위성자료 처리 및 3 차원 지형 분석 S/W 개발

안 충현, 신 대혁
지리정보시스템연구실, 영상처리 연구부, 시스템공학연구소
대전시 유성구 어은동 1 번지
tel) 042 - 869 - 1582 fax) 042-869-1479
e-mail) hyun@seri.re.kr

1. 위성원격탐사와 지리정보시스템

가) 공간정보의 구축

지리 정보의 구축 및 자료 입력은 기존의 지도로부터 스캐너나 디지타이저를 이용하거나 또는 제한된 현장 조사를 통하여 획득된 현장 정보와 문서로부터 얻어지는 자료를 수작업을 통하여 입력하는 것이 일반적이다. 이러한 작업을 통해 작성되는 자료의 정확성은 자료 입력자의 경험과 지식에 따라 좌우되며, 대상 지역이 광범위할 경우 상세한 자료수집을 위한 현장 조사에 상당한 시간과 경비가 소요된다. 또한 현장 조사에 투입되는 조사자가 서로 다른 경험과 지식을 가지고 있으므로, 현장 조사를 통하여 얻어지는 정보 또한 각각 다른 정확성을 가질 수 밖에 없게 된다. 지리정보시스템의 구축에 있어 가장 기본적인 작업은 분석에 요구되는 정보의 수집으로 지리정보시스템의 초기 단계에서는 대부분의 시간적, 재정적 비용이 분석에 요구되는 데이터베이스의 구축에 소요된다. 따라서, 데이터베이스의 구축에 있어 유용한 정보를 보다 빠르게 저렴한 비용으로 정확한 정보의 확보 및 처리가 중요한 문제로 대두되고 있다.

GIS 는 1967 년 이후 캐나다 정부 기관에서의 정책결정 지원과 지구환경 정보의 취득 및 지역적인 환경 조사를 목적으로 컴퓨터 그래픽 시스템과 접목되어, 지리, 수자원, 수문, 지질, 토목, 건설, 농업, 환경 조사, 지역별 조사 통계자료 표현 등 각 분야별로 활용하기 위한 연구가 다각적으로 이루어져 왔다. GIS 는 일정한 축적의 지도 측지 좌표 체계를 지구의 기준 좌표로 하여 측량학과 매핑, 항공사진의 해석 도화에 의한 자료 취득과 공간 자료의 처리를 위한 벡터 분석이 중점이 되어 최근 10 여년 동안 컴퓨터 기술과 더불어 눈부신 발전이 이루어지고 있다.

나) 위성영상의 GIS 활용

1972 년 LANDSAT-1 호의 발사를 시작으로 인공위성 영상을 이용한 지표면 정보의 취득 및 정보 추출 기술은 괄목할 만한 성장을 해 오고 있다. 예를 들면, 당시 약 80m/pixel 의 공간 해상도로 취득 되었던 위성영상은 현재 위성에 따라서는 10m/pixel 미만의 공간 해상도와 보다 다양한 파장대의 센서로부터 영상을 얻어, 지표면에 대한 많은 정보의 추출이 가능하게 되었다. 위성 정보의 취득과 분석 기술은 래스터 GIS 의 한 분야로서 기존의 벡터형 GIS 와 결합을 함으로써 한 단계 높은 공간 정보의 분석이 가능하게 되었으며, 지도 제작에 있어서도 컴퓨터 영상 지도 및 화상 지도의 제작에 획기적인 발전을 이룩하여, 최근의 GIS 및 GPS(Global Positioning System)와 결합하면서, 그 효용성은 점차로 크게 증가하고

있다. 종래의 원격탐사기술은 화상처리에 의한 각종 정보 취득기술 개발과 래스터 데이터 분석이 중점이었으나, 다양한 위성 정보의 실제적 활용이 증가되면서, 점차 사진에 의한 각종 지도의 작성과 자원 탐사 및 광역의 환경 변화 감시 등 다양한 응용 분야로 그 활용범위가 확대 되고 있다. 위성에 의하여 관측된 정보를 이용하여 각각의 목적에 맞게 2 차 가공된 데이터는 격자형 지리 정보의 일종으로 취급할 수 있으며, 해당 지역의 토지이용에 관한 현황이나, 자연 환경, 토지 피복 분류, 식물 및 식생의 활성도 또는 각종 주제도의 갱신에 사용될 정도로 지리정보 시스템에 있어서 중요한 정보원의 하나로 이용되고 있고, 근래 위성자료에 의한 지구환경 정보에 대한 데이터베이스의 구축이 활발하게 진행되고 있다.

다) 위성영상과 GIS 의 관계

위성에 의한 정보 취득은 광역에 대한 정보를 순식간에 취득할 수 있으며, 동일한 센서에 의한 주기적으로 취득 되는 정보는 표준화된 자료 처리를 하게 됨으로써, 자료 처리를 행한 작업자의 경험과 지식과는 관계없이 객관적인 정보의 획득이 가능하다. GIS 를 이용한 복잡 다양한 각종 지도의 작성과 자료 분석 및 관리 기술에 있어, 위성 정보는 GIS 의 기본 자료를 취득하고 근황 변화에 의한 지도의 갱신에 이르기까지 수요 범위가 급속도로 확대되고 있으며, 이 두 기술은 컴퓨터 기술의 눈부신 발전에 힘입어 점차 복합 이용되는 단계로 나타나고 있다. 항공사진에 의존하던 복잡한 절차의 광역 지도 작성 과정이 위성영상처리에 의하여 단순화되고 첨단기술화 되면서 GIS 와 위성 정보는 서로 자료 취득과 해석면에서 보완적인 입장을 취하며, 상호 불가분의 관계로 병행하여 기술 발전이 이루어지고 있다. 다시 말하면, GIS 기술은 원격탐사기술(공간 정보의 취득), DB 기술 및 지리정보시스템(공간 정보의 관리 및 가공, 분석), 컴퓨터 그래픽과 매핑 기술(분석 결과의 표현 및 시각화)이 서로 독립적으로 명확하게 구분이 되거나, 또는 어느 한 분야가 다른 분야를 포괄하는 종속적인 관계가 아니라, 어느 정도 그 영역이 중첩되면서, 각각의 기술이 서로 보완하면서 발전하는 것이 이상적이라 할 수 있다(Fig. 1).

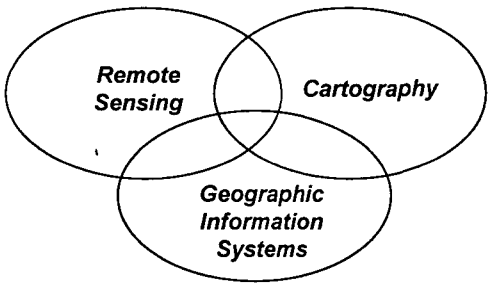


Fig. 1. The three-way interaction model where no field is placed in a position of dominance over the others, or indeed in isolation, but there is interaction in all possible combinations of the three.

라) 통합형 공간정보시스템

위성영상에 의한 자료취득의 비중이 GIS 분야에서 점차 높아지고 있으며, 벡터형 GIS S/W에 래스터 자료인 위성영상처리 S/W의 병합이 점차 요구되고 있는 실정이다. 기존의 상업용 GIS S/W의 경우 분석 결과물의 표현 및 가시화를 위한 기본적인 영상 처리 기능만을 구비하고, 입력되는 정보가 위성 정보인 경우에는, 별도의 위성 정보처리를 위한 S/W를 따로 구입하여 영상 처리를 행한 후 이를 데이터층으로서 입력하는 과정을 거쳤으나 최근에는 이들 두 시스템이 통합된 IGIS(Integrated Geographic Information System)에서는 등장하고 있다(Fig. 2).

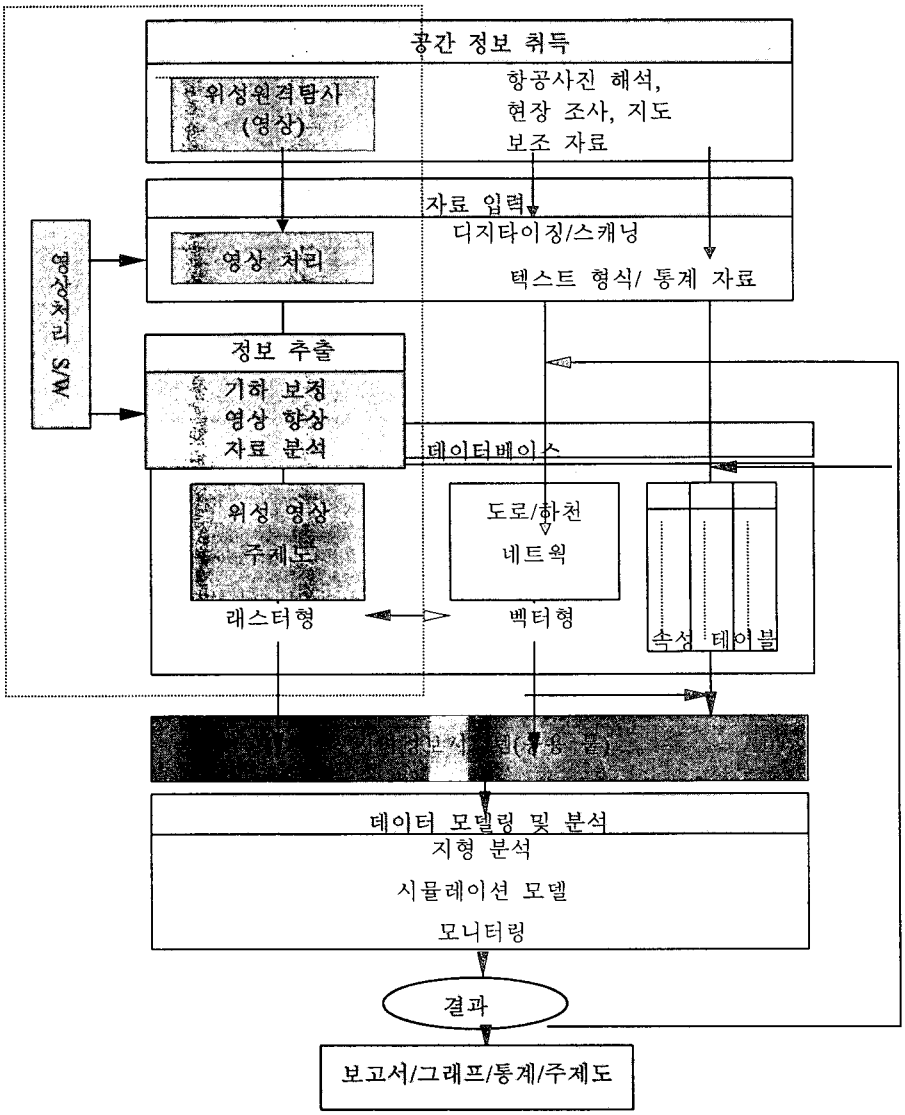


Fig. 2. Schematic representation of Integrated GIS with Remote Sensing Data

2. 위성원격탐사는 어떤 방향으로 나아갈 것인가?

가) 각국의 위성계획

지금까지의 위성체 개발 및 지구관측위성의 운용은 경제적 선진국을 중심으로 진행되어 왔으나, 중국, 인도 등 국토 면적이 광활하고, 접근이 용이하지 않은 지역이 면적의 많은 부분을 차지하고 있는 저개발 국가들도 위성원격탐사의 중요성을 인식하고 자국의 위성체 개발에 많은 노력을 기울이고 있다. 우리나라 또한 우주기술의 개발이 수반하는 기술적 발전 및 관련 산업에의 파급효과를 고려하여 국가 우주기술개발 중장기 계획을 수립하여 2015년까지 약 15기의 위성을 운영할 계획을 수립하고 있다. 표 1은 현재 진행중이거나 계획중인 각국의 위성계획의 일부분을 요약한 것이다.

Table 1. Land Satellite program

국가	Owner/ OBJ	프로그램	년도	센서 종류	공간해상도(m) P	M	R	밴드수	입체시
러시아	G/O	Resours-02	'95	M		27		3	
중국/브라질	G/O	CBERS	'95	P&M	20	20		7	C/T
인도	G/O	IRS-1 C	'95	P&M	10	20		4	C/T
캐나다	G/O	Radarsat	'95	R			9		
중국/브라질	G/O	CBERS	'96	P&M	20	20		7	C/T
일본	G/O	ADEOS	'96	P&M	8	16		4	C/T
이스라엘	G/O	EROS-A	'96	P	2			1	F/A
러시아	G/O	Almaz 2	'96	R			5		
미국	G/E	TRW Lewis	'96	P&M	5	30		384	
미국	C/O	EarthWatch	'96	P&M	3	15		3	F/A
미국	C/O	EarthWatch	'97	P&M	1	4		4	F/A
프랑스	G/O	SPOT 4	'97	P&M	10	20		4	C/T
미국	C/O	Eyeglass	'97	P	1			1	F/A
미국	C/O	Space Imaging	'97	P&M	1	4		4	F/A
이스라엘	G/O	EROS-B	'96	P&M	1	4		4	F/A
유럽연합	G/O	ENVISAT	'98	R			30		
미국	G/O	LANDSAT-7	'98	P&M	15	30		7	
미국/일본	G/O	EOS AM-1	'98	M	15	15		14	F/A
한국	G/O	KOMSAT	'98	P&M	10	10		3	F/A
미국	C/O	Space Imaging	'98	P&M	1	4		4	F/A
인도	G/O	IRS-1 D	'99	P&M	10	20		4	C/T
프랑스	G/O	SPOT 5A	'99	P&M	5	10		4	F/A
일본	G/O	ALOS	'02	P	2			1	F/A
미국	G/O	EOS AM-2/L8	'04	P&M	10	30		7	
프랑스	G/O	SPOT 5B	'04	P&M	5	10		4	F/A

비고 : M : Multispectral only P&M : Pan & Multispectra P : Panchromatic only R : Radar
G : Goverment Funded C : Commercially Funded
O : Operational E : Experimental
F/A : Fore & Aft Stereo C/T : Cross Track Stereo

나) 위성센서의 고공간해상도화와 초미세분광화

근래, 냉전 시대의 종식으로 종래 군사적 측면에서 활용되던 기술의 상용화가 추진되면서, 수년 이내에 1m 이내의 공간 해상도를 갖는 지구 관측 위성데이타의 활용이 가능해질 것이다. 이는 지금까지의 위성영상이 GIS 에서의 응용에 다소 걸림돌로 작용하였던 공간해상도를 극복하게 됨으로써 시설물관리 분야 등(아직까지 지하 매설물에 대한 응용은 불가능하지만) 많은 분야에서의 활용이 기대된다 (Nelson, 1997; Sinclair, 1996). 또한 지금까지 운용되어온 지구관측 위성들이 탑재한 센서는 대부분이 가시광선 - 근적외선 영역을 수개의 영역으로 나누어 자료를 획득하여, 관측 파장대가 비교적 넓어 지표면으로부터의 세밀한 분광정보의 분석이 불가능하였다. 아직 실험적 수준에 머물러 있으나, 가까운 시기에 현재의 지구관측위성 센서가 갖고 있는 공간해상도 수준에서, 수십-수백 개의 채널을 갖는 센서 (hyperspectral sensor)로부터 얻어진 지표면 정보의 활용 또한 기대되고 있다(Fig. 3).

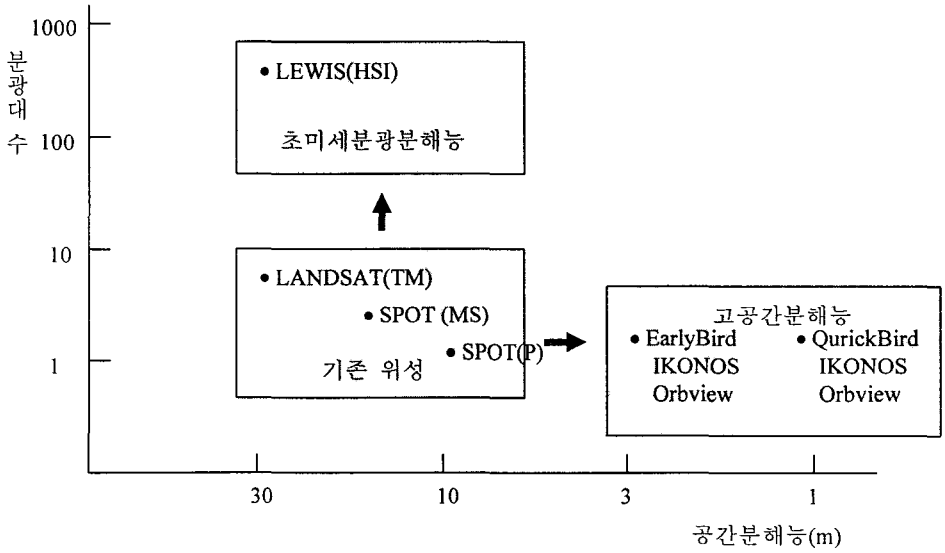


Figure 3. Developing trends of Satellite Sensor.

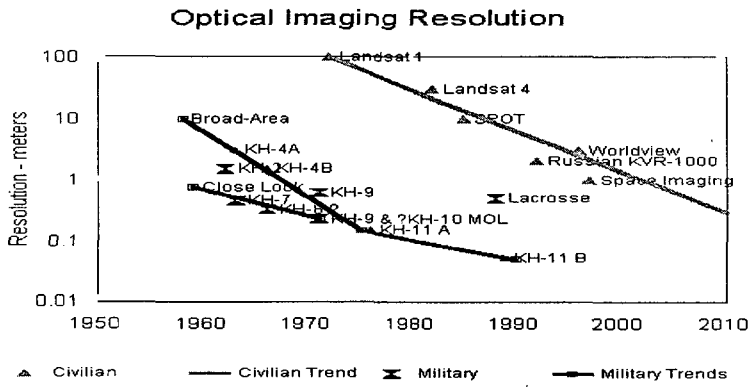


Figure 4. Developing trends of High Resolution Satellite Sensor.

따라서, 현재 항공사진으로부터 얻는 정보는 물론, 그 이상의 지구환경에 대한 정보의 대부분을 위성 자료로부터 획득할 수 있게 되어, 넓은 지역에 대하여, 짧은 주기로 저렴하게 필요한 정보를 수집할 수 있게 될 것이며, 이는 GIS 에 있어 위성영상의 활용성을 크게 증가 시킬 것으로 기대된다. Table 2 와 3 은 현재 상용화를 위하여 진행 중인 고공간분해능 위성계획과 초미세분광분해능센서 위성에 대하여 요약한 것이다(Fritz, 1996; Tribault, 1995).

Table 2. Commercial high resolution satellite program

기업명 시스템	EarthWatch EarlyBird		EarthWatch QuickBird		Orbital Sciences OrbView - 1		Space Imaging IKONOS		IAI/CST EROS-A
참여 기업	Hitachi 외 5				Orbital Sciences 외 4		Lockheed Martin 외 3(한라그룹)		Israeli Aircraft Industrie 외 1
운용 개시일	1997 년 1 월 (?)		1998 년 중반 (?)		1997 년 12 월 (?)		1997 년 12 월 (1998 년 4 월 ?)		1997 년 10 월
센서	Staring Array		Pushbroom		Pushbroom		Pushbroom		Pushbroom
촬영 모드	Pan	MS	Pan	MS	Pan	MS	Pan	MS	Pan
자료수 (bit)	8	8 x 3 array	11	11 x 4 array	8	8	11	11	11
영상 크기	4 MB	12 MB	1 GB	4 GB	128 MB	128 MB	TBA	TBA	50 MB
해상도	3m	15m	0.82m	3.28m	1 & 2m	4m	0.82m	4m	1.3m
분광대	.45- .8	.50-.59 .61-.68 .79-.89	.45-.9	.45-.52 .53-.59 .63-.69 .77-.90	.45-.9	.45-.52 .52-.60 .63-.69 .76-.90	.45-.9	.45-.52 .52-.60 .63-.69 .76-.90	.50-.90
촬영 폭(km)	6x6	30 x 30	22		4 & 8	8	11		20
촬영 범위	36 km^2	900 km^2	484 km^2		64 to 7,200 km^2		121 to 9,880 km^2		500 km^2
입체시	In track		In track		In & Crosstrack		In & Crosstrack		In track
포인팅 In Cross	± 30° ± 28°		± 30° ± 30°		± 45° ± 45°		± 45° ± 45°		± 30° ± 30°
위치	GPS		GPS		GPS		GPS		GPS
자세			Star Tracker		Star Tracker		3 Star Tracker		
정밀도	수평 수직 6m 4m		수평 수직 2m 3m		수평 수직 2m 3m 12m 8m		수평 수직 2m 3m 12m 8m		수평 수직 6m 4m
고도	470 km		600 km		460 km		680 km		480 km
궤도	97.3°태양동기		52° 극궤도		97.25°태양동기		98.1° 태양동기		97.3°태양동기
Repeat	20 일		20 일		16 일		14 일		7 일
Revisit	1.5 - 2.5 일		1.5 - 2.5 일		< 3 일		1 - 3 일		3 일
수신국	콜로라도, 알라스카, 유럽, 아시아 협력국				지역 협력국		덴버,알라스카, 일본,지역협력 국(한국 ?)		이스라엘, ~15 지역협력국
처리 시간	15 분 - 48 시간				15 분 - 24 시간		24 시간-48 시간		15 분-24 시간

Table 3. Hyperspectral sensor program

Sensor (Agency)	Number of Bands	Spectral Coverage(nm)	Band Width at FWHM (nm)	GIFOV (mrad) (m)	Tentative Launch
NIMS (NASA/JPL)	504	700 - 5100	10	0.5	flown (extra-terrestrial mission)
VIMS (NASA/JPL)	320	400 - 5000	15	0.5	flown (extra-terrestrialmission)
UVISI (US Military)	> 200	380 - 900 110 - 900	1 - 3	(100 - 1000)	MSX spacecraft(1994)
Min Map (?)	192	350 - 2400	12.5	45	1996 ?
MODIS (NASA/EOS)	36	415 - 2130 3750 - 4570 6720 - 14240	10 - 500	(250 - 1000)	EOS AM platform(1998) EOS PM platform(2000)
MERIS (ESA/EOS)	15 (Selectable)	400 - 1050	2.5 - 10 (Selectable)	(300)	ESA-POEM 1 AM platform(1998)
PRISM (ESA/EOS)	~150 - 200 1 3	450 - 2350 3800 8000 12300	10 -12 600 1000	(50)	Design stage
CIS (China)	30 6	VNIR SWIR/MWIR /TIR	20	(402)	Design stage
HIS (TRW)	128 256	400 - 1000 900 - 2500	5.00 6.38	(30)	LEO S/C platform (1996)

4. 위성영상은 어떤 분야에서 활용될 수 있는가 ?

가) 위성영상의 활용분야

통합시스템에서는 위성영상을 통하여 최신의 정보를 단시간에 광범위한 지역에 걸쳐 주기적으로 취득할 수 있으며, 이러한 영상으로 부터 수치표고모델 및 토지이용도, 토지 피복도 등의 주제도를 생성할 수 있다. 또한 여러 시간대의 위성정보를 이용하여 토지나 지형의 변화 상태 및 환경 변화, 도시화 성장 추세 등을 측정할 수 있으며, 지리정보시스템을 통하여 산불, 홍수, 가뭄과 같은 자연 재해에 대한 피해지역 및 피해 규모의 신속한 파악 및 효율적인 대처방안의 수립이 가능하게 된다(Table 4).

위성에 의하여 획득된 정보의 정확도 및 부가 생산된 결과물의 질을 높이기 위하여는 지리정보시스템이 제공하는 보조적인 정보를 필요로 하는 경우가 많다. 예를 들면, 위성 정보로부터 토지 피복도을 작성하고자 할 때, 표고 정보와 현존하는 토지이용/토지피복데이타를 사용함으로써 주제도 작성의 정확성을 높일 수 있다. 이 경우 지리정보시스템은 위성 정보와 더불어 문서 정보, 실험실 정보 및 현장 조사결과를 데이터세트로서 통합한다. 또 한 예 Table 4. Survey results for GIS

application fields with high resolution satellite data

구분	업종	용 도
배경 영상 (9%)	멀티미디어 출판	CD-ROM 이나 인쇄매체에서의 배경자료로의 활용
		CG 의 콘트로 활용
		관광안내 등의 배경도를 입체영상으로 표현
		지리서적 작성을 위한 비쥬얼한 정보로 활용
	기상	광역기상정보의 현장감 있는 배경도
	공공	재해발생 직후의 현장 상황 파악
3D 정보 (26%)	지도정보	3 차원 지도데이타의 작성, 도로나 건물 등의 형상 파악, 녹지대 등의 확인
		카 네비게이션용 도로지도 데이타 작성, 갱신 신설, 폐지된 도로의 조기 갱신, 지형의 입체 표시 등
		지도 정보의 3D 화의 실현가능성에 대한 기대
		디지탈맵에 있어서 3D 영상에 의한 주택, 도로, 공장등을 알기쉽게 표시, 부동산이나 도시계획에 있어서 활용
	콘설턴트	국내외에 대한 지도생산 및 국내 기존지도의 갱신
		설비계획, 감시에 필요한 지형데이타의 입수
	환경	사면붕괴나 토석류에 대한 포인트맵의 작성
		지형이나 식생등의 높이를 고정밀도로 추정
	멀티미디어, 출판	CG 의 콘티나 관광안내 등의 배경도에 보다 실제적인 표현을 위하여 3D 정보를 활용
GIS 에의 활용 (28%)	지도정보	지도 데이타베이스의 작성, 갱신작업에 활용
		지도 데이타베이스 제작시스템과의 연결에 의하여 지도편집의 기간 단축, 경비절감
		수치지도나 재해 분석용 GIS 에 적용
	공공	사내 설비관리용 수치지도 관리의 효율화
		재해시 복구작업을 목적으로 한, 도로 등의 피해 상황의 파악과 설비의 손실상황의 추측을 수행하는데 유효
		공공설비관리용의 지도정보에 영상자료를 중첩 활용
		설비감시에 이용 - 철도노선이나 도로의 법적인 측면, 송전선이나 가스탱크 등 위험물 주변의 감시
	콘설턴트	GIS 에의 적용 - 도시계획, 방재, 환경, 농임업, 토지 이용 등
		산림지도에의 적용 - 국토 기본도의 배경자료로 활용, 위치정보 확인
		GIS 에의 적용에 의한 재해정보의 범위 파악
		지방 도시 및 아시아 지역에 대한 GIS 에 활용
	농업	종래 수단의 대체로서 농업 모니터링에 기대
	기상	국지 기상정보의 현장감 있는 배경도
변화 추출 (17%)	콘설턴트	종래 수단의 대체 수단으로서 세무조사에 활용
		산림분야에 있어 경년변화(벌채 등), 환경 변화(산성비나 소나무 흑파리에 의한 피해)의 파악
		산업 폐기물 불법 투기 등의 환경 감시에 활용
	손해보험 회사	화재나 지진 등 재해시에 있어서의 손해조사(전파, 반파 등의 인정)
	지도정보	지도정보의 조기 갱신에 활용 - 신설된 건물이나 도로 등의 변화 부분을 추출하여, 기존 데이타를 관리
다중 분광 정보 (20%)	농업	작물의 생육 진단, 수확예상, 해충 피해의 평가 등 농업 모니터링에 활용
		토양 환경, 생육상태의 관측
	대학	농지의 영양분석에의 활용
		지표면(식생)으로 부터의 물, 열교환량 매핑에 대한 활용
		도시의 열환경 작성이나 재해 상황검출을 위한 토양피복도에 대한 활용
	환경	저수지의 수질감시에 이용
		공원이나 도시, 습원지대에 있어서 식생의 변화 등을 감시
	콘설턴트	댐이나 호수 등에 대한 수질 조사, 식생 조사

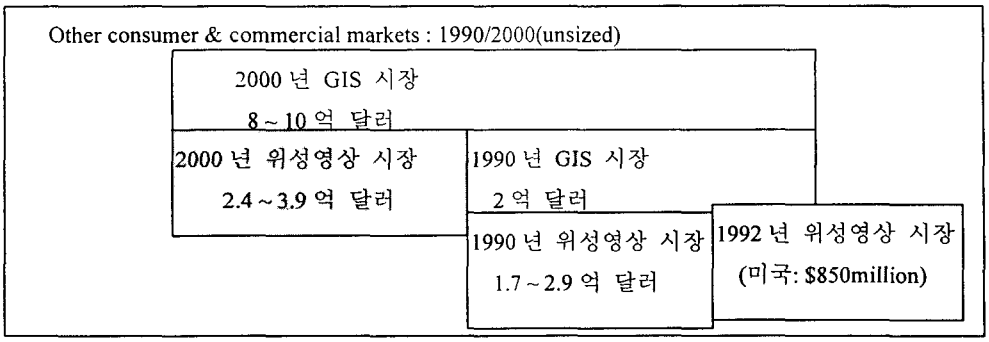
로는, 항공사진은 숙련된 분석가에 의하여 다양한 피사체의 위치를 포함하는 오버래이 조작에 의하여 숙련된 분석가에 의하여 해석, 기록되고, 오버래이는 디지타이징을 통하여 지리정보시스템에 입력된다. 또한 다중분광 위성 영상은 컴퓨터를 이용하여 토지 피복에 대한 정보를 추출하기 위하여 처리된다. 이 두 경우에서 볼 때, 원격탐사기술은 지리정보시스템의 측정, 매핑, 모니터링, 모델링을 위한 입력 자료를 제공하는 강력한 기술이며 위성 정보는 중요한 자료원 임을 알 수 있다.

지리정보시스템의 응용은 데이터베이스의 지리적 범위 뿐만 아니라 데이터의 최신성, 적시성에 크게 의존하게 된다. 많은 응용에 있어서, 지리정보시스템의 잠재적 자료원의 하나인 위성 정보는 최신의 적절한 축적의 데이터를 적시에 제공할 수 있음으로 이 두 기술의 통합은 많은 사용자들에게 방대한 양의 정보를 제공하며, 이들 정보를 효율적으로 분석할 수 있을 것이다. 따라서, 위성 정보와 지리정보시스템은 서로 밀접하게 연관 지어져 있다고 할 수 있으며, 원격탐사기술이나 지리정보시스템은 서로 밀접하게 연결되지 않고서는 그들이 갖는 전체 능력을 발휘할 수 없을 것이다.또한 영상 처리를 통하여 생성된 위성 영상은 벡터 데이터와 동시에 표현될 때 더욱 효과를 발휘할 수 있다. 예를 들면, 벡터로 표현된 도로 정보를 위성 영상에 중첩 시켜 표현할 경우 기존의 자료에서 미비 되는 정보를 보완할 수 있다.

나) 위성영상의 GIS 시장에서의 규모

1980 년대 말까지의 위성원격탐사와 GIS 는 서로 독자적인 방향을 걸어왔으며, 일부분의 분야에 한하여 위성영상의 활용이 모색되었다. 이는 대부분의 GIS 응용분야에서 요구하는 공간해상도에 대해 위성영상이 갖는 공간해상도가 만족할 만한 수준에 있지 못하였기 때문으로 생각할 수 있다. 따라서 두 분야는 별도의 시장을 갖고 있었으며, 1990 년까지만 하더라도 위성영상 시장의 규모가 GIS 시장 규모와 비슷하게 나타난 것으로도 알 수 있다(Joo, et al., 1995). 그렇지만, 최근 센서 기술의 발달과 환경분야 등에 대한 관심이 높아지면서 위성영상처리에 의한 공간정보의 구축과 GIS 의 분석기능이 결합됨으로써, 상호 보완적인 역할이 기대되고 있다. 이와 같은 것은 2000 년의 시장규모의 예측에서도 볼 수 있는 것과 같이 전체 GIS 시장에서 약 25~30% 정도의 규모를 차지할 것으로 예측된다(Fig. 5).

Figure 5. Relationship between remote sensing products and GIS in worldwide commercial markets



다) 미국과 아시아-태평양 지역의 위성영상시장 규모

표 5는 미국과 아시아-태평양 지역에서의 각 응용분야에 있어서의 위성영상 규모를 비교한 것이다. 비록 미국과 아시아-태평양 지역은 경제적인 규모 및 자연환경, 문화적 배경이 많이 다르기 때문에 직접 비교하기에는 곤란하지만, 1998 년의 응용 분야별 미국에서의 시장 규모(비율)와 예측되는 2000 년의 아시아-태평양 지역에서의 시장 규모(비율)는 토지, 자원관리 분야를 제외하고는 그 비율이 비슷함을 알 수 있다(Ayers, 1995). 위성영상의 활용이 대부분 사회간접자본시설, 토지 및 자원관리 등의 분야에서 기대되고 있는 것으로 볼 때 향 후 위성영상은 이 분야의 요구조건(spatial resolution, spectral resolution, temporal resolution, extent)을 충분히 만족시킬 수 있어야 할 것이며, 영상처리 및 분석 S/W 도 이 분야에서의 응용을 주로한 기능이 준비되어야 한다.

Table 5. Comparison between U.S and Asia-Pacific area in remote sensing data market

시장 분야		미국시장 규모 1992 ($Million)	미국 시장 규모 1998 ($Million)		아시아-태평양 지역의 추정 시장 규모 2000 년($Million)	
사회 기반 시설	Gas Distribution	212.5 (25%)	126.73	637.00 (40.9%)	23.69	196.96 (40.5%)
	Electrical Distribution		34.94		16.89	
	Water/Waster Water		6.81		4.14	
	Telephone		8.21		2.54	
	Road & Bridge Management		365.70		69.37	
	Road & Bridge Construction		17.63		53.60	
	Railroad Construction/Maintenance		76.98		26.73	
토지 관리	Land Use Planning	170 (20%)	76.57	234.46 (15.1%)	23.12	125.58 (25.8%)
	Land Construction		11.88		31.65	
	Assessment Mapping		94.19		56.14	
	Emergency Services		51.82		14.67	
자원 관리	Surface Mine Extraction	170 (20%)	176.79	627.13 (39.7%)	15.93	109.43 (22.5%)
	Surface Mine Reclamation		0.78		0.07	
	Oil/Gas Production		89.56		9.06	
	Oil/Gas Reclamation		10.78		0.97	
	Agriculture Stress Monitoring		269.55		45.82	
	Agriculture Crop Finance/Insurance		40.53		16.89	
	Forest Product Estimation		14.44		9.30	
	Forest Management		8.88		5.87	
	Harvest Planning		5.82		5.52	
환경 감시	Oil Spill Monitoring	85 (10%)	21.11	49.74 (3.2%)	2.90	15.47 (3.2%)
	Habitat Management		5.39		6.48	
	Hazardous Waste Sites		10.94		3.98	
	Disaster Insurance		12.30		2.11	
국방 관련	Defense GIS related		17.48	17.48 (1.1%)	5.50	5.50 (1.1%)
기타	Other(75 niche markets)	42.5 (0.05%)			34.00	34.00 (7.0%)
전체		850	1,555.8	1,555.8	486.94	486.94

5. 어떠한 소프트웨어가 필요한가 ?

초미세분광분해능센서(Hyperspectral sensor), 고공간분해능 센서(High spatial resolution sensor) 등으로 향후 획득되는 고품질 위성영상은 최소 수백 MB/scene 정도의 정보양이 될 것으로 예상된다. 그렇지만, 현재 상용화 되어 있는 대부분의 위성영상처리 S/W 는 초미세분광 영상과 같은 많은 분광대의 자료를 대상으로 하고 있지 않으며, 대상 영상을 전부 메모리에 올려놓고 작업을 하
는 방식을 취한 것이 대부분으로, 이러한 방법으로는 비록 RAM 용량이 비약적으로 증가되거나 하드디스크의 용량이 비약적으로 증가된다고 하더라도 수십 메가 바이트 이상의 영상자료에 대하여 유연한 처리 및 분석에는 한계가 있을 것으로 여겨진다. 또한, 인터넷 및 초고속 정보망을 이용한 각종 정보의 교환이 활발해 지며, 위성영상으로부터 지표면의 각종 정보의 취득을 위한 사용자의 요구 또한 점차 증가되고 있기 때문에, 초고속 정보망을 이용한 일괄적인 위성정보의 가공, 처리, 분석 및 부가가치 정보의 생산에 대한 일련의 서비스에 대한 요구 또한 증가되고 있다. 이러한 요구를 만족하기 위해서는 단순히 정보 제공자로부터 일방적으로 가공되어 준비된 정보를 제공 받는 수동적인 형태의 서비스 보다는 사용자가 서비스 시스템에 들어와 자기가 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 필요해 진다. 이러한 네트웍을 이용한 컴퓨팅이 가능해지기 위해서는 정보망의 자료전송속도 및 연결된 컴퓨터간의 고속 분산처리 기능 등에서의 하드웨어적인 성능 향상과 더불어 소프트웨어적으로도 이에 적합한 분석시스템이 개발되어야 한다. 또한 미래의 시스템은 각각의 영상에 적용된 처리과정에 대한 상세한 정보를 제공할 수 있어야 한다. 이를 가능하게 함으로서, 각각의 정보가 어떠한 영상으로부터 어떠한 처리과정을 거쳐서 얻어 졌는가에 대한 명확한 추적이 가능하게 된다.

즉 차세대 위성영상 처리/분석 S/W 는

- 대용량 영상의 분석 처리에 대한 빠르면서 효율적인 처리
- 플랫폼 또는 운영체계에 대한 독립성
- 네트웍 지원
- 시스템의 성능 향상 또는 사용자의 기능 추가의 용이성
- 비쥬얼 프로그램밍 지원

등이 고려되어 개발되어야 한다.

또한, 위성영상은 그 자체로서만 아니라 지리정보시스템의 자료로서 저장되는 토양, 경사도, 표고 등과 같은 다른 부가적인 정보와 결합되어 사용될 때 더욱 많은 정보의 추출이 가능하게 된다. 따라서 이상적인 시스템은 수치 위성영상의 분석 뿐 아니라 임의의 GIS 처리도 요구된다.

6. GeoPixel

국내에는 유닉스 운영체계하에서 X 윈도우나 Motif 를 이용한 위성영상 처리

용 소프트웨어는 거의 없다고 할 수 있으며, 시스템공학연구소, 자원연구소에서 MS-DOS 환경하에서 위성영상처리 시스템을 개발하여 보급한 바 있다. 시스템 공학연구소는 특정과제의 일환으로 KMIPS(1986 - 1989)와 후속 버전이라 할 수 있는 ERIMS(1989 - 1991)을 개발한 바 있으나, 고가의 특정 그래픽보드에 의존성이 큰 관계로, 일부 사용자를 제외하고는 보급에 실패하였다. 자원연구소는 IMAPRO(1994)라는 시스템을 개발하여 상용화를 시도, 현재 약 60 copy 정도가 보급되었나, 실질적 의미에서의 상용화에는 실패한 것으로 사료된다. 이 시스템은 현재 Windows95 환경하에서 비쥬얼 C++를 이용한 시스템을 개발 중에 있다. 이와 같은 국내 연구기관에서의 위성영상처리 소프트웨어의 개발은 급변하는 컴퓨팅환경에 유연하게 대처하지 못하여 사용자가 원하는 컴퓨터환경을 지원하지 못할 경우 아무리 좋은 성능을 가지고 있다 하더라도 상용화에 성공할 수 없음을 알 수 있다. 따라서, 새로이 개발되는 소프트웨어는 현재의 컴퓨팅환경을 최대한 수용하며, 미래 지향적인 관점에서 시스템의 개발이 이루어져야 한다.

최근 인터넷 언어로 자리잡고 있는 자바언어는 완전한 객체지향적 언어로서 C/C++과 비슷한 언어구조를 가지고 있어 C/C++ 라이브러리를 이용하여 그 기능을 쉽게 확장할 수 있다. 또한 이미 프로그래밍에 충분한 정도의 클래스를 지원하고 있으며, third party 에서의 API 클래스의 개발로 계속 확장되고 있다. 자바는 모든 운영체계에서 지정하고 있는 사용자 인터페이스와의 호환을 가능하게 해주는 광범위한 라이브러리를 갖추고 있다. 따라서, 자바에서 제공하는 API 만 사용한다면, 어떠한 플랫폼에서도 작동되는 소프트웨어를 개발할 수 있다. 또한 AWT(가상 윈도우 툴 킷)를 사용하여 운영체계에 관계없이 각 운영체계에서 규정 지원하는 인터페이스에 의거하여 출력이 가능해진다(Chan, 1996; Gosling and Java Team, 1996). 따라서 본 연구에서는 메모리 사용이나 실행속도 등 여러 가지 제약이 있기는 하지만 차세대 위성영상 S/W 의 선택언어로서 채택하여 이와 같은 제약을 극복하기 위한 아래와 같은 여러 가지 개념을 도입하여 S/W 의 개발을 시도하고 있다.

- **객체 지향성** : 완전한 객체 지형 언어를 사용, 모든 모듈들을 객체 지향적 개념에 따라 설계되어, 전체 시스템의 관리 및 기능 확장성이 뛰어나다.
- **다중 쓰레드 지원** : 운영 체계 차원이 아닌 프로그래밍 언어 차원에서 다중 쓰레드를 제공하는 JAVA 언어를 이용하여 분석 모듈들이 다중 쓰레드 구조로 설계 구현되었기 때문에 점차 보편화 되고 있는 다중 프로세스 환경에서 최상의 성능을 발휘할 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 JAVA 의 AWT 를 이용하여 그래픽 사용자 환경을 구현하였으므로, 서로 다른 운영 체계를 갖는 플랫폼에서도 일관된 사용자 작업 환경을 지원한다.

가) 다중 쓰레드 자료처리 개념

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 시스템에서 CPU의 사용률이 10~20% 정도에 불과하다. 본 연구에서는 이를 극복 CPU의 활용을 최대로 할 수 있도록 일련의 쓰레드들이 연결되어 하나의 작업을 수행하는 구조를 갖는다(Fig. 6)

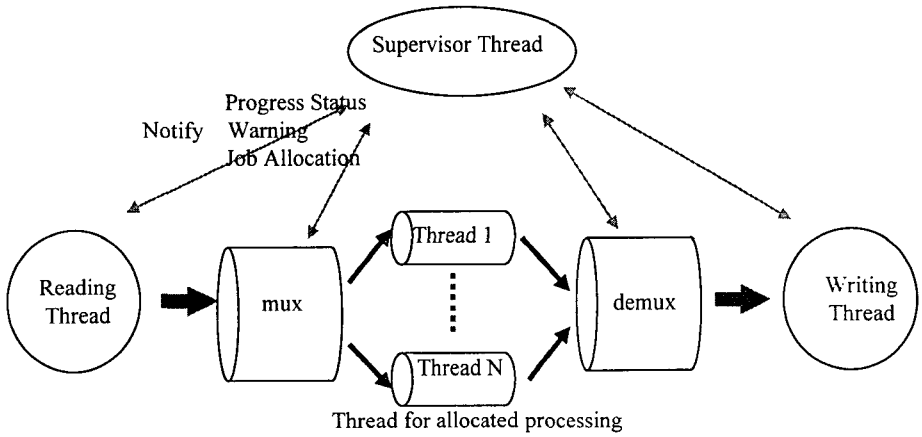


Figure 6. Concepts of Pipeline Data Input/Output and Multi-Thread Image Processing.

예를 들어 설명하면, 그림 6에 나타낸 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 여러 개의 기본적인 작업을 수행하는 하위 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 작업을 중지시키고, 사용자에게 이를 통보하도록 한다. 또한 자신에게 할당된 작업이 완료된 쓰레드는 작업 종료와 동시에 메모리에서 제거되며, 자신에게 할당된 작업이 아직 시작되지 않은, 즉 자료의 입력을 기다리고 있는 쓰레드는 작업 감독 쓰레드로부터 작업을 시작하라는 지시를 받아야 메모리에 올라와 작업을 수행한다. 이로써 비록 많은 쓰레드들로 프로그램이 분할 되어 있더라도 각 쓰레드가 차지하는 메모리 영역을 최소화 할 수 있다..

나) 객체파이프를 통한 데이타 입출력

쓰레드 간의 동기화는 이를 연결하는 파이프에서 자동적으로 해결된다. 즉 만

약, 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 쓰레드로부터의 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 전송하는 독자적인 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 증가 시킬 수 있다.

다) 성능평가 결과

앞에서 설명한 다중 쓰레드와 객체파이프 자료 입출력 개념에 의한 위성영상 처리의 성능을 평가하기 위하여 처리 대상 영상 화일의 크기와 CPU 의 수를 다르게 하여 기존의 순차적 프로그래밍 구조를 갖는 Sobel 엣지 추출과 다중 쓰레드에 의한 sobel 엣지 추출 결과를 비교하여 보았다(Fig. 7). 그림에서 보이는 바와 같이 순차 구조인 경우 CPU 의 증가에 따라 별다른 성능의 향상은 기대되지 않는다. 반면, 다중 쓰레드 구조의 경우 CPU 1 개의 경우 쓰레드간의 통신으로 인하여 다소 순차 구조에 비해 성능은 떨어지지만 CPU 가 증가할수록 순차 구조와 비교하여 성능이 향상되며, 이는 영상 화일이 클수록 뚜렷하게 나타나, CPU 5 의 경우 기존의 순차구조에 의한 결과 보다 약 3.7 배 정도성능이 향상됨을 알 수 있다. 따라서, 앞으로 다중 CPU 를 탑재하는 컴퓨터의 일반화 경향과 점차 대용량화 되는 위성영상의 신속하고 효율적인 처리를 위하여는 다중 쓰레드 구조를 갖는 시스템이 필요함을 알 수 있다.

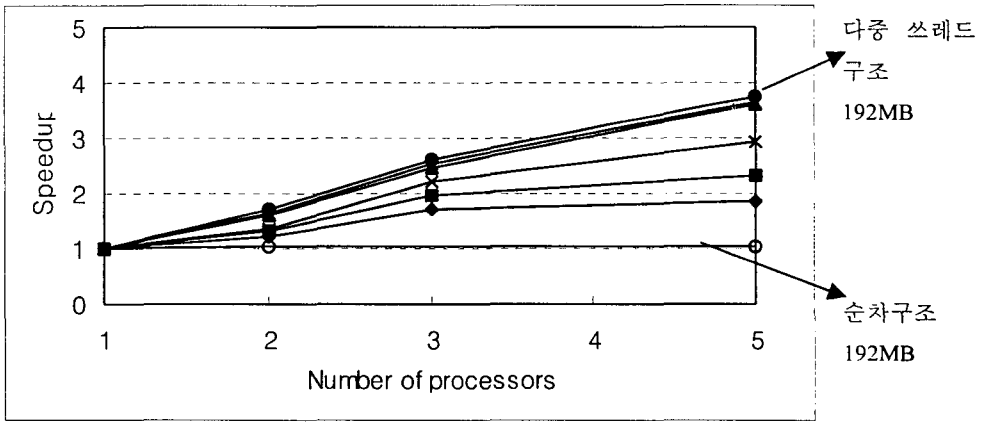


Figure 7. Evaluation results of Multithread data processing

다) 자료 구조

위성 영상의 자료 형식으로는 BSQ(Band Sequential), BIL(Band Interleaved by Lines), BIP(Band Interleaved by Pixel)이 주로 이용되나, 여기에서는 스펙트럼 분석을 쉽게 할 수 있는 자료 형식인 BIL 을 내부 자료 형식으로 채택하였다. 위성 영상 또는 처리 결과로 얻어지는 래스터 화일은 cub 라는 확장자를 가지고 있으며, 래스터 화일은 다른 시스템에서도 쉽게 영상을 읽어 들여 처리할 수 있도록 별도의 헤더를 붙이지 않으며, 관련된 헤더 정보는 chd 라는 확장자를 가진 별도의 텍스트 화일로 정의하고 있다. 래스터 화일의 1 화소에 대한 데이타형은 바이트형(byte), 정수형(short), 확장 정수형(int), 실수형(float)을 모두 지원하고 있다. 헤더 화일은 대상 영상에 대한 최소한의 설명을 하기 위한 필드로 구성되어 있으며, 보통의 문서 편집기를 이용하여 편집할 수 있도록, ASCII 형태로 되어 있다. 다음 표 6 은 버전 1.0 에서의 헤더 화일을 나타낸 것이다.

Table 6. Information field in GeoPixel Cube Header file

헤더 필드 및 정보	설 명
#GEOPIXEL CUBE HEADER	영상의 헤더 정보임을 나타냄
Title = { This TM image obtained on Sept. 22, 1992 }	대상 영상에 대한 타이틀
Samples = 4320	대상 영상의 1 라인별 화소 수
Lines = 2983	대상 영상의 전체 라인 수
Bands = 7	대상 영상의 전체 분광대 수
Pixel Type = Byte	각 화소의 자료형
Xmin = 0.	지리적 범위의 x 축 최소값
Xmax = 1000.	지리적 범위의 x 축 최대값
Ymin = 0.	지리적 범위의 y 축 최소값
Ymax = 1000.	지리적 범위의 y 축 최대값
Min = {0, 0, 0, , 0, 0, 0}	각 분광대에서의 최소 화소 값
Max = {255, 255, 255, , 255, 255, 255}	각 분광대에서의 최대 화소 값
Band Names = {TM Band 1, TM Band 2, , , , TM Band 6, TM Band 7}	각 분광대의 이름

표 6 에서 #는 설명문임을 표시한다. 각 필드의 순서는 별도로 정의하지 않으며, 필드와 필드간은 '\n'로서 구분되어 진다. Min, Max 필드가 없는 경우에는 대상 영상으로 부터 분광대별 최소, 최대값을 구하여, 각 분광대의 값을 정의하며, Band Names 가 없을 경우에는 순서대로 Band 1, Band 2.., Band N 과 같은 이름을 갖는다. Title 과 같이 문자열로 이루어진 필드는 { }로 구분하며, Min. Max, Band Name 와 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. 헤더 정보는 시스템에서 제공하는 별도의 헤더 편집기능을 이용하여 갱신할 수 있다.

라) 사용자 인터페이스

사용자 인터페이스는 Visual Cafe 의 Form Designer 를 이용하여 설계, 개략적인 Dialog 에 대한 소스를 생성하고, 생성된 소스의 편집을 통하여 각각의 입력 버튼에 대한 구체적인 동작을 정의하였다. 다음 그림 8 은 GeoPixel 의 사용자 인터페

이스의 한 예로서, 식생 지수(Vegetation Index) 산출에 대한 입력창을 나타낸 것이다.

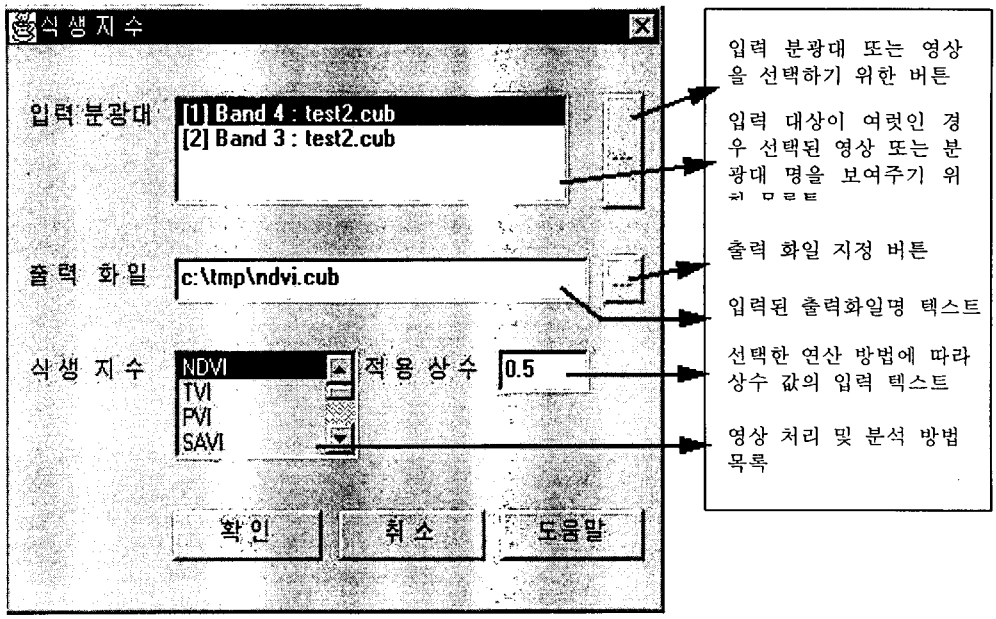


Figure 8. Graphic User Interface for Calculation of Vegetation Index

사용자 인터페이스는 다음과 같이 크게 나누어 진다.

- 직접 키보드로부터 입력 또는 AWT를 통한 입/출력 영상 명(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 화일이 복수개인 경우 각각의 화일 명을 입력하고 선택한 순서로 이를 보여주기 위한 부분(이 부분은 경우에 따라 리스트 또는 텍스트 성격을 갖는다)
- 입/출력 영상을 선택하기 위한 화일 선택 부분(입/출력 버튼)
- 사용자의 입력에 대한 도움말 또는 입력 값을 다른 Dialog 또는 상위 모듈에 전달하기 위한 부분(확인, 취소, 도움말 버튼 등)

마) 자료처리 구조

자료 처리 : 자료 처리를 위하여 사용자는 먼저 사용하고자 하는 작업 디렉토리 정보가 들어 있는 작업장을 선택하고, 처리하고자 하는 영상에 대한 영상 목록, 관련된 분광대 목록을 작성한 후 실질적인 자료 처리를 수행 하도록 되어 있다. 자료 처리를 행한 후, 새로이 만들어진 화일은 영상 목록, 분광대 목록에 자동적으로 추가되어 바로 다음 작업을 수행 할 때 별도로 목록을 작성하지 않도록 하였으며, 불필요한 영상(또는 분광대)는 영상목록(분광대 목록)에서 제거할 수 있다. 버전 1.0 에서는 Interactive 영상 향상을 제외한 모든 작업은 화일에서 화일로 처리된다. 그림 9 는 개발된 시스템의 전반적인 자료 흐름을 나타낸 것이다.

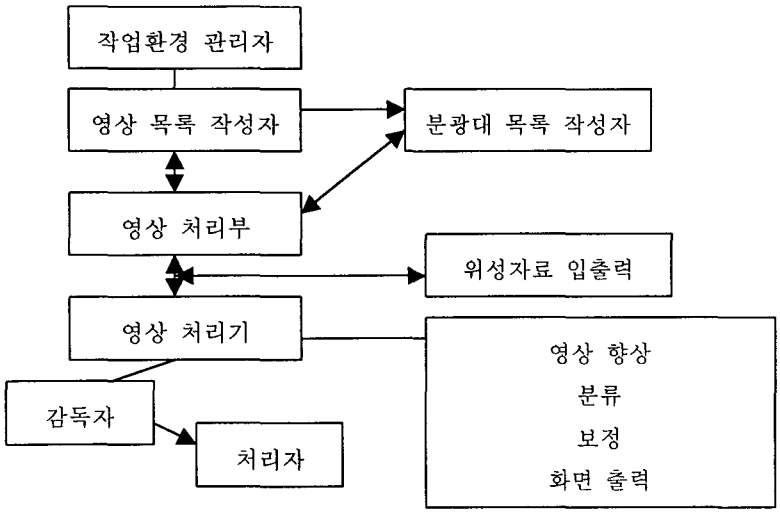


Figure 9. Data processing flow in GeoPixel 1.0

화면 출력 : 처리/분석 결과의 화면 출력은 크게 3 개 부분, 즉 전체 화면, 주 화면, 확대 화면으로 구성되어 있다(Fig. 10). 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 1:1 의 크기로 표현된다. 또한 주 화면에도 작은 박스가 표시되어, 이 부분이 2 배 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 16 배 까지 확대가 가능하며, 확대 화면(또는 주화면)의 크기를 조절하면, 주 화면(전체 화면) 내의 박스의 크기가 바뀌어 표시된다. 또한 전체 화면이나 주 화면에서 마우스를 이용하여 박스의 위치를 변경하면, 필요한 경우 하드디스크로부터 영상을 읽어 해당 부분을 주화면과 확대 화면에 출력하면을 갱신한다. 주 화면은 간단한 영상 처리 기능을 갖고 있으며, 사용자 대화형 영상 향상 이나 화면 저장의 경우에는 화면에 출력된 부분을 대상으로 처리하도록 되어 있다.

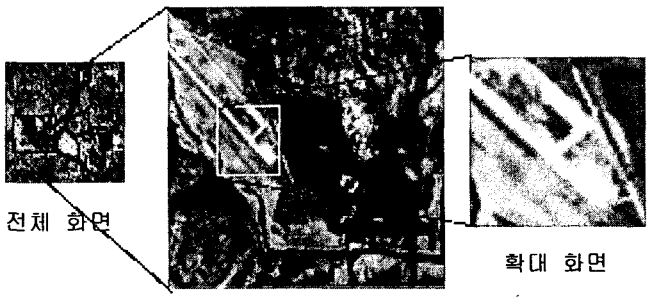


Figure 10. Scroll, Main and Zoom window for Display

사) 메뉴체계 및 구현

그림 11 은 메뉴체계를 표 7 는 GeoPixel 버전 1.0 에서 구현되고 있는 영상 처리 및 분석 기능을 요약한 것이다. 이중 지형 분석 모듈은 현재 C++를 이용하여 구현된 관계로 버전 1.0 에서는 통합된 환경에서 지원되지 않는다. 이 부분은 향후 통합된 환경으로 지원할 예정이다.

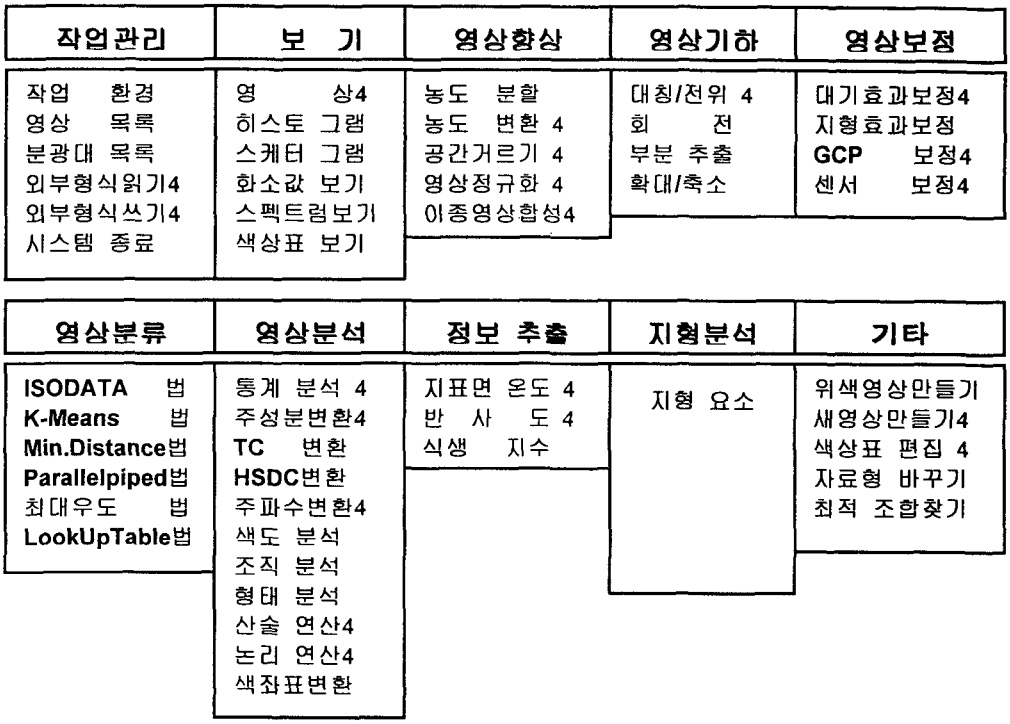


Figure 11. Menu system of GeoPixel 1.0

Table 7. Image Processing and Analysis Functions in GeoPixel 1.0

	세부적 기능	비고
영상 향상	농도 분할/변환	Density Slicing , Contrast stretch, Histogram Modification 방법
	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 기하 변환	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	Image to Image and Image to Map Registration
주파수 변환	전방향 퓨리에 변환	Forward Fast Fourier Transformation(FFT) to Frequency Domain
	가역 휠터 설계	Filter design with Highpass, Lowpass, Bandpass, Bandstop filter
	후방향 퓨리에 변환	Inverse Fast Fourier Transformation(IFFT) to Spatial Domain
영상 분류	감독자 분류	Supervised Classification with Maximumlikelihood, Parallelepiped, K-means clustering, Minimum distance
	비감독자 분류	Unsupervised Classification with ISODATA
영상 분석	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
03 차원 지형 분석	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
영상 출력	영 상	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
영상 분석	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
	색도 분석	Chromaticity Analysis
	조직 분석	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
	온 도	Surface Temperature by Thermal Channel
	알 베 도	Surface Albedo by visible channel
영상 변환	자료형식의 변환	Data format conversion with BIL to BSQ, BSQ to BIL GIF, TIFF, JPEG, VIFF etc.

7. 결론 및 향후 계획

본 연구에서는 위성원격탐사의 개발 방향 및 인터넷 언어인 자바를 이용하여 대용량의 위성 영상을 효율적으로 처리, 분석하기 위한 자료 처리 개념의 정립과 이에 따라 개발되고 있는 시스템, GeoPixel 1.0 의 특징에 대하여 소개하였다.

GeoPixel 에서는 대용량의 위성 영상 처리를 위하여 객체 파이프를 이용한 프로세서간 자료의 입출력과 다중 쓰레드 구조를 이용한 완전 객체 지향적 시스템의 개발로, 개발된 모듈의 재사용과 시스템의 안정성을 꾀하였다. 프로그래밍 언어로서 자바가 갖는 특징을 최대한 활용하였으며, 시스템의 기반 구조라 할 수 있는 파일 입출력을 비롯한 제반 기능에 대한 API 의 개발이 완료되어, 이를 이용한 일부 영상 처리 및 분석 기능을 구현하였으며, 지속적인 처리 모듈의 개발이 진행되고 있다..개발중인 S/W 는 표 7 의 약 80%정도의 모듈이 개발되어 있으며, 국가 NGIS 기술개발 사업이 종료되는 1998 년에는 완성된 형태로 사용자에게 제공될 예정이다.

GeoPixel 의 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 가능하여, 지원되는 API 를 이용한 타 모듈의 개발에 대한 효율성이 높다.
- **다중 쓰레드 지원 :** 운영 체계 차원이 아닌 프로그래밍 언어 차원에서 다중 쓰레드를 제공하는 JAVA 언어를 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 JAVA 의 AWT(Abstract Windowing Toolkit)을 이용하여 그래픽 사용자 환경을 구현하였으므로, 서로 다른 운영 체계를 갖는 컴퓨터 환경에서도 일관된 플랫폼 독립적 사용자 작업 환경을 지원한다.

향후 보완하여야 할 부분은 다음과 같다

- **기능의 보완 및 통합 :** 1 차적으로는 위성영상 처리 S/W 가 가져야 하는 기

본적이고 필수적인 기능을 중심으로 제한된 일부 기능들을 구현하고 있지만 GIS와 연계된 분석 기능과 수치사진 측량과 관련된 기능들이 추가되어야 할 것이다. 또한 현재 C++을 사용하여 독립적으로 개발하고 있는 지형 분석 모듈들의 시스템 통합을 하여 하나의 완전한 전문 S/W로 구성한다. 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 읽어들여 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 트리구조를 이용하여 영상 목록과 분광대 목록을 함께 나타내 보다 편리한 사용자 환경을 제공할 예정이다.

- **사용자 매뉴얼 및 API 문서 작성 :** GeoPixel을 실제 사용자들이 활용할 수 있도록 사용자 매뉴얼의 작성과 이미 개발되어 있는 핵심 모듈들을 이용하여 개발자 들이 자신의 모듈을 개발하여 기능을 추가할 수 있도록 하는 API(Application Programming Interface)에 대한 자세한 도큐먼트를 제공한다. 또한 특정 분야에 대하여 적용한 응용사례 및 이에 대한 자세한 과정을 문서화 함으로써 사용자들이 이해하기 쉽도록 한다.
- **시각화 프로그래밍 :** Visual Programming 이 가능하도록 영상처리 모듈들을 JavaBeans 규격에 따라 컴포넌트화 하고, 이를 아이콘화 하여 간단하게 응용 모듈들을 구성할 수 있도록 한다.

현재의 버전에서는 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 상용 S/W로 발전시키고자 한다.

8. 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 VGA 용 화상처리 소프트웨어 및 응용 기술 개발, 연구

보고서, 48p.

Arnold, K and Gosling, J., 1996, The Java Programming Language, Addition-Wesley, 333p.

Ayers, L. F., 1995, Data vendor + Software vendor = Successful solution for the remote sensing user, Land Satellite Information in the next decade,III-26 ~ III-29

Chan, P. and R. Lee, 1996, The Java™ Class Libraries – An Annotated Reference, Addison-Wesley, 1660pp.

Fritz, L. W. 1996, The Era of commercial earth observation satellites, Photogrammetry Engineering & Remote Sensing, 39 ~ 44.

Gosling, J. F. Yellin and The Java Team, 1996a, The Java™ Application Programming Interface, Volumne I , Addison-Wesley Publishing Company, 494

Gosling, J. F. Yellin and The Java Team, 1996b, The Java™ Application Programming Interface, Volumne II , Addison-Wesley Publishing Company, 406

Nelson, L. J., 1997, Space Imaging, Earthwatch, and the satellite imaging picture in 1997, Advanced Imaging, 61 ~ 63

Joo, S.H., M. Hion, H. Y. Choi and D. H. Jung, 1995, The prospect of commercial space remote sensing business in Asia-Pacific region.

Sinclair, S., 1996, Expanding role of GIS satellites in Asia Pacific, GIS ASIA PACIFIC, 2, 3, p. 27 ~ 32.

Thibault, D., 1995, Land Satellite Information in the future, Land Satellite Information in the next decade,III-14 ~ III-21