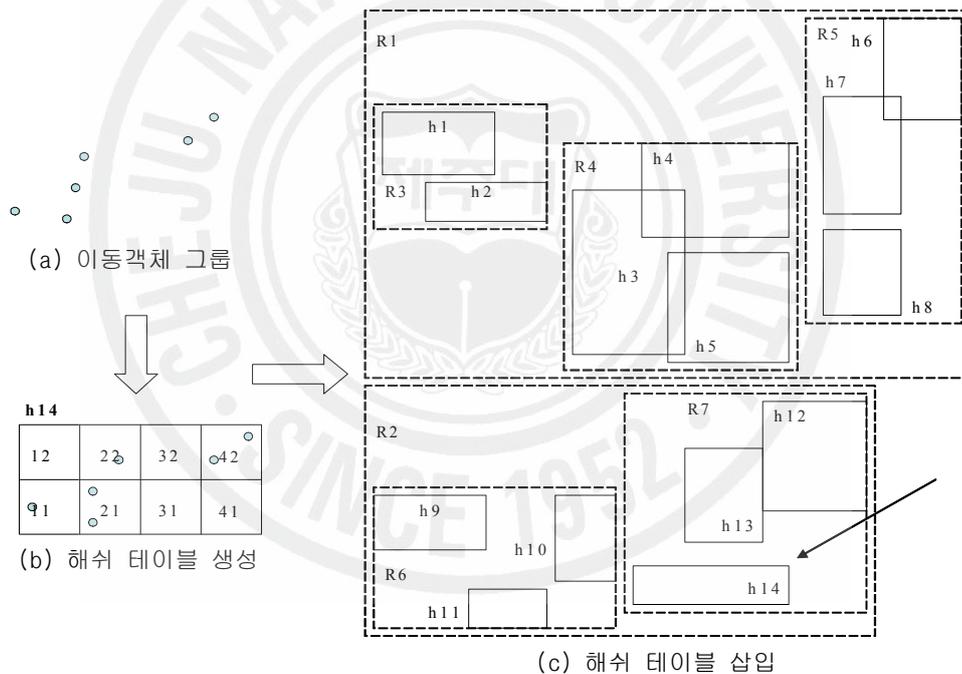


그림 18. 이동 객체의 삽입

특정 시간에 [그림 189](a)와 같은 새로운 위치 데이터 그룹이 삽입이 되면 [그림 18](b)와 같이 위치 데이터 그룹에 해당하는 해쉬 테이블이 만들어진다. 위치 데이터 그룹에 의해 생성된 해쉬 테이블 h14는 [그림 18](c)의 HBR-tree에 삽입이 된다. 삽입된 h14는 [그림 18]과 같이 R7의 자식 노드에 삽입이 된다. 만약 h14

에 소속된 위치 데이터를 검색하고자 한다면 루트 노드에 R2를 검색하고 R6, R7을 찾고, R6, R7을 검색하여 h14를 찾은 후 해쉬 함수를 이용하여 위치 데이터를 검색하게 된다.

(2) 이동에 따른 해쉬 영역의 분할 및 Lazy 갱신

이동 객체의 그룹이 이동할 경우 위치 획득 시간이 짧으면 [그림 19]와 같이 HBR-tree의 갱신이 빈번하게 일어나야 하는 경우가 발생한다. [그림 19]에서는 이동 객체 그룹(그룹: 버스, 승용차 등)이 이동을 함에 따라 R2, R3, R4, R5의 해쉬 테이블에 대한 MBR이 계속적으로 발생하는 경우를 예들 든 것이다. 이 경우에 HBR-tree에 대한 인덱스 갱신이 자주 발생되므로 비효율성이 발생하게 되는데 이를 해결하기 위해서는 위치 획득 시간을 늘리거나 lazy 갱신과 같은 방법을 수행하여 HBR-tree의 빈번한 트리 재조정을 막아야 한다.

본 논문에서는 lazy 갱신을 이용하여 인덱스 갱신이 빈번하게 일어나는 것을 해결하였다. 이동 객체의 위치 데이터를 획득하였을 때 해쉬 테이블이 [그림 20]과 같이 구성된다면 회색의 영역에 대하여 메모리 중복이 발생하게 된다. 이 경우에 중복되는 영역은 해쉬 테이블에서 동일한 영역을 동시에 가지기 때문에 불필요한 메모리 공간을 사용하게 되므로 HBR-tree에서는 분할(split)이 수행된다.

[그림 20]은 이와 같은 해쉬 테이블의 MBR이 중복되었을 경우 중복된 영역 R3가 분할되어 R4와 R5로 나뉘는 것을 보여준다.

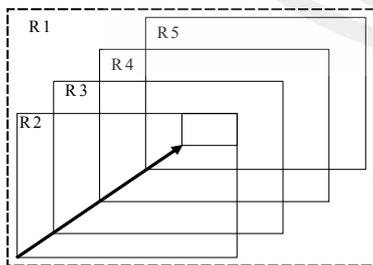


그림 19. Lazy 갱신

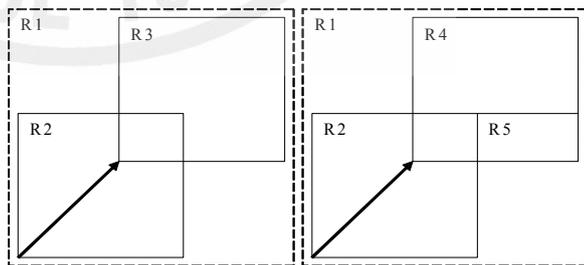


그림 20. 최소 해쉬테이블 영역

해쉬 테이블에 대한 MBR의 중복은 [그림 21]과 같은 경우도 있을 수 있다. 현재 이미 구성된 MBR R1에 R10에 대한 MBR이 삽입되었을 경우 R11에 있는 위치

데이터가 이미 구축된 HBR-tree에 소속되는 경우에는 이미 구축된 해쉬 테이블에 위치 데이터를 삽입하고 구축된 HBR-tree에 포함되지 않는 경우에는 소속되지 않는 위치 데이터가 형성할 수 있는 최소의 MBR을 별도로 구성한다.

[그림 21]의 경우에는 R11이 추가되면서 R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R9, R10의 해쉬 테이블에 소속된 위치 데이터는 이미 생성된 HBR-tree에 삽입되고 이에 소속되지 않은 위치 데이터는 별도의 해쉬 테이블을 만들고 그에 대한 MBR인 R12와 R13이 HBR-tree에 새로 삽입된다.

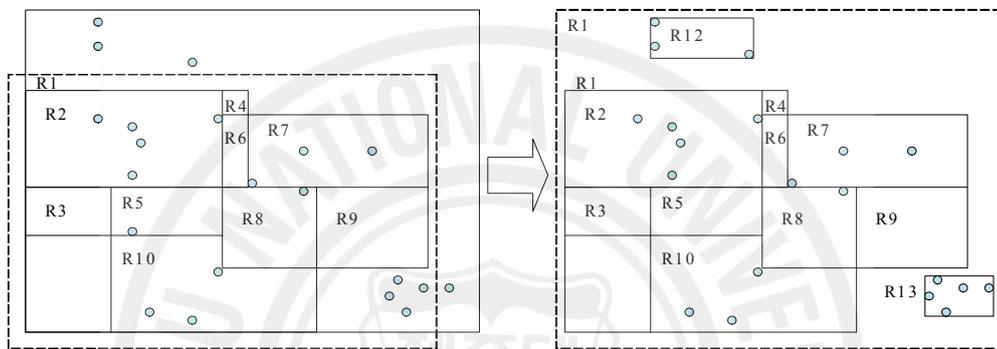


그림 21. 최소 해쉬 테이블 분할

(3) 다중 해쉬 함수의 사용

이전의 해쉬 인덱스에서는 지도 데이터의 좌표에서 최소값과 최대값을 이용하여 해쉬 테이블을 구성하였다. 이와 같은 경우 바다, 강, 농경지 등과 같은 이동 객체가 소속될 수 없는 셀에서는 메모리 공간의 낭비가 발생하게 되고, 또한 전 공간에 대하여 같은 해수 함수를 사용하기 때문에 이동 객체가 밀집되어 있는지 밀집되어 있지 않은지 판단하기 어려우며, 밀집된 지역에서는 해쉬 함수에 의해 오버플로우가 많이 발생하지만 밀집되지 않은 지역에서는 이웃된 몇 개의 셀에서도 이동 객체가 수십 개 정도밖에 되지 않는 경우가 발생한다.

이를 해결하기 위해서 본 논문에서는 밀집 지역과 비밀집 지역에서 서로 다른 해쉬 함수를 사용할 수 있도록 함으로써 위와 같은 문제를 해결하였다.

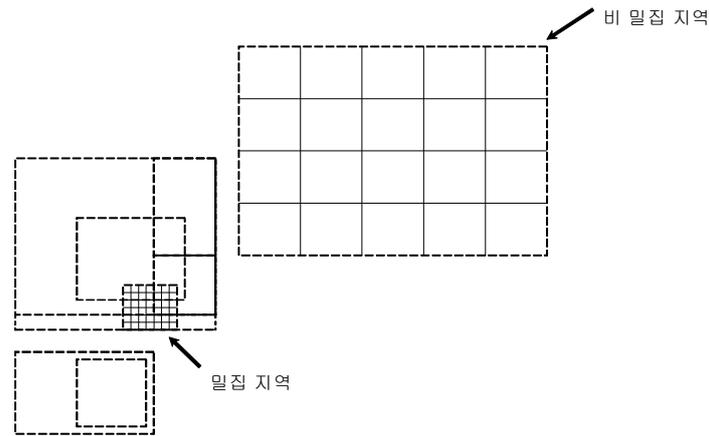


그림 22. 해쉬 테이블의 크기 영역

[그림 22]는 해쉬 함수에서 m_i 의 값을 늘릴 경우에 발생하는 해쉬 테이블의 크기를 보여주고 있다. m_i 의 값이 커지면 셀의 크기가 작아지는 밀집 지역이 발생하게 되고 m_i 의 값이 작아지면 셀의 크기가 커지는 비밀집 지역이 발생하게 된다. 밀집 지역에서는 셀의 간격이 작으면 작을수록 검색되는 양이 적어지기 때문에 하나의 이동 객체에 인접한 이동 객체를 신속히 검색할 수 있고, 비밀집 지역에서는 셀의 간격이 크면 클수록 쉽게 현재 셀 및 이웃된 셀에 소속된 이동 객체를 검색할 수 있게 된다.

2) HBR-tree의 알고리즘

현재 이동 객체의 위치 데이터 획득은 특정 시간의 간격에 따라 연속적으로 발생한다. 즉, 특정 시간에서의 동일한 시간 정보를 가지는 이동 객체들을 획득하여 삽입한 후 다시 특정 시간에서 동일한 시간 정보를 가지는 이동 객체들을 획득하여 삽입하는 작업을 반복하게 된다.

■ HBR-tree의 삽입 알고리즘

Algorithm InsertData(p)

Input p : array of points

Output The new HBR-tree that result after insertion of p

Begin

1. Calculate $MBR(p)$
2. Search R -tree to find predefined hash table.
3. If previous hash table is found, call $InsertIntoHash(p)$, else call $MakeNewHash(p)$
4. $e = MBR$ of p
5. $cn = root$
6. If cn is leaf stop.
7. From all entries in cn , choose the one e with smallest room.
8. $cn = e.ptr$, go to 6.
9. Insert e into cn . Call $SplitAndAdjust(cn)$.
 $SplitAndAdjust(cn)$
 1. If cn is overfull, call $Split(cn)$ to produce $cn1$ and $cn2$, replace cn 's old entry in its parent by $e1 = Union(cn1)$, $e2 = Union(cn2)$, call $SplitAndAdjust$ on cn 's parent.
 2. Otherwise, if $e = Union(cn)$ is different from cn 's old entry in its parent, replace the old entry with e , call $SplitAndAdjust$ on cn 's parent.

End

본 논문에서는 이동 객체를 삽입할 때 중간 노드의 사각형 영역이 최소로 증가하도록 하여 간접적으로 겹치는 영역을 줄이고, 삽입할 리프 노드에 오버플로우가 발생하였을 때 리프 노드에서 분할이 일어나게 하였다.

새로운 이동 객체를 삽입하고자 할 경우 가장 먼저 삽입되는 객체는 해쉬 테이블에 저장된다. 두 번째 이동 객체를 삽입할 때, 해쉬 함수를 이용하여 이전 이동 객체의 MBR 정보와 동일한 시공간 정보를 가지고 있을 경우 이전에 저장된 객체와 새로 삽입하고자 하는 이동 객체를 동일한 해쉬 테이블에 저장한다. 만약

이동 객체를 삽입할 때 해쉬 함수가 설정한 영역과 다른 영역에 저장되어야 한다면 별도의 해쉬 함수를 이용해 다른 MBR을 구성한다. 구성된 MBR을 R-tree에 추가한다. [표 6]는 해쉬 함수에서 이동 객체가 삽입될 때의 알고리즘을 보여준다.

HBR-tree에서 이동 객체를 검색하기 위한 알고리즘은 루트부터 시작해서 트리의 아래 방향으로 검색하며 질의 영역과 겹치는 중간 노드의 사각형들에 대해 대응하는 자식 노드들을 루트로 하여 재귀적으로 검색하는 방법을 사용한다. 이동 객체에 대한 점 질의 수행 순서 및 과정은 다음과 같다.

■ HBR-tree의 검색 알고리즘

Algorithm SearchData(W)

Input W : search window(MBR)

Output All object overlapping W

Begin

1. Start at the root
2. If current node is non-leaf, for each entry $\langle MBR, ptr \rangle$, if Consistent(MBR, W), search subtree identified by ptr
3. If current node is leaf, for each entry $\langle E, hid \rangle$, if E overlaps W , hid identifies a pointer of hash table MBR that overlaps W .
4. Find all objects in hash table.

End

HBR-tree에서 이동 객체를 삭제하기 위한 알고리즘은 루트부터 시작해서 트리의 아래 방향으로 검색하며 질의 영역과 겹치는 중간 노드의 사각형들에 대해 대응하는 자식 노드들을 루트로 하여 재귀적으로 삭제하는 방법을 사용한다. 이동 객체에 대한 삭제 수행 순서 및 과정은 다음과 같다.

■ HBR-tree의 삭제 알고리즘

Algorithm DeleteData(T, e)

Input T : HBR-tree rooted at node T , e : Index entry($id, hRect$)

Output The new HBR-tree that results after the deletion of e

Begin

1. Using the search procedure, find a leaf cn where entry e is located
2. Remove e from cn . Call *SplitAndAdjust*(cn).

SplitAndAdjust(cn)

1. If cn is underfull, deallocate the node cn remove cn 's entry its parent, call *SplitAndAdjust* on cn 's parent, and reinsert all cn 's entries of merge them into some other node
2. Otherwise, if $e = \text{Union}(cn)$ is different from cn 's old entry in its parent, replace the old entry with e , call *SplitAndAdjust* on cn 's parent.

End

3) HBR-tree를 이용한 과거 위치 데이터 인덱스

HBR-tree를 이용하게 되면 약간의 변형을 통하여 이동 객체의 과거 위치에 대한 정보를 지속적으로 저장할 수 있게 된다. 이것은 일반적으로 위치 기반 서비스에서 일어나는 질의의 종류가 현재 위치 검색뿐만이 아니라 이동 객체의 궤적을 구하는 질의도 사용되기 때문에 특정 시간 동안의 이동 객체에 대한 과거 위치 정보도 지속적으로 저장하고 있어야 한다.

즉, 이동 객체의 과거 위치에 대한 인덱스도 필요하다. 그러나 과거 위치 데이터 인덱스는 위치 데이터가 발생하는 만큼 지속적으로 인덱스를 유지하여야 하기 때문에 이를 유지하기 위한 비용이 크다.

본 논문에서는 이를 해결하기 위하여 다음과 같은 과거 위치 데이터 인덱스를 사용하였다. [그림 23]은 HBR-tree를 이용한 과거 위치 데이터 인덱스를 보여준다. 즉, 각 셀이 존재하는 이동 객체의 ID를 이용하여 특정 시간에 대한 객체들의 리스트를 지속적으로 유지하게 된다. 만약 특정 시간에 대한 이동 객체를 검

색하고자 하면 시간에 대한 리스트를 검색함으로써 이동 객체를 찾을 수 있게 된다.

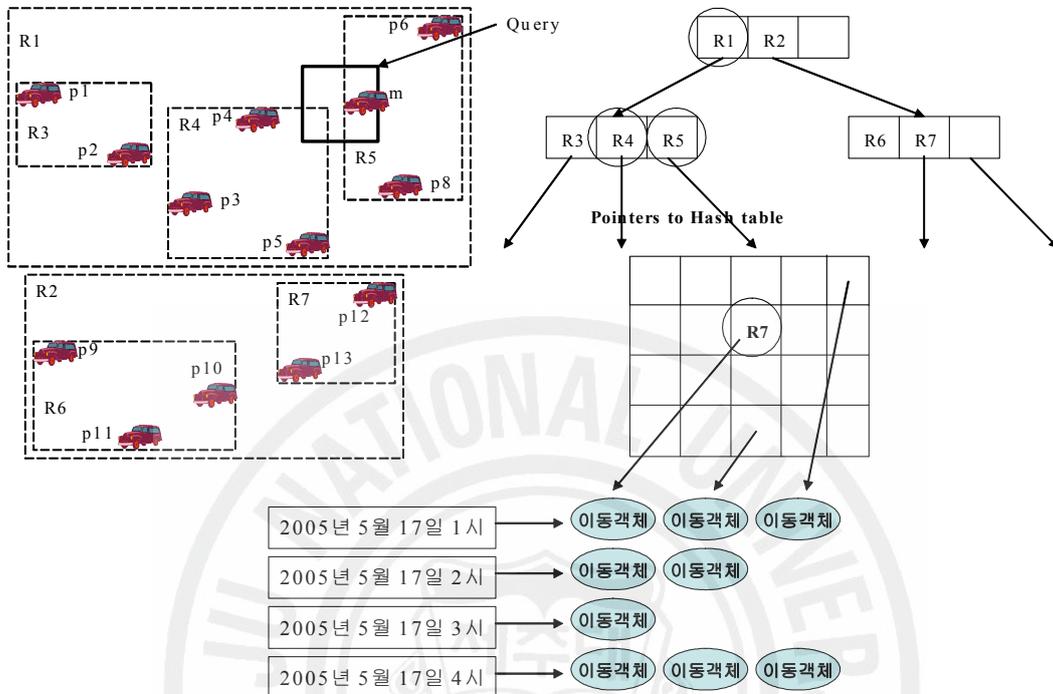


그림 23. HBR-tree를 이용한 빠른 위치 데이터 검색

[그림 23]에서 이동 객체 p7에 대한 현재 위치 데이터는 HBR-tree에서 지속적으로 갱신된다. 그리고 현재 위치 데이터가 갱신되는 순간에 이전의 현재 데이터는 과거 위치 데이터가 되고 과거 위치에 대한 데이터는 시간의 리스트에 계속적으로 추가된다. 만약, 시간의 궤적에 대한 질의가 요구되면 우선 시간에 대한 과거 위치 데이터의 리스트를 얻은 후, 리스트를 순차적으로 검색하면서 시간 궤적에 해당하는 과거 위치 데이터를 검색하게 된다.

4. 영상정합

1) CCD의 영상취득

CCD(Charge-Coupled Device)는 전체영역을 감지할 수 있는 부분을 가지고 있기 때문에 한 번에 전체영역을 감지할 수 있다. 내부 반도체 속에 불연속이며 고정 상태의 감지기가 부착되어 있고 매우 정밀하게 만들어져 있어서 주사선에서 각 감지기는 전산기에 의해 직접적으로 읽는 것이 아니라 우선 선형과를 형성한 후 영상을 취득하게 된다[24].

$$\begin{aligned} I + n_I(t) &= v_x x \\ J + n_J(t) &= v_y y \end{aligned} \quad (\text{식 3.1})$$

v_x, v_y 는 각각 x, y 방향의 영상취득 비율이고, $n_I(t)$ 와 $n_J(t)$ 는 대개 적은 값을 갖는다. CCD는 양호한 기하학적 속성을 가지고 있어서 사진측량용으로 적합하며, 실시간으로 영상을 취득할 수 있다. 따라서 실시간 사진측량 적용을 위해서 적합한 사진기이다. 그러나 현재 일반적으로 사용되는 2차원 CCD는 대개 512×512 영상화소의 해상도를 가지고 있기 때문에, 사진 측량을 광범위하게 응용하기에는 해상도가 떨어진다는 단점이 있다[25].

CCD 사진기의 영상취득은 [그림 24]와 같은 원리로 대상물에서 반사된 빛은 CCD 사진기의 렌즈에 의해 연속신호로 수집되고 CCD 센서가 강도를 감지함으로써 수집된 빛은 아날로그 전압신호로 전달된다. 이 신호가 A/D 변환자에 의해 수치정보로 변환이 이루어지는데, 관측목적에 위하여 이 강도는 전형적으로 0(black)에서 255(white) 범위의 그레이스케일로 변환된다. 일반적으로 CCD 사진기를 이용하여 수치영상을 얻기 위해서는 컴퓨터 영상보드의 프레임 포착기(frame grabber)가 A/D 변환을 수행하며 모니터 상에 영상을 출력한다.

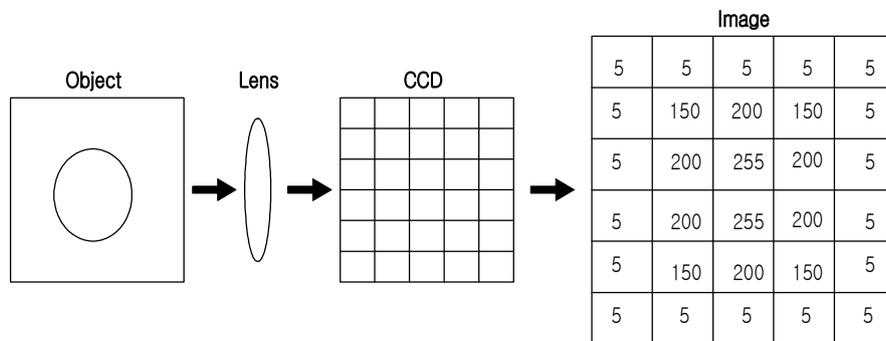


그림 24. CCD 사진기의 영상취득 원리

2) 영상 좌표 측정

(1) 수치영상 좌표체계[16]

수치영상에서 측정된 타깃좌표는 화소 좌표계와 관련되며 [그림 25]에서 나타낸 바와 같이 좌측 최상단의 픽셀 모서리가 원점이고, 수치영상에서 x축에 평행한 행과 y축에 평행한 열을 갖는다. 이들의 원점은 중심, 즉 주점의 위치와 일치하는 곳으로 이동되어야 하며, 화소에서 영상좌표로의 변환은 화소 대 영상좌표 변환을 거쳐 결정된다.

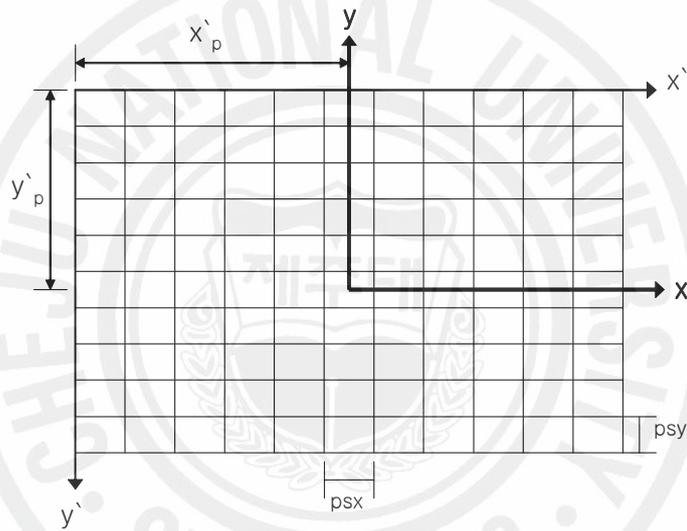


그림 25. 화소 좌표계와 사진좌표계

$$x = (x' - x'_p) \times psx \quad (\text{식 3.2})$$

$$y = (y' - y'_p) \times psy$$

여기서 x, y : 타깃좌표(상좌표)

x', y' : 화소좌표

x'_p, y'_p : 화소에서 주점의 위치

psx, psy : x 와 y 의 화소간격

(2) 수치영상 좌표측정[16]

영상에서 타깃 이미지의 도심(centroid)은 무게중심과 1차 모멘트를 계산함으로써 결정될 수 있으며, 도심 위치결정 기법은 원형 또는 타원형의 타깃 영상에 대한 부화소(subpixel) 위치를 결정하는 접근방법 중의 하나이다[31].

이진영상으로부터 얻어지는 타깃들의 초기 위치는 타깃 주변의 작은 사각형 윈도우 내에 배열되고, 타깃으로부터 배경을 저하시키고자 적당한 역치처리가 이용되며, 윈도우에서 타깃영상의 도심은 다음 (식 3.3)에 의해서 계산된다.

$$\begin{aligned}x_c &= \frac{1}{M} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m j \cdot g_{ij} \\y_c &= \frac{1}{M} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m i \cdot g_{ij} \\M &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m g_{ij}\end{aligned} \quad (\text{식 3.3})$$

g_{ij} 는 i 번째 행과 j 번째 열에 위치한 화소의 농담강도로서 0 또는 1의 값을 갖지만, 일정하지 않은 배경은 타깃영상의 불균형을 이루고 있어, 타깃영상 좌표의 측정결과, 윈도우 크기, 위치 및 역치가 변화함에 따라 화소의 편위를 발생시킬 수 있다[32]. [그림 26]은 직경 5mm 원형 CCD카메라 타깃영상의 종단도를 나타

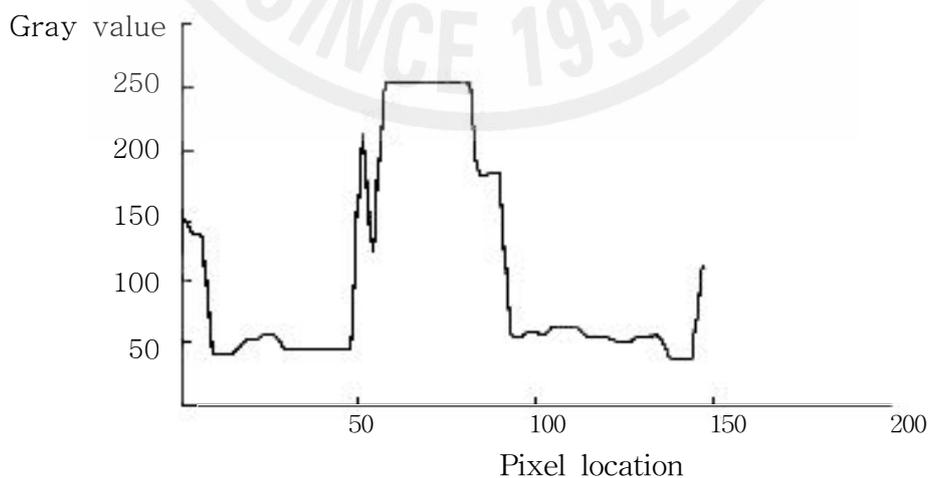


그림 26. 타깃 영상의 종단도

내며, 타깃의 강도 값(higher intensity)들이 배경의 영향을 감소시키기 위하여 계산에서 더 큰 경중률로 주어졌다. 전술한 바와 같이 (식 3.3)에 의한 도심 위치결정은 부정확함이 입증되었으므로 이를 보완한 강도의 경중률, 즉 밝기 값을 고려한 식에 의해 정확한 도심 위치를 결정할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 x &= \frac{1}{M} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m j \cdot g_{ij} \cdot w_{ij} \\
 y &= \frac{1}{M} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m j \cdot g_{ij} \cdot w_{ij} \quad (\text{식 3.4}) \\
 M &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m g_{ij} \cdot w_{ij}
 \end{aligned}$$

g_{ij} 는 각 화소의 농담강도 값이고 $w_{ij}=g_{ij}$ 이다.

(3) 2차원 좌표변환

2차원 변환에 있어서 아핀 변환(Affine Transformation)은 [그림 27]에서 보는 바와 같이 하나의 선분에서 하나의 선분으로 변환하며, 확대, 축소, 회전, 평행 이동, 반사 및 크기 변형이 가능하며, (식 3.5)와 같이 좌표축 회전, 비직교성 회전, 축의 축척변환에 따른 선형편위의 보정에 이용된다. 평면에 좌표의 개념을 도입하면 x, y 에 대한 관계식과 도형 사이에 일대일 대응이 이루어진다.

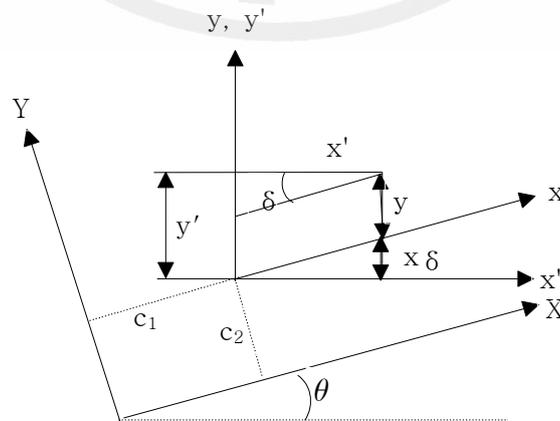


그림 27. Affine 변환

본 논문에서 사용된 수치영상을 평행광선으로 주어진 도형은 비쳐서 그 도형과 평행하지 않은 평면(beta) 에 그림자를 비치는 경우를 생각해 보자. 처음의 도형 S가 정사각형이라면 평면(beta) 위에 만들어진 그림자 S' 은 평행사변형이 됨을 알 수 있다. [그림 26]에서 (식 3.5)의 결과를 얻을 수 있다.

$$X = ax + by + c \quad (\text{식 3.5})$$

$$Y = dx + ey + f$$

위의 (식 3.5)는 다음과 같은 식들에 의해서 유도된다.

$$x' = x \cos \delta = x \quad (\text{식 3.6})$$

$$y' = y + x \sin \delta = y + x \delta$$

(식 3.6)은 (식 3.7)의 행렬식으로 표현할 수 있으며,

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \delta & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = M_{\delta} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} \quad (\text{식 3.7})$$

축척변환과 평행이동을 고려하여 (식 3.8), (식 3.9), (식 3.10)로 나타낼 수 있다.

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ \delta & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \lambda_x x \\ \lambda_y y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \end{pmatrix} \quad (\text{식 3.8})$$

$$X = \lambda_x (\cos \theta - \delta \sin \theta) x - (\lambda_y \sin \theta) y + c_1 \quad (\text{식 3.9})$$

$$Y = \lambda_y (\sin \theta + \delta \cos \theta) x - (\lambda_y \sin \theta) y + c_2$$

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b \\ d & e \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} c \\ f \end{bmatrix} \quad (\text{식 3.10})$$

(식 3.10)은 간단히 (식 3.1)로 표시할 수 있다. 아핀 변환은 사진측량에 일반적으

로 사용되며, 6개의 매개변수를 가진다. 따라서 최소한 3개의 기지 기준점을 필요로 한다[8], [15].

3) 직접선형변환

직접선형변환(direct linear transformation : DLT)[6]은 공선조건으로서 근거리 사진측량의 좌표관측기(comparator)에 의하여 관측된 좌표를 직접 사용하며, 또한 이 방법은 일반적인 공선조건식의 내부와 외부 표정요소를 필요로 하지 않는다. 이는 첫째, 좌표관측기에서 지상좌표계로 직접 변환할 수 있다는 것이며, 둘째, 선형방정식으로서 근사 값을 필요로 하지 않는다는 것이다.

일반적으로 좌표관측기의 좌표로부터 타깃좌표를 계산하는데 사용되는 부등각 사상변환과 공선조건을 결합하여 (식 3.11)로 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} \bar{x} &= x_p - C_x \frac{r_{11}(X-X_0) + r_{21}(Y-Y_0) + r_{31}(Z-Z_0)}{r_{13}(X-X_0) + r_{23}(Y-Y_0) + r_{33}(Z-Z_0)} \\ \bar{y} &= y_p - C_y \frac{r_{12}(X-X_0) + r_{22}(Y-Y_0) + r_{32}(Z-Z_0)}{r_{13}(X-X_0) + r_{23}(Y-Y_0) + r_{33}(Z-Z_0)} \end{aligned} \quad (\text{식 3.11})$$

여기서, \bar{x}, \bar{y} : 타깃좌표

x_p, y_p : 주점좌표

c_x, c_y : 초점거리

r_{11}, \dots, r_{33} : 회전행렬

X, Y, Z : 대상물좌표

X_0, Y_0, Z_0 : 투영중심의 위치이다.

(식 3.11)에서 일반적인 공선조건식과의 차이는 두 개의 초점거리 c_x 와 c_y 가 있다는 것과 X축 방향과 Y축 방향으로 각기 다른 초점거리가 존재한다는 것을 알 수 있다. 이것은 부등각 사상변환의 축척계수에 대응하는 것으로 다른 4개의 부등각사상변환의 매개변수는 공선조건식의 다른 매개변수에 포함되어 있다. 만약, 좌표관측기의 좌표(x, y)를 지상좌표계 (X, Y, Z)의 함수로 나타내면 (식 3.12)과 같다.

$$\begin{aligned} x &= \frac{L_1 X + L_2 Y + L_3 Z + L_4}{L_9 X + L_{10} Y + L_{11} Z + 1} \\ y &= \frac{L_5 X + L_6 Y + L_7 Z + L_8}{L_9 X + L_{10} Y + L_{11} Z + 1} \end{aligned} \quad (\text{식 3.12})$$

(식 3.12)에서 $L_1 \cdots L_{11}$ 는 직접선형변환계수이다[21].

지상좌표계에 관한 계수들인 $L_1 \cdots L_{11}$ 은 선형이고 외부와 내부표정요소를 갖는다. 그리고 6개의 외부와 3개의 내부표정요소를 갖는 일반적인 공선조건보다 더 많은 11개의 매개변수를 필요로 함을 알 수 있다.

$$\begin{aligned} L_1 &= (x_p r_{13} - c_x r_{11})/L \\ L_2 &= (x_p r_{23} - c_x r_{21})/L \\ L_3 &= (x_p r_{33} - c_x r_{31})/L \\ L_4 &= x_p + c_x (r_{11} X_0 + r_{21} Y_0 + r_{31} Z_0)/L \\ L_5 &= (y_p r_{13} - c_y r_{11})/L \\ L_6 &= (y_p r_{23} - c_y r_{21})/L \\ L_7 &= (y_p r_{33} - c_y r_{31})/L \\ L_8 &= y_p + c_y (r_{11} X_0 + r_{21} Y_0 + r_{31} Z_0)/L \\ L_9 &= r_{13}/L \\ L_{10} &= r_{23}/L \\ L_{11} &= r_{33}L \end{aligned} \quad (\text{식 3.13})$$

2개의 부가적인 계수는 부등각 사상변환에서의 필름 변형을 의미하며, 11개의 매개변수는 (식3.13)과 같이 외부와 내부표정요소의 함수로 표시할 수 있다[18], [22].

관측 대상에 대해서 11번 이상의 관측이 가능하면 이 매개변수들은 최소 제곱조건에 의하여 구할 수 있다. 11개의 미지항에 대하여 해를 구하고 각각의 관측된 영상점이 2개의 방정식으로 만들어 지기 위해서는 최소 6점의 지상 기준점들이 필요하다. (식 3.13)에서 L 는 (식 3.14)로 표현된다.

$$L = -(r_{13}X_0 + r_{23}Y_0 + r_{33}Z_0) \quad (\text{식 3.14})$$

따라서 이는 직접선형변환의 관측방정식은 선형으로 구성되어 있음을 의미하며, (식 3.12)의 타깃좌표에 분모를 곱함으로서 얻을 수 있다. 설계행렬의 계수들은 타깃좌표와 지상좌표에 의하여 구성되고 (식 3.15)에서 2개의 부가적인 보정량 Δx 와 Δy 는 수학적 모형의 왜곡을 설명하는 것이기도 하다.

$$\begin{aligned} v_x &= XL_1 + YL_2 + ZL_3 + L_4 - \bar{x}XL_9 - \bar{x}YL_{10} - \bar{x}ZL_{11} - \bar{x} + \Delta x \\ v_y &= XL_5 + YL_6 + ZL_7 + L_8 - \bar{y}XL_9 - \bar{y}YL_{10} - \bar{y}ZL_{11} - \bar{y} + \Delta y \end{aligned} \quad (\text{식 3.15})$$

11개의 매개변수가 이러한 과정을 통하여 산정되었다면, 외부와 내부표정요소의 매개변수는 (식 3.16)에서부터 (식 3.24)의 식들을 이용하여 도출할 수 있다.

$$L = -1/\sqrt{(L_9^2 + L_{10}^2 + L_{11}^2)} \quad (\text{식 3.16})$$

$$x_p = (L_1L_9 + L_2L_{10} + L_3L_{11})L^2 \quad (\text{식 3.17})$$

$$y_p = (L_5L_9 + L_6L_{10} + L_7L_{11})L^2 \quad (\text{식 3.18})$$

$$c_x = \sqrt{(L_1^2 + L_2^2 + L_3^2) - x_p^2} \quad (\text{식 3.19})$$

$$c_y = \sqrt{(L_5^2 + L_6^2 + L_7^2) - y_p^2} \quad (\text{식 3.20})$$

$$\varphi = \sin^{-1}(L_9L) \quad (\text{식 3.21})$$

$$\omega = \tan^{-1}(-L_{10}/L_{11}) \quad (\text{식 3.22})$$

$$\kappa = \cos^{-1}(r_{11}/\cos\varphi) \quad (\text{식 3.23})$$

$$\begin{pmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} L_1 & L_2 & L_3 \\ L_4 & L_5 & L_6 \\ L_7 & L_8 & L_9 \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} -L_4 \\ -L_8 \\ -1 \end{pmatrix} \quad (\text{식 3.24})$$

φ, ω, κ 는 회전행렬의 회전각이다. 11개의 미지변수를 결정하기 위하여 최소 6개 이상의 3차원 기준점이 필요하고 직접선형변환에 의한 결과의 정확도는 일반적인 광속조정법에 비해 다소 떨어지며 직접선형변환에 의한 결과 값은 대상 공간 내 기준점의 배치상태에 따라 매우 민감하게 변한다. 이러한 단점에도 불구하고 직접선형변환은 간단하면서도 정확하게 사진측량에 의한 위치결정에 적용할 수 있는 유용한 도구라는 것을 알 수 있다.

4) 영상정합(Image matching)

영상정합은 밝기 값을 비교하여 공통되는 점을 결정하는 것으로서 영상의 순차적 해석, 항공 삼각측량 및 여러 쌍의 입체 영상으로부터 3차원 기하학적 정보의 추출 등 여러 가지 분야에 걸쳐 활용되는 중요한 기법이다.

따라서 본 논문에서는 수치영상을 이용한 영상정합은 좌우 수치영상에 존재하는 공액점들을 탐색하는 방법으로 영상정합의 정도에 따라 수치사진측량의 정확도가 좌우된다는 점에서 영상을 정합하는 방법에는 영상에 존재하는 점, 모서리, 선 등과 같은 부분을 추출하여 정합하는 특징적 영상정합(feature-based image matching)과 정합점 부근의 일정면적에 대하여 두 영상에서 반사된 빛의 밝기 값을 비교하여 정합하는 영역적 영상정합(area-based image matching)을 이용하게 되었다[24].

특징적 영상정합은 특징점과 유사한 영상 화소에 대해서만 정합을 시도하므로 처리시간이 빠르며 정합의 정확도가 높다는 장점이 있으나 뚜렷한 특징이 없는 일반적인 영상에서는 정합이 용이하지 않았다. 영역적 영상정합은 일반적인 영상에도 적용이 가능하다는 장점이 있으나 처리시간이 길며 촬영당시의 조명 등 입력환경에 따라 민감하게 반응한다는 단점이 있었다.

좌우 수치영상의 동일점으로 예상되는 u 점과 v 점의 유사성을 통계학적으로 관측하는 것으로서 공분산(cov_w) 및 상관계수(cor_w)를 통해 해석하기 위해 영상상관기법을 도입했다. 공분산은 (식 3.25)로 표현되고 이를 상관계수로 표현하면 (식 3.26)과 같으며 S_u 와 S_v 는 각각 u, v 영상 화소에 대한 표준편차를 나타낸다.

$$cov_w = \frac{\sum_{i=1}^n (u_i - \bar{u})(v_i - \bar{v})}{n} \quad (\text{식 3.25})$$

$$cor_w = \frac{cov_w}{S_u \cdot S_v}, \quad -1 \leq cor_w \leq 1 \quad (\text{식 3.26})$$

$$S_v = \left(\frac{\sum_{i=1}^n (v_i - \bar{v})^2}{n} \right)^{1/2} \quad (\text{식 3.27})$$

상관계수는 (식 3.29)과 같이 결정된다.

$$cor_{uv} = \frac{\sum_{i=1}^n u_i v_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n u_i \sum_{i=1}^n v_i}{\left[\left\{ \sum_{i=1}^n u_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n u_i \right)^2 \right\} \cdot \left\{ \sum_{i=1}^n v_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n v_i \right)^2 \right\} \right]^{1/2}} \quad (\text{식 3.28})$$

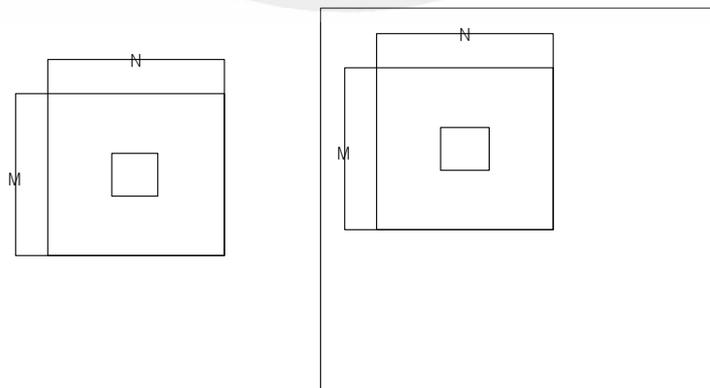


그림 28. 영상 상관기법

[그림 28]에서처럼 영상 면에 적용할 경우, 중복 촬영된 한 쌍의 사건 간에 비교가 이루어진다고 할 때 좌측영상에 있는 어떤 점을 중심으로 하는 기준 창틀을 설정하고 우측영상에 공액점이 존재한다고 가정이 되는 영역 즉 탐색창틀을 설정한다. 그리고 탐색창틀 내의 임의의 한 점 (n, m) 에 대하여 그 점을 중심으로 하고 기준창틀과 같은 크기의 창틀 즉 비교창틀이 있다고 가정하면, 기준창틀의 크기를 $N \times M$ 이라 할 때 두 창틀간의 상관계수 $cor(n, m)$ 은 (식 3.29)와 같이 주어짐을 알 수 있다.

$$cor(n, m) = \frac{\sum_{x=1}^N \sum_{y=1}^M (G_w(x, y) - \overline{G_w}) \cdot (G_s(x, y) - \overline{G_s})}{\left[\sum_{x=1}^N \sum_{y=1}^M \{G_w(x, y) - \overline{G_w}\}^2 \cdot \sum_{x=1}^N \sum_{y=1}^M \{G_s(x, y) - \overline{G_s}\}^2 \right]^{\frac{1}{2}}} \quad (\text{식 3.29})$$

여기서, $cor(n, m)$: 상관계수 값

(x, y) : 기준창틀 및 비교창틀에서 x 열, y 행

$G_w(x, y)$: 기준창틀의 (x, y) 에서 영상의 밝기 값

$G_s(x, y)$: 비교창틀의 (x, y) 에서 영상의 밝기 값

$$\overline{G_w} : \frac{\sum_{x=1}^N \sum_{y=1}^M G_w(x, y)}{N \cdot M} : \text{기준창틀 내 영상화소 밝기 값의 평균}$$

$$\overline{G_s} : \frac{\sum_{x=1}^N \sum_{y=1}^M G_s(x, y)}{N \cdot M} : \text{비교창틀 내 영상화소 밝기 값의 평균이다.}$$

영상상관기법에 의한 타깃좌표 취득은 영상상관계수의 한계 값을 설정하고 그 이상의 상관성을 나타내는 점만을 이용하며, 탐색영역내의 모든 영상소의 상관계수를 구하여 정합 점을 결정한다. 영상정합에 영향을 미치는 요소는 기준 영역의 크기와 탐색영역의 크기이고, 기준영역의 크기가 작으면 상관계수에 대한 신뢰도

가 떨어지게 되므로 가장 정확한 영상정합을 위하여 적절한 크기의 기준영역을 결정하는 것이 중요하다.

5. 3차원 Map 생성

SVG(Scale Vector Graphics) 수치지도의 생성을 위해서는 수치지도를 구성하는 지도의 그래픽 요소들과 칼라, 패턴 등의 그래픽 속성, 그리고 텍스트, 심벌 등에 대한 표현 방법들에 대한 분석이 필요하다. 본 논문의 기술적 요소는 국립지리원에서 공급하고 있는 수치지도 포맷인 DXF(Drawing eXchange Format)와 미국 ESRI의 Shape 포맷을 분석[7]하여 변환할 수 있게 하였다. 그리고 OGC(Open GIS Consortium)에서 지리정보의 표현을 위해 정의한 공간 feature 모델인 Simple Feature에 대한 자료를 조사하였다.

1) 지도요소 분석

모든 영상데이터는 하나의 객체만 존재하지 않으며 그 영상에 포함되어 있는 객체의 형식은 공간의 기하학적(geometric) 표현, 위상적(topological) 표현으로 표현한다. 이러한 객체를 통틀어서 프리미티브(primitive) 객체라고 하며, 분리 또는 여러 개를 결합하여 지리적 feature의 공간 특성을 나타내기 위한 객체들을 구현한다[23].

[그림 29]에서는 Geometry 객체모델에 대한 설명으로, 분산 컴퓨터 환경과 OMT(Object Modeling Technique) 기호로 표시하기 위해서 사용되었으며, 기본적인 Geometry 객체들은 좌표 시스템에 의해 서로 연관되어 있기 때문에 좌표계 안에 있는 것으로 간주했다.

OGC(Open GIS Consortium) Simple Feature모델에서 0, 1, 2 차원의 geometry 모델은 점(point), 선(line string), 면(polygon)으로 구성되었으며, 즉 한 지점과 다른 한 지점에 연결된 선을 수치(숫자)로 표현하여 그 점간의 거리, 즉 간격을 클래스(MultiPoint, MultiLineString, MultiPolygon)로 표현하였다. 그리고 Curves

는 1차원의 점들이 연속적으로 모여 있는 것들을 말하며 Surfaces는 인접한 다각형(Polygon)을 의미한다.

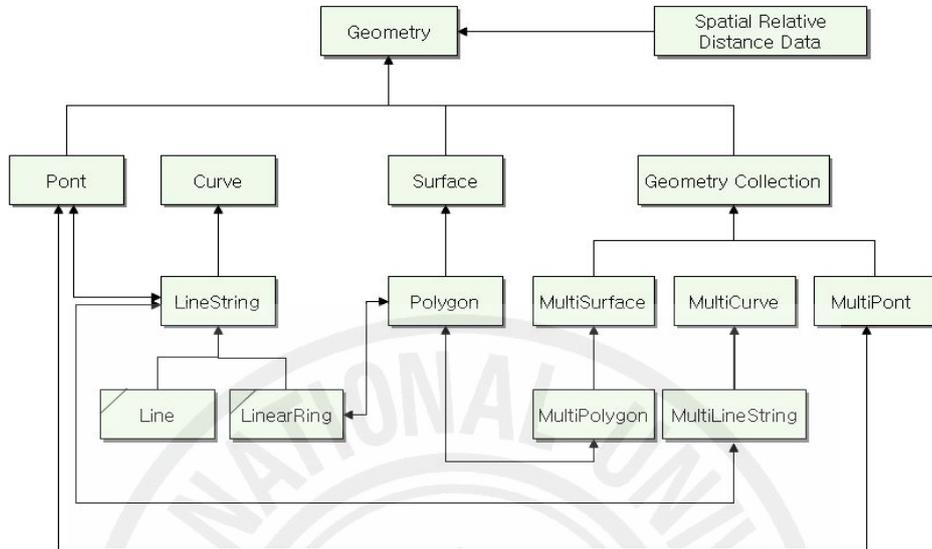


그림 29. OGC Simple Feature 모델

2) 지도포맷

(1) Shape 포맷

본 논문에서는 지리정보시스템 소프트웨어 개발업체인 미국의 ESRI사의 Shape 파일이용 하여, 공간 feature는 점, 선, 폴리곤으로 표현되는 이들의 속성정보는 dBase 파일에 저장되는 것을 확인하였다. ESRI Shape 파일은 메인파일(main file), 인덱스파일(index file), dBase 표로 구성되며, 메인파일은 shape로 나타내기 위한 점들의 리스트로 레코드의 크기가 가변적이기 때문에 인덱스파일의 각 레코드들은 메인파일의 처음에서 해당 메인파일 레코드까지 offset을 기록하게 하였다. dBase 표는 그 속성을 나타내기 위하여 각 feature들에 대해 하나의 레코드를 포함하게 된다.

Main file은 고정길이의 파일 헤더를 가지며, 이어지는 레코드들은 가변길이이다. 각각의 레코드들은 고정길이의 레코드 헤더와 가변길이의 콘텐츠로 구성되는데 다음의 [그림 30]은 Main File의 구조도를 나타낸다.

File Header	
Record Header	Record Contents

그림 30. Main File 구조도

Main File의 헤더는 100byte 길이를 가지며, Shape의 typed은 다음과 같이 분류된다. 2, 4, 6 등 여기서 정의되지 않은 것들은 차후에 남겨 놓았다. Bounding Box는 모든 shape을 포함하는 최소의 X축과 Y축에 수직인 사각형이며, shape가 없으면, Xmin, Ymin, Xmax는 정의되지 않는다. 레코드 헤더는 레코드 번호와 콘텐츠 길이를 저장하며 8byte 크기로 다음은 shape type의 종류를 나타낸다[표 4].

표 4. shape type의 종류

Value	Shape Type	Value	Shape Type
0	Null Shape	15	PolygonZ
1	Point	18	MultiPointZ
3	PolyLine	21	PointM
5	Polygon	23	PolyLineM
8	MultiPoint	25	PolygonM
11	PointZ	28	MultiPointM
13	PolylineZ	31	MultiPatch

Shapefile의 레코드 콘텐츠는 shape type과 바로 이어지는 geometric 데이터로

구성되며, Index File은 Main File의 처음에서 해당 Main File 레코드까지의 offset을 정의하며, 100 바이트 헤더와 8 바이트의 레코드들로 구성된다[그림 31].



그림 31. Index File의 구성도

dBase 파일은 feature들에 대한 속성이나 다른 테이블과 연결되는 속성 key를 가지며, 그 포맷은 윈도우나 도스의 테이블 기반 응용에서 많이 사용되는 표준 DBF 파일이 사용되었다.

(2) DXF 포맷

DXF(Drawing eXchange Format)은 CAD(Computer Aided Design) 데이터의 교환을 위해 가장 많이 사용되는 포맷으로 국립지리원에서 제공하는 수치지도 포맷으로 사용되었다.

Auto CAD customization guide에 의하면 DXF 파일은 코드들과 그에 해당하는 값들로 구성된다. 그룹 코드로 알려지는 코드들은 다음 나오는 값들의 형태를 가리킨다.

[표 5]에 제시한 것처럼 그룹 코드와 값들의 쌍을 사용하는 DXF 파일은 섹션들로 구성되며, 각 섹션들은 레코드들로 구성된다. 각 섹션은 그룹코드 0으로 시작되고, 다음에 SECTION이라는 문자열이 나온다.

각 섹션은 그룹코드들과 엘리먼트를 나타내는 값들로 구성된다. 한 섹션은 0과 문자열 ENDSECTION으로 끝난다.

표 5. DXF 파일의 각 섹션별 구성

섹션명	내 용
HEADER	Drawing에 대한 일반적인 정보를 가진다. AutoCAD database 버전 번호와 시스템 변수들로 구성되며, 각 파라미터들은 변수명과 그 값들을 포함한다.
CLASSES	어플리케이션에서 정의하는 클래스들에 대한 정보를 가지는 데그 인스턴스들은 database의 BLOCK, ENTITIES, OBJECTS 섹션들에 나타난다.
표S	표 섹션은 다음과 같은 정의가 포함한다. <input type="checkbox"/> APPID(application indentification 표) <input type="checkbox"/> BLOCK_RECORD(dimension style 표) <input type="checkbox"/> DIMSTYLE(layer 표) <input type="checkbox"/> LAYER(layer 표) <input type="checkbox"/> LTYPE(line type) <input type="checkbox"/> STYLE(text style 표) <input type="checkbox"/> UCS(User Coordinate System 표) <input type="checkbox"/> VIEW(view 표) <input type="checkbox"/> VPORT(view configuration 표)
BLOCKS	Drawing에서 block 참조를 하는 block 정의와 entities들을 포함한다.
ENTITIES	이 섹션은 그래픽 객체들을 포함한다.
OBJECTS	Non-graphic 객체들을 포함하며, entities나 심볼 테이블 레코드 또는, 심볼테이블 등이 이 섹션에 저장된다.

DXF의 데이터 모델에서는 공간 현상을 표현하는 entity를 Line, Point, Circle, Arc, shape, PolyLine을 알아보도록 한다. DXF의 코드는 데이터의 각각 요소들에 머리 부분에 붙는 것으로써 그룹코드라고 한다.

그룹코드는 각각 바로 다음에 나오는 데이터가 어떠한 타입인지를 알려주는데, 여기에서는 지도의 표현에 주로 사용되는 feature들을 중심으로 높이와 두께를 가질 수 있는 1차원 형상으로 시작점과 끝점의 좌표 값을 갖는 Line과 하나의 좌표만 갖는 Point, 1차원 형상으로 중심좌표인 X, Y 값과 반지름 값으로 구성되

는 Circle, 그리고 Arc, Shape, PolyLine 등에 대해서는 다음의 [표 6]과 같다.

표 6. Entity Type의 그룹코드 및 의미

Entity Type	그룹코드	의미	
Line	10	시작점 X 좌표	
	20	시작점 Y 좌표	
	11	끝점 X 좌표	
	21	끝점 Y 좌표	
Point	10	X 좌표	
	20	Y 좌표	
Circle	10	시작점 X 좌표	
	20	시작점 Y 좌표	
	40	반지름	
Arc	10	Arc 중심의 X 좌표	
	20	Arc 중심의 Y 좌표	
	40	반지름	
	50	시작각	
	51	끝각	
Shape	10	Shape 삼입점의 X 좌표	
	20	Shape 삼입점의 Y 좌표	
	40	크기	
	2	Shape 명	
	50	회전각	
	41	상대적인 X 축 축적	
	51	정사각	
PolyLine	66	Vertices-follow flag	
	70	PolyLine 플래그 1: Close PolyLine 2: Curve - fit vertices 추가 3: SpLine - fit vertices 추가 32: Polygon mesh 64: Polygon mesh 128: generated continuously around the vertices of this polyLine.	
		71	Polygon mesh M vertex count
		72	Polygon mesh N vertex count
		73	Smooth surface M density
		74	Smooth surface N density
	75	Curves and smooth surface type 0: No smooth surface fitted 5: Quadratic B-spline surface 6: Cubic B-spline surface 8: Bezier surface	

3) SVG 포맷 분석

SVG(Scalable Vector Graphics)는 XML 규격에 따라 그래픽을 정의하며, SVG 그래픽은 여러 가지의 해상도에 적용될 수 있어서, 프린터의 전체 해상도를 사용하여 출력할 수도 있고, 다른 해상도의 스크린에 같은 크기로 표시할 수도 있다. 또한 같은 SVG 그래픽이 같은 웹 페이지에 다른 크기로 위치할 수도 있으며, 다른 페이지에 재사용될 수 있다. SVG는 상세한 내용을 보기 위해 확대될 수도 있으며, SVG 그래픽이 Scalable하다는 것은 부분별로 만들어진 복잡한 일러스트레이션을 위해 다른 SVG 그래픽에서 참조되거나 포함될 수 있다는 의미를 가진다. 그리고 심볼, 마커, 폰트 등의 그래픽 컴포넌트 재사용을 증대시키고, HTTP 캐싱의 이점을 최대화 했다.

벡터 그래픽은 라인, 커브와 같은 기하학적인 객체들을 포함하게 되는데 이것은 그래픽의 모든 화소를 저장해야하는 PNG, JPEG와 같이 래스터만을 사용하는 경우에 비해 커다란 유연성을 제공한다. 일반적으로 벡터 포맷은 래스터 이미지를 포함할 수 있으며, SVG도 예외는 아니다. 현재의 모든 디스플레이는 래스터 방식이기 때문에, 벡터 그래픽과 래스터 그래픽의 차이는 벡터그래픽이 클라이언트에서 래스터화 되는 데 비해, 래스터 그래픽은 서버에서 래스터화 된다는 것을 의미한다.

(1) SVG 문서 구조

SVG 문서는 'svg' 엘리먼트에 포함되는 SVG 엘리먼트들로 구성했으며, SVG 문서는 'svg' 엘리먼트에 아무런 콘텐츠도 포함하지 않는 빈 문서로부터, 'rect'와 같은 하나의 SVG 그래픽 엘리먼트를 포함하는 매우 간단한 문서, 그리고 컨테이너 엘리먼트와 그래픽 엘리먼트들을 복합적으로 포함하는 문서들을 의미한다. 다음은 각각의 엘리먼트에 대해 사영한 내용들을 요약했다.

'g' 엘리먼트는 그래픽 엘리먼트들의 집합을 그룹화하고, 이름을 부여하는 엘리먼트로서, 여러 그래픽 엘리먼트들이 유사한 속성을 가질 경우 'g' 엘리먼트를 사용하여 함께 모을 수 있으며, 애니메이션이나 객체들의 재사용을 위해 이름을 부여했다.

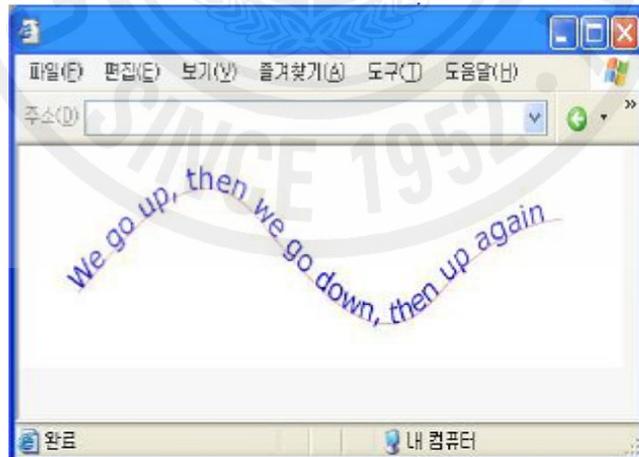
다음은 SVG문서의 'svg'엘리먼트는 [그림 32](a)에서, 'g'엘리먼트는 [그림 32](b)에서, [그림 32](c)에서는 'defs'에 대한 실행결과를 보여주고 있다.



(a) 'svg' 엘리먼트



(b) 'g' 엘리먼트



(c) 'defs' 엘리먼트

[그림 32] SVG 문서 엘리먼트의 실행결과

'defs' 엘리먼트 문서의 다른 객체들에 의해 참조될 객체들을 정의할 때 사용되며, 'defs' 엘리먼트의 SVG는 다른 객체에 대한 확장된 URI 레퍼런스를 제공한

다.

‘desc’ and ‘title’ 엘리먼트는 설명을 위한 엘리먼트로 내용이 표시되지 않으며, ‘symbol’ 엘리먼트는 주어진 문서 내에서 여러 차례 사용될 템플릿 객체, 또는 여러 다른 문서에서 참조되는 심볼 라이브러리의 멤버 등으로 사용된다.

‘use’ 엘리먼트는 ID가 지정된 ‘defs’ 엘리먼트 내의 어떤 ‘svg’, ‘g’ 또는 그래픽 엘리먼트들도 SVG 문서에서 ‘use’ 엘리먼트에 의해 재사용될 수 있으며, ‘image’ 엘리먼트는 현재의 사용자 좌표계에서 주어진 사각형으로 렌더링 된 파일의 내용을 지정하고, PNG, JPEG 등의 래스터 이미지 파일이나, “image 혹은 svg”로 된 MIME 타입의 파일을 참조하게 된다.

‘switch’ 엘리먼트는 조건에 따라 프로세스와 렌더링이 다르게 일어날 수 있게 했다.

(2) 좌표계

처음 SVG의 뷰포트 좌표계는 좌상단을 원점으로 하여 오른쪽으로 X축을 설정하고, 아래 방향으로 Y축을 설정한다. 또한 viewBox를 통하여 사용자 좌표계를 정의할 수 있게 하고 있다. SVG는 좌표계의 변환을 위해, scale, translate, rotate, skew와 같은 기능을 지원한다. 수학적으로 모든 변환은 다음과 같은 3×3 매트릭스로 표현된다.

$$\begin{pmatrix} a & c & e \\ b & d & f \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (\text{식 3.30})$$

위의 매트릭스에는 6개의 값만이 사용되므로 [a b c d e f]와 같이 벡터로 표현할 수 있다. 새로운 좌표계에서 그전의 좌표계로의 변환 식은 다음과 같다.

$$\begin{pmatrix} X_p \\ Y_p \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a & c & e \\ b & d & f \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} X_n \\ Y_n \\ 1 \end{pmatrix} \quad (\text{식 3.31})$$

단순한 변환들은 다음과 같은 매트릭스 형태로 표현된다.

① Translation

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & tx \\ 0 & 1 & ty \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} = (1\ 0\ 0\ 1\ tx\ ty) \quad (\text{식 3.32})$$

② Scaling

$$\begin{pmatrix} sx & 0 & 0 \\ 0 & sy & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} = (sx\ 0\ 0\ sy\ 0\ 0) \quad (\text{식 3.33})$$

③ Rotation

$$\begin{pmatrix} \cos(a) & -\sin(a) & 0 \\ \sin(a) & \cos(a) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \text{ or } [\cos(a)\ \sin(a)\ -\sin(a)\ \cos(a)\ 0\ 0] \quad (\text{식 3.34})$$

④ Shear along X axis

$$\begin{pmatrix} 1 & \tan(a) & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \text{ or } [1\ 0\ \tan(a)\ 1\ 0\ 0] \quad (\text{식 3.35})$$

⑤ Skew along Y axis

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ \tan(a) & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \text{ or } [1\ \tan(a)\ 0\ 1\ 0\ 0] \quad (\text{식 3.36})$$

다음은 SVG 문서에서의 좌표변환 표현의 예를 보여준다.

`<g transform="translate(10, 15)">`

```

<g transform="scale(2)">
<!--graphic elements-->
</g>
</g>
</g>

```

(3) 도형

SVG에서는 도형을 표현하기 위해 basic shape와 path로 구분하고 있다.

Basic Shape는 수학적으로 basic shape 들은 ‘path’ 엘리먼트를 이용하여, ‘rect’ 엘리먼트, ‘circle’ 엘리먼트, ‘ellipse’ 엘리먼트, ‘line’ 엘리먼트, ‘polyline’ 엘리먼트, ‘polygon’ 엘리먼트로 구성되었다.

‘rect’ 엘리먼트는 사각형을 표현하기 위한 것으로 사용자 좌표계에서 x, y 좌표의 최소값과 사각형의 width, height 값, 그리고 코너의 라운딩을 위한 타원 반경인 rx, ry 값 등의 속성속성을 가지며, ‘circle’ 엘리먼트는 원을 표현하기 위한 것으로 중심점을 나타내는 cx, cy와 반경을 나타내는 r 값으로 정의한다.

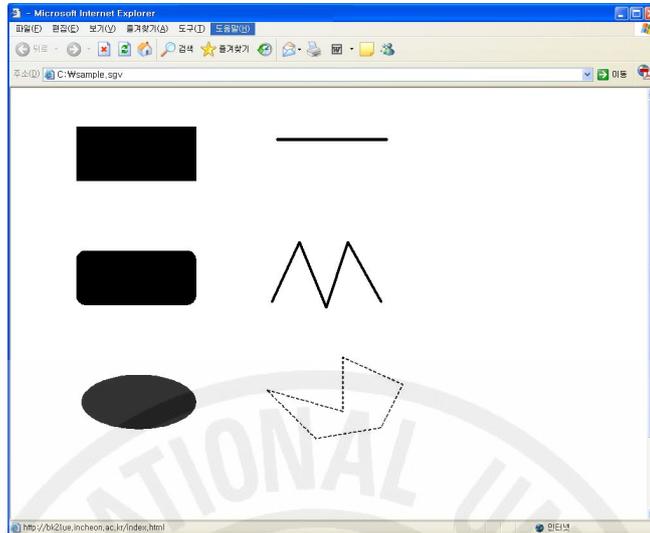
그리고 ‘ellipse’ 엘리먼트는 중심점과 끝점을 나타내는 cx, cy, rx, ry 로, ‘line’ 엘리먼트는 시작점과 끝점을 나타내는 x1, y1, x2, y2로 정의하였으며, ‘polyline’ 엘리먼트는 연결된 선분의 집합으로 개곡선(open space)을 정의하는데 사용되며, 점들의 리스트로 표현하였으며, ‘polygon’ 엘리먼트는 연결된 선분의 집합으로 폐곡선(closed shape)을 정의하는데 사용되며, 점들의 리스트로 표현되었다.

또한, 패스(path)는 현재 위치를 지정하기 위한 moveto 와 선 또는 커브를 표현하기 위한 lineto, curveto, arc, closepath 등의 엘리먼트로 이루어진다. 커맨드가 대문자로 쓰여지면 절대좌표를 소문자로 쓰여 지면 상대좌표를 나타내며, ‘Path’ 엘리먼트에서 사용되는 커맨드는 다음과 같다.

- “moveto” 커맨드 : M 또는 m
- “closepath” 커맨드 : Z 또는 z
- “lineto” 커맨드 : L 또는 l, H 또는 h, V 또는 v
- “Curveto” 커맨드 : C, c, S, s, Q, q, T, t
- “arc” 커맨드 : A 또는 a

다음은 SVG Map 변환도구에 의해 작성된 도형들에 대한 표현을 포함하는 SVG 문서와 [그림 33]은 웹브라우저 렌더링 된 결과이다.

```
<?xml version="1.0" standalone="no"?>
<!DOCTYPE svg PUBLIC "-//W3C//DTD SVG August 2000//EN"
"http://www.w3.org/TR/2000/03/WD-SVG-20000303/DTD/svg-20000303-stylable.dtd"
>
<svg width="600px" height="600px" viewBox="3840 -3840 76800 76800">
<g id="User_Layer_1">
<path style="fill:none;stroke:#000000;stroke-width:1" d="M7680, 5632 11, 0"/>
<path d="M18432, -27264 1-15744, 0 z"
style="fill:#ff00ff;stroke:#008000;stroke-width:384"/>
<path d="M-24448, -30208 h15360 v7552 h-15360 z"
style="fill:#ff00ff;stroke:#000000;stroke-width:384"/>
<rect x="-23680" y="-15616" width="14976" height="7168" rx="3072"
ry="1664" style="fill:#00ff00;stroke:#ff0000;stroke-width:384"/>
<ellipse transform="translate(-16256 4480)" rx="7168" ry="4480"
style="fill:#0000ff;stroke:#ff0000;stroke-width:384"/>
<path d="M-3584, -22912 10, 0 z"
style="fill:#ffffff;stroke:#000000;stroke-width:1"/>
<path style="fill:none;stroke:#800000;stroke-width:384"
d="M3328, -7552 11, 0 1 -1, 0 13456, -9600 13840, 9472 13968, -9216 13456, 8960 11,
0"/>
<path style="fill:#ffff80;stroke:#ff8000;stroke-width:384"
d="M20608, 5120 1-9215, -6272 11919, 8064 1-10752, -4224 15888, 7680 19472, -384 11, 0
z"/>
</g>
</svg>
```



[그림 33] SVG 문서의 웹브라우저 렌더링 결과

(4) 텍스트

SVG의 'text' 엘리먼트는 다른 그래픽 엘리먼트와 같이 렌더링 된다. 그리고 좌표변환, 페인팅, 클리핑, 마스크 등이 다른 도형에서의 같은 방법으로 적용되었다.

(5) 상호작용성

SVG 콘텐츠는 사용자 이벤트에 인터랙티브하게 반응하며, 그것은 SVG의 특성에서 사용자의 색상과 Interactivity의 함수 관계를 혼합 적용하여 현실감 있는 장면 및 배경에 적용이 가능하다.

6. 공간데이터의 위치결정 및 저장

GPS는 인공위성을 이용한 지구위치결정체계로 정확한 위치를 알고 있는 위성에서 발사한 전파를 수신하여 관측점까지의 소요시간을 관측함으로써 관측점의 위

치를 구하는 체계이다.

1) GPS 위치결정

현재 운용중인 NAVSTAR(navigation satellite timing and ranging) GPS는 미 공군이 주도가 되어 1984년 8월 1호가 발사된 이래 총 26대[13]가 작동 중에 있으며 20세기 말 또는 21세기 초기를 겨냥한 위성들이 설계, 제작 중에 있다.

GPS 위성은 아주 정확한 세슘시계를 탑재하고 있으며, 이 세슘시계는 지상에서 전송될 때마다 시간을 수정한다. 따라서 GPS 위성들은 같은 시간체계를 가지게 된다. 실제로 GPS 위성은 원자시 차원을 가진다. 수신기 시계는 GPS 위성보다는 낮은 정확도를 가지기 때문에 위치 결정을 하기 위한 문제풀이에는 시계오차를 포함하게 된다. Δt 는 도달시간의 관측 값이고, 위성 S_1 에서 수신기까지의 거리 r_{1p} 는 (식 3.37)에 의해서 구할 수 있다.

$$r_{1p} = (\Delta t - E)c \quad (\text{식 3.37})$$

식(3.37)에서 c 는 빛의 속도이다. 관측방정식은 (식 3.38)과 같다.

$$\{(X_p - X_1)^2 + (Y_p - Y_1)^2 + (Z_p - Z_1)^2\}^{1/2} = (\Delta t - E)c \quad (\text{식 3.38})$$

(식 3.37)에서 Δt 는 관측가능하며, 네 개의 미지수 X_p, Y_p, Z_p 와 E 가 존재한다. 따라서 적어도 네 개의 위성에서 관측하게 되면 원하는 수신기의 위치와 시계오차를 구할 수 있다. 현재 GPS를 이용한 위치결정 방법은 항행하는 비행기와 선박의 위치결정과 근사적인 위치결정에 사용되고 있다.

2) 공간 데이터의 저장

모바일 장치는 CPU의 처리 능력이 낮고 저장 공간이 적은 단점을 가지고 있기 때문에 이전의 데스크 탑 컴퓨터에서 사용되는 방식을 그대로 적용하기에는 어려운 점이 많다. 우선 클라이언트의 요청에 의하여 처리된 공간 데이터는 모바일

장치에 파일의 형태로 저장되어야 한다. 파일의 형태는 텍스트 형태와 이진 형태가 있는데 모바일 장치에서 텍스트 형태를 사용하는 것은 데이터가 커지는 단점이 있고, 텍스트 파일을 읽는 루틴이 이진 파일을 읽는 루틴에 비하여 상당히 느린 단점을 가지고 있다. 실제로 25,000여 개의 폴리곤을 저장하기 위하여 텍스트 파일은 800~900kb 이상의 크기를 차지하지만 이진 파일은 300~400kb의 크기를 차지한다. 또한 25,000여 개의 폴리곤을 읽어오는 시간도 iPAQ과 같은 모바일 클라이언트에서 이진 파일은 2~3초가 소요되지만 텍스트 파일은 20~25초가 소요된다. 클라이언트에서 이진 파일을 생성하기 위해서는 GIS에 저장되어 있는 공간 데이터를 추출하여 직접 이진 파일로 변환하는 변환틀이 필요하다. 표. 9는 이진 파일을 생성하기 위한 클래스이다. 생성자인 BinDB는 이진 파일로 생성하고자 하는 파일 이름과 레이어의 타입을 인자로 입력받는다. AddData는 이진 파일에 데이터를 저장하는 함수로 공간 데이터 타입의 점의 개수, 레이어 번호 그리고 db_point 값을 인자로 입력받는다. ReadAll은 생성된 이진 파일의 데이터를 모두 읽어 제대로 저장되었는지 검증하는 함수이며, WriteCount는 전체 공간 객체의 개수를 저장하는 함수이다.

■ binDB 클래스

```
typedef enum {BD_POINT, BD_MULTILINE, BD_POLYGON}
gistype;
class binDB
{
private:
    FILE *fp;
    int total_size;
    char f_name[128];
    gistype f_type;
protected:
public:
    _fastcall binDB(const char *filename, gistype type);
    void _fastcall AddData(int count, int layer, db_point *pt);
    void _fastcall ReadAll();
    void _fastcall WriteCount();
    _fastcall ~binDB();
};
```

IV. 설계 및 구현

1. 실험환경

비디오 지리 정보 시스템을 구축하기 위하여 요구되는 기술들은 비디오 데이터 획득 및 위치 측위를 위한 기술, 영상 처리 및 공간 지리 객체 추출을 위한 기술, 연계 정보 구축을 위한 기술 등이 있다. [그림 34]는 이러한 기술들과 각 기술들의 관계를 간략하게 보인다.



그림 34. 실험환경의 구성도

1) 시스템 개발 환경

본 절에서는 제시한 모바일 매핑을 적용한 3차원 Map 생성에 대한 개선 방안을 검증하기 위해 서울지역을 선정한 후 모바일 단말기인 PDA를 활용한 매핑과정을 실험한 후 오류 유형 및 위치정확도를 분석하였다.

(1) 모니터링 및 시스템 개발환경

- 모니터링 하드웨어 : Pentium IV 3G
- 운영체제 : Windows XP
- 사용 단말기 : PDA(HP iPAQ hx4700)

(2) 소프트웨어

- 개발환경 : Visual Embedded 4.0
- 시뮬레이션 : Microsoft Pocket PC 2003 SDK

제안한 시스템의 전체 구성요소들은 Microsoft Embedded 4.0을 이용하여 구현하였으며 실험에 적용된 단말기로 및 시뮬레이션으로는 PDA를 통해 Microsoft Pocket PC 2003 SDK에서 시뮬레이션을 하였다.

2) 비디오 데이터 획득 및 위치 측위

비디오 획득 및 위치 측위란 비디오 데이터를 획득하고, 비디오 데이터의 촬영 위치를 측정하는 것을 말한다.

비디오 데이터를 획득하기 위한 대부분의 시스템들은 디지털 CCD 카메라, 스테레오 카메라 시스템, GPS(Global Positioning System), 그리고INS(Inertial Navigation System) 등을 장착한 Mobile Mapping System[5]를 사용하고 있다.

Mobile Mapping System에서는 GPS/INS 등을 이용하여 차량의 위치를 계산한 위치정보와 카메라로부터 입력된 비디오정보 등을 제공하며, 취득된 비디오 데이터로부터 영상의 특정 위치에서의 지상 좌표를 추출할 수 있도록 한다.

[그림 35]는 Mobile Mapping System의 한 예이며[5], Mobile Mapping System에서의 위치 측위를 위한 좌표계들의 위상을 보여주고 있다.

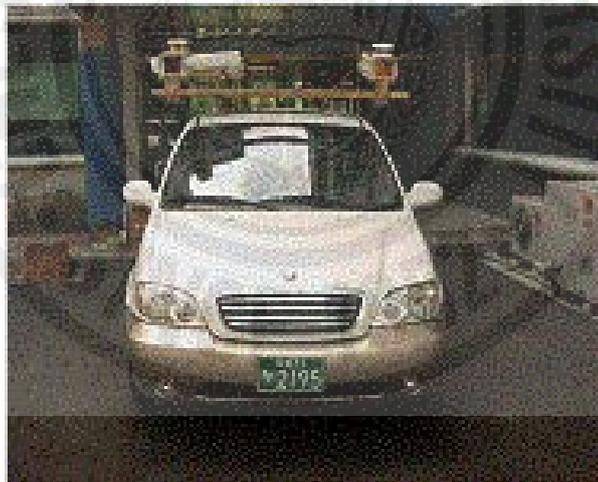
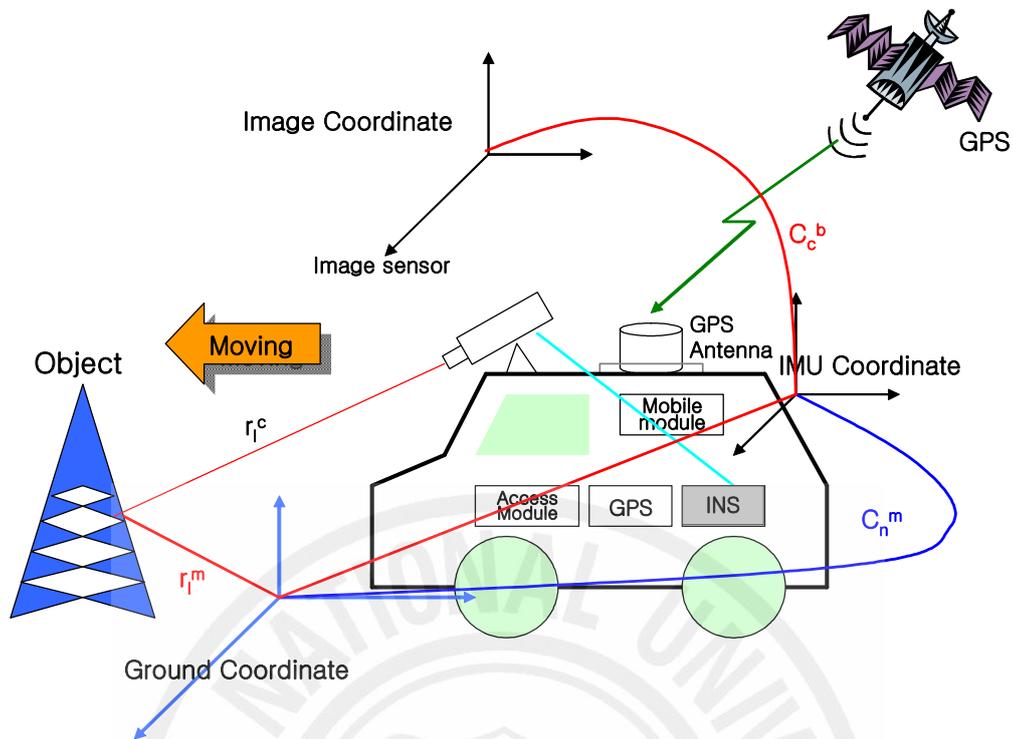


그림 35. Mobile Mapping System에서의 위치측위를 위한 좌표계 위상

3) 영상 처리 및 공간 지리 객체 추출

영상 처리 및 공간 지리 객체 추출이란, 취득된 비디오 데이터와 비디오 취득 위치 및 취득시의 카메라 정보 등을 참조하고, 비디오 데이터를 분석하여 영상에 나타나는 공간 지리 객체, 예를 들어, 도로, 건물, 신호등, 가로등 등을 인식하고,

이들의 영상에서의 위치와 지상에서의 좌표를 추출하는 것을 말한다. 비디오 데이터 상의 공간 지리 객체 인식을 위하여 여러 필터링 및 영역 추출 영상 처리 기법 등이 사용되며, 이미지 패턴인식 등이 사용되기도 한다. 영상 처리 및 공간 지리 객체 추출로 얻어진 정보들은 새로운 공간 지리 객체를 수치지도에 추가하거나, 기존의 공간 지리 데이터의 변화를 탐지하기 위해서 사용될 수도 있다.

4) 연계 정보의 구축

연계 정보의 구축이란 수치지도의 공간 지리 데이터와 영상 처리를 통하여 얻어진 비디오 데이터 상에서의 공간 지리 객체 사이의 연계 정보를 구축하는 것을 말한다. 이것은 수치지도 상의 공간 지리 데이터와 비디오 데이터 상의 공간 지리 객체 사이의 연계 뿐 아니라 다른 형식의 데이터, 예를 들어, 다른 형식의 영상들과 홈페이지와 같은 기타 데이터 속성 등을 연계하는 것도 포함한다.

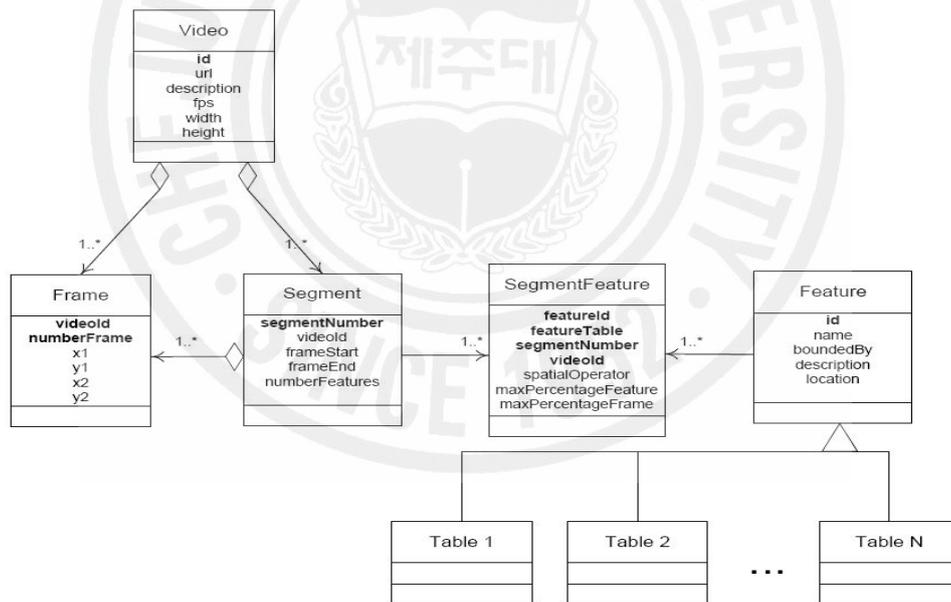


그림 36. 비디오 데이터 및 연계정보 모델링

연계 정보의 구축은 비디오 데이터, 비디오 취득 관련 정보, 수치지도 데이터, 기타 연계될 데이터 등 연계될 모든 형태의 정보들을 고려한 모델링과 비디오 데

이더 상에 존재하는 공간 지리 객체에 대한 색인의 구축을 포함한다. 이러한 색인과 모델링은 구축의 용이성과 검색의 성능, 그리고 시스템 구조의 단순화를 위하여 매우 중요하다[7]. [그림 36]은 수치지도 데이터에 따른 비디오 데이터 및 연계 정보 등을 위한 모델링 구조를 보여주고 있다[8].

2. 구축 모델링 및 흐름도

기존 2차원 공간 및 지리정보 데이터의 한계에 따른 3차원의 요구가 급증하고 있으며, 이를 위하여 3차원 공간정보 모델 구축 방안이 제시되고 있다.

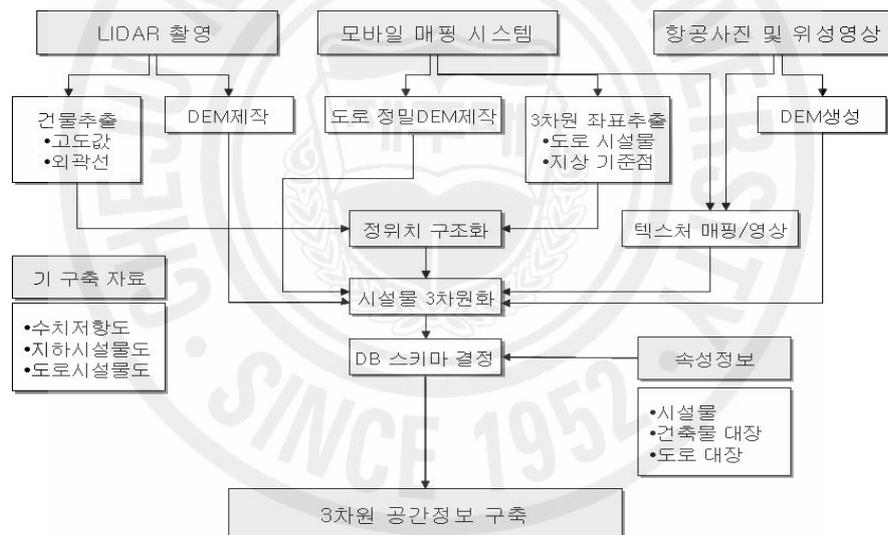


그림 37. 3차원 공간정보 구축 모델링 및 흐름도

3차원 공간 및 지리정보 모델은 현실세계와 유사하게 표현이 되어야 하기 때문에 하나의 기술로서 이루어질 수 없다. 특히 DB 구축을 위하여 기존의 항공사진 및 위성영상 등의 활용 기술을 이용하여 3차원 객체 추출을 수행하며, 추출이 어려운 도심지역의 도시 시설물의 3차원 좌표를 모바일 매핑 시스템과 레이저 스캐닝 시스템을 활용함으로써, 3차원 공간정보의 구축이 가능하다. 특히 현대 사

회는 변화가 빠르기 때문에 변화에 따른 지리정보의 갱신도 중요하며, 지리정보 이용자들은 이러한 갱신된 정보를 요구한다. 이에 모바일 매핑 시스템은 실시간이 가능하기 때문에 변화에 따른 수정갱신이 효율적이며, 영상을 통하여 변화 탐지 및 시설물의 관리가 가능하다. 3차원 공간정보 모델 구축 모델링 및 그 흐름도는 [그림 37]과 같다.

CNS 및 도로 속성 데이터 구축의 경우는 현재 도로 속성 데이터 구축에 있어서 속성 조사의 속도와 정확도는 중요한 부분이다. 모바일 매핑 시스템은 CCD 영상 매핑과 동영상 매핑으로 도로의 속성정보 및 도로 주변의 주요 건물 및 시설물에 대한 데이터를 구축할 수 있다.



그림 38. CNS 및 도로속성 데이터 구축

도로 및 주변 시설에 대한 속성 조사 및 도로 선형 조사에 있어서 현장 작업 인력 절감, 현장 작업 시간 절약, 재조사 작업이 용이, 현장 검수 작업이 용이, 작업의 자동화 등 많은 장점들을 가지고 있다[그림 38].

3. 모바일 매핑 데이터베이스 설계

1) DB 구축 및 DB 인터페이스

사용자가 현재 위치한 지역에 대한 지역 정보를 추출하여 각각의 건물, 도로, 지형별 사실감을 위한 가시화 처리를 통해 사용자에게 3차원 위치 정보를 제공하기 위하여 3D Map 데이터베이스를 구축하고, 구축된 3D Map DB를 검색하기 위한 인터페이스 API의 개발이 필요하다.

3D Map DB를 이용한 응용은 크게 수시로 변할 수 있는 지형 정보의 특성을 고려하여 지형 정보를 담당하는 Resource Broker 부분과 지형 정보를 이용하여 사용자에게 사실적인 화면을 제공하여 주는 Application Layer 부분으로 구분한다. 사용자의 요청에 의하여 클라이언트 프로그램(application layer)은 자원을 담당하는 프로그램(resource broker)에게 사용자가 위치한 지역에 대한 3차원 지형 정보를 요청하게 된다. 그리고 3D Map DB 인터페이스 개요는 [그림 39]에서와 같이 지형 정보를 요청받은 자원 관리자는 3D Map DB로부터 지형 정보를 검색하여 클라이언트 프로그램이 인식할 수 있는 자료 형태로 변환하여 정보를 제공하게 된다[9].

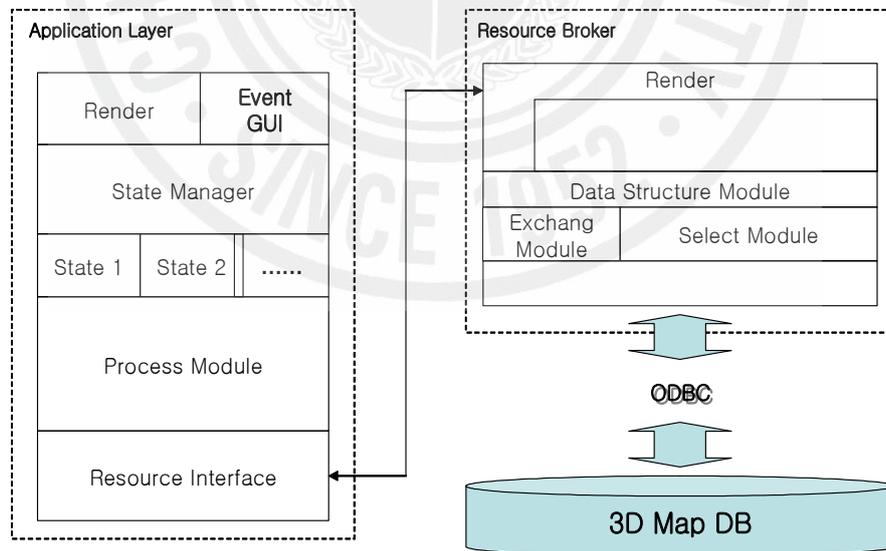


그림 39. 3D Map DB 인터페이스 개요

사용자의 내비게이션이 발생 될 때마다 클라이언트 프로그램은 내비게이션의 영

역이 자원관리자로부터 추출한 임시 영역(graph node memory block)에 속하는 지 여부를 확인하게 된다. 만약 임시 영역에 속하면 별도의 추가 작업 없이 내비게이션을 처리하게 되고, 임시 영역을 벗어나는 경우라면 자원관리자에게 새로운 영역 데이터를 요청하게 된다.

[그림 40]은 빠른 검색을 요하는 Select 기능을 위하여 데이터베이스의 접근은 Select(검색), Exchange(변환) 두 개의 다른 프로시저로 구분되어 진다. Select 프로시저에서는 클라이언트에서 사용할 수 있는 데이터(graph node) 형식으로 변환하는 Data Structure 프로시저가 연결되어 있고, Exchange 프로시저에는 일괄 적용을 위한 별도의 스택이 연결되어 있다. 자주 발생하는 지역 데이터 요청을 줄이기 위하여 자원관리자로부터 변환되어 온 지역 데이터는 실제 화면에 보여줄 영역보다 4배 넓은 영역 데이터가 들어온다.

따라서 [그림 41]에서 보는 바와 같이 빠른 렌더링을 위해서는 이를 일정한 영역으로 나누어 보여주게 되고, 사용자의 영역 내비게이션이 4배를 초과할 경우 자원관리자에게 다시 새로운 지역 정보를 요청한다. 사용자에 의해 데이터의 변환, 추가, 삭제 발생 시 자원관리자는 별도의 스택을 두어 Update DB 명령을 통하여 변환된 데이터를 DB에 적용하게 된다.

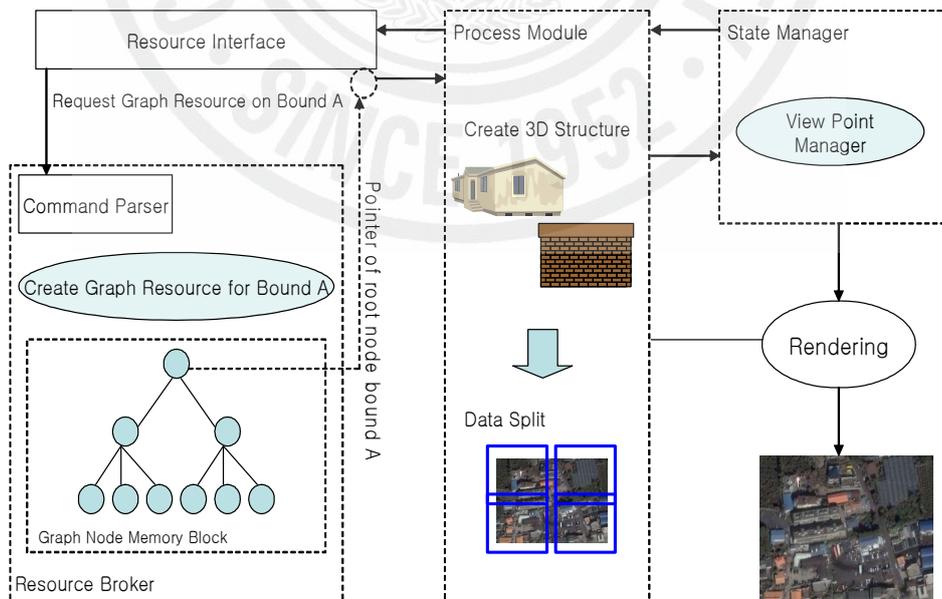


그림 40. Application Layer에서의 DB 사용[9]

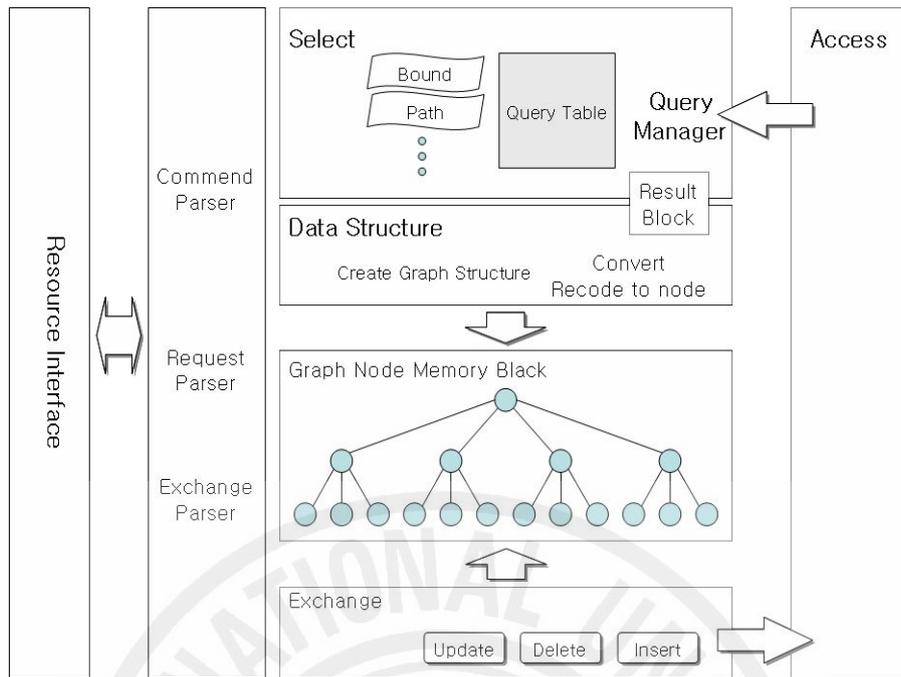


그림 41. DB 내부 인터페이스[9]

2) 데이터베이스 스키마 설계

본 절에서는 GML로 저장된 기존의 도로네트워크와 도로주변정보로 이루어진 GIS DB를 사용하여 모바일 매핑용 도로지도 서비스를 하기 위한 DB를 구축한다. 그에 따른 모바일 서비스를 위한 요구사항 분석은 [표 7]과 같다.

표 7. LBS 시스템 요구사항 정의

LBS 시스템 요구사항 정의서	
시스템명	도로지도 서비스 시스템
용어정의	해당사항 없음
기능적 요구사항	
ID	내용
001	입력된 MBR에 해당하는 지도 제공
성능 요구사항	
ID	내용
-	해당사항 없음
기타 제약사항 및 시스템 요구사항	
ID	내용
-	해당사항 없음

GML 데이터로 구성된 기존 DB의 응용 스키마는 [그림 42]와 같다.

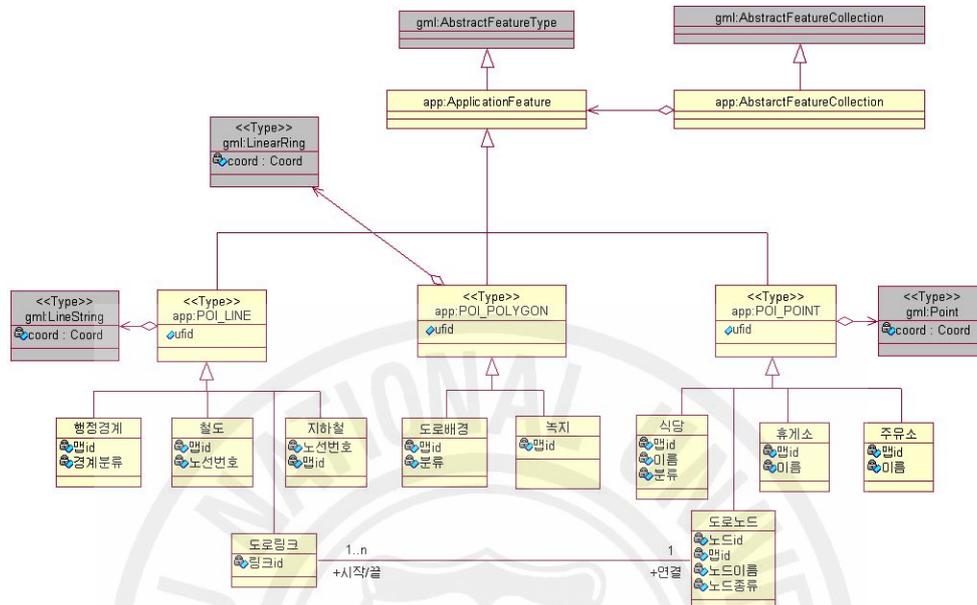


그림 42. 모바일 GIS의 DB 스키마 구조

상기 GML 도로 네트워크 및 주변정보로 구성된 피처 유형의 식별은 [표 8], 피처 유형별 속성 식별은 [표 9]와 같다.

표 8. 피처 유형의 식별

피처 정의서	시스템명	도로지도서비스시스템	버전	1.0
피처명	피처정의		비고	
도로링크	도로 중심선으로 이루어진 링크		선	
도로노드	도로의 주요 연결점		점	
도로배경	도로의 실제 모양을 표현하기 위한 도로면		면	
녹지	도로주변의 녹지		면	
철도	철도 노선		선	
지하철도	지하철 노선		선	
행정경계	행정구역 경계선 (시,군,구,동,읍,면)		선	
식당	도로주변의 식당		점	
휴게소	도로주변의 휴게소		점	
주유소	도로주변의 주유소		점	

표 9. 피쳐 유형별 속성 식별

속성 정의서		시스템명	도로지도서비스시스템	버전	1.0
피쳐유형	피쳐속성이름	속성 정의		속성유형	
도로링크	기하	도로의 중심선		Polyline	
	링크번호	도로의 번호		Number	
	링크방향	도로의 방향코드		Number	
도로노드	기하	도로의 노드		Point	
	노드이름	노드의 이름		String	
도로배경	기하	도로경계면		Polygon	
녹지	기하	도로주변의 녹지		Polygon	
철도	기하	철도 노선		Polyline	
지하철도	기하	지하철 노선		Polyline	
행정경계	기하	행정구역 경계선 (시, 군, 구, 읍, 면, 동)		Polyline	
식당	기하	도로주변의 식당위치		Point	
휴게소	기하	도로주변의 휴게소위치		Point	
주유소	기하 </td <td colspan="2">도로주변의 주유소위치</td> <td colspan="2">Point</td>	도로주변의 주유소위치		Point	

UML을 사용한 응용스키마는 [그림 43]과 같으며, 기존 GML 응용 스키마와의 대응관계는 [표 10]와 같다.

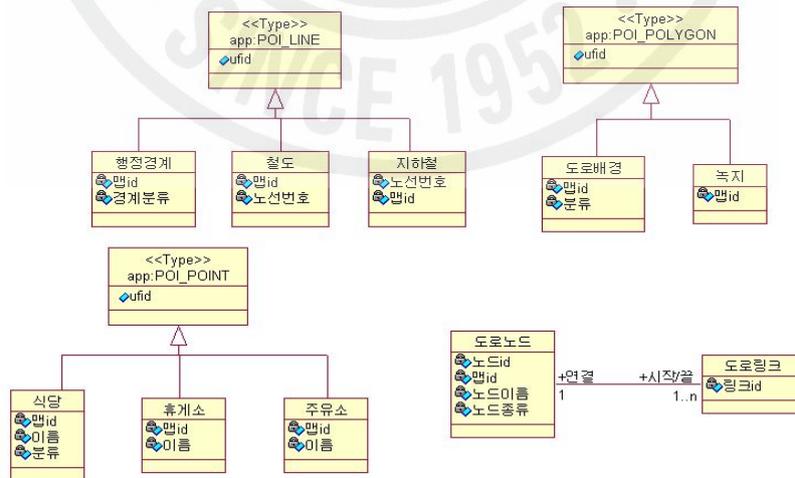


그림 43. UML을 사용한 응용 스키마 구조

표 10. 기존 GML 응용 스키마와의 대응관계

기존 GML 응용스키마		도로지도 서비스 시스템 응용스키마	
피쳐유형	속성명	피쳐유형	속성명
도로링크	curveProperty	도로의 링크	기하
	링크번호		링크번호
	링크방향		링크방향
도로노드	pointProperty	도로의 노드	기하
	노드이름		노드이름
도로배경	surfaceProperty	도로면	기하
녹지	surfaceProperty	녹지	기하
철도	curveProperty	철도노선	기하
지하철도	curveProperty	지하철노선	기하
행정경계	curveProperty	행정경계	기하
식당	pointProperty	식당위치	기하
휴게소	pointProperty	휴게소위치	기하
주유소	pointProperty	주유소위치	기하

도로지도 서비스의 문서화는 [표 11], 도로링크 클래스에 대한 문서화는 [표 12]와 같다.

표 11. 도로지도 서비스의 문서화

	지형지물 목록 항목	정의
	지형지물 목록(FeatureCatalogue)	지형지물 목록에 대한 식별정보 및 접근정보
01	명칭(Name)	도로지도 서비스 시스템
02	범위(Scope)	도시 모델
03	응용 분야(Field of Application)	도로지도 LBS 응용
04	버전 번호(Version Number)	1.0
05	버전 일자(Version Data)	2003-11-11
06	타 정의 참조원(Definition Source)	Spatial Schema
07	생산자(Producer)	한국전산원
08	기능 언어(Functional Language)	XML

표 12. 도로링크 클래스의 문서화

	지형지물 목록 항목	정의
	지형지물 유형(Feature Type)	공통된 특성을 지닌 실세계 현상의 분류
11	명칭 (Name)	도로링크
12	정의 (Definition)	도시 모델을 위한 도로링크
13	코드 (Code)	
14	별칭 (Aliases)	
15	지형지물 연산 명칭 (Feature Operation Names)	
16	지형지물 속성 명칭(Feature Attribute Names)	기하
17	지형지물 관계 명칭(Feature Relationship Names)	
18	하위유형 (Subtype of)	
	지형지물 속성(Feature Attribute)	지형지물 유형의 특성
31	명칭 (Name)	기하
32	정의 (Definition)	도로의 중심선 (복합 혹은 단순객체)
33	코드 (Code)	
34	자료유형 (Value Data Type)	LBS_LinearString
35	측정 단위 (Value Measurement Unit)	TM 중부원점 좌표계
36	속성값 범위 유형 (Value Domain Type)	0 ("not enumerated")
37	값의 범위 (Value Domain)	

(1) 논리적 구현 스키마 설계

논리적 구현 스키마로서 이 절에서는 기하를 객체로 표현하는 객체 지향 DB인 제우스(ZEUS)를 적용한다. 도로 클래스에 대한 스키마 매핑 정의서는 다음 [표 13]과 같다.

표 13. 스키마 매핑 정의서

논리적 구현 스키마 설계		업무명	도로지도 서비스 시스템	
클래스명	도로링크	버전	1.0	
상위클래스	없음	하위클래스	없음	
속성명	설명	타입	초기값	제약조건
기하	도로의 중심선	LBS_LinearString		Not NULL
링크번호	링크의 번호	Number		Not NULL
링크방향	링크의 방향	Number		

공간 원시요소의 스키마 매핑 정의서의 DDL은 다음과 같다.

```
CREATE CLASS 도로링크 {
```

기하 POLYLINE,

분류 STRING,

번호 STRING

}

CREATE INDEX ON 도로링크(기하);

CREATE INDEX ON 도로링크(번호);

도로 클래스에 대한 스키마 매핑 정의서를 관계 DB에 적용한 것은 다음 [표 14]와 같다.

표 14. 논리적 구현 스키마 정의서

논리적 구현 스키마 설계		업무명		도로지도 서비스 시스템		
테이블이름		도로링크		버전		1.0
속성명	설명	타입	초기값	제약조건	키구분	관련테이블
기하	도로의 중심선	Number		Not NULL	PK	
링크번호	링크의 번호	Number		Not NULL	FK	도로노드.기하
링크방향	링크의 방향	Number				

(2) 물리적 구현 스키마 설계

속성에 대한 타입에 대한 정의는 다음 [표 15]와 같다.

표 15. 속성 타입 정의서

속성	저장 타입 및 길이
기하	제우스에서 제공하는 POLYLINE을 이용
링크번호	정수 (16비트 short)
링크방향	정수 (16비트 short)

물리적 클래스 정의서는 다음 [표 16]와 같다.

표 16. 물리적 클래스 정의서

물리적 구현 스키마 설계		업무명	주변지도 서비스 시스템	
클래스명	도로링크	버전	1.0	
상위클래스	없음	하위클래스	없음	
속성명	설명	타입	길이	제약조건
기하	도로의 중심선	POLYLINE		Not NULL
링크번호	링크의 번호	정수	10	
링크방향	링크의 방향	정수	4	Not NULL

도로 클래스에 대한 스키마 매핑 정의서를 관계 DB에 적용하면 다음 [표 17]과 같다.

표 17. 물리적 구현 스키마 정의서

물리적 구현 스키마 설계		업무명		도로지도 서비스 시스템		
테이블이름		도로링크		버전	1.0	
속성명	설명	타입	상세타입	제약조건	키구분	
기하	도로의 중심선	Number	10	Not NULL	PK	
링크번호	링크의 번호	Number	10	Not NULL	FK	도로노드.기하
링크방향	링크의 방향	Number	4			

3) 모바일 매핑 데이터베이스

GIS DB로 저장된 기존 GIS DB를 사용하여 모바일 서비스용 GIS DB를 구축하는 과정을 설명한다. 위치기반 서비스에서 특정 사람이나 사물이 위치한 지점이 어디인지를 행정구역이나 지번정보를 활용하여 알려주는 데 주로 사용되는 Reverse Geocoder 서비스이다. 여기에 필요한 모바일 GIS DB구축을 위해 실제 대전시 새주소 사업에서 사용되었던 기존 GIS DB를 활용하였으며, 앞서 제시된 유형을 위한 모바일 GIS DB구축에 따라 단계적으로 적용하였다.

(1) 응용 스키마 설계

모바일 서비스를 위한 요구사항 분석은 다음 [표 18]과 같다.

표 18. 모바일 서비스를 위한 요구사항 분석

LBS 시스템 요구사항 정의서	
시스템명	Reverse Geocoder 서비스
용어정의	웹 인터페이스를 통하여 좌표를 입력 받으며, 해당 좌표에 대한 Feature 반환을 수행한다. 해당 좌표에 대해 적합한 Feature가 존재 하지 않은 경우는 가장 가까운 Feature를 거리 순으로 계산하여 Feature를 반환하며, 이 때 해당 결과는 XML 형식으로 반환
기능적 요구사항	
ID	내 용
001	지명사전 기능(Gazetteer Service) : 웹 인터페이스를 통한 Filter 기능을 이용하여 Feature에 대한 Geometry를 추출해 내는 역할을 수행한다. 해당 결과는 XML 형식으로 반환
	문자열 파싱 기능(Geoparser Service) : 웹 인터페이스를 통하여 문자열을 입력 또는 URL 입력을 통해 해당 문자열에 대한 파싱을 수행하고 해당 결과는 Spec.에 정의된 XML 형식으로 반환
성능 요구사항	
ID	내 용
-	해당사항 없음
기타 제약사항 및 시스템 요구사항	
ID	내 용
001	POI검색 및 위치관련서비스에 빈번하게 사용되는 ReverseGeocoder를 표준을 준수하는 독립된 인터페이스를 통해 구축할 수 있도록 하여, 중복 개발 낭비를 막고, 이용의 편의성을 증대시킬 수 있도록 시스템을 구성

GazetteerDB를 이용하여 Geometry에 해당되는 Feature를 검색하며 Gazetteer, Geoparser, Geocoder와는 연계됨이 없이 독립적으로 동작하며, 시스템의 구성도는 다음 [그림 44]와 같다.

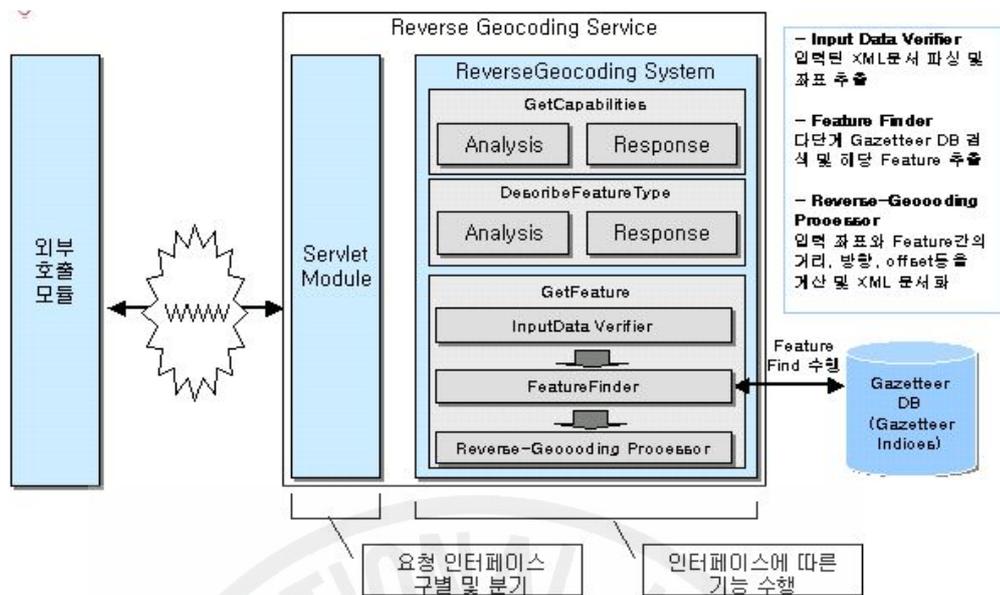


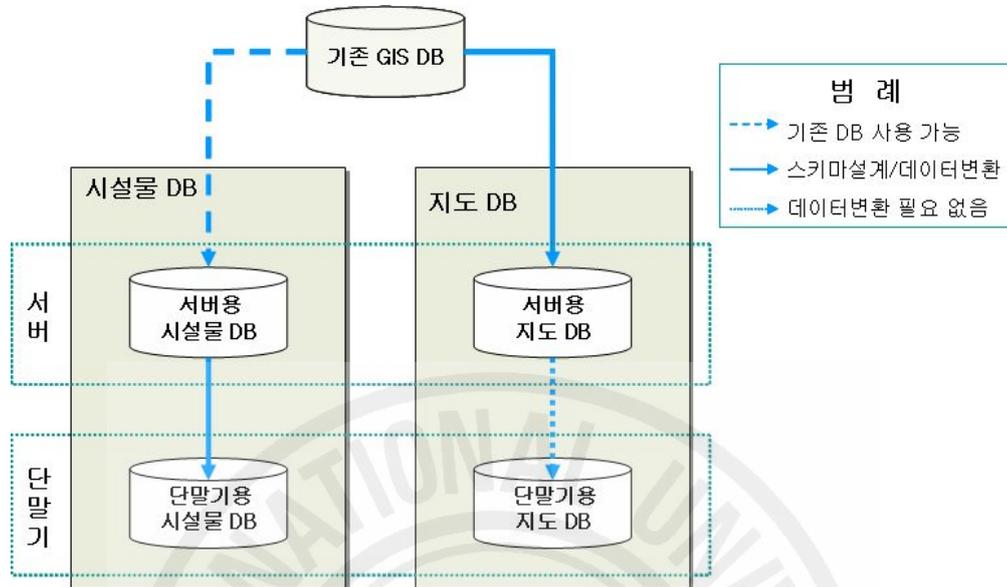
그림 44. 모바일 GIS DB의 시스템 구성도

Interface는 GetCapabilities, GetFeature, DescribeFeatureType의 세 가지 인터페이스로 구성되어 있다. GetCapabilities는 ReverseGeocoder Service가 가지고 있는 기능을 XML로 표현하여 서비스를 호출한 곳에서 ReverseGeocoder 서비스에 대한 DataType, Service URL 등을 알 수 있도록 관련 자료를 제공하는 기능을 수행한다.

DescribeFeatureType은 다음에 소개할 GetFeature 인터페이스를 통해 전달되는 Feature의 스키마를 XML로 표현하여 제공한다. GetFeature는 ReverseGeocoder Service의 직접적인 기능을 수행하는데 이용되는 인터페이스로 Geometry에 대한 Feature 검색을 수행하는데 사용되는 인터페이스이다.

Function Module로는 InputDataVerifier, Reverse_Geocoding Processor, FeatureFinder로 구성되어 있으며, InputDataVerifier는 입력된 인터페이스 및 XML 문장에 대한 기능 분류 및 검증을 수행하고, Feature Finder는 여러 단계에 걸친 영역 검색을 통하여 해당 좌표에 대한 Feature를 검색하며, Reverse-Geocoding Processor는 검색된 Feature에 대하여, 입력된 좌표와의 비교 후, 방향 계산, 원 좌표와 검색된 좌표 사이의 offset 계산, 실제 거리계산, 행정구역 검색 등을 수행 후 해당 결과를 XML 문장으로 생성하여 반환했다. [그림 45]는 모바일 매핑 시스템의 데이터베이스 구축 대상의 범위를 지정하고 있

다.



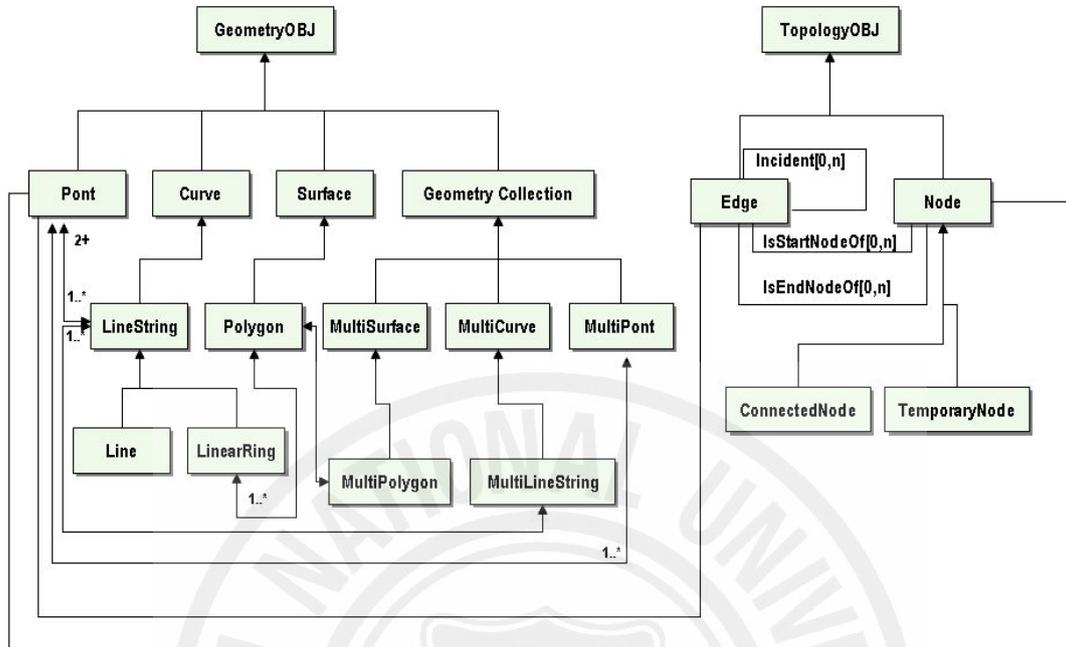
[그림 45] 모바일 매핑 시스템의 DB 구축 대상 구분

모바일 매핑 데이터베이스의 처리 흐름도는 [그림 46]에서 제시한 것처럼 기하 공간 모델에서 루트클래스는 Geometry 클래스이며, 이 클래스는 객체를 생성할 수 없는 추상클래스로서, 모든 하위 기하 공간객체들은 이 클래스의 속성과 함수를 구현하고 있다. 이 클래스의 하위클래스들 중에서 객체를 생성할 수 있는 클래스는 Point, LineString, Polygon, MultiPoint, MultiLineString, MultiPolygon, GeometryCollection이 있다.

Point는 0차원 기하 공간객체로서 좌표 공간상에서 단일 위치를 표현한다. Point는 x 좌표와 y 좌표의 값을 갖는다. 위상 공간 모델에서 루트클래스는 Topology 클래스이다. 이 클래스 역시 객체를 생성할 수 없는 추상클래스이다. 이 클래스는 하위클래스인 Node클래스는 Edge의 양끝을 구성하는 공간객체로서 독립적으로 사용되지 않는 추상클래스이다.

Node의 기하 값은 Point에 의해 표현된다. Node는 Edge의 시작과 끝을 표현하는데, Edge의 시작·끝을 구성하면서 Edge의 연결성을 표현하는 ConnectedNode와 Edge의 시작과 끝은 아니면서 연결성만을 표현하는 TemporaryNode로 세분화된다. 모바일 매핑 데이터베이스의 공간 데이터 모델은 크게 기하 모델과 위상

모델로 나눌 수 있다.



[그림 46] 모바일 매핑 DB의 처리 흐름도

V. 결과분석 및 고찰

모바일 매핑 시스템의 일반적인 시스템 구성을 살펴보면 GPS/INS 통합 시스템과 두 대의 Video 혹은 CCD 카메라를 사용한다. 수치사진측량 기법을 이용하여 두 대의 카메라에 모두 나타나는 모든 물체의 정확한 위치를 결정할 수 있다. 모바일 매핑 시스템의 위치정보는 GPS 수신기에 의해서 결정되지만, 비교적 낮은 데이터 수신율(1Hz)과 최소 위성이 4개 보여야 한다는 단점 때문에 GPS만 사용하는 것은 바람직하지 않다. 이와 같은 GPS의 단점을 보완하기 위해서, 짧은 시간 동안 높은 정확도의 위치와 자세 정보를 고주파로 얻을 수 있는 관성항법 시스템(INS)을 사용한다. GPS와 관성항법 시스템을 통합함으로써 정확한 GPS 위치정보가 관성항법 시스템의 데이터를 갱신하고, GPS 신호가 없는 사이에 관성항법 센서가 데이터를 제공한다. 관성항법 시스템의 경우 비교적 고가이므로 차속 휠 센서를 많이 이용하기도 한다. 휠 센서는 주로 차량의 두 바퀴에 부착하여 결과거리 뿐만 아니라 차량 방향각 변화의 계산이 가능하다. 각종 센서와 GPS간 관측의 기점에 대한 시각동기화는 매초마다 발생하는 GPS 수신기의 신호를 이용하여 휠 센서와 고도차계의 관측 값과 UTC(universal time coordinated) 시간을 할당한다. 휠 센서는 고도차계와 더불어 신호차단구간의 극복을 위한 위치결정의 부가장치로 많이 활용되고 있다.

사진측량학적 측면에서 보면 모바일 매핑 시스템은 GPS/INS의 위치, 자세 정보를 이용하는 입체 영상 시스템이다. 사람이 두 개의 눈으로 사물의 거리를 알아내는 것처럼, 두 영상에 나타나는 모든 물체의 위치정보를 알 수 있다. 모든 영상은 GPS/INS 장치에 의해 결정되는 영상이 획득된 순간의 위치와 자세 정보를 갖고 있다. 획득된 영상의 처리를 위해서 우선 도로에 대한 실제 관측 작업 전 각종 센서들의 상태와 상호간의 편이벡터와 회전각을 실험실에서 관측한다. 정지상태의 3차원 측량 타깃을 이용하여 카메라의 내부표정 요소(초점거리, 주점 및 렌즈의 왜곡 매개변수) 및 외부표정 요소(카메라 촬영 때의 위치와 자세)를 결정할 수 있으며, 이러한 카메라 보정은 카메라의 내부표정 요소를 구하기 위해서도

필요한 과정이지만 항공 삼각측량과 같이 외부표정 요소를 산출할 수 있으므로 CCD/GPS/INS를 통합하기 위해서도 필요한 과정이다. 카메라 보정결과로 얻어지는 외부표정 요소와 동일 시간대의 GPS/INS 통합결과의 편이 벡터와 회전 매트릭스를 계산하여 현장 측량에서 촬영된 모든 영상에 대한 외부표정 요소를 지상 기준점 없이 얻을 수 있게 된다.

1. 결과분석

본 논문을 통해 구현된 3D Map 저작도구는 유무선 인터넷 기반의 3차원 지리정보시스템 솔루션 구축을 위한 3D Map 저작 도구로, 국가지리원이나 타 기업에서 자체 제작하고 있는 값싼 2차원의 건물, 도로 데이터를 가공하여 3차원 공간의 모델로 자동 복원을 수행하고 DEM, 등고선 등의 지형정보와 통합을 수행한다. 그리고 실감나는 도시 환경을 구축하기 위해 texture를 건물의 층수와 도로의 폭에 따라 매핑(mapping)하고, 가로수, 신호등, 조각, 공원 등의 모델을 추가한다.

편리한 사용자 인터페이스와 자동화된 3차원 복원 기능으로 수작업을 최소화 하였으며, 이를 통해 저렴한 비용과 빠른 시간에 3차원 지도 데이터베이스 구축이 가능하게 되었다. 이렇게 구축된 3D Map DB는 인터넷을 통해 다양한 서비스 지원이 가능하다.



그림 47. PDA 시스템의 외형적 모형

기존 PDA 시스템에서 사용하는 2차원 맵 데이터를 3차원으로 변환하고, [그림 47]의 PDA 시스템에서 채용하는 그래픽 기능을 활용하여 실시간 3차원 내비게이션을 지원하며[그림 48], PDA용 지도서비스 기능별 설명은 다음 [표 19]와 같다.



그림 48. PDA용 지도서비스의 기능별 설명

표 19. PDA용 지도서비스의 기능별 설명

기능	설명
행정구역 표시	3차원 지도 뷰에서 보여지는 지도의 행정구역 표시
내비게이션 제어부	내비게이션의 진행, 일시정지, 완전 정지 선택
위치표시	현 내비게이터의 PDM 좌표 표시
방위표시	2차원 약도 뷰에서 방위 표시(상단이 항상 북쪽)
건물지명 표시	건물의 한글 지명을 실시간으로 표시
2차원 약도 뷰	내비게이터의 위치에서 보여지는 2차원 약도 화면
3차원 약도 뷰	3차원 지도 가시화 화면
내비게이터(관찰자)	3차원 지도 화면에서 내비게이션의 위치 표시(삼각형)
내비게이션 창 선택	내비게이션에 대한 제어 인터페이스 선택 메뉴

2. 정확도 분석

본 논문에서는 모바일 매핑 시스템을 구성하는 구성요소별 정확도를 검증함과 동시에 이러한 구성요소들을 통합하여 지형/지물의 3차원 공간좌표를 획득하고 이에 대한 정확도 분석을 실시하였다.

모바일 매핑 시스템을 이용하여 지형/지물의 3차원 공간좌표를 산출하는 과정에는 지금까지 서술된 항목들을 활용하였으며, 첫 번째로 CCD 카메라, GPS, IMU 등 모바일 매핑 차량에 탑재된 장비들을 정상적으로 가동시킨 후, CCD 카메라의 내부표정요소와 외부표정요소를 결정하기 위한 self-calibration 과정을 수행하였으며, 보정 타겟의 활용 순간에 대한 GPS/INS 통합 결과를 획득하였다. 이와 같이 획득된 GPS/INS 통합 결과는 IMU 중심의 위치와 자세정보이며, 이를 CCD 카메라 렌즈중심의 표정요소로 변환하는 CCD/GPS/INS 통합 과정을 수행하였다. 이러한 과정을 통해 산출된 각종 매개변수들이 실제 지형/지물의 3차원 공간좌표를 해석하기 위해 촬영된 모든 영상에 적용하고 이에 대한 정확도를 분석하였다.

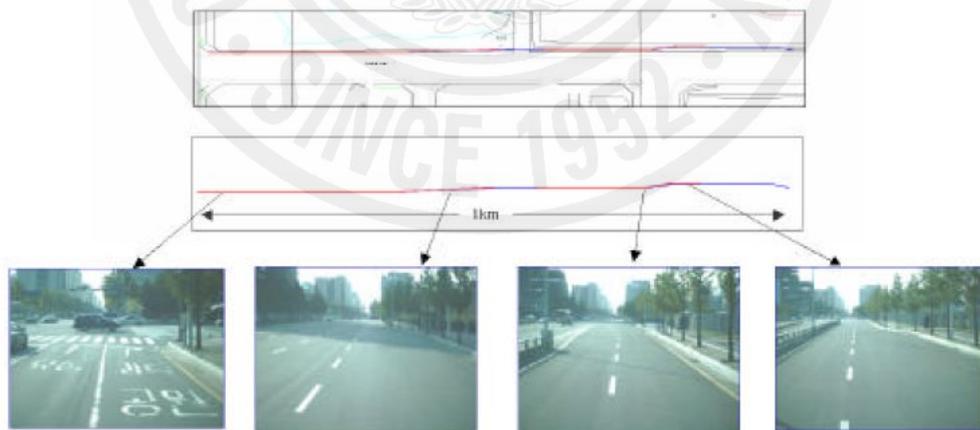


그림 49. 실험대상지역과 모바일 매핑 시스템의 촬영영상

대상지역에 대한 자료획득은 [그림 49]와 같이 1km 구간을 시속 약 40km로 주행하면서 GPS 신호를 수신 받았으며, CCD 영상은 2초 간격으로 지형·지물에

대한 촬영을 수행하였다. 또한 주행시 GPS 자료는 1초 간격으로 저장하였다. 또한 공간좌표 해석은 본 논문에서 개발, 구현한 모바일 매핑 소프트웨어를 이용하였으며 정확도 검증 작업은 크게 선형 도로경계선과 점형 도로시설물에 대하여 수행하였다. 또한 정확도 검증을 위한 지형·지물의 절대위치는 mm 이내의 정확도가 유지되도록 정밀한 GPS 측량을 실시하였으며, 이를 통해 해당 지점의 정밀 좌표를 산출하였다.

선형 도로경계선의 정확도 검증에 있어서 [그림 50]과 같이 대상지역의 도로와 보도블럭의 경계를 이루는 도로경계선에 대한 획득된 영상으로부터 도로경계선을 추출하였으며, 실제 현장에서 GPS 측량을 실시한 결과와 비교 분석한 결과 약 $\pm 0.4m$ 이내의 편차를 나타냈다. 또한, 두 번째 검증작업으로 [그림 51]과 같이 대상지역의 점형 도로시설물인 도로차선의 외곽점과 맨홀의 중심점 및 기타 시설물에 대한 획득 영상으로부터 각각의 지점에 대한 3차원 좌표를 추출하였으며, 이를 정밀한 GPS 측량 성과와 비교 분석하여 $\pm 0.3m$ 이내의 결과를 산출할 수 있었다.

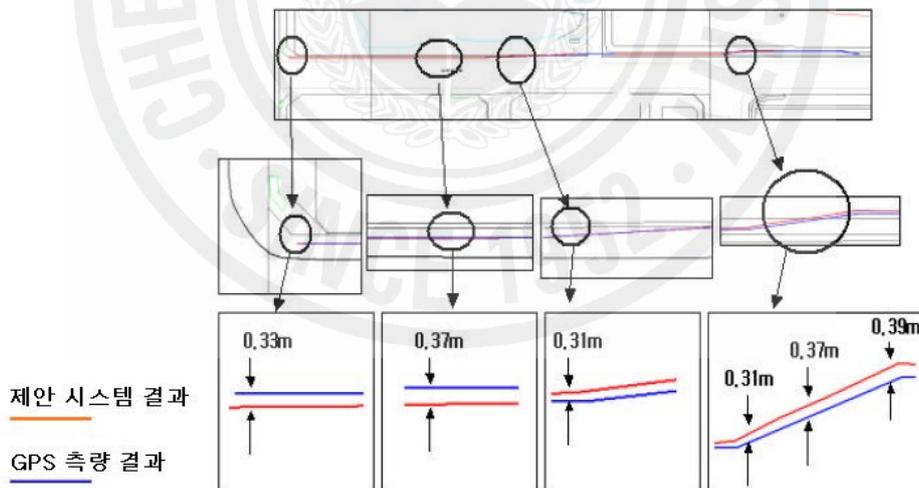


그림 50. 제안 시스템의 경계선 추출 결과에 대한 정확도 분석

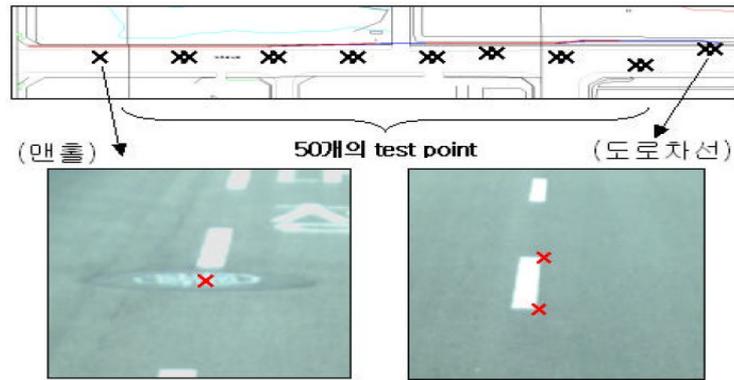


그림 51. 제안 시스템의 도로 시설물 추출결과에 대한 정확도 분석

표 20. 모바일 매핑 결과 GPS 측량 결과의 비교·분석

No	GPS 결과			제안 모바일 매핑 결과			오차
	X(m)	Y(m)	Z(m)	X(m)	Y(m)	Z(m)	
1	234312.11	317748.33	42.823	234312.27	317748.36	42.975	0.223
2	234322.52	317742.47	42.731	234322.58	317742.40	42.857	0.154
3	234319.52	317742.45	42.734	234319.61	317742.37	42.902	0.206
4	234323.97	317738.75	43.293	234324.07	317738.66	43.487	0.238
5	234314.54	317742.46	42.734	234314.64	317742.35	42.936	0.247
7	234311.51	317742.29	42.772	234311.63	317742.17	43.012	0.294
8	234306.55	317742.44	42.779	234306.63	317742.36	42.939	0.196
9	234303.51	317742.45	42.781	234303.59	317742.37	42.943	0.198
10	234313.13	317738.74	43.304	234313.24	317738.63	43.524	0.269
11	234307.24	317738.73	43.329	234307.33	317738.64	43.509	0.220
12	234121.58	317742.58	43.214	234121.71	317742.45	43.474	0.318
13	234119.61	317743.32	43.475	234119.75	317743.18	43.755	0.343
14	234126.82	317736.47	43.395	234126.93	317736.36	43.615	0.269
15	234123.62	317736.47	43.419	234123.74	317736.35	43.659	0.294
16	234118.67	317736.47	43.447	234118.76	317736.39	43.609	0.198
17	234115.51	317736.45	43.449	234115.59	317736.37	43.613	0.201
18	234110.33	317736.45	43.46	234110.40	317736.38	43.600	0.171
19	234107.25	317736.45	43.465	234107.33	317736.37	43.625	0.196
20	234114.62	317739.66	43.332	234114.71	317739.58	43.502	0.208

No	GPS 결과			제안 모바일 매핑 결과			오차
	X(m)	Y(m)	Z(m)	X(m)	Y(m)	Z(m)	
21	234111.17	317739.66	43.348	234111.26	317739.58	43.512	0.201
22	234111.99	317743.31	43.485	234112.08	317743.22	43.665	0.220
23	234104.62	317743.32	43.517	234104.72	317743.22	43.717	0.245
24	234101.33	317742.56	43.283	234101.45	317742.44	43.523	0.294
25	234094.27	317743.40	43.552	234094.36	317743.32	43.712	0.196
26	234106.37	317739.67	43.355	234106.46	317739.58	43.535	0.220
27	234103.28	317739.65	43.368	234103.35	317739.58	43.508	0.171
28	234086.16	317736.47	43.527	234086.22	317736.41	43.647	0.147
29	234083.17	317736.45	43.536	234083.25	317736.37	43.696	0.169
30	234078.36	317736.44	43.554	234078.45	317736.35	43.734	0.220
31	234075.38	317736.42	43.559	234075.48	317736.32	43.759	0.245
32	234070.50	317736.42	43.571	234070.62	317736.30	43.811	0.294
33	234067.48	31.7736.42	43.579	234067.56	317736.34	43.739	0.196
34	234071.38	317739.59	43.465	234071.50	317739.47	43.719	0.306
35	234074.58	317739.62	43.456	234074.65	317739.55	43.596	0.171
36	234079.23	317739.62	43.441	234079.29	317739.56	43.561	0.147
37	234082.13	317739.62	43.437	234082.21	317739.54	43.597	0.196
38	234072.68	317742.08	43.368	234072.77	317741.99	43.548	0.220
39	234062.62	317736.42	43.591	234062.72	317736.32	43.791	0.245
40	234059.52	317736.41	43.596	234059.64	317736.28	43.840	0.299
41	234054.55	317736.41	43.601	234054.67	317736.29	43.849	0.304
42	234058.07	317742.52	43.387	234059.19	317742.40	43.633	0.301
43	234011.53	317742.22	43.448	234011.62	317742.13	43.628	0.220
44	234011.44	317739.61	43.599	234011.54	317739.51	43.799	0.245
45	234011.35	317736.90	43.665	234011.47	317736.78	43.905	0.294
46	234017.31	317743.34	43.712	234017.39	317743.26	43.872	0.196
47	234012.95	317743.82	43.737	234013.04	317743.73	43.917	0.220
48	234054.20	317719.65	43.659	234054.27	317719.58	43.799	0.171
49	234094.36	317719.72	43.625	234094.42	317719.66	43.745	0.147
50	234134.80	317719.58	43.569	234134.88	317719.50	43.729	0.196
RMSE				0.228			

이와 같이 모바일 매핑 시스템을 활용하여 도로관련 시설물들의 DB 구축은 물론 기존 수치지도의 수정·갱신 작업을 수행할 수 있도록 응용 컴포넌트를 구성하였으며, 이를 통한 응용 작업시 기존 작업방식과의 비교·분석 예는 [표 21]과 같다.

표 21. 모바일 매핑을 응용한 수치지도의 수정·갱신 작업

공 종	모바일매핑 시스템의 수치지도 수정·갱신	기존 수치지도 수정·갱신
항공사진촬영	국소지역이나 제안 시스템의 가시 지역의 경우 필요 없음	항상 항공사진촬영이 필요함
평면기준점 측량	공중 단축 가능	많은 시간소요 및 고비용
표고기준점 측량	공중 단축 가능	많은 시간소요 및 고비용
사진기준점 측량	공중 단축 가능	각 항공사진마다 내업을 통해 작업
해석도화	모바일매핑 S/W를 이용 직접 3차원 지형/지물 추출	많은 시간과 비용이 소요됨
지리조사 도면출력	공통항목	공통항목
지리조사	본 시스템을 이용하여 현장 작업의 최소화 및 영상 제공	객관적인 지리조사 근거가 없음
최종도면	공통항목	공통항목
기타	<ul style="list-style-type: none"> - 대상지역을 수시로 운행하여 신속한 갱신이 가능 - 사용자가 원하는 대상지역의 수정·갱신이 용이함 - 정확한 3차원 좌표를 지닌 수치지도 수정·갱신 가능 - 영상에 포함된 모든 대상물에 대한 좌표획득 	<ul style="list-style-type: none"> - 매 5년 주기로 갱신 - 항공사진 촬영이 이루어져야만 가능 - 2차원 기반의 수정·갱신 - 항공사진 해상력에 따른 특정 대상물만 도화

본 논문에서는 모바일 매핑을 활용한 수치지도 수정·갱신의 효율성, 도로시설물

관리시스템들의 기능 개선 및 GIS DB 구축에 따른 시간과 비용의 절감 효과 등 실무 적용에 따른 응용 가능성을 제시할 수 있었다. 또한 영상정보를 활용하는 새로운 지리정보체계인 Video GIS 개념을 정립하였으며 이는 [그림 52]과 같이 기존의 2차원 지리정보체계에 보다 현실감 있는 영상정보를 접목시킨 것으로 명확한 의사결정 수단의 자료를 제공하도록 구성하였다. 이러한 Video GIS 구축에 있어서 본 논문의 모바일 매핑 시스템의 기능은 CCD 영상뿐만 아니라 Video Image를 제공하므로 동영상을 통한 분석가능을 제공하게 된다.

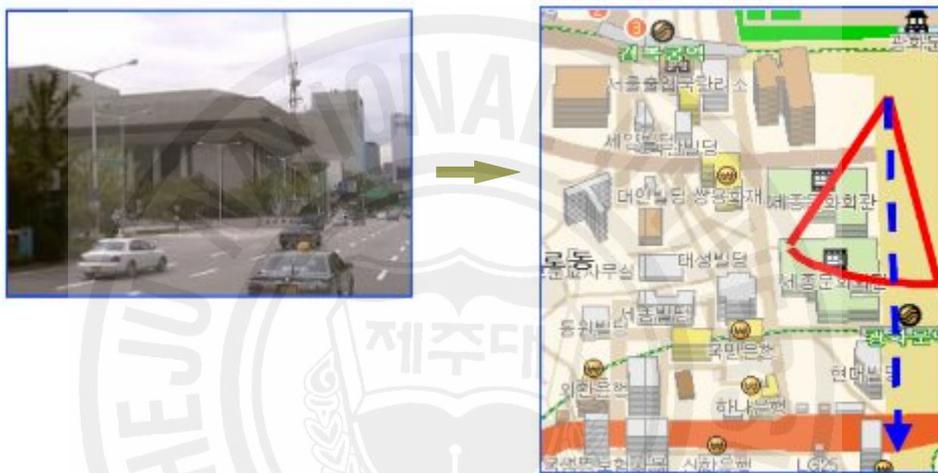


그림 52. 모바일 매핑 영상을 이용한 Video GIS 구현 결과

3. 결과 고찰

모바일 프로그램은 자료교환프로그램을 통해 추출된 GIS 데이터를 수정·갱신하는 것이 목적이다. 현장에서 측량을 통하여 획득된 성과를 도형정보로 수정·갱신뿐만 아니라 속성정보를 수정·갱신할 수 있어야 한다.

또한 CDMA 방식의 무선 통신을 활용할 수 있어야 한다. 이러한 목적을 만족시키기 위해 모바일 프로그램을 개발하였다.

모바일 환경에서 사용할 수 있는 제원이 데스크탑 환경보다 떨어지기 때문에 효

올적인 리소스관리를 위해 Microsoft사의 eVC3.0 및 eVC4.0을 사용하였으며, 개발환경은 데스크탑 컴퓨터의 Microsoft Window 2000하에서 개발하였다. 개발 목표 OS는 Microsoft WinCe 3.0, PocketPC 2002, PocketPC 2003(Ce.Net 4.2)으로 모든 모바일 기종에서 구동될 수 있도록 개발하였다.

모바일 장비는 현재 국내에서 가장 많이 사용되고 있는 HP사의 iPAQ 3600, 3800, 5500 Series를 대상으로 개발되었으며, 무선통신은 TCP/IP프로토콜을 이용할 수 있는 모든 통신방법을 지원하나, 현실적으로 가능한 한국통신의 Nespot과 CDMA 2000을 사용하여 프로그램을 구성하였다.

본 논문에서는 모바일 상에서 연계정보구축 및 영상처리 및 지리객체 추출, 비디오 데이터 획득 및 위치 측정을 위한 프로그램을 개발하여 실시간으로 GIS DB를 구축하고 수정·갱신할 수 있는 LBS 시스템을 구축함으로써 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

위치데이터 처리 알고리즘을 개발하여 GIS DB로부터 모바일 프로그램에서 처리될 수 있는 DXF 형식의 데이터로 변환, 추출하고, 모바일 매핑 프로그램에서 추출된 데이터에 대한 도형 및 속성정보를 수정, 편집할 수 있었으며, 위치관제시스템을 구축하여 사용자의 위치를 관제할 수 있었으며, 실험을 통하여 실시간으로 데이터의 수정할 수 있었다.

따라서 본 논문은 모바일 매핑을 활용한 3D Map 기술 구현을 통해 향후 Video GIS DB의 구축 및 유지관리에 활용할 수 있을 것으로 사료되며, 모바일 매핑의 자료처리 과정에 필수적으로 요구되는 GPS/INS 통합 처리 모듈을 개발과 함께 자세 결정 기법을 제시함으로써 모바일 매핑뿐만 아니라 여러 분야에 응용할 수 있는 효율적인 GPS/INS 통합 모듈을 제시하여 CCD 카메라의 검증 모듈을 개발함으로써 모바일 매핑 시스템의 정확도 향상은 물론, GPS/INS 및 부가 센서들을 동일 좌표계로 통합할 수 있는 기반을 마련을 계기로 영상해석을 통한 3차원 공간정보를 생성하는 기술과 이를 체계적으로 관리할 수 있는 방안을 제시하였다.

모바일 레이저 자료의 취득 및 레이저 자료의 geo-referencing, 이를 통한 지형·지물의 추출 및 3차원 모델링 기술을 개발함으로써 도로, 건물 등을 중심으로 3차원 객체에 대한 정확한 모델링은 물론 3차원 가상현실 구축 등에 활용될

수 있는 모바일 레이저 활용 기반을 마련하였다.

끝으로 본 논문을 통해 개발된 모바일 매핑을 적용한 3차원 Map 생성 시스템의 실무적용 가능성 및 체계적인 활용방안을 제시하였으며, 각종 GIS 응용체계에 있어 시간과 경비 절감은 물론 양질의 서비스 체계를 구성할 수 있을 것으로 기대된다.



V. 결 론

인류의 문명과 문화가 발달함에 따라 다변해 가는 각종 정보를 신속, 정확하게 처리하여야 하는 현대인들에게 모형(점, 선, 면), 영상(위성사진), 속성(data base) 및 위치정보(x, y, z)의 종합적이고 체계적인 관리를 위한 GIS의 효율성은 산업 사회의 발달과 함께 날로 증대되고 있는 추세이다.

예를 들어 지역계획, 자원개발, 군사적 목적의 입지분석 등 각종 계획을 수립한다고 했을 경우 이를 성공적으로 추진하기 위해서는 토지, 자원, 지형, 환경 또는 이와 관련된 방대한 양의 정보가 필요하다. 이러한 다양한 정보를 정확하고 시기 적절하게 수집하여 대조, 분석하는 과정과 이러한 과정에서 얻어지는 정보들은 사용자 하여금 주요한 의사결정에 적절한 시기와 적절한 형태로 정리되어 즉시 출력되어야만 비로소 GIS라 할 수 있다.

GIS의 목적은 의사결정지원인데 이를 성공적으로 지원하기 위해선 반드시 분석이 이루어져야 한다. 분석을 위해선 데이터와 통계가 있어야 한다. 데이터는 곧 정보와 직결되는 중요한 요소인데 이를 얼마만큼 정확하게 추출을 해내느냐에 따라 정보의 가치는 달라진다. 즉 속성(Data Base)이 중요한 요소가 된다. 또한 데이터 중에서 더 중요한 것과 덜 중요한 것을 가려내야 하는데 통계를 사용하여 확률적으로 더 중요한 데이터를 가려내야 한다. 데이터베이스와 통계는 속성 정보일 뿐이다. 이를 그래픽으로 표현을 해야 하는데 GIS에서 말하는 그래픽의 대상은 지구의 지상, 좌표, 지하를 통틀어 의미를 갖는다.

모바일 인터페이스는 실시간으로 위치 관련 정보를 서버에 요청하고 서버로부터 제공된 위치 검색 결과를 출력하는 역할을 한다. 이러한 위치 추적 시스템 구현을 위하여 시스템에 적용할 위치 정보를 모델링 하였으며 시스템 구성 및 처리 알고리즘으로 HBR-tree를 제시하였다. HBR-tree는 기존의 공간 인덱스를 위치 데이터 처리에 사용하는 갱신 비용이 크다는 단점을 해결하기 위하여 본 논문에서 제시한 위치 데이터 인덱스이다. HBR-tree는 2차원 해쉬 알고리즘의 장점과 R-tree 계열 인덱스의 장점을 취합하여 개발된 인덱스로써 이동 객체의 변경 연산을 효과적으로 처리할 수 있다. 또한 HBR-tree는 약간의 변경을 통하여 과거 위치 데이터에 대한 인덱스를 구성할 수 있기 때문에 이동 객체의 궤적에 대한

질의에도 신속하게 대응할 수 있다. 구현 시스템에서 제공하는 위치 검색 기능은 ‘모든 시간 구간 위치 검색 질의’, ‘모든 차량의 특정 시간구간 위치 검색 질의’, ‘특정 차량의 전체 시간구간 위치 검색 질의’, ‘특정 시점에서의 위치 검색 질의’ 등이다. 이는 모바일 환경에서 이동 클라이언트들의 과거 및 미래 위치 검색 질의를 실시간으로 처리할 수 있음을 알 수 있다.

본 논문을 통해서 얻어진 3D 공간정보 모델구축을 위한 모바일 매핑의 결과물인 Video GIS는 가상이 아닌 좀 더 사실적이고 경제적이면서 효율적인 데이터의 가공과 가시화를 위한 다양한 솔루션을 제공하고, 다양한 응용분야로의 확대가 용이하다. 3차원 지도 저작도구는 건물에 대한 손쉬운 모델링 툴과 도로에 대한 다양한 속성 정보를 더함으로서 지구를 통한 위치 정보를 획득할 수 있는 콤팩트한 그래픽 엔진을 제공함으로써 유비쿼터스 환경에서의 지도 서비스가 가능할 것으로 기대된다.



참 고 문 헌

- [1] A. F. Smeaton, "Indexing, Browsing and Searching Digital Video and Digital Audio Information." ESSIR 2000, Varenna, Italy, Sept. 2000.
- [2] Andr' e Gu' eziec. "Surface simplification inside a tolerance volume." Technical report, Yorktown Heights, NY 10598, Mar. 1996. IBM Research Report RC 20440, <http://www.watson.ibm.com:8080/search paper. shtml>.
- [3] Barrett O'Neill. Elementary Differential Geometry. Academic Press, Boston, 1966.
- [4] David Luebke and Carl Erikson. "View-dependent simplification of arbitrary polygonal environments". In SIGGRAPH 97 Proc., pages 199-208, August 1997.
- [5] Donald E. Knuth. The Art of Computer Programming, volume 1. Addison Wesley, Reading, MA, Third edition, 1997.
- [6] E. Lin, C. Podilchuk and E. Delp, 2001, "A Hybrid embedded video codec using base layer information for enhancement layer coding," Proc IEEE Trans. pp.1005-1008.
- [7] Goodchild, M.F., 1991, Introduction to GIS, National Center for Geographic Information and Analysis, Univ. of California.
- [8] Greene, D., 1989, "An Implementation and Performance Analysis of Spatial Data Access Methods," IEEE Transaction on Knowledge and Data Engineering, pp.606-615.
- [9] Gueting, R.H., 2003, "An Introduction to Spatial Database Systems," The VLDB Journal, Vol.3, No.4, pp.375-399.
- [10] H. Aradhye, C. Dorai and J. C. Shim, 2001, "Study of embedded font context and kernel space methods for improved videotext recognition," Proc IEEE Trans. pp.825-828.
- [11] Hugues Hoppe. "Progressive meshes." In SIGGRAPH '96 Proc., pages 99

- 108, Aug. 1996. <http://research.microsoft.com/~hoppe/>.
- [12] Hugues Hoppe. "View-dependent refinement of progressive meshes." In SIGGRAPH 97 Proc., pages 189 - 198, August 1997. <http://research.microsoft.com/~hoppe/>.
- [13] I. T. Jolliffe. "Principal Component Analysis." Springer-Verlag, New York, 1986.
- [14] ISO TC/211, 19132 Geographic Information - Location Based Services Possible Standards, <http://www.isotc211.org/scope.htm#19132>.
- [15] J. O. Smith and J. S. Abel, 2002, "Closed-form least-squares source location estimation from range-difference measurement" IEEE Trans. Acoust., speech, Signal Processing, Vol. ASSP-35, pp. 1661-1669.
- [16] J. R. Parker, 1997, "Algorithms for image processing and computer vision," John Wiley & Sons, New York.
- [17] J. Zhou and D. Lopresti, 1997, "Extracting Text form WWW Images", Proceedings of the 4th International Conference on Document Analysis and Recognition(ICDAR'97), Ulm, Germany.
- [18] Jovan Popović and Hugues Hoppe. "Progressive simplicial complexes". In SIGGRAPH 97 Proc., pages 217 - 224, 1997. <http://research.microsoft.com/~hoppe/>.
- [19] K. H. Ryu and Y. A. Ahn, 2001, "Application of Moving Objects and Spatiotemporal Reasoning," TimeCenter TR-58.
- [20] Kwon, D., and Lee, S., 2002, "Indexing the Current Positions of Moving Object Using the Lazy Update R-tree." Proc. of International Conference on Mobile Data Management, pp.113-120.
- [21] Lee, Y., and William, C., 1993, Mobile Communications Design Fundamentals, John Wiley & Sons.
- [22] Merlin Hughes, Anselmo A. Lastra, and Edward Saxe. "Simplification of global-illumination meshes." Computer Graphics Forum, 15(3):339 - 345, August 1996. Proc. Eurographics '96. 3 <http://www.graphics.stanford.edu/>

data/3Dscanrep/ and [http://geochange.er.usgs.gov/pub/sea level/Contents/05mipres.html](http://geochange.er.usgs.gov/pub/sea_level/Contents/05mipres.html)

- [23] Michael Garland and Paul S. Heckbert. "Surface simplification using quadric error metrics." In SIGGRAPH 97 Proc., pages 209 - 216, August 1997. <http://www.cs.cmu.edu/~garland/quadrics/>
- [24] N. El-Sheimy and K. Schwarz, "Navigating Urban Areas by VISAT - A Mobile mapping System Integrating GPS/INS/Digital Cameras for GIS Applications," *Navigation*, Vol.45, No.4, 1998-99, pp.275-285.
- [25] R' emi Ronfard and Jarek Rossignac. "Full-range approximation of triangulated polyhedra". Computer Graphics Forum, 15(3), Aug. 1996. Proc. Eurographics '96.
- [26] T. Navarrete, "Video GIS: Combining Video and Geographical Information," Research Report, Pormpeu Fabra Univ., Dept. of Computer Science and Communication. 2001.
- [27] 김성백, 이승용, 김민수, 이종훈, "4S-Van 구현을 위한 DGPS/INS 통합 알고리즘 설계," 한국우주과학회지, Vol.19, No.4, Dec. 2002, pp.351-366.
- [28] 유복모, 현대 디지털 사진측량학, 문은당, 2001.
- [29] 유재준, 주인학, 남광우, 이종훈, "The Design and Implementation of Video Geographic Information System," 한국정보과학회 2002 추계학술대회, 2002, pp.274-276.
- [30] 유재준, 주인학, 남광우, 이종훈, "The Design and Implementation of A Video Geographic Information System," 한국정보과학회 2002 추계학술대회, 1권, Oct. 2002, pp.274-276.
- [31] "LBS, Now & Future," Strategy Report, 소프트뱅크리서치, July, 2002, pp.9-23.
- [32] "GPS-Van 을 이용한 지도 수정 가능성 검증", 국토지리정보연구원, Aug. 2004, pp.13-18.
- [33] 석곡관측 과학기술연구원, "수치사진 측량기법과 GPS 를 이용한 실시간 사진측량 시스템 개발 연구보고서," 건설교통부& 건설기술연구원

- [34] (주)한성유아이엔지니어링, “4S-Van을 위한 Field System 컴포넌트 개발,” 한국전자통신연구원. Jan. 2002, pp.10-33.
- [35] 박창희, 강진석, 김장형, “위치데이터인덱스 기법을 적용한 위치기반서비스에 관한 연구”, 한국멀티미디어학회, May. 2006
- [36] 박창희, 강진석, 고석만, 김장형, “임베디드 리눅스 기반의 사용자 영상인식 시스템 구현”, 한국해양정보통신학회, Feb. 2007
- [37] <http://www.garmin.co.kr>(Garmin Korea)
- [38] [Http://www.gpskorea.com](http://www.gpskorea.com)
- [39] [Http://www.iwane.com](http://www.iwane.com)
- [40] [Http://www.lambdatech.com](http://www.lambdatech.com)
- [41] [Http://www.mediamapper.com](http://www.mediamapper.com)



감사의 글

오늘 이 시간은 떠나던 여정을 마치고 돌아와서 다시 새로운 미지의 세계를 향해 출발해야 하는 마음과 같습니다. 뒤돌아보면 온갖 역경과 험난한 길도 있었지만, 한편 보람도 있고 즐거운 추억도 있었습니다. 앞으로 저가 가야할 길은 지금까지 받은 사랑과 관심을 또 다른 사람들을 위해서 베풀어야 한다는 소명을 가지고 더욱 정진하겠습니다.

지금의 저가 있기까지 많은 사랑과 격려와 가르침을 주신 모든 분들께 이 시간을 빌어 감사드리며, 이 논문이 완성되기까지 세심한 지도를 해주신 김장형교수님과 심사위원장이신 안기중교수님, 논문심사과정에서 세심한 조언과 지도편달을 아끼지 않으신 변영철교수님, 김도현교수님, 그리고 군산대학교 최연성교수님과 더불어 제주대학교 컴퓨터공학과 학과교수님들께 깊은 감사를 드립니다. 또한 논문이 완성될 때까지 많은 도움을 아끼지 않은 후배인 인천대학교 강진석교수와 박민철선생, 지면상 이름을 일일이 거명할 수 없지만, 학과 조교선생님과 멀티미디어연구실에 있는 여러 선생님들께도 감사드립니다.

특히 저를 학업의 길로 인도해주시고 유학시절 부모님과 같이 항상 따뜻한 배려와 격려를 해주신 近畿大學校 이공학부 지도교수님이신 요네자와 마사아끼(米澤政昭)교수님과 박사전기과정 지도교수님이신 오오모리 히로시(大森弘)교수님께 머리 숙여 감사드리며, 저의 꿈과 희망인 제주산업정보대학교 동료 교수님, 직원 선생님 그리고 주식회사 나와정보 직원들께도 이 시간을 빌어 고마운 말씀을 드립니다.

끝으로 저를 이 세상에 태어나게 해주신 것만으로도 고마움을 느끼게 할 수밖에 없는 저희 부모님과 사랑하는 형제자매와 나의 가족 모두에게 감사하며, 모든 이로부터 사랑과 기대에 어긋나지 않게 살기 위해, 꿈(夢)과 사랑(愛)과 의리(義)를 아는 사람이 될 것을 이 시간을 빌어 약속합니다. 다시 한 번 모든 분께 감사드립니다.

2007년 12월

박 창 희