

JAVA를 이용한 위성영상처리/분석 시스템 개발 : GeoPixel Ver. 1.0

안충현, 신대혁

시스템공학연구소 영상처리연구부 지리정보연구실

Development of a Remotely Sensed Image Processing/Analysis System : GeoPixel Ver. 1.0

Chung-Hyun Ahn, Dae-Hyok Shin

GIS Lab, Division of Image Processing, Systems Engineering Research Institute

P.O.BOX 1, Yuseung-gu, Taejon, Korea, 305-600

hyun@seri.re.kr/ sdhyok@seri.re.kr

Abstract

Recent improvements of satellite remote sensing sensors which are represented by hyperspectral imaging sensors and high spatial resolution sensors provide a large amount of data, typically several hundred megabytes per one scene. Moreover, increasing information exchange via internet and information super-highway requires the developments of more active service systems for processing and analysing of remote sensing data in order to provide value-added products. In this sense, an advanced satellite data processing system is being developed to achieve high performance in computing speed and efficiency in processing a huge volume of data, and to make possible network computing and easy improving, upgrading and managing of systems. JAVA internet programming language provides several advantages for developing software such as object-oriented programming, multi-threading and robust memory management. Using these features, a satellite data processing system named as GeoPixel has been developed using JAVA language.

The GeoPixel adopted newly developed techniques including object-pipe connect method

between each process and multi-threading structure. In other words, this system has characteristics such as independent operating platform and efficient data processing by handling a huge volume of remote sensing data with robustness. In the evaluation of data processing capability, the satisfactory results were shown in utilizing computer resources(CPU and Memory) and processing speeds.

Keywords : Remote Sensing, Multithread, Object-Oriented, JAVA

요 약

초 미세 분광 분해능 센서, 고 공간 분해능 센서로 대표되는 최근의 위성 센서의 실용화로, 향후 획득되는 위성 영상은 최소 수백 MB/scene 정도의 막대한 양이 될 것으로 예상된다. 또한, 인터넷 및 초고속 정보망을 이용한 각종 정보의 활발한 교환은 보다 능동적인 형태의 위성 영상의 가공, 분석, 부가가치 정보 생산이 가능한 서비스 시스템의 개발을 요구한다. 본 연구에서는, 향후 예상되는 위성 센서의 개발 방향과 이를 처리하기 위하여 고려되어야 할 미래지향적인 개념인, 객체 파이프를 통한 자료의 입출력, 다중 스레드를 활용한 자료 처리 구조에 대하여 분석하고, 인터넷 언어인 자바를 이용하여 개발 중에 있는, 위성 영상 처리 및 분석 시스템(GeoPixel 1.0)에 대하여 설명한다. 이 시스템은 인터넷 상에서 사용이 가능하며, 사용자 플랫폼에 독립적으로, 상당 부분의 위성자료 분석 모듈들이 구현되어 있다. 대용량 위성 영상 처리를 위하여 본 연구에서 개발된 다중스레딩, 객체 파이프와 같은 새로운 자료 처리 개념을 이용한 시스템의 개발로 보다 효율적인 컴퓨터 자원(CPU 시간과 메모리)의 활용과 처리 속도면에서의 향상이 기대된다.

I. 서 론

지리 정보 시스템(GIS: Geographic Information System)은 각 응용 분야에 있어 요구되는 정보가 정확도를 가지고 충분하게 수집되고, 체계적으로 정리된 공간 정보 데이터베이스가 근간을 이루고 있으며, 이들 정보를 효율적으로 추출하고, 가공하여 분석할 수 있는 분석 S/W와 분석된 결과를 효과적으로 표현하여 줄 수 있는 매핑 기술이 집약된 종합적인 정보처리 및 분석 기술이다. 지리 정보 시스템의 구축에 있어 가장 기본적인 작업은 분석에 요구되는 정보의 수집으로 초기 단계에서는 대부분의 시간적, 재정적 비용이 데이터베이스의 구축에 소요되므로, 보다 빠르고 저렴한 비용으로 정확한 정보의 확보 및 처리가 중요한 문제로 대두되고 있다.

개관적 정보 특성을 갖는 위성 영상을 이용한 공간 지리 정보의 구축에 대한 수요 및 이와 관련된 연구는 선진국을 중심으로 급증하고 있다. 넓고 접근이 어려운 지역에 대해 효율적이고

경제적인 공간 정보 구축을 위한 정보원의 하나로서, 많은 잠재적인 고객을 갖고 있는 고 공간 분해능(High Spatial Resolution)을 갖는 위성 영상 분야는 지금까지 민간이 접근할 수 없었던 고품질 위성 영상의 상업적 활용에 대한 경제적인 동기를 창출하였다. 이에 따라 고해상도의 차세대 상용 지구 관측 위성들을 궤도에 올려 그 영상들을 판매하기 위한 시도가 이루어지고 있으며, 장차 이 분야의 국제 경쟁을 촉진하는 계기를 마련하고 있다. 이와 같은 고해상도 위성 영상의 상용은 거의 실용화 단계로, 러시아에서는 현재 KVR-1000(2m 공간 분해능)의 위성 영상을 판매하고 있으며, 미국에서는 1997년 12월 이후 최대 1m의 공간 해상도를 갖는 상용 위성이 궤도에 올려질 예정이다(Sinclair, 1996). 이러한 고해상도 위성 영상은 우리가 현재 기본도라 부르는 지도의 개념을 바꿔놓을 것으로 기대되며, 일반인이 공간DB를 구축하는데 최대 난점이었던 경제적 장벽을 제거할 수 있게 될 것이다.

또한 지금까지 최대 10개 미만의 분광대(상대적으로 넓은 파장대역을 갖는)로 얻어진 지표면의 분광 특성으로는 정확한 정보의 추출이 곤란하여, 토지 이용과 같은 분야에 있어서는 정확한 분류가 어려웠다. 기존의 분광대역에 대해 수십~수백개의 채널을 갖는 초 미세 분광 분해능 센서(Hyperspectral sensor)에 대한 연구는 균일한 토지 피복을 갖는 지역에 대하여는 표면의 각 피복 특성에 대한 세밀한 분광 특성의 추출이 가능해짐에 따라, 수치화되어 분광 라이브러리화 되어 있는 지상관측으로부터 얻어진 각 피복에 대한 분광 특성과의 대비를 통한 자동적인 지표 피복의 분류가 기대된다. 따라서, 고공간 분해능 영상은 초 미세 분광 분해능 영상과 더불어 공간 정보의 구축에 효과적인 수단으로써, GIS산업 혁명을 가져올 것으로 기대된다.

초 미세 분광 분해능 센서, 고 공간 분해능 센서로 향후 획득되는 고품질 위성 영상은 최소 수백MB/scene 정도의 양이 된다. 그렇지만, 현재 상용화 되어 있는 대부분의 위성 영상 처리 S/W는 초 미세 분광 영상과 같은 많은 분광대 자료의 처리를 고려하고 있지 않으며, 대상 영상을 전부 메모리에 올려놓고 작업을 하는 방식을 취한 것이 대부분이다. 이러한 방법으로는 비록 RAM이나 하드디스크의 용량이 비약적으로 증가된다 하더라도 수백MB 이상의 영상 자료에 대한 유연한 처리 및 분석에는 한계가 있다. 또한, 인터넷 및 초고속 정보망을 이용한 각종 정보의 교환이 활발해지며, 위성 영상으로부터 지표면의 각종 정보의 취득에 대한 사용자의 요구로, 초고속 정보망을 이용한 일괄적인 위성 정보의 처리, 분석 및 부가가치 정보의 생산 등 일련의 서비스 시스템 구축의 필요성이 증대되고 있다. 이러한 요구를 만족하기 위해서는 단순히 정보 제공자로부터 일방적으로 가공되어 준비된 정보를 제공받는 수동적 서비스 보다는 사용자가 서비스 시스템에 접근하여 원하는 정보를 찾거나, 자신의 정보를 이용하여 또 다른 형태의 부가가치 정보를 가공한 후, 그 결과를 다시 자신의 시스템으로 가져갈 수 있는 능동적인 형태의 서비스 시스템의 개발이 필요하다. 이러한 네트워크를 이용한 컴퓨팅이 가능해지기 위해서는 정보망의 자료 전송 속도 및 연결된 컴퓨터간의 고속 분산처리 기능 등 하드웨어적인 성능 향상과 더불어 소프트웨어적으로도 이에 적합한 처리 시스템이 개발되어야 한다. 또한 미래의 시스템은 각각의 영상에 적용된 처리 과정에 대한 상세한 정보를 제공할 수 있어야 한다. 이는, 각각의 정보가 어떠한 영상으로부터 어떠한 처리 과정을 거쳐서 얻어졌는가에 대한 명확

한 추적이 가능케 된다(Jensen, 1996).

일반적으로 위성 영상은 그 자체로서만 아니라 지리 정보 시스템의 자료로서 저장되는 토양, 경사도, 표고 등과 같은 다른 부가적인 정보와 결합되어 사용될 때 더욱 많은 부가 가치 정보의 추출이 가능하게 된다. 따라서, 위성 영상의 분석 뿐 아니라 임의의 지리 정보와 연계된 공간 정보처리가 가능한 라스터/벡터형 지리 정보 시스템의 기능을 포함하고 있는 분석 시스템의 개발이 요구된다. 대부분의 GIS S/W는 분석 결과의 표현 및 가시화를 위한 기본적인 영상 처리 기능만을 구비하고, 입력되는 정보가 위성 영상인 경우에는, 별도의 위성 영상 처리를 위한 S/W를 따로 구비하여, 영상 처리를 한 후 이를 GIS S/W의 자료층으로 다시 입력하도록 되어 있으나, 최근에는 이들 두 시스템이 통합된 통합GIS(Integrated Geographic Information System: IGIS)로 발전하고 있다. 현재 상용으로 많이 이용되고 있는 위성영상처리 S/W로는 ER Mapper(Earth Resource Mapping), ERDAS Imagine(ERDAS Inc.), PCI EASI/PACE(PCI Enterprises), ENVI(Research Systems Inc.) 등이 있다.

국내에서 개발된 위성 영상 처리 S/W로는 KMIPS(시스템공학연구소, 1987), ERIMS(시스템공학연구소, 1991), IMAPRO(자원 연구소, 1994)가 있다. 시스템 공학 연구소는 특정 과제의 일환으로 KMIPS(1986 - 1988)와 후속 버전이라 할 수 있는 ERIMS(1989 - 1991)를 개발한 바 있으나, Number 9과 ATVista라는 당시에는 고가의 특정 그래픽 보드에의 의존성이 큰 관계로, 일부 사용자를 제외하고는 보급에 실패하였다. 자원 연구소는 SVGA카드를 지원하는 IMAPRO라는 시스템을 개발하여 상용화를 시도하였으며, 현재 Windows95환경하에서 C++를 이용한 상위 버전의 시스템을 개발 중에 있다. PC용과는 달리 유닉스를 운영 체제로 하는 워크스테이션을 대상으로 한 시스템 개발 및 상용화 시도는 전무하다. 위와 같은 국내 연구기관에서의 위성 영상 처리 소프트웨어의 개발은 급변하는 컴퓨팅 환경에 대한 유연한 대응성의 부족과, 사용자가 원하는 컴퓨터 환경을 적절하게 지원하지 못하여, 좋은 기능을 가지고 있음에도 불구하고 상용화에 성공적이지 못하였다. 따라서, 새로운 시스템의 개발은 현재의 컴퓨팅 환경을 최대한 수용하며, 동시에 미래지향적인 관점에서 시스템이 설계되고, 그 기능이 구현되어야 한다.

본 연구에서는, 차세대 위성 영상 센서의 개발 방향을 고려하여 대용량 위성 정보의 처리에 있어 요구되는 새로운 개념들에 대한 정립과 아울러 현재 저자들이 국가 지리 정보 시스템 구축 사업(National Geographic Information System project: NGIS)의 일환으로 개발 중인 위성 영상 처리 S/W에 대하여 소개하고자 한다.

II. 프로그래밍 언어 JAVA의 특징

자바는 영상 처리 시스템의 개발에 많이 사용되는 C나 C++과 같은 고급 프로그래밍 언어로, 전체적인 구조 측면에서는 C++과 상당히 유사한 체계를 갖는 객체 지향형 언어이다. 자바 언어의 특징을 요약하면 다음과 같다(Arnold and Gosling, 1996).

1. 언어의 단순성

자바는 C++과 매우 유사한 구조를 갖으나, 구조체 혹은 공용체, 다중 상속, 연산자 중복 등, 많은 부분을 지원하지 않는다. 또한 C나 C++에 있어 프로그램의 버그를 유발하는 가장 큰 이유이며, 이의 잘못된 사용으로 인한 버그는 찾아내기도 어려운 것으로 인식되어 온 포인터의 사용을 지원하지 않는 등, C++ 보다 단순화 되어 있다..

2. 객체 지향성 및 확장성

C++와는 달리 클래스의 단일 상속만 지원함으로써, 프로그래밍 구조가 매우 단순화 되어 효율적으로 운영될 수 있다. 다만, 객체 지향형 언어의 개념을 무척 단순화 하기는 했지만, 꼭 있어야 할 중요한 개념은 모두 지원하고 있다. 또한 C/C++과 비슷한 언어 구조를 가지고 있어 기존의 C/C++ 라이브러리를 이용하여 그 기능을 쉽게 확장할 수 있다. 언어 개발자의 측면에서 이미 프로그래밍에 충분한 정도의 클래스를 지원하고 있으며(Chan and Lee, 1996; Gosling *et al.*, 1996), 제3의 프로그램 개발자들로부터 응용API(Application Programming Interface) 클래스의 개발로 계속 그 기능이 확장되고 있다.

3. 시스템 독립성

자바 소스 코드는 java라는 확장자를 가지며, 이 소스 코드는 컴파일 되어 class라는 확장자를 갖는 바이트-코드로 변환된다. 이 바이트-코드는 자바 가상 머신을 위한 일종의 실행 파일로서, 특정 하드웨어의 요구 조건에 맞게 설치된 인터프리터에 의하여 실행되며, 컴파일된 바이트-코드는 플랫폼에 관계없이 자바를 지원하는 모든 환경에서 작동된다. 이는 자바가 자바 가상 머신(Java Virtual Machine)이라는 가상적인 하드웨어를 대상으로 만들어 졌기 때문이다. 자바는 모든 운영 체제에서 지정하고 있는 사용자 인터페이스와의 호환을 가능하게 해주는 광범위한 라이브러리를 갖추고 있어, 가상 윈도우 툴킷(AWT; Abstract Windowing Toolkit)을 사용하여 운영 체제에 관계없이 각 운영 체제에서 규정, 지원하는 인터페이스에 의거하여 출력이 가능해진다. 따라서, 자바에서 제공하는 API를 사용, 어떠한 플랫폼에서도 작동되는 소프트웨어를 개발할 수 있다.

4. 다중 쓰레딩

윈도우95, 유닉스, 매킨토시 등의 대부분의 운영 체제는 한 프로그램이 가지고 있는 여러 루틴이 동시에 수행될 수 있는 다중 쓰레딩을 지원한다. 이러한 다중 쓰레딩을 지원하기 위해서는 프로그래머가 프로그램 내의 여러 기능을 개별적인 쓰레드로 지정해 주어야 하며, 각 쓰레

드의 동기화에도 신경 써 주어야 하는데, 자바는 내부적으로 그러한 일을 모두 해주므로, 프로그래머가 일일이 신경 써 줄 필요 없이 손쉽게 다중 쓰레딩을 지원해 줄 수 있다.

5. 작동의 안정성

C언어를 이용하여 프로그래밍할 경우에 할당해 준 메모리는 프로그래머가 반드시 해제해 주어야 한다. 특히 메모리 할당과 해제는 버그를 유발하는 큰 이유가 되고 있는데, 현재의 객체 지향형 언어에서는 이를 방지하기 위하여 가비지(Garbage) 컬렉터 개념을 지원한다. 만약 언어 자체가 이를 지원하면, 가비지 컬렉터가 사용되지 않는 할당된 메모리를 찾아서 자동적으로 해제시켜주기 때문에 메모리 관리에 전혀 신경 쓸 필요가 없게 된다. 또한 자바는 전통적인 언어와 달리 제한된 특정 메모리 영역만 사용할 수 있도록 설계되어 있으며, 프로그램이 실행될 때 메모리 접근이 제대로 되고 있는지, 특정 메모리 접근에 전혀 문제가 없는지에 관한 검사를 해주기 때문에 시스템 자체가 다운될 확률이 무척 낮다. 또한 예외 처리에 관한 기능을 제공하여 프로그래머로 하여금 발생한 예외 상황을 적절히 처리해 줌으로써, 최소한 시스템 자체가 특정 루틴의 오동작으로 인하여 다운되는 것을 예방할 수 있다.

III. 대용량 자료 처리 및 유연한 시스템 구성을 위하여 고려된 개념

1. 다중 쓰레드를 이용한 자료 처리

현재 워크스테이션급 플랫폼은 2개 이상의 CPU를 장착하는 것이 가능하며, 향후 이와 같은 다중 프로세서 시스템은 점차 보편화 될 것으로 예상된다. 그러나 기존의 프로그램 언어, 예를 들면 C 나 C++로 다중 쓰레드 프로그램을 작성하는 작업이 매우 복잡하여 대부분의 위성 영상 처리 프로그램은 다중 프로세서 환경을 충분하게 활용하지 못하고 있다. 그 결과 다중 프로세서 시스템에서는 CPU의 사용율이 10~20% 정도에 불과하다. 본 연구에서는 이를 극복하여 CPU의 활용을 최대로 할 수 있도록 일련의 쓰레드들이 연결되어 하나의 작업을 수행하는 자료처리 구조를 고안하였다(Fig. 1)

예를 들어 설명하면, Fig. 1에 나타난 바와 같이, 읽기 전용 쓰레드가 입력 파일을 조금씩 읽어서 자료 처리 쓰레드에 넘겨주면 자료 처리 쓰레드는 담당하고 있는 처리 방법에 따라 이를 처리하여, 다음 단계의 쓰레드에게 넘겨 주고, 최종적으로 쓰기 전용 쓰레드가 그 결과를 출력 파일에 기록하는 구조를 취하는 것이다. 물론 자료 처리 쓰레드는 작업의 성질에 따라 여러개의 기본적인 작업을 수행하는 부 쓰레드로 분리될 수 있다. 각 쓰레드는 주기적으로 또는 특정한 이벤트가 발생하였을 경우, 작업 감독 쓰레드에게 자신의 작업 상태에 대한 보고를 하도록 되어 있다. 작업 감독 쓰레드는 각각의 쓰레드들을 감시하고, 문제가 발생할 경우 쓰레드들의

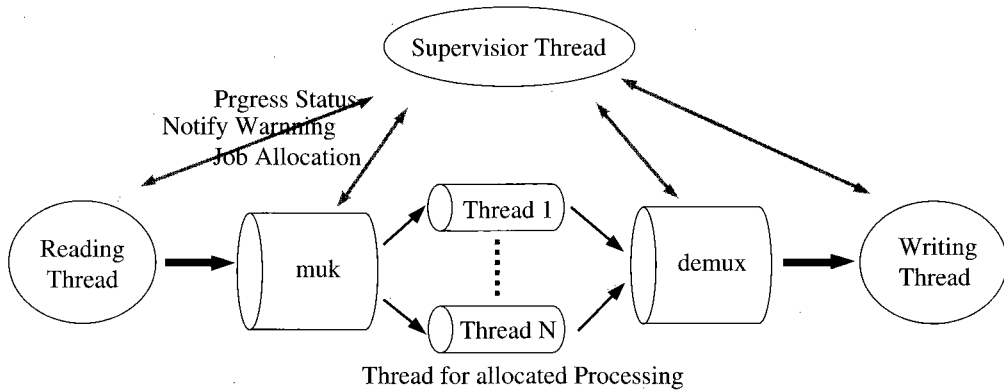


Figure 1. Concepts of Pipeline Data Input/Output and Multi-Thread Image Processing.

작업을 중지시키고, 사용자에게 이를 통보하도록 한다. 또 한 자신에게 할당된 작업이 완료된 쓰레드는 작업 종료와 동시에 메모리에서 제거되며, 자신에게 할당된 작업이 아직 시작되지 않은, 즉 자료의 입력을 기다리고 있는 쓰레드는 작업 감독 쓰레드로 부터 작업을 시작하라는 지시를 받아야 메모리에 올라와 작업을 수행한다. 이로써 비록 많은 쓰레드들로 프로그램이 분할되어 있더라도 각 쓰레드가 차지하는 메모리 영역을 최소화 할 수 있다.

2. 객체파이프를 통한 데이터 입출력

쓰레드 간의 동기화는 이를 연결하는 파이프에서 자동적으로 해결된다. 즉 쓰레드가 입력 파이프에서 읽을 자료가 없을 경우 자동적으로 기다림(wait) 상태로 들어갔다가, 다시 입력 파이프에 자료가 들어올 경우 작업 감독 쓰레드의 알림(notify)에 의하여 활성화 된다. 출력 파이프에 자료를 옮길 때도 파이프가 이미 다른 자료로 꽉 차 있다면, 다시 기다림 상태로 들어갔다가 파이프에 여유가 생길 경우 작업 감독 쓰레드로 부터의 알림에 의하여 쓰레드가 다시 활성화 되어 작업을 수행한다. 이와 같이 쓰레드 간의 동기가 자동적으로 이루어지므로 프로그램 개발자는 이에 대한 고려를 할 필요가 없다. 그러나, 자바에서 제공하는 파이프는 바이트 스트림 이동만 제공하므로, 객체가 바이트 스트림으로 변환되는데 많은 시간이 소요되어 시스템의 처리 속도를 현저히 저하시킨다. 이를 극복하고자 본 연구에서는 객체의 내용을 직접 전송하지 않고, 객체의 참조(reference)만 전송하도록하는 객체 파이프를 개발하였다. 이 때 객체의 클래스에 대한 확인은 RTTI(Runtime Type Identification)을 이용한다. 이와 같은 객체 파이프를 이용하면, 임의의 크기의 객체가 객체 참조에 의하여만 이동하므로 시스템 처리 속도를 현저히 증가시킬 수 있다.

3. 시각화 프로그래밍을 이용한 사용자 인터페이스

현재 대부분의 상용 위성 영상 처리 소프트웨어는 커맨드형, 텍스트 기반의 메뉴 방식, 또는 입력 창을 이용한 사용자 인터페이스를 지원하고 있다. 이러한 시스템은 공급자의 측면에서 이미 고정된 메뉴로 제공되고 있기 때문에, 사용자에게 대한 유연성이 부족하며, 사용자가 자신이 개발한 모듈을 추가하거나 또는 사용하지 않는 모듈을 제거한 컴팩트한 시스템의 구성은 곤란하다. 시각화 프로그래밍은 기반이 되는 모듈들과 각각의 분석 모듈들을 표준화하고, 자료의 입출력이 잘 정의된 API를 아이콘화 하여, 사용자가 정의된 작업 과정에 대하여 해당되는 아이콘들을 상호 연결하고, 그 내용(예: 입출력 화일 명)을 정의하여 줌으로써, 유연한 소프트웨어의 재구성을 가능하게 한다(Albrecht *et al.*, 1996). 이는 모든 사용자가 필요한 루틴을 모두 개발할 필요가 없이 자신에게 필요한 루틴들을 수집하여 이를 조합 재구성함으로써, 최적화된 시스템의 구성을 가능케 하며, 개발자는 자신만의 특화된 모듈을 컴포넌트화하여 공급할 수 있는 일종의 플러그인 기능을 부가할 수 있다. 이를 위해서는 아이콘들의 상호 연결성을 잘 분석하여 소스를 생성시킬 수 있는 툴의 개발과 아울러, 각 모듈들의 명확한 정의 및 표준화 작업이 요구된다.

IV. 자바를 이용한 위성 영상 처리/분석 시스템의 설계 및 구현

본 연구에서 개발 중인 GeoPixel은 향후 위성 영상 분석 시스템이 지향하여야 할 다중 프로세서 환경의 지원, 네트워크 연결성, 플랫폼 독립성, 시스템 안정성 등이 고려되어 설계된 미래 지향적인 위성 영상 분석 시스템으로, 인터넷의 표준 언어로 자리잡고 있으며, 완전한 객체 지향 언어인 자바를 이용하여 개발되고 있다.

1. 시스템 개발 환경

본 연구에서는 시스템 개발 언어로서 JDK 1.0.2를 사용하고 있으며, 개발 툴로서는 Symantec사의 Visual Cafe 1.0을 사용하였다. 시스템 개발 툴로서는 마이크로소프트사의 J++, Rose, Supercede등이 있으나, 가장 자바 언어의 사양에 충실하고, 자바 언어를 잘 지원하고 있으며, 개발 툴로서의 환경이 편리한 관계로 Visual Cafe를 사용하였다. 플랫폼으로는 Windows NT Dual Pentium을 이용하였지만, 개발된 시스템은 자바 언어가 지원되는 환경이라면 플랫폼에 관계없이 실행된다.

2. 내부 자료 구조

위성 영상의 자료 형식으로는 BSQ(Band Sequential), BIL(Band Interleaved by Lines), BIP(Band Interleaved by Pixel)이 주로 이용되나, 여기에서는 스펙트랄 분석을 쉽게 할 수 있는 자료 형식인 BIL을 내부 자료 형식으로 채택하였다. 위성 영상 또는 처리 결과로 얻어지는 래스터 파일은 cub라는 확장자를 가지고 있으며, 관련된 헤더 정보는 chd라는 확장자를 가지고 있다. 래스터 파일의 자료형으로서는 바이트형(byte), 정수형(short), 확장된 정수형(int), 실수형(float)을 모두 지원하며, 다른 시스템에서도 쉽게 영상을 읽어 들여 처리할 수 있도록 별도의 헤더를 붙이지 않는다. 헤더 파일에는 대상 영상에 대한 최소한의 설명을 하기 위한 필드로 구성되어 있으며, 쉽게 보통의 편집기를 이용하여 편집할 수 있도록, ASCII형태로 되어 있다. 다음 Table 1은 버전 1.0에서의 헤더 파일을 나타낸 것이다.

Table 1 Information field in GeoPixel Cube Header file

헤더 필드 및 정보	설 명
#GeoPixel CUBE HEADER Title = {This TM image obtained on Sept. 22, 1992} Samples = 4320 Lines = 2983 Bands = 7 Pixel Type = Byte Xmin = 0. Xmax = 1. Ymin = 0. Ymax = 1. Min = {0, 0, 0, , 0, 0, 0} Max = {255, 255, 255, , 255, 255, 255} Band Names = {TM Band 1, TM Band 2, , , , TM Band 6, TM Band 7}	영상의 헤더 정보임을 나타냄 대상 영상에 대한 타이틀 대상 영상의 1 라인별 화소 수 대상 영상의 전체 라인 수 대상 영상의 전체 분광대 수 각 화소의 자료형 영상에 대한 지리좌표 각 분광대에서의 최소 화소 값 각 분광대에서의 최대 화소 값 각 분광대의 이름

Table 1에서 #는 설명문임을 표시한다. 각 필드의 순서는 특정되지 않으며, 필드와 필드간은 \n로서 구분한다. 영상 처리시 Min, Max 필드가 없는 경우에는 대상 영상으로 부터 분광대별 최소, 최대값을 구하며, Band Names가 없을 경우에는 순서대로 Band 1, Band 2. 와 같은 이름을 갖는다.

Title과 같이 문자열로 이루어진 필드는 { }로 구분하며, Min, Max, Band Names와 같이 한 필드가 복수의 값을 갖는 경우에는 { }로 전체를 구분하고, 내부 정보는 , 를 이용하여 분리하여 준다. { }나 , 사이의 공백은 관계치 않으며, 값을 정의 하지 않는 경우에는 ,를 연속하여 사용한다.

3. 자료 처리 흐름

자료 처리를 위하여 사용자는 먼저 사용하고자 하는 작업 디렉토리나 같은 관련 정보가 들어 있는 작업장을 선택한다. 다음에 처리하고자 하는 영상에 대한 영상 목록, 관련된 분광대 목록을 작성한 후 실질적인 자료 처리를 수행한다. 자료 처리를 행한 후, 새로이 만들어진 파일은 영상 목록, 분광대 목록에 자동적으로 추가되며, 불필요한 정보는 목록에서 제거할 수 있다. Fig. 2는 개발된 시스템의 전반적인 자료 처리를 나타낸 것이다. 버전 1.0에서는 일부 사용자 대화형 영상향상을 제외한 모든 작업은 파일에서 파일로 처리되며, 결과의 출력시에는 보기 기능을 선택하여, 화면에 출력하도록 되어 있다.

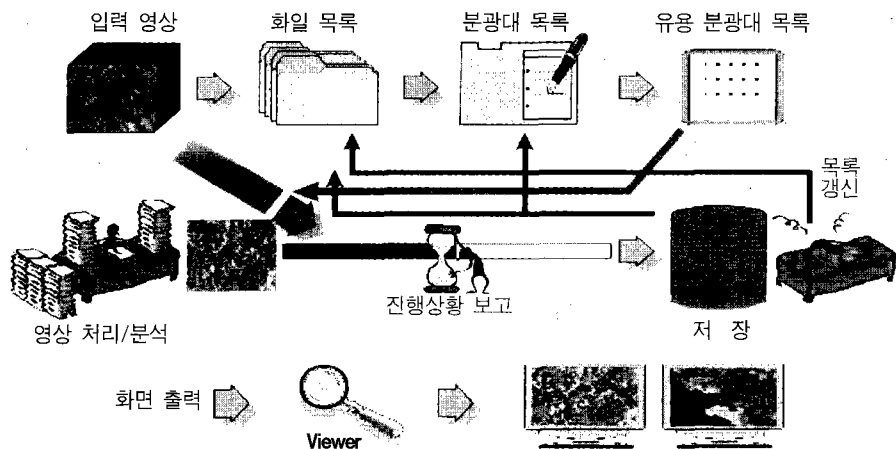


Figure 2. Systematic data processing and display in GeoPixel 1.0.

4. 화면 출력

처리/분석 결과의 화면 출력은 크게 3개 부분, 즉 전체 화면, 주 화면, 확대 화면으로 구성되어 있다(Fig. 3). 이는 일반적으로 스크린의 크기 보다 큰 영상을 표시하기 위한 것으로, 전체 화면은 대상 영상을 일정 크기로 재구성하여 표시한 것이다.

전체 화면 내에는 작은 박스가 표시되며, 이 부분이 주화면에 1:1의 크기로 표현된다. 또한 주 화면에도 작은 박스가 표시되어, 이 부분이 2배 확대되어 확대 화면에 표시된다. 이 세 화면은 서로 동기화 되어 있어, 한 화면에서의 변화가 다른 화면에 바로 전달될 수 있도록 하였다. 예를 들면, 확대화면은 마우스를 클릭함으로써 최대 16배 까지 확대가 가능하며, 확대 화면이나 주화면의 크기를 조절하면, 주 화면이나 전체 화면 내의 박스의 크기가 바뀌어 표시된다. 또한 전체 화면이나 주 화면에서 마우스를 이용하여 박스의 위치를 변경하면, 필요한 경우 하드디스크로부터 영상을 읽어 주화면과 확대 화면의 내용을 갱신한다. 주 화면은 간단한 영상 처리

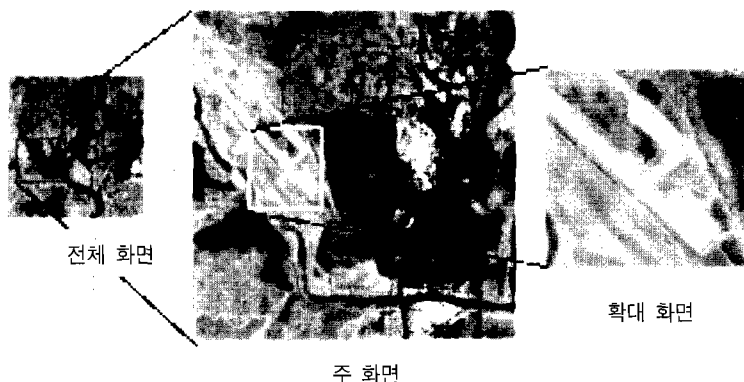


Figure 3. Structure of Screen display(Scroll, Main and Zoom window) in GeoPixel 1.0.

기능을 갖고 있으며, 사용자 대화형 영상 향상 이나 화면 저장의 경우에는 화면에 출력된 부분을 대상으로 처리하도록 되어 있다.

5. 그래픽 사용자 인터페이스

사용자 인터페이스는 Visual Cafe의 Form Designer를 이용하여 설계, 전체의 개략적인 소스를 생성하고, 소스의 편집을 통하여 각각의 입력 버튼에 대한 구체적인 동작을 정의하였다. 사용자 인터페이스는 다음과 같이 크게 나누어 진다.

- 직접 키보드로부터 입력 또는 AWT를 통한 입/출력 영상명(또는 분광대 명)의 지정을 위한 부분(텍스트)
- 특정 처리에 있어 상수 값의 입력을 요하는 경우, 이를 위한 적용 상수 입력 부분(텍스트)
- 입력 영상 또는 출력 파일이 복수개인 경우 각각의 파일 명을 입력하고 선택한 순서로 이를 보여주기 위한 부분(이 부분은 경우에 따라 리스트 또는 텍스트 성격을 갖는다)
- 입/출력 영상을 선택하기 위한 파일 선택 부분(입/출력 버튼)
- 사용자의 입력에 대한 정보를 다른 입력 창 또는 상위 모듈에 전달하기 위한 부분(확인, 취소, 도움말 버튼 등)

다음 Fig. 4는 GeoPixel의 사용자 인터페이스의 한 예로서, 식생 지수(Vegetation Index) 산출에 대한 입력창을 나타낸 것이다.

6. 영상 분석 기능

Table 2는 GeoPixel에서 구현 되고 있는 영상 처리 및 분석 기능을 요약한 것이다. 버전 1.0에서는 현재 일부 기능이 구현되고 있으며, 1997년 후반기에는 제반 기능의 구현이 완료될 것이

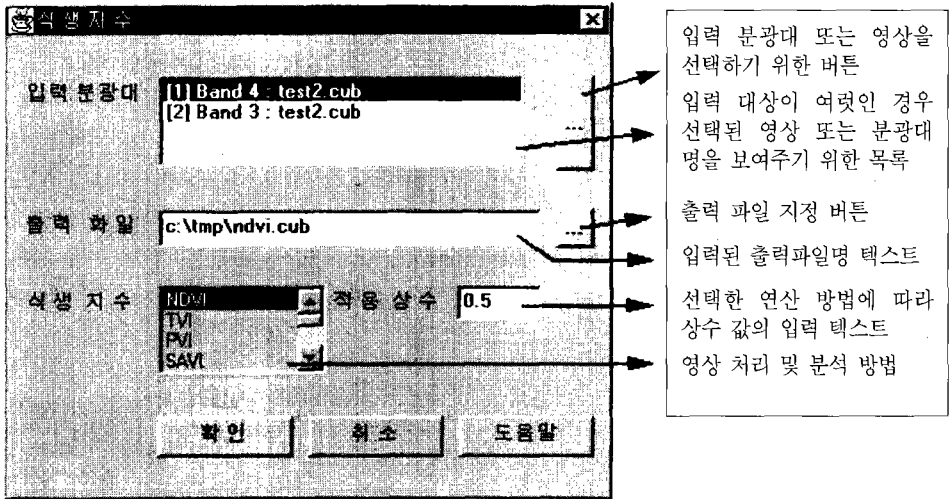


Figure 4. Graphic User Interface for Calculation of Vegetation Index.

다. 다만, 지형 분석 모듈은 현재 C++를 이용하여 구현되고 있는 관계로 버전 1.0에서는 통합된 환경에서 지원되지 않는다. 이 부분은 상위 버전에서 통합된 환경으로 지원할 예정이다. GeoPixel 1.0에서는 위성 영상 처리 및 분석에 대한 일반적인 기능을 1차적으로 구현하며, 특정화된 모듈의 개발(예: 스테레오 매칭, 수치 모델 작성, 대기 보정 등)은 상위 버전에서 구현하고자 한다. GIS와 연계된 기능으로서는 삼각망 구성 및 수치 모델을 이용한 가시도 분석, 3차원 영상 출력 등이 있다. 버전 1.0에서는 우선적으로 기능을 구현하기 위하여 자료 처리를 위한 과도한 정보의 입력이 요구되는 경우에는 일반적으로 사용되는 문서 편집기를 이용하여 입력 데이터 파일을 작성한 후 이를 영상 정보와 함께 읽어 들여 처리하도록 하였다. 이 부분 역시 향후 버전에서는 간단한 편집기를 준비하여 통합된 환경에서 자료를 입력할 수 있도록 할 예정이다.

V. GeoPixel를 이용한 영상 처리

1. 기하 보정

여러 시기에 걸쳐 획득된 위성 영상의 중첩 분석(예: 토지이용의 변화)이나, 지리 정보와 연계된 분석에 이용하기 위하여는 영상과 영상 또는 영상과 지도간의 좌표계 및 투영법을 일치시켜야 한다. 기하 보정은 위성 영상 분석 시스템이 갖추어야 할 가장 기본적인, 필수적인 기능이라 할 수 있다. GeoPixel 1.0에서는 사용자가 미리 준비한 GCP(Ground Control Point; 지상기준점) 자료 파일을 이용하여 보정 계수를 산출하고, 이 계수를 이용하여 영상 대 영상 또는 영상 대 지도간의 기하 보정을 한다. GCP 자료파일은 일반 ASCII 파일로서 flag, Reference X, Y

Table 2. Image Processing and Analysis Functions in GeoPixel V. 1.0

	세부적 기능	비 고
영 상 항 상	농도 분할/변환	Density Slicing, Interactive contrast stretch, Histogram Modification
	선 구조 추출	Prewitt, Sobel, Laplacian etc.
	잡음 제거	Low Pass Filter(Mean, Mode, Median, etc) in spatial domain
	영상 강조	High Pass Filter, HIS Sharpening, Local Contrast Enhancement in spatial domain
	영상 정규화	Histogram Matching, Image Normalization
	이종 영상 합성	Data fusion with different spatial resolution image
영 상 기 하 변 환	대칭과 전위	Horizontal Flip, Vertical Flip, Transpose
	회전	90, -90, 180, Arbitrary Angle Rotation
	부분 추출	Image subsetting from full scene
	크기 변환	Image Magnification or reduction in dimension
	영상 정합	Image Mosaicking
	영상보정	지상 기준점 보정
주파수 변 환	전방향 푸리에 변환	Forward Fast Fourier Transformation(FFT) to Frequency Domain
	가역 필터 설계	Filter design with Highpass, Lowpass, Bandpass, Bandstop filter
	후방향 푸리에 변환	Inverse Fast Fourier Transformation(IFFT) to Spatial Domain
영 상 분 류	감독자 분류	Supervised Classification with Maximumlikelihood, Parallelepiped, K-means clustering, Minimum distance
	비감독자 분류	Unsupervised Classification with ISODATA
영 상 분 석	통계분석	Statistical Analysis with Mean, Variance, Standard Deviation, Channel Co-variance/Co-relation, Eigen vector and value
	히스토그램 작성	Band Histogram, Scatter Diagram
	단면도 작성	Band Profile
	스펙트럼 분석	Pixel display in digital value, pixel statistics in each band
3 차 원 지형분석	지형 요소	Slope, Aspect, Shaded Relief, Elevation
	GIS 분석	Shortest Path, Watershed, Visibility analysis, Cut/Fill volume
	TIN 생성	Significant Point Extraction, Generating TIN by Voronoi diagram and radial sweep algorithm
영상출력	영상 출력	Black & White, True Color, Psuedo Color Display, Three Dimensional Display with wireframe and texture imagery in parallel and perspective projection
	히스토그램	Band Histogram, 2-D scattergram
	단면도 출력	Profile
영상분석	주성분 변환	Forward and Backward Principal Component Analysis
	식생 지수	Vegetation Index with NDVI, TVI, GVI, SAVI etc.
	Tasseled Cap 변환	Tasseled Cap Transformation to four components with Brightness, Greeness, Wetness, Yellowness

	세부적 기능	비 고
영상분석	색도 분석, 조직 분석	Chromaticity Analysis, Texture Analysis
	형태적 조작	Thresholding, Binarization, Morphological operation
	색 좌표 변환	Color Space Transformation with RGB to HIS etc.
	산술 연산	Arithmetic Manipulation with Addition, Substraction, Multiplication, Division, Overlay, sin, cos, tan, atan, acos, asin, exp, log, sqrt etc.
	논리 연산	Logical Manipulation with OR, AND, NOT, XOR
	온도, 알베도	Surface Temperature and Surface Albedo
영상입력	CD-ROM 자료 읽기	LANDSAT MSS, TM, IRIS IRC-3, RadarSat, SPOT HRV, JERS OPS etc. direct importing from CD-ROM
영상변환	자료형식의 변환	Data format conversion with BIL to BSQ/BIP, BSQ/BIP to BI GIF, TIFF, JPEG, VIFF , DXF , ENVI, ERMMapper, ERDAS, PCI etc
기 타	색상표 편집	Color Table(palette)
	Pseudo영상 작성	B/W Image to Pseudo Image convert
	최적밴드 조합 찾기	Best Band Combination for RGB display

좌표, Target X, Y좌표가 입력된다. flag는 0, 1, 2의 값을 가지며 0인 경우에는 해당 GCP가 보정 계수의 산출에 사용되지 않는 기준점임을, 2인 경우에는 산출된 계수에 의한 기하보정의 정확도를 검증하기 위한 검증용 GCP임을 나타낸다. Fig. 5는 전반적인 기하보정의 개념과 GeoPixel 1.0에서의 처리결과를 나타낸 것이다.

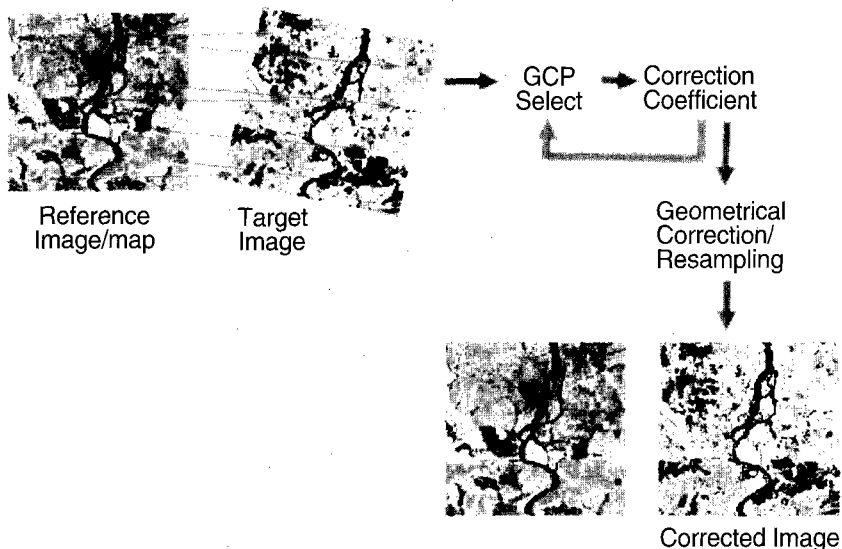


Figure 5. Processing of Geometrical Correction in GeoPixel 1.0.

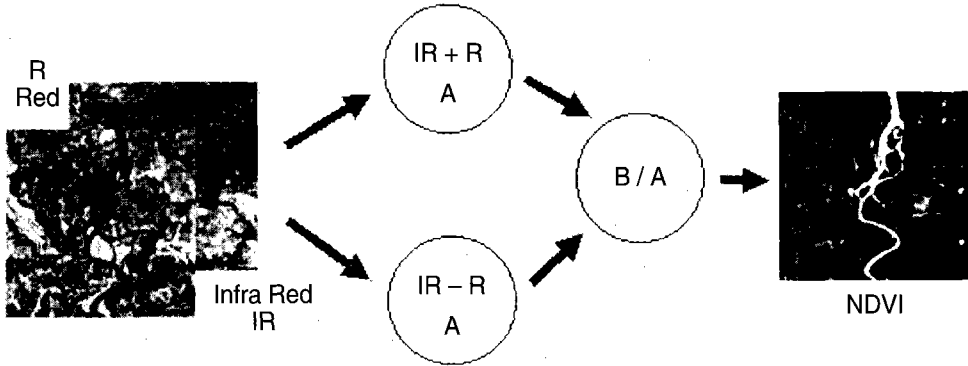


Figure 6. Calculation of Normalized Difference Vegetation Index in GeoPixel 1.0.

2. 식생 지수

식생 지수는 위성 영상으로 부터 식생의 생육 상태 등을 정성적으로 표현하기 위해 고안된 지수이며, GeoPixel에서는 주된 식생 지수로서 NDVI, TVI, PVI SAVI등을 지원하고 있다. 식생 지수를 위한 입력 창은 Fig. 4에 나타난 바와 같다. 먼저 사용자가 사용할 분광대를 선택한 후 (분광대의 수는 사용되는 식생 지수의 종류에 따라 다르다), 원하는 식생 지수 방법과 필요한 경우 정수값을 입력한 후 확인 버튼을 누름으로써 완료된다. 결과 파일은 실수형으로 저장되어 있어 이를 화면에 표시하기 위하여는 최소-최대값을 이용하거나 다른 방법을 이용하여 바이트 형으로 바꾸어 주어야 한다. 여기에서는 데이터형의 변환 기능이나 선행 변환 기능을 이용하여 수행할 수 있다. Fig. 6은 일반적으로 많이 사용하고 있는 정규화 식생 지수(NDVI; Normalized Difference Vegetation Index)를 구하기 위한 개념과 처리 결과를 나타낸 것이다. NDVI는 식생의 활성도가 높은 곳에서는 1에 가까운 값을, 도시역 등 식생의 활성도가 약하거나 없는 지역에서는 -1에 가까운 값을 가지게 되어 이들 값의 분포를 이용하여, 식생의 활성도를 계측하는 하나의 지표로 이용된다.

3. 색 좌표 변환을 이용한 영상 향상

일반적으로 다중 분광 센서(Multispectral Sensor)는 협소한 분광 대역에서 반사 에너지를 측정하기 때문에 IFOV(Instantaneous Field of View)를 크게 하여, 공간 분해능은 떨어지게 된다. 반면에 전정색 센서(Panchromatic Sensor)의 경우 공간 분해능은 향상시킬 수 있어도 여러 분광 대역에 걸친 지표면의 자세한 분광 특성에 대한 분석은 곤란하다. 이와 같은 서로 다른 공간 분해능과 파장별 분광 특성을 갖는 위성 영상의 융합(Fusion)은 서로 다른 특성을 잘 보완하여 주게 되어, 결과적으로는 고 공간 분해능을 갖는 다중 분광 영상의 제작이 가능하게 된다. 여기서는 일반적으로 다중 분광 영상과 전정색 영상 또는 마이크로웨이브 영상과의 합성

(Ehlers et al., 1990)에 주로 사용되는 색좌표 변환에 의한 영상합성을 GeoPixel의 이중 영상 융합 기능을 이용하여 구현하였다(Fig.7). 사용된 영상은 SPOT의 전정색 영상(공간 분해능 10m)과 다중 분광 영상(공간 분해능 20m)이다. 전처리로서는 두 영상을 정확하게 일치하기 위하여 영상 대 영상의 기하 보정을 행하며, 두 영상의 공간 해상도가 다른 관계로 영상 확대/축소 기능을 이용하여 두 영상의 크기를 일치시킨다.

VI. 결 론

본 연구에서는 인터넷 언어인 자바를 이용하여 대용량의 위성 영상을 효율적으로 처리, 분석하기 위한 자료 처리 개념의 정립 및 개발되는 시스템, GeoPixel 1.0의 특징 및 전반적인 기능에 대하여 설명하였다. 대용량의 위성 영상 처리를 위하여 객체 파일을 이용한 프로세서간 자료의 입출력과 다중 쓰레드 구조를 이용한 완전 객체 지향적 시스템의 개발로, 개발된 모듈의 재사용과 시스템의 안정성을 꾀하였다. 시스템의 기반 구조라 할 수 있는 파일 입출력을 비롯한 제반 기능에 대한 API의 개발이 완료되어, 이를 이용한 일부 영상 처리 및 분석 기능을 구현하였으며, 지속적인 처리 모듈의 개발이 진행 되고 있다. 본 연구에서 개발된 GeoPixel 1.0은 아직

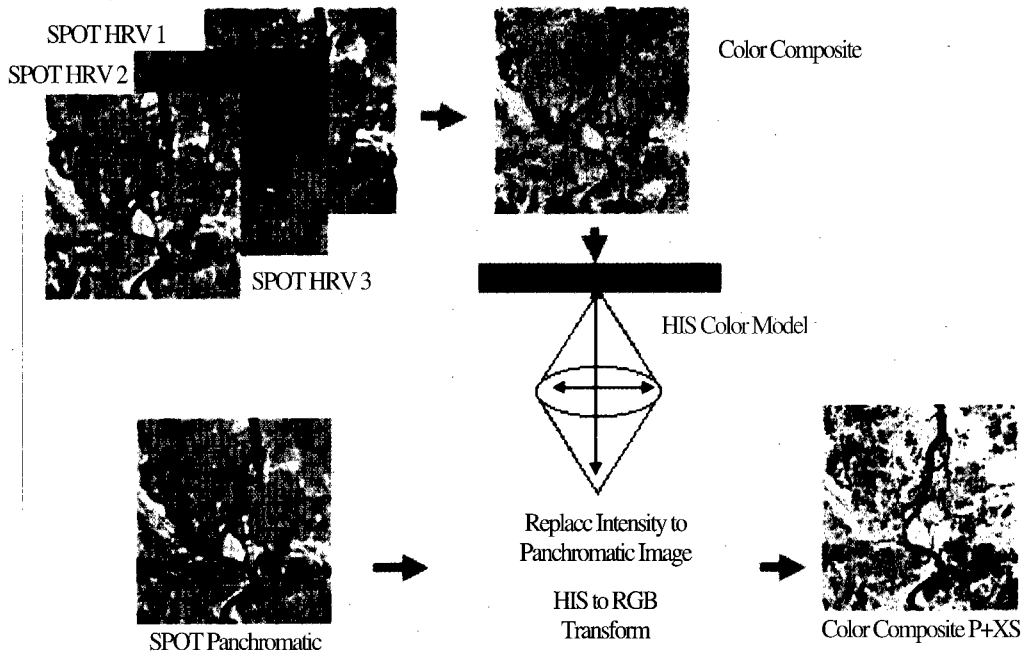


Figure 7. Data fusion by Color Space Transform with Panchromatic and Multispectral Images.

까지는 제한된 일부 기능만이 구현되어 있지만, 프로그래밍 언어로서 자바가 갖는 특징을 최대한 활용하였다.

GeoPixel 1.0의 특징을 요약하면 다음과 같다.

- **객체 지향성** : 완전한 객체 지형 언어를 사용하여, 모든 모듈들을 객체 지향적 개념에 따라 설계되어, 전체 시스템의 관리 및 확장성이 뛰어나다. 또한 상속에 의한 소스의 재사용이 가능하며, 지원되는 API를 이용한 타 모듈의 개발에 대한 효율성이 높다.

- **다중 쓰레드 지원** : 운영 체제 차원이 아닌 프로그래밍 언어 차원에서 다중 쓰레드를 제공하는 JAVA언어를 이용하여 분석 모듈들이 다중 쓰레드 구조로 설계 구현되었기 때문에 점차 보편화 되고 있는 다중 프로세스 환경에서 최상의 성능을 발휘할 수 있다.

각 모듈화된 쓰레드는 영상 처리 작업의 기본적인 기능을 수행하므로, 일단 하나의 모듈을 개발하면 여러 작업에 재사용된다. 또한 쓰레드는 파이프로서 외부와 연결되어 있으므로, 프로그램 개발자는 입력 파이프로 들어오는 자료의 형식을 파악하고, 출력 파이프에 지정된 형식대로 처리된 자료를 보내주기만 하면 되므로, 새로운 작업을 위한 모듈의 개발이 매우 용이하다. 또한 작업 감독 쓰레드나 자료 처리 쓰레드의 공통된 기능과 미묘한 쓰레드간 동기화를 위한 코드는 상위 클래스에 정의되어 있으므로, 개발자는 그 클래스로 부터 상속을 받음으로써, 다중 쓰레드 구조 때문에 발생하는 복잡한 코드를 피할 수 있다

- **편리한 사용자 작업 환경** : 각 사용자는 시스템의 초기화 시 자신의 작업 환경을 설정하여 작업할 수 있으며, 시스템 종료 시 최종적인 작업 환경은 자동적으로 저장되도록 하여, 사용자가 일일이 자신이 작업한 내용에 대하여 기록하지 않아도 된다. 또한 JAVA의 AWT를 이용하여 그래픽 사용자 환경을 구현하였으므로, 서로 다른 운영 체제를 갖는 컴퓨터 환경에서도 일관된 플랫폼 독립적인 사용자 작업 환경을 지원한다.

버전 1.0에서는 우선적으로 기능을 구현하기 위하여 자료 처리를 위한 과도한 정보의 입력이 요구되는 경우에는 일반적으로 사용되는 문서 편집기를 이용하여 입력 데이터 파일을 작성한 후 이를 영상 정보와 함께 읽어 들여 처리하도록 하였다. 상위 버전에서는 간단한 편집기를 준비하여 통합된 환경에서 자료를 입력할 수 있도록 할 예정이다. 예를 들어 지상 기준점을 이용한 기하 보정의 경우 각각의 지상 기준점 위치는 일반 아스키 형식으로 사용자가 미리 준비하여야 하나, 화면상에서 직접 지상 기준점을 선택하고, 바로 기하 보정을 행할 수 있도록 지원할 예정이다. 또한 버전 1.0에서는 영상 목록과 분광대 목록을 각각 작성하도록 되어 있지만 트리 구조를 이용하여 영상 목록과 분광대 목록을 함께 나타내도록 하여 보다 편리한 사용자 환경을 제공할 예정이다.

자료 처리에 있어서는 일부 사용자 대화형 영상 향상 기능을 제외한 모든 작업은 파일에서 파일로 처리되며, 결과의 출력시에는 보기 기능을 선택하여, 화면에 출력하도록 되어 있다. 이 부분에 대하여는 파일에서 메모리로의 작업이 가능하도록 할 예정이며, 보다 편리한 사용자 작업 환경, 빠른 영상의 표출, 다양한 영상 분석, 기능 및 지형 분석 기능의 구현, 일괄 작업 처리,

GIS와 연계된 공간 분석 기능, 시각화 프로그래밍 등에 대한 지속적인 기능 추가 지원 및 보완으로 상용S/W로 발전시키고자 한다.

VII. 참고 문헌

- 시스템공학연구소, 1987, 마이크로 컴퓨터 Image Processing System 개발 연구(II), 연구 보고서, 233p.
- 시스템공학연구소, 1991, 위성 영상 및 항공기 탑재 리모트센싱 자료 분석을 위한 마이크로 컴퓨터 영상 처리 시스템 개발 연구(III), 연구 보고서, 134p.
- 한국 자원 연구소, 1994, PC VGA용 화상처리 소프트웨어 및 응용 기술 개발, 연구 보고서, 48p.
- Albrecht, J., H. Brosamle and M. Ehlers, 1996, VGIS - a Graphical Front-End for User-Oriented Analytical GIS Operations, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, XXXI, B2, Vienna, pp. 78 ~ 88.
- Arnold, K and Gosling, J., 1996, The Java Programming Language, Addison-Wesley, 333p.
- Chan, P. and R. Lee, 1996, The Java™ Class Libraries An Annotated Reference, Addison-Wesley, 1660pp.
- Gosling, J. F. Yellin and The Java Team, 1996a, The Java™ Application Programming Interface, Volumnne I, Addison-Wesley Publishing Company, 494
- Gosling, J. F. Yellin and The Java Team, 1996b, The Java™ Application Programming Interface, Volumnne II, Addison-Wesley Publishing Company, 406
- Ehlers, M., M. A. Jaskowski, R. R. Howard, and D. E. Brostuen, 1990, Application of SPOT data for Regional growth analysis and Local planning, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 56, 2, pp. 157 - 180.
- Jensen, J. R., 1996, Introductory digital image processing - A Remote Sensing Perspective, 316pp.
- Sinclair, S., 1996, Expanding role of GIS satellites in Asia Pacific, GIS ASIA PACIFIC, 2, 3, p. 27 ~ 32.