

3차원 지형공간영상 생성 기술 비교 연구

연상호 (세명대학교)

차 례

1. 연구배경 및 목적
2. 연구내용 및 처리과정
3. 3차원 지형 영상 구축 사례
4. 3차원 도시 공간 영상 콘텐츠 통합 방안 비교
5. 결론

1. 연구배경 및 목적

도심지의 공간을 대부분 차지하고 있는 건물의 높이는 지상의 기준점으로 부터의 상대적인 수직거리로 산정하여 3차원의 정보이지만, 지형도의 등고선으로는 알 수 없는 높이이므로 도심지의 스카이 라인이나 건물의 높이 등은 지도에 누락되어 실제적으로 지구의 3차원 공간 정보를 구축하기 위한 다양한 기법이 계속적으로 개발되어져 왔다. 다양한 지구공간의 형태를 입체적으로 조망해 볼 수 있도록 하기 위하여 3차원 공간을 생성하여 지형조감도를 작성하고, 이를 지역 및 도시 공간에서 동영상으로 보여주기 위하여 3차원 시뮬레이션을 실시할 수 있도록 하였다.

3차원 지형과 모형을 생성하여 공간도시를 보여준다는 것은 문서나 수치 및 2차원의 공간 도면을 이용하여 의사결정을 하는 것 보다 분명히 큰 효과가 있다. 우리가 살아가는 도시 공간을 실제 보는 것처럼 표현할 수 있으므로 도시계획, 재난시의 통제 및 관리, 건설공학, 부동산 관리, 복잡한 도시교통의 효율성, 마케팅, 관광, 자원개발, 환경보호 및 관리 등 대부분의 생활공간에 활용이 가능하므로 3차원 공간의 생성에 의한 시뮬레이션 모델의 도입은 필수적인 것이라 할 수 있다. 다양한 공간 자료에 의해 생성된 공간모델은 3차원의 지형공간으로 보내어져서 우리가 사용가능한 GIS 솔루션에서 다른 여러 기능을 이용할 수 있도록 재구성 편집되어지도록 한다. 즉 GIS 환경에서 3차원 도시모델은 새롭게 공간정보 콘텐츠로서 활용이 가능해지고 있는 위치기반의 GPS/LBS 등의 또 다른 시스템과의 융합을 시도할 수 있게 된다. 본 연구에서는 DEM 생성에 의한 지공간 정보를 다양한

이미지와 결합함으로써 우리가 주위에서 활용할 수 있는 CAD 데이터와 사진을 중첩하는 기법을 개발하여 도시하였고, 특히 최근에 관심이 고조되고 있는 항공 LIDAR 측량으로 획득한 레이저 스캐닝 방식의 센서와 지표면까지의 거리 및 방향을 관측하여 지표면 상의 표고점에 대한 3차원 좌표를 결정하도록 함으로서 도심지에서의 3차원 공간 구성과 시뮬레이션을 설정하였다.

따라서 본 연구에서는 도심공간과 지역의 데이터를 수집하여 3차원 공간영상을 생성하여 보다 정확하게 생성하여 구현할 수 있는 방법과 최선의 영상 선택이 가능하도록 있도록 다양한 시뮬레이션 방식으로 비교하여 사용자 입장에서 선택이 용이하도록 하였다. 본 논문에서는 가능한 이론적인 방법보다는 실제 사례를 중심으로 한 3차원 영상의 생성과 그 3차원 영상의 비행시뮬레이션을 비교함으로써 표고 자료의 획득과 처리 방법에 의한 공간영상의 활용기법과 선택적 사용을 비교할 수 있도록 하였다.¹⁻⁶⁾

본 논문에서는 3차원 영상의 생성과 그 시뮬레이션을 비교하여 결과를 고찰하였다.

2. 연구과정 및 내용

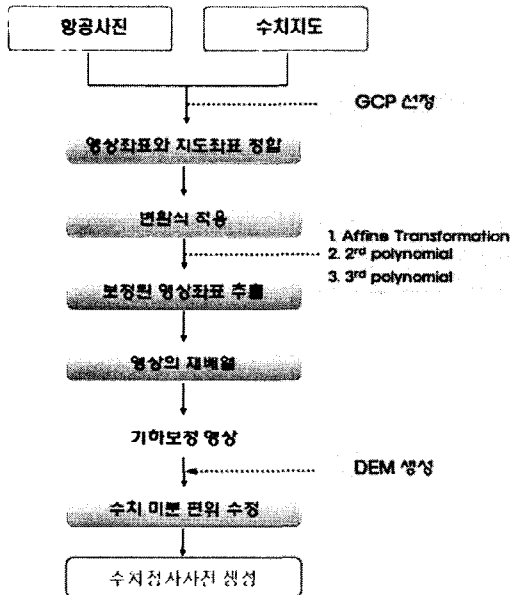
3차원 지형공간을 형성하기위하여 가장 많이 이용하는 지형의 DEM을 항공사진이나 수치지도로부터 추출 위해서는 먼저 정밀기하보정 후에 최종 정사보정을 실시하여야 한다. 정사보정 방법은 기하보정 방법과 달리 영상이 가지고 있는 왜곡의 원인을 모두 고려하여 기하학적으로 영상 촬영 당시와 똑같은 환경을 재구성함으로써

영상의 위치를 보정하는 방법이다.

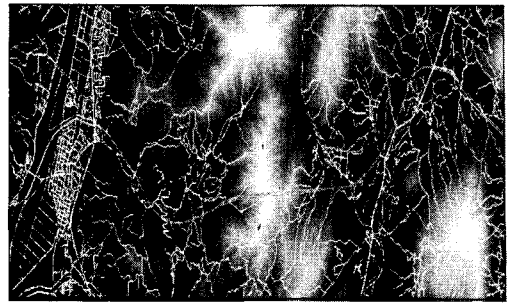
항공사진을 이용하여 수치정사사진을 제작하기 위하여 우선 선행되어야 할 것이 지상기준점을 선정하는 것이다. 먼저 연구지역에 대한 GCP를 골고루 선정하고 나서 영상에 대한 좌표와 지도좌표를 정합하였으며, 정합한 영상에 대하여 3차 다항식을 적용하여 보정된 영상 좌표를 추출하고 영상의 재배열 과정을 거쳐 기하보정영상을 생성하였다. 마지막으로 수치정사사진을 생성하기 위해서는 보정된 영상에 대한 수치표고모형을 생성하여 정밀 수치 미분 편위 수정 과정을 거침으로써 최종 수치정사사진을 제작하였다.

표 1은 수치지도에서 등고선을 추출하여 DEM을 생성하는 과정을 나타내었으며, 사진 1은 DEM 영상과 수치지도를 정합한 결과를 나타내었다.

표 1. 영상보정 및 3차원 사진영상 처리과정도



다음에는 수치 미분 편위 수정과정을 거쳐 생성된 수치정사사진을 생성하여 DEM 영상위에 중첩시켜 각 고도별 지도정보를 확인할 수 있도록 하고 이것을 3차원 공간위에 조감도로 그림 보여주기 위하여 방향각과 투시각도를 부여하고 투시고도를 설정하여 투시조감도를 다시 생성하도록 하였다.



▶ 사진 1. 기하보정후의 영상과 DEM 도로의 중첩

이어서 3차원 도시공간 영상을 제작하여 진행시켜온 국내외의 개발 사례를 비교하도록 하여 장래 유비쿼터스 도시공간 콘텐츠에서 활용되어야 할 3차원 공간영상의 중요성을 확인 할 수 있도록 하였다.

3. 3차원 지형 영상 구축 사례

3.1 사진 및 위성영상의 3차원 공간영상 제작

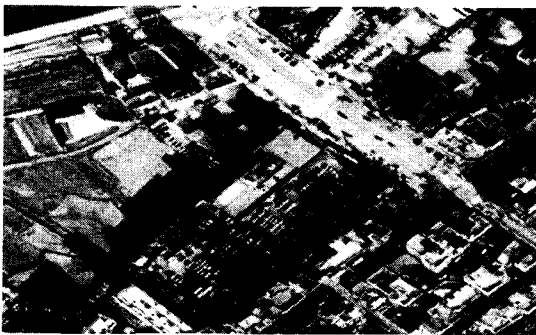
정사 보정 사진과 위성영상을 바탕으로 하여 수치지도에서 추출된 벡터 데이터인 주요 도로망 및 하천 등의 확인된 공간정보를 중첩시켜 제작된 것으로서, 제천의 도심지를 대상으로 절출한 위성영상을 정밀위치 보정하고 정사투영 보정시키고 주요 벡터의 공간정보를 중첩시켜 보여지도록 하였다. 그리고 나서 그 지역의 등고선을 DEM으로 변형시켜 얻은 영상과 수치지도 결합으로 새롭게 생성된 다양한 공간정보를 분석하였다. 밝은 하늘 색은 고지대, 어두운 지역은 저지대, 녹색 및 청색선은 간선도로망을 나타낼 수 있다.

3차원 투시조감도를 제작하는 과정은 RGB 위성영상 채널, DEM 등고선채널, 벡터 도로채널을 각각 사용할 모듈을 통해 가져다가 조감도를 작성하도록 하였다. 그 결과를 컴퓨터 화면에 표시하며, 또한 이를 외부로 보내지는 조감도 파일을 생성하는 과정을 보여주고 있다.¹⁻³⁾ 투시도에 포함된 DEM 파일은 3차원 이상의 입체영상을 생성할 수 있으므로 원하는 방향과 높이 값을 지정하여 조감도를 비롯한 입체적 조감도의 영상을 보여주는 것이 가능하도록 하였다. 즉, 영상 조감도는 동서남북 방향에서 각각 작성하는 것을 기준으로 하고 조감하고자 하는 방향과 표고 등을 지정하여 임의로 조망할 수 있는 사용자 설정기능을 부여하였다.

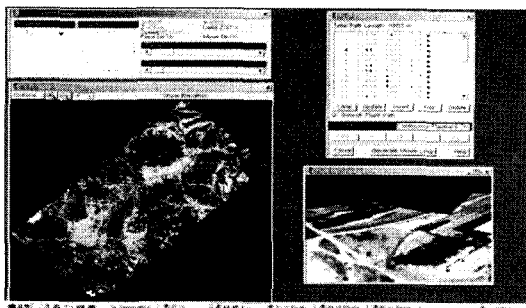
DEM을 이용한 음영기복영상을 생성하였으며, DEM

과 정사 영상을 이용한 지형의 4차원 시물레이션 구성을 위하여 비행 궤도 설정을 통한 지형의 4차원 시물레이션을 위한 동영상 제작하도록 하였다. 이를 위하여 영상 입력 프로그램을 이용한 동영상 제작하였다.

마지막으로 DEM과 정사영상의 로딩을 위하여 DEM 파일과 정사영상을 3차원 시물레이션을 위해 컴퓨터 메모리로 저장하도록 하였으며, 비행 궤도 설정에서는 고도, 속도, 원근, 시점 등을 고려해 비행 궤도를 설정하도록 하였다. 즉 4차원 시물레이션 옵션 설정은 비행 옵션을 조절해 보기 좋게 조정하도록 하는 것이다. 시범지역으로 지정한 제천시 지역의 공중에서 자유롭게 비행할 수 있는 방법을 채택하기 위하여 14개의 관측점을 초당 약 30 프레임씩을 진행시키면서 연결해 갈 수 있도록 하였다. (사진2, 사진3)



▶▶ 사진 2. 정사보정 후의 항공사진의 3차원 공간 보기



▶▶ 사진 3. 3차원 영상 시물레이션 준비 작업 화면

3.2 항공 LiDAR 영상의 3차원 공간영상 제작

LiDAR (Light Detection And Ranging)는 Laser, 즉 RADAR(Radio Detection And Ranging)를 의미하는 것으로서 레이저와 이의 반사파를 받는 수신기의 결합체이다. 즉, 레이저가 광 펄스를 생성하면 물체를 반사하고 돌아온 반사파가 리시브 시스템으로 들어온다.

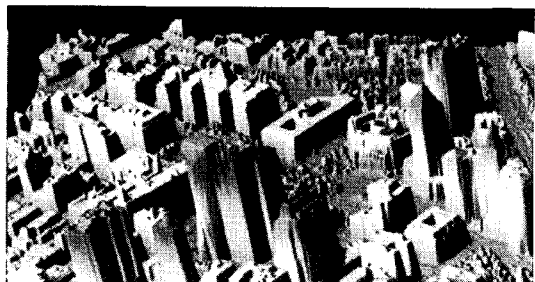
이때 고속계산기가 출발 펄스와 반사 펄스 사이의 비행 시간을 계산하여 거리로 환산한다. 이로부터 DEM은 각 발사파와 동조하는 항공기의 정확한 위치와 방향 그리고 각 레이저 펄스의 비행거리를 보간 함으로써 생성된다.

또한 영상은 건물과 지붕의 반사율과 지면의 반사와 분류를 통한 DN 값이 다르므로 식물과는 확연히 구별될 수 있다. 보다 구체적이면 정밀한 건물의 경계점을 추출하기 위해서는 두개의 서로 다른 항목이 완전히 불일치될 때까지 계층분류를 시도하는 것이다.⁴⁻⁵⁾ 예를 들어 식생자료는 지상 계층 데이터에서 분리될 수 있으며, 건물, 전기선 등이 필터링 기법으로 분리될 수 있다. 이로부터 LiDAR 측량의 결과물은 DEM, 수치정사지도, 수로노선지도, 홍수위험지도, 산림정보지도, 식물지도, 도로노선지도 등 다양하다. RADAR와 비슷한 개념인 LiDAR는 레이저 빔과 펄스를 사용하여 플랫폼에서 물체까지의 거리를 측정하는 것으로서, 나무꼭대기, 전기선, 탑, 건물, 지표 등 모든 지상의 물체들을 측정할 수 있을 뿐만 아니라 소프트웨어로 분석이 가능하다.

본 연구에서는 3차원 LiDAR 점들은 지면과 비지면의 커다란 차이를 가지고 인접분포를 형성하므로 쉽게 지붕과 지면을 구별할 수가 있으며, 4개의 모퉁이를 가진 건물지붕의 경우에는 건물 모퉁이와 날카로운 경사를 이루고 있으므로 사진이나 영상에서 손쉽게 경계점을 찾아내어 비교할 수가 있도록 하였다.(사진4, 사진5)



▶▶ 사진 4. LiDAR 측량에 의한 산림지역의 3차원 영상

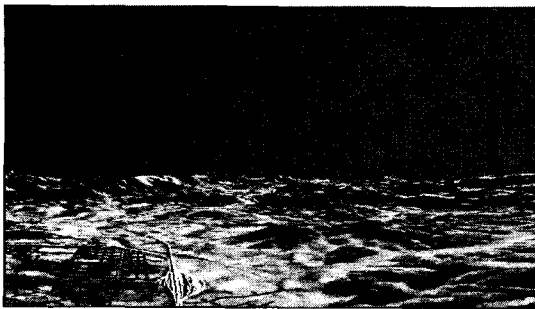


▶▶ 사진 5. LiDAR 측량에 의한 도심지역의 3차원 영상

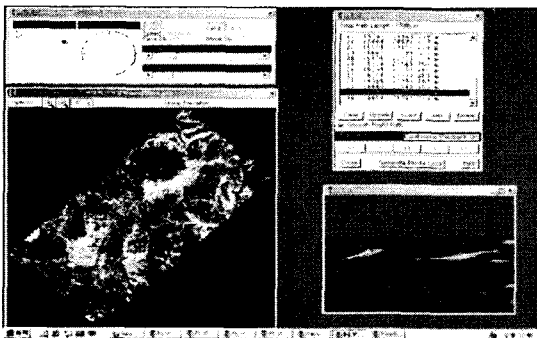
3.3 항공사진과 위성영상에 의한 3차원 영상의 시물레이션 설정

먼저 연속 이미지 생성을 하도록 하였고 4차원 시물레이션 모습을 연속적인 이미지 파일로 매초마다 약 30장면이 보이도록 순간 영상을 저장하여야 한다.⁹⁻¹⁰⁾ 이를 위하여 연속적인 이미지 파일을 이용해 동영상 제작할 수 있는 프로그램을 준비하였다.

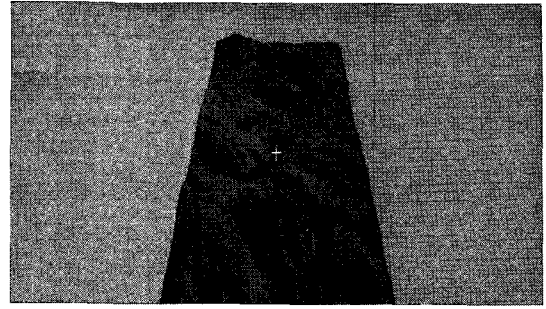
본 연구의 동영상 제작에서는 동영상 Cute Video 프로그램을 이용해, 연속적인 이미지 파일들을 동영상으로 인코딩하도록 하였고 최종 출력을 위하여 AVI 포맷의 동영상을 제작할 수 있다. 즉, 비행경로를 사전에 지정하여 비행고도, 방향, 고도 등을 지정하게 되면 매순간의 정보를 기록하여 리정보 3단계 사업에서 추진되고 있는 지능형 국토정보사업은 도시 및 국토공간에 공간정보와 통신을 연계하여 무선 및 센서에 의한 자동 인식과 자동 처리의 지능을 지속적으로 형성해가고자 하는 방안이므로 3차원 도시공간의 생성은 더욱 그 중요성이 크게 부각될 것이다.



▶▶ 사진 6. 철도건설지역의 3차원 영상 투시도 (재천)



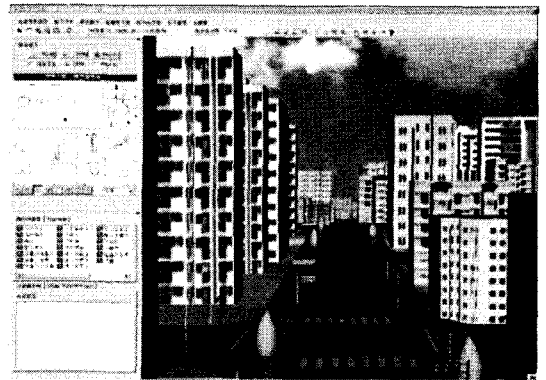
▶▶ 사진 7. 태백선 철도노선 3차원 동영상 시물레이션



▶▶ 사진 8. RGB DEM 기반의 고속도로 최적노선(부산)



▶▶ 사진 9. 3-D 지형공간의 비행영상(중평군)



▶▶ 사진 10. 사이버 대전 구성 예

4. 3차원 도시공간 영상콘텐츠 통합방안 비교

4.1 대전광역시 "사이버대전"

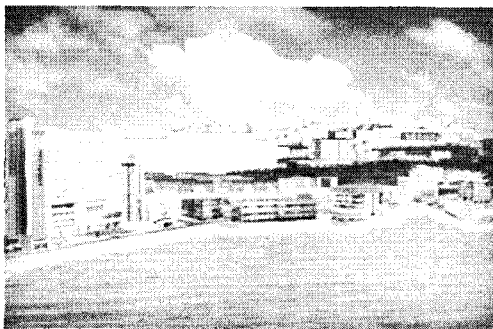
현재 대전광역시에서는 현실의 물리적 도시와 사이버공간을 연계하여 시공간을 초월한 사이버도시의 건설을 목표로 저장한 다음, 지정된 경로를 따라 이동할 수 있는 동영상을 시연하였다.(사진6, 사진7, 사진8, 사진9)

최근 지방자치단체에서는 특정지역을 초고속 인터넷과 연계해 단일 커뮤니티로 묶는 사이버도시 구축사업에 관심을 기울이고 있다. 2001년 부터 여러 지방자치단체

들이 시민과 공공의 삶의 질적 수준을 향상시킬 수 있는 사이버도시 건설에 대한 목표를 설정하고 기본계획을 수립하는 등 디지털시대의 핵심인 사이버도시 구축사업을 추진하였다. 국가지 사이버대전 구축 계획을 수립하고 이를 추진 중이다. 사이버대전은 3차원 가상도시 구축을 통하여 일차적으로 지자체 행정업무에 활용을 목표로 하고 있으며, 더 나아가 관광, 교육, 부동산, 기타지리정보 등의 대민 서비스를 통한 시민의 생활 질 향상을 목표로 한다.

4.2 부산광역시 "해운대구 도시 3차원 공간 데이터베이스 구축"

부산광역시에서는 2000년 12월부터 2001년 11월까지 해운대 구청의 지역정보화 사업의 일환으로 해운대구 사이버도시를 구축하였다. 이 사업의 주요내용은 도로, 지형, 건축물 등에 대한 3차원 자료 수집 및 3차원 데이터베이스 구축이다. 3차원 자료는 1:1,000 축척 수치지도를 기반으로 지상측량을 이용하여 벡터형식으로 구축되었다. 또한 3차원 데이터베이스를 이용한 네비게이션, 위치 검색 및 시뮬레이션 등의 서비스가 가능하도록 시스템이 개발되었다.

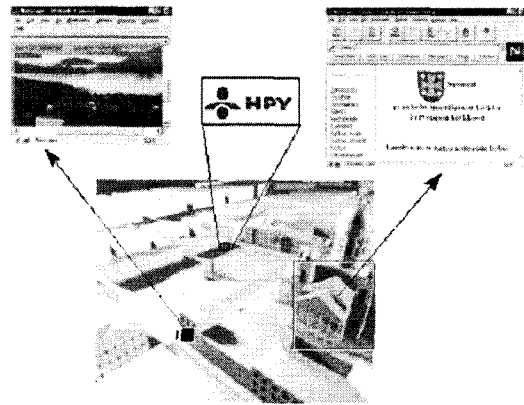


▶▶ 사진 11. 부산 해운대구 구성 예

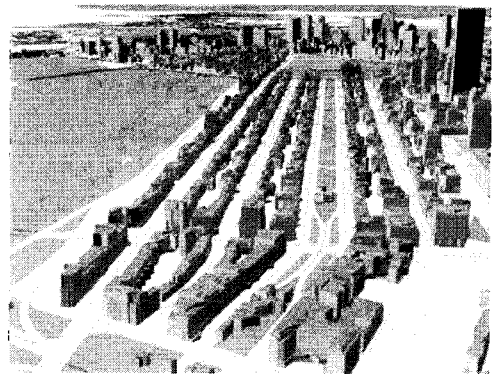
4.3 핀란드 "헬싱키의 아레나 2000"

이 사업은 도시 곳곳에 카메라를 설치하여 현실에 존재하는 도시의 상황과 정보를 사이버 상에 그대로 옮겨 놓은 Real Cyber City이다. 따라서 주택, 거리, 공원, 백화점, 미술관, 미용실 등 현실세계에 존재하는 모든 시설물과 자연환경이 사이버 상에 그대로 담겨 있다. 또한 카메라에서 시시각각 변화하는 도시 전체의 모습을 실시간으로 촬영하여 전송하기 때문에 사이버 상에 존재하는

도시의 모습도 상황에 따라 계속 변한다. 따라서 교통체증이 심한 곳과 화재 및 사건 발생지역을 한 눈에 알 수 있으므로 신속하고 효과적인 대책을 수립·시행할 수 있다. 이밖에도 헬싱키 시민은 아바타와 헬싱키 시티즌 코드를 소유하고 자신의 아바타와 고유한 시티즌 코드를 이용하여 사이버 상에서 자유자재로 움직이는 것은 물론 말과 감정까지 표현할 수 있다.

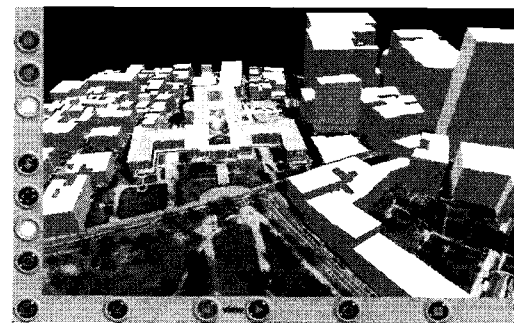


▶▶ 사진 12. 헬싱키 3차원 도시공간모형



▶▶ 사진 13. 보스톤시의 레이저스캔 건물자료

http://www.mapjunction.com/places/Boston_BRA/imagevml.pl?



▶▶ 사진 14. 보스톤시의 3차원 영상과 건물의 모형 재현

4.4 미국 “보스톤시 3차원 도시모델”

보스톤시의 3차원 도시모델은 현재 개발 중에 있으며, 최근 항공레이저 스캐닝 데이터를 이용하여 사진과 같이 3차원 건물모델링을 추진하고 있다. 보스톤시의 재개발 국에서는 3차원 도시모델을 경관 심의 과정에 축소 모형과 함께 이용하고 있다. 또한 건물 규모와 층고 등의 다양한 대안을 제시하기 위하여 3차원 모델을 이용하고 있으며, 그림자의 시간별 영향을 보여주는 기능도 포함하고 있다.

보스톤시에서는 건물에 대한 3차원 모델을 기반으로 도시 전체에 대한 3차원 모델을 체계적으로 도시전체에 대한 관리를 목표로 하고 있다. 보스톤시의 고정밀의 고정도의 건물 DEM을 레이저스캔 방식으로 취득하여 건물의 실제모형을 재현하는 기법으로 도시 전체를 3차원 이상의 가상공간에서 실제모습으로 방문할 수 있도록 한 것이다.

5. 결론

다양한 3차원 공간정보를 생성하여 U-city에 적용하기 위해서는 적용하고자 하는 대상지역에 대한 지형적인 요소와 공간을 구성하는 건물 등에 대한 기존의 자료와 데이터를 우선 수집하여 초기의 불필요한 조사와 작업량을 줄일 수 있어야 한다. 우리나라의 경우에는 전국적으로 수치지형도가 완비되어져 있으며 사용시점에 대한 최신의 영상자료 등을 항공라이더를 이용하거나 최근에 촬영된 위성영상의 공간자료를 미리 수집하거나 주문하여 확보해야만 유무선 통신설비와 센서망을 구축하는데 유용하게 활용할 수 있을 것이다.

특히 3차원 U-city에서는 다양한 레이블 공간정보를 다른 정보와 융합하여 서비스를 제공해야 하는 경우가 많으므로 일부 특정지역에 대하여는 상세한 3차원 도시 모델을 재구성하여 USN과 기타 필요시에 제공할 수 있어야 하므로 세심한 작업이 요구된다.

보다 효율적인 3차원 U-city 모델을 생성을 위하여 항공 LIDAR와 같은 고밀도 고정도의 공간정보를 수집하여 활용하는 것이 가장 좋은 정보수집분만 아니라 최신의 3차원 공간도시를 서비스하기 위한 가장 이상적인 수단이 될 수 있을 것으로 사료된다.⁸⁾ 일반적인 3차원 공간지역은 산림자원과 수자원 및 경관이 뛰어나므로 평면

적인 지형분석 보다는 동영상에 입체감을 실시간으로 느낄 수 있는 지형 시뮬레이션 기법이 더욱 더 지역개발계획 수립과 설계에 적합할 수 있는 결론을 얻었다. 다양한 지형공간의 3차원 시뮬레이션 방법이 시도되고 있으며 실세계를 보다 생동감있게 입체적으로 구현할 수 있는 고전확과 신속한 시뮬레이션 영상처리방법이 우리의 산업전반에 크게 확대되어질 전망이다. 점차 정보통신의 새로운 첨단기술이 공간정보의 분석과 관리에 실질적으로 적용되면서 동영상에 의한 다차원적인 공간분석모델링으로 우리가 살아가는 공간에 대한 새로운 방식에 의한 접근과 활용이 영상 및 방송과 더불어 인터넷 가상공간에서 폭넓게 이용될 것으로 사료된다.

참고문헌

- [1] 연상호(2000), “수치정사 사진제작을 위한 DEM 생성 및 추출기법에 관한 실험적 연구, 한국지리정보학회 춘계학술논문, pp.159~166
- [2] 연상호, 이진택(2000), “RADARSAT 위성영상의 DEM 추출기법에 관한 실험적 연구”, 한국지리정보학회 추계학술 논문, pp122~133
- [3] 연상호, 홍일화(2000), “3차원 지형분석을 위한 입체영상조감도 생성기술에 관한 연구”, 한국지리정보학회 학술발표회 논문집, pp212~219
- [4] 김영배, 서정현, 임삼성(2002), 항공레이저 매핑시스템에 의한 DTM 생성의 정확도 분석, 한국측량학회지, 20(2), pp. 105-110.
- [5] 김형태, 심용운, 박승룡, 김용일,(2002), LIDAR데이터를 이용한 수치정사사진의 제작, 한국측량 학회지, 20(2), pp. 137-143.
- [6] Robert H. Arnold(1996) Interpretation of Airphotos and Remotely Sensed Imagery, Prentice Hall
- [7] Albert, C.P.Lo and Yeung, K. W.(2002), Concepts and Techniques of Geographic Information Systems, Prentice Hall.
- [8] <http://www.optech.on.ca>
- [9] 연상호(2004), “국토조사 및 설계에서의 3차원 투시조감도 생성 및 지형 시뮬레이션 연구”, 한국지리정보학회 제20권 제2호 pp. 61-68.
- [10] 연상호, 이영대(2007), 철도노선관리에서의 LIDAR 데이터 기반의 3차원 계측 모델 생성 및 적용, 2007 한국철도학회 추계 학술대회 발표논문집, pp.70-75
- [11] 국토연구원, 3차원공간정보구축추진계획수립연구, 2001

저자 소개

● 연 상 호(Yeon Sang Ho)

정회원



- 1983년 서울대 공과대학(학사)
 - 1985년 서울대 공과대학(석사)
 - 1990년 서울대 공과대학(박사)
 - 1991-1998 삼성전자(선임), 한국건설기술연구원, 교육원(교수)
 - 1999년-현재 세명대학교 토목공학과 교수
- <관심분야>: 공간영상콘텐츠 제작, 원격탐측, 유비쿼터스, GIS, GPS, LBS