

u-GIS의 차세대 시각화를 위한 광역모델링 기술 동향

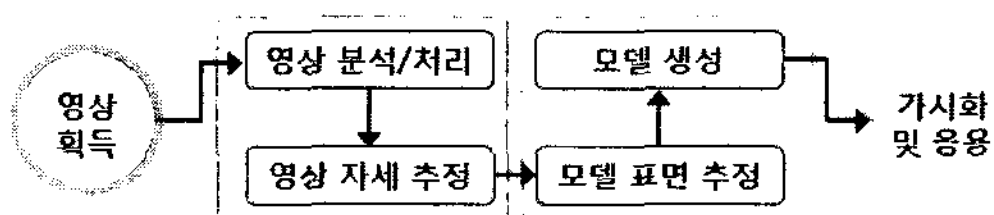
이석준* 정순기** 김정환***

◆ 목 차 ◆

- | | |
|-----------|-------------------------|
| 1. 서론 | 4. 항공/위성영상 기반의 3차원 복원기술 |
| 2. 영상획득기술 | 5. 지상영상 기반의 3차원 복원기술 |
| 3. 영상분석기술 | 6. 맺음말 |

1. 서론

국내외적으로 공간영상으로부터 3차원 구조물을 복원해 내는 많은 연구가 이루어지고 있다. 하지만, 구조복원의 영역이 일부 물체나 좁은 지역에 국한되어 있어 연구의 결과가 GIS응용분야에 적절하게 사용되지 않고 있는 실정이다. 또한 모델링 기술을 통하여 생산된 모델을 적절한 응용 콘텐츠로 시각화하고, 더 나아가서 상용화 단계에서 적절히 활용할 수 있는 방안이 꾸준히 요구되고 있다. 본 논문에서는 그림 1과 같은 과정으로 진행되는 영상기반의 광역모델링을 위한 모델링 기술에 관련한 최근의 연구동향을 소개함으로써 앞으로 이루어질 시각화 기술개발을 위한 적절한 대처 방안을 모색하고자 한다. 더불어 다중영상이나 단일 영상의 공간영상으로부터 보다 정확하고 정밀한 결과물을 생성할 수 있도록 하기 위해 필요한 모델링 기술 개발과 관련된 내용을 증점적으로 소개한다.



(그림 1) 영상기반 모델링 과정

2. 영상획득기술

특정 지역의 지형과 건물을 3차원으로 시각화하기 위해서 다양한 센서로부터 획득된 정보들이 활용되고 있다. 이러한 정보들의 획득 방법은 센서의 특성과 얻으려고 하는 정보의 특성에 따라서 다양하게 정의된다. 본 절에서는 3차원 지리정보 즉, 지형, 지물의 모양과 색상에 대한 정보를 얻기 위해서 사용되고 있는 센서 및 이를 이용한 데이터 획득 기술을 기술한다. 광학센서의 대표적인 예로 카메라를 들 수 있는데, 렌즈를 통해 대상물체로부터 반사되어 들어오는 빛을 감지하여 색상과 밝기 정보로 변환한다. 능동형 센서로는 레이저나 초음파 등의 특정한 신호를 대상물체에 전송하여, 물체로부터 반사되어 오는 신호를 감지하여 필요한 정보를 획득하는 센서이다. 본 절에서는 광역모델링을 하기위해서, 광학센서인 카메라와 레이저를 사용한 LIDAR를 활용한 영상획득기술에 대해 설명한다.

2.1 광학 센서를 이용한 영상획득

전통적으로 광학센서의 대표 격인 카메라는 감광방식의 필름을 사용하였다. 하지만, 지형지물의 광역모델링을 위한 최근의 연구들은 영상획득을 위해 점차 디지털 센서를 사용하는 추세로 변화하고 있다[1]. 획득한 영상을 시각화하기 위해서는 컴퓨터를 이용하여

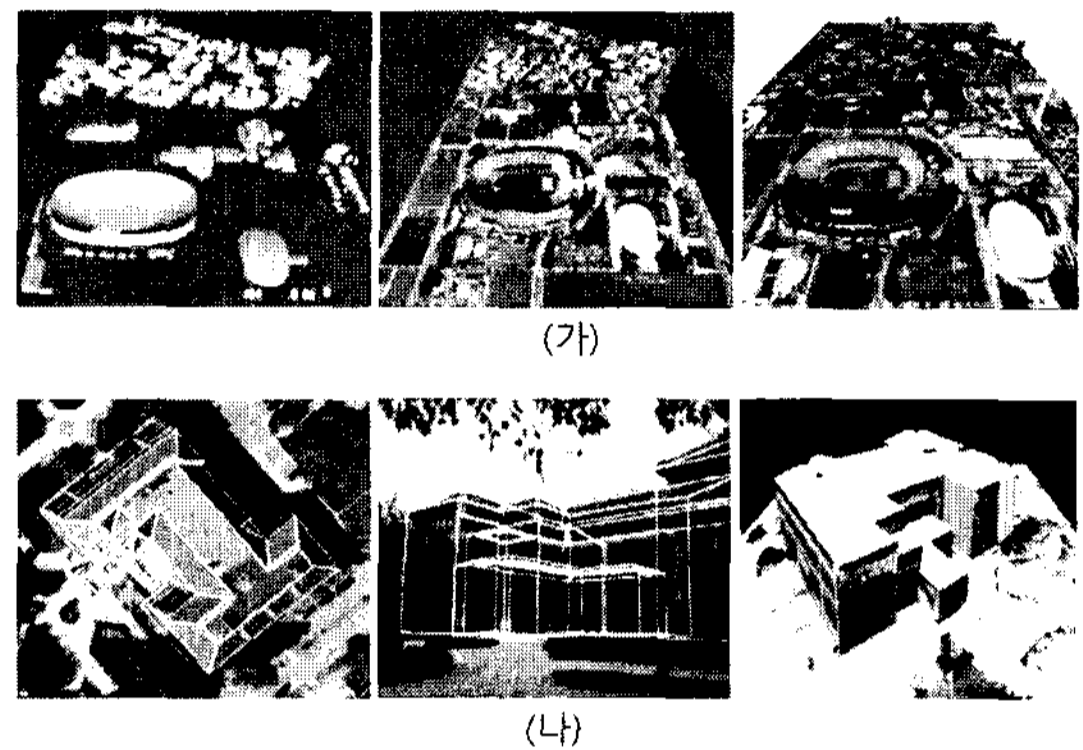
* 경북대학교 컴퓨터공학과 박사과정
 ** 경북대학교 컴퓨터공학과 부교수
 *** 에이알비전(주) 기술연구소 연구소장

지형의 기하학적 분석을 하게 되는데, 이 과정에서 입력되는 영상데이터가 디지털 영상이기 때문이다. 계산에 사용하는 영상이 디지털 형식인데, 획득할 때 아날로그 방식의 필름영상으로 저장하게 되면 고성능, 고화질의 스캐너를 이용하여 디지털화하는 과정을 거치게 된다. 이 과정에서 영상품질에 차이가 발생하게 되는데, 필름을 디지털화하여 사용하는 것보다, 디지털 센서로 직접 영상을 획득하는 방법이 보다 효율적이고 품질도 보장되는 것으로 알려지고 있다. 필름을 통해 얻은 영상을 디지털화 하여 얻은 데이터와 디지털 센서를 사용하여 직접 얻은 데이터의 품질 비교는 Perko[1]의 연구에 잘 나타나 있다. 그는 3차원 모델링 과정에서 중요한 스테레오 매칭, 외곽선 추출, 잡음, 영역 분류 등을 품질 평가의 척도로 도입하여 전반적으로 디지털 센서가 3차원 모델링에 더 적합하다는 주장을 한다. 광학센서로 획득한 영상은 3차원 모델의 텍스처 데이터를 생성하는 데는 유리하지만, 영상자체로만 3차원 모델을 생성하는 데는 상당히 복잡하고 어려운 기술들이 사용된다. 따라서 영상기반으로 3차원 모델을 생성하는 과정에는 복잡한 계산과 오차수정작업이 수반되며, 이를 개선하기 위한 다양한 연구가 지속적으로 진행되고 있다.

2.2 LiDAR 센서를 이용한 영상획득

LiDAR(Light Detection And Ranging)를 이용한 모델링은 직접적으로 실제대상물의 3차원 데이터를 측정하여 3차원 상의 모델데이터를 생성할 수 있으므로, 광학센서를 이용한 영상기반의 모델링기법보다 모델링의 측면에서는 유리하다. LiDAR는 레이더와 같은 원리를 사용하지만, 레이저 빔을 사용한다는 점이 다르다. LiDAR 시스템은 원하는 물체에 레이저 빔을 발산하는 발신기(transmitter)와 반사되고 산란된 빛을 모으는 수신기(receiver), 그리고 이것을 기록하는 감지기(detector)로 구성된다. 목표물에 빛이 도달하여 디텍터로 돌아오는 시간으로 목표물과의 거리를 결정한다. LiDAR영상을 획득할 때는 GPS와 IMU(inertial measurement units)을 사용하여 위치와 고도정보를 함께 획득한다. 이렇게 얻어진 데이터에서 잡음을 제거하고 메시(mesh) 구조를 생성하는 등의 후처리과정을 거친 후

3D 모델이 생성된다. 생성된 3D 모델은 3차원 상의 모델데이터이므로, 텍스처와 같은 색상정보를 포함하고 있지 않다. 그러므로 LiDAR센서와 함께 광학센서를 병렬적으로 사용함으로써, 광학센서로부터 획득된 영상으로부터 텍스처를 생성하여 모델에 매핑하는 과정을 거친다(그림 2).



(그림 2) 광역모델링을 위한 영상획득과 모델링 결과,
(가) LiDAR를 사용하여 모델을 생성하고 항공영상과의 정합을 통하여 결과물 생성(2),
(나) 영상기반의 기하학 추출을 통한 모델링 결과(3)

2.3 하이브리드 기법

앞서 언급한 센서들은 다양한 기기들에 장착되어 사용되는데, 광역의 영상을 촬영하기 위해 인공위성이나 항공사진 촬영을 통하여 영상을 획득하기도 하고, 차량이나 로봇에 센서를 장착하여 세밀한 영상을 획득하기도 한다. 위성영상과 항공영상은 지면과 평행한 영상획득면(image plane)을 가지고 있기 때문에 지면과 수직인 면(예를 들면, 건물의 벽면)에 대한 정보를 획득하는데 어려움이 있다. 또한 차량이나 로봇, 사람이 촬영한 영상으로 모델링을 하는데 있어서는, 공간 해상도가 높지만 넓은 영역에 대해서 영상을 획득하기 위해서는 시간과 난이도에 대한 비용이 더 크다는 단점이 있다. 이러한 매체들은 영상기반 모델링을 목적으로 연속된 영상을 획득할 수도 있고, 정밀한 모델링을 위해 레이저센서(LiDAR)와 항공영상을 지상영상과 함께 사용하는 방법도 있다. 이때 LiDAR는 정확한 표면을 얻기 위해 사용하고 항공영상은 건물들의 복잡

한 모양과 외곽선을 얻기 위해, 지상영상은 건물의 벽면(facade)텍스처를 얻기 위해 사용된다[4].

3. 영상분석기술

영상분석은 획득한 영상으로부터 3차원 모델링을 하기위한 기반이 되는 과정이다. 국내외에서 고해상도 센서를 탑재하는 위성 개발 계획을 제시하였으며, 최근에는 결과물의 정확도 향상에 의한 새로운 활용성의 고부가 가치정보 추출과 이들의 상품화를 위한 기술개발에 집중하는 추세이다. 또한, 다양한 센서를 탑재한 지구관측위성의 발사와 더불어 컴퓨터 제반 기술의 발달로 인해 다중 센서 공간영상의 통합 분석이 가능해지고 있다. 다중센서 자료를 함께 분석에 사용할 경우, 개별 공간영상의 처리에 내재되어 있는 불확실성을 줄이면서 보다 많은 정보를 추출할 가능성이 높다. 특히 가장 활발하게 멀티센서 융합기술의 활용이 기대되고 있는 분야로서 LiDAR데이터와 항공영상, SAR, 고-분광(hyper-spectral)영상 등의 융합을 통해 도심지역 인공 시설물의 형상정보를 추출하거나 갱신하는 다양한 방법들이 시도되고 있다[5-6]. LiDAR데이터에서는 정확한 건물 높이 정보를 추출할 수 있는 대신 정확한 건물의 외곽선을 추출하기 어려우므로 이를 위해 항공사진에서의 건물 외곽선을 이용하거나, 고-분광 영상에서의 분류결과를 이용하여 건물 및 도로의 대략적인 위치를 결정하고 이를 고해상도 광학영상과 융합하여 보다 정확한 인공시설물의 선형정보를 추출하는 기술, SAR영상의 전파반사특성을 이용하여 건물의 위치 및 외곽 모양(footprint) 등을 추출하고 이를 이용한 건물추출 정확도 향상 기술 등이 연구되고 있다.

4. 항공/위성영상 기반의 3차원 복원기술

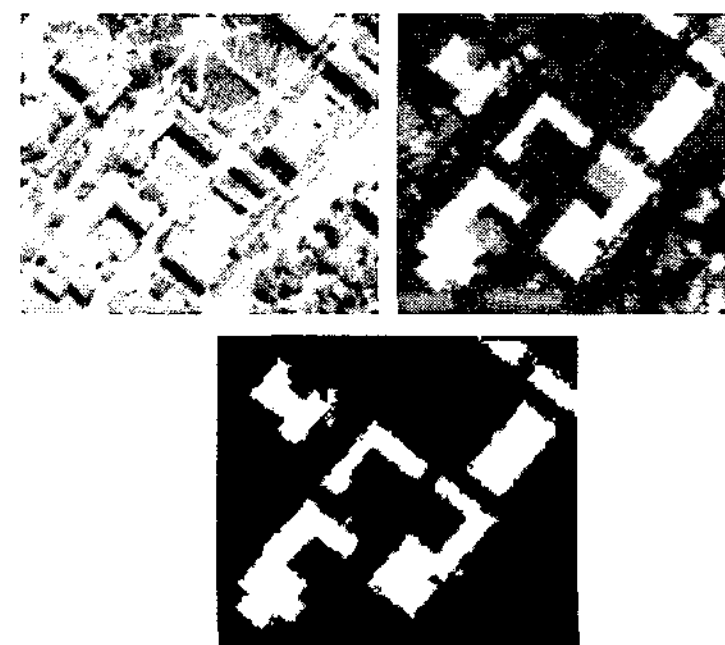
3차원 복원기술은 실세계에 존재하는 물체의 3차원 형상과 표면의 색상을 디지털화하는 기술이다. 실제로 디자이너가 3차원 모델을 하는 것이 더 나은 방법이 될 수도 있지만, 완전한 수작업으로 인한 시간 소모와 디자이너에 따른 품질의 차이, 실제 건물의 측량의 어려움들 때문에 3차원 복원기술이 더욱 주목받고 있다.

3차원 복원 기술은 한 대 혹은 다수의 카메라로부터 촬영된 여러 장의 2차원 영상으로부터 3차원 물체의 모양을 얻어내는 것이 주된 작업이 된다. 이러한 3차원 복원 작업은 주로 지상에서 촬영된 이미지를 기반으로 작은 물체를 복원하는 것이 주로 연구되어 왔지만, 최근에는 민간 측에서도 정밀한 위성영상 및 항공영상의 획득이 비교적 쉬워짐에 따라 위성 혹은 항공영상을 활용하여 큰 건물 혹은 거대한 도시를 복원하는 작업의 연구가 더욱 활발히 이루어지고 있다 [11-16].

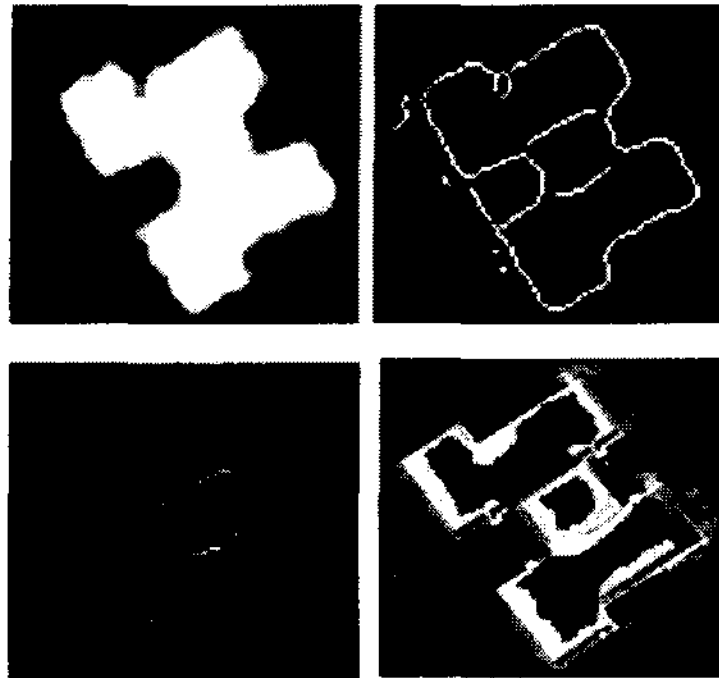
특히 광역모델링을 위해서는 넓은 영역의 영상을 획득하여, 구조적인 복원을 수행할 필요가 있다. 다시 말해, 인공위성이나 항공기를 이용하여 넓은 지역에 대한 영상을 고해상도 영상으로 획득한 후, 이를 3차원으로 복원하는 과정이다. 본 절에서는 광역의 영상 정보를 담고 있는 항공-위성영상을 이용하여 3차원 모델을 복원하는 기법에 대해 기술한다.

4.1 모델추출 경계범위 선택

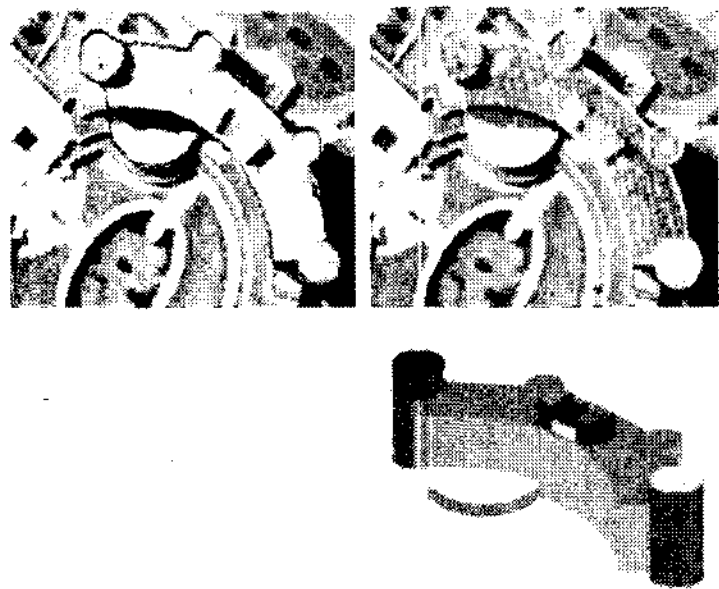
위성영상에서 지상에 있는 개체의 모델을 추출하기 위해서는 우선 위성영상에서 지형 및 지물을 분류하여야 한다. 분류된 지형, 지물에서 3차원 모델을 생성할 개체의 경계를 선택한다. 위성영상은 지상의 많은 종류의 지형 및 지물에 대한 정보를 포함하고 있다. 이들 지형 및 지물을 구별하기 위해서는 그들의 경계선을 추출하여야 한다. 이는 영상의 분류기술에 해당하며 그림 3과 같이 다양한 기술이 연구 및 개발되고 있다.



(가)



(나)



(다)

(그림 3) (가) 거리분할을 이용한 경계 추출(7), (나) DEM을 이용한 지붕면 추출(8), (다) 수작업(line-drawing)을 통한 경계면 추출과 모델링 결과(9)

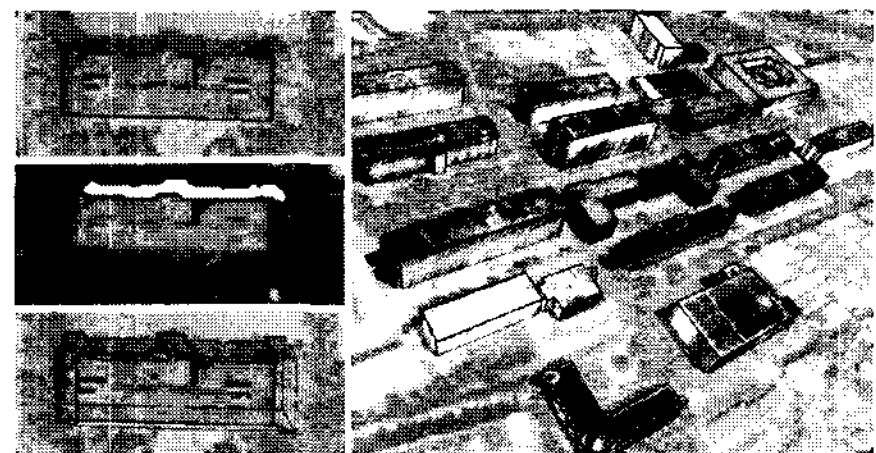
DEM(digital elevation model)정보를 이용할 수 있는 경우 건물이 많은 위성영상의 개체 분류를 용이하게 할 수 있다. DEM의 고도정보를 이용하여 고도가 주변에 비하여 높고 고도 값의 변화가 심하게 발생하는 지역은 건물이 있는 지역으로 볼 수 있다. DEM을 일정한 높이 값으로 분리하여 두 개의 영역으로 나누면 그림의 결과에서처럼 건물의 경계를 추출할 수 있다. 고도가 낮은 영역에 대해서는 색상이나 특징정보를 이용한 분류기법을 사용하여 개체의 경계를 추출한다[7].

DEM정보를 사용할 수 없지만 입체영상을 확보할 수 있는 지역의 경우, 입체영상에서 스테레오 정합방법을 이용하여 DEM을 생성한다. 입체영상을 획득한 위성의 위치정보를 알고 카메라의 보정정보, 즉 RPC계수를 알 수 있다면 입체영상에서 DEM을 구하여 개체의 경계추출에 사용할 수 있다.

4.2 지붕면(roof-top) 추출

입체위성영상을 활용하는 경우 DEM을 생성하여 개체의 분류 및 경계추출, rooftop의 추출 등에 활용할 수 있다. 일반적으로 최근의 위성체는 궤도를 이동하면서 시점을 변경하여 입체영상을 얻고 있으므로 입체영상과 함께 RPC계수가 제공되는 경우, 입체영상에서 3차원 DEM을 쉽게 추출할 수 있다. 임의의 지상 좌표 X, Y, Z로부터 계산되는 스테레오 영상에서의 2차원 영상 좌표와 실제 영상좌표 간의 오차를 RPC의 지상 좌표 X, Y, Z의 함수로서 구성하고 반복적인 방법으로 오차를 최소화하도록 DEM을 추출할 수 있다. 입체영상에서 DEM을 추출하기 위해서는 카메라의 특성과 입체영상을 획득한 위치정보를 이용하여 영상을 정류하고 고해상도의 정합을 구현한다. 연속된 스테레오 위성영상을 활용할 수 있는 경우에는 스테레오 정합 과정을 거쳐 DEM의 모자이크를 생성할 수 있다. 연속된 입체위성영상의 각 프레임 간의 변환관계를 구성하여 입체 모자이크를 생성한 후 DEM영상을 다중베이스라인 기술을 이용하여 생성한다. 영상처리를 이용한 방법으로 DEM을 생성할 수도 있는데, 특정영역에 대한 분할과정과 해당영역의 윤곽선정보를 이용하여 객체기반의 분할법을 사용하기도 한다[8]. 또한 다중분광 디지털 지형 영상(multispectral digital aerial image)을 사용하여, RGB 세 개의 색상 채널을 겹쳐서 분광 지역을 구분하는 방법도 사용된다. 물론 사용자의 입력을 이용하는 모델링하는 기법으로써, GUI기반의 모델링 툴도 다양하게 제안되었다[9].

4.3 그림자를 이용한 높이 측정



(그림 4) 그림자를 이용한 높이측정 예(10).

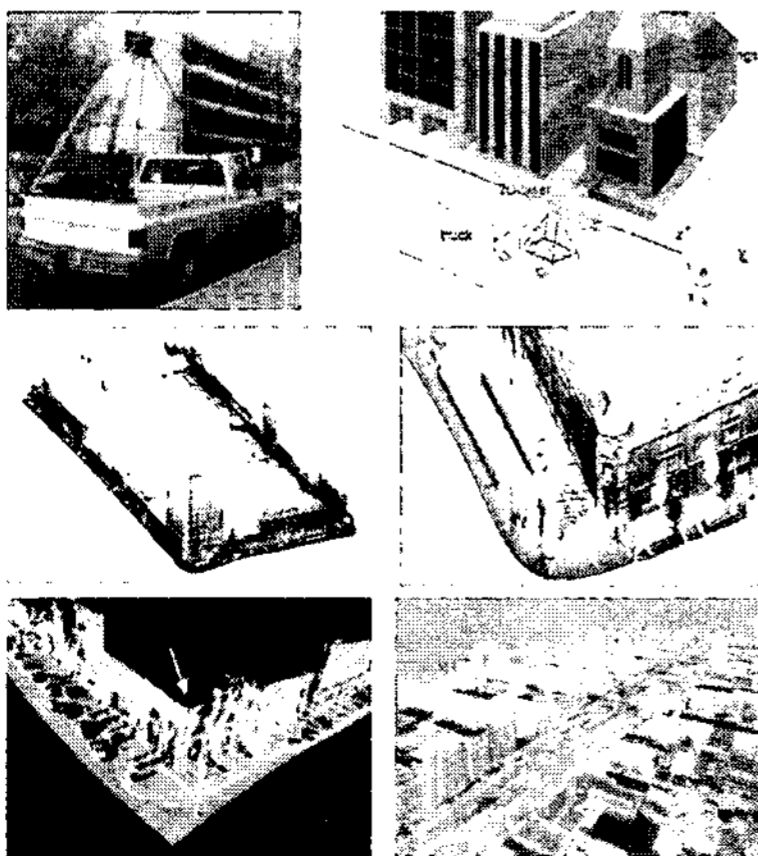
위성영상으로 모델링을 하면 건물의 높이에 대한

상세한 정보를 영상을 통해 찾아야 할 필요가 있다. 주로 위성영상을 통해 건물높이를 추정할 때는 그림자 길이를 통한 높이 추정기법을 사용하는데, 이는 태양의 고도 및 방위각 등 메타데이터 정보와 자동이나 반자동 UI를 통하여 3차원 기하의 높이를 추정한다. 건물의 높이를 추정하는 기본적인 순서는, 우선 영상 내에서 잠재적인 그림자 영역 지정하고, 영역확장(region-growing) 알고리즘을 적용하여 그림자 후보영역을 추출한다. 다음으로 그림자 영역에 대한 영상 분할 알고리즘 수행하여 그림자 부분만 분할하고, 그림자와 연계된 태양고도 및 위성의 방위각을 이용하여 건물의 높이를 측정한다[11].

5. 지상영상 기반의 3차원 복원기술

인공위성이나 항공영상을 통해 3차원 모델을 복원하는 과정은 넓은 영역에 대한 구조적 모델링을 가능케 하는 장점이 있지만, 국소적인 지역의 시설물이나 건물을 복원하는 데는 한계가 있다. 3차원 복원기술은 크게 능동형과 수동형 복원기술로 나눌 수 있다. 지상영상 기반의 복원기술뿐만 아니라, 항공/위성영상의 복원기술에서도 마찬가지로 분류될 수 있으나, 유사한 알고리즘으로 수행되므로 여기서는 지상영상을 기준으로 기술토록 한다.

5.1 능동적 3차원 복원기술

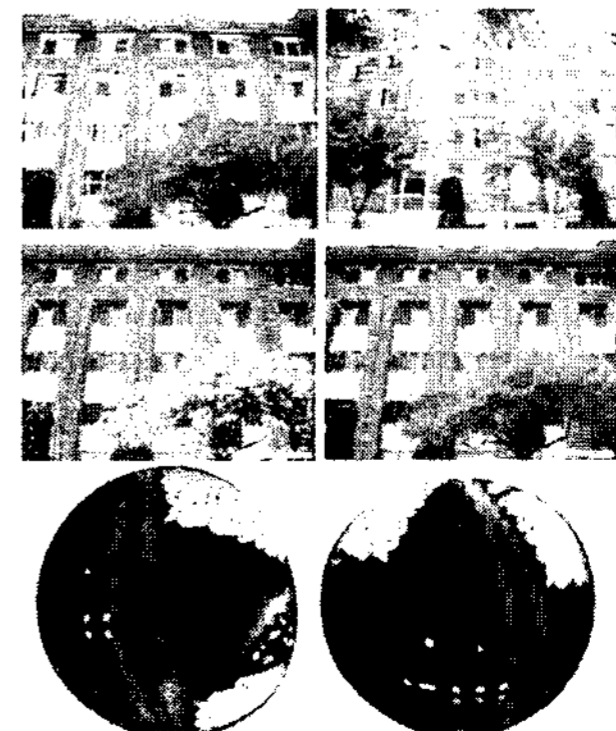


(그림 5) 레이저 스캐너를 활용한 능동형 3차원 복원기법[12].

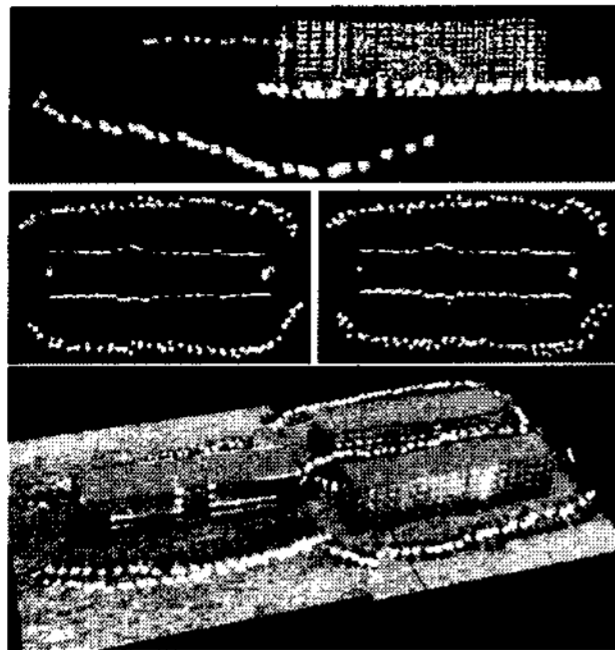
능동형 복원기술은 3차원 모델을 얻기 위한 별도의 패턴이나 레이저광을 모델에 주사하고 대상에 투사되는 기하학적 형태나 반사되어 돌아오는 빛(또는 신호)의 속도를 계산하여 3차원 복원을 수행하는 작업이다. 그림 5는 레이저 스캐너를 이용하여 넓은 지역의 도시모델링을 수행한 여러 사례 중 한 예이다. 몇 블록에 걸쳐진 넓은 지역의 건물들을 모델링 하기위해서 차량에 레이저 스캐너와 카메라를 장착하여 깊이정보(range data)와 건물벽면의 텍스처 정보를 획득한다. 특히 레이저는 다른 광원들보다 단색성과 직진성이 뛰어나고 주변밝기로 인한 간섭이 적다는 장점을 가지기 때문에 3차원 스캐너에 주로 사용되고 있다. 최근에 공개된 3차원 레이저 스캐너들은 3차원 좌표위치뿐만 아니라 표면의 재질까지 표현 가능한 성능을 보여준다. 또한, 초음파를 물체에 발사하여 반사된 음파가 수신기까지 도달하는 시간을 초음파의 진행속도로 나누어 거리로 환산하는 방식도 사용되는데, 이 방법은 초음파 센서 설치의 어려움과 비용이 비싸다는 단점이 있다.

5.2 수동적 3차원 복원기술

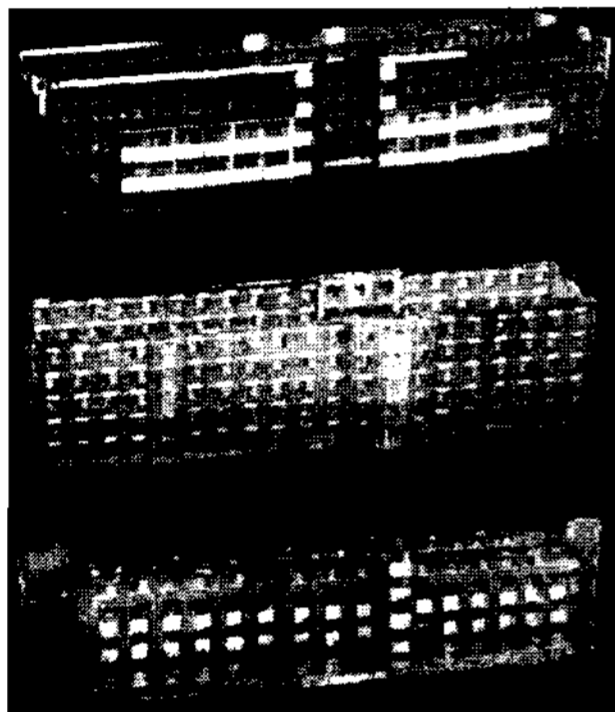
수동형 복원기술은 3차원으로 디지털화하고자 하는 물체를 시리즈로 촬영한 영상들을 각 영상프레임간의 기하학적 연관관계를 이용한 삼각법(triangulation)으로 3차원 복원작업을 수행한다. 따라서 이 방식은 촬영할 시점의 카메라 위치와 자세를 알아야 하고, 복원을 위해서는 2장 이상의 영상을 필요로 한다. 대표적인 연구사례로써, 그림 6을 들 수 있다. 이 때 복원을 위해



(가)



(나)



(다)

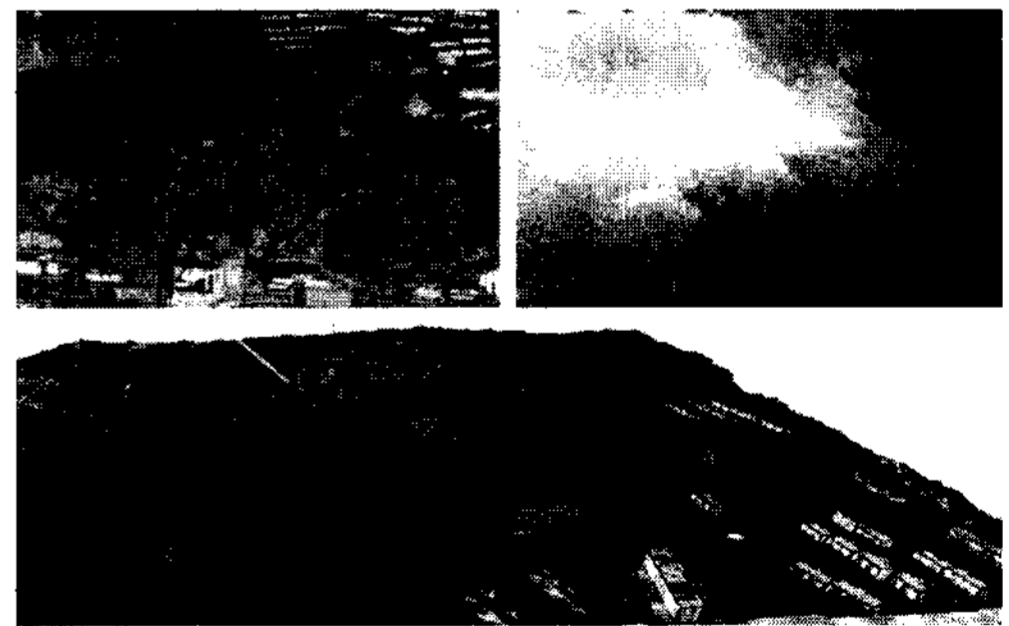
(그림 6) 수동형 3차원 복원기법의 예(17), (가) 특징(점, 선)추출 후 가우시안 기하학을 이용하여 소실점 결정, (나) SFM을 이용하여 카메라의 전역자세 추정, (다) 3차원 볼륨(volume)복원 결과

서 촬영된 영상의 처리방법에 따라서 SFM(structure from motion), SFS(shape from shading), SFF(shape from focus/defocus)등의 방법이 있다. SFM은 3차원으로 복원하고자 하는 물체 주위의 여러 위치에서 영상을 촬영하고 그 영상들로부터 카메라 위치에 대한 행렬을 계산해내고, 이 정보를 이용하여 3차원 복원을 수행한다. 이러한 작업을 위해서는 영상간의 대응관계를 파악하는 것이 우선이 된다. 따라서 각 영상에서 특징점을 추출하고, 각 영상의 특징점간의 대응점을 찾기 위해서 매칭작업을 수행하게 된다. 그 후에 영상간의 관계를 모두 찾고, 이렇게 얻어진 관계를 이용하여 투영(projective) 공간상의 3차원 모델을 복원한다. 그 후에 metric 공간상의 스케일이 다른 3차원 모델을 생성하고 텍스처를 추출하여 입힘으로서 3차원 복원작업을 완료한다. 또한 SFS는 조명 광원의 위치와 물체의

표면형상과 그 특성 그리고 카메라 시점에 따라 카메라에서 관측되는 물체의 컬러변화를 이용하여 3차원 복원을 수행하는 방법이다. 최근에는 이러한 방법이 더욱 확장되어 컬러영상을 활용하는 사진기반 스테레오(photometric-stereo)기법으로 연구되고 있다. 마지막으로 SFF는 카메라의 입력영상의 초점이 물체표면과 카메라간의 특정거리에서만 잡히는 특성을 이용하여 3차원 물체를 복원하는 방법이다. 각 표면에 맞게 초점(focus)을 조절함으로써, 그 표면까지의 거리를 추정한다. 이 방법은 고정초점렌즈를 사용하고 카메라를 이동시키는 방법을 사용하거나 카메라를 고정하고 줌 렌즈를 사용하여 초점을 변화시키는 방법이 사용되고 있다.

5.3 정합기술

다수의 영상들을 사용하여 일정 부분들에 대한 3차원 모델들을 복원하였으면 하나의 완전한 모델을 만들기 위해서 복원된 모델들을 정합하는 기술 또한 요구된다.



(그림 7) 위성영상과 DEM을 이용한 지형정합 예제(18)

그림 7은 스테레오 영상으로부터 생성된 건물 모델과 지형의 정합을 나타내고 있다. 그림 7 상단 좌측은 관심지역에 대한 위성영상이고, 우측은 해당 지역에 대한 DEM데이터를 2D영상으로 가시화 한 것이다. 두 가지 형태의 영상으로 해당 지역에 대한 3차원 지형정합을 수행할 수 있으며, 이를 정합한 결과가 그림 7 하단의 장면이다.

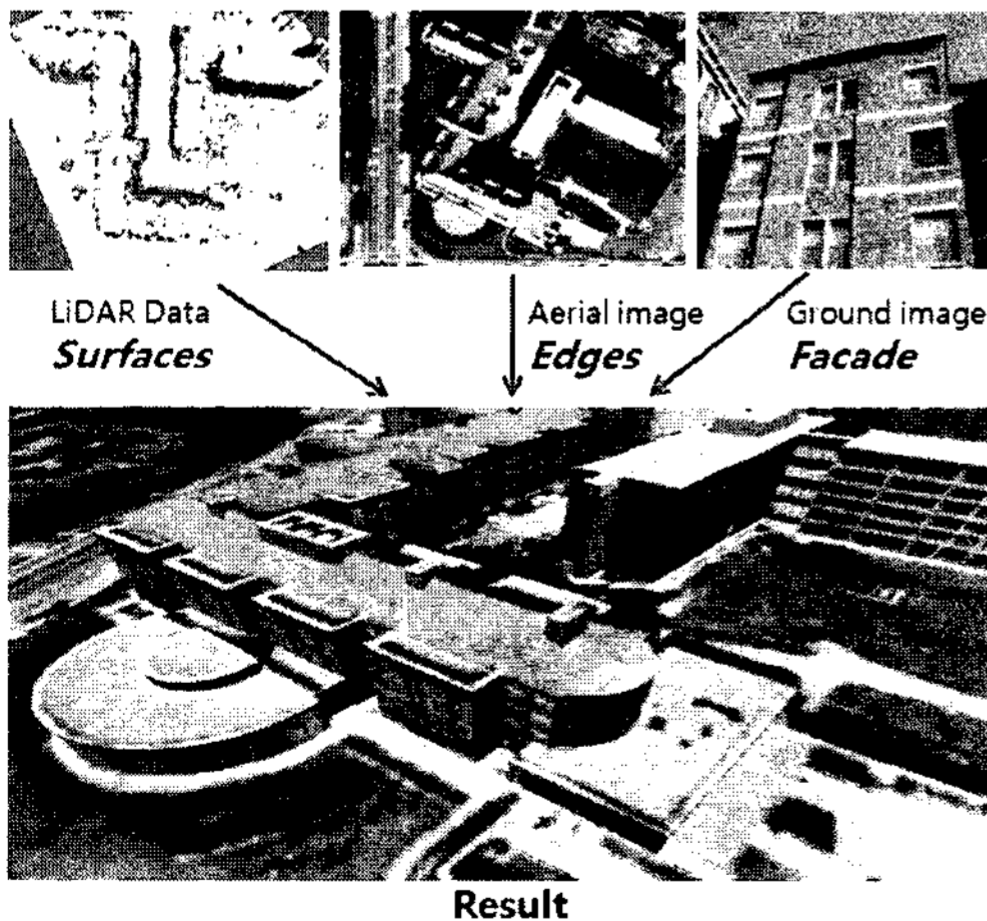
5.4 텍스처 매핑

지상영상의 경우든, 항공영상의 경우든, 영상을 센서 파라미터를 이용해 3차원 개체로 투영하여 텍스처 매핑을 수행한다. 텍스처 매핑은 생성된 모델이 실제처럼 느껴지게 하는 중요한 처리과정이다. 3차원 객체에 대한 텍스처 매핑기법은 그래픽스분야에서 오랫동안 다양한 접근법으로 제안되어 왔으며, 최근에는 다중영상으로부터 3차원 모델을 생성하고, 모델을 생성하는 과정에 사용된 영상을 이용하여 텍스처를 입히는 과정이 병렬적으로 처리되도록 하는 방법이 많이 연구되고 있다. 이는 모델링을 수행하는 사용자로 하여금 작업의 편의성과 효율성을 가져다준다. 하지만, 지상영상을 이용한 텍스처 매핑에서 가장 빈번하게 발생하는 문제점은 나무, 사람, 기타 조형물 등에 의해서 발생하는 가려지는 현상이다. 이러한 가려짐이 없는 영상을 얻는 것에는 어려움이 있기 때문에, 그래픽 소프트웨어를 이용하여 수동편집하거나, 이미지 전처리과정을 통하여 가려진 부분을 보정해 줄 필요가 있다. 그림 8는 광역건물에 대한 3차원 복원 과정 중 텍스처링에 대해 표현하고 있다. 앞서 살펴보았

정의가 생성되면, 지상영상과 항공영상에서 얻어진 영상을 이용하여, 3차원 건물모델의 표면에 투영되는 영상을 매핑 하는 과정을 거친다. 최근의 광역 모델링을 위한 텍스처 매핑 알고리즘은 점차 다양한 센서의 융합을 시도함으로써, 좀 더 자연스러운 텍스처를 생성하여 적용하고자 노력하는 추세이며, 비디오 영상과 같이 동적인 영상소스나 불특정 다수가 촬영한 정렬되지 않은 영상데이터로부터 규칙을 찾아내어 건물 텍스처로 사용하고자 하는 다양한 시도가 이루어지고 있다[19].

6. 맺음말

본 논문에서는 광역모델링을 위한 전반적인 처리과정중에서 지상영상기반과 항공-위성영상 기반의 접근법으로 제안된 기술 동향을 살펴보고, 해당 기술이 적용된 연구사례들을 소개하였다. 다양한 센서로부터 획득한 영상으로부터 넓은 지역에 대한 구조를 3차원으로 모델링하고, 해당 지역에 대한 구조적 데이터베이스를 구축하기 위해 필요한 기술들은 나날이 진보되고 있고, 그 처리속도나 효율 또한 증가하고 있는 추세다. 과거에 수작업으로만 수행하여 많은 시간과 노력이 들었던 시절에 반하여, 최근의 기술은 컴퓨터가 모델링에 대한 기하학적 계산에 대한 상당부분을 지원하고, 컴퓨터의 계산으로 부족한 부분을 사람이 개입하는 형식으로 진행되고 있으며, 앞으로는 3차원 모델링의 대부분의 과정들이 자동화될 수 있도록 꾸준한 연구가 이루어지고 있다.



(그림 8) 광역건물의 텍스처 기법 예제[20].

듯이, LiDAR데이터를 이용하여 건물의 표면 모델을 생성하고, 항공영상과 지상영상을 이용하여 지붕과 건물 벽면에 대한 구조를 생성한다. 벽과 지붕면에 대한

참고문헌

- [1] R. Perko, "Image Quality: Digital pansharpener versus full color film", Institute for Computer Graphics and Vision, 2005.
- [2] J. Hu, S. You, and U. Neumann, "Approaches to Large-Scale Urban Modeling", Journal of IEEE CG & App, Dec 2003.
- [3] Sung Chun Lee, Soon Ki Jung and Ram. Nevatia, "Automatic Integration of Facade Textures into 3D

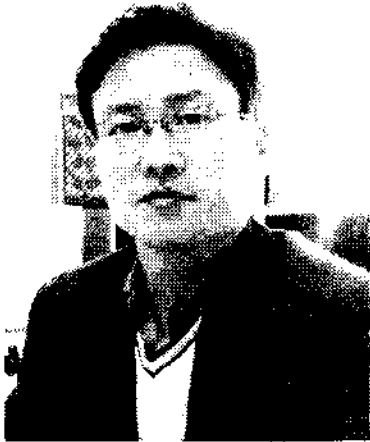
- Building Models with a Projective Geometry Based Line Clustering", *Computer Graphics Forum*, Vol. 21, No. 3, pp.511-519, 2002.
- [4] J. Hu, S. You and U. Neumann, "Integrating LiDAR, Aerial Image and Ground Images for Complete Urban Building Modeling," 3rd Int'l Symp. 3DPVT, June 2006.
- [5] Secord J., Zakhor A., "Tree Detection in Urban Regions Using Aerial Lidar and Image Data", *Geoscience and Remote Sensing Letters*, IEEE, pp.196-200, April 2007.
- [6] Kaasalainen S., Lindroos T., Hyypä J., "Toward Hyperspectral Lidar: Measurement of Spectral Backscatter Intensity With a Supercontinuum Laser Source", *Geoscience and Remote Sensing Letters*, IEEE, pp.211-215, April 2007.
- [7] C. Baillard, SIRADEL, "Production of Urban DSMs Combining 3D Vector Data and Stereo Aerial Imagery", *Proc. ISPRS Workshop*, 2003.
- [8] Chen, L.C., Teo, T.A., Hsieh, C.H., and Rau, J.Y., "Building reconstruction from LIDAR data and aerial imagery", *Geoscience and Remote Sensing Symp.*, 2005.
- [9] Chen, L.C., Teo, T.A., Hsieh, C.H., and Rau, J.Y., "Reconstruction of Building Models with Curvilinear Boundaries from Laser Scanner and Aerial Imagery," *LNCS*, 2006.
- [10] 오선호, 장재석, 장경호, 정순기, "Footprint와 그림자를 이용한 위성영상의 건물 모델링 시스템", *HCI2008*, Feb. 2008.
- [11] Massalabi, A. Dong Chen He, Benie, G.B. Beaudry, E., "Detecting Information Under and from Shadow in Panchromatic Ikonos Images of the City of Sherbrooke", *Geoscience and Remote Sensing Symp.*, 2004.
- [12] C. Fruh, A. Zakhor, "An Automated Method for Large Scale, Ground Based City Model Acquisition", *Int'l Journal of Computer Vision*, Vol. 60, No. 1, pp.5-24, Oct 2004.
- [13] J. Hu, S. You, U. Neumann, K.K. Park, "Building Modeling from LIDAR and Aerial Imagery", *ASPRS*, May 2004.
- [14] E. Sadek, S. Ali, and M. Kadzim, "The Design and Development of a Virtual 3D City Model", 2004.
- [15] K. Ikeuchi, et al., "Modeling cultural heritage through observation", *1st IEEE Pacific-Rim Conference on Multimedia*, pp.86-89, Dec 2000.
- [16] K. Nishino and K. Ikeuchi, "Robust simultaneous registration of multiple range images", *5th Asian Conf. on Computer Vision*, 2002.
- [17] Kyung Ho Jang and Soon Ki Jung, "3D City Model Generation from Ground Images", *24th Computer Graphics International Conference*, pp.630-638, June. 2006.
- [18] 오선호, 장재석, 장경호, 정순기, "위성영상을 이용한 건물 모델링 및 지형 정합 시스템", *KCC2008*.
- [19] J. Hu, S. You, and U. Neumann, "Generating and Updating Textures for a Large-Scale Environment," *International Symposium on Visual Computing*, 2006.
- [20] J. Hu, S. You and U. Neumann, "Vanishing Hull," *3DPVT*, 2006.

● 저 자 소개 ●



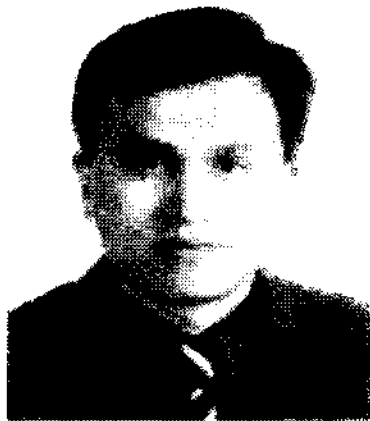
이 석 준

2004년 대구대학교 정보통신공학부 공학사
2006년 경북대학교 컴퓨터공학과 공학석사
2006년~현재 경북대학교 컴퓨터공학과 박사과정
관심분야 : Computer Vision, Mixed Reality 등
E-mail : sukjuni@vr.knu.ac.kr



정 순 기

1990년 경북대학교 컴퓨터공학과 공학사
1992년 한국과학기술원 전산학과 이학석사
1997년 한국과학기술원 전산학과 공학박사
1997년~1998년 University of Maryland(Research Associate)
2001년~2002년 IRIS, University of Southern California(Research Associate)
1998년~현재 경북대학교 컴퓨터공학과 부교수
1999년~현재 (주)아이디스 기술고문
관심분야 : Virtual Reality, Artificial Intelligence, Computer Vision, Image Processing, Computer Graphics 등
E-mail : skjung@knu.ac.kr



김 정 환

1987년 경북대학교 전자공학과 학사
1989년 경북대학교 대학원 전자공학과 석사
2000년~현재 에이알비전(주) 기술연구소 연구소장
E-mail : kjhnew@ar-vision.com