

고속카메라와 MEMS IMU/GPS를 이용한 모바일매핑시스템 경량화 방안 연구

Study on Lightweight Mobile Mapping Systems Using High Speed Camera & MEMS IMU/GPS

우 희 숙* 송 기 성** 권 광 석*** 김 병 국**** 황 택 진*****
Hee Sook Woo Ki Sung Song Kwang Seok Kwon Byung Guk Kim Taik Jean Hwang

요 약 최근 공간영상정보 수요가 증가함에 따라 신속하게 공간정보를 구축할 수 있는 모바일매핑시스템의 필요성이 높아지고 있다. 모바일매핑시스템은 일정한 속도로 주행하면서 공간정보를 취득하기 때문에 고가의 높은 정밀도를 보장하는 관측시스템(다수의 카메라, IMU/GPS, 시각동기화 장치, 자료취득 및 처리장치)으로 구성된다. 이러한 관측시스템 구성은 자료 생산 과정이 복잡해지고 일정 수준 이상의 차량 조건을 만족해야하기 때문에 적용이 제한적이다. 본 연구에서는 고속카메라를 이용하여 시각동기화 장치를 대체하고, MEMS IMU/GPS로도 양질의 공간영상정보를 구축할 수 있는 경량모바일매핑시스템의 구축 방안을 제안한다. 기존 시스템 구조 및 처리 과정이 단순화되어 구축 및 운용비용이 줄어들고, 휴대가 가능한 수준으로 크기로 줄어들어 다양한 부문에서도 신속한 공간영상정보를 신속하게 생산 할 수 있을 것으로 기대된다.

키워드 : 모바일 매핑 시스템, 경량화, 고속카메라, MEMS IMU/GPS

Abstract With the recent increase in demand for geo-registered imagery, Mobile Mapping Systems(MMS), which can quickly construct geographic information, has become important. The main part of MMS is the high-precision observation system, which collects geographic information at a certain speed. MMS has a complex data generation process and requires a standard-specific vehicle for its use, limiting its application range. In this paper, lightweight MMS is proposed to overcome its complexity by replacing the time synchronizer with a high-speed camera and by stabilizing motion with MEMS IMU/GPS. The proposed low-cost, portable method is expected to produce of geo-registered imagery efficiently.

Keywords : Mobile Mapping Systems, Lightweight, High Speed Camera, MEMS IMU/GPS

1. 서 론

다음의 ‘로드뷰’와 네이버의 ‘거리뷰’ 등과 같이 직관적인 공간정보를 제공하는 공간영상정보에 대한 수요가 늘어나고 있다. 이러한 공간영상정보를 신속하고 정확하게 구축하기 위해서 다양한 센서들로 구성된 모바일매핑시스템(Mobile Mapping Systems,

MMS)을 사용한다. 모바일매핑시스템이란 항공기나 자동차와 같은 이동체에 관측시스템을 통합하여 교통시설물, 지형지물 등과 같은 공간정보를 취득하는 이동형 관측시스템이다. 도로를 주행하면서 일정 속도로 공간영상정보를 취득해야하기 때문에 높은 정밀도를 보장하는 다양한 관측센서(2대 이상의 카메라, IMU(Inertial Measurement Unit, GPS(Global

† 이 논문은 공간정보 전문인력 양성사업의 지원을 받아 연구되었음.

* 인하대학교 대학원 지리정보공학과 박사과정 heesook@inha.edu

** 인하대학교 대학원 지리정보공학과 석사과정 song1770@inha.ac.kr

*** 인하대학교 대학원 지리정보공학과 박사과정수료 kskwon02@gmail.com(교신저자)

**** 인하대학교 공과대학 사회기반시스템공학부 교수 byungkim@inha.ac.kr

***** 동의대학교 공과대학 토목공학과 부교수 tajhwang@deu.ac.kr

Positioning System), 시각동기화 장치, 자료취득 및 처리장치)들이 필요하다. 수치영상으로부터 공간정보를 추출하기 위해서는 2대 이상의 카메라가 필요하고, 안정된 자세정보 및 위치정보를 취득하기 위해 정밀한 IMU/GPS가 필요하다. 또한 시각동기화 장치를 이용하여 관측주기가 상이한 센서들(카메라, IMU 및 GPS)의 자료들을 동기화하여 일정 거리 또는 특정 위치의 공간영상정보를 생산한다[8]. 정밀도를 높이기 위해 각 센서들의 오차를 보정하기 위한 별도의 자료취득 및 처리공정을 거치게 된다.

모바일매핑시스템은 다양한 관측센서, 자료처리, 운용 및 유지보수 등 자료생산 과정이 복잡하고, 일정 수준 이상의 조건을 만족하는 차량이 확보되어야 하기 때문에 다양한 부문에 적용하기 어렵다. 다양한 부문에 적용하기 위해서는 취득 및 처리 공정을 간소화시키면서도 자료 정밀도를 일정 수준 확보할 수 있어야 한다.

본 논문에서는 고속카메라를 이용하여 정밀한 시각동기화 장치를 대체하고, 자세안정화 장치를 이용하여 MEMS IMU/GPS만으로도 일정수준의 관측품질(수평위치 정밀도 30cm 이내, 관측간격 20cm 이내, 관측 속도 시속 60km/h 이상, 영상 해상도 640*480 이상)을 확보할 수 있는 모바일매핑시스템 경량화 방안을 제시하고자 한다.

2. 모바일매핑시스템 개요

미국에서는 도로시설물을 조사하기 위해 사진기록차량(Photologging Vehicle)을 개발하였으며, 독일에서는 빠르게 주행하면서도 위치정보 취득할 수 있는 CDSS(CAR-Driven survey System)를 개발하였다[7]. 스위스에서는 도로 유지관리 서비스를 위해

서 저가 모바일매핑시스템(Photobus)을 개발하였다[6]. 한국 정보통신부에서는 4S-VAN 차량을 이용하여 도로시설물 관리 응용 시범 사업을 수행하였다[15]. 모바일매핑시스템을 이용하면 위치정보, 속성정보 및 영상자료를 동시에 취득하기 때문에 도로시설물 관리하는 인력이 직접 현장으로 이동하여 공간정보를 수집하고 수작업에 구축하는 방식에 비해 공간 정보 갱신 및 DB 구축 생산성과 접근성이 향상되었다.

모바일매핑시스템으로 정밀한 공간영상정보를 갱신하고 DB를 구축하기 위해서는 카메라, IMU/GPS 등 센서들 간의 시각동기화를 통한 자료통합이 매우 중요하다. 모바일매핑시스템을 구성하고 있는 센서들의 관측주기가 상이하기 때문에 동일한 시각의 공간 및 속성 정보를 획득하기 위해 ‘외부 컨트롤러를 이용한 동기화 방안’이 제시되었다[8]. 취득 자료는 센서 오차와 영상생성 시간 차이의 영향을 받기 때문에 정확도 향상을 위해 관측 플랫폼의 자세 안정성 확보 방안이 요구된다[18]. 모바일매핑시스템은 그림 1과[19] 같이 다양한 센서들이 관측플랫폼인 차량에 일체형으로 통합되어 있기 때문에 차량 진동 및 노면 변화 등이 직접적으로 전달된다. 다양한 외부잡음에 의한 오차를 보정하기 위해서는 정밀하고 민감한 IMU/GPS를 사용해야 하고, 위치 및 자세 정확도를 높이기 위한 별도의 후처리 공정을 거쳐야 한다. 취득된 영상, 자세 및 위치 정보를 해석적 공간전방교회법을 통해 대상물의 3차원 위치를 결정할 수 있다[14]. 기존 전문적인 모바일매핑시스템을 다양한 부문에서 활용하기 위해서는 표 1과 같이 시각동기화, 자세정보안정화에 대한 기술적, 경제적인 측면에 개선이 필요할 것으로 판단된다.

표 1. 기존 전문 모바일매핑시스템 특징 및 개선대상

구분	내용	개선대상
정밀시각 동기화	- 상이한 관측 주기의 센서 통합 - 정밀 시각동기신호 발생 장치 사용	- 실시간 시스템이 아닌 경우 영상 지연 및 누락가능 - 실시간 시스템이 아닌 경우 불규칙적인 시간 지연 예상
정밀 자세 및 위치 센서	- 차량진동 및 도로주행 잡음 발생 - 정밀 IMU/GPS 필요	- 정밀 관측센서 사용에 따른 구축비용 상승 - 전문적인 처리 및 분석 기술 소요
공간정보 생산성	- 후처리 공정을 거쳐 해석적 공간전방교회법을 통한 3차원 위치결정	- 복잡한 후처리공정으로 인한 처리 및 구축 비용 상승



그림 1. 일반적인 모바일 매핑시스템 플랫폼

3. MEMS 기술 이용한 모바일매핑시스템 연구사례

관측 시스템을 경량화를 위해 MEMS(Micro Electro Mechanical Systems : 기계 부품, 센서 등 여러 물리·전기·전자회로를 하나의 실리콘 기판 위에 집적한 미세기술) 기술이 많이 적용되고 있다. 최근 경제적인 MEMS IMU/GPS 통합센서를 이용하는 연구와 성능에 대한 실험이 활발하게 진행되고 있다. 보급형 MEMS IMU/GPS 통합센서의 성능을 분석하고 시스템을 설계하기도 하였다[1]. 도심지에서 MEMS IMU/GPS 통합센서에 대한 위치정확도를 분석하고[4], 동일한 환경에서 MEMS IMU/GPS의 성능 평가 및 향상 방법 등에 대한 연구가 진행되었다[5]. 긴급상황에서의 DEM 및 정사영상과 같은 공간정보에 대한 실시간 생산 타당성을 파악하기 위해 MEMS IMU/GPS 센서 성능을 실험하였다[11]. MEMS IMU/GPS, UMPC(Ultra Mobile PC, 휴대성 높은 PC)와 비디오카메라를 결합하여 영상과 위치/자세 자료를 취득하는 휴대형 멀티센서 시스템에 대한 상대좌표 정확도 평가를 수행하였다[12]. 경량 모바일매핑시스템에 적합한 것으로 판단되는 대표적인 MEMS IMU/GPS 센서 규격을 표 2와 같이 정리하였다[20, 21, 22, 23]. 크기, 구축비용 및 시스템 복

잡도 등 기존 모바일매핑시스템을 보완하기 위해 DMC(Digital Magnetic Compass), 이중주파수 GPS 수신기와 Kodak DC-260 디지털카메라를 이용하여 휴대할 수 있는 멀티센서 매핑시스템을 구축하였다. 사용된 센서는 Leica사 DMC -SX가 사용되었다.(센서오차 : 자세결정오차가 Heading 0.5°, Roll, Pitch 각각 0.15°, 영상획득률은 30~150fps이며, 무게 28g 이하)[2]. 그림 2와 같은 3개의 단일주파수 GPS 수신기, MEMS IMU 및 3개의 웹 카메라로 구성된 모바일매핑시스템(LCMMS)을 제안하였다. 보급형 센서를 사용하면서도 정확도를 유지하기 위해 GPS와 IMU 자료를 통합하는 새로운 알고리즘도 제안되었다[3]. MEMS IMU/GPS를 사용하여 기존 항공기보다 가벼운 무인항공기(UAV)에 탑재할 수 있는 모바일매핑시스템이 설계되었다. 보급형 MEMS IMU/ GPS(센서오차 : 위치결정오차가 2~2.5m, 자세결정오차가 Heading, Roll, Pitch 각각 2°)와 초점거리 17mm의 소형 디지털 카메라를 사용되었다. 취득된 자료를 보정하기 위해 항공삼각측량(AT : Aerial Triangulation)을 적용하여 중저가 센서기반 모바일매핑시스템의 타당성을 검증하였다[16]. 골목길과 같은 차량이 진입하기 어려운 공간에서도 공간정보를 획득하기 위해 그림 3과[17] 같이 사람이 직접 운반하며 관측할 수 있는 DSLR (Digital Single-Lens

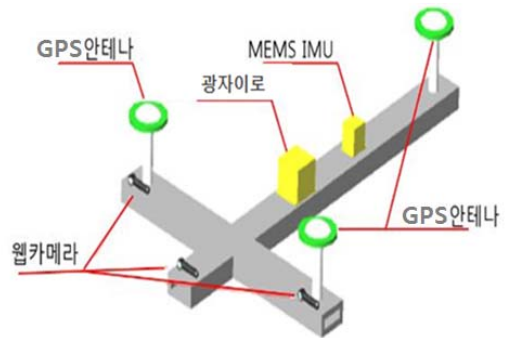


그림 2. LCMMS 구성도

표 2. 대표적인 MEMS IMU/GPS 주요제원

제조사	크기(mm) (W × L × H)	무게 (g)	위치정확도 (m CEP)	자세정확도 (Roll, Pitch, Yaw)	갱신주기 (Hz)	전력 (W)
Xsens	58×58×33	68	2.5	0.5°, 0.5°, 1°	120	0.35
Microbotics	38.1×43.82×20.57	55	2.0	0.4°, 0.4°, 2°	50	1.20
SBG Systems	49.4×35.8×22	45	2.5	0.5°, 0.5°, 1°	100	0.475

Reflex camera) 카메라와 MEMS IMU /GPS만을 사용한 시스템을 개발하였다[7]. 이 시스템은 로드뷰 서비스와 같이 간단한 파노라마 영상 취득에는 적합하지만, 다양한 분야에서 다양한 목적의 공간정보 관측 및 생산하기 어렵다.



그림 3. 비포장에서의 모바일매핑시스템

4. 고속카메라, 자세안정화장치를 이용한 경량화 방안

4.1 시각동기화 장치 대체

모바일매핑시스템에서 사용되는 CCD 카메라 또는 전방위 카메라의 영상획득률은 일반적으로 초당 약 50프레임을 넘지 못한다. 영상획득률이 IMU 관측 주기에 비해 낮기 때문에 성과물 품질이 낮아진다[9]. 센서들을 동기화하기 위해 별도의 소프트웨어를 사용하거나 외부 컨트롤러(GPS의 PPS 신호 및 트리거 신호)를 이용하여 시간을 동기화시키는 방법을 사용한다[8]. 시각동기화 방식은 센서 간에 동기화 트리거 신호를 사용하지만 취득 및 구축체계가 실시간시스템이 아니면 영상 생성 또는 위치결정 단계에서 지연이 발생할 수 있다. 지연시간이 발생하면 영상정보의 공간 정확도가 떨어지게 된다. 그림 4와 같이 IMU의 관측 주기 이상으로 촬영할 수 있는 고속카메라를 사용하면 시각동기화 장치를 대체할 수 있고 그림 5와 같이 정확한 시점의 공간영상을 생산할 수 있다.

시각 동기화 장치를 대체할 수 있는 수준의 고속 카메라 제원은 표 3과 같다[24, 25].

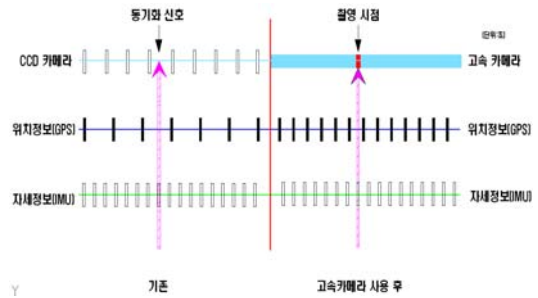


그림 4. 고속카메라를 이용한 관측주기 동기화

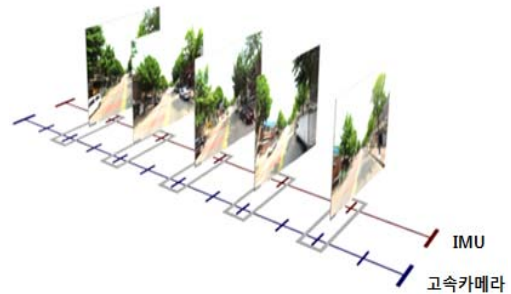


그림 5. 고속카메라를 이용한 공간정보 생산

표 3. 대표적인 고속카메라 제원

제조사	Prosilica	ALLIED
센서 크기 (inch)	1/3	1/2
해상도 (pixel)	640*480	1024*1024
셀 크기 (μm)	7.4*7.4	5.5*5.5
영상획득률 (fps)	205	112

4.2 자세자료 품질 안정화

도로를 주행하면서 공간영상 자료를 취득하기 때문에 차량 진동 및 노면에 의한 잡음이 자세정보에 포함된다. 이러한 잡음 영향을 파악하여 보정하기 위해서는 매우 정밀한 자세 센서가 필요하게 된다. 그러나 다양한 분야에서 활용하기 위해서는 경량화가 필요하기 때문에 MEMS기반 IMU/GPS을 이용한 경량화 연구가 진행되었다. 표 4와 같이 MEMS IMU/GPS는 기존 IMU/GPS 센서 성능과 비슷하나, 중급 이상의 제품보다는 정확도가 낮아서 일정수준의 품질 확보가 어려운 실정이다[10, 18].

기존 구조에서 MEMS기반 IMU/GPS를 대체하는 것만으로는 자세 정확도를 확보하기 어렵기 때문에 별도의 보완 대책이 요구된다. 그림 6과 같이 이동

촬영 시 사용되고 있는 카메라 스테빌라이저를 이용하여 외력에 의한 자세 변화를 자유 회전을 허용하는 장치를 통해 감소시키는 방법을 고려할 필요가 있다. 이러한 자세안정화장치에 관측센서를 설치하면 급격한 회전 및 차량진동에 의한 잡음을 물리적으로 감소시킬 수 있다. 자세안정화장치들을 감지센서에 장착하고 수직 방향의 급격한 움직임을 조절하는 장치가 보완된다면 그림 6과 같이 보급형 MEMS IMU/GPS만으로도 물리적으로 안정화 시킬 수 있다. 이는 차량뿐만 아니라 다양한 운송수단에도 장착이 가능하고 휴대 가능한 수준의 모바일 매핑시스템 구축이 가능하다고 예상된다.

표 4. MEMS IMU/GPS 성능 비교

구분	기존 IMU/GPS		MEMS IMU/GPS	
	A (중급)	B (저급)	C	D
Heading (°)	0.02	0.82	1.44	0.17
Roll (°)	0.02	0.85	1.37	0.48
Pitch (°)	0.12	26.45	2.88	0.18

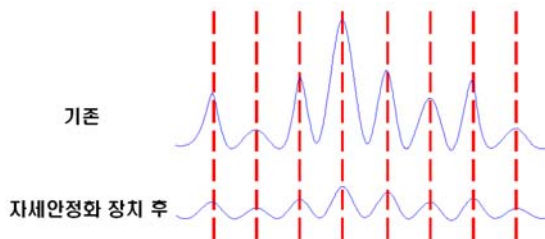


그림 6. 자세 안정화장치 적용 (예)

5. 결론

수치영상, 자세 및 위치자료를 이용하여 정밀한 공간영상을 생산하기 위해 정밀 시각동기화 장치와 IMU/GPS가 필요하다. 시각동기화 장치와 정밀 센서로 구성된 모바일매핑시스템은 구축, 운용 및 자료처리 비용이 높고 크기가 크기 때문에 다양한 부문에 적용하기 어렵다. 정밀 IMU/GPS를 대체하기 위한 방법으로 MEMS 기술을 이용한 연구가 진행되고 있으나 일정 수준의 정밀도 확보가 어려운 실정이다.

본 연구에서는 촬영 주기가 100Hz 이상인 고속카

메라를 사용하여 시각 동기화 장치를 대체하는 방안을 제시하였다. 짐벌과 같은 물리적인 자세안정화 장치를 통해 차량진동 및 노면에 의한 영향을 최소화하기 위한 방안을 제시하였다. MEMS IMU/GPS 만으로도 일정수준의 품질을 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

모바일매핑시스템 경량화를 통해 차량 개조 및 구축에 따른 초기 구축비용이 절감되고, 자료 처리 및 후처리 공정이 단축되어 전반적인 공간영상 생산비용이 절감된다. 또한 시스템 구조가 간단해져 설치 및 검교정 공정이 간소화되어 전반적인 오차요인 감소됨으로써 안정적인 품질 확보가 가능해진다.

향후 고속카메라와 MEMS IMU/GPS를 이용하여 경량모바일매핑시스템을 구축하고 실제 환경에서 다양한 상황 및 조건에 대한 실험 및 검증을 통하여 공간영상 품질과 생산성을 확보할 수 있는 방안을 연구해야한다.

참 고 문 헌

- [1] Alison K. Brown, Yan Lu, 2004, "Performance Test Results of an Interated GPS/MEMS Inertial Navigation Package", Proceedings of ION GNSS 2004.
- [2] C. M. Ellum, 2001, "The Development of a Backpack Mobile Mapping System", Theses for Master's Degree, University of CALGARY.
- [3] A. Cina, M. De Agostino, M. Piras, 2009, "A Full-State Low-Cost GNSS/INS System for mobile mapping applications", 6th International Symposium on Mobile Mapping Technology.
- [4] S. Godha, M. G. Petovello, 2005, "Performance Analysis of MEMS IMU/HSGPS/Magnetic Sensor Integrated System in Urban Canyons", Proceedings of ION GNSS.
- [5] S. Godha, M. E. Cannon, 2006, "GPS/ MEMS INS Interated System for Navigation in Urban Areas", GPS Solut 11, pp. 193-203.
- [6] 김문기, 성정곤, 2008, "효율적인 도시시설물 유지관리를 위한 모바일 매핑 시스템 활용에 관한 연구", 원격탐사학회지, 제24권, 제2호, pp. 153-164.
- [7] 국토해양부, 2010, "도로안전성평가를 위한 차세대 장비 개발 기획연구", pp. 6-10.

- [8] 박영무, 이종기, 성정곤, 김병국, 2004, “모바일 매핑시스템을 위한 멀티 센서 통합 및 동기화 구현 방안 연구”, 한국공간정보시스템학회 논문지, 제6권, 제1호, pp. 51-58.
- [9] 이종기, 김병국, 권재현, 2003, “실시간 GPS/INS 시스템을 이용한 웹기반 모바일 매핑시스템 연구”, 한국GIS학회지, 제11권, 제3호, pp. 291-299.
- [10] 임종남, 김현기, 김태현, 윤성진, 2008, “국외 MEMS-IMU의 성능평가”, 한국항공우주학회 추계학술발표회, pp. 1002-1005.
- [11] 이원진, 권재현, 이종기, 한중희, 2009, “실시간 공중 자료획득 시스템을 위한 GPS/MEMS IMU 센서 검증 및 GPS/INS 통합 알고리즘”, 한국측량학회지, 제27권, 제2호, pp. 225-234.
- [12] 이지훈, 최경아, 이임평, 2010, “Geo-referenced 영상 획득을 위한 휴대용 멀티센서 시스템 구축 및 정확도 평가”, 한국측량학회지, 제28권, 제6호, pp. 637-643.
- [13] 이원중, 2010, “GPS 수신환경에 따른 멀티센서 통합의 효용성 분석”, 석사학위논문, 서울시립대학교.
- [14] 정동훈, 2007, “차량측량시스템의 CCD영상에 의한 3차원 위치결정 방법 비교 연구”, 한국공간정보시스템학회 논문지, 제15권, 제2호, pp. 169-180.
- [15] 최경아, 오소정, 이임평, 신진수, 2007, “모바일 매핑 시스템 개발”, 대한토목학회 정기학술 대회, pp. 4468-4471.
- [16] 최경아, 이임평, 2009, “UAV 기반 저가 멀티센서시스템을 위한 무기준점 AT를 이용한 영상의 Georeferencing”, 한국측량학회지, 제27권, 제 2호, pp. 249-260.
- [17] 픽스코리아(주), 2011, Korea-Japan International Joint Workshop on Digital MAP, Health, and Information Technology Road View & Sky View.
- [18] 황태현, 주인학, 최경호, 2005, “4S-Van을 이용한 공간정보 구축과 갱신을 위한 변화탐지 시스템의 개발”, GIS/RS 공동추계학술대회, pp. 47-52.
- [19] 황진상, 2009, “차량 모바일매핑시스템의 현황과 활용분야”, 대한측량협회.
- [20] <http://www.tiffen.com/handheldmerlin.html>
- [21] <http://www.xsens.com/en/general/mti-g>
- [22] http://www.microboticsinc.com/ins_gps.html

[23] <http://www.sbg-systems.com/products/ig-500n>

[24] <http://www.1stvision.com/cameras/Prosilica-cameras.html>

[25] <http://www.alliedvisiontec.com/emea/home.html>

논문접수 : 2011.06.22

수정일 : 2011.07.28

심사완료 : 2011.08.01

우희숙

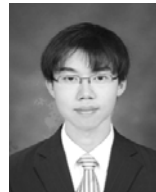


2009년 인하대학교 대학원 지리정보공학 공학석사

2010년~현재 인하대학교 대학원 지리정보공학과 박사과정

관심분야는 사진측량, 모바일매핑, u-GIS

송기성



2007년 인하대학교 지리정보공학과 공학사

2007년~현재 지능형국토정보기술혁신 사업단 연구원

관심분야는 u-GIS 테스트베드, 사진측량, 공간위치결정

권광석



1997년 아주대학교 토목공학 공학사

1999년 인하대학교 지리정보공학 공학석사

2003년 인하대학교 지리정보공학 박사수료

2008년~현재 (주)유에스티21 기술이사

관심분야는 다차원 해양공간정보, 모바일매핑, 자율통제체계



김 병 국

1978년 서울대학교 토목공학(공학사)
1989년 위스콘신주립대 지리정보공학과(공학박사)
1996년~현재 인하대학교 공과대학 사회기반시스템공학부 교수

1998년 측량 및 지형공간정보기술사
2006년~현재 지능형국토정보기술혁신사업단 단장
관심분야는 사진측량, 공간위치결정, u-GIS



황 택 진

1982년~2010년 부산광역시청 도시개발실장
1995년 토질 및 기초 기술사
2007년 부산대학교 대학원 공학박사
2010년~현재 동의대학교 토목공학과

부교수
관심분야는 공간정보시스템을 이용한 도시계획