

# 공간정보공학

## Introduction to Spatial Informatics and Systems



서울대학교 건설환경공학부

담당교수 : 김용일



SPINS (SPatial INformatics & Systems Lab.)  
Department of Civil and Environmental Engineering <http://www.spins.or.kr/>

## 목 차

- 공간정보공학의 개요
- 원격탐사 (Remote Sensing)
- GPS (Global Positioning System)
- LiDAR (Light Detection And Ranging)



< 아리랑 3A호, 출처 :  
[www.dongascience.com](http://www.dongascience.com) >



# Introduction

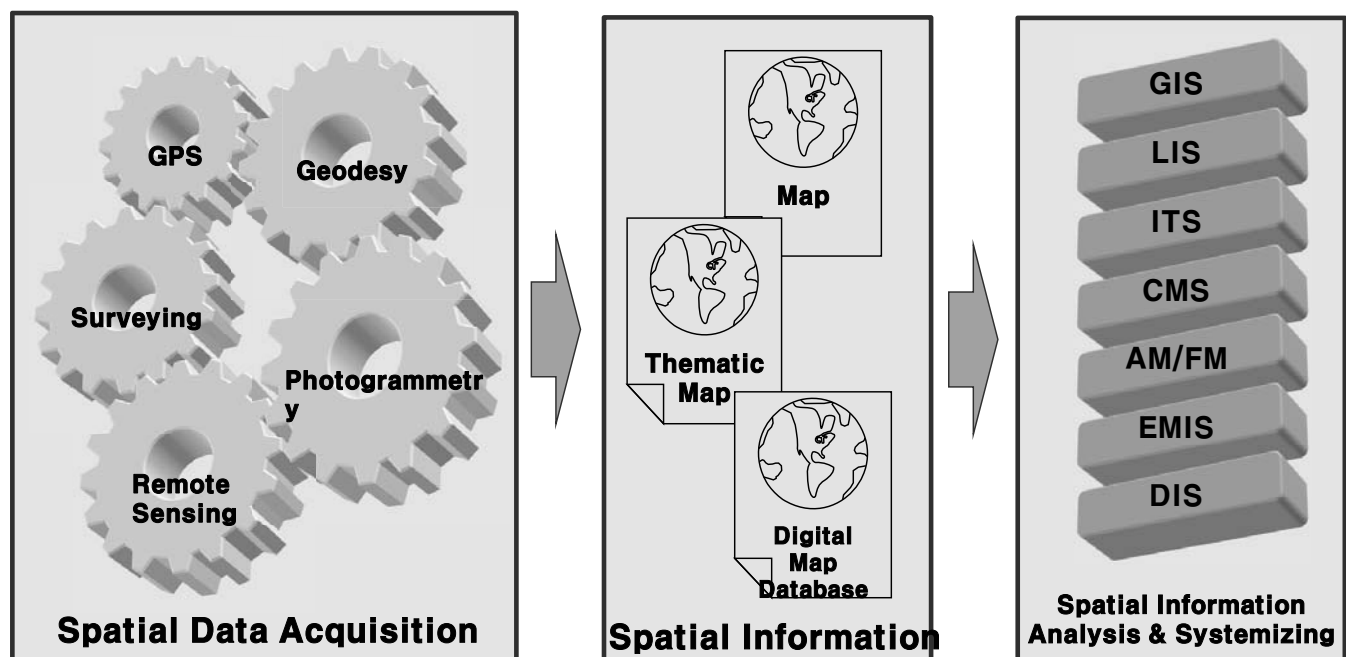


## 공간정보공학이란?

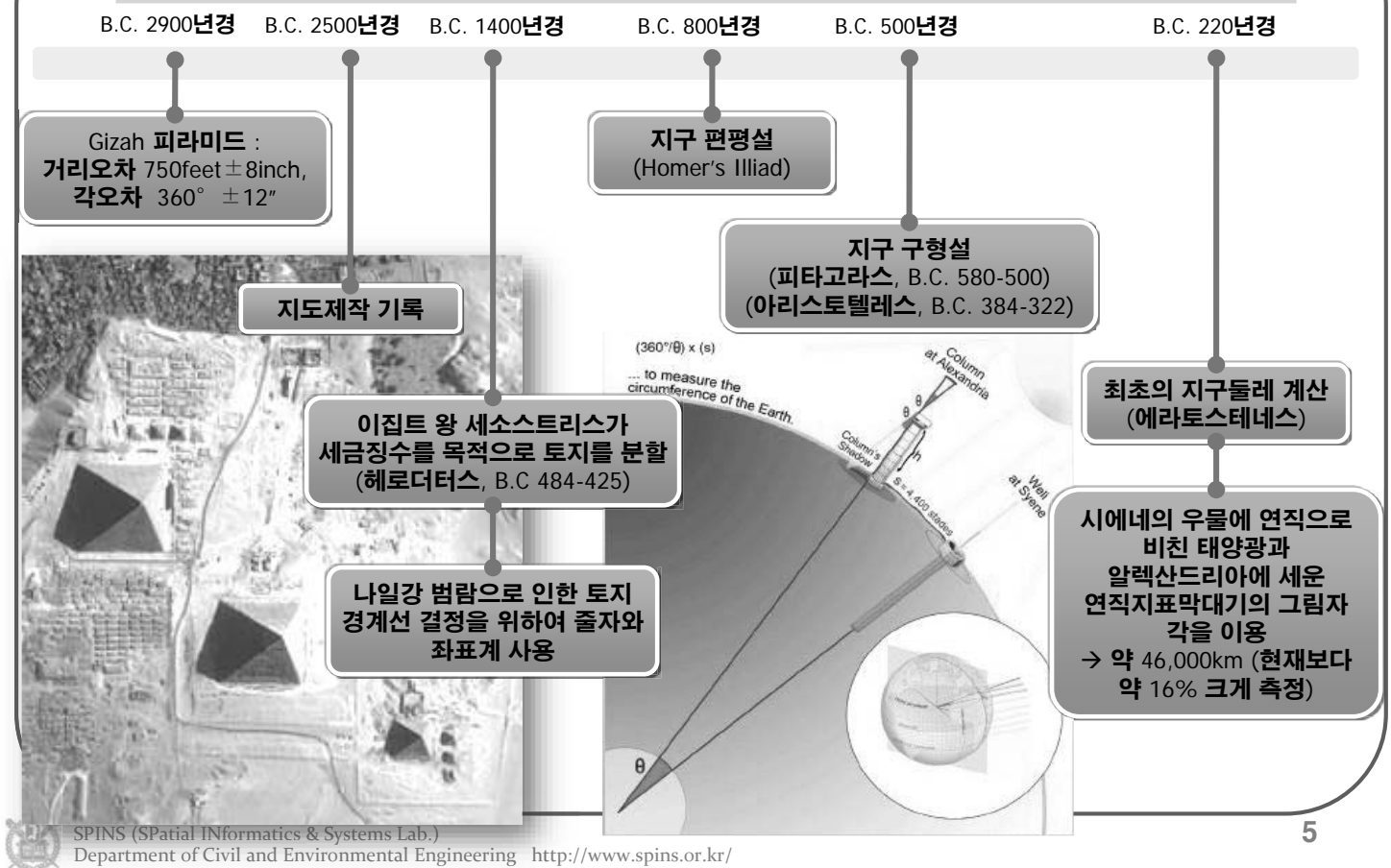
인간활동이 미칠 수 있는 모든 영역의 자연, 인공물의  
위치정보를 정량화하고 지구, 환경, 자원, 인프라 등에  
대한 정보를 수집하는 학문



## 공간정보공학 (Spatial Informatics & Systems)



## 공간정보공학의 발달과정 - 고대

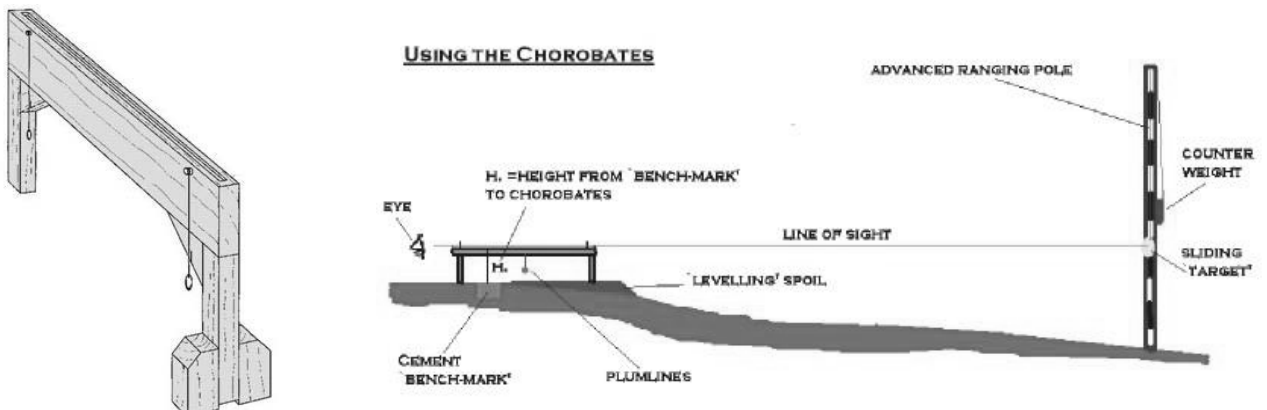


5

## 공간정보공학의 발달과정 - 고대측량기구

### • 코로베이트(chorobates)

양끝이 지지된 약 6.1m 길이의 수평막대로 중간에 약 1.5m 길이의 홈이 있고 그 속에 물을 채워서 사용하는 수준측량 기구



6

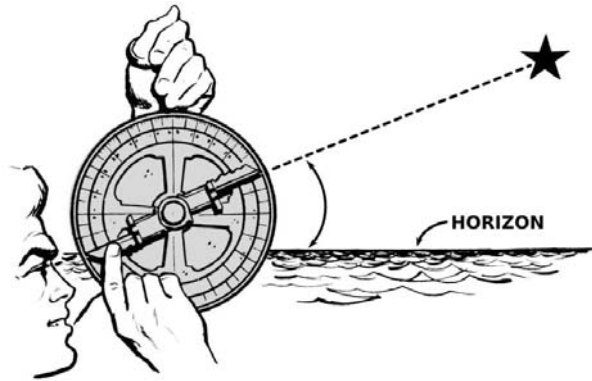
## 공간정보공학의 발달과정 - 고대측량기구

### • 아스트로레이브(astrolabe)

천체의 고도 등을 관측하는 천체관측기구

직경 10-20cm의 금속원반에 각도가 표시

원반의 중심축으로 회전할 수 있는 가로막대를 이용하여 천문방향 12궁에 따라 방향을 계산하도록 고안  
Hipparchus(B.C. 140년경)에 의해 발명, Ptolemy(A.D. 140년경)에 의해 개량됨



## 공간정보공학의 발달과정 - 고대측량기구

### • 그로마(groma)

십자형 틀이 나무 막대기에 고정되었고, 십자형 틀 끝에 각각 추가 매달린 형태로서 목표를 시준하기 위한 장치

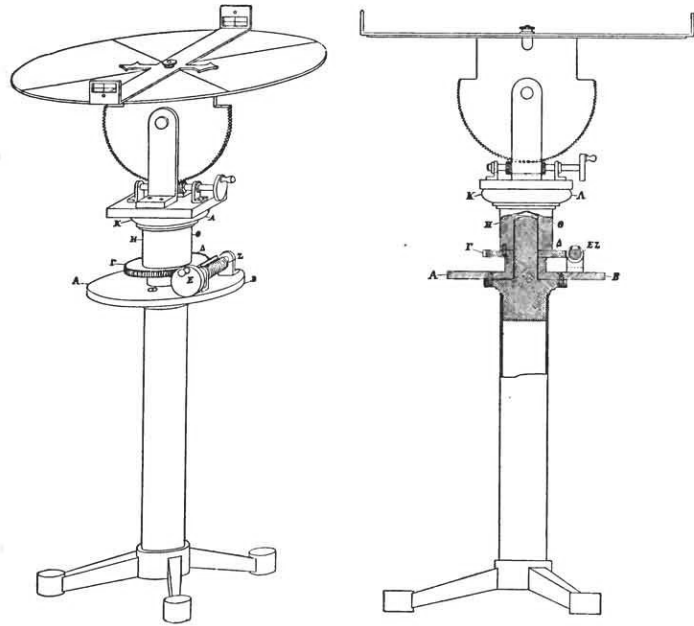




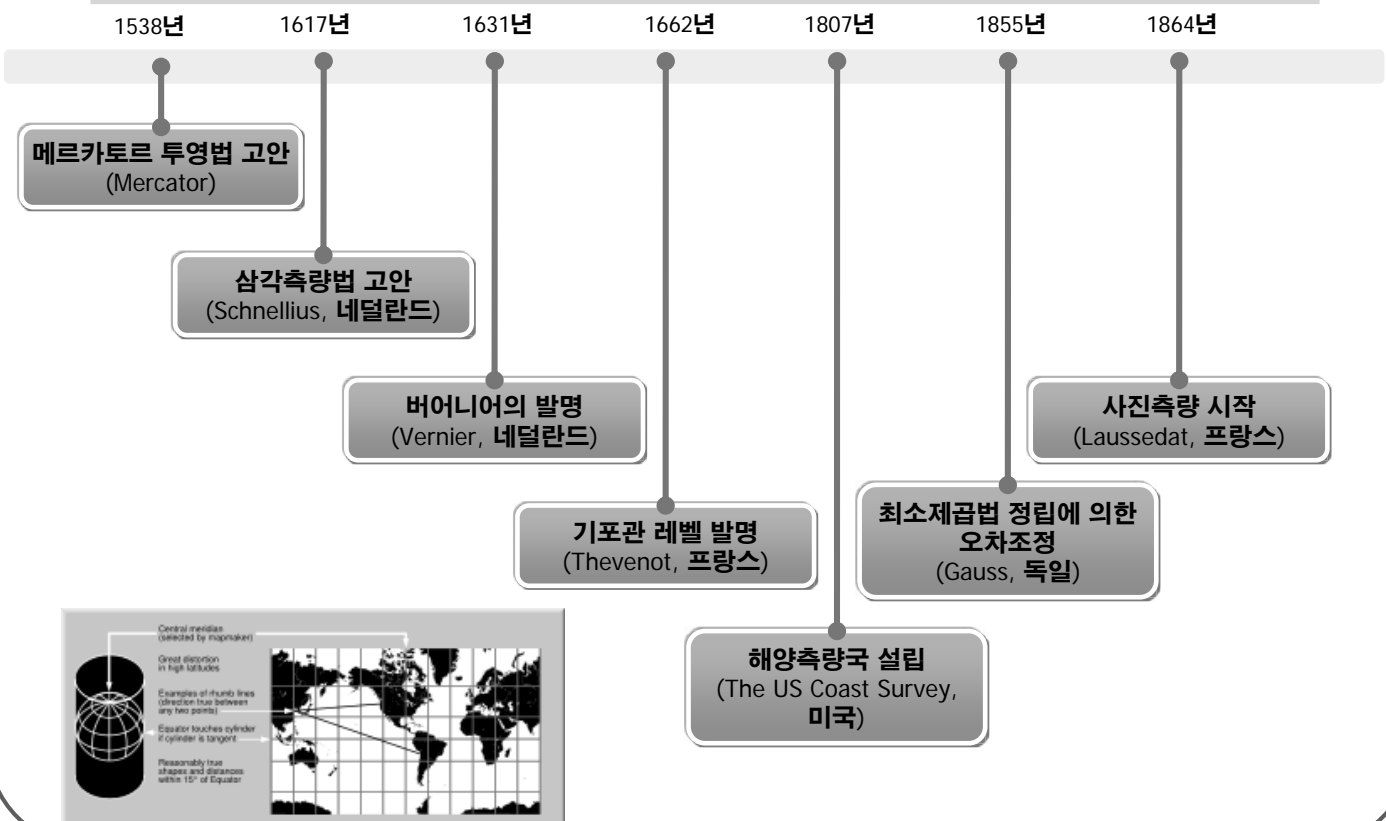
## 공간정보공학의 발달과정 - 고대측량기구

### • 디옵트라(dioptra)

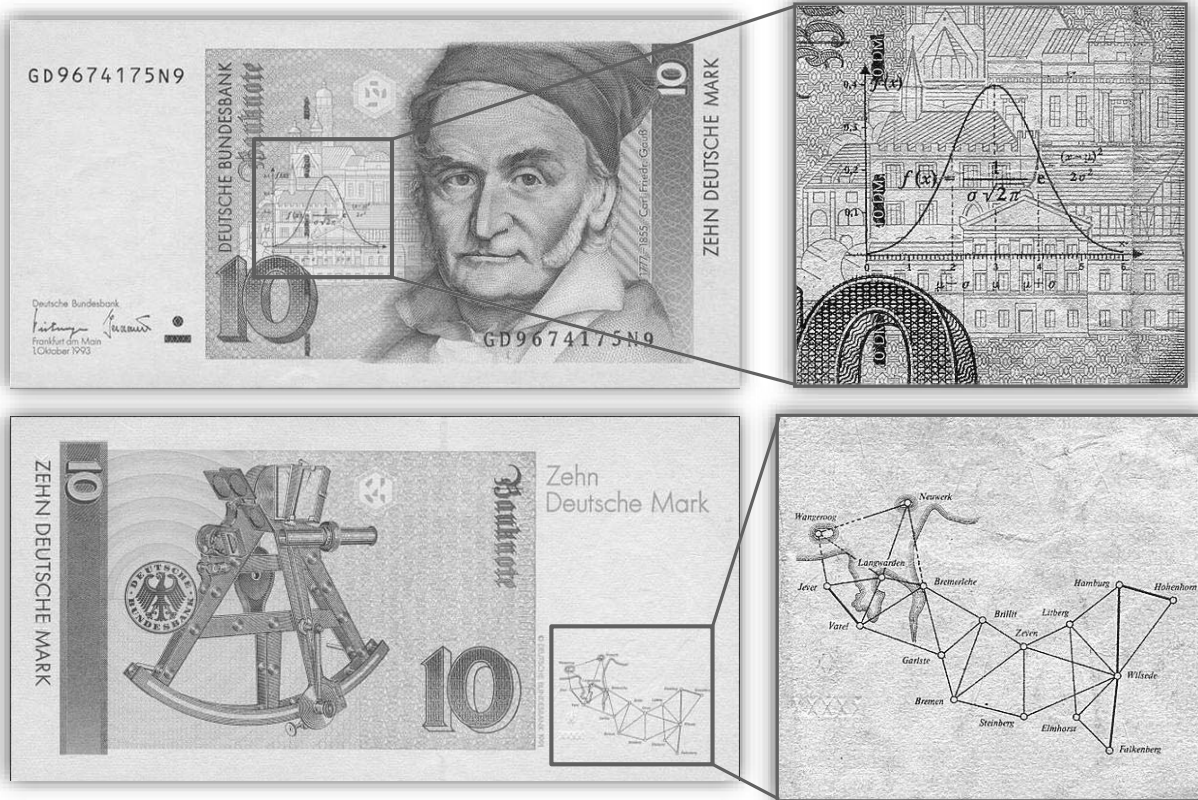
헤론(B.C. 100년경)에 의해 발명  
각을 측정할 수 있는 측량기구  
데오달라이트의 시초



## 공간정보공학의 발달과정 - 중세 이후



## 참고자료-10 Deutsche Mark



## 공간정보공학의 발달과정 - 현대

측량 및 지도제작 장비의 발전은 트랜싯, 디오달라이트, 레벨, 강철줄자 등을 사용하던 1960년대 또는 1970년대까지의 아날로그 시대로부터 최첨단 시대로 전환

토탈스테이션  
(Total Station)



항공레이저측량  
(Aerial LiDAR)



위성영상  
(Satellite Images)



UAV  
(Unmanned Aerial Vehicle)



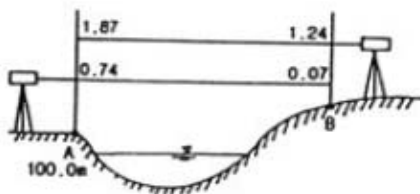
## 연구 분야

- 일반측량학 (Engineering Surveying)
- 측지학 (Geodesy)
- 사진측량학 (Photogrammetry)
- 응용측량학 (Applied surveying)
- 원격탐사 (Remote Sensing)
- 위성항법시스템 (GNSS, Global Navigation Satellite System)
- 수치지도 제작 기술 (Digital Mapping)
- 레이저 스캐닝 시스템(Laser Scanning System)

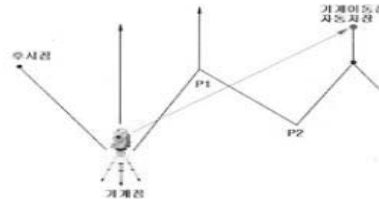


## 일반 측량학

지표면, 지하, 공중에 위치하는 구조물의 절대위치 또는 상대위치를 결정하거나 설치하는 기술로서, 평면, 높이 결정 이론과 방법, 오차조정을 포함한다.



**레벨을 이용한 수준측량**

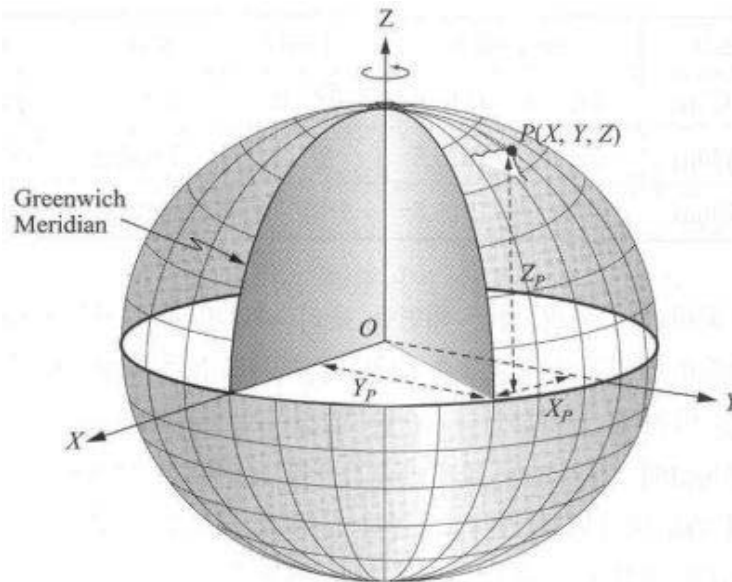


**토탈스테이션을 이용한 각, 거리 측량**



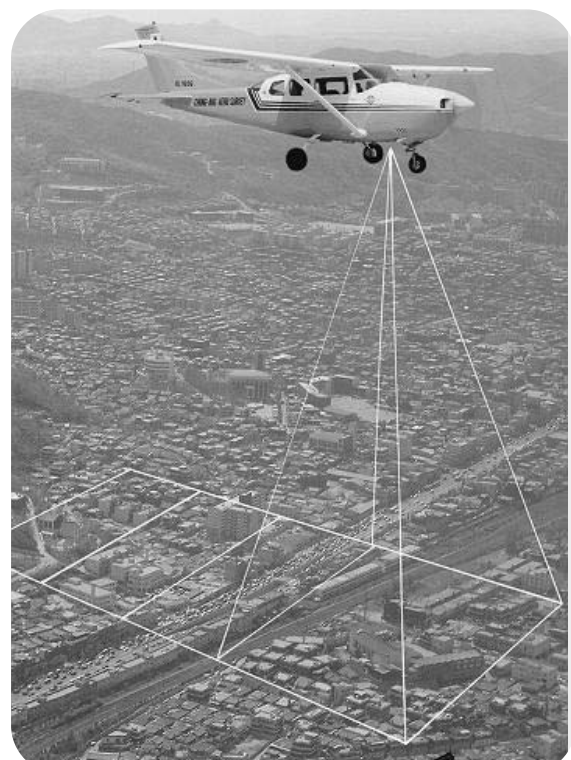
## 측지학

지구의 모양과 크기를 결정하기 위한 학문으로 지구상 임의의 점의 위치를 정확히 결정하는 것이다. 여기에는 기하측지 (Geometric Geodesy)와 중력, 지자기 등을 고려한 물리측지 (Physical Geodesy)를 다룬다.



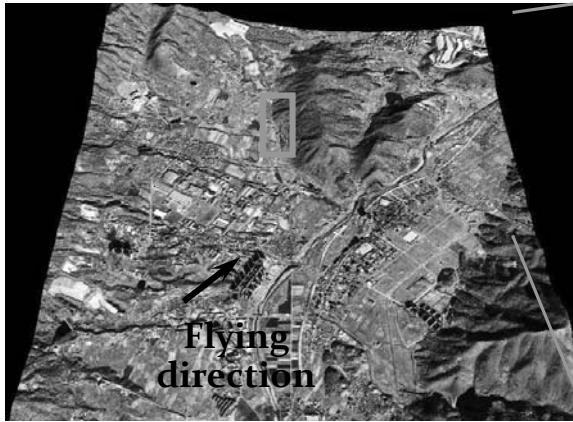
## 사진측량학

항공기나 인공위성에서 찍은 사진을 이용하여 지형지물의 위치 정보를 해석하는 것으로서, 특히 항공사진 측량을 통한 지형도 제작, 사진자료의 디지털 처리 등이 연구되고 있다.

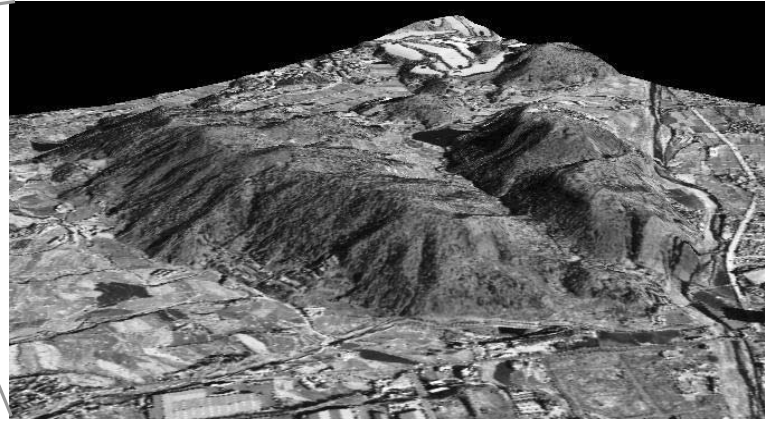


## 사진측량학-3차원 영상 제작

Topographic map



Virtual image



Elevation range: 139.6 meters – 284.5 meters



## 응용측량학

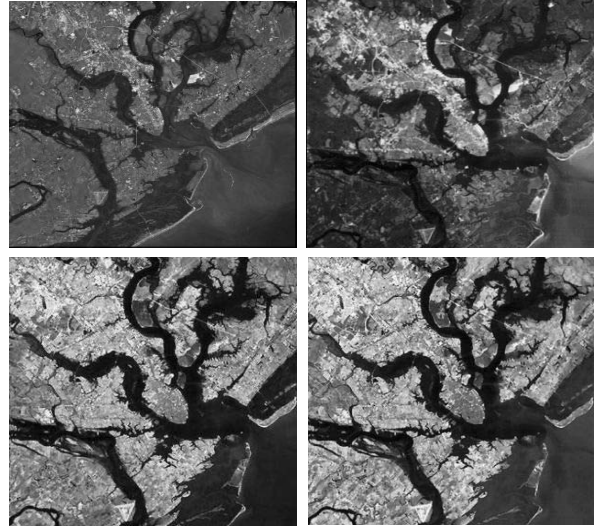
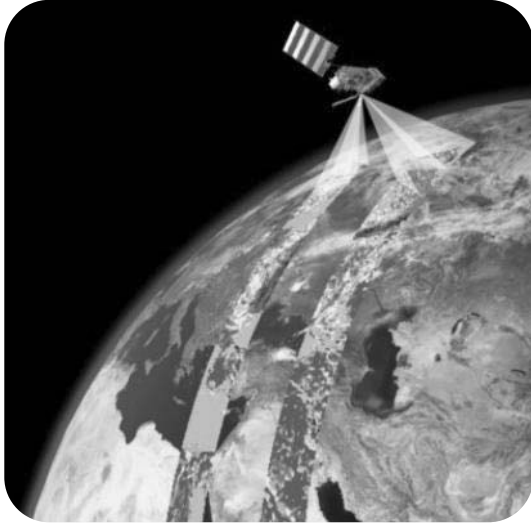


국토계획 및 각종 건설공정에서 실제로 많이 필요로 하는 측량 기술을 다루는 것으로, 도로, 철도, 하천 및 각종 시설물에 대한 정밀 측량, 지하매설물 탐지 등에 관한 측정방법 및 자료해석을 포괄한다.



# 원격탐사

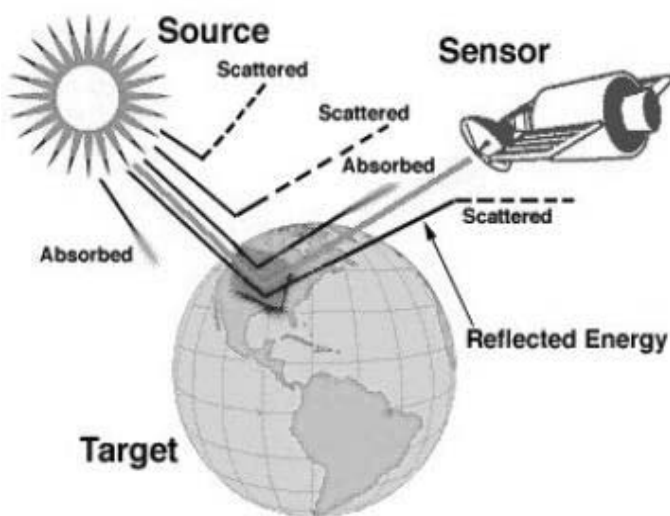
인공위성에 설치된 센서를 이용하여 지표, 지상, 지하, 대상물에서 반사 혹은 방사되는 전자파를 탐지하고, 이로부터 자원, 환경에 대한 정보를 얻어 이를 해석하고 지도화시키는 기법



< 다양한 컬러 조합 영상 >

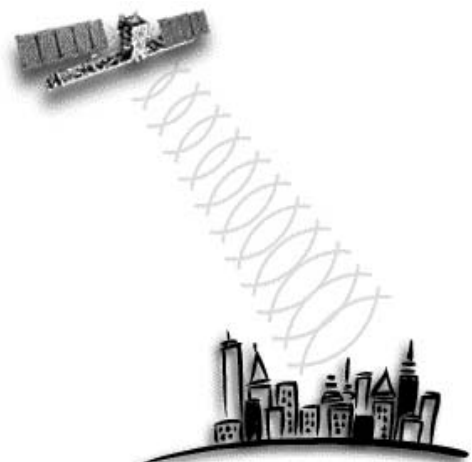


## 원격탐사 : 원리



< 수동형 원격탐사의 원리 >

태양 에너지를 받은 물체가 내어 놓는 복사파를 측정



< 능동형 원격탐사의 원리 >

센서가 마이크로파를 발사하여 물체에 부딪혀서 되돌아오는 수신전력을 측정





## 원격탐사 : 위성 동향

### 고해상도 위성영상 (High-resolution Satellite Image)

- 50~60cm 급의 물체를 식별할 수 있는 수준까지 개발
- 대축척지도의 제작 가능, 개체의 정밀 판독 가능



30m 해상도



10m 해상도



1m 해상도

〈해상도에 따른 영상의 비교〉



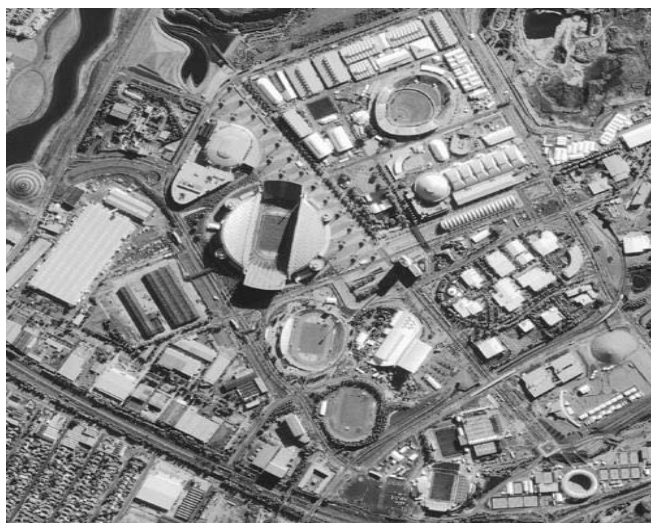
〈Pleiades 1A(프랑스위성)으로 취득된 2m급 영상〉



## 원격탐사 : 고해상도

### IKONOS-2

- 1999년 4월에 처음으로 1호를 발사하였으나 궤도진입에 실패하였고, 곧바로 IKONOS 2호를 1999년 9월에 발사하여 궤도진입에 성공함
- 1m Panchromatic 센서와 4m Multispectral 센서, 위성체 회전이 가능함



〈시드니〉



〈샌프란시스코〉



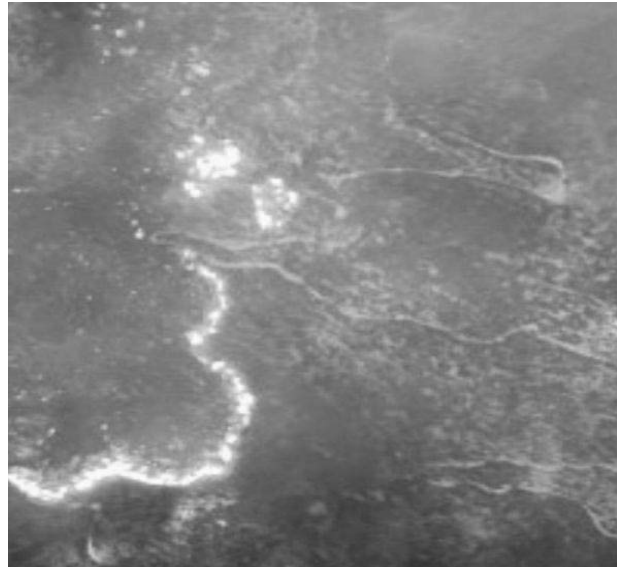
## 원격탐사 : 고해상도

### Worldview-3

- 디지털글로브(Digital globe)의 상업용 고해상도 위성
- 30cm급 해상도 제공



〈스페인, 마드리드 공항〉



〈캘리포니아 산불(Happy camp complex)  
2014.08.12~2014.10.31〉



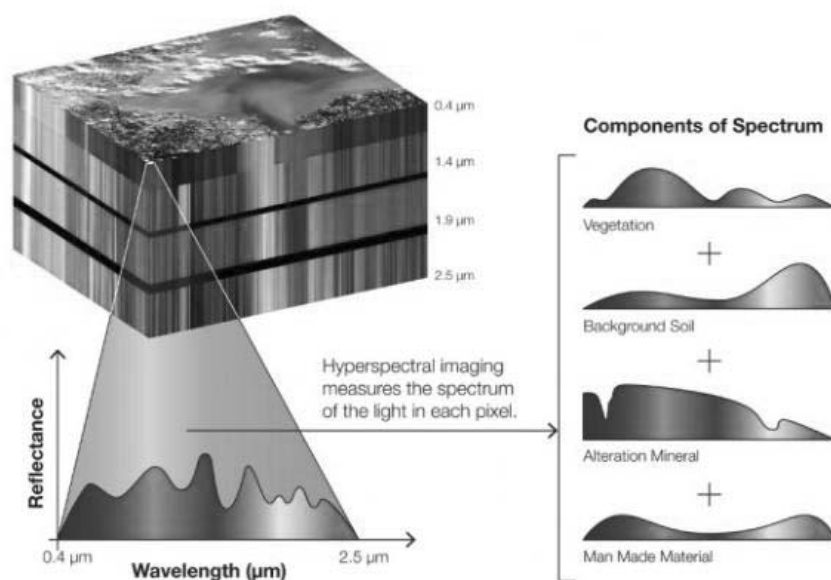
SPINS (SPatial INformatics & Systems Lab.)  
Department of Civil and Environmental Engineering <http://www.spins.or.kr/>

23

## 원격탐사 : 초분광영상

### 초분광영상 (Hyper-spectral Satellite Image)

- 일반 위성영상에서 파악하기 힘든 물질특성의 세부적인 분석 가능
- 국방 분야의 물체 식별, 환경 분야에서의 수종/광물 분석 등의 지표면의 정밀분석



SPINS (SPatial INformatics & Systems Lab.)  
Department of Civil and Environmental Engineering <http://www.spins.or.kr/>

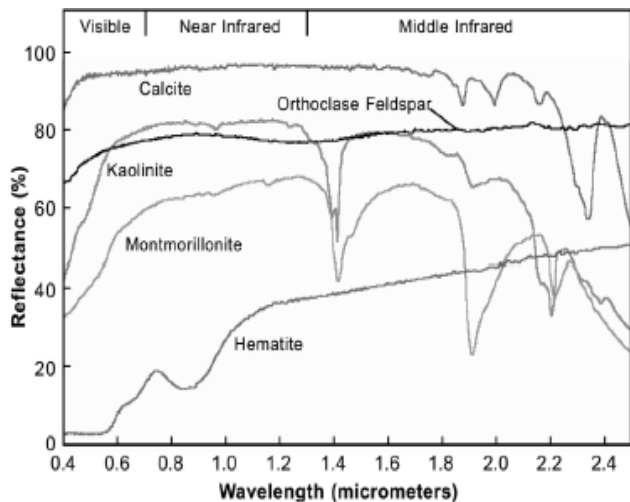
24



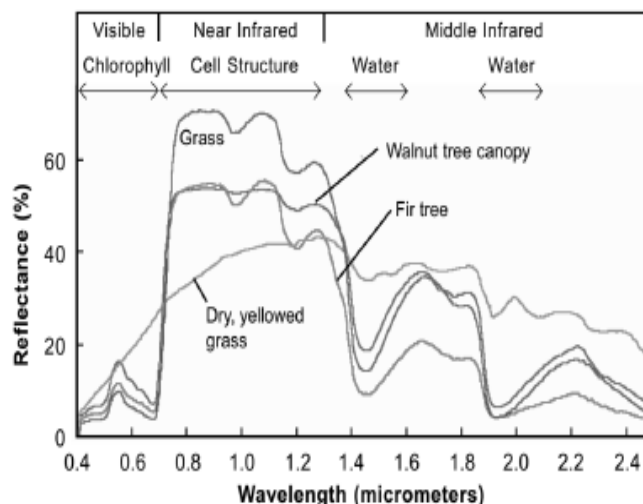
## 원격탐사 : 초분광영상

### 다양한 물질에 따른 분광곡선

- 모든 물질은 고유한 분광특성을 갖고 있으며, 초분광영상으로 구분이 가능함



〈광물종류에 따른 분광곡선〉



〈식생 종류에 따른 분광곡선〉



## 원격탐사 : 초분광영상

### 초분광 영상의 활용 (1)

- NDVI계산을 통한 잡초 탐지



〈RGB image〉



〈Red=weeds〉

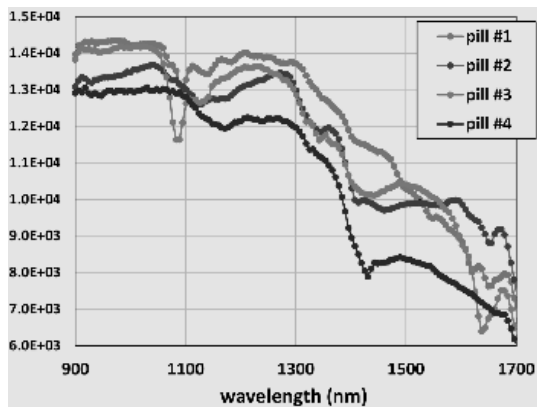
〈NDVI Hyperspectral image〉



## 원격탐사 : 초분광영상

### 초분광 영상의 활용 (2)

- 의약 분야
- RGB영상에서 동일하게 보이는 물질도 초분광 영상의 다양한 밴드조합을 이용하면 분류 가능하다



<RGB image>



<hyperspectral classification image>

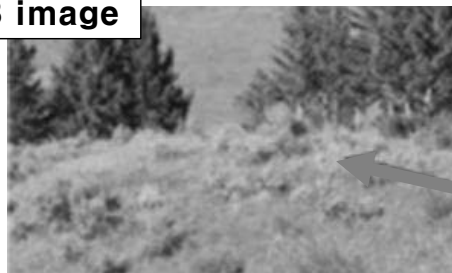


## 원격탐사 : 초분광영상

### 초분광 영상의 활용 (3)

- 위장막 탐지

RGB image

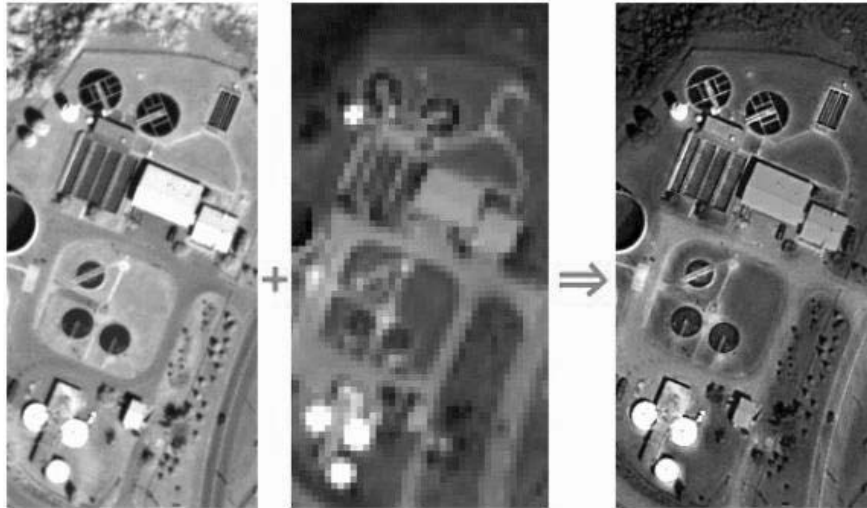


RGB image with  
hyperspectral  
classification



## 원격탐사 : 영상융합

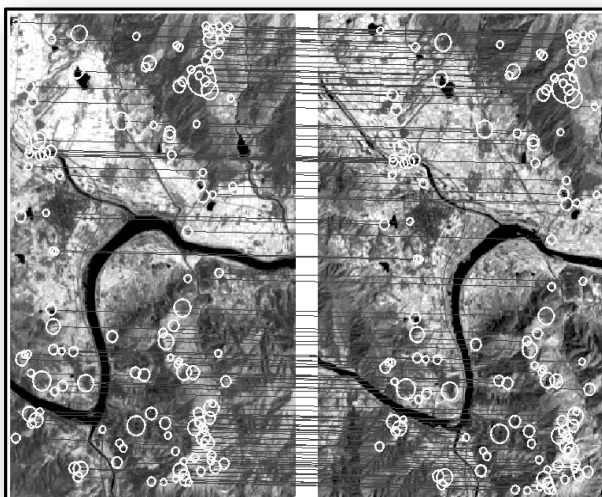
낮은 해상도의 다중분광 영상과 높은 해상도의 흑백 영상을 융합하여 고해상도의 다중분광 영상을 생성하는 기법



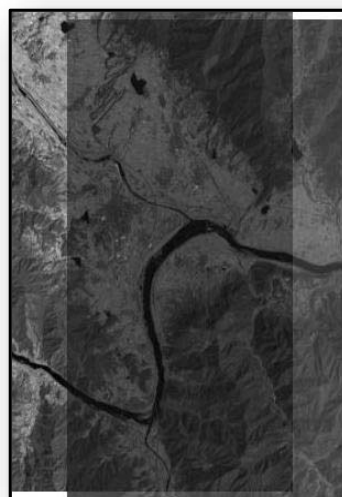
## 원격탐사: 자동 기하보정 및 모자이크 영상 생성

자동 기하보정 (Automatic registration)

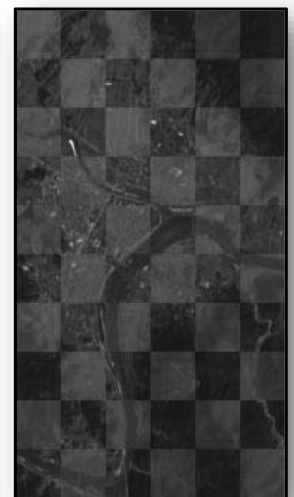
- 영상간 좌표체계를 통일 시켜, 동일한 지역을 겹치는 작업



영상 매칭점 추출



기하보정 수행



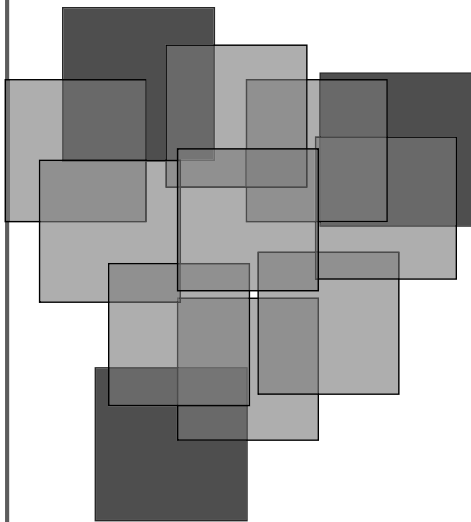
기하보정 후 정확도 평가



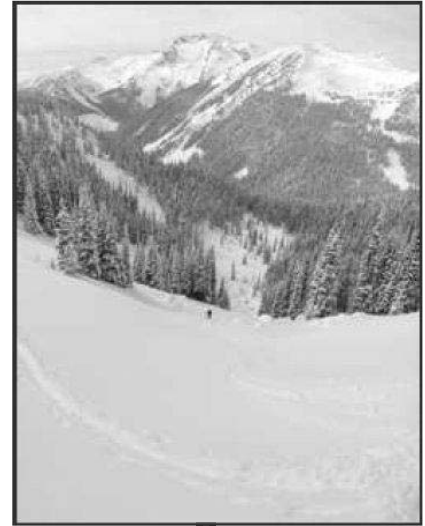
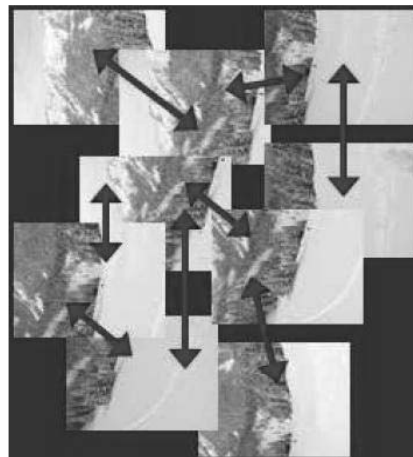
## 원격탐사 : 자동 기하보정 및 모자이크 영상 생성

### 자동 모자이크 (Automatic Mosaic)

입력된 비슷한 지역의 다양한 위성영상을 중첩하는 과정



자동 모자이크 개념도



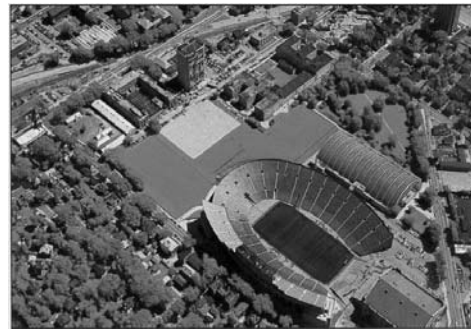
자동 모자이크 적용 예 (Richard, 2006)

31



SPINS (SPatial INformatics & Systems Lab.)  
Department of Civil and Environmental Engineering <http://www.spins.or.kr/>

## 원격탐사 : 적외선 영상의 이용



- 적외선 영역에서 식생의 반사율이 높은 것을 이용하여 식생을 구분함



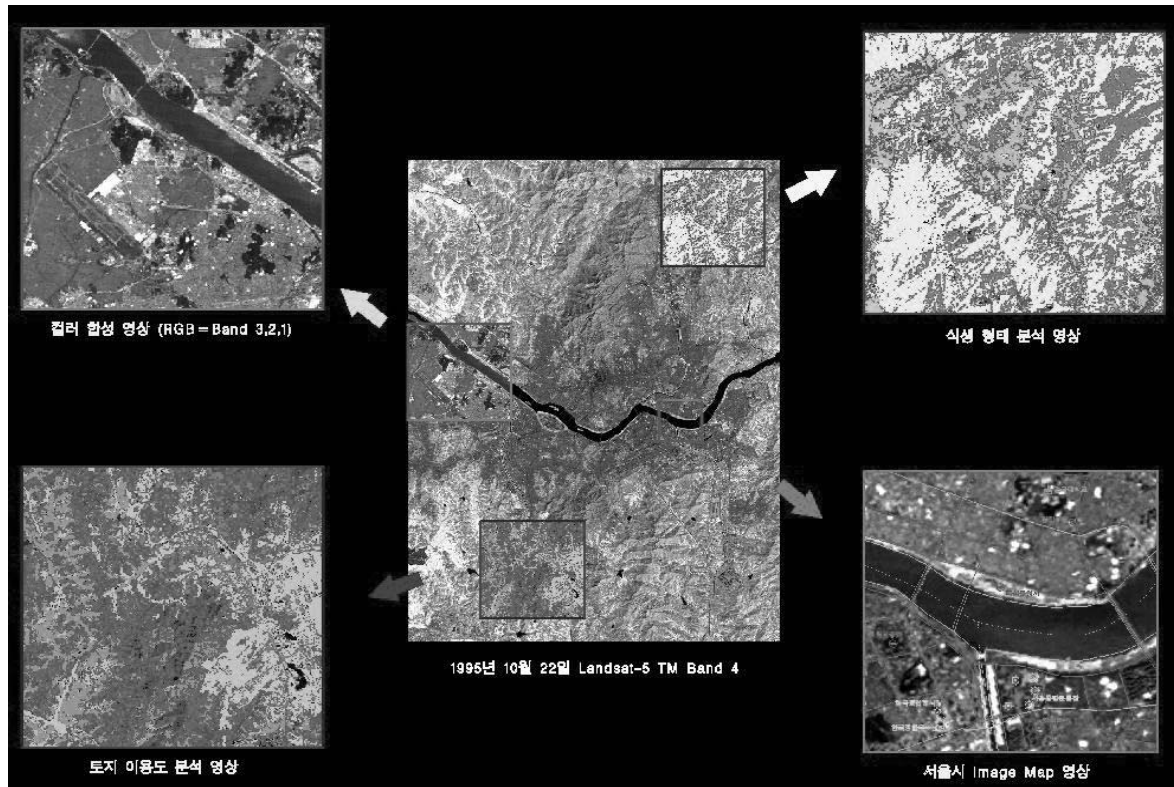
- 중적외선 부분에서 물의 반사율은 거의 없는 것을 이용하여 육지, 갯벌 바다를 보다 쉽게 분류함

32

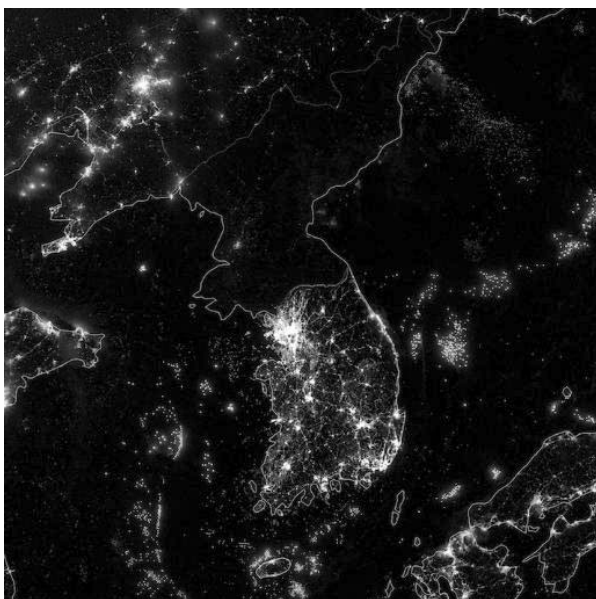


SPINS (SPatial INformatics & Systems Lab.)  
Department of Civil and Environmental Engineering <http://www.spins.or.kr/>

## 원격탐사 : 원격탐사 영상의 활용



## 원격탐사 : 비접근 지역에 대한 정보취득



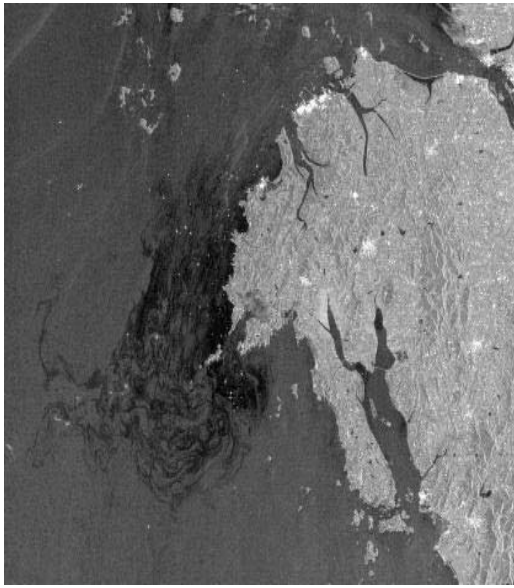
< 북한지역의 야간모습(2012.9.24) >



<2012.4.15 김일성 생일날 촬영된 평양지역의 모습>



## 원격탐사: 재난 재해 지역의 정보취득



< ENVI SAT으로 촬영한 태안반도 기름유출  
(2007.12.15)>



< 대만 국립우주국에서 촬영한 중국 쓰촨성 지진  
발생 전후 영상(2008.5.12)>



## 원격탐사 : 차량 탐지

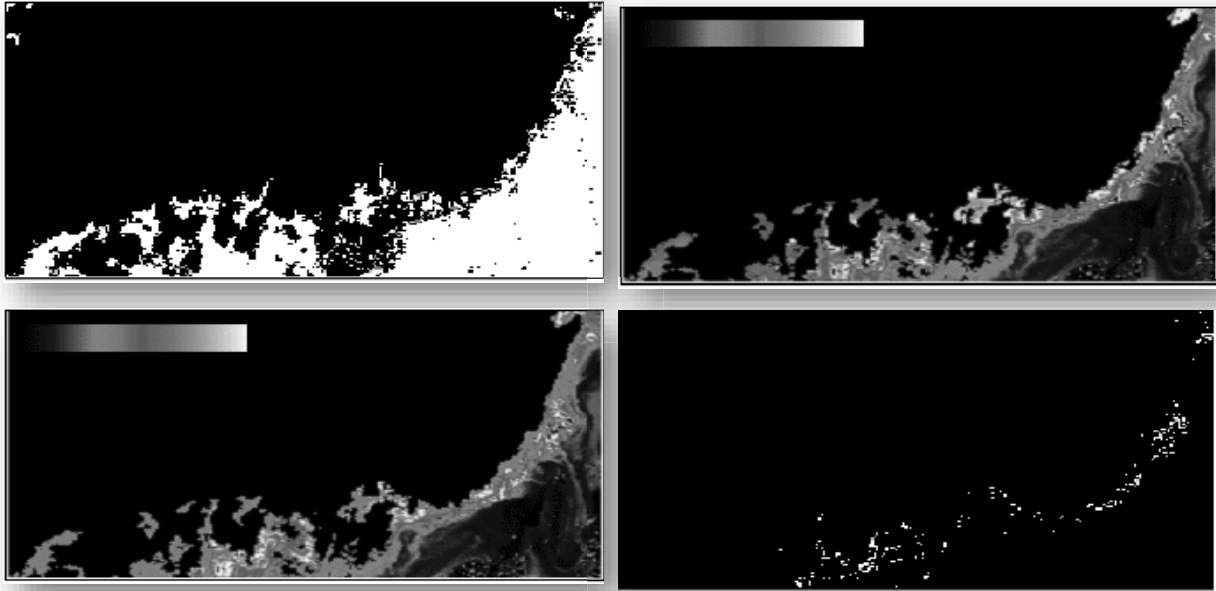
광학영상과 GIS데이터를 이용한 차량탐지 사례 (X. Jin, 2007)





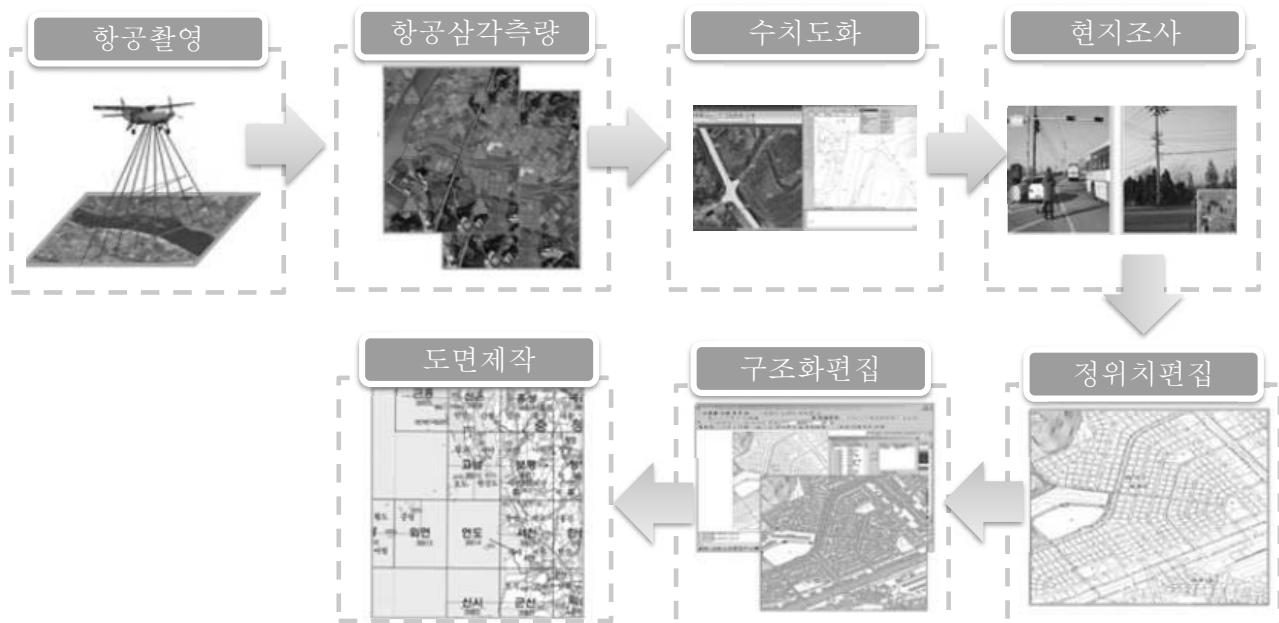
## 원격탐사 : 적조 탐지

MODIS 영상을 이용한 적조 탐지



## 원격탐사 : 수치지도제작

수치지도는 지형자료의 컴퓨터로의 적용과 그 정확도를 높이기 위한 차세대 지도로서, 지형정보를 기반으로 한 각종 정보시스템의 기본 자료의 역할을 수행한다.



## 원격탐사 : 수치도시모델생성

토지피복도와 3D 건물모델 통합을 통해 수치도시모델 생성



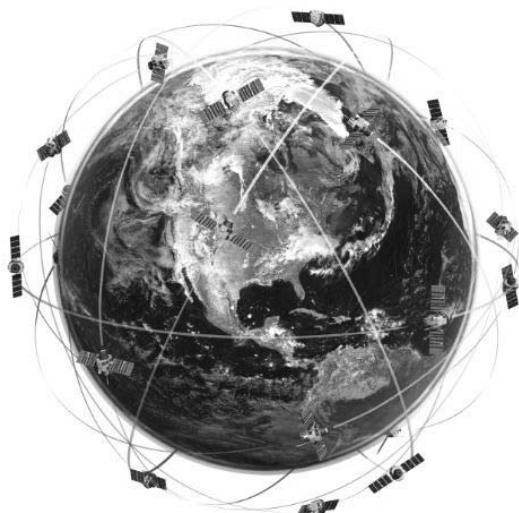
< Google earth >



< 브이월드 >



## 위성항법시스템 (GNSS)



- 위치결정을 하기 위해 항법 위성을 쏘아 올리고 이를 통해 3차원 위치를 결정하기 위한 시스템
- 과거 주로 항법시스템을 독점하던 미국의 GPS를 일컫는 용어였지만 현재는 GPS외에도 러시아의 GLONASS, 유럽의 Galileo, 중국의 Compass 등 여러 시스템이 존재함





# GNSS : 원리

- GNSS는 정확한 위치를 알고 있는 3개 이상의 항법위성으로부터 신호를 수신하고 이때 위성에서 수신기까지 전파가 이동하는 시간을 관측한 후 후방교회법으로 수신기의 3차원 위치( $x, y, z$ )를 추정
- 이때 수신기가 이동할 경우 위치변화를 파악하기 위하여 4개 이상의 위성이 필요하며  $x, y, z, t$  도 결정할 수 있음



# GNSS : 특징

## GNSS 의 특징

- 위성을 이용하는 전파항법 시스템
- 3차원 위치, 속도 및 시간의 정확한 측정이 가능
- 24시간 연속적으로 서비스를 제공
- 기상조건, 간섭 및 방해받지 않으며, 전세계적인 공통 좌표계를 사용
- 민간과 군사용 사용자에게 다른 서비스 제공

## 장점

- 전세계 어디서나 위치측정이 가능
- 24시간 위치측정이 가능
- 날씨와 무관한 측정이 가능
- 시야가 확보되지 않아도 측정 가능
- 고도의 정확성 및 신속성
- GIS 데이터를 바로 작성 가능

## 단점

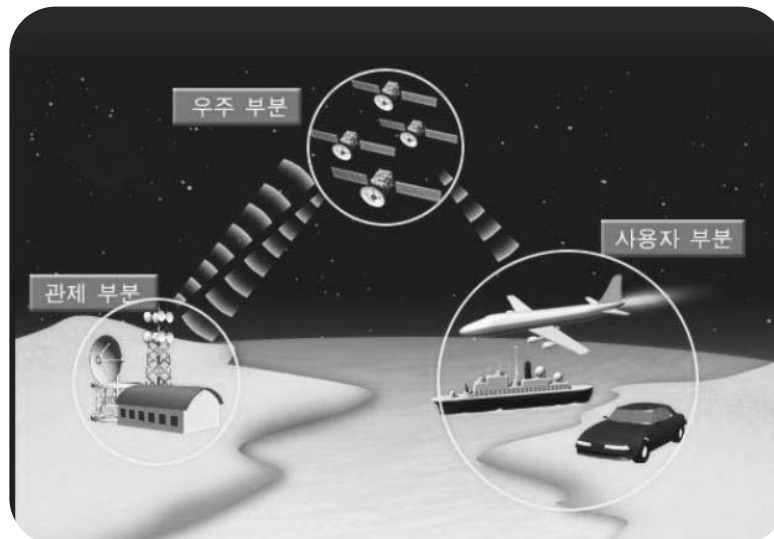
- GPS 궤도 밖의 우주공간 위치 결정 불가능
- 상공이 시통 가능한 지역에서만 가능
- 바다 속, 지하 사용 불가능
- 위치점에 수신기 위치해야 함



# GNSS : 구성

GNSS는 세 개의 부분(segment)으로 구성됨

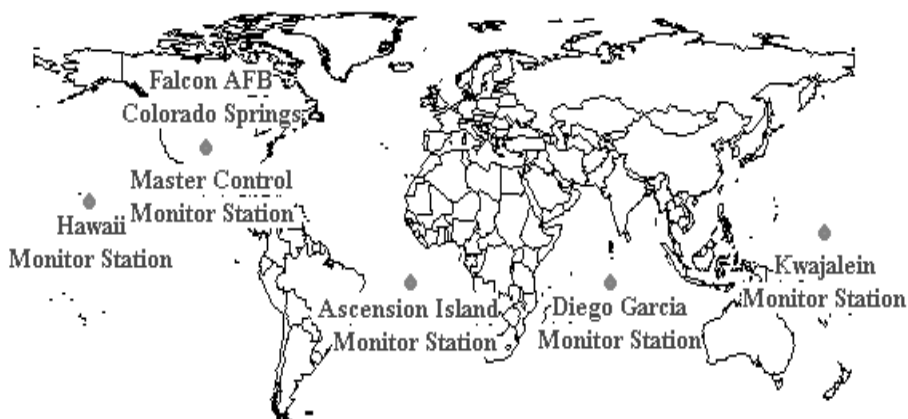
- 관제 부분 (Control Segment)
- 사용자 부분 (User Segment)
- 우주 부분 (Space Segment)



# GNSS : 구성

관제 부분

- 5개의 Monitor Station(감시국)으로 구성
- 주 관제국 : 미국 Colorado Spring에 위치
- 역할 : 위성의 위치 계산 및 궤도 예측, GPS 시간의 유지 및 제어, 위성의 궤도 조정 및 작동 상태 감독 기능 수행



하와이 Monitor Station



# GNSS : 구성

## 사용자 부분

- 수신기와 사용자로 구성
- 위성으로 부터 신호를 수신하여 수신기의 위치, 속도, 시간을 계산

GB-1000/500



측지측량용 GPS



Hand-Held GPS



# GNSS : 구성

## 사용자 부분



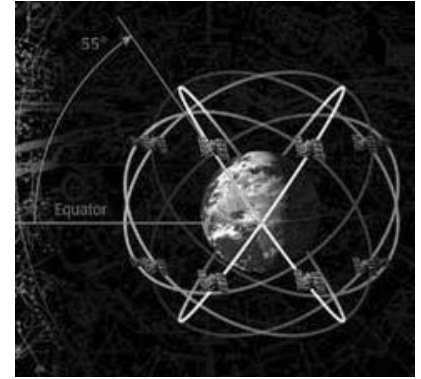
Navigation 형태



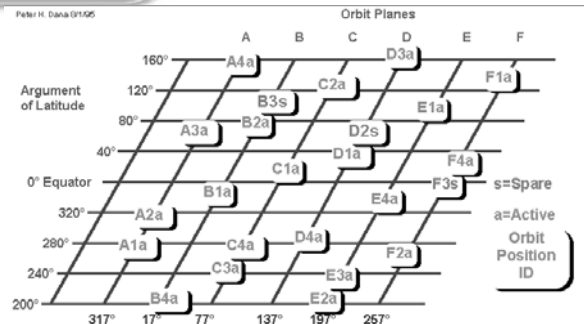
# GNSS : 구성

## 우주 부분

- 일방향성 위성 : 위치 결정을 위한 신호는 GPS 위성에서만 송신
- 궤도 정보
  - 고도 : 지상으로부터 약 20,183km의 원형 궤도
  - 궤도 주기 : 약 11시간 58분 02초
  - 궤도 면 수 : 6개 (1면에 4개의 위성 배치)
  - 궤도 경사각 : 55°
- 위성 정보
  - 위성 배치 : 24개 위성 (21개의 운용 위성, 3개의 예비 위성)
  - 위성 중량 : 위성형식에 따라 다름 (수백 ~ 수천 kg)
  - 위성 시계 : 세슘 원자시계, 루비듐 원자시계 탑재
  - 설계 수명 : 7.5년 (보통 10년 이상)
- 위성의 종류의 발전
  - Block I → Block II → Block IIA → Block IIR → Block IIR-M → Block IIF



위성 경사각



위성 배치

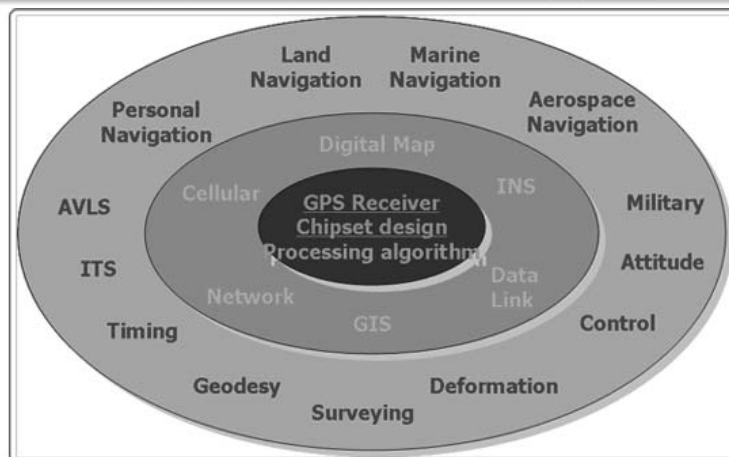


SPINS (SPatial INformatics & Systems Lab.)  
Department of Civil and Environmental Engineering <http://www.spins.or.kr/>

47

# GPS - 활용

- 위치기반의 모든 서비스 분야에 기여
- GIS 데이터와 네트워크를 기반으로 많은 파생 서비스 기대



- AVLS : Automatic Vehicle Localization Systems
- INS : Inertial Navigation System
- GIS : Geographic Information System
- ITS : Intelligent Transport Systems



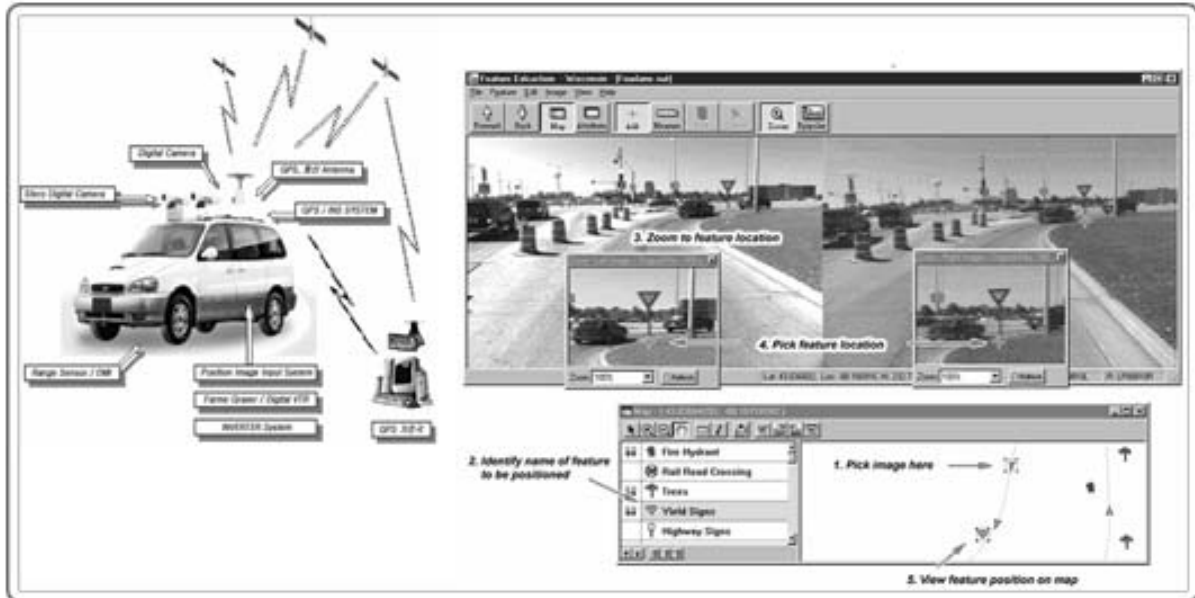
SPINS (SPatial INformatics & Systems Lab.)  
Department of Civil and Environmental Engineering <http://www.spins.or.kr/>

48

# GPS - 활용

## ▪ Mobile Mapping System

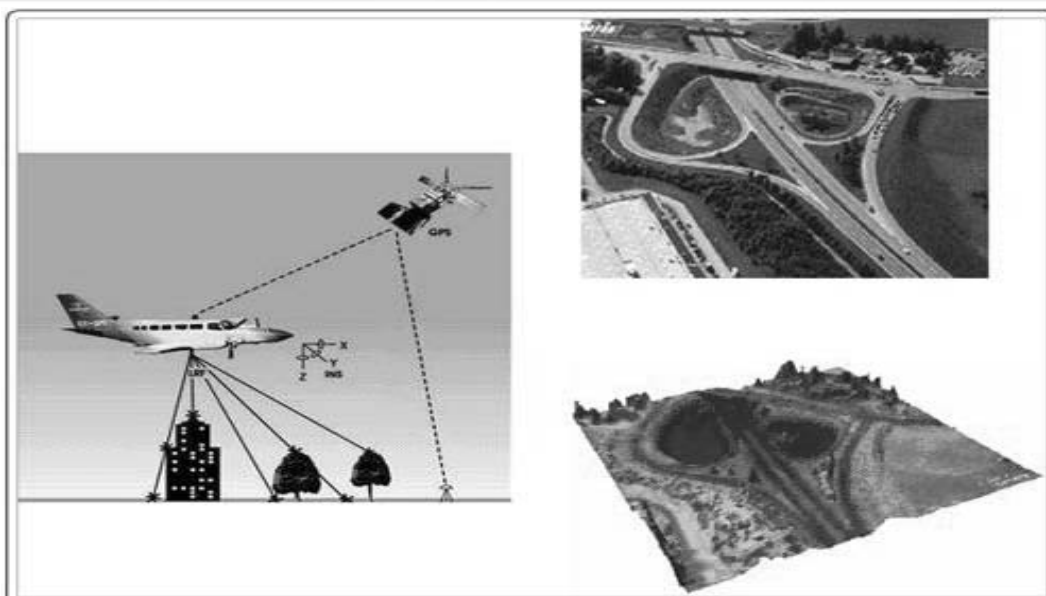
- 도로, 철도, 지상의 각 시설물에 대한 3차원 위치를 GPS, INS, CCD 카메라 등과 결합하여 3차원 정보를 실시간으로 구축



# GPS - 활용

## ▪ Airborne Laser Mapping System

- 비행기 또는 헬기에 Laser 고도 측정기, GPS, INS 등의 장비를 장착하여 지표면의 3차원 정보 취득 기술
- 측량이 불가능한 지역의 측량 및 지형 데이터 수집 가능



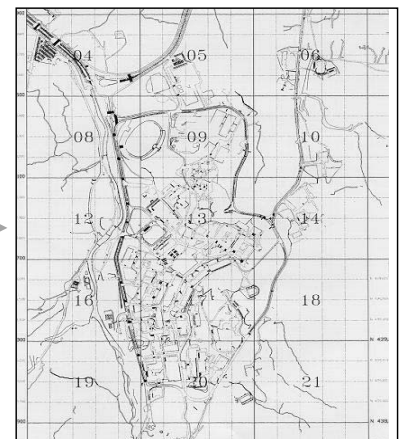
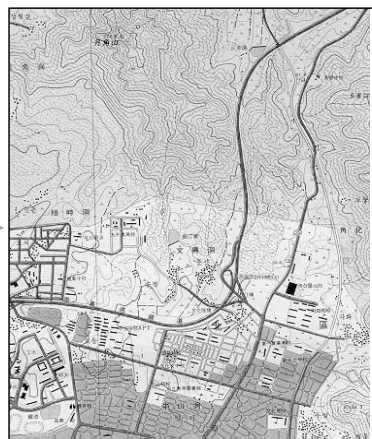
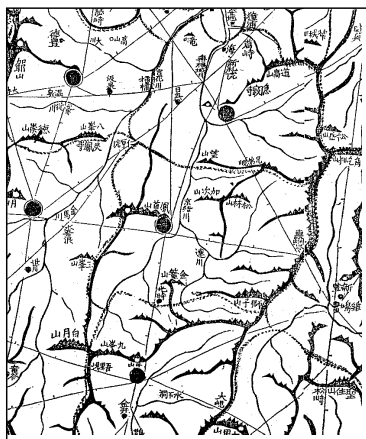
# GPS - 활용

- Geocaching
  - GPS 단말기를 이용한 보물찾기



## 수치지도 - 제작기술

수치지도는 지형자료의 컴퓨터로의 적용과 그 정확도를 높이기 위한 차세대 지도로서, 지형정보를 기반으로 한 각종 정보시스템의 기본 자료의 역할을 수행한다



## 수치지도 - 활용 : 차량항법장치



## 수치지도 - 활용 : 차량항법장치



## 디스플레이



## GPS 안테나



## 항법시스템 본체

# 수치지도 - 활용 : 재난구조활동

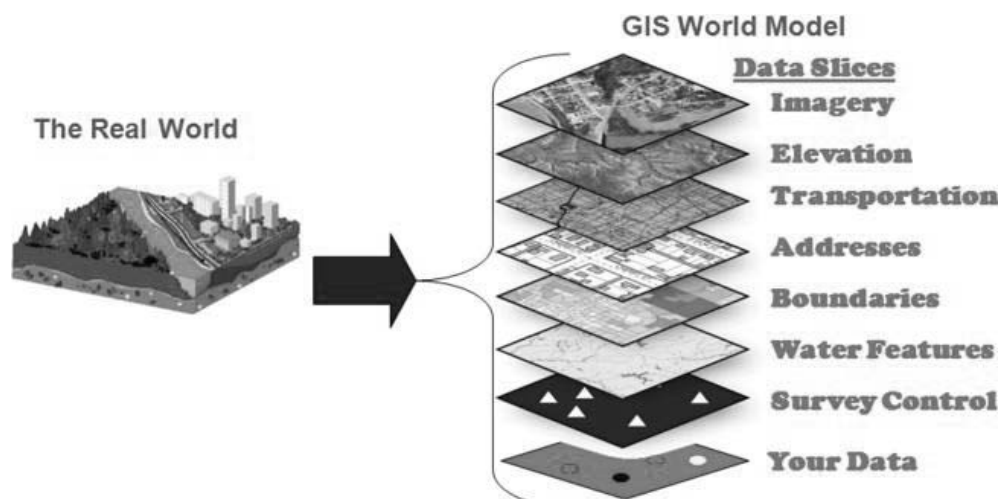


중앙 119 구조대 헬기내부



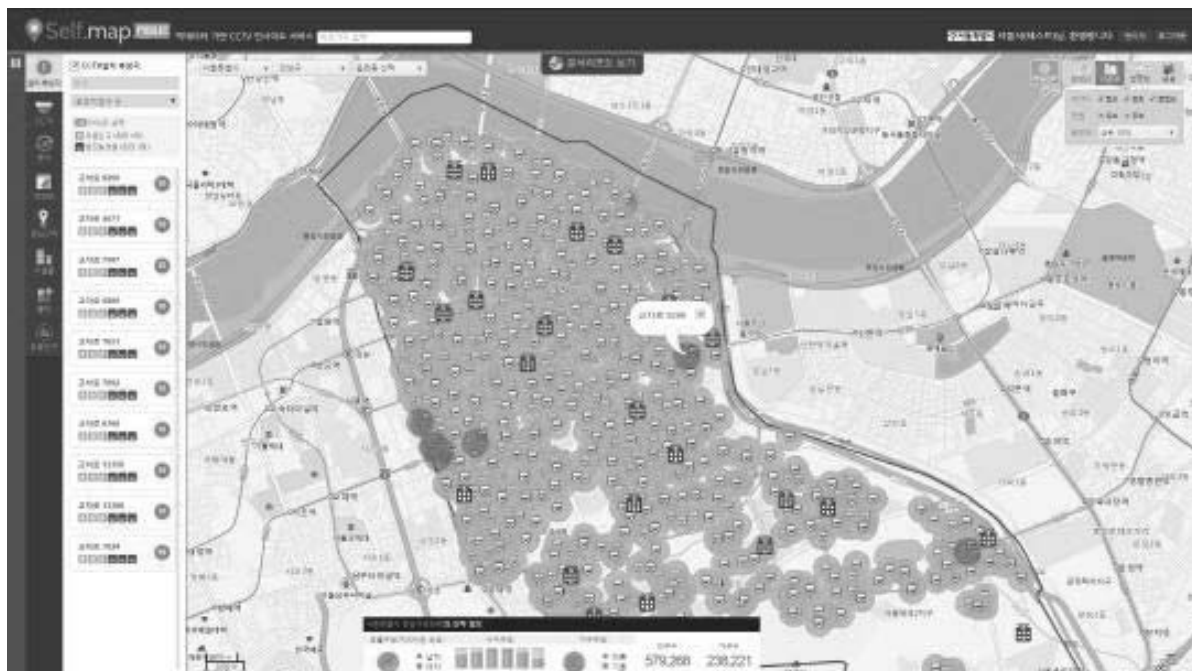
# 지리정보시스템(GIS)

지리정보시스템(GIS)은 공간좌표 또는 지리좌표에 관련 된 도형 및 속성자료를 효율적으로 수집, 저장, 갱신, 분석 하기 위한 정보시스템이다. 즉, 지도, 통계자료 등 지리 자료, 속성 자료의 입력, 갱신, 가공, 데이터 베이스 구축, 분석, 출력에 관련된 정보시스템을 말하는 것이다.





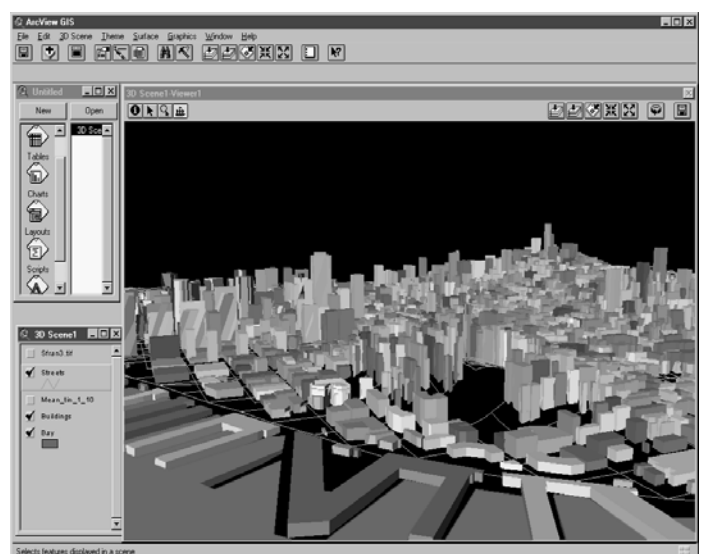
# GIS활용: 상권 및 가시권 분석



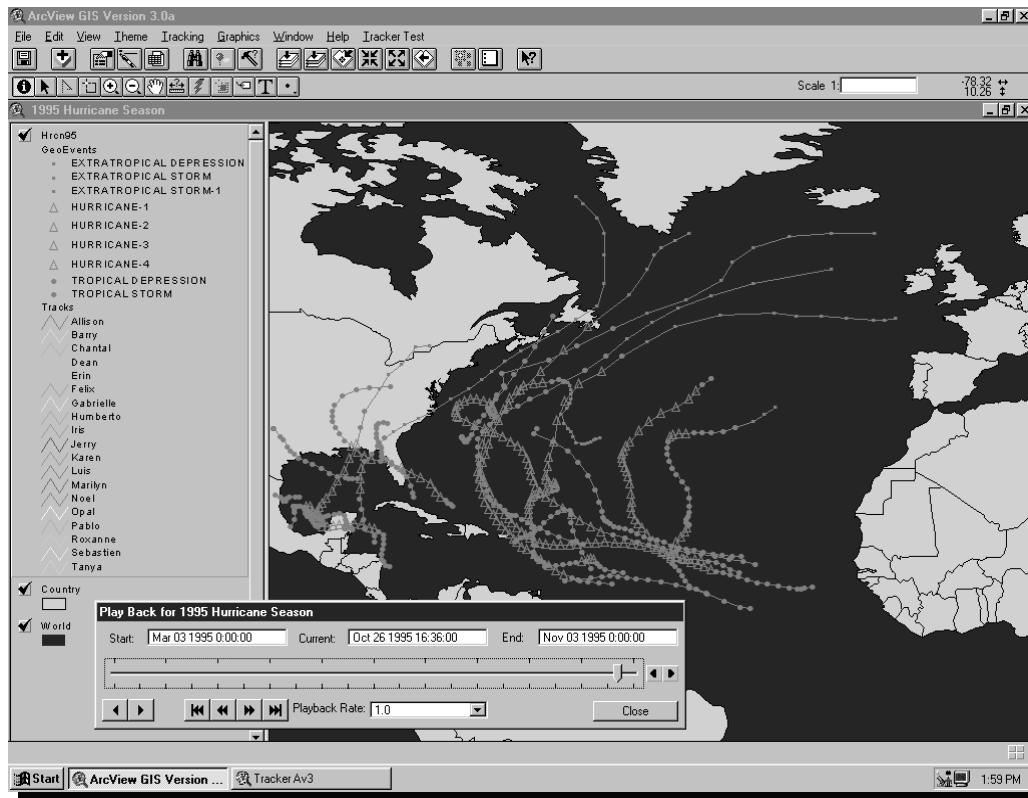
오픈메이트의 CCTV 설치 적합지 분석 예



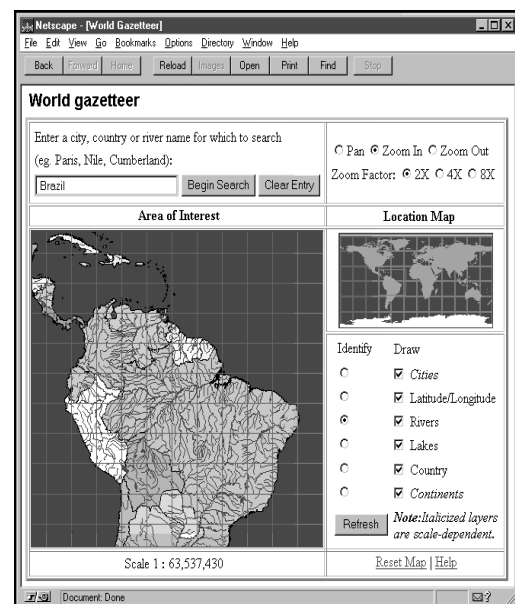
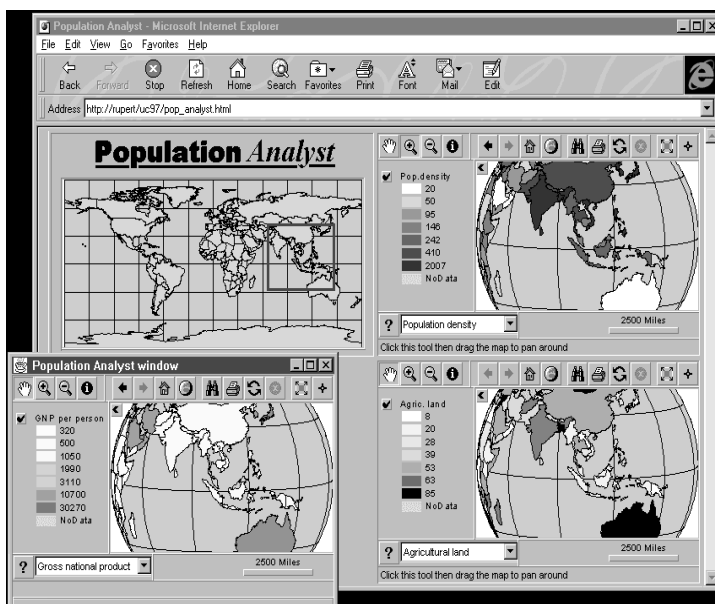
# GIS활용: 3차원 분석 및 디스플레이



# GIS활용: 실시간 지도화



# GIS활용: 인터넷서비스



## 레이저 스캐닝 시스템

시스템은 레이저 스캐너, GPS, INS, 컴퓨터와 소프트웨어로 구성

적외선 레이저 빔은 투사 시간과 반사 시간 차 기록

반사거울을 이용, 전방위 측량

항공기 및 Sensor의 위치는 탑재된 GPS와 지상 GPS를 이용 DGPS 방식으로 결정

방향 및 자세는 INS를 이용 결정



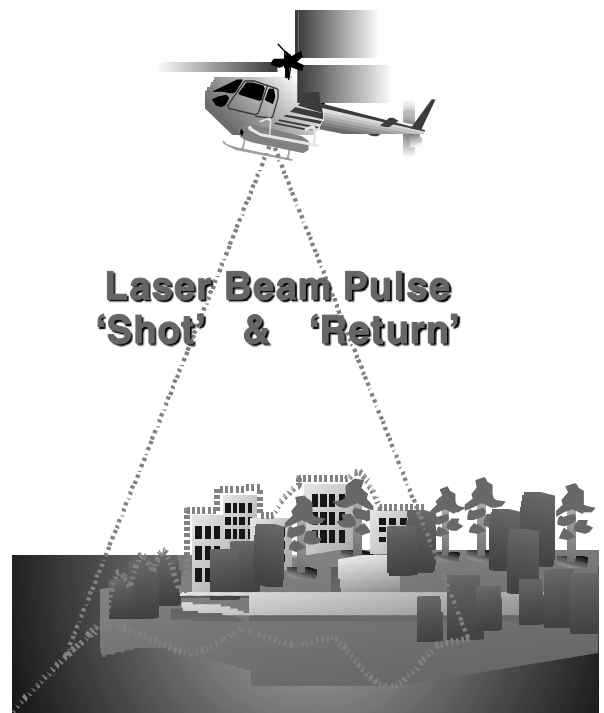
## Laser Scanning System – 기술 개요

- 항공기로부터 지상까지의 레이저 펄스의 주고 받는 시간 측정 / 기록
- 지상표고 자료는 비행기로부터 거리와 항공기 절대위치를 이용 : 3차원적 XYZ의 값을 생산
- 프로젝트의 성격 및 정확도 요구에 따라
- 비행기 고도 및 속도를 결정

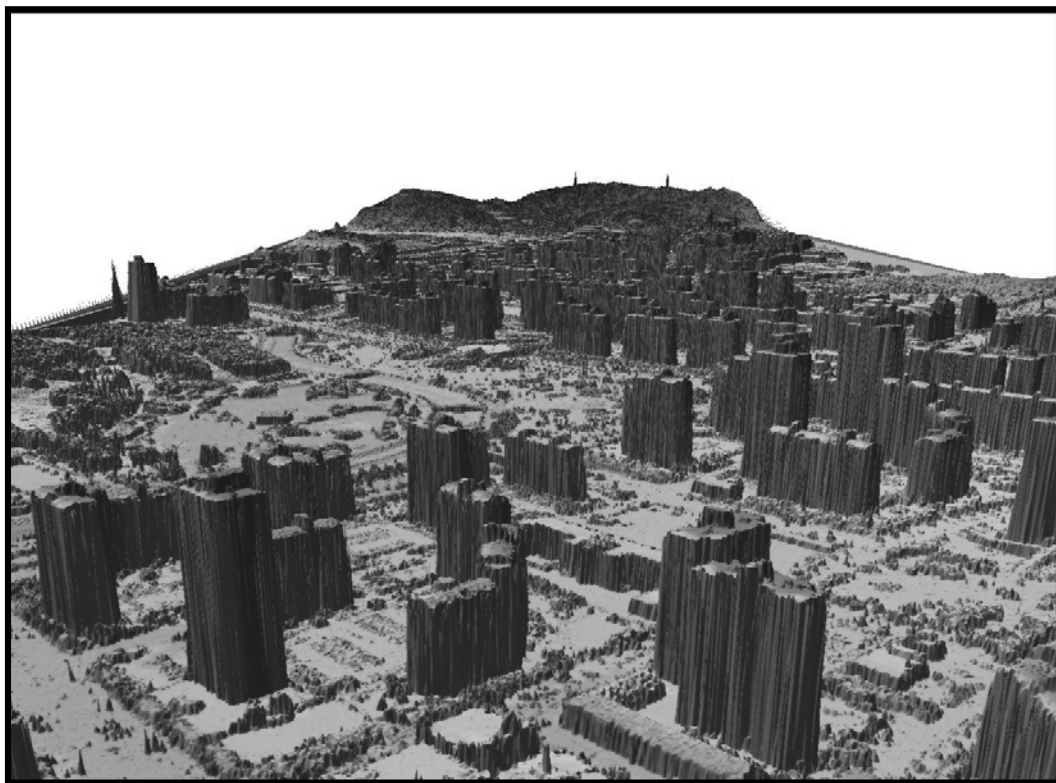
비행속도 : 75 ~ 250km/h

비행고도 : 330 ~ 3000 m

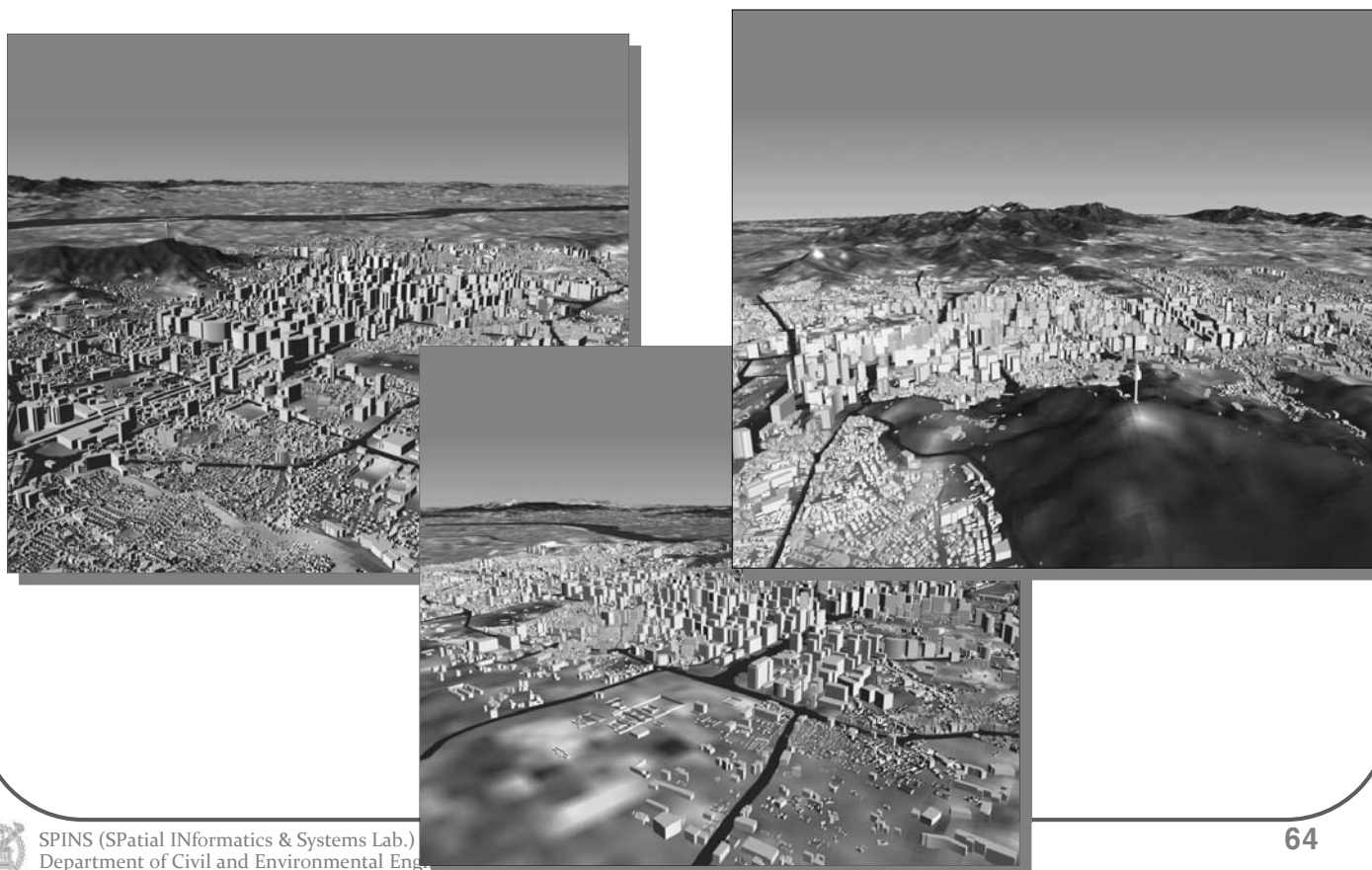
Pulse rate : 2000 ~ 6000회/sec



## Laser Scanning System - 취득자료의 3차원 표현

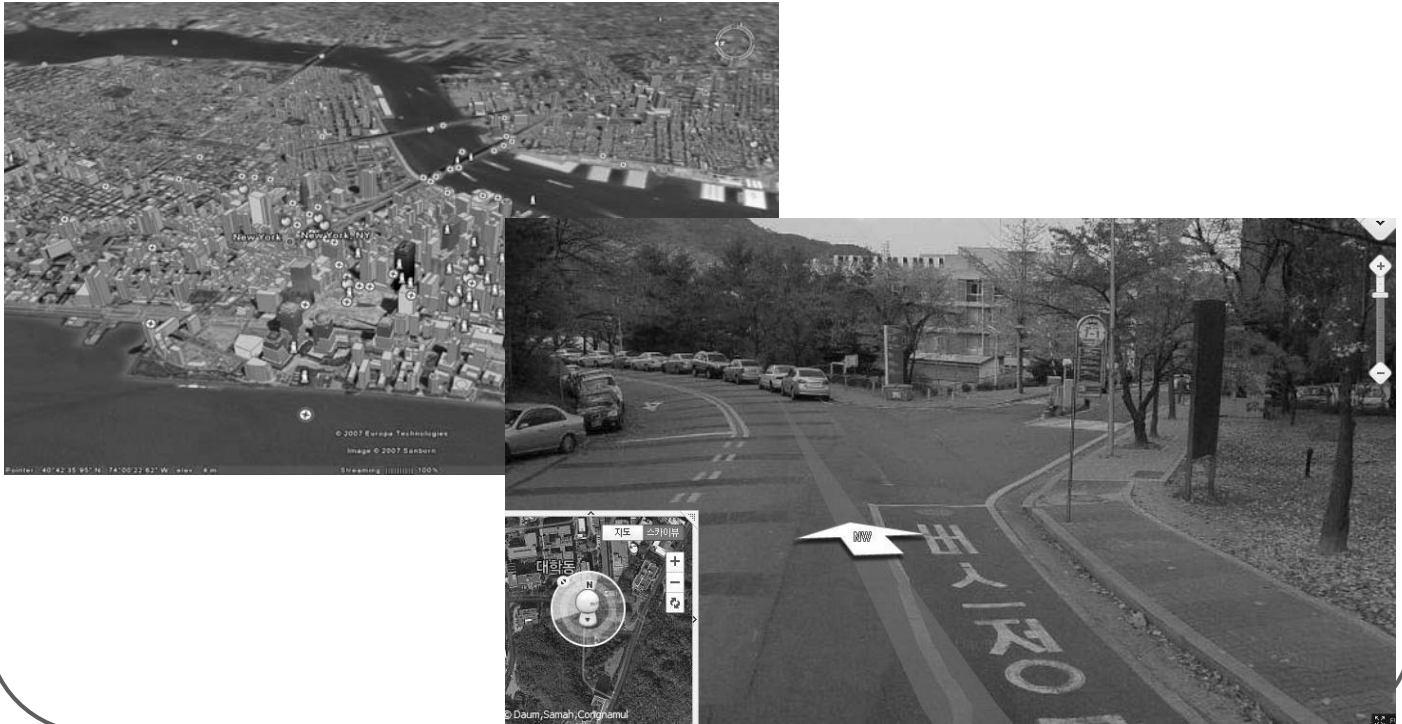


## Laser Scanning System - 취득된 도심지 표고모델



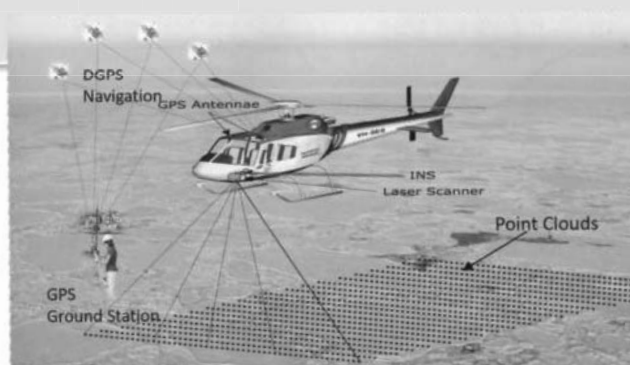
## 기타 분야

- 가상공간 생성 – Google Earth, MS Live, Daum Road View 등



## LiDAR – 정의 및 구성

- LiDAR (Light Detection And Ranging)란?
  - LiDAR는 짧은 파장의 레이저를 지표면에 주사하여 반사되는 레이저 신호를 측정하는 방법
- 시스템 구성
  - 레이저 스캐너, 제어부, GPS, IMU(Inertial Measurement Unit)로 구성
  - 레이저 스캐너 : 센서와 지표면까지의 거리 및 방향을 측정하여 높이 정보를 제공하며 제어부에 의해 운영
  - GPS : 센서의 위치를 측정 → 3차원 X, Y, Z 좌표를 결정
  - IMU : 센서의 자세 정보를 측정



LiDAR 시스템 개념도



# LiDAR - 특징

## ▪ LiDAR 시스템의 대표적인 특징

- 정확성 : 상대적으로 높은 수직 위치 정확도를 가지나 반면에 수평 위치 정확도는 떨어지며 주로 GPS 및 INS에 의해 좌우
- 융통성 : 취득된 데이터와 항공사진, 위성영상, 디지털 맵 등 다양한 이종 자료와의 통합 처리가 가능
- 호환성 : 취득된 데이터는 바이너리(binary) 또는 아스키(ASCII) 포맷이므로 다른 포맷으로의 변환이 자유로움
- 능동성 : 스캐너에서 방사되는 에너지를 이용하므로 기상조건 등 일기에 영향을 받지 않고 원하는 점밀도를 설정하여 원하는 공간해상력을 가지는 데이터를 취득할 수 있음



# LiDAR - 시스템

LIDAR



OPTECH ALTM 3100

Analytical Photogrammetry

Ayman F. Habib

LIDAR



Leica-Geosystems: ALS 40

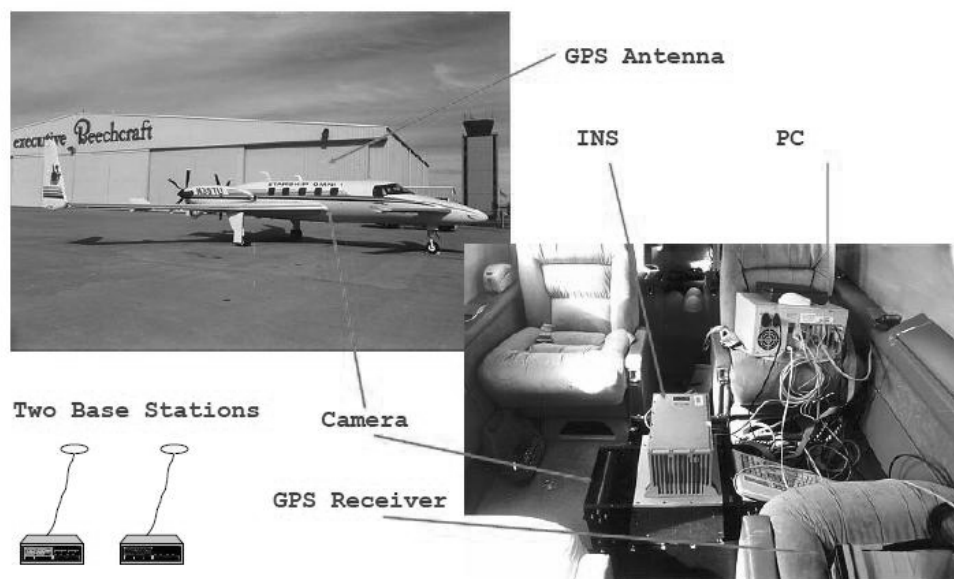
Analytical Photogrammetry

Ayman F. Habib



# LiDAR - 시스템

## EOP: GPS-INS (Airborne System)



Analytical Photogrammetry

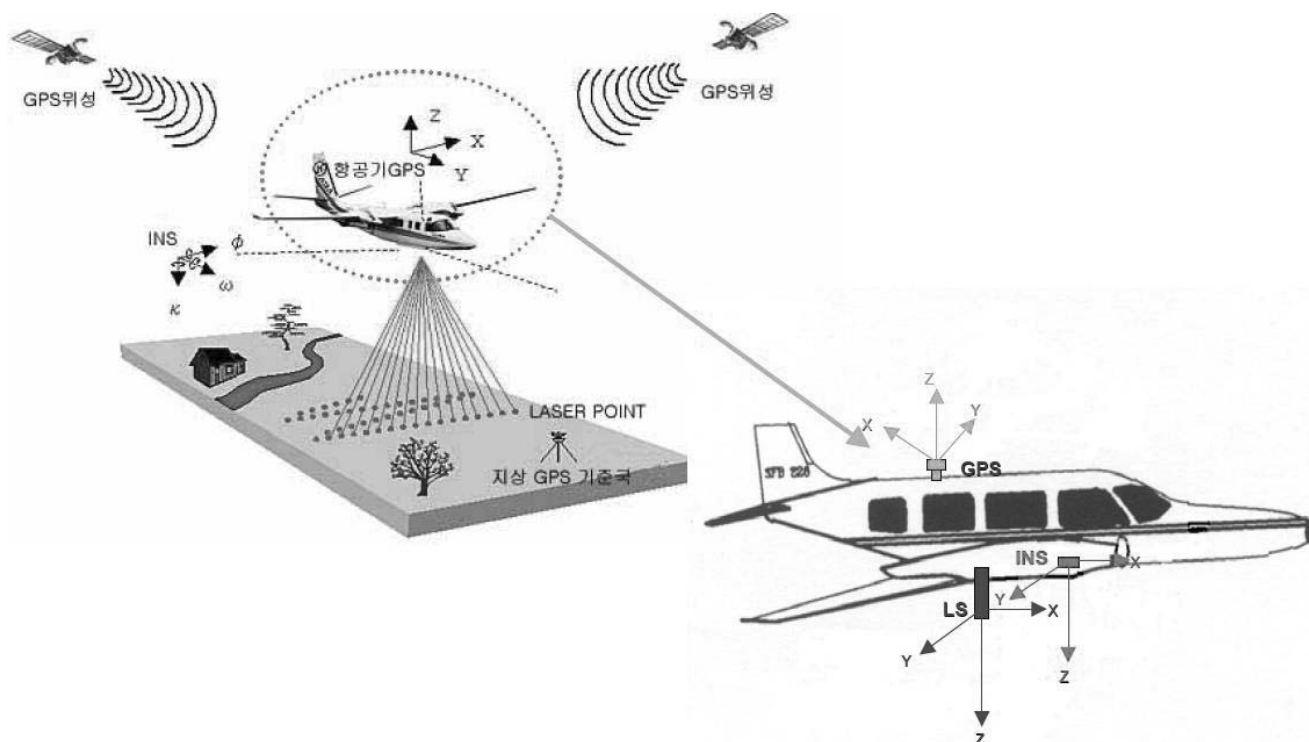
Ayman F. Habib



SPINS (SPatial INformatics & Systems Lab.)  
Department of Civil and Environmental Engineering <http://www.spins.or.kr/>

69

# LiDAR - 시스템

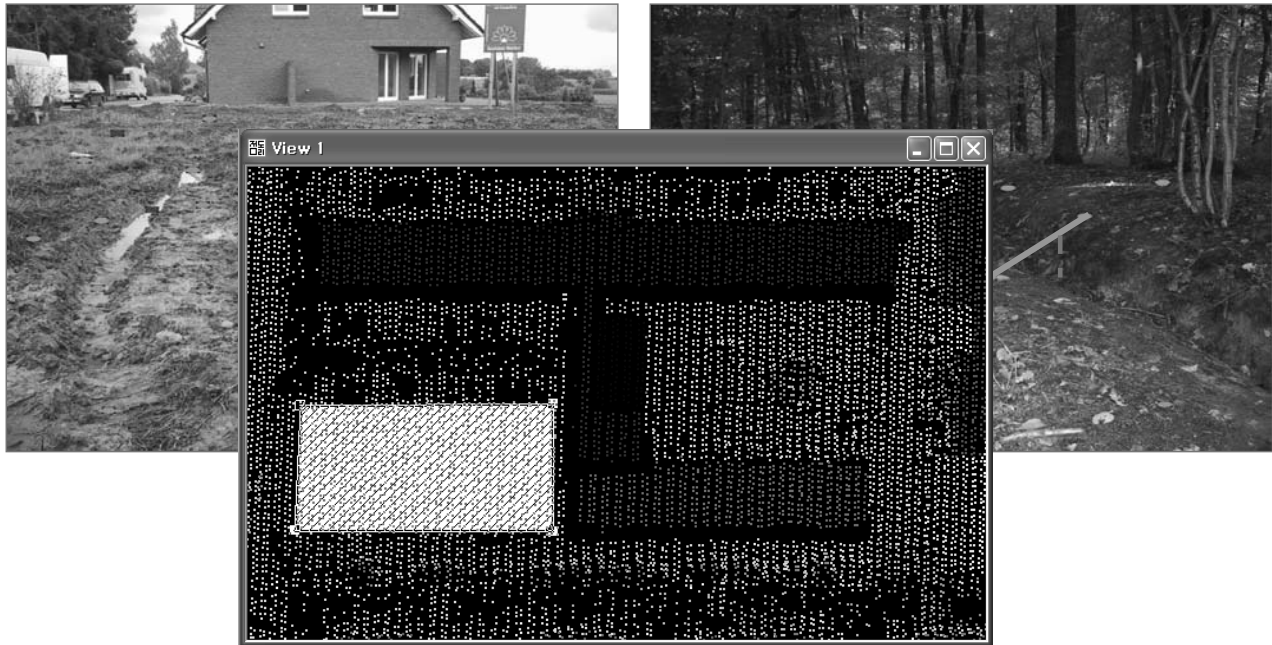


SPINS (SPatial INformatics & Systems Lab.)  
Department of Civil and Environmental Engineering <http://www.spins.or.kr/>

70



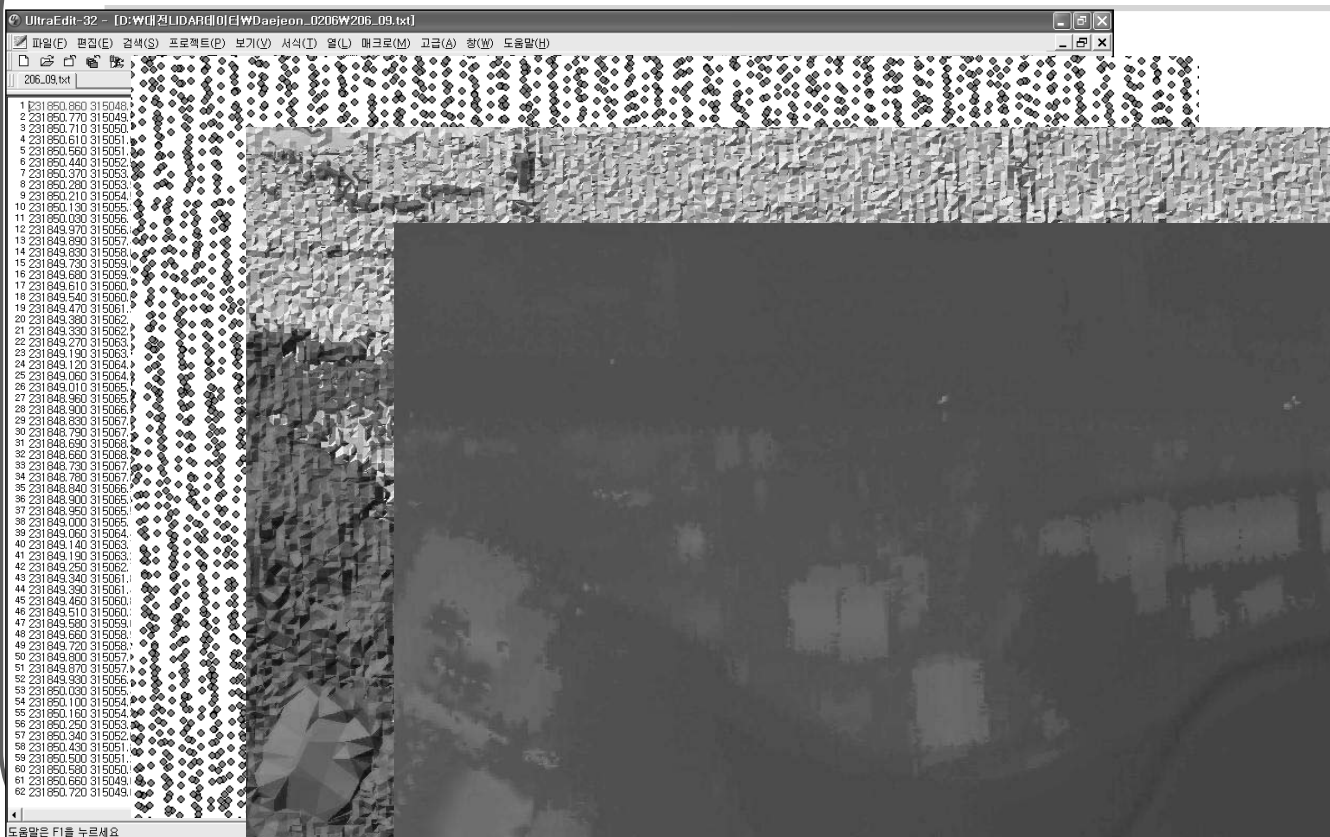
# LiDAR - 데이터 형식



Polygon area = 773.51 m<sup>2</sup>, Point density = 2,48348 pts/m<sup>2</sup>



# LiDAR - 데이터 형식

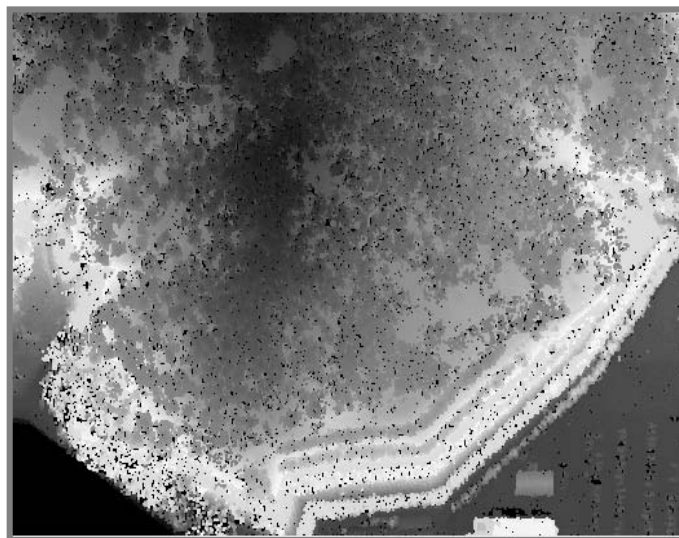




# LiDAR - 데이터 예



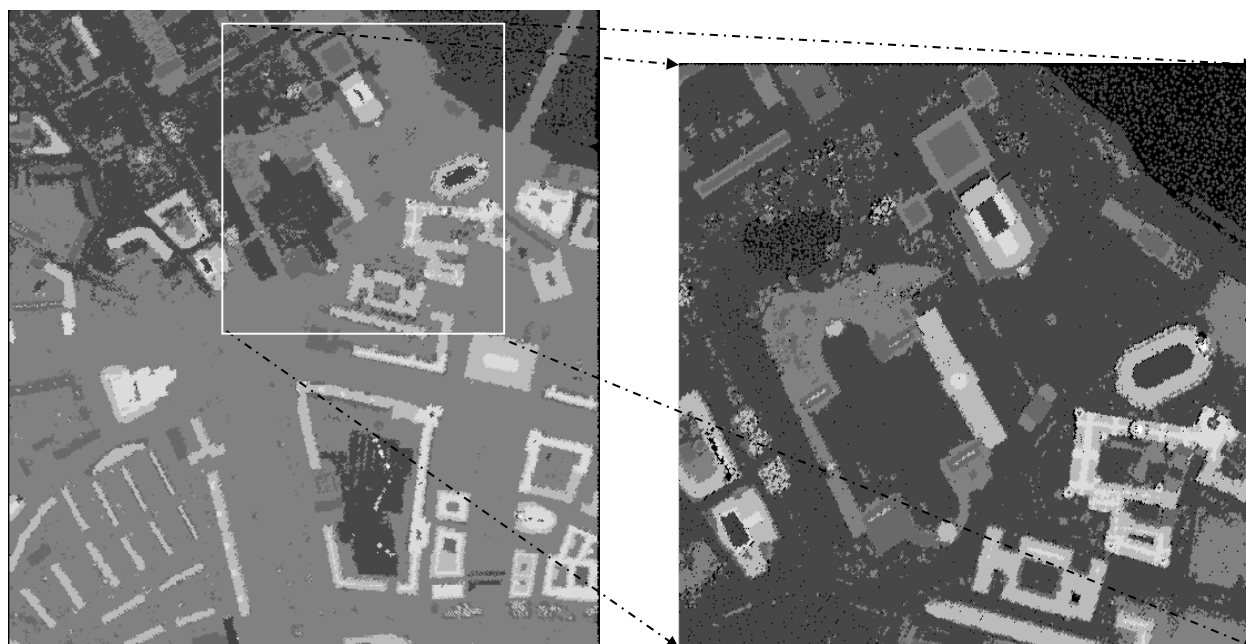
도시



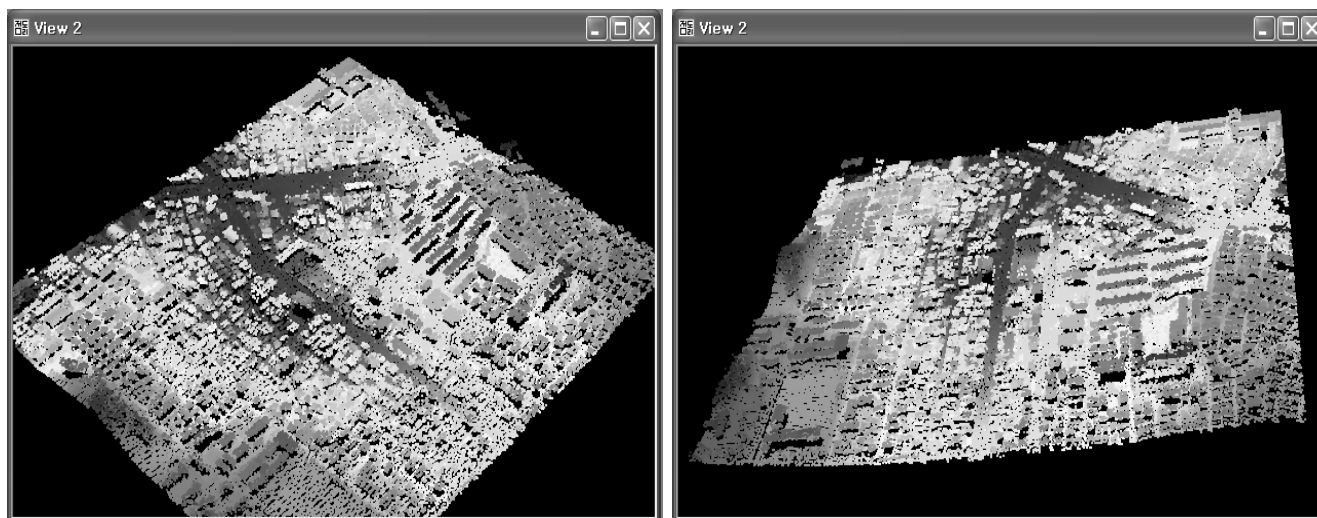
산림지역



# LiDAR - 고도 (height) 정보



# LiDAR – 고도 (height) 정보



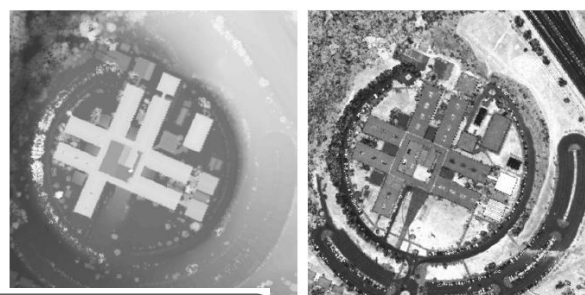
# LiDAR – Intensity 정보

Visible & LiDAR Range Imagery



Analytical Photogrammetry

Range/Intensity Data



Intensity Image

Ayman F. Habib

Visible & LiDAR Intensity Imagery



Analytical Photogrammetry

Ayman F. Habib



# LiDAR – Intensity 정보



**First pulse intensity**



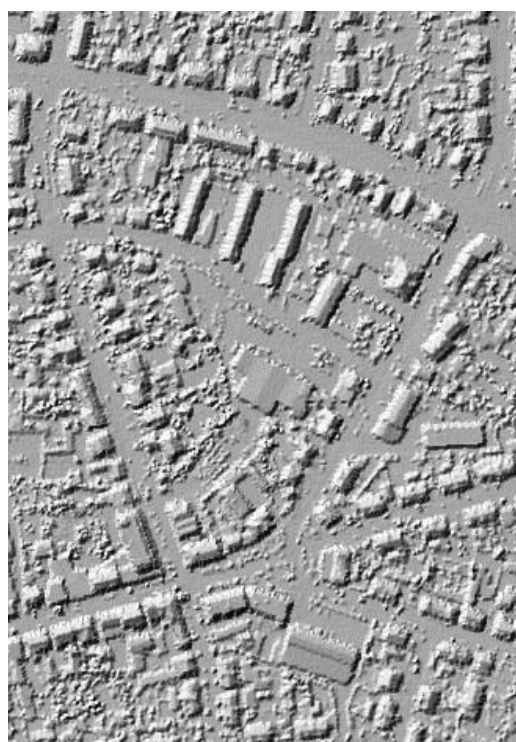
**Last pulse intensity**



# LiDAR – Intensity vs. Height



**First pulse intensity**



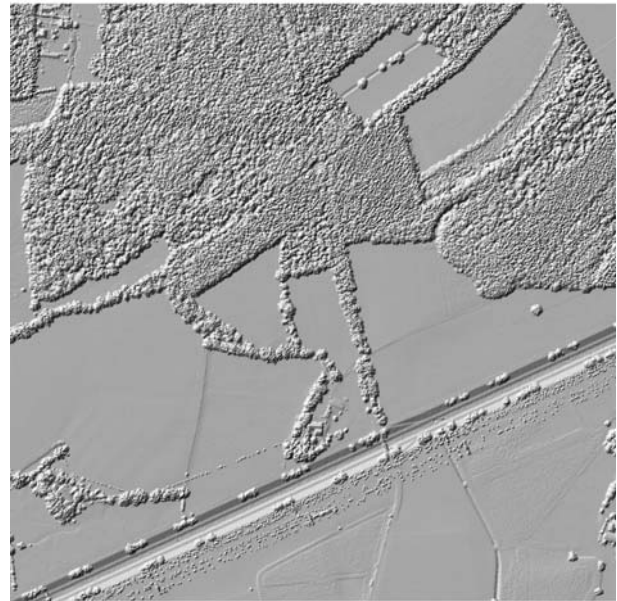
**First pulse height**



# LiDAR – Intensity vs. Height



First pulse intensity

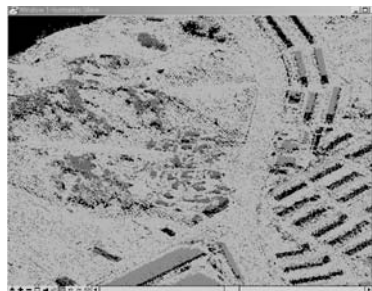


First pulse height

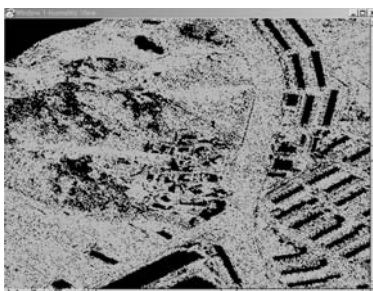


# LiDAR – 활용

- LiDAR의 multi-echo 특성으로 인해 수목/초지 등의 식생과 지표면과의 분리 용이
- 포인트 군집의 특성을 이용하여 식생과 인공물간의 분리 탐지가능



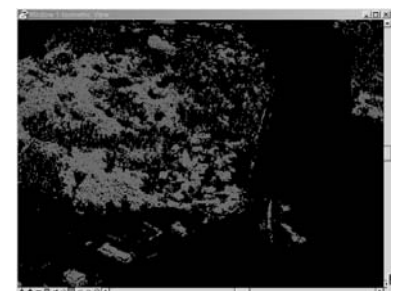
Raw Data



Ground



Buildings

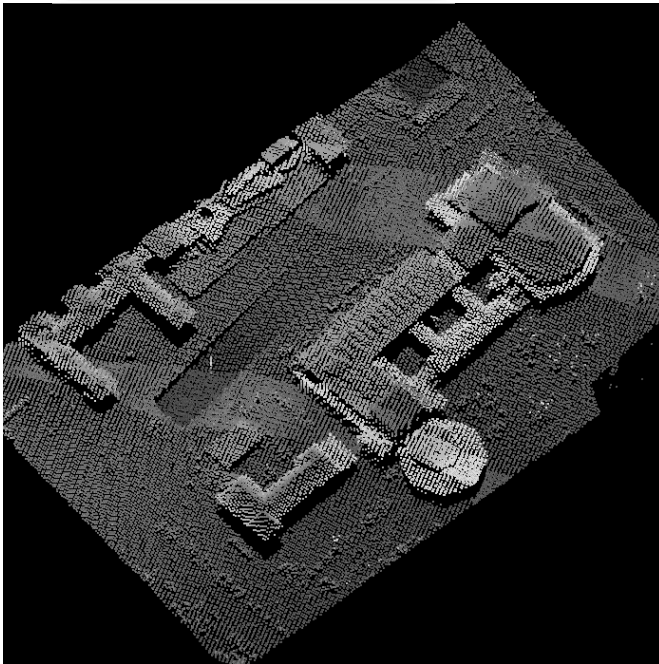


Vegetation



# LiDAR - 활용

건물 높이, 경계 추출



Airborne Laser Scanning, ETRI, April 8-10, 2003



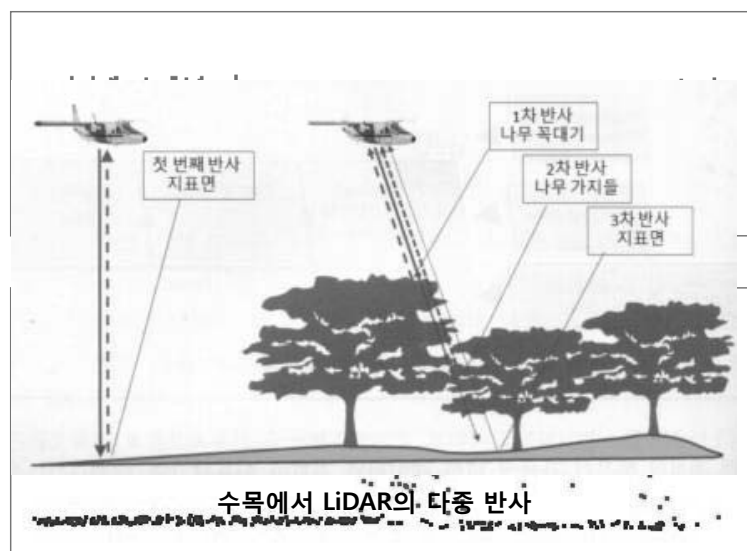
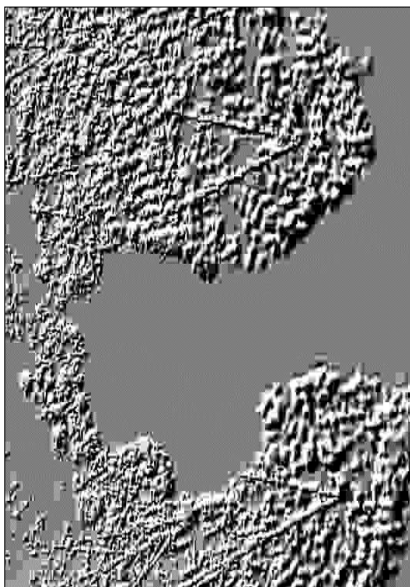
SPINS (SPatial INformatics & Systems Lab.)  
Department of Civil and Environmental Engineering <http://www.spins.or.kr/>

81

# LiDAR - 활용

## ▪ 수목 분포 및 개체고 측정

- Multi-echo 자료 및 고밀도의 점 데이터를 이용하여 수목 분포 추정 가능
- 각 개체의 높이 및 분포 파악 가능



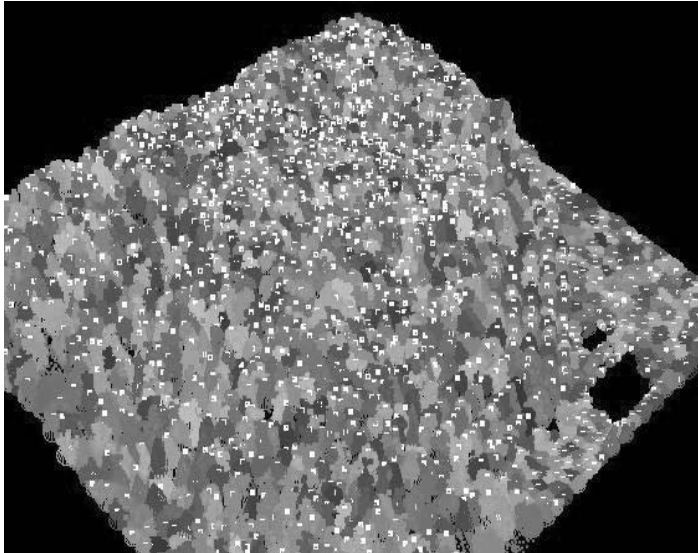
SPINS (SPatial INformatics & Systems Lab.)  
Department of Civil and Environmental Engineering <http://www.spins.or.kr/>

82



# LiDAR - 활용

- 수목 분포 및 개체고 측정
  - 개별 수목의 개체고 및 크라운 측정 가능



Tree\_Result - 레오장

Center-X	Center-Y	Center-Z	BaseRadius	TopRadius	Height
3533.86	10004.40	69.51	3.45	0.22	0.22
3552.89	10004.47	69.19	2.98	0.36	0.27
3614.73	10004.98	68.08	2.44	0.47	0.95
3661.87	10004.88	72.63	3.53	0.34	4.28
3668.24	10004.78	73.43	3.58	0.38	0.84
3677.54	10004.52	73.43	3.87	0.54	2.19
3685.96	10004.89	73.44	2.58	0.36	0.37
3698.76	10004.91	73.52	2.46	0.36	0.54
3695.58	10004.91	73.52	2.89	0.40	1.71
3737.13	10004.73	73.75	4.05	0.25	0.76
3753.93	10004.94	73.63	4.38	0.48	1.86
3581.63	10005.15	68.41	4.05	0.38	3.87
3624.98	10006.18	68.13	4.17	0.48	0.91
3782.89	10005.15	73.45	4.08	0.19	13.74
3713.27	10005.16	73.43	4.46	0.53	5.82
3762.91	10006.35	73.62	6.51	0.08	2.17
3776.66	10006.22	73.80	6.59	0.57	2.05
3789.56	10005.78	73.99	5.91	0.37	0.58
3515.40	10006.25	69.55	3.95	0.21	0.28
3522.18	10006.47	69.24	4.85	0.43	0.56
3547.24	10005.66	69.29	3.29	0.34	0.23
3563.27	10006.43	69.01	4.73	0.16	0.34
3571.87	10006.06	68.96	4.45	0.27	1.82
3593.42	10006.61	68.36	4.18	0.27	1.66
3726.52	10004.98	73.69	3.81	0.13	1.31
3731.35	10006.06	73.46	2.72	0.66	1.41
3528.28	10006.83	69.27	4.65	0.56	0.49
3532.73	10008.18	69.28	2.56	0.42	0.49
3538.15	10006.98	69.27	4.83	0.32	0.38
3552.59	10008.58	68.88	5.32	0.43	0.64
3588.86	10006.68	68.37	3.88	0.27	1.72
3598.43	10006.42	68.38	3.42	0.19	1.66
3683.83	10006.74	68.34	3.87	0.49	1.98
3618.49	10007.39	68.38	4.92	0.32	1.21
3656.16	10006.88	72.08	5.81	0.49	5.81
3584.23	10008.62	68.31	2.94	0.16	0.44
3618.89	10008.16	68.14	5.32	0.31	1.19
3669.72	10009.13	73.47	4.48	0.48	0.27
3678.67	10009.84	73.49	4.14	0.37	0.26



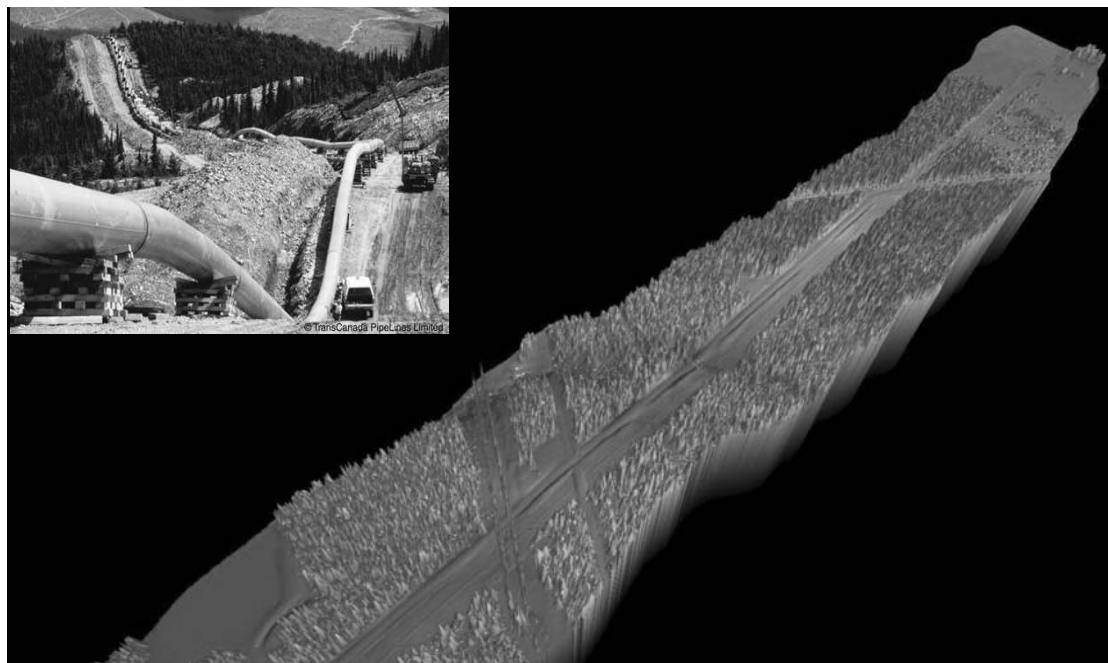
# LiDAR - 활용

## 송전선 매핑 및 관리



# LiDAR - 활용

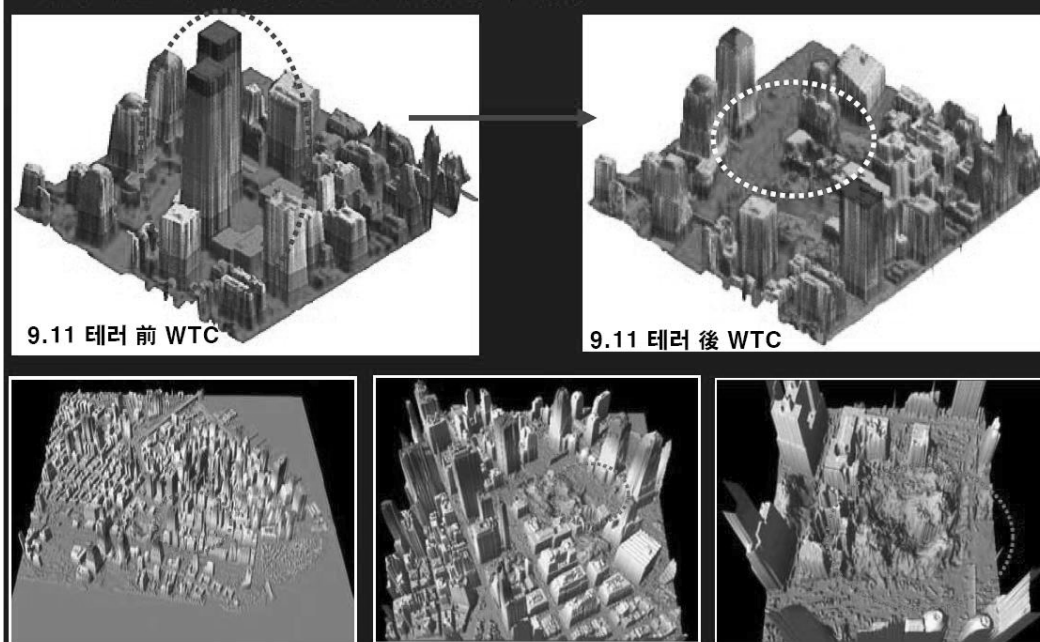
## 파이프라인 매핑 및 관리



# LiDAR - 활용

## 재해/재난 지역 탐지 및 모니터링

재해지도 제작, 환경 모니터링 분야 활용

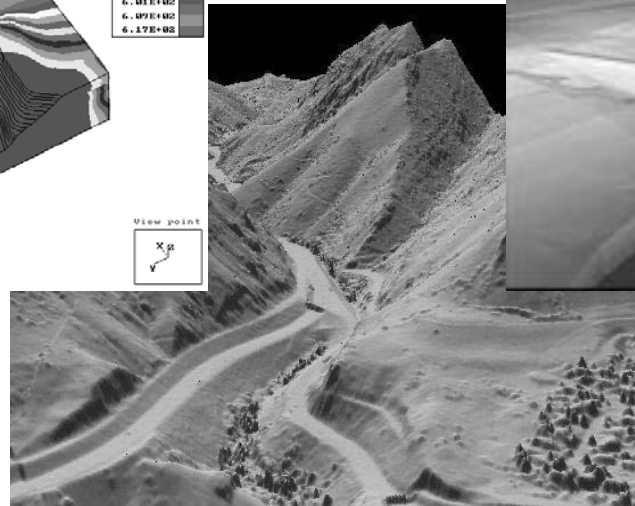
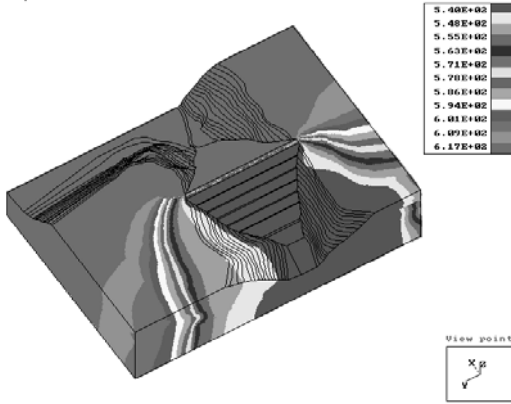




# LiDAR - 활용

## 재해/재난 지역 탐지 및 모니터링

3-D Computed head distribution of dam

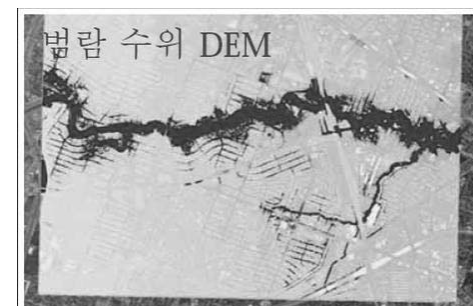
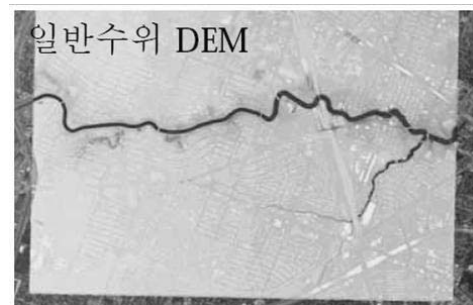
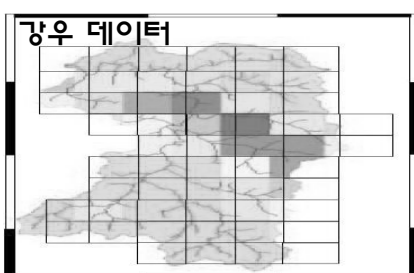


체적 산정을 통한 댐의 위치 결정



# LiDAR - 활용

## 재해/재난 지역 탐지 및 모니터링



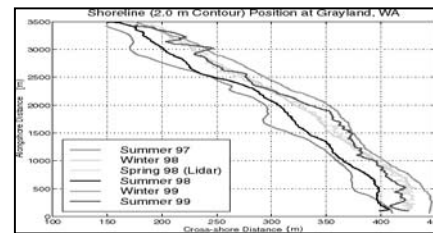
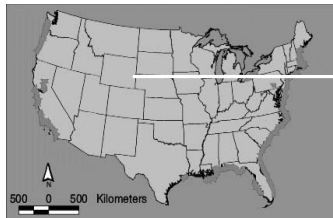
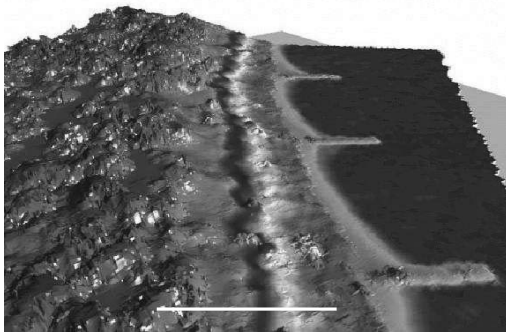
수자원 정보와 결합한 홍수 모델링



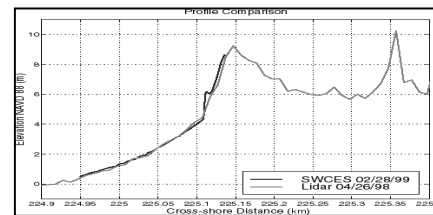
# LiDAR - 활용

## ■ 해안선 매핑 및 변화탐지

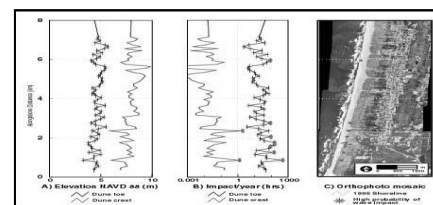
- 해안선도, 해안선 3D 모델 생성
- 침식/퇴적으로 인한 해안선 변화 분석



계절별 해안선의 변화량 분석



해안선의 표고량의 변화량 분석



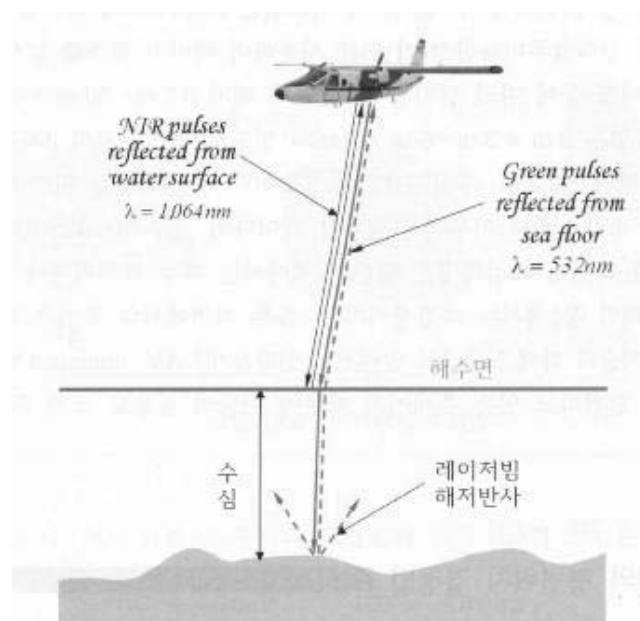
해안지도제작



# LiDAR - 활용

## ■ 라이다를 이용한 수심 측량

- 전통적인 측량 방법으로 수심측량이 곤란한 얕은 하천의 수심 측량
- 2가지 시스템 운용
  - 1,604 nm 적외선 (표면 반사)
  - 532 nm 녹색광 (물속으로 침투)



라이다에 의한 수심 측량



# UAV

## UAV(unmanned aerial vehicle) or Drone

- 조종사를 탑승하지 않고 지정된 임무를 수행할 수 있도록 제작한 비행체
- 무인항공기의 다른 이름으로 '벌이 왕왕거린다'는 것에서 "드론(drone)"이라고도 함
- ICAO (국제민간항공기구)는 RPA (Remotely Piloted Aircraft)로 명명



# UAV



# UAV의 장점

1

## 정보의 최신성 및 간편성

- 위성, 항공영상과 연계한 고해상도 최신영상 제공
- 대상지에 대한 주기적, 반복적 자료수집 가능
- 긴급한 지역에 대한 신속 3차원 영상지도 작성

2

## 고해상도 영상 & 센싱

- 고도에 따른 다양한 공간해상도 자료수집
- 평균 3~5cm급 고해상도 영상 및 센싱 DB
- 다양한 센서 탑재에 의한 정보획득 가능

3

## 상호융합성 및 경제성

- 인력투입 최소화로 안전 및 비용절감,
- 지상DB와 연계한 정확도 향상
- 다양한 분야와 연계한 콘텐츠 개발 가능



# UAV의 종류

## UAV

### 회전익

날개가 회전하는 항공기

### 고정익

날개가 고정되어 있는 항공기

프로펠러 → 발      카메라 → 눈  
모터 → 심장      비행제어기구 → 뇌



회전익 쿼드콥터 드론



고정익 드론



## UAV의 종류

### 회전익의 장점

- 많은 공간을 차지하지 않고 이착륙이 가능한 점
- 건물이 많은 도시지역에서도 사용이 용이한 점
- 물체에 근접시켜서 근접촬영이나 비행이 가능한 점
- 다양하고 종량감 있는 탑재체를 장착할 수 있다는 점



### 회전익의 단점

- 고정익에 비해 보다 복잡하고 많은 부품들이 조립되어 완성품으로 작동되는 점
- 짧은 배터리 수명과 무게
- 고정익에 비해 보다 좁은 지역을 촬영하는데 적합
- 추락할 경우 고정익보다 데미지가 크게 부담이 됨
- 인사사고로 이어질 수 있는 기체구조와 무게, 재질



## UAV의 종류

### 고정익의 장점

- 회전익에 비해 자동비행이 용이하다는 점
- 회전익보다 더 넓은 지역을 커버할 수 있다는 점
- 회전익보다 바람에 대한 대처를 더 효과적으로 할 수 있다는 점
- 회전익보다 작은 용량의 배터리로도 긴 비행시간이 가능한 점
- 오작동으로 인한 크래시가 일어날 경우 파손될 데미지가 회전익에 비해 부담이 적은 점(스트로폼 바디)
- 사람에게 추락했을 때 가벼운 부상 등 안전하다는 점

### 고정익의 단점

- 회전익에 비해 이착륙시 좀 더 넓은 지역이 필요한 점
- 관찰이나 감시를 위한 용도로 후버링이 안된다는 점
- 다양한 탑재체의 장착이 다소 어렵다는 점
- 대상물에 대한 자유로운 각도조절이 어렵다는 점



# 항공사진 vs UAV

항공사진 25cm급 영상



UAV 해상도 3cm급 영상



## UAV의 장점

- 최신성
- 해상도
- 반복 촬영
- 경제성



# UAV 활용 - 군사적 목적

- UAV의 초기 개발은 주로 군사적 목적에 초점을 둠
- 정찰, 공격, 방어, 표적, 지뢰제거 목적 등으로 운용



MQ-1 Predator



Mine Kafon Drone by Massoud Hassani

- **MQ-1 Predator** : 공격목적으로 개발되었으며 미사일 장착이 가능하여 테러리스트들의 암살 목적으로 운용
- **Mine Kafon Drone** : 자율적 지도 제작하고 지뢰를 신속하게 찾아 제거



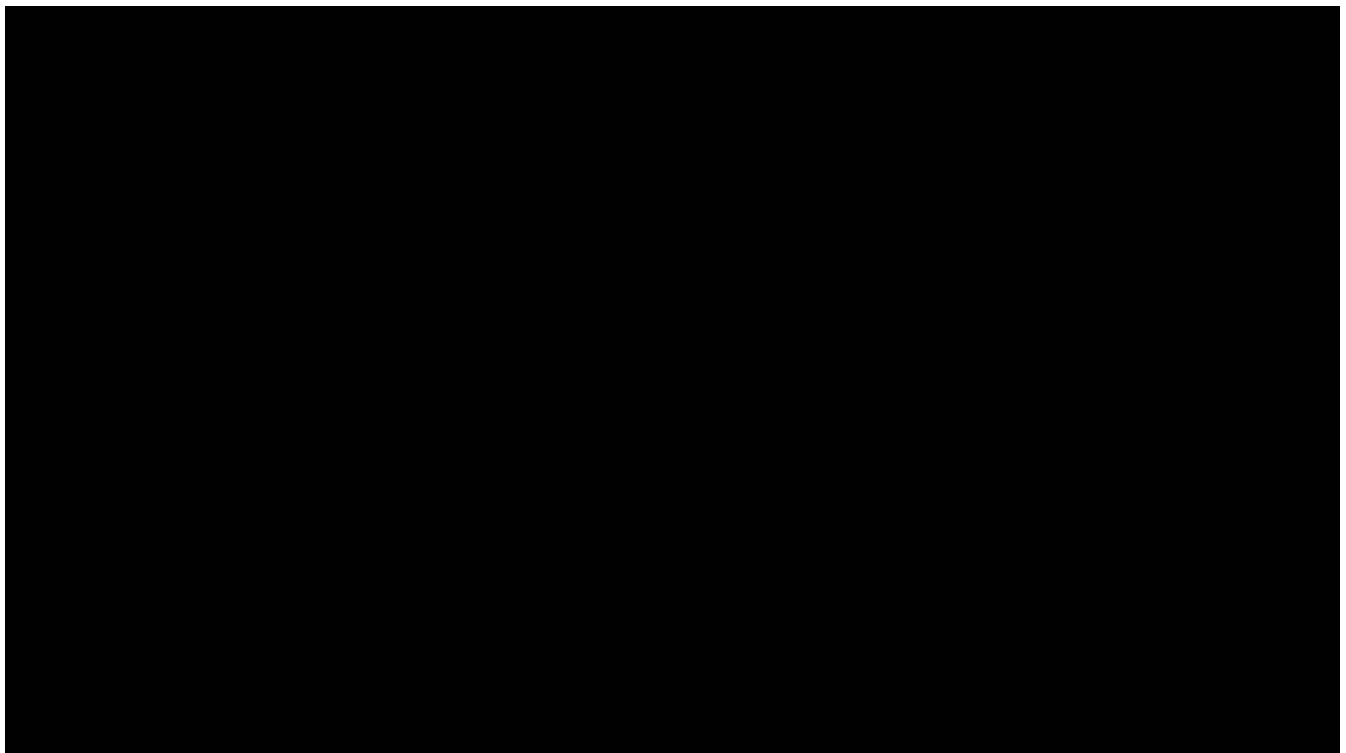
# UAV 활용 – 군사적 목적

## ▪ Aeryon Scout UAV in use with the Libyan Rebels



# UAV 활용 – 군사적 목적

## ▪ Aeryon Scout UAV in use with the Libyan Rebels





# UAV 활용 – 민간 목적

취미 생활과 오락

과학적 연구

상업적 항공 감시

자연보호관리와 밀렵방지

항공사진/라이다 측량

환경감시

상업적 동영상 및 언론

석유, 가스, 광물 탐사

범죄 감시 및 법 집행

고고학

수색과 구조, 재난구조

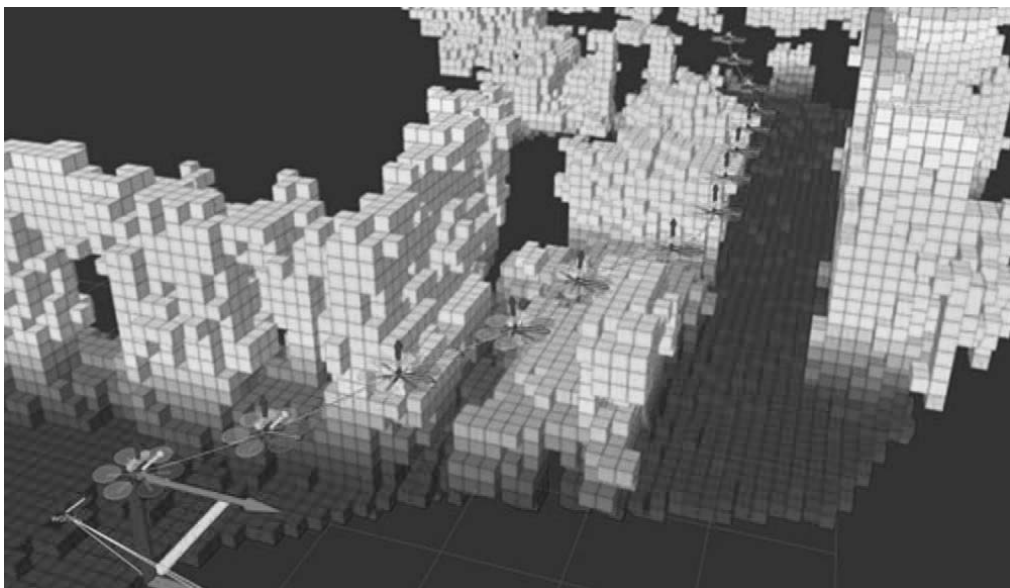
화물 및 여객 운송

농업



# UAV 활용

- **SLAM (Simultaneous Localization and Mapping)**
  - 무인비행체의 위치를 자동으로 결정하고 그와 동시에 지도를 제작하는 기술
  - 3차원에서의 드론의 위치와 거리측정기술의 조합



SLAM 동영상



# UAV 활용

## ▪ SLAM

### State Estimation for Indoor and Outdoor Operation with a Micro-Aerial Vehicle

Shaojie Shen and Nathan Michael  
GRASP Laboratory



SPINS (SPatial INformatics & Systems Lab.)  
Department of Civil and Environmental Engineering <http://www.spins.or.kr/>

103

# UAV 활용

## ▪ 농업 분야의 활용

- 농작물 지도 제작, 농약 살포, 가축 관리 등



해충 피해 지도

적외선 영상을 이용한 야간 가축 관리

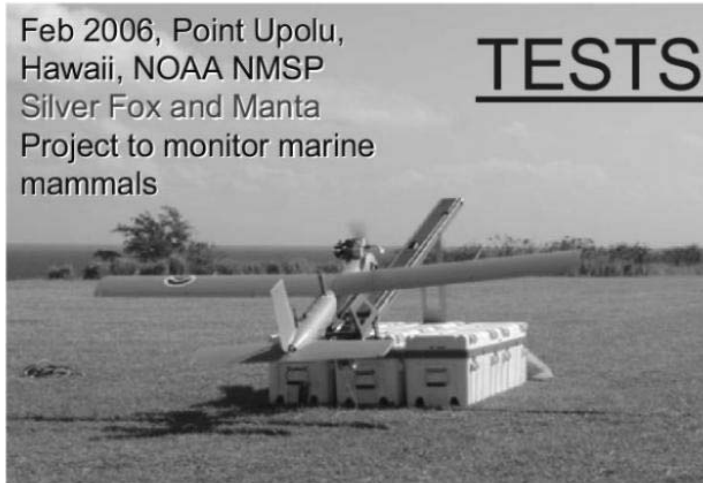


SPINS (SPatial INformatics & Systems Lab.)  
Department of Civil and Environmental Engineering <http://www.spins.or.kr/>

104

# UAV 활용

- 과학적 연구
- NOAA (National Oceanic Atmosphere Administration)



<허리케인 관측>



# UAV 활용

- 재해재난 – 산불



# UAV 활용

## ■ 스포츠 분야

- 2014 소치 동계 올림픽의 스키 종목을 드론을 이용하여 중계



# UAV 활용

## ■ DJI Phantom 4 – Active tracking mode



# UAV 활용

## ▪ Parrot Bebop 2 – Follow me mode



# UAV 활용

## ▪ 화물 운송

- 의약품을 비롯한 다양한 화물 배송



# UAV 활용

## 드론 활용 프로젝트를 진행중인 대표 기업들

분야	업체명	주요 내용
인터넷통신	아마존(미국)	- '13년 드론 배달 시스템 'Amazon Prime air' 개발 - 캐나다, 호주, 인도 등에서 시험비행 진행, FAA에 허가 요청 상태
	구글(미국)	- 차세대 기술 개발 프로젝트 '구글 X' 중 하나로 드론 활용 배달 프로젝트 'Project Wing' 진행 - '14년 4월 태양광 무인기회사 타이탄 에어로 스페이스 인수
	페이스북(미국)	- 영국의 드론 업체 어센타 2천만달러에 인수 - 인구가적거나 광활한 지역에 인터넷 통신을 돕는 드론 프로젝트 착수
물류	DHL(독일)	- '14년 9월 드론을 활용한 12km 떨어진 섬에 소포(의료품) 배달 성공
	UPS(미국)	- 드론 활용 무인 배송서비스 도입을 위한 프로젝트 진행 중
방송	BBC(영국)	- 태국과 홍콩 시위 현장 촬영 등 뉴스 취재 촬영에 드론 활용 중
	CNN(미국)	- '15년 1월 뉴스 취재에 합법적인 드론 이용 방안 연구 FAA와 합의
서비스	도미노피자(영국)	- ' 'DomiCopter'를 활용한 피자 배달 프로젝트 진행
	스테이트팜(미국)	- 대형 손보사로 재난 지역 피해규모 조사와 손해액 산정에 드론 활용 추진



# UAV 관련 규정

- 각국은 다양한 UAV 관련 규정을 만들고 있으며, 미국은 가장 구체적이고 제도화된 규정을 가지고 있음

## [미국의 UAV 관련 규정]

- 반드시 비행 전에 드론의 적법한 소유자가 등록 하여야함
- 소유자가 13세 이하이면 그의 부모 또는 다른 책임 있는 사람이 FAA 등록을 해야한다.
- 드론은 FAA에서 발행한 등록번호를 표시하여야 한다.
- 등록비는 \$5이며 유효기간은 3년이며 유효기간 이 지난 후에는 갱신하여야한다.
- 1회 등록은 개인 소유 드론에 모두 적용된다. 등록을 하지 않을 경우의 일반 벌금은 \$27,500까지이며 만일 범죄에 의한 벌금일 경우에는 최대 \$250,000 또는 3년 이하의 징역형이다.
- 취미 생활을 제외한 모든 드론활동에는 면허를 소지한드론 조종자들이 참여해야한다.



- 네덜란드 경찰은 독수리를 이용하여 불법 드론을 근절시키고자 함



# UAV 관련 규정

## ■ 국내외 드론 관련 항공법

드론 관련 항공법		
	한국	해외
무게	12kg 초과 150kg 이하 항공청에 신고해야	호주 : 100g 초과 150kg 이하 비행신고 필요 없어  유럽 : 150kg 미만 드론 비행신고 필요 없어
운항지역	고도 150m 이내 가시거리 청와대 반경 8km, 경기북부 등 비행 제한	유럽 : 7kg 이상 150kg 이하 드론 고도 120m 이하에서 거리제한 없음  일본 : 150m 이내에서만 운항할 수 있는 항공법 개정 추진
조종자격	12kg 초과 상업용 목적으로 드 론 운항 시 운항자격증 필요	미국 : 25kg 이상 드론, 운항자격증 필요 없음  유럽 : 7kg 이상 150kg 미만 드론, 운항자 격증 필요 없음  호주 : 100g 초과 150kg 미만 드론, 운항 자격증 필요 없음



# UAV – 국내 현황

- 국내 드론의 도입 시기는 1982년 군사용 목적으로 도입된 것으로 알려짐
- 민 · 관 · 산 · 학 모든 분야에서 드론에 대한 관심과 실질적인 활용 분야 확대

구 분	2013	2014	2015	2016	2016.12.20
장치신고대수	195	354	921	1,344	2,158
사용사업 업체수	131	383	698	817	1,026
조종자격취득자수	52	667	872	1,087	1,326

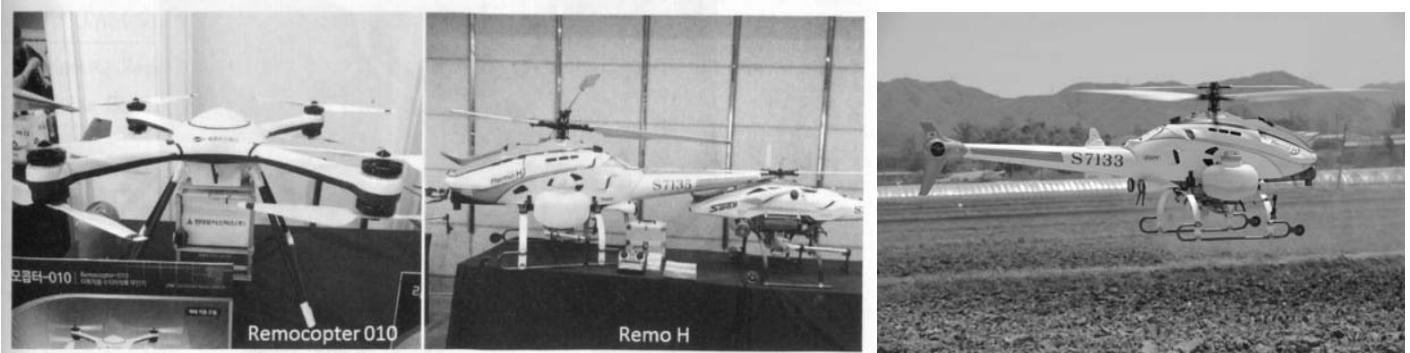
- 레저용 드론은 그 수가 급격하게 증가하고 있으며, 재난구조, 피해상황조사 등 일반적인 이용 뿐만 아니라 측량 관련 분야로의 이용이 괄목할 정도로 성장
- 2017년 드론 사업 시범사업 시행 예정 (국토교통부 주관)





# UAV - 국내 현황

- Remocopter-010, Remo H 등 다양한 드론이 개발됨



- Remocopter-010 : 다목적용 수직이착륙 무인기, 방수 기능이 있어 우천 시 비행 가능
- Remo H : 농업용 무인헬기, 농촌 노동력 고령화로 인한 농촌 일손 부족 해결



# UAV - 국내 활용

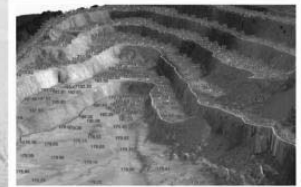
- 농업 분야
  - 농업생산무인자동화 연구
  - 드론지도 제작과 융합한 농기계 무인 자동 컨트롤 시스템 개발
- 지도 제작
  - 국토 교통부 지적 재조사
  - 한국도로공사 도로대형법면 3D 모델 구축
  - 수치 지도 제작
- 건설 부문
  - 부지조성 현황 측량
  - 접근불가지역 준설토 투기장 지형 측량
- 그 외
  - 산림청 피해고사목 조사
  - 주말 농장 토지 이용 현황 조사
  - 남한 산성 문화재 역설계용 정사영상 제작



■ 3D모델과 지적도면 중첩



■ 재해발생지역 재생 시뮬레이션 (경북 영천시 괴연 저수지 2014.08.21 촬영)



■ 절개지 가성측량에 의한 CAD도면화

