

# Remote Sensing

## Ch. 2 센서(Sensors) (Part 2 of 3)

2.7 카메라 및 항공 사진

2.8 다중분광스캔 (Multispectral Scanning)

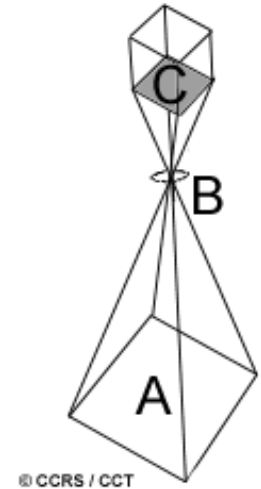
2.9 열 화상(Thermal Imaging)

2.10 이미지의 기하학적 왜곡

## 2.7 카메라 및 항공 사진

### 카메라(Camera)

- 지구 표면의 원격 탐사에 사용되는 **가장 간단하고 오래된** 센서
- 표면의 주어진 면적(A)의 거의 순간적인 "**스냅 샷**"을 취득하는 **프레임(frame) 시스템**.
- **렌즈(B)**를 사용하여 이미지가 뚜렷하게 나타나는 **초점면(focal plane)(C)**에 화상을 형성하는 **수동형 광학 센서(passive optical sensors)**.
- 사진 필름은 파장  **$0.3 \mu\text{m} \sim 0.9 \mu\text{m}$** 에 이르는 **자외선(UV)**, **가시광선** 및 **근적외선(NIR)**에 민감하다.
- **전색성/팬크로매틱 필름(Panchromatic film)**은 스펙트럼의 **UV와 가시영역** 부분에 민감합니다. → **흑백** 이미지를 생성하며 **항공사진**에 사용되는 필름의 **가장 일반적**인 유형이다
- **UV 사진** 촬영도 **전색성 필름**을 **사용**하지만, 필름에 도달하는 **가시광선** 에너지를 **차단**하기 위해 **필터**가 사용된다. → 하지만, 널리 사용되지는 않습니다.
- **흑백 적외선 사진**은,  **$0.3 \mu\text{m} \sim 0.9 \mu\text{m}$**  파장 범위에 민감한 필름을 사용하고, **적외선 반사율**의 감도를 이용해서 **식생(vegetation cover)의 차이**를 감지하는 데 유용합니다.



## 2.7 Cameras and Aerial Photography

### 컬러 및 적외선(false-color / color-infrared, CIR) 사진

- **일반 컬러 사진** : 우리의 눈과 동일하게 파랑, 녹색, 붉은 빛에 민감. 이 사진은 우리의 눈이 보여주는 환경 (즉, 나무 등 녹색 표시)과 동일한 방식으로 우리에게 나타납니다.



- **적외선(false-color / color-infrared, CIR) 사진** : 녹색, 빨강, 근적외선의 사진촬영 부분에 민감하며, 이를 각각 파랑, 녹색, 빨강으로 나타나도록 처리한다. 적외선 사진에서  
높은 근적외선 반사율을 갖는 목표물은 빨간색으로 표시되고  
높은 빨강 반사율을 갖는 것들은 녹색으로 표시하고,  
높은 녹색 반사율을 갖는 것들은 파란색으로 표시되어  
이렇게 목표물이 우리에게 일반적으로 인식되는 것에 비하여 "거짓(false)"으로 보여지게 된다.

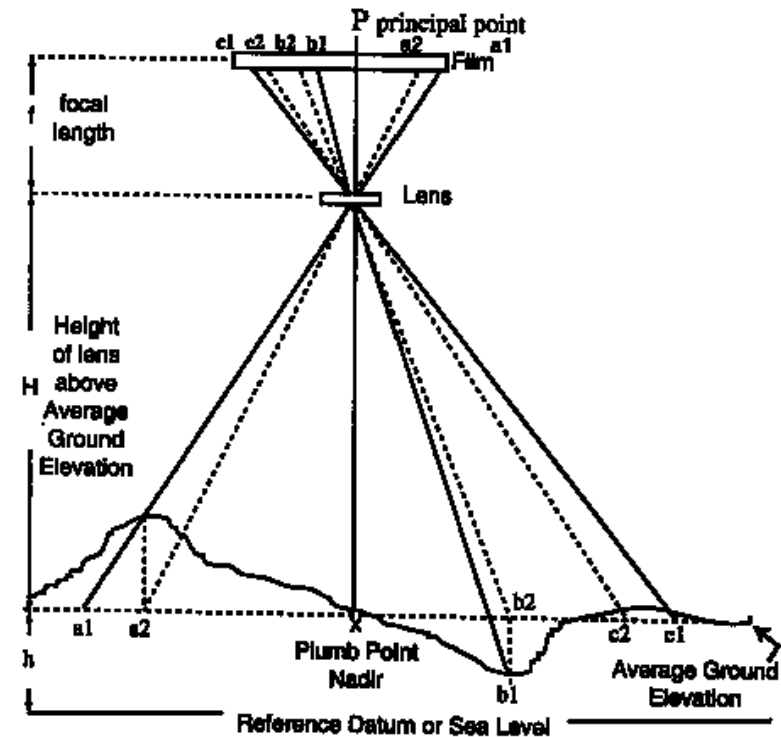


## 2.7 Cameras and Aerial Photography

- **카메라**는 지상, 항공기, 우주선 등의 **다양한 플랫폼**에서 사용할 수 있습니다.  
**항공기**에서 찍은 매우 상세한 사진은 **세부 사항** 또는 **작은 목표물의 식별**이 필요한 많은 응용에 유용합니다.
- 사진의 **지상 포함범위(ground coverage)**는 렌즈의 **초점 거리(focal length)**, 플랫폼 **고도**, **필름의 형식 및 크기** 등 여러 가지 요인에 따라 달라집니다.

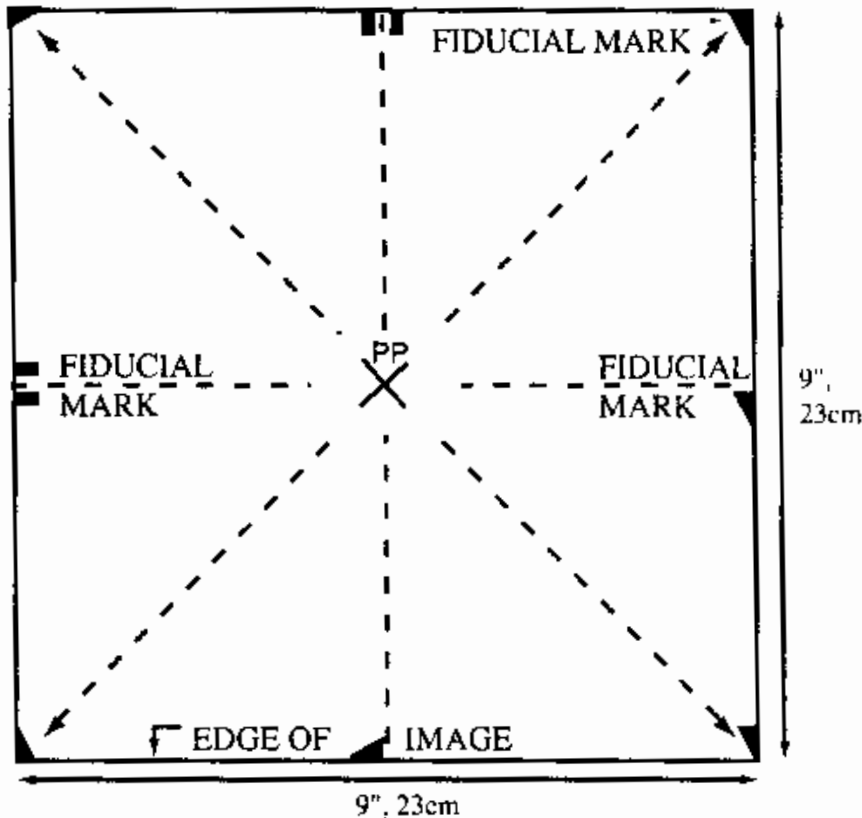
- **초점 거리 (focal length)** : 초점 거리는 렌즈의 **시야각(IFOV의 개념과 유사)**을 결정하며, 카메라에 의해 "바라볼" 영역을 결정한다. 일반적인 초점 거리 : **90mm, 210mm**, 및 가장 흔한 **152mm**. 초점 거리가 **길수록**, 지상의 **더 작은 영역**, 하지만 **더 자세한(즉, 더 큰 축척)**을 커버하게 된다.

- **고도(altitude)** : 고도가 낮은 곳에서보다 **높은 고도**에서 카메라가 지상의 **더 큰 영역** 바라보게 되지만, **세부 사항이 감소(즉, 작은 축척)**된다. 보통, 항공 사진은 **50cm** 보다 **작은 공간 해상도**까지 **섬세한 세부사항**을 제공 할 수 있습니다.



## 2.7 Cameras and Aerial Photography

- 항공 사진의 **주점(Principal Point)**의 위치를 식별하기 위해, **기준 마크(Fiducial Marks)**들이 이미지가 기록 될 때마다 촬영된다. **주점의 위치**는 마주보는 **기준 마크** 사이를 잇는 **직선들의 교점**에 의해 결정될 수 있다.

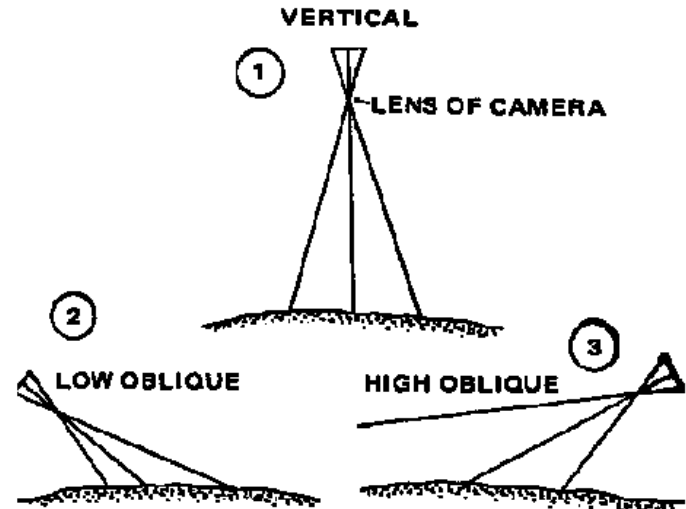


## 2.7 Cameras and Aerial Photography

**경사(Oblique) 와 수직(Vertical) 사진** : 취득하는 동안 지상에 대한 **카메라의 상대적 방향**에 따라 구분

### 경사 항공 사진 (Oblique aerial photographs)

- 항공기의 **측면을 향하는** 카메라로 촬영
- 하나의 이미지로 **매우 큰 영역을 커버**하거나, 지형의 **기복과 규모를 묘사**하는데 유용하다.
- 전경(foreground)으로부터 배경(background)에 이르는 **축척의 왜곡** 때문에 거리, 넓이 그리고 높이 측정에는 **배제**된다.

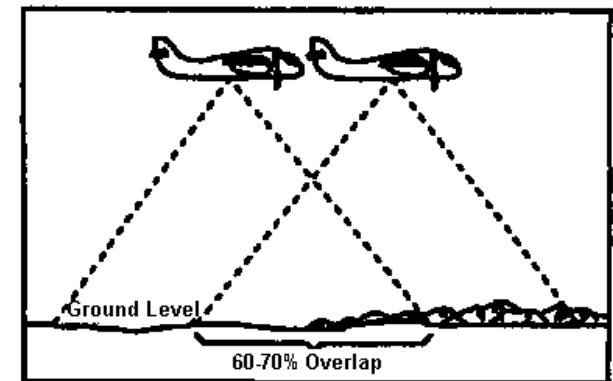
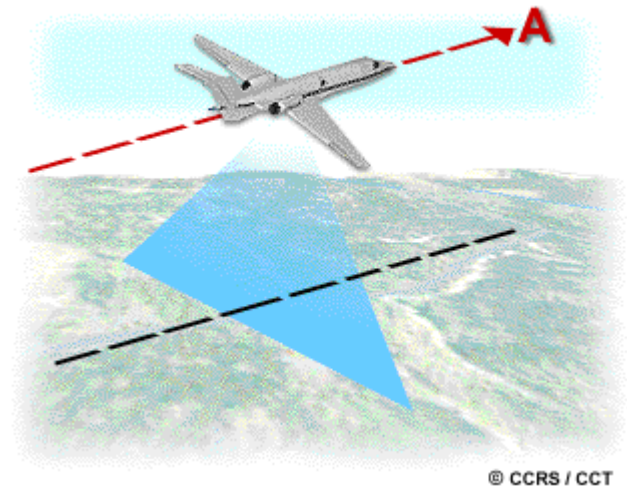


### 수직 항공 사진 (Vertical aerial photographs)

- RS 및 매핑을 위해 사용되는 항공 사진의 **가장 일반적인 방법**이다.
- 이러한 용도의 카메라는 특히 **기하학적인 왜곡을 최소화**하면서 사진을 **빨리 촬영**하도록 제작된다.
- 이들은 종종 정확한 **지리적 좌표**가 각 사진에 **할당** 될 수 있도록, 항공기 플랫폼에 탑재된 **항법(navigation) 시스템과 연결**된다.

## 2.7 Cameras and Aerial Photography

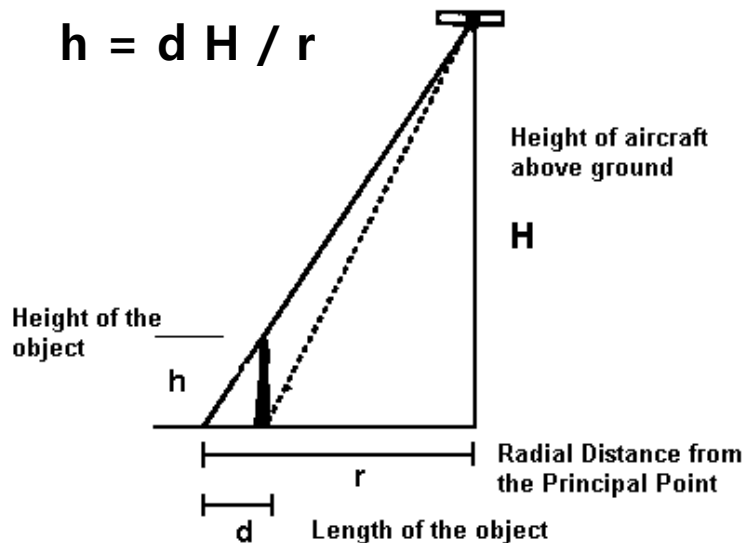
- 수직 항공 사진을 얻는 경우, 항공기는 일반적으로 일련의 라인들을 따라 비행한다, 이를 **비행경로 (flight line)**라 한다.
- 사진은 지상을 수직으로 보고 빠르게 연속 촬영하며, 종종 연속 사진 사이를 **50-60%의 중첩**되게 한다. 중첩(overlap)에 의해서 비행경로를 따라 **총 커버리지**가 보장되고 또한 **입체적 보기 (stereoscopic viewing)**를 용이하게 한다. 연속적인 사진 쌍은 다른 관점에서 중첩 영역을 표시하며, **입체 모델 (stereo model)**이라고도 하는 영역의 3차원 뷰를 **입체경 (stereoscope)**이라 불리는 장치를 통해 볼 수 있다. 항공 사진의 대부분의 응용 프로그램은 **입체 커버리지**와 **스테레오 보기**를 사용한다.



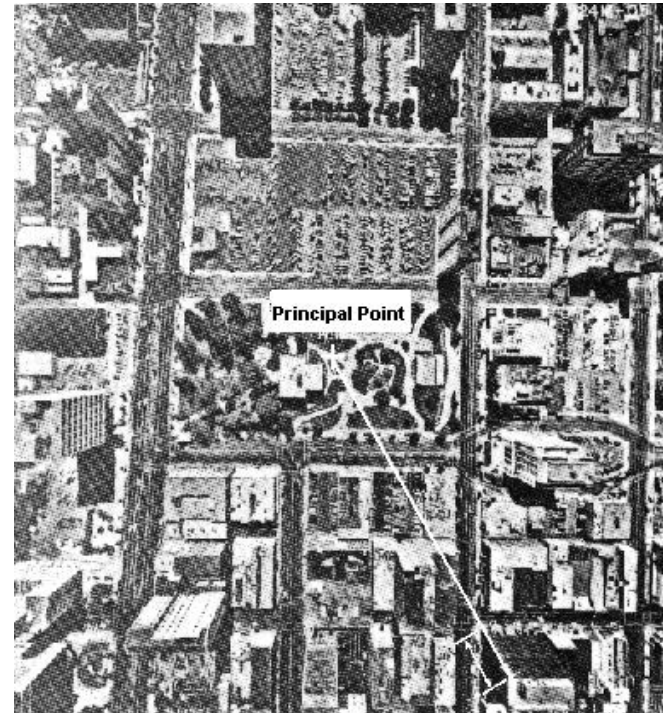
## 2.7 Cameras and Aerial Photography

항공 사진에서 높이 결정 : 객체의 높이를 결정하는 두 가지 방법 - 하나의 사진을 사용하는 방법(Single Photo Method) 및 쌍안사진(Stereopair) 시차(Parallax) 방법.

하나의 사진을 사용하는 방법(Single Photo Method) : 사용하기 간단하지만, 맨 위와 아래가 관찰되는 수직 대상에 일반적으로 적용 가능하다. 이 방법은 대상의 반경방향변위(radial displacement)가 항공기의 높이에 비례하여 변화한다는 원리를 이용하며, 다음과 같은 수식에 의해 결정된다



$H:h = r:d$	$H/h = r/d$	$h = dH/r$
-------------	-------------	------------



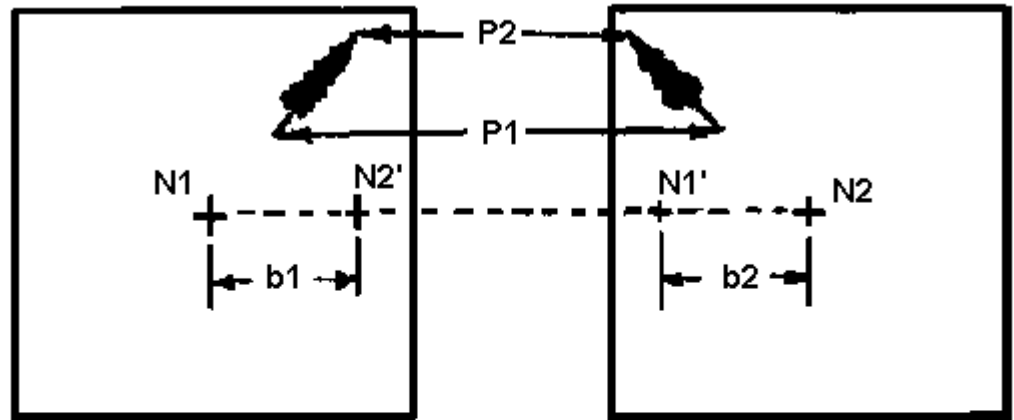


## 2.7 Cameras and Aerial Photography

### 높이 결정의 시차 방법 (Parallax Method)

이 방법은 같은 비행경로의 두 개의 **중첩된 항공 사진**과 항공기의 지상으로부터의 **고도**, **평균 포토베이스(photo base) 길이**를 필요로 한다. 포토베이스(photo base) 길이는 서로의 항공 사진의 **기하학적 중심(또는 주점; Principal Point)**들 간의 거리이다.

이 방법은 대상의 **반경방향 변위(radial displacement)**가 **항공기의 높이와 비례**하여 변화하는 원리를 사용하지만, 두 개의 항공 사진으로부터의 측정을 고려함으로써 **높은 정확도의 결과**를 제공한다.



Differential Parallax:

$$dP = P1 - P2$$

Photo base length:

$$b = \frac{b1 + b2}{2}$$

Object Height:

$$h = H \frac{dP}{b + dP}$$

H = Aircraft Height

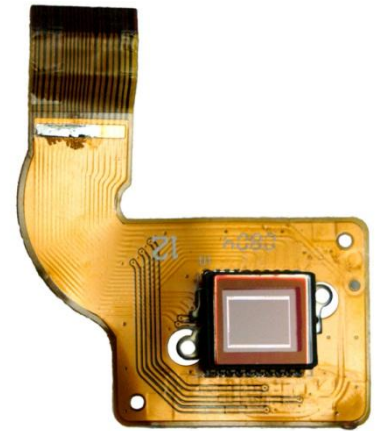
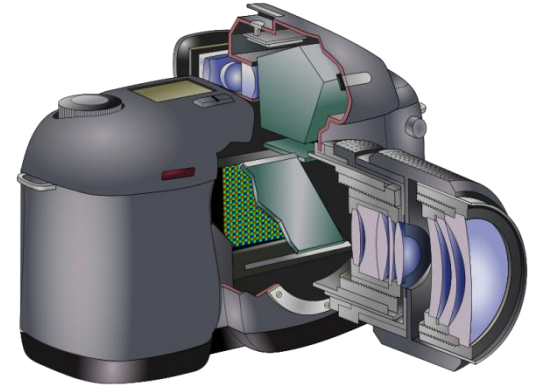
## 2.7 Cameras and Aerial Photography

- 전자 감지 장치로 촬영한 데이터에 비해 일반적으로 낮은 분광 해상도(spectral resolution)를 갖는 항공 사진은, 분광 정보 보다 미세한 공간적 세부사항이 더 중요할 때 가장 유용합니다.
- **사진 측량(photogrammetry)** (사진으로 측정하는 과학) : 수직 사진의 구조는 잘 이해되며, 여러 다양한 응용(지질, 임업, 지도제작(mapping) 등)에서 그들로부터 매우 정확하게 측정하는 것이 가능하다. 사진은 보통은 사람의 분석에 의해 (입체적으로 보며 viewed stereoscopically) **수동적으로 해석**됩니다. 그들은 또한 디지털 이미지로 스캔하여 디지털 컴퓨터 환경에서 분석 될 수도 있다.
- **다중 밴드 사진(Multiband photography)**은 여러 개의 서로 다른 스펙트럼 범위에서 동시에 사진을 획득하기 위해 여러 필름-필터(film-filter) 조합의 **다중 렌즈(multi-lens) 시스템**을 이용한다. **장점** : 반사 에너지를 서로 다른 파장 범위에 대하여 분리하여 기록 할 수 있는 능력을 가지며, 이로 인해 잠재적으로 다양한 대상에 대하여 더 나은 **분리 및 식별을 제공**하게 된다. 그러나 이러한 여러 사진을 동시에 분석해야 하는 문제를 갖게 될 수도 있다.

## 2.7 Cameras and Aerial Photography

### 디지털 카메라 (Digital cameras)

- 필름을 사용하는 것과는 달리, EM 복사를 **전자적으로 (electronically) 기록**한다. 필름을 사용하는 대신에 디지털 카메라가 전자기 복사에 개별적으로 반응하는 **실리콘 코팅된 CCD(charge-coupled devices)**의 격자무늬 배열을 사용한다.
- CCD의 표면에 도달하는 에너지는 지상 영역의 **밝기 크기에 비례**하는 **전자 전하를 발생**시킨다. 이러한 전자 전하의 크기를 기준으로 각각의 스펙트럼 밴드의 **디지털 숫자가 각 픽셀에 할당**됩니다.
- 디지털 카메라는 **데이터 취득 및 회수에 빠른 회전(turn-around)**을 제공하며, **분광 해상도를 제어하기 용이**하다.
- 다양하게 있으나, 디지털 이미징 시스템은 **0.3m의 공간 해상도** 데이터(**spatial resolution**)를 수집 할 수 있으며, **0.012  $\mu\text{m}$  ~ 0.3  $\mu\text{m}$** 에 이르는 **분광 해상도(spectral resolution)**가 제공된다. 픽셀 배열의 크기는 시스템마다 다르지만, 일반적으로 **512 x 512 ~ 2048 x 2048** 사이의 범위를 갖는다.



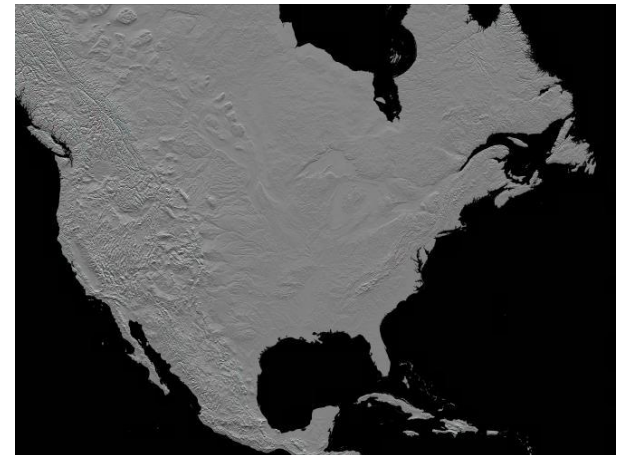
## 2.7 Cameras and Aerial Photography

### Did You Know?

미국 스페이스 셔틀은 화물칸에 장착 된 **Large Format Cameras (LFCs)**라는 카메라를 사용합니다. LFCs 는 긴 초점 거리(305mm)를 가지며 양쪽으로 수백 Km 에 이르는 영역을 높은 품질의 사진으로 찍는다. 이러한 수동 센서의 사진은 지구 표면이 태양에 의해 조명될 때 수행해야 하며, 구름 덮임과 대기의 다른 감쇠작용에 영향을 받을 수 있습니다



셔틀은 **RADAR** 불리는 특수한 능동적 마이크로파 센서 (**active microwave sensor**)를 이용하여 지구의 많은 지역을 영상화하는데 여러 번 사용되었다. RADAR 센서는 자신의 에너지 원을 제공하고, 전자파의 긴 파장으로 인해서 구름을 뚫고 바라볼 수 있는 성질 때문에 밤이나 낮에 항상 상세한 이미지를 수집 할 수 있습니다.



## 2.7 Cameras and Aerial Photography

### Did You Know?

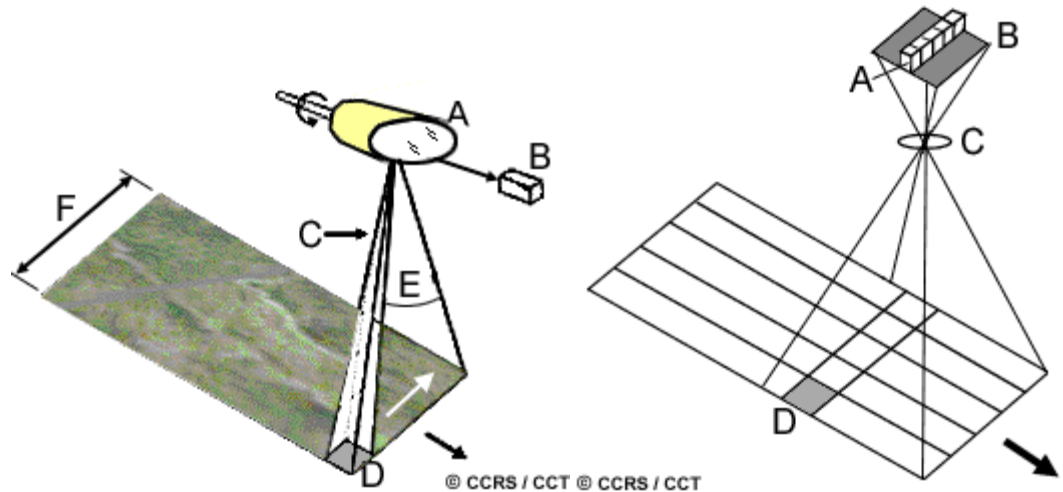
**UV 스펙트럼** 부분에서 **사진**을 찍는 것은 매우 유용 할 수 있다.

야생 동물 연구 및 관리의 흥미로운 예에서는 눈과 얼음에서 **하프 바다표범(harp seals)**을 감지하고, 계수하는데 UV의 사진을 사용하고 있습니다. 어린 바다표범은 **흰색 털**을 가지고 있는데 반해 성인은 **어두운 털**을 갖고 있다. 일반 **전색성 (panchromatic) 이미지**에서 성인 바다표범의 어두운 코트는 눈과 얼음 배경에 대해 쉽게 보여질 수 있지만, 어린 바다 표범의 희색 털은 그렇지 않다. 그러나, **성인과 어린 바다 표범 모두의 털이 UV 에너지를 강하게 흡수**합니다. 따라서, **성인과 어린 바다 표범이 UV 이미지에 매우 어둡게 나타나 쉽게 감지** 할 수 있다. 이로써 매우 넓은 영역에서의 바다 표범 개체 변화를 간단하고 신뢰적으로 모니터링 할 수 있습니다.



## 2.8 다중분광스캐닝(Multispectral Scanning)

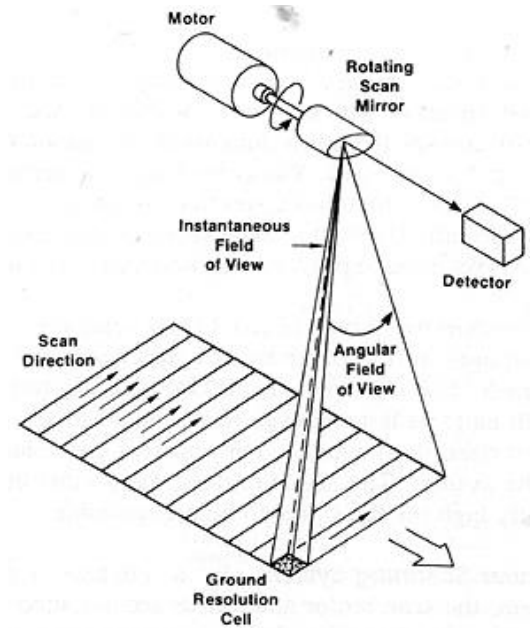
- 많은 전자 원격 센서들이 **스캐닝 시스템(scanning systems)**을 사용하여 데이터를 획득한다. 이들은 **지형을 빗질 하듯 훑으며 표면의 2 차원 화상을 생성하는 좁은 IFOV**의 **센서들**을 사용한다.
- 스캐닝 시스템은 항공기와 위성 플랫폼 모두에서 사용될 수 있다.
- **다양한 서로 다른 파장 대역에 대하여 데이터를 수집하는 데 사용되는 스캐닝 시스템을 다중분광스캐너(multispectral scanner : MSS)**라고 하며, **가장 일반적으로 사용되는 스캐닝 시스템**이다.
- **다중분광 이미지 데이터 (multispectral image data)**을 얻기 위해 사용되는 스캔에는 두 가지 모드 또는 방법이 있다.
- **트랙 횡단 스캐닝 (across-track scanning)**
- **트랙 방향 스캐닝 (along-track scanning).**



## 2.8 Multispectral Scanning

### 트랙 횡단 스캐너(Across-track scanners)

- 일련의 라인들을 따라 지구를 스캔합니다. 라인들은 센서 플랫폼의 이동 방향에 수직으로 방향을 둡니다 (즉, 관측폭(swath)을 가로지름). 각 라인은 회전 거울을 사용하여, 센서의 한쪽에서 다른 쪽까지 스캐닝된다. 플랫폼이 지구 위에서 전진하면, 연속적인 스캔으로부터 지구 표면의 2 차원 이미지를 구축할 수 있습니다.
- 들어오는 반사 또는 방출되는 복사는 독립적으로 감지되어 여러 스펙트럼 성분으로 분리된다.

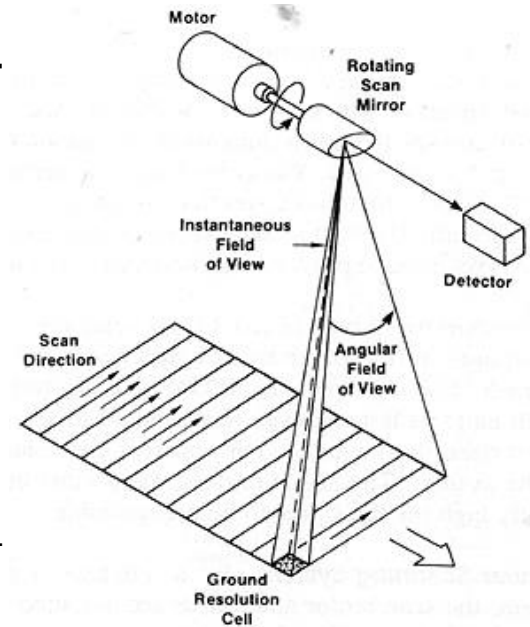


A. CROSS-TRACK SCANNER.

- UV, 가시광선, 근적외선 및 열 복사는 그 구성 파장으로 분산된다. 줄 지어있는 내부 탐지기(detector)들은, 각각 특정 범위의 파장에 반응하며, 각각의 스펙트럼 대역에 대한 에너지를 전기 신호로 감지하고 측정 후, 후속 컴퓨터 처리를 위해 디지털 데이터로 변환되어 기록한다.

## 2.8 Multispectral Scanning

- 센서의 **IFOV** 와 플랫폼의 고도는 보여지는 지상의 해상도 셀(**ground resolution cell**)을 결정하고, 따라서 공간 해상도를 결정짓는다.
- 시야각(**angular field of view**)은 거울의 훑음(**sweep**)에 해당되며, 스캔 라인을 기록하는 데 사용되고, 영상화된 관측폭(**swath**)을 결정한다.
- 항공 탑재 스캐너(**Airborne scanners**)는 일반적으로 상당히 큰 각도( $90^{\circ}\sim 120^{\circ}$ )를 훑는데 반해서, 위성 탑재 스캐너는 높은 고도 때문에 넓은 영역을 커버하기 위하여 아주 작은 각도 ( $10^{\circ}\sim 20^{\circ}$ )면 충분하다.



A. CROSS-TRACK SCANNER.

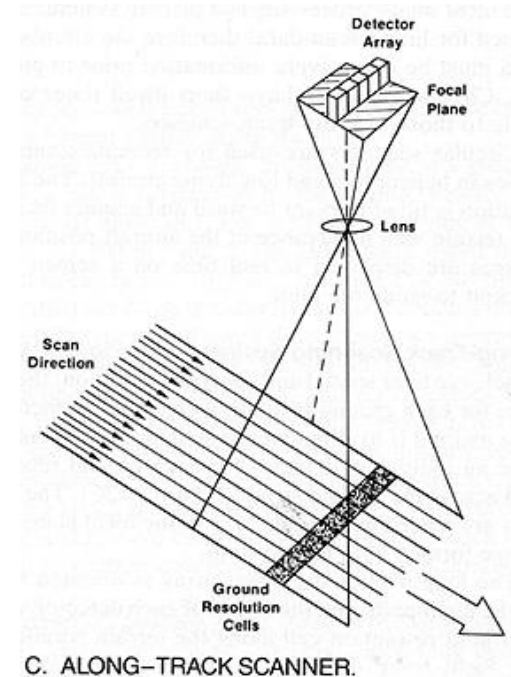
- 센서로부터의 목표물까지의 거리가 관측폭(**swath**)의 가장자리로 가면서 증가하기 때문에, 지상 해상도 셀 또한 커지고 이미지에 기하학적 왜곡(**geometric distortions**)을 가져온다
- 또한 회전 거울(**rotating mirror**) 스캔에 따라서 IFOV의 지상 해상도 셀을 "바라보는" 시간(체류 시간, **dwell time**)의 길이는, 일반적으로 매우 짧고, 센서의 공간, 분광, 및 복사 해상도 설계에 영향을 미친다.



## 2.8 Multispectral Scanning

### 트랙 방향 스캐너(Along-track scanners)

- 연속적인 스캔 라인을 기록하고 비행 방향에 수직인 2-D 이미지를 구축하는데 플랫폼의 진행 방향을 사용한다.
- 그러나 스캐닝 거울 대신에, 이들은 렌즈 시스템에 의해 형성된 화상의 초점면(focal plane)에 위치한 탐지기의 선형 배열(linear array of detectors)을 사용하며, 비행 트랙 방향(즉, 트랙을 따라)을 따라 "미는(pushes)" 형태를 띈다.
- 또한, 빗자루(pushbroom) 스캐너라고도 불린다. 이는 탐지기 배열의 움직임이 바닥을 쓰는 빗자루 강모(bristles of a broom)와 유사하다 해서 생긴 용어이다.



- 각 개별 탐지기는 하나의 지상 해상도 셀에 대한 에너지를 측정함으로써 탐지기의 IFOV의 크기가 시스템의 공간 해상도를 결정 짓는다.

- 각각의 스펙트럼 밴드 또는 채널을 측정하기 위해서는 별도의 선형 배열이 필요합니다. 각 스캔 라인의 경우, 각 선형 배열의 각 탐지기에 의해 검출된 에너지는 전자적인 샘플링되어 디지털로 기록된다.

## 2.8 Multispectral Scanning

### 트랙횡단(across-track)스캐너에 대한 트랙방향(along-track) 스캐너의 장점

- pushbroom 운동과 함께 탐지기(detector)의 배열은 각 탐지기가 각 지상 해상도 셀을 더 긴 기간(**dwelt time**)동안 바라보고, 에너지를 측정 할 수 있게 해준다. 이는 더 많은 에너지를 탐지 할 수 있게 하여, 및 복사 해상도(**radiometric resolution**)를 향상시킵니다.
- 증가된 체류 시간(**dwelt time**)은 작은 IFOVs 와 각 탐지기의 좁은 대역폭을 용이하게 하며, 따라서, 미세한 공간 및 분광 해상도(**spatial and spectral resolution**)가 복사 해상도(**radiometric resolution**)에 영향을 미치지 않고도 달성 될 수 있다.
- 탐지기는 통상 고체 마이크로 전자(**solid-state microelectronic**) 장치이기 때문에, 일반적으로 작고, 가볍고, 전력을 덜 필요로 하며, 보다 안정적이고, 움직이는 부분(**moving parts**)이 없기 때문에 더 오래간다.
- 한편, 배열에 전체에 걸쳐서 균일한 감도(**uniform sensitivity**)를 달성하기 위해 수 천 개 탐지기 간 교정이 필요하고 복잡하다.

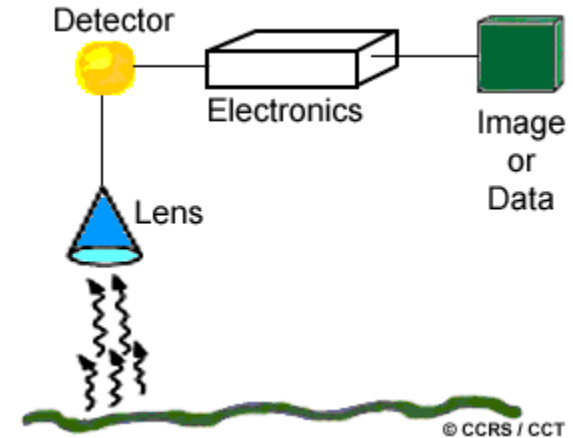
## 2.8 Multispectral Scanning

### 사진 시스템에 대한 스캐닝 시스템의 장점

- 사진 시스템의 스펙트럼 범위는 가시 및 근적외선 영역에 제한되는 반면, **MSS 시스템은 열적외선** 까지 그 범위를 확장 할 수 있다. 이들은 또한 사진 시스템보다 훨씬 더 **높은 분광 해상도(spectral resolution)**를 가질 수 있다.
- **다중 밴드(Multi-band)** 또는 **다중 분광(multispectral)** 사진 시스템은 각각의 스펙트럼 대역을 획득하기 위하여 **별도의 렌즈 시스템을 사용**한다. 이것은 다른 밴드들을 공간적으로, 복사적으로 비교하는데, 그리고 여러 이미지들을 등록하는 데 문제가 있을 수 있습니다.  
**MSS 시스템**은 이러한 문제를 완화하기 위해 **동일한 광학 시스템을 통해서 동시에 모든 스펙트럼 대역을 획득**한다.
- 사진 시스템은 **광화학(photochemical)** 프로세스에 의해 검출된 에너지를 기록하는데, 이는 **측정과 일관성을 유지하기 어렵다**. **MSS**는 데이터를 **전자적으로 기록**하기 때문에, 측정된 **에너지의 양을 결정하기 쉽고**, 디지털 형식으로 **큰 범위에 걸쳐 값을 기록** 할 수 있다.
- 사진 시스템 필름 연속적인 공급 및 사진 **촬영 후** 지상에서의 **가공이 필요**하다.  
**MSS** 시스템의 디지털 기록은 지상 수신국으로의 데이터의 송신과 컴퓨터 환경에서 데이터의 **즉각적인 처리를 용이**하게 한다.

## 2.9 열 이미징(Thermal Imaging)

**열 적외선(thermal infrared) ( $3\mu\text{m}\sim 15\mu\text{m}$ )** 에너지의 원격 탐사는 반사 에너지의 감지와 다릅니다. 열 센서는 방출되는 **열 복사를 감지**하기 위해, 자신의 표면에 직접 접촉하는 **광자(photons)에 민감한 감지기**를 사용합니다. 감지기는 자신의 열 방출(thermal emissions)을 제한하기 위해 **절대 온도  $0^\circ$  부근의 온도로 냉각**된다.



**열 이미저(Thermal imagers)**은 일반적으로 스펙트럼의 **열적외선 부분**에서 방출되는 복사를 감지하는 **트랙 횡단 스캐너(across-track scanners)**이다. 열 센서(Thermal sensors)는 감지된 복사와 함께 하나 이상의 **내부 온도 참조**를 사용하므로 **절대 복사 온도(absolute radiant temperature)**를 알게 해준다. 데이터는 일반적으로 **필름이나 자기 테이프에 기록**되며 현재 센서들의 **온도 분해능(temperature resolution)**은  **$0.1^\circ\text{C}$** 에 이른다.

## 2.9 Thermal Imaging

- 분석을 위해, 상대 복사 온도(열상/열분석도)의 이미지는 밝은 톤으로 따뜻한 온도를, 어두운 톤의 차가운 온도를 표시하여 회색레벨로 묘사한다. 상대적 공간 위치에 상대적 온도의 차이를 묘사한 이미지는 대부분의 응용 프로그램에 충분하다.



- 열 복사의 비교적 긴 파장(가시 광선에 비해) 때문에 대기에서의 산란은 최소화됩니다. 그러나, 대기 가스에 의한 흡수는 일반적으로 두 가지 특정 대역( 3~5  $\mu\text{m}$  및 8~14  $\mu\text{m}$ )에 제한하여 열 감지를 수행합니다.

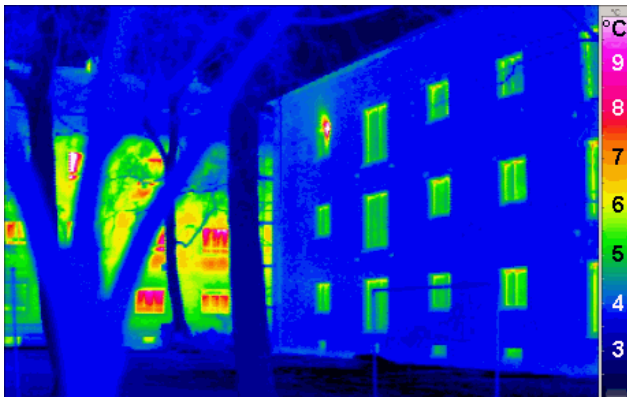
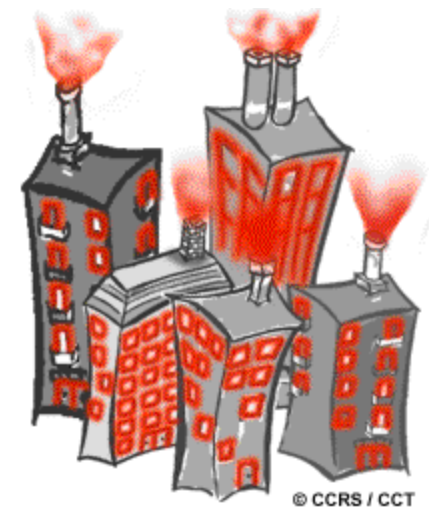
- 파장이 증가함에 따라 에너지가 감소하기 때문에, 열 센서는 신뢰할 수 있는 측정을 수행하기 위해서 충분한 에너지가 검출기에 도달하도록 일반적으로 큰 IFOV를 갖는다. 따라서 가시대역 과 반사적외선 대역에서 가능한 공간 해상도에 비하여, 열 센서의 공간 해상도는 매우 낮게 된다.

- 열 이미지는 낮과 밤 동안 취득(반사가 아닌 방출로 복사) 할 수 있으며, 군용 정찰, 재난 관리(산불 매핑) 및 열 손실 모니터링과 같은 다양한 응용 프로그램에 사용된다.

## 2.9 Thermal Imaging

**Quiz** 열 이미지는 도시 환경에서 어떻게 유용한가?

**ANS** 도시 지역 건물에서의 열 손실 탐지 및 모니터링은 열 원격 탐사 최적의 응용 프로그램입니다. 특히 캐나다와 같은 북부 국가에서는 난방 비용이 많이 든다. 주거 및 상업 지역에서의 열 화상은 열이 탈출되는 특정 건물 또는 건물의 일부를 식별 할 수 있게 해준다. 열의 양이 두드러진다면, 이러한 영역은 비용 절감 및 에너지 절약을 위해 수리 및 재절연(re-insulation)의 표적이 될 수 있다.



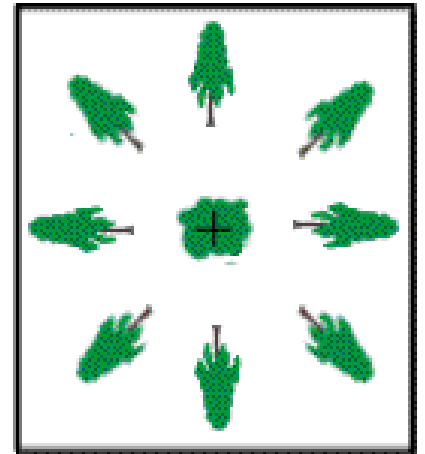
## 2.10 이미지의 기하학적 왜곡(Geometric Distortion)

- 모든 원격 탐사 영상은 다양한 기하학적 왜곡을 갖는다.
- 지구의 **3-D** 표면을 **2-D** 이미지로 정확히 **표현하는 시도**로서의 원격 탐사에는 고유한 문제이다.
- 기하학적 왜곡은 다음 중 하나 이상을 포함하는 **다양한 요인**에 기인한다. :
  - **센서 광학의 시각** (the **perspective** of the sensor optics),
  - **스캐닝 시스템의 움직임** (the **motion** of the scanning system),
  - **플랫폼의 움직임 및 (불)안정성** (the **motion** and **(in)stability** of the platform),
  - **플랫폼 고도, 자세, 및 속도**(the platform **altitude**, **attitude**, and **velocity**),
  - **지형의 기복** (the **terrain relief**)
  - **지구의 곡률과 회전** (the **curvature** and **rotation** of the Earth).

## 2.10 Geometric Distortion in Imagery

프레임 시스템(framing systems)에서 이미지의 기하학적 왜곡

- **기복변위 (Relief displacement) :** 수직 항공 사진의 주된 기하학적 왜곡은 기복변위에 의한 것입니다. 카메라 렌즈의 **중심 아래의 객체**(즉, 천저점(nadir)의 객체)은 그들의 **윗부분만** 보이나, **다른 모든 개체가 자신의 윗부분과 측면이 보이도록** 사진의 중심에서 먼 쪽으로 기울어진 것처럼 보입니다. 개체가 **높거나** 또는 사진의 **중심에서 멀리** 있는 경우, 왜곡과 위치 오차가 **커집니다**.



© CCRS / CCT

트랙방향(along-track) 스캐닝 시스템에서 이미지의 기하학적 왜곡.

- 트랙방향 스캐너 이미지의 구조는 **각 스캔 라인에 대한 항공 사진의 그것과 유사**하다. 각 감지기(detector)는 기본적으로 각각의 지상 해상도 셀(ground resolution cell)의 "스냅 샷(snapshot)"을 취하게 된다. **취득 선들 사이의 기하학적 변화**는 비행의 방향을 따른 플랫폼의 **고도와 자세의 변형**에 의해 발생합니다.

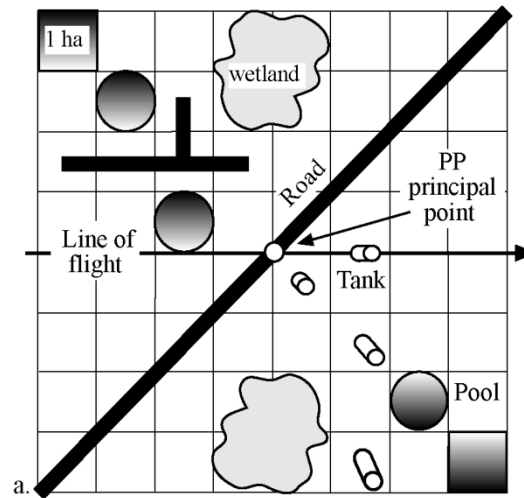


## 2.10 Geometric Distortion in Imagery

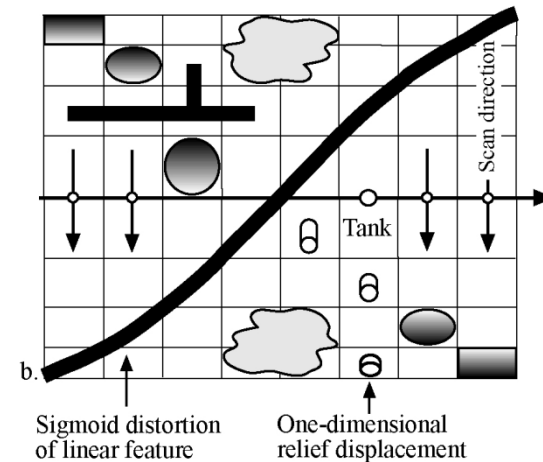
트랙횡단(across-track) 스캐닝 시스템 영상의 기하학적 왜곡의 두 가지 주요 유형.

- **기복 변위(Relief displacement):**  
항공 사진과 유사하지만, 스캔의 방향과 평행한 한 방향으로 나타남. 센서의 직하부, 최저점에는 변위가 없다. 센서가 관측폭(swath)을 가로질러 스캔할 때, 개체의 상부와 측면이 영상화되며 이미지 스캔라인에서 천저점(nadir)으로부터 멀어지는 방향으로 기울어져 나타납니다. 변위는 관측폭의 가장자리 쪽으로 이동되면서 증가하게 된다.

Vertical Aerial Photography Perspective Geometry



Across-track Scanner Geometry with One-Dimensional Relief Displacement and Tangential Scale Distortion



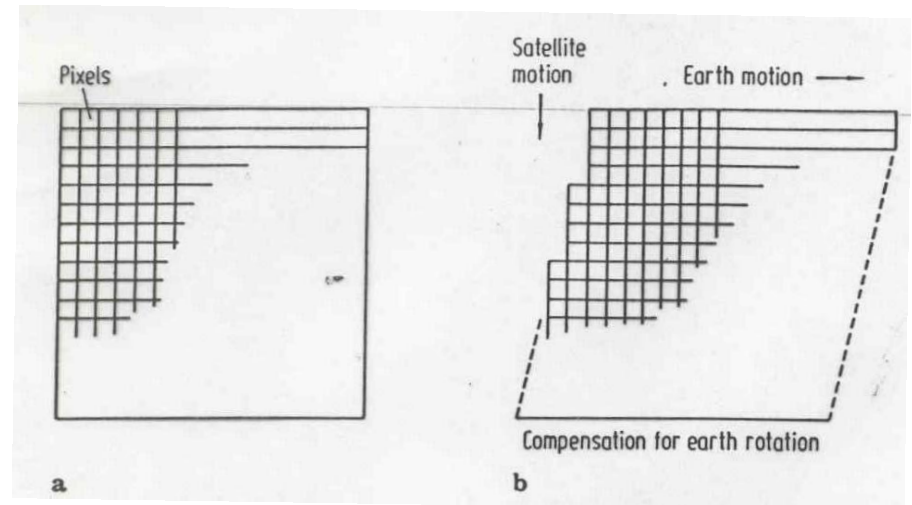
- **접선 스케일 왜곡(Tangential scale distortion):** 스캐닝 광학장비의 회전에 의해 발생한다. 센서가 각 라인을 스캔할 때, 센서로부터의 지면까지의 거리가 관측폭의 중심으로부터 멀어지면서 증가한다. 스캐닝 미러는 일정 속도로 회전하지만, 센서의 IFOV는 (지면에 대하여) 빠르게 이동하고 가장자리 가까이 이동함에 따라 더 큰 영역을 스캔한다. 이로 인해서 천저점(nadir)에서 멀리 떨어져있는 대상의 이미지는 압축되는 결과를 낳는다.

## 2.10 Geometric Distortion in Imagery

- 모든 이미지는 데이터 수집 동안 **속도, 고도, 및 태도** 등의 변화와 같은 **플랫폼 안정성의 변화에 의한 기하학적 왜곡**에 영향을 받는다. 이러한 효과는 **항공기 플랫폼**을 사용할 때 **가장 심하여지고**, 궤도가 상대적으로 안정적인 **위성 플랫폼**의 사용으로 크게 **완화된다**.

- 그러나 위성의 궤도를 따른 움직임 동안 **지구가 동쪽으로 회전**하여 스캐닝 시스템의 약간 각각 이전 스캔의 서쪽 지역을 커버하게 되며, 생성된 이미지는 이렇게 약간 **비스듬하게 영상을 얻게** 됩니다. 이 **비스듬한 왜곡(skew distortion)**은 위성 다중분광스캐너(satellite multispectral scanners)에서 얻은 이미지에서 흔히 나타난다.

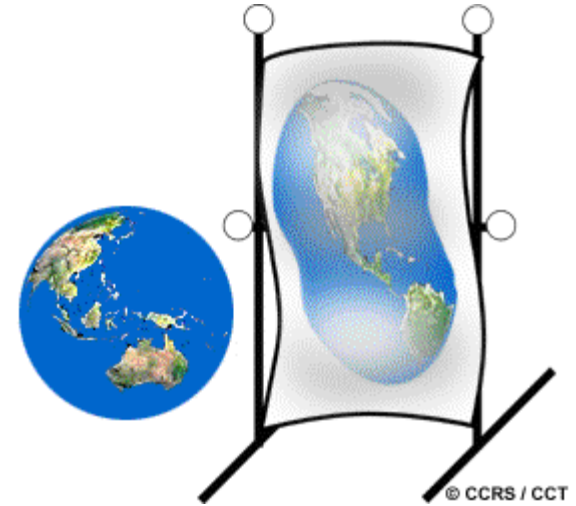
- **기하학적 왜곡과 위치 오차**의 소스는 각각의 특정 상황에 따라 다양하지만, 원격 탐사 이미지에 항상 내재되어 있습니다. 대부분의 경우, 우리는 **제거하거나 적어도 이러한 오류를 줄일 수** 있습니다.



## 2.10 Geometric Distortion in Imagery

### Did you know?

... 많은 체계적인 또는 예측 가능한 기하학적 왜곡은 실시간(즉, 이미지 수집하는 동안)에 보정 될 수 있다. 예를 들어, 지구의 자전에 의한 트랙팅단 스캐너 이미지의 비스듬한 왜곡(skew distortion)은 정확하게 모델링하고 쉽게 보정 할 수 있다. 왜곡을 일으키는 다른 랜덤 변이는 쉽게 모델링하기 어렵고, 따라서 데이터가 수집 된 후에 디지털 환경에서 기하학적 보정을 필요로 한다.



## 2.10 Geometric Distortion in Imagery

**Quiz** 당신이 가능한 한 많은 기하학적 왜곡을 제한하며, **산악 지역**을 **매핑**하고 싶다면, 당신은 위성 기반 시스템을 선택하겠습니까? 또는 항공기 기반 검색 시스템을 선택하겠습니까? 영상 기하학적인 관점에서 그 이유를 설명하십시오.

**ANS** 항공 스캐닝 시스템이 대부분의 경우에 적절한 기하학적 정확도를 제공 할 수 있지만, **위성 스캐너가 산악 지역에서는 바람직** 하다.

1. 기복의 큰 변화 때문에 기복 변위(**relief displacement**)의 결과인 **기하학적 왜곡**(geometric distortions)이 **위성 고도에서보다 항공기 고도에서 훨씬 더 증폭** 된다.
2. 또한, 동일한 조명 조건에서, 항공기 이미지는 **얇은 시야각에** 기인한 **그림자** 때문에 **더 큰 문제가** 될 것이며, 이는 실제적인 매핑을 불가능하게 합니다.

