

## 3차원 GIS 기반 실시간 비디오 시각화 기술 (Realtime Video Visualization based on 3D GIS)

윤 창 락\*                      김 학 철\*                      김 경 옥\*\*                      황 치 정\*\*\*  
(Chang Rak Yoon)            (Hak Cheol Kim)            (Kyung Ok Kim)            (Chi Jung Hwang)

**요 약** 3차원 지리정보시스템(GIS: Geographical Information System)은 실세계의 다양한 3차원 현상을 처리, 분석, 표현하는 기술을 적용한 지리정보시스템으로써, 지형, 시설물 등을 3차원 지리정보 데이터로 구축하고 가상현실(VR: Virtual Reality) 등의 시각화 기술과 연동하여 도시, 교통, 환경, 재해, 해양 등의 다양한 분야에서 활용할 수 있도록 하는 시스템이다. 본 논문에서는 3차원 지리정보시스템의 실시간 정보 제공을 극대화하기 위한 3차원 지리정보 기반 비디오 시각화 기술 및 이를 위한 3차원 건물정보 데이터 구축 기술을 제안한다. 본 논문에서 제안하는 3차원 지리정보 기반 비디오 시각화 기술은 네트워크 비디오 카메라의 실시간 비디오 스트림을 3차원 지리정보에 투영(Projection)하여 지형, 시설물 등에 텍스처 매핑하는 기술로써 3차원 지리정보에 기반한 실시간 비디오 정보를 제공할 수 있다. 또한, 본 논문에서는 3차원 투영 텍스처 매핑(3D Projective Texture Mapping)을 위해 항공영상과 LiDAR 데이터를 융합하여 반자동으로 수치건물모형(DBM: Digital Building Model)을 추출할 수 있는 기술을 개발하였다. 본 논문에서 제안하는 기술은 기존의 3차원 지리정보시스템이 제공하는 정적인 시각정보를 실시간 비디오 정보로 대체함으로써 위치에 기반한 현재의 시각적 정보를 의사결정에 즉시 반영할 수 있고 더 나아가서는 지리정보 기반 지능형 상황인지 서비스를 제공할 수 있는 기반이 될 수 있다.

**키워드** : 3차원 GIS, 비디오, 시각화

**Abstract** 3D GIS(Geographic Information System) processes, analyzes and presents various real-world 3D phenomena by building 3D spatial information of real-world terrain, facilities, etc., and working with visualization technique such as VR(Virtual Reality). It can be applied to such areas as urban management system, traffic information system, environment management system, disaster management system, ocean management system, etc.,.In this paper, we propose video visualization technology based on 3D geographic information to provide effectively real-time information in 3D geographic information system and also present methods for establishing 3D building information data. The proposed video visualization system can provide real-time video information based on 3D geographic information by projecting real-time video stream from network video camera onto 3D geographic objects and applying texture-mapping of video frames onto terrain, facilities, etc.. In this paper, we developed semi-automatic DBM(Digital Building Model) building technique using both aerial image and LiDAR data for 3D Projective Texture Mapping. 3D geographic information system currently provide static visualization information and the proposed method can replace previous static visualization information with real video information. The proposed method can be used in location-based decision-making system by providing real-time visualization information, and moreover, it can be used to provide intelligent context-aware service based on geographic information.

**Keywords** : 3D GIS, Video, Visualization

† 본 연구는 국토해양부 첨단도시기술개발사업 - 지능형국토정보기술혁신 사업과제의 연구비지원(07국토정보C05)에 의해 수행되었습니다.

\* 한국전자통신연구원 융합기술연구부문 선임연구원, cryoon@etri.re.kr, hakcheol@etri.re.kr

\*\* 한국전자통신연구원 융합기술연구부문 책임연구원, kokim@etri.re.kr(교신저자)

\*\*\* 충남대학교 전기정보통신공학부 교수, cjhwang@cnu.ac.kr

## 1. 서론

지리정보시스템은 지구상의 다양한 지리현상을 정보기술(IT: Information Technology)을 이용하여 획득, 관리, 분석, 제공하는 종합 정보 시스템이다. 지리정보시스템을 다양한 활용분야별 특성에 맞도록 세분화하고 적용하면 지역정보시스템(RIS: Regional Information System), 토지정보시스템(LIS: Land Information System), 도시정보시스템(UIS: Urban Information System), 교통정보시스템(TIS: Transportation Information System), 환경정보시스템(EIS: Environmental Information System), 기상정보시스템(MIS: Meteorological Information System) 등의 활용 시스템을 구축할 수 있다.

최근 지리정보시스템은 실제계의 3차원 지리정보를 처리할 수 있는 다양한 기술적 내용들을 포함하며, 향후 시공간적 정보를 처리할 수 있는 시스템으로의 확장이 모색되고 있다. 또한, 기존의 전통적인 지리정보시스템이 특정 분야의 전문적인 관련 지식을 기반으로 운영되던 반면 최근의 지리정보시스템은 전문지식 및 복잡한 조작없이 일반 대중이 쉽게 접근하고 활용할 수 있는 지리정보서비스로의 변화를 시도하고 있다. 지리정보서비스를 통해 지리정보를 접근할 수 있는 대상이 확대됨에 따라 다양한 기술융합이 시도되고 있으며 응용 분야의 확대가 가속화되고 있다[1].

이러한 기술 발전 방향에서 3차원 지리정보의 중요성은 점차 높아지고 있으며 3차원 지리정보에 기반한 새로운 응용 기술들 또한 다양하게 제시되고 있다. 최근까지 비디오 감시(Video Surveillance) 기술은 비디오 획득, 처리, 저장, 전송 등의 관련 기술의 지속적인 향상을 이룩하였으며, 기존의 보안 서비스 분야 뿐만 아니라 교통 정보 제공, 환경 감시, 시설물 관리 등의 활용 분야의 확대에 의해 관련 기술을 탑재한 하드웨어 및 소프트웨어의 보급이 급격히 확대되는 추세이다. 이러한 비디오 감시 시스템은 주로 통합 관제 시스템에서 다수의 감시 모니터를 이용한 화면 분할 방식으로 운영되었으며 최근 비디오 카메라의 위치 정보에 기반한 지리정보시스템과의 연동이 시도되고 있다. 그러나, 이러한 시스템들은 비디오 데이터를 단순한 위치표지(Placemark)로 제공하고 시각화함으로써 현장감이 부족하고 나아가 지리정보에 기반한 정보 분석을 어렵게 하는 단점이 있다.

본 논문은 3차원 지리정보에 기반한 실시간 비디오 시각화 기술을 제시한다. 세부적으로는 3차원 지리정보를 구축하기 위해 항공영상과 LiDAR 데이터를 융합하여 반자동으로 수치건물모형을 추출하고, 구축한 3차원 수치건물모형에 네트워크 비디오 카메라의 실시간 비디오 스트림을 3차원 투영 텍스처 매핑 기법을 이용하여 시각화함으로써 현장 정보의 실시간 시각화를 실현하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 3차원 지리정보 추출 및 비디오 시각화 관련 연구들을 살펴보고, 3장에서는 본 논문에서 제안하는 전체 시스템의 구조를 설명

한다. 4장에서는 항공영상과 LiDAR 데이터 융합 반자동 수치건물모형 추출 기술을 설명하고, 5장에서는 3차원 수치건물모형에 기반한 실시간 비디오의 3차원 투영 텍스처 매핑을 이용한 시각화 기술을 설명한다. 마지막 6장에서는 결론 및 추후 연구 방향을 제시한다.

## 2. 관련 연구

### 2.1 3차원 수치건물모형 추출 기술

수치건물모형을 추출하기 위한 다양한 연구가 컴퓨터 비전(Computer Vision)과 사진측량(Photogrammetry) 분야에서 시도되고 있으며 이러한 기술들은 궁극적으로는 3차원 도시모델의 자동 추출을 목표로 하고 있다. 3차원 도시모델은 다양한 도시 시설물로 구성되지만 건물모형은 활용면에서 볼 때 다른 도시 시설물보다 그 중요도와 복잡도가 높다고 할 수 있다. 수치건물모형을 추출하는 기술은 일반적으로 입력 데이터의 다른 객체(Object)로부터 건물을 구별함으로써 건물 가설(Building Hypothesis)을 생성하는 건물 탐지(Building Detection) 기술과 건물 가설 영역을 분석하여 건물을 3차원으로 표현할 수 있는 파라미터들을 추출하는 건물 재구성(Building Reconstruction) 기술로 구성된다[2]. 관심영역에서의 기하학적 건물 재구성은 모델 기반 기법(Model Driven Method)과 데이터 기반 기법(Data Driven Method)으로 수행된다. 모델 기반 기법은 추출하고자 하는 건물모형의 가설을 사전에 파라미터로 정의하고 입력 데이터를 파라미터 건물모형과 비교함으로써 해당 수치건물모형을 추출하는 기술이며, 데이터 기반 기법은 건물모형에 대한 사전 가설을 수립하지 않고 수치건물모형을 추출하는 기술이다[3]. 데이터 기반 기법은 일반적으로 매우 복잡한 절차를 거치는 단점이 있으므로 건물이 여러 평면 표면(Planar Surface)에 의해 구성되는 특성을 반영한 다면체 모델(Polyhedral Model)을 채택하는 것이 일반적이다[4]. CSG(Constructive Solid Geometry) 모델은 모델 기반 기법과 데이터 기반 기법을 융합한 방법으로써 복잡 건물(Complex Building)을 경계가 잘 정의되는 단위 건물형상(Primitive)의 조합 연산으로 표현하는 기법이다.

특히, 서로 다른 특성을 가진 지리정보의 융합을 통한 수치건물모형 추출 기술은 최근 활발하게 연구되고 있는 분야로 기존의 단일 입력 데이터만을 사용한 연구의 단점을 극복할 수 있는 대안으로 제시되고 있다. 건물 구조에 관한 단서를 제공할 수 있는 2차원 지리정보와 항공영상 또는 LiDAR 데이터 등의 이중 지리정보의 융합을 통한 수치건물모형 추출 연구는 건물모형의 가설 수립이 용이하며 CSG 모델에 적합하다는 장점이 있으나 이중 데이터 간의 시의부적절성, 불완전성, 불일치성으로 인한 처리의 어려움이 발생한다[5-7]. LiDAR 데이터와 항공영상의 융합을 통한 수치건물모형 추출 기술은 두 입력 데이터의 상호보완적 데이터 특성에 기인한다. 일반적으로 LiDAR 데이터로부터 추출한 3차원 수치건물모형은 입력

데이터의 특성으로 인해 건물 경계가 부정확하다. 반면 항공영상은 상대적으로 정확한 건물경계를 추출할 수 있다. 따라서, 항공영상과 LiDAR 데이터의 융합을 통해 정확한 수치건물모형을 추출할 수 있다[2,4,8-11].

### 2.2 지리정보 기반 비디오 시각화 기술

비디오를 이용한 현실 세계의 동적인 현상을 획득, 분석, 시각화하기 위한 다양한 기술 개발들이 비디오 감시, 국방 등의 활용 분야에서 활발히 이루어지고 있다. DIVA(Distributed Interactive Video Array) 시스템은 2차원 지리정보에 기반하여 보안 및 지능형 교통 시스템에서 사용가능도록 대규모의 비디오 스트림을 제공하는 시스템이다[12]. VideoFlashlight 시스템은 3차원 지리정보와 다중 비디오 스트림을 오프라인으로 융합함으로써 몰입형(Immersive) 도시 시각화를 제공한다[13]. VSAM (Video Surveillance and Monitoring) 시스템은 분산 네트워크(Distributed Network)에서의 능동형 비디오 센서(Active Video Sensor)를 이용하여 특정 영역에서의 인간 행위 인지, 대규모 전장(Battlefield)에서의 관심 이벤트 등을 인지할 수 있는 자동화된 비디오 처리 기술을 개발하였다[14]. AVE[Augmented Virtual Environment] 시스템은 3차원 지리공간에 실시간 비디오를 투영하여 시각화함으로써 현실 세계와 비디오를 융합하여 시각화할 수 있는 기술을 개발하였다[15].

3차원 지리정보에 비디오를 융합 시각화하기 위한 다양한 기술 중 투영 텍스처 매핑 기술은 3차원 렌더링을 위한 그림자(Shadow)와 조명 효과(Lighting Effect)를 위해 고안되었으나 이후 컴퓨터 그래픽스, 영상 기반 렌더링, 정보 시각화 등의 분야에서 매우 유용하게 사용되고 있다[16]. 투영 텍스처 매핑 기술은 기본적으로 시각화하고자 하는 3차원 장면(3D Scene)에 전반적으로 적용되므로 지리정보시스템과 같이 다양한 레이어 정보와 효과적으로 융합하여 시각화하기 위해서는 렌더링 과정에서의 모듈화된 텍스처 매핑 기술이 필요하다[17]. 또한, 3차원 지리정보를 이용하여 시각화한 3차원 장면에 비디오를 실시간으로 투영 매핑하기 위해서는 투영하는 비디오의 기하정보를 기반으로 3차원 가시성 테스트를 수행하여야 하며 대부분의 상용 그래픽카드 제조사가 제공하는 Depth-map Shadows 기술[18]에 기반하여 텍스처 좌표계의 가시 범위와 3차원 장면에서의 가시성을 비교함으로써 정확한 투영 텍스처 매핑을 수행할 수 있다[19-24].

### 3. 3D GIS 기반 실시간 비디오 시각화 구조

그림 1은 본 논문에서 제안하는 3차원 지리정보 기반 실시간 비디오 시각화 기술을 구현한 시스템의 전체 구성도이다. 본 논문에서 제안하는 기술은 3차원 지리정보를 구축하기 위한 항공영상과 LiDAR 데이터 융합 수치건물모형 추출 기술과 추출한 3차원 지리정보에 기반하여 비디오 스트림을 실시간으로 시각화하는 기술로 구성된다.

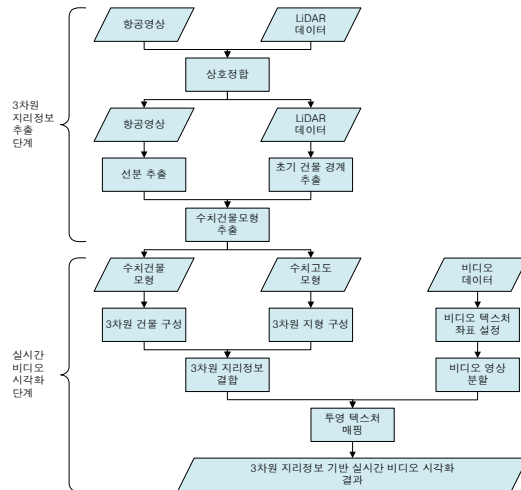


그림 1. 3차원 지리정보 기반 실시간 비디오 시각화 시스템 구성도

3차원 지리정보를 생성하기 위한 항공사진과 LiDAR 데이터 융합 수치건물모형 추출 기술은 (1) 항공영상과 LiDAR 데이터를 정합(Co-registration)하는 기술, (2) LiDAR 데이터로부터 초기 건물 경계를 추출하는 기술, (3) 항공영상과 LiDAR 데이터를 융합하여 수치건물모형을 추출하는 기술로 구성된다.

3차원 지리정보에 비디오 스트림을 실시간으로 시각화하는 기술은 (1) 3차원 건물 및 지형을 구성하는 기술, (2) 3차원 지리정보를 결합하여 가상현실로 시각화하는 기술, 비디오 스트림으로부터 각 프레임 영상을 추출하는 기술, 비디오 카메라의 위치, 자세, 시야각 등의 정보를 이용하여 비디오 스트림을 3차원 지리정보에 투영 텍스처 매핑하는 기술로 구성된다.

### 4. 3차원 수치건물모형 추출

본 논문에서는 건물 외곽선의 선형 특성을 잘 표현하는 항공영상과 건물의 3차원 형태 특성을 잘 표현하는 LiDAR 데이터를 융합하여 처리함으로써 3차원 수치건물모형을 추출하였다. 항공영상 및 LiDAR 데이터의 획득(Acquisition), 보정(Calibration), 정합(Registration) 등의 기술은 본 논문에서 다루고자 하는 3차원 수치건물모형 추출을 위한 필수적인 전처리(Preprocessing) 기술이다. 이러한 전처리 기술들은 수치사진측량 분야의 관련 연구를 통해 이루어질 수 있으므로 본 논문에서는 항공영상 및 LiDAR 데이터의 융합을 통한 3차원 수치건물모형 추출 기술에 대해 주로 설명하도록 한다. 본 논문에서는 LiDAR 데이터 분류(Classification), 건물 가설 생성, 건물 경계 생성 등의 세부 기술들을 연결하여 LiDAR 데이터로부터 초기 건물 경계를 추출하고, 항공영상의 건물 경계와 연결함으로써 보다 정확한 3차원 수치건물모

형을 추출하였다.

LiDAR 데이터로부터 초기 건물 경계를 추출하기 위해서는 지면점(Ground Point)와 비지면점(Non-ground Point)을 분류하고, 비지면점들을 대상으로 평면성(Planarity)과 근접성(Proximity)에 근거하여 건물 가설을 수립하고, 마지막으로 각각의 건물 가설을 기울기(Slope)와 외관(Aspect)에 따라 여러 개의 평면 조각(Plane Patch)으로 재구성하였다.

본 논문에서는 LiDAR 데이터로부터 지면점과 비지면점을 분류하기 위해 원근 투영(Perspective Projection)에서의 비지면점의 폐색(Occlusion) 발생 원리를 이용하였다. 원근 투영에서 건물의 바다와 지붕은 두 개의 다른 점들로 투영되며, 이 점들은 기복 변위(Relief Displacement)에 의해 공간상의 임의의 거리로 분리된다. 따라서, LiDAR 데이터의 폐색을 탐색하고 원근 투영에서의 LiDAR 데이터를 지면점과 비지면점으로 분류할 수 있다. 그림 2는 본 논문에서 제안한 LiDAR 데이터의 지면점과 비지면점 분류 기법의 기본 원리를 도시한다.

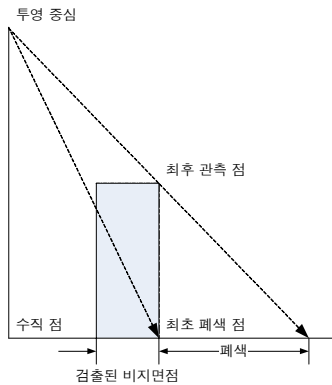


그림 2. 지면점과 비지면점 분류 기법

LiDAR 데이터로부터 지면점과 비지면점을 분류한 이후 비지면점들을 대상으로 건물 가설을 수립한다. 각 비지면점들에 대해 Adaptive Local Neighbourhood를 이용하여 비지면점이 평면 표면에 속하는 지 아닌지를 결정 한 후, 3차원 공간에서 점들간의 근접성을 고려하여 평면 표면에 속하는 점들을 Grouping한다. 각각의 그룹들의 크기 및 지면으로부터의 높이에 근거하여 필터링을 수행함으로써 건물 가설을 수립한다.

건물 가설 수립을 통해 동일한 지붕(Roof) 평면에 속하는 LiDAR 데이터의 비지면점들을 그룹화한 후, 각 그룹에 속하는 비지면점들은 지붕의 형태에 따른 세부적인 패치(Patch)들로 구분된다. 비지면점들간의 3차원 관계와 물리적 형태에 근거하여 LiDAR 데이터의 이웃을 정의하고 누적 배열에 비지면점들의 발생빈도를 저장함으로써 건물의 지붕을 여러 개의 평면으로 구분할 수 있다. 마지막으로 비지면점들로 구성된 각각의 평면 패치들은 경계 추적을 수행함으로써 초기 건물 경계를 생성한다.

그림 3은 본 논문에서 제안하는 LiDAR 데이터 기반 초기 건물 경계 추출 기법의 세부 단계별 결과이다.

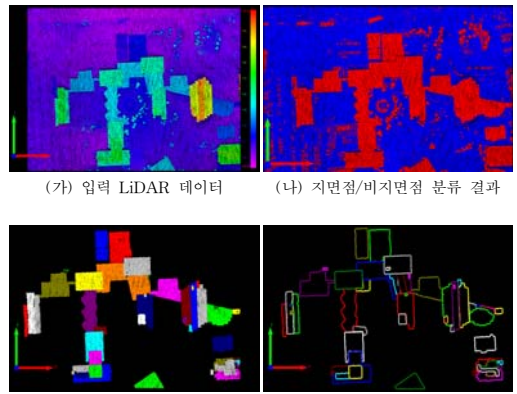


그림 3. LiDAR 데이터로부터 초기 건물 경계 추출 결과

LiDAR 데이터로부터 추출한 초기 건물 경계는 데이터의 해상도(Resolution)의 제한으로 인해 그림 4와 같이 실제 건물 경계와 일치하지 않는다. 따라서, 건물 경계를 보다 세밀하게 묘사할 수 있는 경계선(Edge Line) 및 색 정보(Color Attribute) 등의 의미 정보(Semantic Information)를 항공영상으로부터 추출하여 보완할 수 있다.



그림 4. 초기 건물 경계 불일치

본 논문에서는 스테레오 항공영상으로부터 (1) 직선을 추출하고, (2) 기하학적 제약조건들을 이용하여 추출한 직선들을 매칭(Matching)하고, (3) 매칭된 3차원 직선들을 그룹핑하고, (4) 픽셀값들의 유사도를 비교하여 방사학적 특성을 고려하여 정확한 건물 경계를 추출하고, (5) 추출한 건물 경계 직선들의 연장선들의 교차관계를 계산하여 닫힌 지붕 다각형(Closed Rooftop Polygon)을 생성하고, 마지막으로 (6) 수치건물모형을 생성한다. 그림 5는 항공영상과 LiDAR 데이터를 융합하여 수치건물모형을 추출하는 과정을 흐름도로 나타낸 그림이다.

그림 6은 본 논문에서 제안하는 항공영상과 LiDAR 데이터 융합 수치건물모형 추출 결과이다.

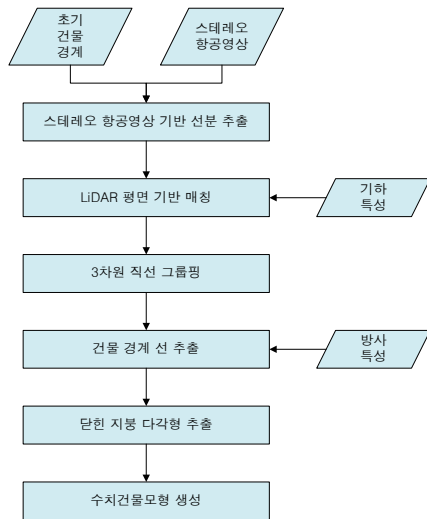


그림 5. 항공영상과 LiDAR 데이터를 융합한 수치건물모형 추출 흐름도

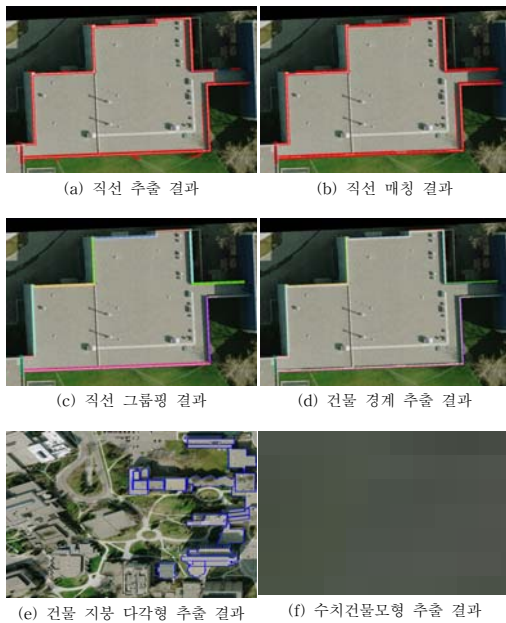


그림 6. 항공영상과 LiDAR 데이터 융합 수치건물모형 추출 결과

본 논문에서 제안하는 항공영상과 LiDAR 데이터 융합 수치건물모형 추출 기술은 기존의 관련 연구[1-10]에서 대부분 수작업으로 이루어지던 건물 경계 추출을 사용자 개입을 최소화하여 수행하고 상대적으로 높은 정확도의 수치건물모형을 추출할 수 있으며 정밀정사영상(True Orthophoto) 생성 및 3차원 도시모델 구축에 유용하게 활용할 수 있다.

### 5. 실시간 비디오 시각화

본 논문에서 제안하는 실시간 비디오 시각화 기술은 3차원 지리정보시스템을 기반으로 네트워크 비디오 카메라의 실시간 비디오 스트림을 투영 텍스처 매핑함으로써 비디오 기반의 시공간 정보(Multiple Spatio-temporal Information)를 시각적으로 제공함을 목표로 한다. 대부분의 비디오 감시 시스템들은 다중 화면 분할을 이용하여 비디오 스트림을 시각화하거나 단순한 위치표지 위주로 지리정보시스템과 연동함으로써 지리정보를 기반으로 하는 다양한 활용 분야에 적용하기 어렵다.

일반적인 텍스처 매핑 방법은 3차원 지리정보의 각 정점(Vertex)에 텍스처 영상의 영상좌표를 매핑함으로써 사실적인 3차원 지리공간을 시각화한다. 이 방법은 3차원 지리정보의 각 정점에 매핑되는 텍스처 영상의 정보를 사전에 구축함으로써 실시간 시각화 시스템에서의 연산량을 감소시킬 수 있는 장점이 있다. 그러나, 3차원 지리정보의 모든 정점을 기준으로 텍스처 영상을 매핑하므로 정점과 매핑되지 않는 정보를 시각화하기에는 어려움이 있다.

본 논문에서는 임의의 위치, 자세에서 획득한 비디오 스트림을 3차원 지리정보에 실시간으로 매핑하는 것을 목표로 하므로 정점 기반의 텍스처 매핑 기술을 활용하기 어렵다. 따라서, 본 논문에서는 3차원 지리정보의 각 정점에 텍스처를 매핑하지 않고 실시간으로 비디오 스트림을 3차원 지리정보에 투영시킬 수 있는 투영 텍스처 매핑 기술을 활용하였다. 투영 텍스처 매핑 기술은 좌우언의 위치를 투영 중심으로 설정하여 3차원 물체에 광선(Ray)을 투사(Casting)함으로써 원근 영상 투영을 가능하게 하는 광선 투사(Ray Casting) 기술을 활용한다. 투영 텍스처 매핑 기술을 활용하면 비디오 카메라의 위치, 자세의 변화가 발생하는 경우, 또는 3차원 지리정보의 변경이 발생하는 경우에도 각 정점에 대한 매핑 정보를 갱신할 필요없이 동일한 매핑 방법을 활용하여 비디오 스트림을 3차원 지리공간에 투영할 수 있다.

3차원 지리정보 기반 비디오 시각화의 실시간성을 보장하기 위하여 투영 텍스처 매핑 기술 뿐만 아니라 다양한 그래픽 기술들이 추가로 필요하다. 먼저, 비디오 카메라의 3차원 시점을 기준으로 3차원 지리정보의 가시성을 판단할 필요가 있다. 이는 비디오 스트림을 3차원 지리정보에 매핑할 경우, 비디오 카메라의 위치, 자세, 시야각을 기준으로 보이지 않는 은면(Hidden Surface)을 제거함으로써 성능을 향상시킬 수 있다. 본 논문에서는 많은 Z-Buffer 알고리즘을 사용하여 은면을 제거하였다.

본 논문에서는 비디오 스트림을 3차원 지리정보에 실시간으로 매핑하기 위해 현장에 설치한 네트워크 비디오 카메라의 초기 위치 정보, 자세 정보, 시야각 정보, 비디오 프레임 영상의 크기 정보 등의 카메라 파라미터를 시스템에 등록하고, 실시간으로 비디오 스트림을 수신하고, 비디오 스트림의 패킷을 분석하여 각 영상 프레임을 분리하고 순차적인 텍스처 영상을 생성하였다. 비디오 스트



림으로부터 분리한 텍스처 영상들은 3차원 지리정보의 좌표계를 기준으로 투영 텍스처 매핑됨으로써 각 네트워크 비디오 카메라가 획득한 시각 정보가 실시간으로 3차원 지리정보에 융합되어 시각화된다. 그림 7은 본 논문에서 제안한 3차원 지리정보 기반 실시간 비디오 비디오 시각화 기술의 결과이다.



(c) 3차원 지리정보에 비디오 스트림을 투영 텍스처 매핑한 결과 (d) 3차원 지리정보에 다중 비디오 스트림을 투영 텍스처 매핑한 결과

그림 7. 3차원 지리정보 기반 실시간 비디오 시각화 결과

그림 7(a)는 일반적인 3차원 지리정보를 시각화 한 화면이다. 이 경우 지형과 건물의 텍스처는 현재의 상황을 반영하지 않고 기 구축한 3차원 지리정보 데이터베이스의 텍스처를 활용함에 따라 실시간 정보의 반영이 불가능하다. 그림 7(b)는 그림 7(a)의 3차원 지리정보에서 좌측의 건물을 대상으로 획득한 비디오 스트림이다. 그림 7(c)는 그림 7(b)의 비디오 스트림을 7(a)의 3차원 지리정보에 실시간 투영 텍스처 매핑한 결과이다. 그림 7(b)의 비디오 스트림은 그림 7(a)의 3차원 지리정보를 구성하는 지형과 건물의 각 면에 자동으로 3차원 텍스처 매핑되며 현재의 동적인 시각정보를 제공할 수 있다. 그림 7(d)는 그림 7(a)의 3차원 지리정보를 대상으로 3대의 네트워크 비디오 카메라를 이용하여 실시간으로 획득한 비디오 스트림들은 다중 비디오 실시간 투영 텍스처 매핑한 결과이다.

기존의 지리정보 기반 비디오 시각화 시스템[11-13]이 위치에 기반하여 단순히 위치표지를 기준으로 비디오 소스를 연동하고 이원화된 시각화 환경을 제공하던 것과는 달리 본 논문에서는 다중 비디오 스트림을 병렬로 획득하고 이를 동시에 시각화함으로써 다양한 시점에서 관심 지역의 현재 상황을 3차원 지리정보와 결합하여 동적으로 시각화할 수 있으며 이를 통해 보다 효과적인 상황정보의 제공이 가능하다.

## 6. 결론

본 논문은 3차원 지리정보에 다중 비디오 스트림을 실시간으로 시각화하기 위한 기술을 제안하였다. 본 논문에서 제안한 3차원 지리정보 기반 실시간 비디오 시각화 기술은 실세계의 3차원 지형, 시설물 등을 3차원 지리정보 데이터로 구축하고 다중 비디오 스트림을 3차원 지리정보에 실시간으로 투영하여 시각화함으로써 현실 세계의 동적인 시각 정보를 유비쿼터스 환경에서 제공할 수 있다.

본 논문에서 제안한 항공영상과 LiDAR 데이터 융합 수치건물모형 추출 기술은 LiDAR 데이터의 장점인 3차원 형상 정보와 항공영상의 장점인 건물 선형 정보를 활용하여 신뢰성있는 수치건물모형을 생성할 수 있다. 이를 기반으로 네트워크 비디오 카메라를 실시간으로 연동하여 관심 지역의 시각 정보를 3차원 지리정보에 투영함으로써 기존의 지리정보시스템이 제공하던 과거의 정적인 텍스처 정보를 현재의 동적인 시각 정보로 제공할 수 있다. 본 논문에서 제안한 기술은 기존의 3차원 지리정보시스템을 활용한 지역정보시스템, 토지정보시스템, 도시정보시스템, 교통정보시스템, 환경정보시스템 등의 활용 시스템을 구축하는 데 있어 현장 정보에 기반한 의사결정을 효과적으로 지원할 수 있으며 더 나아가서는 지리정보에 기반한 지능형 상황인지 서비스를 제공할 수 있는 기반이 될 수 있다.

본 논문에서 제안한 기술은 센서넷 기술에 기반한 비디오 스트림 연동, 제어 및 시각화 확장을 계획이며, 3차원 지리정보와 융합한 다양한 센서정보의 효과적인 시각화 및 상황인지 기술로의 발전을 모색하고 있다.

## 참고 문헌

- [1] 이종기, 임일식, 김병국, "Web 3D 가상도시 구축," 한국공간정보시스템학회 논문지, 제5권, 제1호, 2003, pp.83-89.
- [2] R. Ma, Building Model Reconstruction from LIDAR Data and Aerial Photographs, Ph.D. dissertation, The Ohio State University, 2004.
- [3] W. Förstner, 3D-City Models: Automatic and semi-automatic acquisition methods, 1999. (<http://www.ifp.uni-stuttgart.de/publications/phowo99/foerstner.pdf>)
- [4] S. Seo, Model Based Automatic Building Extraction from LIDAR and Aerial Imagery, Ph.D. dissertation, The Ohio State University, 2003.
- [5] I. Suveg, G. Vosselman, "Reconstruction of 3D building models from aerial images and maps," ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol.58, 2004, pp. 202-224.
- [6] N. Haala, C. Brenner, K. Anders, 3D urban GIS from laser altimeter and 2D map data, 1998.

- ([http://www.ifp.uni-stuttgart.de/publications/1998/ohio\\_laser.pdf](http://www.ifp.uni-stuttgart.de/publications/1998/ohio_laser.pdf))
- [7] G. Vosselman, "Building reconstruction using planar faces in very high density height data," ISPRS Conference on Automatic Extraction of GIS Objects from Digital Imagery, 1999.
- [8] F. Rottensteiner, Ch. Briese, A new method for building extraction in urban areas from high-resolution LIDAR data, 2002. (<http://www.isprs.org/commission3/proceedings02/papers/paper082.pdf>).
- [9] K. McIntosh, A. Krupnik, "Integration of laser-derived DSMs and matched image edges for generating an accurate surface model," ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol.56, 2002, pp. 167-176.
- [10] A. Habib, M. Ghanma, E. Mitshita, "Co-registration of Photogrammetric and LiDAR data: Methodology and Case study," Brazilian Journal of Cartography, Vol.56 No.01, 2004, pp. 1-13.
- [11] E. Baltsavias, "Airborne laser scanning: existing systems and firms and other resources," ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol.54 No.2, 1999, pp. 164-198.
- [12] B. Hall, M. Trivedi, "A novel graphical interface and context aware map for incident detection and monitoring," 9th World Congress on Intelligent Transport Systems, 2002.
- [13] R. Kumar, H. S. Sawhney, Y. Guo, S. Hsu, Samarasekera, "3D manipulation of motion imagery," ICIP2000, 2000.
- [14] T. Kanade, R. Collins, A. Lipton, P. Burt, L. Wixson, "Advances in cooperative multi-sensor video surveillance," Proc. of DARPA Image Understanding Workshop, Vol.1, 1998, pp. 3-24.
- [15] U. Neumann, S. You, J. Hu, B. Jiang, J. Lee, "Augmented Virtual Environments (AVE): Dynamic Fusion of Imagery and 3D Models," VR03, 2003.
- [16] M. Segal, C. Korobkin, R. V. Widenfelt, J. Foran, P. Haeberli, "Fast shadows and lighting effects using texture mapping," SIGGRAPH '92, 1992, pp. 249-252.
- [17] N. Greene, M. Kass, G. Miller, "Hierarchical Z-Buffer Visibility," SIGGRAPH '93, 1993, pp. 231-238.
- [18] W. Reeves, D. Salesin, R. Cook, "Rendering Antialiased Shadows with Depth Maps," Computer Graphics, Vol.21 No.4, 1987.
- [19] P. Haeberli, M. Segal, "Texture mapping as a fundamental drawing primitive," Fourth Eurographics Workshop on Rendering, 1993, pp. 259-266.

- [20] W. Heidrich, H.P. Seidel, "Realistic Hardware-accelerated Shading and Lighting," SIGGRAPH '99, 1999.
- [21] 정동훈, 김병국, "차량 측량 시스템을 위한 영상 취득 프로그램 개발," 한국공간정보시스템학회 논문지, 제4권, 제2호, 2002, pp.35-40.
- [22] 김종배, "영상인식 기반의 위치기반서비스를 위한 실내위치인식 시스템," 한국공간정보시스템학회 논문지, 제10권, 제2호, 2008, pp.49-62.
- [23] 윤여상, 최종현, 김민수, 김경옥, "MMSS 시스템 구성 및 활용에 대한 연구," 한국공간정보시스템학회 논문지, 제3권, 제1호, 2001, pp.117-126.
- [24] 류근원, 김근한, 김혜영, 전철민, "3차원 GIS를 활용한 도시소음 시각화에 관한 연구," 한국공간정보시스템학회 논문지, 제9권, 제3호, 2007, pp.17-24.



윤 창 락

1994년 안동대학교 컴퓨터공학과 졸업(학사)

1996년 경북대학교 컴퓨터공학과 졸업(석사)

2005년~현재 충남대학교 컴퓨터공학과 박사과정

2005년~2007년 한국전자통신연구원 융합기술연구부분 선임연구원

관심분야는 GIS, 원격탐사, 영상처리, 컴퓨터비전, 그래픽스



김 학 철

1997년 부산대학교 전자계산학과 졸업(학사)

1999년 부산대학교 전자계산학과 졸업(석사)

2005년 부산대학교 전자계산학과 졸업(박사)

2005년~2007년 한국전자통신연구원 텔레메틱스-USN연구단

2007년~2008년 경원대학교 텔레메틱스 응용소프트웨어 인력양성단 연구교수

2008년~현재 한국전자통신연구원 융합기술연구부분 선임연구원

관심분야는 시공간 데이터베이스, GIS, 지오 센서네트워크



김 경 옥

1976년 서울대학교 의류학과 졸업(학사)

1987년 오하이오주립대학 전산학과 졸업(석사)

1998년 충남대학교 컴퓨터공학과 졸업(박사)

1988년~1997년 시스템공학연구소 선임연구원

1998년~현재 한국전자통신연구원 융합기술연구부분 책임연구원(팀장)

관심분야는 GIS, 원격탐사, GIS 정책 및 표준



황 치 정

1976년 서강대학교 수학과 졸업(학사)

1979년 서강대학교 수학과 졸업(석사)

1981년 뉴욕주립대학 수학과 졸업(석사)

1985년 코네티컷주립대학 전산과 졸업  
(석사)

1987년 코네티컷주립대학 전산과 졸업(박사)

1987년~1988년 코네티컷주립대학 전산과 조교수

1998년~현재 충남대학교 전기정보통신공학부 교수

관심분야는 영상처리, 컴퓨터비전, 패턴인식, 그래픽스