

# 디자인 패턴을 적용한 위성영상처리를 위한 군집화 분류시스템의 설계

김 동 연<sup>†</sup> · 김 진 일<sup>††</sup>

## 요 약

본 논문에서는 위성영상을 처리하기 위한 무감독분류 기법인 군집분류 시스템을 설계하고 구현하였다. 구현된 시스템은 새로운 위성영상 포맷과 군집분류 기법의 지원이 용이하고, 확장성 있는 시스템의 설계를 위하여 팩토리 패턴과 전략적 패턴 등 다양한 디자인 패턴을 적용하였다. 군집분류 시스템은 순차군집분류 기법, K-Means군집분류 기법, ISODATA 기법, Fuzzy C-Means군집분류 기법을 설계, 구현하였으며 Landsat TM 위성영상을 분류기의 입력영상으로 실험하였다. 그 결과 군집분류 기법은 사전지식이 없는 위성영상의 분류를 위한 표본영역의 추출작업과 위성영상의 실시간 분류에 효과적인 사용이 가능함을 보였으며, 재사용성 및 확장성이 우수한 시스템을 개발하였다.

## A Design of Clustering Classification Systems using Satellite Remote Sensing Images Based on Design Patterns

Dong Yeon Kim<sup>†</sup> · Jin Il Kim<sup>††</sup>

## ABSTRACT

In this paper, we have designed and implemented clustering classification systems-unsupervised classifiers-for the processing of satellite remote sensing images. Implemented systems adopt various design patterns which include a factory pattern and a strategy pattern to support various satellite images' formats and to design compatible systems. The clustering systems consist of sequential clustering, K-Means clustering, ISODATA clustering and Fuzzy C-Means clustering classifiers. The systems are tested by using a Landsat TM satellite image for the classification input. As results, these clustering systems are well designed to extract sample data for the classification of satellite images of which there is no previous knowledge. The systems can be provided with real-time base clustering tools, compatibilities and components' reusabilities as well.

**키워드 :** 디자인 패턴(design pattern), 위성영상(satellite image), 군집분류(clustering), Landsat TM

### 1. 서 론

원격탐사는 주로 항공기나 인공위성에 탑재된 분광감지기를 이용하여 지표면의 대상물에서 반사 또는 복사되는 전자파를 측정하여 분석함으로써 대상물이나 현상에 대한 해석 및 감시를 하는 기술을 말한다. 항공기나 인공위성으로부터 얻어진 화상으로부터 지표면의 특징을 분류하여 피복도를 작성하는 것은 원격탐사 분야에서 중요하게 다루어지는 분야이다[1]. 최근의 위성영상은 높은 해상도를 가지고 있으며, 매우 다양한 지구표면의 정보를 포함하고 있어 위성영상으로부터 유용한 정보를 경제적이고, 빠르게 검출하는 것이 매우 중요하다[2].

지금까지 연구되어 왔던 위성영상분류를 위한 기법에는

평행육면체 기법(Parallel-Piped Classification), 최소거리 기법(Minimum Distance Classification), MLC(Maximum likelihood Classification) 등의 감독분류 기법과 순차군집분류 기법, K-Means군집분류 기법, ISODATA 기법, Fuzzy C-Means군집분류 기법 등의 무감독분류 기법이 있다. 감독분류 기법은 입력영상의 표본영역의 검출을 위해 사전지식이 많이 요구되고, 사용자의 경험에 의존적이라는 문제점이 있다. 그에 반해 무감독분류 기법은 영상에 대한 사전지식을 가지지 못한 경우 적용이 가능한 분류기법이다[3].

일반적으로 사전지식을 획득하기 위해서는 현지 답사, 실측 등의 많은 부파적인 작업이 필요하다. 그러나 최근의 인공위성 영상은 고해상도이고, 넓은 지역의 데이터를 획득하기 때문에 사전지식을 획득하기 위한 시간과 비용이 많이 요구되고, 사용자는 빠른 분류 결과를 요구한다. 이에 본 논문에서는 사전정보가 없는 상태에서 위성영상을 빠르

<sup>†</sup> 정 회 원 : (주)아이티엑스퍼트그룹

<sup>††</sup> 정 회 원 : 동의대학교 컴퓨터공학과 교수

논문접수 : 2002년 1월 25일, 심사완료 : 2002년 6월 3일

게 분류할 수 있는 군집분류 시스템을 구현하였다. 군집분류 시스템에서는 순차군집 분류기법[4-5], K-Means군집분류 기법[6], ISODATA 기법[7], Fuzzy C-Means군집분류 기법[8-10]을 구현하였다.

본 군집분류 시스템은 다양한 디자인 패턴(design pattern)[11]을 적용하여 효율적으로 시스템의 확장과 유지보수가 가능한 군집분류 시스템을 구현하였다. 디자인 패턴은 재사용성이 높고, 확장이 가능한 시스템의 설계를 위하여 이미 풍부한 기술을 가지고 있는 개발자의 경험을 재사용하는 것이다. 본 논문에서는 다양한 형태의 입력영상 포맷을 지원하기 위하여 각 입력영상 포맷에 따라 객체를 생성할 수 있는 팩토리 패턴(factory pattern) 군집분류 알고리즘의 유사성을 효율적으로 모델링하기 위한 전략적 패턴(strategy pattern)을 적용하여 시스템을 구현하였다. 현재 개발되어 있는 대부분의 분류시스템의 경우 효율적 실행만을 강조하는 형태로 설계되어 있지만 본 논문에서 제안한 군집분류시스템은 효율적 실행뿐만 아니라 확장성 및 재사용성 등을 극대화시켜 영상분류뿐만 아니라 다양한 형태의 자료분류에 쉽게 적용할 수 있도록 다양한 디자인 패턴을 적용하였다.

## 2. 위성영상과 분류

### 2.1 원격원격탐사

원격탐사란 멀리 떨어져 있는 대상물을 관측하는 기술로서 측정하고자 하는 목표물에 직접 접촉하지 않고, 목표물에서 복사되어 나오는 전자파를 감지하여 그 물체의 성질을 측정하는 것이다. 원격탐사의 응용분야는 넓은 대륙·해안의 정보수집, 지구규모의 환경변동 감시 등에 이르기까지 매우 다양하다. 인공위성 원격탐사 자료의 획득은 전적으로 관측 센서에 입사하는 전자기파의 세기에 의존한다. 센서에 지표면의 물체에 반사된 태양 광선이 입사함으로써 그 빛의 세기가 영상 자료의 형태로 저장되어진다. 일반적으로 모든 물질은 전자기파 중 특정한 파장의 전자를 흡수하거나 반사하는 고유한 특징을 가지는데, 이러한 성질을 그 물체의 분광 특성이라고 한다. 이 분광 특성에 의해 표적물로부터 반사되거나 복사되는 에너지의 세기는 물체의 특성에 따라 달라지며, 같은 대상물이라도 파장대에 따라 반사 또는 복사되는 에너지의 비율이 달라지기 때문에 물체의 판별이 가능하게 된다. 원격탐사에서는 지상 물체에 대한 다양한 정보를 얻어내기 위하여 여러 가지 파장대에서 획득한 영상 자료를 사용한다. 인공위성으로부터 얻어진 원격탐사 영상은 다양한 보정 작업을 거친 후 분류를 위한 자료로 사용되어진다.

### 2.2 입력영상 포맷

다중분광 인공위성영상은 공간적 위치와 분광정보를 포

함하고 있다. 다중분광영상의 자료포맷은 화소 배치 속에 밴드별 정보를 어떻게 포함하고 있는가에 따라 BSQ(Band Sequential), BIL(Band Interleaved by Line), BIP(Band Interleaved by Pixel) 등 3종류로 나누어진다. BSQ형식은 각 밴드의 2차원 영상자료를 밴드 순으로 정렬하고, BIL형식은 한 라인 속에 한 밴드 분광값을 나열한 것을 밴드 순으로 정렬하고, 그것을 전체 라인에 대해 반복한다. 그리고 BIP형식은 한 라인 중의 하나의 화소 분광값을 나열한 것을 그 라인의 전체 화소에 대해 정렬하고, 그것을 전체 라인에 대해 반복한다. 본 논문에서 구현한 군집분류 시스템에서는 ERDAS사의 LAN포맷과 GeoTIFF포맷으로 저장되어 있는 인공위성영상을 BIP포맷으로 변환하여 작업한다.

### 2.3 분류기법

감독분류 기법은 영상에서 분류하고자 하는 정보 집단의 위치나 분광 특성을 사용자가 정확히 알고 있을 때 사용하는 방법이다. 일단 영상자료로부터 집단의 각 밴드별 화소값을 추출해야 한다. 이렇게 추출된 영상의 일부분을 표본 집단이라고 하며, 분류작업시 표본집단의 통계적 수치를 계산하여 입력자료로 사용한다. 분류하고자 하는 자료의 표본집단이 완성되면, 이들과 비슷한 통계값을 갖는 화소들을 계속 수집하여 집단의 크기를 확장해 감으로써 전체 영상에 대한 분류 작업을 완성하게 된다. 감독분류 기법은 사용자의 판단이 전체 결과에 매우 중요한 요소로 대두하기 때문에 많은 경험과 정확한 사전 지식이 요구된다. 이와 같은 감독분류 기법에는 평행육면체 기법, 최소거리 기법, MLC 등이 있다.

무감독분류 기법은 표본집단과 같은 사전정보 없이 영상을 구성하는 화소값의 공간적, 분광적 특성만을 이용하여 분류 작업을 수행하는 기법이다. 이 방법은 순수한 통계 처리의 기법에 의해 수행된다는 점에서 군집화(Clustering)라고 불리우며, 분류할 군집의 개수와 각 분광 군집 사이의 한계 거리만을 지정해 줌으로써 작업이 가능하다. 이와 같은 무감독분류 기법에는 순차군집분류 기법, K-Means군집분류 기법, ISODATA 기법, Fuzzy C-Means군집분류 기법 등이 있다.

각 분류기법을 간략하게 소개하면, 순차군집분류 기법은 화소를 한 개씩 순차적으로 검사하는 방법이다. 각 분석된 화소와 이미 계산된 군집중심 사이의 분광 거리를 계산하여 각 화소를 새로운 군집중심의 형성에 사용되거나, 이미 존재하는 군집에 분배한다. 사용자의 요구 군집보다 많은 수의 군집이 생성되었을 경우 군집들의 병합이 일어나며 모든 화소를 단일 검색으로 군집기법이 종료하기 때문에 아주 빠른 수행을 한다. 다음으로 K-Means군집분류 기법은 영상을 통해 얻고자 하는 군집의 개수를 사용자가 지정하도록 되어있고, 사용자가 지정한 개수만큼의 군집 중점을 다차원 측정공

간상에 위치시킨다. 영상의 각 화소들은 군집들의 임시 평균 벡터들 중에서 가장 가까운 군집에 할당되며 모든 화소들이 이러한 방법으로 분류된 후, 군집은 새로운 군집중심이 계산된다. 이렇게 수정된 군집중심은 영상 재분류의 근거로 사용되며 군집중심의 위치가 더 이상 변하지 않을 때까지 알고리즘의 반복이 지속된다. ISODATA 기법은 매 반복 단계마다 표본의 평균을 군집의 중심으로 정한다는 점에서 K-Means 군집분류 기법과 원리상으로 유사하지만, 부가적인 군집의 분리와 병합을 한다는 점에서 K-Means 군집분류 기법과 다르다. 마지막으로, 퍼지 C-Means(FCM) 군집분류 기법은 하드 C-Means(HCM) 군집분류 기법의 퍼지 모델로 알고리즘의 결과가 군집중심과 퍼지 C-Means 분할 행렬을 동시에 구할 수 있는 자기 조직화한 무감독분류 기법이다.

본 논문에서는 무감독분류인 군집분류 기법에 대한 시스템을 디자인 패턴을 적용하여 설계하고 구현하였으며, 그 결과 전략적 패턴의 효율성과 시스템의 확장성을 고려한 설계를 보여준다.

### 3. 군집분류 시스템의 설계 및 구현

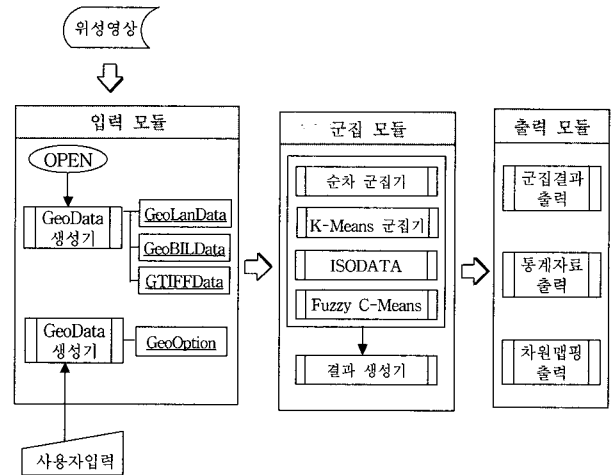
#### 3.1 시스템의 개요

군집분류 시스템은 입력위성영상의 포맷으로 ERDAS LAN 포맷과 GeoTIFF 포맷을 지원하며, 네 가지의 군집기법을 구현하였다. 추가적으로 새로운 영상포맷과 새로운 군집기법의 지원을 위하여 확장이 가능한 시스템이다. 그리고 각 군집기법의 결과를 다양한 형태의 출력결과로 만들어낸다. 군집분류 시스템은 확장성이 높은 시스템의 개발을 위하여 객체 지향 기법을 적용하여 설계를 하였다.

군집분류 시스템은 입력영상과 수행할 군집분류 기법을 사용자가 선택하고, 입력변수의 입력을 완료하면 군집알고리즘을 수행한다. 군집알고리즘이 종료되면, 사용자가 선택한 색상으로 생성 군집을 색인한 후 화면에 결과를 출력하고, 사용자의 요구에 의하여 군집의 통계자료 및 3차원 출력결과를 확인할 수 있다. 사용자는 군집분류 기법의 결과를 확인한 후 입력변수의 다양한 변화를 통하여 각 결과의 비교가 가능하도록 하였다.

군집분류 시스템은 입력모듈, 군집알고리즘모듈, 출력모듈로 구성되어 있고, MDI(Multi Document Interface) 형식으로 설계되었으며, 입력 영상과 출력 결과를 한 개의 문서 객체에서 관리하여 효율적인 입출력 자료의 관리가 가능하다. 그리고 입력 포맷이 변화되어도 기존에 사용하던 인터페이스를 그대로 사용할 수 있으며, 각 군집클래스도 모두 단일 인터페이스를 사용하여 확장이 가능하도록 하였다. 군집분류 시스템의 개요는 (그림 1)과 같다. (그림 1)에서 입력 모듈의 경우 다양한 형태의 위성영상의 표현을 위하여 각 형태와 관련이 있는 다수의 클래스를 가지고 있다. 이와

같은 경우 각 입력영상에 따라 구성되어야 하는 데이터의 형태가 틀리므로 객체생성 과정을 팩토리 패턴을 적용하여 다양한 형태의 위성 영상을 단일 인터페이스로 생성할 수 있도록 하였고, 유사한 군집모듈을 동일한 인터페이스를 사용한 접근을 지원하기 위하여 전략적 패턴을 적용하였다.

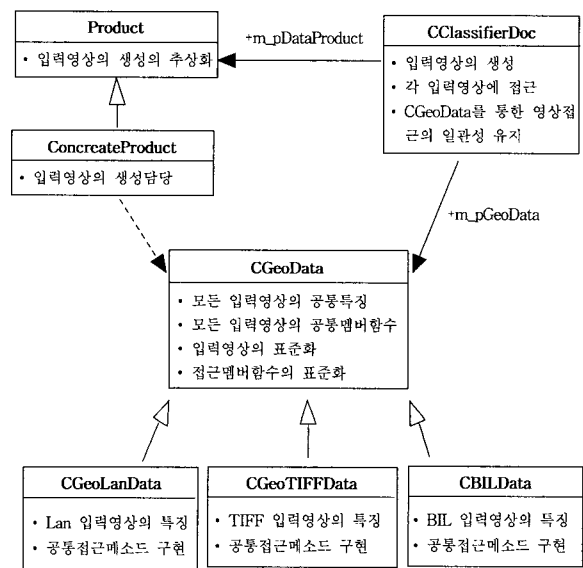


(그림 1) 시스템의 개요

#### 3.2 시스템의 설계

##### 3.2.1 입력모듈의 설계

본 논문에서 구현한 군집분류 시스템은 ERDAS LAN 포맷, GeoTIFF 포맷을 지원한다. 위성영상의 경우 다양한 밴드 자료를 보유하고 있어, 입력자료와 화면출력영상이 서로 다르다. 일반적인 칼라 영상의 경우 RGB 3개 밴드를 사용하여 화면에 출력을 하지만, Landsat 영상은 7개의 밴드를 사용한다. 그리고 위성 영상에 따라 각 밴드의 데이터 크기도 4, 8, 16bit로 다양하게 구성되어 있다. 그렇기 때문에 다



(그림 2) 입력모듈의 설계도

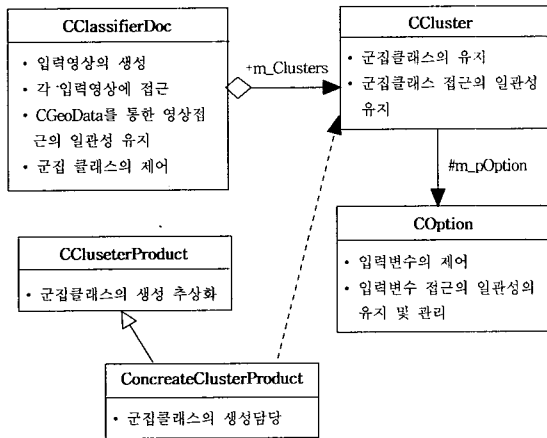
양한 밴드의 영상을 처리하기 위하여 화면 출력영상과 군집기법을 적용하기 위한 영상을 서로 분리하여 유지하여야 한다.

입력 모듈의 설계에서는 서로 다른 두개의 입력영상 포맷을 동일한 인터페이스로 접근하기 위한 설계 부분과 화면출력영상을 구성하는 부분으로 나누어진다. 영상의 입력시 다중밴드를 사용하는 경우 사용자가 3개의 밴드를 선택하여 화면에 출력할 영상을 구성한다.

(그림 2)는 입력모듈의 설계도에서와 같이 팩토리 패턴을 적용하여 각 입력영상에 해당되는 클래스의 생성을 모두 Product에 위임하도록 하여 새로운 영상포맷을 추가할 때 시스템 구조의 변화를 최소화할 수 있도록 하였다.

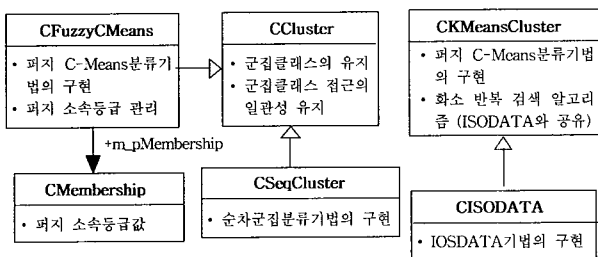
3.2.2 군집모듈의 설계

군집모듈의 설계에서는 단일 인터페이스를 사용한 군집모듈의 접근과 군집 클래스들의 효율적인 관리를 중심으로 설계하였다. (그림 3)는 군집모듈의 설계도이다. 군집모듈의 설계에서는 팩토리 패턴을 적용하여 단일 인터페이스에 의한 객체의 생성이 가능하도록 하였다.



(그림 3) 군집모듈의 설계도

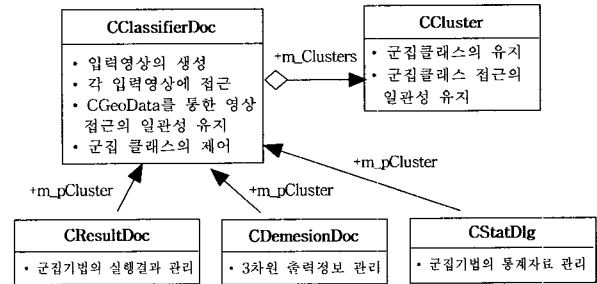
군집모듈에서는 각 군집분류 기법이 적용될 실제 알고리즘의 구현부분이다. 유사 알고리즘의 동일한 인터페이스의 지원을 위한 전략적 패턴을 적용하였으며, 이와 같은 설계가 (그림 4)와 같다.



(그림 4) 군집모듈의 상속도

3.2.3 출력모듈의 설계

출력모듈은 크게 4개의 클래스로 구성되어있고, 각 클래스는 (그림 5)과 같이 설계하였다. 입력 영상의 출력을 위한 메인 뷰 클래스와 군집 결과를 출력하기 위한 결과 뷰 클래스 그리고 군집결과와 통계자료 및 매핑을 출력하기 위한 클래스로 구성되어 있다. 출력정보는 모두 한 개의 문서객체에 저장되어 있어서 모든 뷰 클래스는 한 개의 문서객체를 공유하게 된다.

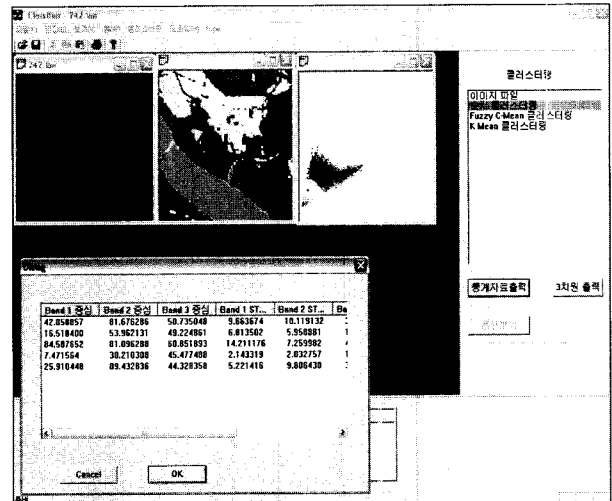


(그림 5) 출력모듈의 설계도

3.3 구현 및 수행결과

3.3.1 군집분류 시스템의 구현

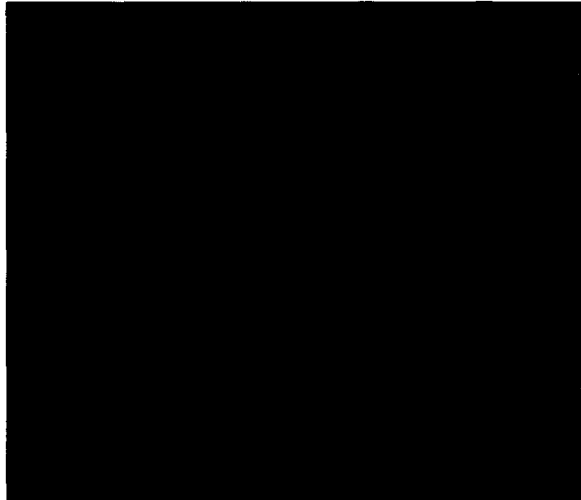
본 논문에서는 군집분류 기법을 적용하여 인공위성영상을 분류하기 위한 군집 분류 시스템을 개발하였고, 개발언어는 Visual C++ 6.0을 사용하였다. 개발한 군집분류 시스템의 실행 모습은 (그림 6)과 같다.



(그림 6) 군집분류 시스템의 구현

입력영상에 다양한 군집분류 기법을 적용하고, 결과를 관리하기 위하여 (그림 6)에서와 같이 오른쪽에 각 군집분류 기법을 관리하기 위한 영역을 포함하고 있다. 이 영역에서는 군집생성 결과의 화면 출력과 통계자료의 화면 출력을 담당하고 있다. 통계자료는 군집중심의 좌표와 표준편차 그리고 군집에 포함된 화소의 개수를 포함하고 있다.

군집분류 기법의 수행결과를 확인하기 위한 입력영상으로는 Landsat TM위성영상을 사용하였으며 위성영상은 (그림 7)과 같다. 위성영상은 Landsat 위성의 7, 4, 2 밴드를 사용하였고 한강유역의 위성영상이며, 영상의 크기는 136×136이다.



(그림 7) Landsat위성 영상

### 3.3.2 순차군집 분류기의 수행결과

순차군집분류 기법은 모든 화소를 순차적으로 한번만 분석하고, 화소와 군집의 중심간의 거리가 군집의 분리 가능 거리보다 클 경우 새로운 군집을 형성하고, 거리의 차이가 군집의 분리 가능 거리보다 작은 경우 화소를 군집에 할당한다. 그리고, 병합 주기를 단위로 생성된 군집의 개수가 요구 군집의 개수보다 많고, 군집중심의 거리가 병합 가능 거리보다 작은 군집중심의 쌍을 병합하게 된다. 실험을 위한 입력변수는 <표 1>과 같이 요구 군집의 개수와 군집의 분리 가능한 거리를 작게 하여 많은 군집의 생성과 병합이 발생하도록 설정하였다.

<표 1> 순차군집분류 기법의 입력변수

입력 변수	입력 값
요구 군집의 개수	5
군집의 분리 가능한 거리	5
군집의 병합 가능 최대 거리	10
병합 주기	50
삭제 가능 변수	20%

(그림 8)은 순차군집분류 기법을 적용하여 형성된 군집들의 모습이다. 입력변수의 특징은 화소와 군집의 중심을 비교하고 새로운 군집을 형성하기 위한 입력변수가 매우 작아 병합 주기마다 많은 수의 새로운 군집중심이 생성되고, 잦은 군집의 병합 작업을 실행하게 된다. 많은 군집중심의 생성과 잦은 병합으로 인하여 계산의 속도는 느리나 정확한 군집의 생성이 가능하였다.



■ 군집 1 ■ 군집 2 ■ 군집 3 ■ 군집 4 ■ 군집 5

(그림 8) 순차군집분류 기법의 실행결과

<표 2>는 생성된 군집의 중심값과 각 중심의 밴드별 표준편차, 그리고 군집에 소속된 화소의 개수를 표시한 것이다.

<표 2> 순차군집분류 기법의 통계적 수치

군 집	밴드1 중심	밴드2 중심	밴드3 중심	밴드1 표준편차	밴드2 표준편차	밴드2 표준편차	화소수
군집1	44.30	80.72	51.22	11.31	11.77	4.55	6242
군집2	15.58	53.11	49.13	6.67	6.57	1.79	4646
군집3	90.21	83.21	62.11	11.29	6.21	3.50	1698
군집4	7.44	30.20	45.48	2.13	1.91	1.46	3508
군집5	66.50	80.21	57.14	6.89	8.49	2.90	2402

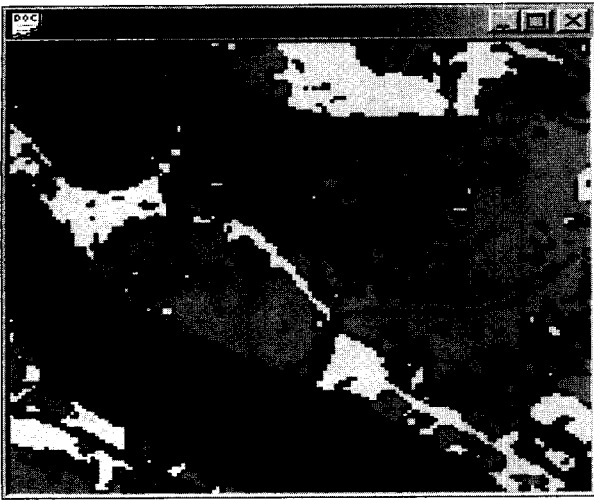
### 3.3.3 K-Means군집 분류기의 수행결과

K-Means군집분류 기법은 생성 군집의 개수와 반복의 횟수를 입력변수로 받고, 임의의 화소를 초기군집중심으로 선택하여 모든 화소를 군집에 분배한 후 군집중심을 갱신한다. 이와 같은 과정을 군집의 중심이 더 이상 변하지 않을 때까지, 혹은 최대반복횟수만큼 실행하게 된다. K-Means군집분류 기법의 적용을 위한 입력변수는 <표 3>과 같다.

<표 3> K-Mean군집분류 기법의 입력변수

입력 변수	입력 값
요구 군집의 개수	5
최대반복횟수	40

(그림 9)는 K-Means군집분류 기법을 실행한 결과이다. 요구 반복 회수는 40회였지만 최종 반복 횟수는 20회로 나타났다. 20회의 반복 후에 더 이상 군집중심의 좌표가 변하지 않아 실행을 종료한 결과이다. <표 4>는 K-Means군집분류 기법을 실행한 통계자료이다.



(그림 9) K-Means군집분류 기법의 실행결과

<표 4> K-Mean군집분류 기법의 통계적 수치

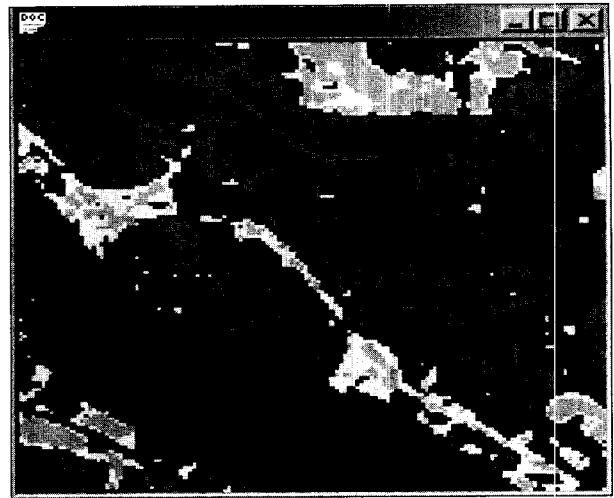
군 집	밴드1 중심	밴드2 중심	밴드3 중심	밴드1 표준편차	밴드2 표준편차	밴드3 표준편차	화소수
군집1	17.32	54.84	49.32	6.99	6.22	1.80	4697
군집2	53.50	76.62	53.98	8.62	8.77	2.98	4516
군집3	7.54	30.35	45.59	2.19	2.24	1.47	3541
군집4	32.08	89.06	47.09	7.50	9.61	3.66	3462
군집5	88.46	81.95	61.70	12.48	6.68	3.75	2280

3.3.4 ISODATA 분류기의 수행결과

ISODATA 기법은 K-Means군집분류 기법과 매우 유사한 수행과정을 가지지만 군집중심의 삭제, 병합, 분리의 부과 작업을 포함하고 있다. 생성군집에 포함된 화소의 개수가 입력 변수로 주어진 화소의 최소개수보다 작은 경우 군집을 삭제하고, 생성 군집의 수가 (요구 군집의 개수/2)보다 작은 경우 생성된 군집을 분리하게 되는데, 이때 각 군집의 표준편차를 계산하여 그 값이 미리 정한 표준편차 계수보다 큰 군집은 분리하고, 생성군집의 수가 요구 군집의 개수의 두배보다 많을 경우, 각 군집간의 거리가 병합계수보다 작은 두개의 군집은 병합한다. 따라서 최종 생성군집의 개수는 사용자가 요구한 군집 개수의 두 배보다 작고 절반보다 큰 범위의 군집을 생성한다. ISODATA 기법의 수행 결과를 확인하기 위하여 <표 5>와 같은 입력변수를 사용하였다.

<표 5> ISODATA 기법의 입력변수

입 력 변 수	입 력 값
요구 군집의 개수	10
초기 군집수	20
군집의 병합계수	10
최대반복 회수	10
군집내 화소의 최소개수	1500
군집 분리를 위한 표준편차 계수	10



(그림 10) ISODATA 기법의 실행결과

(그림 10)은 초기 군집의 개수를 20개로 주어 군집의 병합 및 삭제작업을 빈번히 실행한 결과이다. 최종 군집의 개수는 6개이다. <표 6>은 ISODATA 기법을 적용한 통계자료이다.

<표 6> ISODATA 기법의 통계적 수치

군 집	밴드1 중심	밴드2 중심	밴드3 중심	밴드1 표준편차	밴드2 표준편차	밴드3 표준편차	화소수
군집1	10.75	40.61	47.22	4.14	10.65	2.16	6311
군집2	55.18	76.93	54.30	7.16	8.20	2.90	3739
군집3	34.43	91.27	47.65	8.26	8.25	3.86	3104
군집4	27.13	67.55	49.25	8.24	8.45	2.77	2845
군집5	94.50	85.23	63.54	8.40	5.05	3.10	1005
군집6	81.93	78.50	59.77	10.15	6.40	2.97	1492

3.3.5 Fuzzy C-Means군집 분류기의 수행결과

Fuzzy C-Means군집분류 기법은 각 화소들이 군집에 소속될 소속등급과 군집중심을 생성한다. 이 군집분류 기법은 퍼지계수가 1인 경우는 하드 C-Means군집분류 기법에 의하여 군집이 생성되고, 퍼지계수가 1보다 큰 경우 Fuzzy C-Means군집분류 기법을 적용한다. Fuzzy C-Means군집분류 기법의 수행에서는 <표 7>과 같은 입력변수를 사용하여 군집분류 기법을 수행하였다.

<표 7> FCM군집분류 기법의 입력변수

입 력 변 수	입 력 값
요구 군집의 개수	5
최대반복횟수	10
퍼지계수	2

(그림 11)은 퍼지계수를 2로 설정하여 실행한 결과이다.



■ 군집 1 ■ 군집 2 ■ 군집 3 ■ 군집 4 ■ 군집 5

(그림 11) FCM군집분류 기법의 실행결과

<표 8> FCM군집분류 기법의 통계적 수치

군 집	밴드1 중심	밴드2 중심	밴드3 중심	밴드1 표준편차	밴드2 표준편차	밴드3 표준편차	화소수
군집1	13.59	51.47	48.81	3.32	3.51	1.40	2961
군집2	73.82	80.10	58.25	16.70	7.56	4.56	3334
군집3	47.80	82.02	52.08	12.05	11.14	4.64	6254
군집4	21.72	60.07	49.73	8.07	9.95	3.14	2446
군집5	7.46	30.45	45.75	2.11	1.87	1.46	3501

<표 8>은 Fuzzy C-Means군집분류 기법을 적용한 통계 자료이다. Fuzzy C-Means군집분류 기법은 군집의 중심의 값이 군집에 포함된 픽셀의 중심위치와는 상관없이 목적함수를 최소화시킬 수 있는 좌표로 이동하는 것을 확인할 수 있었다.

### 3.4 결과분석 및 고찰

군집분류 시스템에서는 순차군집분류 기법, K-Means군집분류 기법, ISODATA 기법, Fuzzy C-Means군집분류 기법 등을 구현하고, Landsat 위성 영상에 적용하여 실험하였다.

본 논문에서 구현한 군집분류 시스템은 다양한 형식의 인공위성 영상 포맷의 지원을 위해 확장 가능한 형태로 설계하였으며, 단일인터페이스를 사용한 다양한 형태의 군집분류 기법을 적용하였다.

순차군집분류 기법은 수행시간이 아주 빠르다는 장점을 가지고 있지만 적절한 입력변수를 사용하지 않을 경우 군집형성에 문제가 발생하게 되므로 사용자가 입력변수에 대한 사전지식을 요구하고, K-Means군집분류 기법은 비교적 정확하게 화소들 사이의 분광특징을 사용하여 군집을 형성하였다. 그러나 대상 영상을 여러번 분석하기 때문에 순차군집분류 기법에 비하여 수행시간이 길다는 단점을 가지

고 있었다. 그리고 ISODATA 기법은 K-Means군집분류 기법과 유사하나 부가적인 작업인 군집의 삭제, 분리, 병합을 통하여 자기조직화가 가능한 분류기법이고 사용자의 요구군집의 개수에 의존하지 않고 군집이 형성되는 장점을 가지고 있었다. Fuzzy C-Means군집분류 기법은 목적함수 기반 퍼지규칙을 사용하여 화소가 군집들에 포함될 소속등급을 계산하게 된다는 특징을 가지고 있다.

## 4. 결 론

본 논문에서는 군집분류 시스템을 설계하였으며, 다양한 디자인 패턴을 적용하여 재사용성과 확장성이 높은 유연한 시스템을 개발하였다. 구현한 시스템은 다양한 형태의 위성영상의 지원이 가능하도록 하기 위하여 팩토리 패턴을 적용하여 새로운 위성영상을 지원하더라도 동일한 인터페이스를 사용하도록 하여 사용자의 혼돈을 최소화할 수 있도록 하였다. 그리고 유사한 군집분류 알고리즘을 동일한 인터페이스로 접근할 수 있도록 전략적 패턴을 적용하여 순차군집분류 기법, K-Means군집분류 기법, ISODATA 기법, Fuzzy C-Means군집분류 기법 등을 구현하여 전략적 패턴의 효율성을 확인하였다. 본 논문에서 구현한 시스템은 다양한 디자인 패턴을 적용하여 동일한 군집 기법을 사용하는 다른 응용에서도 쉽게 적용할 수 있는 확장성과 재사용성을 강조한 시스템이다.

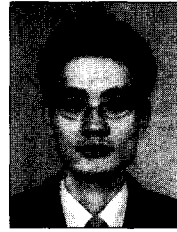
감독분류에서는 정확한 표본영역의 선택이 아주 중요하기 때문에 인공위성 영상에 대한 많은 사전지식을 필요로 한다. 만약 사전지식이 없는 경우 사용자가 임의로 표본영역을 선택하게 되는데 이런 경우 군집분류기법을 적용하여 인공위성 영상을 군집화하고, 생성된 군집으로부터 표본영역을 선택하여 감독분류의 정확성을 더욱 높일 수 있고, 인공위성영상의 실시간 처리에 군집분류기법을 적용할 수 있다.

본 논문에서 구현한 군집분류 시스템은 K-Means군집분류 기법과 ISODATA 기법의 구현에서 초기 군집중심을 임의로 선택하도록 하여, 같은 영상에 동일한 군집분류 기법을 여러 번 적용할 경우 매번 결과생성 시간 및 결과가 다르다는 단점이 있다. 향후 연구에서는 짧은 실행시간과 정확한 결과를 생성하기 위하여 초기 군집중심 선택을 위한 알고리즘에 대하여 연구가 요망되는 바이다.

## 참 고 문 헌

- [1] J. Adinarayana and N. Rama krishna, *Integration of multi-seasonal remotely-sensed images for improved landuse classification of a hilly watershed using geographical information systems*, Int. J. Remote Sensing. Vol.17, No.9, pp. 1679-1688, 1999.
- [2] Edward M. Mikhail, James S. Bethel, J. Chris McGlone, *Introduction to Modern Photogrammetry*, John Wiley & son, Inc. pp.216-300, 2001.

- [3] Richard A. Johnson, Dean W. Wichern, *Applied Multivariate Statistical Analysis*, Prentice Hall, pp.573-627, 1992.
- [4] John A. Richards, *Remote Sensing Digital Image Analysis : An Introduction, Second Revised and Enlarged Edition*, Springer-Verlag, pp.229-262, 1994.
- [5] Richard O. Duda, Peter E. Hart, David G. Stork, *Pattern Classification*, John Wiley & Sons Ltd, pp.517-598, 2001.
- [6] D. Pollard, "Strong consistency of k-means clustering," *The Annals of Statistics*, Vol.9, No.1, pp.135-140, 1981.
- [7] F. R. D. Velasco, "Thresholding using the isodata clustering algorithm," *IEEE Trans. Syst., Man, Cybern.*, Vol.SMC-10, pp.771-774, 1981.
- [8] Frank Hoppner, Frank Klawonn, Rudolf Kruse, Thomas Runkler *FUZZY CLUSTER ANALYSIS Methos for Classification, Data Analysis and Image Recognition*, John Wiley & Sons Ltd, pp.1-59, 1999.
- [9] James C. Bezdek, James Keller, Raghu Krishnapuram, Nikhil R. Pal, *FUZZY MODELS AND ALGORITHMS FOR PATTERN RECOGNITION AND IMAGE PROCESSING*, Kluwer Academic Publishers, pp.137-180, 1999.
- [10] James C. Bezdek, Richard J. Hathaway, Michael J. SABIN, William T. Tucker "Convergence Theory for Fuzzy c-Means : Counterexample and Repairs," *IEEE Trans. Syst., Man, Cybern.*, Vol.SMC-17, No.5, pp.873-877, 1987.
- [11] Erich Gamma, Richard Helm, Ralph Johnson, John Vlissides, *Design Patterns Elements of Reusable Object-Oriented Software*, Addison Wesley Longman, Inc., pp.81-95, pp.315-323, 1995.



**김 동 연**

e-mail : dykim@iteg.co.kr

2000년 동의대학교 컴퓨터공학과 졸업  
(학사)

2002년 동의대학교 대학원 컴퓨터공학과  
졸업(공학석사)

2002년~현재 (주)아이티엑스퍼트그룹

관심분야 : 영상처리, GIS/GPS, 컴퓨터응용분야



**김 진 일**

e-mail : jikim@dongeui.ac.kr

1980년~1982년 경희대학교 전자공학과  
졸업(학사, 공학석사)

1995년 서강대학교 전자계산학과 졸업  
(공학박사)

1982년~1983년 미국 Bon Scours 시스템,  
맥도널다글라스 우주항공회사 등  
연구원

1996년~1997년 미국 Purdue Univ. 전기및컴퓨터공학부 연구  
교수

1998년~2001년 위성탐사 영상처리 연구회(한국과학재단) 회장  
1988년~현재 동의대학교 컴퓨터공학과 교수

관심분야 : 패턴인식, 퍼지논리, 위성영상응용, GIS/GPS/RS, 인  
공지능 및 컴퓨터응용분야