

총설

위성자료를 응용한 지구관측 분야의 기술분류와 국내 연구동향 파악

김승범* · 안명환** · 김계현*** · 김문규* · 사공호상****

한국과학기술원 인공위성연구센터*, 기상청 기상연구소**, 인하대학교***, 국토연구원****

Technology Tree and Domestic Research Status of Satellite Remote-Sensing of the Earth

Seung-Bum Kim*, Myoung-Hwan Ahn**, Kye-Hyun Kim***, Moon-Gyu Kim*, and Ho-Sang Sakong****

Satellite Technology Research Center, KAIST*, Meteorological Research Institute, KMA**,

Inha University***, Korea Research Institute for Human Settlements****

Abstract : In this review article, we produce a technology tree in the earth observation by remote sensing, which is the Level I technology in the tree. To define Level II technologies, we create a two-dimensional matrix of technologies viewed from methodology and application viewpoints. Consequently the following fields are selected: reception-archiving, atmosphere, ocean, land, GIS, and common technology. For each Level II technology, we extract half a dozen Level III and about 20-30 Level IV technologies. For each Level IV technology, we review the status of domestic research and the approaches for acquiring deficient technology in Korea. Also we survey foreign institutions specializing in the deficient technologies and the time when the deficient technologies are needed. Furthermore we assign priority technologies from the viewpoints of public need and economic benefits. The information given in this article would help understand and collaborate among different disciplines, be a useful guide to a beginner to remote sensing, and assist policy making.

Key Words : Satellite Data Reception and Archiving, Remote Sensing, GIS, Technology Tree

요약 : 본 총론에서는 원격탐사를 사용한 지구관측분야(Level I)의 기술들에 대한 계층적 분류를 수행하였다. Level II 기술들을 추출하기 위하여, 방법론 관점과 응용 관점에서 구성된 2차원 표를 사용하였고, 이 결과 수신관제와 대기/해양/육지분야의 자료 응용, 그리고 공통기술과 GIS (Geographical Information System) 기술들을 선정하였다. 각 Level II 기술들에 대하여 수개의 Level III 기술들과 약 20-30개 가량의 Level IV 기술들을 추출하였다. 각 Level IV 기술들에 대하여 국내 확보 현황, 미확보 기술의 확보 방안, 미확보 기술의 해외 확보 기관, 국내에서의 기술필요시기 등을 정리하였다. 또한 Level IV 기술들 중 공공성과 경제성에 근거한 우선 확보 기술들을 추출하였다. 기술분류 결과와 국내 연구동향에 관한 자료는 국내 연구진들간의 상호 이해와 협력을 촉진하며, 원격탐사 분야를 새로이 시작하는 연구진과 학생들에게 기초자료를 제공하고, 정책수립을 위한 참고자료로서 유용하게 사용될 수 있을 것이다.

2001년 8월 5일 접수 : 2001년 9월 10일 수리.

1. 서론

위성자료 응용분야는 위성자료를 사용하여 최종 사용자가 필요로 하는 정보를 추출하는 부분이다. 인공위성의 궁극적 목표가 자료의 활용이라고 볼 때, 위성자료 응용분야는 위성의 가치를 실현시켜주는 중요성을 가진다. 지난 약 50여년에 걸쳐 인공위성자료 응용기술은 비약적 발전을 이루었으나, 대용량 자료의 전송, 정확도 향상, 지상 해상도 향상 등 위성 성능의 발전에 따라 새로운 자료 응용기술의 개발이 지속적으로 요구되고 있다. 이를 위해 요구되는 새로운 제 기술들의 분류와 조사는 가장 기본적이고 필수적인 요소가 된다.

위성자료 응용분야는 위성자료가 적용될 수 있는 인간 생활의 모든 분야를 포괄하므로 범위가 매우 넓다. 구체적으로 원격탐사위성 (지구관측위성), 통신위성, 천문/행성탐사 위성들의 자료 응용 분야들이 있으며 (KISTEP, 1996), 이는 각각 국가 우주개발 중장기 기본계획에 입안된 다목적 실용위성, 통신(기상)위성, 과학실험위성들에 의해 수행될 것이다 (과학기술부, 2000). 이들 모든 분야에 대한 조사 분류는 현실적으로 불가능하므로 본 연구에서는 일차적으로 원격탐사분야에 한정하여 수행하였다. 원격탐사라는 표현이 포괄하는 분야는 매우 광범위하지만, 본 연구에서는 지구표면과 대기의 관측 곧 지구관측에 한정하였다. 통신, 천문, 행성관측 등도 역시 위성자료응용에 있어 중요한 분야들이지만, 위성자료처리의 방법이 원격탐사분야와 비교적 상이하므로 차기에 별도의 연구가 필요한 부분이라고 할 수 있다.

본 연구에서는 원격탐사분야의 기술분류표를 작성하고, 분류된 각 기술에 대하여 국내의 확보 현황을 조사하였다. 각 세부 분야 대한 개별적 기술분류는 국내의 문헌을 통해 정리하였다 (예, 기상학에서의 Kidder and von der Haar, 1995; 해양학에서의 Robinson, 1985 등). 그러나 원격탐사 분야를 포괄하는 통합된 자료는 많지 않다. 실사 기술분류가 완성되어 있다하더라도 국내의 제 관련

분야에 활용되기 위해서는 분류된 각 기술의 확보/미확보 여부 등 국내 연구동향을 파악해 둘 필요가 있다. 국내 연구 동향은 시시각각으로 변하고 있으며, 외국의 자료에 의존할 수 없는 상황이므로 지속적인 파악이 필요한 실정이다.

2. 기술 분류

1) 기술 분류: 기준

계층적 기술분류는 4단계로 수행하였다. 최상위 기술은 Level I이며 최하위 Level IV까지 분류하였다. 동일 level 항목간 관계는 수평적인 관계이며 상위 level과 하위 level은 수직적인 관계를 갖는다. 위성자료응용 기술을 Level I 기술에 배정하고, 본절에서는 Level II 기술의 분류 근거를 제시한다. 다른 Level I 기술들은 위성체와 탑재체 기술과 발사체 기술이며 이는 본 연구의 범위를 벗어나므로 생략한다. 위성자료응용 기술은 크게 전처리 기술과 후처리 기술로 구분할 수 있으며, 이외에도 위성자료 수신과 위성 관제에 필요한 수신관제 기술을 들 수 있다. 전처리 기술은 위성으로부터의 원시자료를 중간 사용자 (예, 산학연의 전문가)들이 사용할 수 있는 수준의 자료로 변환하는 과정이다. 예를 들어 다목적 실용위성 1호 전자광학카메라 자료의 Level 1R (방사보정)까지의 과정에 해당한다. 후처리 기술은 전처리 자료를 사용하여 육해공 영역에서 최종 사용자가 원하는 정보를 추출해내는 기술이다. 예로서 다목적 실용위성 1호 전자광학카메라 자료로부터 수치표고모형의 추출이 이에 해당한다.

전처리 기술에 따라 기술분류를 할 경우 가장 적합한 기준은 탑재체에 따른 분류이다. 왜냐하면, 전처리 기술은 탑재체의 종류에 따라서 결정되기 때문이다. 예를 들어 광학카메라의 경우에는 정사보정과 기하보정을 들 수 있으나 고도계의 경우는 고도결정, 대기보정 등의 독특한 과정을, 합성개구레이더 (SAR, Synthetic Aperture Radar)의 경우

는 다중위상차합성을 통한 영상생성 등의 독특한 과정을 포함한다. 따라서 전처리 기술에 따른 기술분류의 결과는 탑재체의 열거가 될 것이다. 주요 탑재체는 광학, 적외선카메라(infrared imager), 고도계 (altimeter), 수동 마이크로웨이브 (passive microwave), 산란계 (scatterometer), 합성개구레이더 등을 들 수 있다.

후처리 기술에 따라 기술분류를 할 경우에는 응용분야에 따른 분류가 가장 효과적이다. 왜냐하면 후처리 기술의 결과물들이 곧 각 응용분야에서 활용되기 때문이다. 응용분야를 세분하는 기준은 여러 가지가 있으나 원격탐사의 측면에서는 해수면과 지표면 이상을 관측하므로 동일한 관측대상을 가진 기후관측 관점을 사용할 수 있다. 이 기준에 따르면 다음과 같이 구분된다 (Cracknell and Hayes, 1991; Bigg, 1996; Fig. 1): atmosphere (대기권), hydrosphere (수권), geosphere (지표권), biosphere (생태권), cryosphere (빙권). 이를 기반으로 응용분야를 세분하면 다음과 같은 관측대상에 대한 기술들이 필요하다.

atmosphere: 대기성분, 복사평형, 에어러솔, 수증기, 구름, 강우

hydrosphere: 홍수, 조석, 해류, 해표면 온도, 풍속, 염분, 파고, 해색, 자원

geosphere: 지형, 지표온도, 호수감시, 군사, 토지이용, 자원

biosphere: 식생, 삼림, 농업, 지표습도

cryosphere: glaciers, ice sheet

또한 위 대상들을 관측한 자료들을 효과적으로 활용하는데 필요한 기술로 GIS (Geographical Information System)를 들 수 있다.

조사대상 기술들을 선정하기 위하여 탑재체 기준 분류 결과와 자료응용기준 분류 결과를 각 축으로 한 2차원 표를 구성하였다 (Table 1). 표의 내용에 있어 명확히 구분될 수 없는 부분들도 많이 있다. 해상풍은 대기권과 수권에 모두 중요한 관측변수이다. 자원과 군사의 경우 수권과 지표권에 나누어져 있으나 다른 형식의 구분 기준에 의해 통합될 수 있는 부분이다. 지표습도의 경우 대기권의 연구에 있어서도 중요한 관측 변수이다. 또한 지표권과 생태권의 응용 Level III 기술 수가 대기권과 수권에 비해 작지만 세분화를 통해 동등하게 조정하는 것 역시 가능할 것이다. 이러한 한계에도 불구하고 최대한 객관성이 유지될 수 있도록

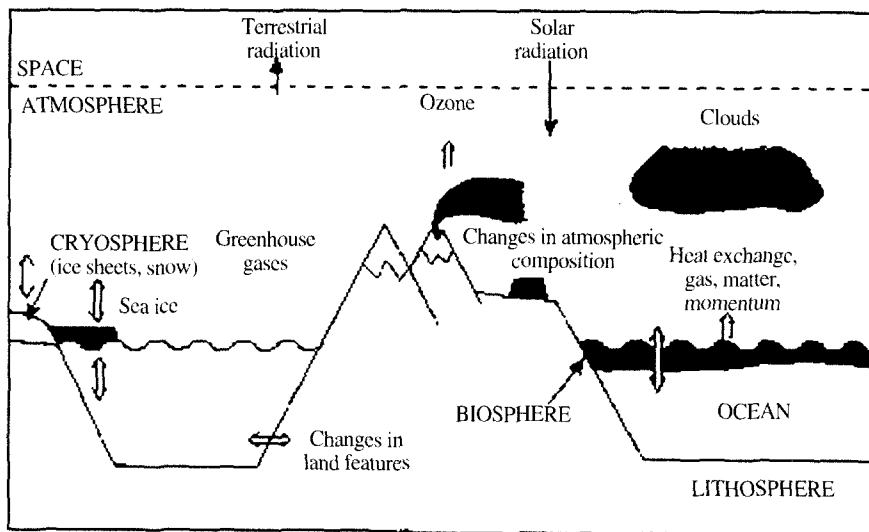


Fig. 1. The Earth classified from remote sensing viewpoints (Bigg, 1996).

Table 1. Selection of Level II technologies.

응용 III 응용 II	탐재체 II	가시역 센서	적외역 센서	마이크로웨이브 대역 센서			GIS	계	
				수동센서	고도계	산란계			다중합성 레이더
대 기 권	대기성분 ¹	○	○	○			○	18	
	복사평형 ²	○	○						
	에어러솔	○	○				○		
	수증기 ³		○	○					
	구름	○					○		
	해풍			○		○	○		
	강우			○			○		
수 권	홍수		○				○	21	
	조석				○				
	해류	○	○		○				
	해수면온도		○	○			○		
	염도			○					
	해색	○							
	파고			○	○	○	○		
	해저지형				○		○		
지 표 권	군사 자원 ⁴						○	18	
	지형	○					○		
	지표온도		○	○			○		
	호수감시				○				
	군사 토지이용	○		○			○		
생 태 권	자원 ⁵	○	○		○		○	16	
	식생	○	○				○		
	농업	○	○				○		
	삼림	○	○				○		
빙권	지표습도			○			○	6	
	빙하(iceberg) Ice sheet			○	○	○			
계		13	12	11	8	4	14	17	79

* '탐재체 II'는 탐재체 기준의 level II기술 분류 결과, '응용 II'는 자료응용 기준의 분류결과를 의미한다.
응용 III은 Level III의 기술을 지칭한다.

¹ 예, 오존 측정

² 예, Earth Radiation Budget Satellite on Nimbus at 0.2-50μm

³ 예, IR sounder and microwave sounder on TOVS satellite

⁴ 기름 유출 탐지를 통한 해저 유전

⁵ 고도계를 사용한 중력장 조사, SAR를 통한 기름유출 조사를 통해 유전감지

록 유의하였다. 예를 들어 대기권의 분류는 비교적 생소한 분야에 대한 설명으로 호수감시에
Kidder and von der Haar (1995)의 분류를 따랐다. 서는 고도계를 사용하여 사막화와 용수 수요 증가

에 따른 호수 고갈을 감시할 수 있다 (Birkett, 1995). 빙하감시는 늦봄 해빙기에 방류되는 빙하의 양을 감시하여 선박항해와 해류흐름/지구온난화 영향 평가에 응용하는 분야이다. Ice sheet는 남극대륙 얼음의 무게중심 변화, 총량변화 감시를 의미하며 (Wingham, 1995), 지구온난화에 따라 남극대륙으로부터 분리되는 iceberg 감시를 포함한다 (Mercer, 1978). GIS기술의 위치는 관련된 자료응용 기술들과 교집합을 형성할 수 있도록 배치되었다. 대기권의 대기성분 (예, 오존), 에어러술 (예, 황사), 구름 등은 지리정보는 아니지만, 향후 GIS(지리정보체계)에 연동되어 응용될 수 있음을 감안하였다. 수권의 해저지형은 해도와 관련이 있고, 지표권의 토지이용은 토지이용 주제도와 관련이 있으므로 GIS와 관련성을 부여하였다. 조사된 응용 분야들 중 활발히 응용되는 분야와 응용 정도가 약한 분야 (예, 수동 마이크로웨이브 센서를 이용한 염도측정)가 존재한다. 각 기술의 응용 정도는 각계 전문가들 사이에 이견이 존재할 수 있으므로 응용정도를 구분하기 보다는 일괄적인 응용여부 유/무 여부로 분류하였다.

Table 1의 내용을 기반으로 기술분류표에 사용될 Level II 기술을 선정하기 위하여 다음 두 측면을 고려 하였다.

1. 자료응용기준 분류 결과(대기권, 수권 등)들을 Level II 기술들로 선정할 경우 장점으로 국내외 연구기관들의 구분이 자료응용 기준으로 편성되어있어 기술분류와 확보현황 파악에 편리하며 전문성을 살릴 수 있다. 단점으로 위성자료의 전처리가 매우 난해한 경우 (예, 합성개구레이더)나 한가지 기술이 여러 응용분야 등에 공통적으로 사용될 경우, 전처리 기술의 분류와 조사 그리고 전처리 기술과 관련한 기술확보 현황 파악이 비효율적일 수 있다.
2. 산술적인 측면에서 자료응용기준과 탑재체기준 중 어느 기준을 사용하더라도 세부기술들이 각 특정 Level II 기술들에 비교적 고르게 분포함을 알 수 있다. 물론 각 세부기술 분야들의 중요도가 다르고 세부기술을 어느 수준까지 나누

는가에 따라 산술적 수치는 달라질 수 있다.

대표적 외국문헌들의 분류기준을 살펴보면 Gurney et al. (1993)와 Kidder and von der Haar (1995)는 자료응용중심을 사용하였고, Robinson (1985)은 탑재체 중심을 사용하였다. Lillesand and Kiefer (1994)는 파장대 (곧 탑재체) 중심으로 분류하였다. 탑재체 (파장대역)중심과 자료응용중심을 병행한 경우도 많다 (예, Cracknell and Hayes, 1991; Jensen, 2000).

2) 기술 분류: 내용

(1) Level II 기술

1)절에서의 두 가지 고려 사항에 의거하여, 자료응용 기준으로 분류된 기술들 중 대기, 해양, 육지자료 응용기술들과 GIS 기술들이 선정되었고 추가로 위성자료의 수신과 관제에 필요한 수신관제 기술이 선정되었다. 각 응용분야에 공통적으로 적용되는 부분이 많은 분야들 -합성개구레이더, 자원, 복사모델 등- 을 포괄하는 분야로 공통분야를 첨가하였다. GIS 역시 동일하게 공통적 성격을 가지나 원격탐사기술과 동일시 하기 힘들므로 독립적으로 취급하였다. 이러한 선정 결과로 원격탐사분야의 모든 기술들을 포괄할 수 있음을 알 수 있다 (Table 1).

[위성 자료 수신과 분배에 필요한 기술]

- 수신관제기술

[자료응용기준으로 분류된 기술]

- 대기자료 응용기술
- 해양자료 응용기술
- 육지자료 응용기술
- GIS기술

[공통으로 분류된 기술]

- 공통기술

위와 같은 Level II 기술선정은 대한원격탐사학회와 비교분류와 잘 일치하므로 국내의 연구현황을 비교적 충실히 반영한 분류라고 할 수 있다. 참고로 1999년의 국가지정연구실사업의 기술분류표에 따르면, 우주기술분야에서는 위성수신과 관제만이 포함되어 있다. 위성응용분야는 관련 응용

기술분야 (예: 해양, 대기)등에 포함되어 분류되었다. KISTEP(1996)에서는 위성이용분야를 지상/기상/해양/환경/수신처리로 구분하였고 위의 분류는 이 분류와 대부분 일치한다.

(2) Level III 기술

Level III 기술들은 각 분야 전문가들의 제언을 종합하여 선정하였다. 분야에 따라서 더욱 세밀한 구분이 필요한 경우도 있다. 그러나 각 Level II 기술분야가 비교적 동일한 수의 Level III 기술들을 갖도록 함으로써 Level II 분야간의 균형을 도모하였다.

- 수신관계기술: 관제분야에서 위성추적과 임무 제어, 위성자료의 수신에 필요한 자료복원장치, 자료의 분배에 필요한 자료관리기술을 선정하였다.
- 대기자료 응용기술: Level III 기술들은 위성에서 산출 가능한 중요한 요소를 중심으로 분류하였다. 기상분야에서 위성자료가 가장 필요한 부분은 기존의 관측수단을 이용한 관측이 어려운 지점이나 연속적인 관측이 불가능한 경우에 대한 기상요소 산출과 광역의 대기 성분 관측이나, 특이한 기상현상의 관측 등이다.
- 해양자료 응용기술: 해양자료의 경우 하나의 대상(예, 파고)을 측정하기 위한 방법이 다양하게 존재한다 (예, 산란계, 고도계 등), 따라서 탑재체 중심의 분류가 효과적으로 사용된다 (Robinson, 1985). 또한, 이를 통하여 각 탑재체의 전처리 기술에 대한 분류가 가능해지는 이점이 있다. 따라서 탑재체 중심으로 가시역센서, 적외역센서, 고도계, 수동 마이크로웨이브, 산란계를 선택하였다. 응용중심의 분류에 관해서는 윤(1999)의 개괄적 기술이나, 해양환경관측에 제한되어 있기는 하지만, 유와 정(1999)을 참조할 수 있다.
- 지형자료 응용기술: 지형자료의 생성을 위한 기술로 광학영상전처리, 영상판독/도화 등을 선정하였다. 위성영상 기하구조, 광학영상처리 등의 기술들은 Level III 기술로 구분될 수 있을 정도

로 비중이 있으나 위 두 Level III 기술로 압축하였다. 또한 임업과 농업을 분류하였다.

- GIS기술: 수자원분야, 환경관련, 시설물분야, 해양분야를 선정하였다.
- 공통기술: 합성개구레이더 기술, 자원응용기술, 대기 복사모델기술들을 선정하였다.
 - 1) 합성개구레이더는 수권 (기름유출, 선박, 함정 등의 감시), 지표권 (표고모형 생성, 변화 탐지, 지하 물체 탐지 등), 빙권 (남극 얼음 분포 변화, Wingham, 1995)등 복수의 Level II 기술에 사용될 수 있으므로 공통으로 분류되었다. 합성개구레이더만을 공통으로 추출한 점에 있어서는 명확한 기준이 부족할 수 있다. 예를 들어 산란계 역시 식생 분석, ice sheet두께 감시 등 해풍과 파고 측정이외에 응용될 수 있기 때문이다. 그러나 대기/해양 이외의 분야에서 산란계의 역할은 비교적 부차적이므로 공통에서 제외하였다. 예를 들어 빙권 감시에 있어 산란계는 고도계나 합성개구레이더에 비해 정확도가 떨어지며, 식생분류에 있어서도 역시 합성개구레이더가 효과적으로 사용되는 상황이다.
 - 2) 자원응용기술은 육지자원과 해저자원을 모두 포괄하므로 복수의 Level II 기술들에 사용된다. 따라서 공통으로 분류하였다.
 - 3) 대기복사모델 (Radiative Transfer Model) 기술은 생소할 수 있으므로 상술하고자 한다. 대기복사모델은 복사의 원천에서 방출된 전자기파가 매질을 통과하면서 일어나는 산란, 흡수, 방출 등을 고려하여 어느 지점에서 관측될 수 있는 복사량을 이론적으로 계산할 수 있게 해준다. 예컨대 적외역의 경우 지구 복사적외선이 지구표면에서 위성의 센서에 도달하기까지 대기중에서 발생하는 산란, 흡수, 재복사를 모델링한다 (Cracknell and Hayes, 1991; Kidder and vonder Haar, 1995). 이러한 복사모델은 전자기파의 전 파장대에 걸쳐 관측자료의 보정 및 검증에 반드시 필요하다. 또한, 위성에서 관측된 복사량을 이

용한 매질의 성질, 온도, 습도, 기체 농도 등을 산출하기 위해서는 복사모델의 역변환이 필요하다. 예를 들어 가시역의 경우 복사 모델을 사용하여 에어러술의 영향을 제거하거나, 에어러술의 광학두께를 산출할 수 있다. 대기복사모델은 또한 탑재체의 감도를 비롯한 사양 결정과 설계에 이용된다. 따라서 복사모델은 모든 파장대에서 관측된 위성자료의 이해, 분석 및 응용을 위해 필요하므로 공통기술로 분류하였다.

(3) Level IV 기술

Level IV 기술들은 세부 기술로서 각 분야 전문가들에 의해 선정되었다. 순수 학문 기술적 선정 기준이 사용되었으며 경제성이나 공공성 등 비학문적 기준은 사용하지 않았다. 분류의 정도에 따라 Level IV 기술의 수는 가변적이거나 각 Level III 기술이 비교적 동일한 수의 Level IV 기술들을 갖도록 함으로써 Level III 분야간의 균형을 도모하였다. 분류의 내용과 기술의 설명은 Appendix 1과 Appendix 2를 참조한다.

3. 국내 기술 확보 현황

1) 국내 기술 확보 현황: 현황 파악과 분석

현재 위성응용 기술의 현황에 관하여, 우리별위성과 다목적위성이 발사되고 해외 위성 데이터의 접근이 용이해짐에 따라 점진적으로 발전을 하고 있으나 전체적으로 국제 수준에는 미치지 못하고 있다 (Appendix 2 참조). 미래의 고부가 산업인 위성의 응용분야 발전과 국내제작 위성들의 효과적 자료 활용을 위해서는 조직적이고 계획적인 기술 확보 방안이 절실하다.

위성자료수신과 위성관제기술의 경우 첫째 수신자료의 복원에 있어서, 위성자료의 암호해독은 국내의 기반기술이 취약하여 미 확보 상태이나, 이를 제외한 압축해제, 패킷화 해제, 복조 등은 우리별, 무궁화, 아리랑위성의 운용을 통해 확보되어

있다. 수신 자료의 저장 기술들은 아리랑위성의 지상국 개발사업을 통해 개발단계에 진입하였으며, 저장된 위성자료의 관리와 분배역시 기 발사 위성의 운용을 통해 확보되어 있다.

대기자료 응용의 경우 많은 기술들이 국제적인 공동활용이 용이한 부분이 많지만, 각 지역의 특성에 맞는 새로운 기술이 요구되기도 한다. 따라서, 본 연구에서는 국내에서 독자적으로 개발되어 활용되고 있는 기술에 대해서는 실용화된 기술을 확보한 것으로, 아직 국내에서 독자적으로 개발되지 않은 부분에 있어서는 연구/개발 단계로 분류하였다. 예를 들어 황사 탐지와 같은 기술의 경우에는 국내에서 독자적으로 개발되어 기상청의 현업에 활용되고 있는 기술이므로 기술이 확보된 것으로 분류하였다. 다른 예로써는 위성자료를 이용한 태풍정보 생산과 같은 경우에는 외국에서 개발된 기술을 우리의 실정에 맞게 현업에 적용하기 위해 기술의 개발에 있거나, 새로운 기술 (Ahn et al., 2001)을 개발 중이므로 연구/개발 단계로 구분하였다. 따라서 대기자료의 응용기술은 상당 부분이 이미 활용되고 있지만, 연구/개발 단계로 분류되었다.

해양자료 응용에 있어서는 각 센서별로 상당한 차이가 있으나, 대체로 활용의 기초가 되는 자료의 보정, 모델링, 알고리즘 개발 등의 분야에서는 미 확보 단계에 머물고 있다. 자료의 활용에 있어서는 적외역 분야에서는 상당한 활용이 수행되고 이용자 기반이 확보되어 있으나, 그 외 대부분의 위성활용 기술은 초보단계에 있다. 해석 분야는 다목적 1호 위성에 탑재된 OSMI의 개발과 더불어 응용기술개발과 해양 활용기술개발이 시급한 실정이며, 마이크로웨이브 분야의 해양활용연구는 고도계자료의 일부 활용을 제외하고는 국내기술 개발이 전무한 실정이다.

한편 지형자료의 응용에 있어서는 가시화가 쉽다는 광학영상의 특성으로 광학영상 위주의 발전을 해왔으며, 항공영상과의 연관성, 근래의 GIS업계의 발전 등으로 상대적으로 많은 발전이 있었다. 위성영상 도화 등 기존의 항공영상을 이용한

기술과 유사한 부문에 있어서는 기술의 실용화가 이루어졌으나, 위성영상의 고유한 특성을 고려한 위성영상의 기하구조 및 영상처리, 영상의 판독분석 분야에 있어서는 기술의 난이도로 기술 확보가 상대적으로 미흡한 수준이지만, 계속적 지원으로 세계수준의 기술확보가 가능하리라 본다.

공통 분야에 있어서 합성개구레이더 자료의 응용은 전 세계적으로 그 기술개발이 다른 분야에 비해 늦고, 그 기술 및 자료에 대한 접근이 어려운 분야이다. ERS (유럽원격탐사위성)의 성공적인 발사이후 근래에 합성개구레이더 센서를 탑재한 위성이 늘어남에 따라, 국내에서도 합성개구레이더 연구에 대한 관심이 늘고 있다. 그러나, 대부분의 분야에서 연구 단계이거나 미확보 상태이며, 기존의 다른 센서들과 연관된 분야에 있어서만 어느 정도 기술이 확보된 상태이다. 전체적으로 인력확보가 매우 미흡한 상태이며, 특히 전처리 단계의 연구/개발 인력의 확보가 시급하다.

자원분야는 지질조사나 자원탐사 분야보다는 환경/방재 분야로 연구가 진행되고 있는 상황이다. 지질조사나 자원탐사분야에 대한 연구가 활발한 미국, 캐나다, 호주 등과는 달리 우리나라는 전국토의 70% 이상이 산지이며, 식생이 두텁게 지표를 덮고 있는 상황이기 때문에 외국의 기술을 그대로 적용하는 데에는 한계가 있는 것 또한 사실이다. 이러한 상황에서 지질조사나 자원탐사분야에 대해서는 주로 선구조 추출을 통한 fracture zone의 탐지 결과를 이용하여 지하수 부존지역 예측이나 일부 광물자원에 대한 탐지에 대한 연구가 있는 상황이나, 일반적인 기술로의 발전은 미흡한 상황이다. 골재자원의 경우 연안지역의 변화탐지 및 해안선 추출 등의 연구를 통하여 토사량 산출 등의 연구가 이루어 지고 있는 상황이다. 또한 환경/방재 분야에서는 산사태나 산불과 같은 재해 위치 탐지 및 피해 면적 산출 등에 이용되고 있다. 우리나라의 상황을 고려할 때 자원분야는 광학자료와 합성개구레이더 자료의 결합을 통한 연구개발이 이 분야의 기술발전을 확보하는 한 방안이 될 수 있을 것으로 본다.

GIS분야는 기본적인 지리정보의 구축에 상당한 비용이 소요되는 만큼 국내에서는 지리정보의 구축이 늦어져 관련 산업이나 연구 인력이 양성이 활성화되지 못하였다. 95년부터 추진된 NGIS 일단계 사업을 통하여 관련 산업이 활성화되기 시작하였으나 국내에 관련 기술의 도입 역사가 짧고 비용 경제적인 지리정보의 구축과 갱신방안의 부재, 관련 전문인력의 부족 등으로 아직도 선진국에 비하여 매우 낙후된 실정이다. 특히나 현재 정부에서 주력하고 있는 지자체 주민 안전의 도모를 위한 시설물의 효율적인 관리나 사회기반시설물의 관리, 환경 및 수자원의 효율적 관리계획의 수립과 주기적인 모니터링, 해양분야 등에서 GIS의 활용도를 극대화하기 위한 국가적 차원의 전문인력 양성이 시급한 실정이다.

세부적으로 각 Level IV기술에 대한 확보현황 분류는 미확보/연구/개발/실용의 기준을 사용하였고 자세한 내용은 Appendix 2를 참조하기 바란다. 미확보 기술의 규정 시에 기술의 시급성은 본 연구에서 차치하고 2015년까지로 계획되어 있는 우주개발 중장기 계획 내에 필요한 모든 기술에 대해서 미확보 기술을 조사하였다. 기술분류표 상에 "개발"단계로 구분된 기술들에 대해서는 개발완료 예상시점이 기술의 필요시점 (4절)보다 늦은 경우 해외확보의 필요성이 제기될 수 있으므로 역시 고려해야 할 필요가 있다. 그러나 이를 위해서는 추가의 조사작업이 필요하며, 본 조사에서는 취급하지 않았다.

각 연구/개발/실용단계의 Level IV기술들에 대한 해당 연구자/연구기관에 관한 정보는 대부분 대한원격탐사학회지를 참고함으로써 획득할 수 있을 것이다.

2) 미확보 기술: 확보 방안에 관한 제안

미확보 기술의 확보방안으로는 아래의 6가지 정도를 고려할 수 있을 것이다:

- 해외로부터의 구입
- 해외의 선진 교육/연구기관/기업체 및 전문가에게 유학이나 OJT (on the job training)연

수의 형태로 파견

- 국내의 연구/교육기관을 활용한 전문 인력 양성
- 해외 현지연구소 설립
- 재외 과학자나 외국인 과학자 유치
- 해외 기술 보유 기관과의 공동 연구
- 기타

이미 확보된 기술과 개발중인 기술에 관해서는 국내에서의 양성이 가능하다고 판단하여 별도의 확보 방안을 언급하지 않았다. 또한 연구 단계의 기술들은 연구수준에 따라 확보 방안에 대한 논의가 유용할 수 있으므로 확보 방안을 언급하였다.

기술분류표의 “미확보” 또는 “연구” 단계에 있는 기술을 위주로 해외보유기관의 조사하였다. 이러한 기술들을 해외연수나 유학을 통하여 획득하려

고 할 경우 관련 기술을 보유한 해외기관들에 관한 정보가 유용하게 사용될 수 있을 것이다. 전문가에 대한 조사의 경우 파악이 가능한 경우에 한하여 명시하였다. 자세한 내용은 참고문헌 (한국과학기술원 인공위성연구센터, 2000)을 참조한다.

3) 우선확보 기술

미확보 기술의 파악과 함께, 확보/미확보 여부와 별개로 공공성과 경제성에 근거하여 중요한 기술들을 추출해 보았다. 이를 우선확보기술로 지칭했으며 각 분야의 중요한 기술을 파악하는데 유용한 자료가 될 것이다. 각 분야 전문가들을 대상으로 설문조사를 행한 결과이며 번호는 우선 순위와 무관하다.

[수신 관제]

	세부 기술	경제성	공공성
1	Ranging 기술	• 효율적 위성의 운용에 필요한 핵심기술	• 위성수신소, 우주센터에 활용
2	암호해독 기술		• 위성정보의 보안, 해킹 방지
3	위성자료 DB구축	• DB구축 방식 등이 정해지면, 시스템 구축 비용을 제외하면 추가 비용이 들지 않음	• 여러 경로를 통해 수집이 되는 위성자료를 다수가 쉽게 활용할 수 있음

[대기]

	세부 기술	경제성	공공성
1	태풍정보 생산	• 정확한 태풍정보 생산을 통한 자연재해 피해 경감	• 태풍예측의 기본은 태풍정보 생산이며, 정확한 정보 생산을 통한 예보정확도 향상
2	구름탐지 및 분류		• 모든 위성자료처리의 시작은 구름의 존재 유무 파악임 • 정확한 구름탐지 기술은 모든 위성자료 활용 분야에서 이용될 수 있음
3	연직온습도 산출		• 3차원 대기정보 추출을 통한 정확한 현재의 대기상태 파악 • 대기보정이 필요한 위성자료처리 부분의 기초자료 제공
4	해수면온도 산출		• 관측공백지역 자료 제공을 통한 예보 정확도 향상

[대기] 계속

	세부 기술	경제성	공공성
5	이동백터산출	• 추가의 고층대기 관측 비용 절감	• 고밀도의 상층바람장 제공을 통한 대기현황에 대한 이해 제고 및 수치모델 성능 향상
6	에어러솔 탐지 및 특성분석	• 황사 등에 의한 피해 절감	• 에어러솔 발생 탐지 및 예측을 통한 국민 건강 및 재산피해 경감 • 대기보정에 필요한 기본자료 활용
7	강우강도산출	• 예상강수량 정확도 증가에 따른 강우피해 절감	• 강수예상 정확도 증가 • 모델 초기자료 활용을 통한 수치 모델 예측성 증가
8	온실기체 농도 산출	• 기후변화에 따른 기후 관련 산업 (농림수산/제조/보험/서비스)의 신속 대응	• 기후변화에 대한 정확한 이해로 삶의 질 향상
9	해상풍 산출		• 관측공백 지역 자료 생산을 통한 기상예측 능력 향상 • 해난사고 방지 및 어업활동 지원
10	오존총량 산출		• 자외선지수 산출, 대기보정 등의 기초자료 활용

[해양]

	세부 기술	경제성	공공성
1	수중복사선 전달모델 개발		• 첨단 정밀 해색 알고리즘 개발을 위한 기초연구 사업
2	해양생태 및 지구환경변화 모니터링	• 해양 기초 생물자원의 변동성 파악 • 해양생태계 변화에 의한 지구환경변화 파악	• 광역 해양생산성 및 장기 해양이변 및 기후변동에 활용
3	연안 해양환경 감시	• 연안해역의 수산 경제적 평가, 관리 및 환경위해 절감	• 연안 해역의 환경변화 감시 및 개발에 활용
4	해수면 온도분석	• 해류흐름 파악으로 한반도 주변 해역 해양감시 • 수산업에 기여	• 한반도 주변 기후변화 감지에 응용
5	고도계 위성 자료 활용	• 국외 무료 위성자료의 활용가능 • 중규모 해양현상이 한반도 주변 수산에 미치는 영향의 파악	• 해양순환 및 엘니뇨와 같은 해양이변의 한반도에 미치는 영향 파악
6	고도계의 중력장 및 조석영향 보정	• 한반도 주변 정밀 중력장 및 정밀 중력장분포의 파악 • 정밀 조석변화의 파악	• 해양의 지구 물리적 기초환경 파악으로 군사 및 해양-지구환경 탐사의 정밀성 확보
7	산란계의 활용	• 정밀 해황 파악 • 해상기후의 탐사로 해양재난 감소	• 해상 기상 정밀 감시 • 해양의 기상변동에 미치는 영향 파악에 활용
8	합성개구레이더의 해양 활용	• 정밀 해황의 파악 악천후에 의한 해양피해 절감	• 전천후 해양 환경의 감시 • 해양유류오염 감시

[육지]

	세부 기술	경제성	공공성
1	지능형 센서모델 기술	• 위성영상으로부터 추출되는 정보의 정확도 향상	• 국가 기반 지리정보로 활용
2	수치표고모형 제작	• GIS/국방안보/건축토목 등 다양한 분야에 사용	• 국가 기반 지리정보로 활용
3	인공지물추출/벡터화	• GIS/국방안보/건축토목 등 다양한 분야에 사용	• 국가 기반 지리정보로 활용
4	위성궤도/자세 모델링	• 별도의 장비와 시스템이 필요없음	• 위성영상의 위치정확도 향상을 위해 반드시 필요한 기반기술임
2	영상정합/수치표고모형 제작	• 별도의 장비와 시스템이 필요없음	• 위성영상을 이용한 기본지리정보 즉 지도제작에 필요한 기반기술로서, 활용성과 범용성이 매우 큼
5	육지관측	• 기상조건에 구애를 받지 않는 합성개구레이더 자료의 처리 기술 개발로 광학영상자료로 얻을 수 없는 정보의 보충 효과가 기대됨	• 광학영상자료와 달리 지표면에 대한 다양한 정보를 얻을 수 있으므로 지질자원 분야 뿐만 아니라 건설 분야등에도 활용도가 높을 것임
6	변화탐지	• 다중 시기 자료가 축적되어야 하는 면이 있으나, 일단 자료가 축적되면 기술 개발을 통해 자동 모니터링이 가능	• 공공기관과 지자체 등에 정보제공을 통한 정책수립에 기초자료로 활용이 가능
7	환경방재	• 재해위치 탐지 및 피해규모의 신속한 산출로 추가 조사비용 및 인력 낭비를 줄일 수 있음	• 변화탐지분야와 밀접한 연관성이 있는 분야이며, 타 기술분야와의 발전을 신장시킬 수 있음 • 공공기관과 지자체 등에 정보제공을 통한 정책수립에 기초자료로 활용이 가능
8	지형공간분석	• 위성자료와 GIS자료의 결합을 통한 지형공간분석을 통하여 야외 조사에 따른 비용을 줄일 수 있음	• GIS분야의 공간분석 기술을 발전시킬 수 있음 • 개발 및 보존을 위한 정책수립에 활용가능
9	Crop Inventory	• 위성영상자료의 판독으로 기존 조사비용을 줄일 수 있으며 변화 탐지에도 응용 가능	• 지자체 및 유관기관에의 정보제공으로 활용도가 큼

[합성개구레이더]

	세부 기술	경제성	공공성
1	InSAR	• 상업화가 미비한 기술로 투자가치가 있음 • 광학 영상 기술의 보완 기술로 수요 증가	• 육지 및 해양관측에 폭 넓게 응용 가능함 • 합성개구레이더의 특성 중 하나인 위상정보의 활용에 꼭 필요한 기술
2	합성개구레이더 Image Formation	• 광학 영상 기술의 보완 기술로 수요 증가 • 기술 도입에 많은 비용 필요	• 합성개구레이더영상을 이용한 원격탐사의 가장 기초적인 기술 • 차후의 국내 합성개구레이더위성의 개발 시 영상제공을 위해 꼭 필요한 기술
3	다중편광 (polarimetry)	• 전세계적으로 차세대 합성개구레이더기술로 각광 → 합성개구레이더상업시장 선점	

[GIS]

	세부 기술	경제성	공공성
1	GPS 연계활용	<ul style="list-style-type: none"> ITS, IMT2000 등과 관련된 기술로 상업화될 가능성이 매우 큰 기술임 	<ul style="list-style-type: none"> 실시각 지리정보시스템, 모바일GIS 등을 구현할 수 있는 기술로 IMT2000과 함께 활용이 급속도로 확산될 것임
2	수질관리	<ul style="list-style-type: none"> 실험연구를 통하여 기술(알고리즘) 확보가능 	<ul style="list-style-type: none"> 날로 심각해져 가고 있는 수질오염은 자칫 식수난을 초래할 우려가 있어 지속적인 모니터링이 필요함
3	홍수위험관리	<ul style="list-style-type: none"> 실험연구를 통하여 기술(알고리즘) 확보가능 	<ul style="list-style-type: none"> 경기도 북부지역 홍수와 같은 국가적 재난이 해마다 되풀이되는 데도 뚜렷한 해결방안을 찾지 못하고 있어, 위성영상을 이용한 대책방안 모색이 시급함
4	벡터지도와 격자지도의 연계 활용	<ul style="list-style-type: none"> 실험연구를 통하여 방법론 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 원격탐사자료와 GIS자료를 접목시키는 기술로서 양자의 결합은 위성영상의 활용을 한층 배가시킬 것임
5	시설물 3D 지도제작	<ul style="list-style-type: none"> 초기 비용과 기술력에 투자가 많이 들어가지만, 일단 구축되면 기존의 2D 지도에 들어간 비용 이상의 효과를 얻을 수 있음 	<ul style="list-style-type: none"> 기존 영상지도에서 제공되는 정보 이외의 정보를 제공함으로써 활용성 극대화 가능 민간부분에서도 활용도가 높음
6	수질관리	<ul style="list-style-type: none"> 위성자료로 각종 수질인자를 추출하고 모니터링 함으로써 직접조사의 회수와 비용을 절감할 수 있음 	<ul style="list-style-type: none"> 지자체의 환경보전과 정부의 정책수립을 위한 기반자료로 활용

Table 2. Satellites and main payloads on National Space Program.

우주개발단계	위성 및 탑재체
1단계 (1996~2001)	무궁화위성 4호 (통신방송, 1999) 우리별 3호 (가시역 카메라, 1999) 다목적 1호 (가시역 카메라, 2000)
2단계 (2002~2006)	과학위성 1호 (천문관측, 2002), 다목적 2호 (가시역 카메라, 2004) 과학위성 2호 (합성개구레이더, 2005) 무궁화위성 4호 (통신방송, 2005)
3단계 (2007~2011)	통신방송 기상위성 1호 (2008) 다목적 3호 (가시역 카메라, 2008) 과학위성 3호 (자세제어기술, 2008) 다목적 4호 (광대역 스펙트로미터, 2009) 다목적 5호 (합성개구레이더, 2010) 과학위성 4호 (적외역 카메라, 2011)
4단계 (2012~2015)	다목적 6호 (전자광학 카메라, 2012) 다목적 7호 (합성개구레이더, 2014) 다목적 8호 (스펙트로미터 & 적외역 카메라, 2015) 과학위성 5호 (나노기술, 2013) 통신방송 기상위성 2호 (2014) 무궁화위성 4호 (통신방송, 2015) 과학위성 6호 (우주로봇릭스, 2015)

4. 국내 기술실현 필요시기

본 절에서는 각 Level IV 기술들의 국내 기술실현 필요시기에 대해 살펴보았다. 이는 국내 기술실현이 가능한 시기가 아님을 인지하기 바란다. 본 절의 자료와 3.2절의 국내 기술확보 현황 자료에 근거하여, 국내 미확보 기술에 대한 확보 시점과 관련 인력양성계획을 수립할 수 있을 것이다. 국내 기술실현 필요시기는 실제 인력이 연구개발 또는 실무에 투입되는 “실용시점” 또는 우주개발 중장기 기본계획에서 계획된 탑재체로부터의 자료가 사용 가능하게 되는 시점으로 설정하였다. 이를 언급함에 있어 국가우주개발 중장기계획안을 참조하였으며 (Table 2, 과학기술부, 2000) 다만 과학위성의 경우 탑재체가 미정으로 남아 있으므로 고려대상에서 제외하였다. 중장기 계획에 명시된 탑재체가 없을 경우에는 (예, GIS) 2015년의 소요인력을 기준으로 각 단계별로 인력소요가 점진적으로 증가하도록 예상하였다. 구체적 내용은 Appendix 2의 기술분류표를 참조한다.

5. 한계, 활용 방안, 향후 발전 방향

본 연구의 한계는 원격탐사 지구관측분야가 제한된 시간과 인력으로 모두 포괄하기에는 지나치게 광범위하다는 데 있다. 국내 확보 현황, 미확보 기술의 확보 방안, 미확보 기술의 해외 확보 기관, 국내에서의 기술필요 시기 등에 관해 충분한 조사를 하기 위해서는 각 Level IV 기술에 관련된 다수의 전문가들로부터 의견을 취합해야 하지만 이는 현실적으로 불가능하다. 따라서 본 총론의 결과들은 저자들의 주관, 지식, 경험에 제한받을 수밖에 없다. 예를 들어 미확보 기술의 해외 확보 기관과 전문가의 경우 저자들과의 서면/구면 접촉이 없이는 추천되기 힘들 것이다. 두번째 한계로 특정 Level II 기술에 연구 결과가 편중되지 않도록 하기 위하여 각 Level II 기술에 대한 Level III와 Level IV 기술의 수가 비교적 균등하도록 조정

되었다. 기술의 특성을 고려하지 않은 분류를 야기할 위험이 있지만, 어떠한 기술이든 본 총론에서의 결과보다 많은 수의 하위(상위)기술로 세분(압축)될 수 있음을 고려하면 타당한 선택이라고 할 수 있다.

위의 한계에도 불구하고 기술분류를 위한 방법론 (공, 탑재체 기준과 응용분야 기준에서 2차원표를 구성한 후 공통인자를 Level II 기술로 추출하는 방법), 기술분류 결과, 각 기술에 대한 국내 동향 등은 독자적으로 가치있는 자료로 활용될 수 있을 것이다. 기술분류와 국내 확보상황에 관한 자료는 국내 연구진들간의 상호 이해와 협력을 촉진하며, 원격탐사 분야를 새로이 시작하는 연구진/학생들을 위한 기초자료를 제공하고, 정책수립을 위한 참고자료로서 유용하게 사용될 수 있을 것이다.

향후 발전 방향으로 첫째, 기술분류 결과와 국내 연구 동향 조사 결과에 대한 보완이 필요하다. 이는 본 총설의 한계 때문만이 아니라 새로운 방법론의 출현 (예, 원격탐사를 통한 해수면분 조사)에 따라 기술 분류가 보완되어야 할 필요가 발생하고, 국내 연구가 진행됨에 따라 국내의 동향이 변화하기 때문이다. 이를 위하여 추가적인 조사사업이 필요하며, 전문가 초빙과 함께 방대한 설문조사를 통해 본 연구결과에서 누락된 부분과 기술 발전 사항에 대한 정보를 수렴할 수 있을 것이다. 추가 연구에서는 각 기술을 확보한 기관과 연구자에 대한 정보역시 조사함으로써 연구결과의 효용을 극대화 할 수 있을 것이다. 둘째 본 자료를 기반으로하여 우선 미확보 기술의 확보 방안에 대한 구체적이고 현실적 논의를 추진함으로써 국내에서 시급히 필요한 기술의 확보에 기여하는 일일 것이다.

사사

본 연구는 과학기술부의 지원을 통하여 수행되었다. 연구의 전체적 구도 설정에 많은 도움과 조언을 주신 박동조, 최해진, 권인소, 남명용, 이상현,

이우경님께 감사드립니다. 기술분류와 확보현황 등 세부 기술에 관하여 자문을 주신 각계 전문가들께 깊은 감사를 드립니다: 인공위성연구센터 김태정 (수신관계, 광학영상진처리, 영상판독도화), 해양연구원 안유환 (해양), 자원연구원 지광훈 (자원), 임업연구원 이승호 (임업), 농업과학연구원 홍석영 (농업), 연세대 원중선 (합성개구레이더).

참고문헌

- 과학기술부, 2000. 우주개발 중장기 기본계획, 2000, 12, 30.
- 한국과학기술원 인공위성연구센터, 2001. 핵심 우주기술 확보 방안에 관한 기획연구, 2001, 3, 196.
- 유신재, 정종철, 1999. 해양환경관측을 위한 원격탐사의 활용과 전망. 대한원격탐사학회지, 15(3): 277-288.
- 윤홍주, 1999. 위성원격탐사와 지구과학-위성해양학, 대한원격탐사학회지, 15(1): 51-60.
- KISTEP, 1996. 국가 우주개발 중장기 세부실천계획 수립을 위한 기획조사연구, 610.
- Ahn, M.H., Y.K. Seo, H.S Park, A.S. Suh, and H.J. Kwon 2001. Determination of tropical cyclone center by using TRMM Microwave Imager data, *Geophys. Res. Lett.*, Accepted.
- Bigg, G.R., 1996. *The Oceans and Climate*, Cambridge University Press, Cambridge, 266.
- Birkett, C.M., 1995. The contribution of TOPEX/POSEIDON to the global monitoring of climatically sensitive lakes, *J. Geophys. Res.*, 100: 25 179-25 204.
- Cracknell, A.P. and L.W.B. Hayes, 1991. *Introduction to Remote Sensing*, Taylor & Francis, London, 293.
- Gurney, R.J., J.L. Foster and C.L. Parkinson, 1993. *Atlas of Satellite Observations Related to Global Change*, Cambridge University Press, Cambridge, 470.
- Jensen, J.R., 2000. *Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective*, Prentice Hall, Upper Saddle River, 544.
- Kidder, S.Q. and T.H. vonder Haar, 1995. *Satellite Meteorology : An Introduction*, Academic Press, San Diego, 466.
- Lillesand, T.M. and R.W. Kiefer, 1994. *Remote Sensing and Image Interpretation*, John Wiley & Sons, New York, 750.
- Mercer, J.H., 1978. West Antarctic ice sheet and CO2 green house effect: a threat of disaster, *Nature*, 271: 321-325.
- Robinson, I.S., 1985. *Satellite Oceanography*, Ellis Horwood, Chichester, 455.
- Wingham, D.J., 1995. Elevation change of the Greenland ice sheet and its measurement with satellite radar altimetry, *Phil. Trans. R. Soc. Lon. A*, 352: 335-346.

Appendix 1. Explanation of Level IV technologies

[수신관제]

Level IV 기술	설 명
톤 Ranging	위성과 지상국 간의 거리를 Tone 방식으로 추정
코드 Ranging	위성과 지상국 간의 거리를 코드 Sync 복원 방식으로 추정
간섭계	위성과 지상국 간의 거리를 전파 간섭 방식으로 추정
Optical 추적	위성과 지상국 간의 거리, 각을 Laser로 고정밀 추정
Radar 추적	위성과 지상국 간의 거리, 각을 Radar로 고정밀 추정
궤도 해석	위성 궤도를 정밀해석
궤도 제어	위성의 궤도를 설계된 대로 유지관리
궤도역학 모사	위성 궤도의 Simulation을 통하여 위성관제/운영에 활용
위성체 모사	위성체의 Simulation을 통하여 위성관제/운영에 활용
임무계획 수립	위성의 자료취득 및 수신일정 수립
압축 해제	송신 시 적용된 자료압축 해제
秘化 해제	송신 시 적용된 자료의 암호화 해제
패킷화 복원	송신 시 적용된 다중 패킷으로의 분할 복원
수신자료 복조	송신 시 적용된 주파수 변조를 복원
실시간 고속저장	동기화된 프레임을 저장
실시간 시연	수신/저장과 동시에 디스플레이
위성자료 DB구축	저장 자료 DB구축
백업/영구저장	저장 자료의 백업/영구저장
위성자료 품질관리	운량 등의 품질 관리
위성자료 검색	국내의 수요자가 저장된 자료를 검색할 수 있는 시스템 구축

[대기분야]

Level IV 기술	설 명
연직온습도자료산출	적외 및 마이크로파 자료를 활용한 연직 온도 및 습도 자료 산출
복사량 산출	적외역 지구 복사열에너지 산출
구름바람이동벡터	구름의 이동속도를 이용한 대기 상층의 바람장 도출
해수면온도 산출	적외선 자료에서 해수면 온도 산출
해상풍 산출	마이크로파의 반사 특성을 이용한 해상에서의 풍향, 풍속 자료 산출
토양수분과	지표 습도 측정과 구름량 등과의 관계 규명
식생지수 산출	식생지수 산출과 기후변화와 식생과의 관계 규명
구름탐지 및 분류	적외/가시 자료를 이용한 화소 내의 구름의 존재유무과약/종류분류
구름특성 산출	저궤도 지구관측위성을 사용한 구름특성 산출
오존총량 산출	적외 오존 흡수밴드를 이용한 대기중 오존 총량 산출
에어러솔 탐지	에어러솔 존재 유무를 결정하며 그 종류를 파악하며 존재량을 나타내는 척도인 광학두께를 계산
온실기체 산출	온실기체의 농도, 분포, 시간적 변화 추이, 기후변화와의 관계
태풍정보 생산	태풍 중심위치, 강도, 진행방향, 최대풍 등의 자료 생산
각종 특이 기상 탐지	황사, 해무, 폭설, 홍수 등의 특이 기상 현상 탐지

[해양분야]

Level IV 기술	설 명
해색 센서의 검보정, 대기 보정	센서의 digital값을 radiance 값으로 변환/관측 환경변수를 현장 값과 비교 검증. 위성신호에서 대기 성분(에어러솔, 오존, 황사 등)에 의한 영향
수중 복사선 전달 모델 생성	수중에서의 해색 대역 복사모델 수립 & 해색 측정에 주는 영향 산정
해색 알고리즘 수립	수출광에서 환경변수(클로로필, 용해유기물, 탁도 등)의 추출 알고리즘의 개발
생태 및 지구환경변화 활용	해양 생태계 변화 탐지와 지구환경 변화와의 관계 규명
연안 환경변동 모니터링	해양오염, 적조, 퇴적물, 해안선 변동, 연안 양식
적외역 대기보정	적외역의 대기 투과, 영향에 의한 오차 보정 기술
적외역 해양환경 변동 탐지	해수이동 & 외동류, 열오염 파악, 수온 전선대, 어장 정보 파악 기술
적외역 수온 알고리즘 수립	다중 bands에 의한 표면 온도 산출 알고리즘 개발
적외역 자료 지구환경변화 응용	해양이변 엘러노 현상, 해양과 장기 기후변동
고도계 정밀케도결정	Laser tracking, Doppler tracking
고도계 전리층 보정	Dual frequency사용 알고리즘 개발
고도계 수증기량 보정	마이크로웨이브 sounding을 통한 수증기량 산정
고도계 중력장 보정	중력장모델 개발
고도계 조석영향 보정	조석 모델 개발
고도계 활용	해수고 상승, 파고, 해풍, 해저지형추출
수동마이크로웨이브 복사모델 수립	수동 마이크로웨이브 대역에서 마이크로웨이브파가 지구표면에서 위성까지 복사되는 과정의 모델수립
수동마이크로웨이브 검보정	수동 마이크로웨이브 자료의 검증과 보정
수동마이크로웨이브 대기해양 변수 추출	해상풍, 지표습도, 염도, 강우량, 수증기량
산란계복사모델수립	능동 마이크로웨이브파의 위성->지표->위성까지의 전달과정 모델
산란계 해상풍 추출	반사도로부터 세기 추출 알고리즘, 복수 시각자료에서 해풍 방향추출 알고리즘
산란계 자료 활용	해상풍 자료를 추출하여 파랑 예보, 기상모델등에 적용, 파고추출

[육지자료응용분야]

Level IV 기술	설 명
광학영상 방사학적 보정	위성 광학카메라의 특성에 따른 화소의 밝기값 에러를 보정
위성궤도/자세 모델링	위성체의 궤도 및 자세를 정밀 모델링
카메라특성 보정	위성 광학카메라의 특성에 따른 화소의 위치 에러를 보정
지능형 센서 모델(고해상도)	고해상도 위성영상용 정밀 센서모델기술
자동 영상표정	영상표정의 각 공정을 자동화 (image to image, image to map)
영상정합/수치표고모형제작	영상의 상응점을 자동으로 추출하여 수치지형모형 생성
인공지능벡터화	영상내의 건물, 도로 등을 추출하여 벡터화
영상분류	
영상지도 제작	위성영상으로부터 정사영상을 생성
입체위성영상도화	도화기를 이용한 입체 위성영상의 도화
변화탐지	위성과 좌표지도의 비교를 통하여 변화탐지
지형 효과 보정처리	산악지형에 대한 대기효과 및 그림자 지역 보정 처리
임상분류	수종식별, 임상 및 식생구분 및 임분구조 해석
산림자원량 평가	임목축적 및 biomass 산정
산림재해 분석	산불, 병충해, 대기오염, 산사태 등에 의한 산림피해 분석 및 평가

[육지자료응용분야] 계속

Level IV 기술	설 명
산림변화탐지 및 모니터링	다시기 영상자료를 이용한 산지개발, 산림경영 및 산림재해에 의한 산림변화탐지 및 모니터링
지형공간분석	경사 및 향 분석, 공간모델링
Crop Inventory	농작물 재고 자료 구축
농업자원정보 D/B 구축	위성영상으로부터 농업자원정보 DB를 구축
기상재해추정	위성영상으로부터 기상재해 추정
토양도 전산화	토양도 전산화
정밀농업 기술개발	위성영상을 이용한 정밀 농업기술 개발

[공통분야]

Level IV 기술	설 명
합성개구레이더 모델링	합성개구레이더 센서의 모델링을 통해 타 분야로의 응용기술 개발의 기초가 되는 기술. 산란특성, polarimetric 합성개구레이더, 잡음제거, 영역분할, 물체인식, coherence 산정 등이 이에 포함됨.
영상생성	수신 신호로부터 영상을 획득하는 모든 과정을 포함함. 각 영상 모드(strip/scan/spot-light)별 처리 및 자동초점, 방사보정, 기하 보정등이 이에 포함됨.
Interferometry	2장 이상의 합성개구레이더영상을 이용하여 정보를 얻는 기술로 cross-track/along-track interferometry가 있음. 영상 정합, 위상복원 등의 기술이 필요하며 수치표고 모형 제작, 변화탐지 등에 응용가능함
육지관측	합성개구레이더 영상을 이용한 육지관측에는 표고모형/정사영상 생성, 작황 분류 및 분석, 지표 이용도 조사, 산불, 홍수 등 재해관측, 광물 탐사 등 여러 분야가 있음.
해양관측	해양분야에 있어서는 조류 관측, 해안선 조사, 빙하의 특성 및 패적 추적, 기름 유출 관측, 선박 관측 등의 응용이 가능함.
지질조사	암상구분, 지체구조 분석, 선구조 추출
자원탐사	지하수, 광물, 골재 등의 자원 탐사
자원이용	지하수, 광물, 골재 등의 자원 이용
환경/방재	환경관리 및 자연재해 방지/관리
복사모델의 활용	복사모델을 적외역, 가시역, 마이크로파 대역의 대기/해양변수추출에 사용
3-D 복사모델 개발	3차원 복사모델의 개발
비구형 입자의 산란 특성 연구	비구형 입자의 산란 특성을 파악하고 복사모델에 첨가함
복사모델의 검증 및 개선	복사모델의 검증 및 개선

[GIS분야]

Level IV 기술	설 명
시설물 DB 구축	도로와 지표면에 노출된 주요 상하수도의 시설물 DB 구축
GPS 연계활용	도로 시설물 등의 mapping에 있어서 GPS와 연계된 정확도 높은 DB의 구축
시설물3-D지도제작	시설물에 수치지형모형을 중첩한 3-D 자료 생성
벡터지도와 격자지도 연계 활용	벡터지도와 격자지도의 중첩 활용을 통한 벡터지도의주기적 갱신의 용이
수질관리	영상자료를 활용한 주기적인 하천이나 호소의 수질생태의 모니터링
자연생태계 관리	영상자료를 활용한 주기적인 자연생태계의 변화를 모니터링

[GIS분야] 계속

Level IV 기술	실 명
대기오염관리	영상자료 기반의 격자방식의 대기오염 모델링 지원을 통한 신속한 대기오염의 정도 파악
폐기물관리	영상자료를 통한 주요 폐기물의 위치와 규모의 주기적 파악과 이동 경로 파악
다목적댐관리	영상자료를 활용한 다목적댐의 저수규모와 주변 생태계의 주기적 변화, 주요 하천 유입원의 오염원 관리
홍수위험관리	홍수 시 영상자료를 활용하여 침수 범위의 파악과 기존 벡터지도와 중첩하여 피해액의 예측
하천시설물/제방관리	제방 등을 비롯한 하천수리 시설물의 분포현황 및 상태 파악을 통한 관리비 저감과 사전 재해 방지
수자원시설물관리	영상자료와 위성통신을 활용한 댐 등을 비롯한 주요 수자원 시설물의 원격감시관리 체계의 도입
해도 갱신	해도의 효율적이고 주기적인 갱신을 위한 영상자료의 활용
해양오염관리	해양 기름 유출이나 적조 등에 신속하고 효율적인 대처를 위한 벡터자료와 영상자료의 연계활용
연안물류시설관리	연안의 항만 등 다양한 물류시설물의 효율적 관리를 위한 영상자료의 활용
연안어장관리	육지의 개발 확산으로 인한 연안의 생태 변화 등을 감지하기 위한 영상자료의 활용

Appendix 2. Technology tree

I	II	기술 level		난이도 (상중하)	중요도 (상중하)	국내확보수준 (미확보/연구/개발/실용)	국내기술실현 필요시기	미확보기술 확보방안
		III	IV					
위성 자료 응용 기술	위성 자료 수신 관계	위성 추적	톤 Ranging	하	중	개발	1	3, 6
			코드 Ranging	중	중	미확보	2	2, 6
			간섭계	상	중	미확보	2	2, 6
			레이저 광학 추적	상	중	미확보	3	2, 6
			Radar 추적	상	중	미확보	3	2, 6
		임무제어	궤도 해석	중	중	개발	1	
			궤도 제어	중	중	연구	1	3, 6
			궤도역학 모사	중	중	개발	2	
			위성체 모사	중	중	개발	1	
			임무계획 수립	중	상	연구	2	6
	자료 복원/저장	자료 복원/저장	압축 해제	중	상	개발	2	
			秘化 해제	상	상	미확보	3	2, 3
			패킷화 복원	상	중	개발	2	
			수신자료 복조	중	중	개발	1	
			실시간 고속저장	상	상	개발	2	
			실시간 시연	상	상	개발	2	
			위성자료 DB구축	중	중	연구	2	3
	위성자료 관리	위성자료 관리	백업/영구저장	하	상	개발	2	
			위성자료 품질관리	중	상	연구	2	3, 6
			위성자료 검색	하	중	개발	1	
대기 자료	기상요소 산출	연직온습도	상	상	개발	2		
		복사량	중	중	연구	2	3, 2, 6	
		구름이동벡터	상	상	연구	2	2, 3, 6	

I	기술 level			난이도 (상중하)	중요도 (상중하)	국내 확보수준 (미확보/연구/개발/실용)	국내 기술 실현 필요시기	미확보 기술 확보방안
	II	III	IV					
위성 자료 응용 기술	대기 자료	기상요소 산출	강우 강도	상	중	개발	2	
			해수면 온도	상	중	실용	1	
			해상풍	중	상	개발	1	
			토양수분	상	상	미확보	3	2, 3, 6
			식생지수	중	중	개발	1	
		대기성분 분석	구름탐지 및 분류	상	중	개발	1	
			구름특성	중	중	연구	3	3, 6
			오존총량 산출	중	중	연구	2	
			에어러솔 정보	상	상	연구	2	
		특이 기상 탐지	온실기체농도	중	상	연구	3	
			태풍정보생산	상	상	연구	1	2, 3, 6
			황사탐지	중	상	실용	1	
			안개탐지	중	중	실용	1	
			폭설탐지	상	상	연구	1	
		해양 자료	해색 자료	홍수탐지	중	중	개발	2
	검보정 대기보정			중	상	연구	1	
	수중 복사선 전달 모델			상	상	미확보	3	2, 5
	알고리즘 개발			상	상	미확보	4	2, 5
	생태 및 지구 환경변화 활용			상	상	미확보	3	2, 5
	적외선 자료		연안 환경변동 모니터링 기술	중	중	미확보	3	2, 5
			대기보정 기술	상	중	연구	3	
			해양환경 변동	중	상	실용	1	
			추출 알고리즘	하	중	개발	1	
	고도계 자료		온도변화 탐지	상	상	미확보	3	2, 5
			정밀궤도 결정	상	중	미확보	4	2, 6
			전리층 보정	상	중	미보	4	2, 6
			수증기량 보정	상	중	연구	4	
			중력장 보정	상	상	실용	4	
			조석영향 보정	상	상	실용	4	
		조석/해수면 높이변화탐지	상	상	실용	4		
	수동 마이크로 웨이브	자료	복사모델	상	중	미확보	4, 1	
		검보정	중	상	미확보	4	2	
		해양/대기 변수추출	상	상	연구	4		
	산란계 자료	복사모델	상	중	미확보	4	2, 3	
		검보정	상	상	미확보	4	2, 3	
		해상풍추출	상	상	개발	4		
		모델구동, 현업활용, 파고추출	상	상	연구	4		
	육지 자료	광학영상 전처리	광학영상 방사학적 보정	중	상	개발	2	
			위성궤도/자세 모델링	상	상	연구	2	2, 3, 5, 6
			카메라특성 보정	상	상	연구	3	2, 3, 6
			지능형 센서 모델(고해상도)	상	중	미확보	3	2
			자동 영상표정	상	중	연구	3	1

I	II	기술 level		난이도 (상중하)	중요도 (상중하)	국내확보수준 (미확보/연구/ 개발/실용)	국내기술실현 필요시기	미확보기술 확보방안
		III	IV					
육지 자료	영상관독 /도화	영상관독 /도화	영상정합/ DEM제작	상	상	연구/미확보	2	2
			인공지물 벡터화	중	중	연구/미확보	2	1, 2, 6
			영상분류	하	중	개발/미확보	3	1
			영상지도 제작	중	상	연구	1	
			입체위성영상 도화	하	상	개발	2	
			변화탐지	중	상	연구/미확보	3	2, 6
	입업	입업	지형효과 보정	상	중	개발/연구	2	1, 2, 3
			입상 분류	중	상	연구	3	1, 2, 3
			산림자원 평가	상	상	연구	3	1, 2, 3
			산림재해 분석	상	상	미확보	3	1, 2, 3
			산림변화 탐지 및 모니터링	중	상	연구	3	1, 2, 3
			지형공간분석	상	중	미확보	3	1, 2, 3
	농업	농업	Crop Inventory	상	상	연구	3	2, 5, 6
			농업자원정보 D/B 구축	중	상	연구/미확보	3	2, 5, 6
			기상재해 추정	상	중	연구	3	2, 5, 6
			토양도 전산화	중	상	개발	3	
			정밀농업 기술개발	중	중	연구/미확보	3	2, 5, 6
	공통	합성개구 레이더 (SAR)	합성개구 레이더 (SAR)	Modeling	상	상	연구	3
영상생성				중	상	연구	2	3, 2, 1, 5
Interferometry				상	상	연구	3	2, 3, 6, 5
육지관측				상	상	연구	3	3, 6, 2
해양관측				상	상	연구	3	3, 6, 2
자원		자원	지질조사	상	상	연구	3	1, 2, 3, 4
			자원탐사	상	상	연구	4	1, 2, 3, 4
			자원이용	상	상	연구	2	1, 2, 3, 4
			환경/방재	상	상	연구	2	1, 2, 3, 4
복사모델		복사모델	모델의 활용	중	상	실용	1	
			3-D 복사모델의 개발	상	상	미확보	4	2, 6
			비구형 입자의 산란 특성	상	중	미확보	3	2, 6
	복사모델의 검증 및 개선		중	상	연구	2	2, 6	
GIS 자료	시설물관리	시설물관리	시설물 DB 구축	상	상	개발	2	
			GPS 연계활용	상	상	개발	2	
			시설물 3-D지도제작	상	상	연구	3	6,3,1
			벡터지도와 격자지도 연계 활용	중	중	개발	2	
			수질관리	상	상	연구	3	3,1,6,5
	환경분야	환경분야	자연 생태계 관리	중	중	연구	2	
			대기오염 관리	중	상	미확보	2	7-시설 확충
			폐기물관리	중	상	미확보	2	7-시설 확충
			다목적댐 관리	중	중	미확보	2	3,6,5,2
	수자원분야	수자원분야	홍수위험 관리	상	상	미확보	2	6,5,2,7
			하천 시설물 /제방관리	상	상	미확보	3	5,6,7
			수자원 시설물 관리	상	중	미확보	3	5,6,7
	해양분야	해양분야	해도갱신	상	상	미확보	2	1,3,5,6
			해양오염 관리	상	상	미확보	3	3,6,5,2

기술 level				난이도 (상중하)	중요도 (상중하)	국내 확보수준 (미확보/연구/ 개발/실용)	국내 기술실현 필요시기	미확보기술 확보방안
I	II	III	IV					
	GIS 자료	해양분야	연안불류 시설관리 연안어장 관리	상 상	중 상	미확보 미확보	3 3	6.5.2 6.5.2

- 난이도는 기술적 난이도임
- 중요도는 응용면에서의 파급효과임
- 국내 기술 실현 시기: 이는 국내 기술 실현이 필요한 시점임 (국내 기술 실현이 가능한 시기가 아님)
 - 1) 기실현
 - 2) 2001년. 우주개발 중장기 1단계 완료시점
 - 3) 2006년. 우주개발 중장기 2단계 완료시점
 - 4) 2010년. 우주개발 중장기 3단계 완료 시점
 - 5) 2015년 이후.
- 미확보기술 확보 방안. 기술분류표상에서는 우선순위에 따라 나열됨.
 - 1) 핵심 기술 구입
 - 2) 해외 선진 연구/교육기관에 유학생 파견
 - 3) 국내 연구/교육기관에 전문 연구인력양성
 - 4) 해외 현지 연구소 설립
 - 5) 해외 우수 연구인력 초청
 - 6) 해외 기술 보유 기관과의 공동 연구
 - 7) 기 타