

## 계수형 영상처리 : 원격탐사를 중심으로

楊 明 隆\* 柳 根 浩\*\*

韓國科學技術院 電算開發센터 研究員\*

陸軍士官學校 電子工學科 助教授(工博)\*\*

### I. 서 언

1970년대 이후 전자계산기의 이용이 급격히 확대되기 시작한 이래 소리나 영상을 강도(intensity)에 따라 수치로 변환하여 분석 평가하는 노력이 계속되어 왔으며, 많은 발전이 이루어졌고, 실생활에도 많이 응용되기 시작하였다. 따라서 본고에서는 계수형 영상처리(digital image processing)를 원격탐사에서의 응용을 중심으로 간략하게 소개하여 도움이 되고자 한다.

### II. 영상 처리의 기본 개념

영상(image)이라함은 해석적인 관점에서 볼 때, 명암도(grag level)로 각각의 특성을 나타낼 수 있는 pixel(화소 : picture element)들의 2차원 평면으로 고찰할 수 있다. 다시 말하면 영상이란 2개의 공간 변수  $x, y$ 를 갖는 명도함수(brightness function)  $f(x, y)$ 로 표시할 수 있다.

명암도는 일반적으로 전자파의 일종인 빛의 특정 분광영역의 복사 에너지 강도를 수치화한 것이라 할 수 있으나, 이는 거리, 속도, 편광 등의 다른 현상의 척도도 될 수 있다. 영상이 단색 영상(monochromatic image) 또는 흑백 영상(B/W image)이 아닌 칼라 영상일 경우, 태양을 에너지원으로 하는 단색광은 적(red), 녹(green), 청(blue) 세 가지 빛의 조합으로 이루어지므로 각각 특정 스펙트럼 영역의 복사 에너지로 분해되는 3개의 단색 영상의 조합으로 생각할 수 있다. 따라서 칼라 영상의 해석을 위하여서는  $f_r(x, y)$ ,  $f_g(x, y)$ ,  $f_b(x, y)$ 로 표현되는 가시광선 영역의 적, 녹, 청의 명도 함수가 필요하게 된다.

근래에 와서 영상 처리의 자동화에 대한 수요가 증가하고 있으며, 실제 업무에 있어서도 중요한 역할을 담당하게 되었는데 그 이유는 다음과 같다.

첫째, 영상 정보에 근거한 즉각적인 의사 결정(real-time decision making)의 필요성에 대한 수요 증가

둘째, 처리하여야 할 영상 자료의 급속한 증가

셋째, 숙련된 분석자의 부족

네째, 영상으로 부터 가능한 많은 정보를 추출하

기 위한 정량분석(quantative analysis)의 필요

또한 영상의 수치화(image digitization)는 공간좌표  $x, y$ 의 정수값에 해당하는 pixel의 명암도를 결정하는 것으로, 화나의 pixel의 명암도를 몇 개의 bit(binary digit)로 나타내는가에 따라 영상처리에 필요한 전자계산기의 용량과 처리시간이 결정되게 된다.

### II. 영상(Image)과 실상(Real Scene)과의 관계

실제로 기록된 영상  $f(x, y)$ 와 실상  $s(u, v)$ 와 변환(transformation)이 T의 관계에 있다고 하면 수학적으로 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$f(x, y) = T[s(u, v)]$$

실상  $s(u, v)$ 는 영상  $f(x, y)$ 으로 부터 역연산(inverse operation)  $T^{-1}$ 에 의하여 유도할 수 있다.

$$s(u, v) = T^{-1}[f(x, y)]$$

T는 다음과 같은 변수들의 함수로서 표현될 수 있다.

첫째, 센서의 성능과 같은 영상 시스템

둘째, 센서에 의하여 행하여지는 영상 맵핑의 기하학적 및 실상의 복사 조건(radiometric condition)을 결정하는 센서의 자세(platform attitude) 및 위치등과 같은 조명 조건(illumination condition)

셋째, 지표면의 굴곡

네째, 대기 조건과 같은 센서와 대상 물체간의 매개 물질(medium)

이상과 같은 변수의 영향을 받는 T는 몇 가지 변환식-그 중 일부는 필요한 변환이나 나머지는 피할 수 없는 오차 수정을 위한 변환식의 곱으로 표현될 수 있다. 이상적인 센서의 경우 원근 투영, 정사영, panorama

투영 또는 어떠한 변형(distortion)도 일어나지 않는 투영등에 의한 지도투영을 위한 변환은 필요한 변환의 예 중의 하나로 들 수 있으며, Mercator 투영 또는 스테레오그래픽 투영등과 같이 표준 지형도 제작에 사용되는 투영 역시 필요한 변환중의 하나이다.

이러한 이상적인 센서에 의한 투영은 불가피한 변환에 의한 변형이 없으므로 하나의 영상에서 두 개의 컨트롤포인트(조정점)에 의하여 영상의 축척과 모든 화소들의 실제 위치 등을 정확히 결정할 수 있으며 또한 밝기(brightness) 측정에 의한 명암도는 정확한 강도분포  $s(u, v)$  를 나타내게 된다.

그러나 피할 수 없는 변환은 영상의 질적 저하의 문제를 유발한다. 그림 1은 영상의 질적 저하를 유발시키는 변환의 전형적인 예들로 두 가지로 대별할 수 있다. 하나는 기하학적인 공간 변환에 의한 것이며, 다른 하나는 광학적인 래디오메트릭 변환에 의한 것으로 기하학적인 변환은 대상체의 좌표와 실제 화소의 위치와의 관계를 밝힘으로써 규명할 수 있으며 래디오메트릭 변환은 화소의 기하학적인 위치는 변화시키지 않고 질적인 변화를 유발시킨다. 이러한 변환들 가운데 일부의 변환은 매우 단순하여 1차 또는 2차식으로 풀 수 있으나 핀 쿠션 변형등과 같은 몇몇의 변형은 매우 복잡하여 컨트롤 포인트나 조정된(calibration) 영상의 평균치를 이용하여 최적치를 계산하여야 한다. 이러한 변형이 센서에 따르는 매우 전형적인 경우 이미 만들어진 보정표(correction table)에 따라 보정치를 추정할 수 있다.

화상의 정확한 보정-예를 들어 필요한 변환을 갖는 화상과 일치되게 하는 영상의 질적 저하 및 편지에 따르는 보정을 영상 복원(image restoration)이라 한다. 다시 말하면 필요한 변환과 불가피한 변환중 불가피한 변환만을 행하였을 경우를 말하며 이같은 처리과정(procedure)은 지형도 제작에 있어서 기하학적인 사항의 하나로 요구된다.

동일한 scene의 여러 영상을 각각 대음이 되도록 변환하는 것을 영상의 레지스트레이션이라 한다. 화소의 위치는 기하학적으로는 영상의 위치(nominal position)와 일치하여야 하나 영상의 위치에 변형이 있게 된다. 영상의 레지스트레이션은 일반적으로 컬러 컴퍼지트(합성) 영상이나 시간적 변화를 추정하는 경우에 많이 사용하게 된다.

기하학적인 자세(aspect) 역시 유사하며 광학적인 분야의 경우 절대적 및 상대적인 정확도는 구별하여야 한다. 화소의 복사 강도(radiance)가 영상내의 다른 화소의 복사 강도에 영향을 받을 경우 상대적인 측정을 필요로 하며, 화소의 명암도가 센서의 감도에 영향을 받을 경우 절대적인 측정이 필요하게 된다.

그 밖의 많은 오차의 원인-대기 조건, 태양 입사각 등은 체계적인 오차를 유발하며, 이러한 다양한 오차들은 각각 다른 모델들에 의하여 고려되어야 한다.

III. 영상의 강조와 여파(Filtering)

영상 복원(restoration) 및 레지스트레이션과 같은 처리의 하나로 영상 강조(enhancement)와 영상의 여파(filtering) 방법을 사용한다. 이러한 처리 과정을 간략히 서술하면 영상 정보중 중요한 또는 필요한 부분을 강조하기 위하여 그 외의 배경부분(background part)의 정보를 제거하거나 약화시킴으로써 가능한데 이는 사용자가 특별한 관심을 갖는 부분을 강하게 드러내기 위하여 사용하며 또한 특징 추출(feature extraction)과 분류(classification)를 위하여 많은 도움을 준다. 영상의 강조나 여파는 모두 다 영상 신호(image signal)의 공간 영역(spatial domain)에 대하여 기타 다른 처리 과정을 위하여서는 주파수 영역(frequency domain)에 대한 이해가 필요하게 된다.

IV. 영상 자료 처리와 분석 체계의 요소

영상 자료의 처리와 분석 체계는 자료 수집(data aquisition), 자료 취급(data handling), 자료의 전처리(data preprocessing), 자료 분석(data analysis), 자료의 보관 및 검색(data storage and retrieval)의 다

Characteristic Geometric Distortions		Characteristic Radiometric Distortions	
Sensor internal	External	Sensor internal	External
Scale ( $\pm 1\%$ )	Aspect Angle Distortion	Blemishes	Radiometrically Correct Image
Centering ( $\pm 0.75\%$ )	Scale Distortion	Banding	
Nonlinearity ( $\pm 1\%$ )	Terrain Relief	Shading	Atmospheric Attenuation, Noise-Snow
Skew ( $\pm 20\%$ )	Earth Curvature		
Raster Rotation ( $\pm 0.1^\circ$ )	Earth Rotation		
Magnetic Lens Distortion ( $\pm 1\%$ )			

그림 1. 기하학적 변형(geometric distortion)과 광학적 변형(radiometric distortion)의 특성 (괄호 안의 수치는 LANDSAT (지구 자원 탐사위성) 영상의 경우임)

섯가지 서브시스템으로 나눌 수 있다.

1. 자료 수집 체계

영상 자료는 광학 카메라, TV카메라, 기계니컬 스캐너, 레이다, 라이더(레이저 레이다) 등과 같은 여러 종류의 센서로부터 수집된다. 영상 자료 처리 센터의 일반적인 목적은 서로 다른 형태의 자료들을 수집하고 처리하는 데 있다. 영상 자료 센터로부터 초기 자료(raw data)들의 분배는 사진 필름, 아나로그 또는 디지털 테이프, 또는 전자파 시그널 등의 매체를 통하여 이루어진다. 영상의 크기와 자료의 배열등은 자료의 코딩화(data encoding)방법에 따르게 된다.

또한 영상 자료에 포함하여 센서의 특성, 위치, 일자, 기하학적 및 광학적인 (radiometric) 보정에 관한 보조 자료들도 같이 수집된다. 초기 자료는 질적인 확인 (quality check) 후 이러한 보조 자료들에 의한 주석 (annotation)을 포함하게 되며, 이러한 주석 (annotation)은 영상 자료의 보정과 자료의 보관 및 검출을 손쉽게 한다.

2. 자료 취급 체계

기본 자료로부터 다음 처리 과정에 맞도록 자료의 형태 (data format)를 변환시키게 된다. 예를 들어 사진 영상으로부터 트랜스퍼렌스나 종이에 인화, 확대한 영상을 얻을 수 있으며 또한 수치화된 자료는 자동 영상 처리를 위하여 흔히 CCT (computer compatible magnetic tape)의 형태로 이용되기도 한다. CCT는 물론 아나로그 마그네틱 테이프로부터 이용되기도 하며 HDDT (high density digital tape)로부터 얻어지기도 한다. 이러한 자료들을 취급할 수 있는 장비가 부착된 전자계산기에서 아주 쉽게 자료 처리가 이루어질 수 있다. 전형적인 CCT, HDDT 및 아나로그 테이프의 특성은 표 1과 같다.

표 1. CCT, HDDT 및 아나로그 테이프의 특성

Type of tape	No. of tracks	Bit density per track	Transfer rate per track	Capacity of tape
CCT	6	$2.8 \cdot 10^8 \text{ bit/cm}^2$	$320 \cdot 10^3 \text{ bit/s}$	2.4-bit
	(8)			$(3.2 \cdot 10^8)$ for 1.27mm×720mm
HDDT	28	$8.7 \cdot 10^8 \text{ bit/cm}^2$	$2.4 \cdot 10^6 \text{ bit/sec}$	$6 \cdot 10^{18} \text{ bit}$ for 25.4mm×2800mm
Analog Tapes		$6 \cdot 10^8 \text{ bit/cm}^2$	$15 \cdot 10^6 \text{ bit/sec}$	$6.65 \cdot 10^{10} \text{ bit}$ for 50.8mm×2160m

자료들은 자동 처리후 눈으로 검색하기 위하여 디스플레이되며 최종적으로는 하아드 카피 형태로 분배된 광학적인 신호 역시 이상과 같은 이유로 수치화 신호로 변환하여 처리하게 된다.

3. 자료의 전처리 체계

LANDSAT 영상의 전처리 과정의 산물을 살펴보면 사용자의 요구에 따른 세 가지 분야로 나눌 수 있다. 하나는 벌크 영상이며, 다른 하나는 기하학적인 오차를 제거한 정밀 필름 영상 (precision film imagery)이며, 또 다른 하나는 양적인 처리 및 해석 (quantative processing and analysis)이 가능한 수치화 영상이다.

벌크 (bulk) 영상 자료는 비행체, 비행자세, 지구 자전등과 같은 체계적이며 짧은 시간내에는 거의 변화하지 않는 오차들을 제거하였다. 물론 이러한 처리를 위하여서는 보조 자료가 필요하게 된다.

정밀 필름 영상은 래디오메트릭 오차의 보정 방법과 영상내의 인식 가능한 지상 물체와 레이저우 (reseau) 또는 틱 마아크에 의한 자동 보정등에 의하여 오차를 수정하게 된다.

전처리 과정의 세번째 분야는 분류와 해석을 위한 자료의 강조와 여과 처리 과정이다. 분류 과정은 예를 들면 전체 영상에서 몇 %의 발이 존재하느냐와 같은 정보의 추출로 그 기준은 분류의 목적에 따라 달라지게 된다.

4. 자료 분석

영상 자료의 분석은 여러 가지 변환, 준거 (reference) 마아크, 영상 자료의 격자화 (gridding), 영상의 레지스트레이션 등에 의한 기하학적인 보정과 영상의 강조, 스무딩, 샤아프닝, 더파, 영상 비 (image ratio)에 의한 새로운 영상 형성, 복합 영상 처리, 특징 추출 및 분류 등의 방법으로 행하여 진다. 분류를 위한 방법은 감독자 분류 (supervised classification), 통계적인 분류 방법의 하나인 집단화 (clustering) 기법을 이용한 무감독자 분류 (unsupervised classification) 및 디지전 트리에 의한 분류등이 있다.

5. 자료의 보관 및 검색

자료의 보관은 자료 수집 순서대로 보관하는 히스토리컬 화일 방법, 사용하는 자료를 보관하는 워킹 화일 방법, 사용자별 자료를 보관하는 유저스 화일 방법등과 같은 방법이 있다. 히스토리컬 화일 방법은 원시 자료 그대로 보관하는 방법으로 필요할 시에 필요한 부분만을 처리하고 분석하는 방법이다. 워킹 화일 방법은 실제 사용을 위한 산물 (product)을 보관하는 방법

으로 원시 자료가 아닌 처리를 위한 래디오매트릭 자료, 지도, 자료의 카타로그 등의 부가 자료를 같이 보관하는 방법이다. 유저 회일 방법은 예를 들어 리모트 센싱 자료로부터 얻어진 특정 지역의 경작지 이용 현황 등과 같은 일반적인 정보를 보관하는 방법이다.

V. 맺 음 말

여기에서는 계수형 영상처리를 원격탐사를 중심으로 소개하였으나 이외에도 의용공학, 로버틱스등에 많은 이용이 이루어지고 있다. 또한 원격탐사 분야로 영상 처리 기법을 이용하여 농업, 임업, 해양, 자원, 환경 등에 이용이 많으므로 앞으로도 이 분야에 대한 많은 응용을 기대해 본다.

참 고 문 헌

[1] W.D. Billing, F. Golley, etc., *Remote Sensing for Environmental Sciences. Ecological Study*,. vol. 18, Springer-Verlag, New York, USA, 1976.

[2] *Resource Sensing from space*, National Academy of Sciences, USA, 1977.

[3] Rafael C. Gonzalez, Paul Wintz, *Digital Image Processing*. Addison-Wesley, USA, 1977.

[4] Thomas M. Lillesand, Ralph W. Kiefer, *Remote Sensing and Image Interpretation*. John Wiley & Sons, USA, 1979.

[5] Joseph Lintz, Jr., David S. Simonett, *Remote Sensing of Environment*. Addison-Wesley, USA, 1976. \*\*\*

알아봅시다

美國에 있어서 voice line 의仕様

Name of conditioning : Telephone companies : Western Union : Former names : Telephone companies :	Type C1 conditioning "Class E" lines		Type C2 conditioning "Class F" lines		Type C4 conditioning "Class H" lines	
	Line Type 3003 Type 4 A conditioning		Line Type 3004 Type 4 B conditioning		Line Type 3005 Type 4 C conditioning	
Voice lines applicable to :	Two Point or Multipoint Half or Full Duplex Two Wire or Four Wire		Two Point or Multipoint Half or Full Duplex Two Wire Four Wire		Two Point Half or Full Duplex Two Wire or Four Wire	
Specifications for amplitude variation :	Amplitude Variation	Frequency Range	Amplitude Variation	Frequency Range	Amplitude Variation	Frequency Range
	- 2 to +6db	300-999	-2to+6db	300-499	-2to+6db	300-499
	+ 1 to +3db	1000-2400	-1to+3db	500-2800	-2to+3db	500-3000
	- 2 to +6db	2401-2700	-2to+6db	2801-3000	-2to+6db	3001-3200
Specifications for envelope delay :	Envelope Delay (Micro-seconds)	Frequency Range	Envelope Delay (Micro-seconds)	Frequency Range	Envelope Delay (Micro-seconds)	Frequency Range
	Less than 1000	1000-2400	Less than 500	1000-2600	Less than 300	1000-2600
			Less than 1500	600-2600	Less than 1500	800-2800
			Less than 3000	500-2800	Less than 1500	600-3000
				Less than 3000	500-3000	