

106L
93-16

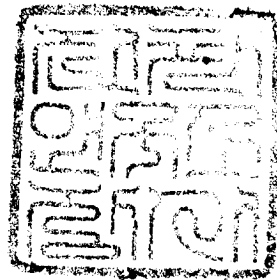
제 2 차 년 도
연구 보고서

130

위성전파 신호 처리 기술 연구 II

A Study on Earth Resources Satellite
Receiving Systems II

1993. 6.



주 관 연구 기관 : 전 파 연 구 소
세 부 과 제 연구 기관 : 한국과학기술연구원
시 스템 공 학 연 구 소

경 고 문

1. 이 자료는 배포 기관이외의 자에게 열람을 금합니다.
2. 이 자료는 외부기관 또는 외국인에게 열람을 하고자 할 때는 발행처의 허락을 받으시기 바랍니다.

연 락 처 : 전파연구소 전파과

전 화 : (0343) 52 - 2702

F A X : (0343) 52 - 2702

제 출 문

전파연구소장 귀하

본 보고서를 “위성 전파 신호 처리 기술연구 (II)” 사업의 연구보고서로 제출합니다.

1993. 06. 01.

주관연구기관 : 전파연구소

협동연구기관 : 한국과학기술연구원
시스템공학연구소

협동연구책임자 : 박 경운

연구원 : 양 영규

김 경숙

서 명석

박 종현

윤 기준

이 호근

장 광미

김 영완

남 현옥

연구조원 : 최 숙정

요 약 문

1. 제 목

위성 전파 신호처리 기술 연구 (II)

2. 연구의 목적 및 중요성

최근의 국내외의 급격한 산업의 발달로, 항공우주산업이 고부가가치의 산업으로 대두됨에 따라 우리나라에서도 우주사업 분야에 통신 위성과 탐사위성에 대한 연구 개발 사업이 점진적으로 추진되고 있다. 통신위성으로는 현재 무궁화 통신위성 도입사업이 진행 중에 있으며, 탐사위성으로는 1992년에 발사된 「우리별 1호」를 시발점으로 개발이 시작되고 있다. 이러한 탐사 위성의 지속적인 개발과 관련하여, 탐사위성으로부터 수신되는 데이터의 처리 및 분석, 응용연구가 중요한 문제로 대두되고 있다. 또한 지구탐사위성은 지구를 주기적으로 관측함으로써 지구 환경의 관측 및 예측에 기여하는 바가 크므로, 최근의 환경문제가 국제화함에 따라 각국에서 이에 대한 관심과 투자가 증가되고 있다. 따라서 우리나라에서도 위성의 개발과 함께 수신시스템의 자체 개발을 목표로 하여, 새로이 개발되는 탐사위성으로부터의 데이터의 수신 및 처리 능력 뿐 아니라, 수신시스템을 자체 개발할 수 있는 능력이 필요하다. 이의 기초 작업으로 기존의 상업용 위성에 대한 지상 수신소를 설립하여 데이터를 수신, 분석하여 지구를 관측할 수 있는 각종의 응용 연구에 기여하며, 또한 지상 수신소의 설치 및 운용의 기술을 획득함으로써 수신소의 자체 개발 및 인력 양성에 기여하는 것을 목표로 한다.

3. 연구내용의 범위

상업용 위성수신소를 설립하는 데 있어서, 우리나라의 현실과 예산에 맞추어 기존의 시스템을 이용하고, 전체 시스템을 3단계로 나누어 단계적으로 구축하고자 한다. 따라서 일차 데이터를 전처리하는 부분적인 시스템을 도입하고 이차로 이 시스템과 안테나 및 부속 수신시스템을 연결하며, 삼차로 전처리된 데이터를 추가 처리 분석할 수 있는 시스템을 구축하는 것을 내용으로 하고 있다.

4. 연구의 결과

- 1) 프랑스의 MATRA MS2i사로 부터의 데이터 전처리 시스템 도입의 내용 검토 평가
- 2) 시스템공학 연구소에 설치되어 있는 데이터의 처리 및 분석을 할 수 있는 시스템의 조사 및 소프트웨어의 개발 - Cray 중심으로
- 3) 우리별 1호의 데이터 처리 및 우리별 2호의 촬영장치의 조사
- 3) 일본, 미국 및 유럽 선진국에서의 지상수신소 운용 및 향후 방향의 조사 검토

5. 연구활용에 대한 건의 사항

인공위성의 지상 수신소의 설치에 많은 예산이 소요 되지만, 데이터의 수신에 따른 수익성이 미흡하므로 국가기관에서 설치하여 운용하는 것이 바람직하며, 우리나라의 경우 현재의 여건을 최대한 고려하여 기존의 시스템을 이용하여 단계적으로 구축하는 것이 적합하다고 생각된다.

이러한 지상수신소는 위성 데이터의 수신 뿐만 아니라 데이터 센터의 역할을 하여 데이터의 수신 저장, 배포등의 종합관리를 담당하게 하며, 데이터 이용자의 목

적에 맞게 데이터의 처리 및 생산을 하는 데이터 처리 센터의 기능을 하며, 또한 각 응용 연구분야를 주도 함으로서 데이터의 응용가치를 높여 주고, 데이터의 실수요자간의 공동연구를 지원하여주는 국가적 위성탐사정보센터(예 : National Remote Sensing Center)의 역할을 담당하도록 하여 위성 자료를 이용하는 연구 분야에 중복적인 투자를 방지하며 원활한 연구협조가 이루어지도록 한다. 또한 이러한 연구를 통하여 앞으로 개발되는 탐사위성의 센서 등을 개발하는데 기초적인 기능을 담당할 수 있다.

6. 기대효과

탐사위성지구국은 하드웨어의 기술과 데이터 처리의 응용기술로 구분할 수 있으며, 전자는 산업적 파급효과 및 우주과학기술의 개발이 기대되며 후자는 원격탐사 자료의 응용분야의 확대를 통한 경제성을 기대할 수 있으며,

- 첨단 우주과학기술의 응용연구의 활성화
- 위성자료 수집 및 처리 기술의 확립
- 실시간 정보처리 기술 및 영상처리 분야의 기술개발
- 국내 환경위성운영에 대비한 지구국 운영기술의 확보
- 위성데이터의 수신뿐 아니라 데이터의 관리, 배포 및 각종의 서비스의 제공과 관련분야의 연구개발을 담당, 촉진하므로서 위성탐사정보센터의 역할을 담당할 수 있다

목 차

제 1 장	서 론	1
제 2 장	SPOT 위성 프로그램 및 위성데이터	3
제 1 절	SPOT 위성 프로그램의 개요	3
제 2 절	SPOT 위성 데이터의 개요	5
제 3 장	SPOT 위성 지상 수신소의 구축	9
제 1 절	위성 지상수신소 시스템 구축 단계의 개요	9
제 2 절	위성 지상수신 시스템의 구축 내역	11
제 4 장	SuperCompter용 영상 처리 분석 S/W의 개발	33
제 1 절	전처리(Preprocessing) 및 보정	33
제 2 절	영상의 강조	46
제 3 절	영상 변환	60
제 4 절	영상 분류(Image Classification)	73
제 5 절	지형자료 분석(Terrain Data Analysis)	76
제 6 절	우리별 1호의 관측자료	81

제 5 장	지상수신 시스템의 구축의 선례	93
제 1 절	선진국의 지상수신 시스템의 현황 및 향후 계획	93
제 2 절	일본의 지상수신 시스템의 현황 및 향후 계획	107
제 6 장	결론	131

참고 문헌

표 목 차

표 2-1 : SPOT RADAR 데이터의 응용분야	5
표 3-1 : CNES 보정 (Correction) level	15
표 3-2 : SPOT/HRV CCT 생산품	15
표 4-1 : 우리별 2호용 카메라의 특성	91
표 5-1 : 세계의 대표적인 수준의 지상시스템(EOSDIS)과 일본의 지상 시스템현황 비교	113

그림 목차

그림 3-1 : 데이터 처리 시스템 하드웨어의 구성	25
그림 4-1 : Nearest-Neighbor 내삽법의 원리	41
그림 4-2 : Bilinear 내삽법의 원리	42
그림 4-3 : Cubic Convolution의 원리	44
그림 4-4 : 우리별 1호의 영상 재생	88
그림 4-5 : 우리별 2호의 지구표면 촬영장치의 구조	90
그림 5-1 : LANDSAT 4/5 수신국과 수신범위	94
그림 5-2 : SPOT 수신국과 수신범위	96
그림 5-3 : ERS-1 수신국과 수신범위	97
그림 5-4 : AVHRR 수신범위	99
그림 5-5 : NASA Scicence Internet	104
그림 5-6 : 국제 데이터 네트워크	106
그림 5-7 : EOSDIS의 구성	108
그림 5-8 : 데이터 수신으로부터 처리까지의 흐름도	110
그림 5-9 : 지상시스템 현황의 문제점과 개선점의 정비	116
그림 5-10: 미래의 지구관측 시스템(지상 시스템)	117
그림 5-11: 지구관측정보제공 네트워크의 개념도	121
그림 5-12: 지구관측데이터 이용기술의 개념도	123
그림 5-13: MOS 수신국과 수신범위	127
그림 5-14: JERS-1 수신국과 수신범위	128

약 어 표

NSSDC	: National Space Science Data Center
NODC	: National Oceanographic Data Center
NCDC	: National Climate Data Center
NGDC	: National Geophysical Data Center
EDC	: EROS Data Center
ICSU	: International Council of Scientific Union
ICSU WDC	: ICSU World Data Center
UNEP GRID	: UN Environmental Project GRID
WMO WODC	: World Meteorological Organization World Ozone Data Center
JCDC	: Japan Climatic Data Center
JODC	: Japan Oceanographic Data Center
NASA	: National Aeronautics and Space Administration
GSFC	: Goddard Space Flight Center
JPL	: Jet Propulsion Laboratory
MSFC	: Marshall Space Flight Center
NOAA	: National Oceanic and Atmospheric Administration
NESDIS	: National Environmental Satellite Data and Information Service
ESA	: European Space Agency
USGS	: US Geological Survey
CCRS	: Canadian Center for Remote Sensing
ADC	: Astronomical Data Catalogs
IUE	: International Ultraviolet Explorer

NCDS : National Climate Data System
 PLDS : Pilot Land Data System
 NMD : NASA Master Directory
 PDS : Planetary Data System
 SDCS : SAR Data Catalog System
 NODS : National Ocean Data System
 NOSIE : NODC Ocean Science Information Exchange
 NEDRES : National Environmental Data Referral Service
 GLIS : Global Land Information System
 JOIDES : JODC Online Data and Information Exchange Service
 SINFONIA : Satellite Information Network based On Individual Archiving
 CCT : Computer Compatible Tape
 CNES : Center National d'Etudes Spatiales
 CRIS : Center de Rectification d'Images Spatiales
 DAS : Data Acquisition System
 DDU : Data Distribution Unit
 DMA : Direct Memory Access
 DPS : Data Processing System
 DRS : Direct Receiving Station
 ESA : European Space Agency
 GCP : Ground Control Point
 GRS : Ground Receiving Station
 HDDR : High Density Digital Recorder
 HDDT : High Density Digital Tape

HRV : High Resolution Visible

IRIG : InterRange Instrument Group

MCC : Mission Control Center

MS2i : Matra SEP Imagerie Informatique

MTBF : Mean Time Between Failures

MTTR : Mean Time To Repair

MWD : Mowing Window Display

P : Panchomatic

QL : Quick Look

RF : Radio Frequency

RMS : Root Mean Square

SPOT : System Pour l'Observation de la Terre

VGS : VIRTUAL Ground Station

WORM : Write Once Read Many(for optical disk)

XS : multi-Spectral

제 1 장 서 론

우리나라의 급격한 국력의 신장과 국가 안보의 자립화 추세에 따라 한반도 주변의 상황에 적시에 대응할 필요성이 점점증하고 있으며, 또한 한반도 주변의 환경도 지역적인 요소뿐 아니라 광역에 걸친 요소의 영향이 증가됨에 따라 다양한 광역의 탐사 자료들에 대한 요구가 급증하고 있다. 인공위성에 의한 주기적인 광역의 자료들은 산업의 각 분야에서 활용되고 있으며, 이들 자료의 적시 입수가 중요한 문제로 대두됨에 따라 우리나라에서도 자체 수신소를 설치하고자 하는 시도가 여러차례에 걸쳐 이루어졌다. 그러나 이러한 지상수신소를 turn-key 시스템으로 구축하는데는 상당한 규모의 재원이 소요되어 과거의 수차례의 시도에도 불구하고 계획적인 추진이 이루어지지 못하였다. 이에 한국과학기술원 인공위성센터를 중심으로 기존의 시스템을 최대한 활용하는 전제 하에, 단계적으로 지상수신 시스템을 구축하고자 하는 계획이 추진되고 있다.

일반 지상수신 시스템은 자원탐사 위성의 데이터 수신, 수신된 데이터의 전처리, 전처리된 데이터의 추가 처리 및 응용 분석 등의 단계로 나눌 수 있다. 본 계획에서는 우선 전파연구소에 설치되어 있는 10 m 안테나 및 부속 기기들을 데이터 수신시스템의 일부로 이용하고, 프랑스 MATRA MS2i사로 부터 SPOT 위성데이터 전처리 시스템을 구입하여 전파연구소의 시설과 연계시켜 수신된 원시 데이터(raw data)를 사용자의 요구에 맞게 여러가지 level로 전처리하여 사용자에게 공급할 수 있도록 한다. 또한 전처리된 데이터들을 실제로 응용하기 위하여는 추가의 처리 및 응용 분석 알고리즘의 개발 등이 필요한데, 이를 위하여는 시스템공학연구소에 설치되어 있는 기존의 전산시스템 및 영상처리 분석 소프트웨어들을 이용한다. 현재 시스템공학연구소

에는 Cray-2S Supercomputer와 각종의 Workstation 등의 하드웨어가 있으며, 영상을 분석 처리 할 수 있는 소프트웨어로는 PC용(ERIMS)과 Cray용(C-ERIMS)분석 소프트웨어가 자체 개발되어 있고, 이외에도 EASI/PACE, ARC/INFO, ERDAS 등의 Workstation 용 소프트웨어도 다수 구입되어 각종의 응용연구에 이용되고 있다.

수신 시스템의 설치는 첫째 단계로 데이터 전처리 시스템을 한국과학기술원 인공위성센터에 설치하여 원시 데이터로 부터 사용자의 요구에 맞도록 데이터를 처리 하여 생산할 수 있도록 하므로써 시스템의 운영 기술을 습득하도록 하며, 둘째 단계로 전파연구소의 안테나 시스템과 인공위성센터의 전처리 시스템을 연계시켜 직접 위성으로부터 데이터를 수신하여 처리 할 수 있도록 한다. 마지막 단계로는 데이터의 수신 및 처리에 관련된 각종의 소프트웨어의 도입 및 개발, 훈련에 참여하도록 한다. 본 계획에서는 MS2i사의 적극적인 협력하에 일부 기기를 일정기간 무상으로 대여받으며, 또한 소프트웨어의 개발에도 참여할 수 있도록 하여 향후 우리나라의 위성의 지상 수신소 시스템을 구축하는데 기반이 될 수 있도록 한다. 기존의 시설을 이용한 단계적인 수신 시스템의 구축은 전체의 시스템을 turn key로 구입하는 것보다는 설치 상의 문제점과 비효율성 등이 예상되나, 기존의 시스템을 활용할 수 있으므로 비용을 절감할 수 있는 장점이 있다. 또한 본 시스템은 저가의 시스템을 목표로 하여 최첨단의 장비는 아니나, 향후 쉽게 시스템을 향상시킬 수 있도록 디자인 되어 있다.

전파연구소의 기존의 안테나 및 부속 시스템에 대해서는 일차 보고서에서 조사되었으므로, 본 보고서에서는 MATRA MS2i사에서 도입되는 데이터 전처리 시스템과 시스템공학연구소에서 개발된 Cray-2S용 영상 처리 분석 소프트웨어에 대하여 기술하였다. 또한 지역적인 면에서나 규모면에서 우리나라에게 선례가 될 수 있는 일본의 지상수신 시스템의 현황 및 향후의 운영계획에 대하여 살펴보았다.

제 2 장 SPOT 위성 프로그램 및 위성데이터

제 1 절 SPOT 위성 프로그램의 개요

SPOT 프로그램은 1977년 CNES와 MATRA사의 주도로 시작하여 첫번째의 위성인 SPOT-1가 1986년에 성공적으로 발사되는 것으로 시작되었다. SPOT 프로그램은 위성체 이외에도, 다음과 같은 지상의 요소들도 포함하고 있다.

(1) Mission Control Center : 위성으로부터 housekeeping 데이터를 수신하며, 위성을 조정하는 명령과 센서로 명령을 내려 성공적인 임무를 수행하도록 한다. 매 24시간 마다 위성은 다음날의 운용에 필요한 프로그램 계획을 받아들인다.

(2) 수신소의 네트워크 : SPOT위성은 다음의 2가지 네트워크에 의하여 운용된다.

Core 네트워크 : 프랑스의 Toulouse와 스웨덴 Kiruna에 수신소를 설치하여 데이터를 직접 수신하며, 위성에 미리 기록된 데이터들을 수신한다.

분산 네트워크(decentralized network)을 이용 그 지역에 설치된 수신소로부터 그 지역의 데이터를 수신한다.

(3) Preprocessing Center : Toulouse에 설치된 전처리 센터에서 데이터를 처리 저장하며 사용자의 요구에 따라 여러가지의 level로 데이터를 처리한다.

(4) SPOT IMAGE Co.에서 데이터를 판매한다. 고객으로 부터 주문을 받아 Mission Center로 주문하며, 처리된 데이터를 고객에서 판매한다. SPOT 데이터 판매 시장은 매년 신장 되고 있으며, 각 데이터 사용분야 별로는 지도제작이

이용되는 부분이 30%, 농업이나 임업부분이 20-25%, 지질, 환경부분이 10%, 도시계획등 기타의 부문이 25% 정도 차지하고 있다. SPOT 프로그램도 데이터의 직접판매, 각 지역의 지상 수신소 및 공동의 프로젝트개발 등으로 구성되어 있으며, 이들이 차지하는 비율이 매년 신장되고 있다.

SPOT 1, 2, 3호를 제 1세대 SPOT 위성이라하며 기본적인 구성이 비슷하다. 제 4호 위성은 개발 중이며 2세대의 플랫폼(MKII)과 향상된 센서(HRV-IR)를 탑재하고 있다. HRV-IR 센서는 이전 위성의 3개의 분광밴드(spectral band)이외에 20m 해상도의 1.55-1.75mm의 중적외선 밴드와 10m 해상도의 panchromatic 밴드를 대신하여 20m와 10m의 B2 밴드를 사용할 예정이다. MKII 플랫폼은 MKI(SPOT 1, 2, 3)의 차세대 플랫폼으로 각 시스템의 기능을 향상 시킬 수 있으며, 위성의 수명도 5년 정도로 연장시킬 수 있다. 또한 telemetry rate을 4 Kbits/s으로 2배 향상시키며, telecommand rate을 60 MLC/s으로 3배 향상시킬 수 있고, pointing의 정확도도 0.03에서 0.15까지 높일 수 있다.

SPOT 5, 6호의 계획도 시작되어, 이미 기능에 대한 수요조사가 이루어졌으며, 탑재 센서로는 10-20m의 분광밴드 3-4개와, 5-10m의 고해상도의 밴드 1-3개, 5-10m의 밴드 1-2개를 가진 stereoscopy등이 구상되고 있다. SPOT 5호는 1993년에 디자인이 시작되어 1999년에 발사될 예정이다.

또한 SPOT 시장을 확대하고 기존의 공학센서에 의한 영상의 문제점을 보완하는 측면에서 2002년 발사를 예정으로 SPOT RADAR 프로그램이 추진되고 있다. 이 RADAR 센서는 날씨에 관계없이 영상을 촬영할 수 있으며, 표면의 거칠도(roughness)와 흙의 수분의 정도에 민감한 장점이 있다. 이 RADAR 위성에는 X와 L의 2개의 frequency 밴드를 탑재할 계획이며, 여러개의 해상도와 swath, 각도등을 가진 센서를 구상하고 있

다. 응용분야로는 표 2-1 과 같다.

표 2-1 SPOT RADAR 데이터의 응용분야

1. 농업 및 수자원	3. 얼음 및 눈
수확량 추정	얼음 과 눈의 mapping 및 모니터링
침수된 지역	4. 지질 및 해양
토지의 수분 함량	열대림의 mapping
2. 임업 및 토지 이용	열대지역의 지질도
산림의 피해	유전의 탐사
임산지원	심해의 조사
산림도 및 재원	
토지 이용도	

제 2 절 SPOT 위성 데이터의 개요

SPOT 위성은 지상 약 830K m 상공에서 북극과 약 9° 정도의 차이를 두고 궤도를 운행하는 근극 궤도 위성(near polar orbit satellite)이며, 궤도가 이루는 평면이 태양에 대하여 변하지 않는 태양 동주기(sun-synchronous) 위성으로 항상 일정한 지방시(local time)로 오전 10시 30분 경에 대상 지역을 관측하는 위성이다. 위성 궤도의 직각 방향으로 관측하는 넓이인 swath width는 60K m이며, 관측하는 방향은 위성의 직하점(nadir) 방향 뿐만 아니라 좌우로 27° 까지 off-nadir 관측이 가능하다.

SPOT 위성이 다른 위성과 구분되는 큰 특징은 고체 소자 배열체(solid state array)를 센서로 사용한다는 점과 위성의 직하점이 아닌 지역도 관측할 수 있다는 점이다. SPOT은 관측시 고체 소자 배열체를 사용하므로 Landsat과는 달리 scanning mirror가 없으며 위성의 진행 방향에 대해 직각으로 배열된 배열체를 사용하여 한 line의 영상을 동시에 관측한다. 또한 위성에 탑재된 센서의 거울이 가지는 각도를 변경하여 위성의 직하점이 아닌 부분도 관측할 수 있는데, 위성 궤도의 좌우 방향으로 각각 27° 까지 관측 방향을 바꾸어 입체적인(stereoscopic) 관측을 수행할 수 있다. 고체 소자 배열체로서 동시에 한 line을 관측하므로 위성 궤도 전이에 따른 영향이 없고 off-nadir에 의한 입체 관측이 가능하므로 이를 이용하여 지상에 대한 수치 지형 자료(DEM : Digital Elevation Model)를 생성하는 것이 가능하다.

SPOT 위성은 매우 강화된 지상 해상력을 가지고 있는데 XS의 경우는 3 개의 분광대로서 지상 해상력 20m를 가지고 있고, P의 경우는 1 개의 분광대로서 지상 해상력 10m를 가지고 있다.

SPOT 위성에 탑재된 센서의 특성은 다음과 같다 :

<Panchromatic Mode>

- o 관측하는 spectral band : $0.51 - 0.73 \mu m$
- o 시야각(Field of View) : 60Km
- o 지상해상력 : $10m \times 10m$

<Multispectral Mode>

- o 관측하는 spectral band
 - Band 1 : $0.50 - 0.59 \mu m$ (Green)
 - Band 2 : $0.61 - 0.68 \mu m$ (Red)

- Band 3 : 0.79 - 0.89 μm (Near Infrared)

o 시야각(Field Of View) : 60Km

o 해상해상력 : 20m \times 20m

SPOT 위성의 자료는 지상 해상력이 좋고 off-nadir 특성을 가짐으로 인하여 수치 지형 자료 제작이나 자세한 지상 감시를 위하여 많이 사용된다. SPOT 위성의 각 band가 가지는 특성을 정리하면 다음과 같다 :

o Panchromatic band : 10m의 지상 해상력을 가지므로 이를 이용하여 지상의 구조물에 대한 정밀한 조사를 하거나 지상 고도를 분석하는데 사용한다. 수치 지형 자료의 제작시 1:50,000 정도의 정밀도를 가지는 지도의 제작이 가능하다고 알려져 있다. 20m의 분해능을 가진 XS mode의 3개 밴드영상과 조합한 후 칼라 모델을 통한 영상 합성 방식으로 10m 정도의 분해능을 가지는 새로운 칼라 영상 자료를 생성하는데 사용되기도 한다.

o XS band 1 : 녹색 식물의 반사율이 높은 분광대이므로 이를 이용하여 건강한 식생이 분포한 지역을 조사할 수 있다.

o XS band 2 : 식생의 반사가 거의 없는 분광대이며, 식생의 종류 구분이나 토양의 경계, 지질학적 경계등을 구분하는데 유용하게 사용된다.

o XS band 3 : 식생의 반사가 매우 강하면서 물의 반사는 매우 약한 분광대 이므로 이를 이용하여 biomass를 조사하거나 작물을 구분하고, 토양과 작물간 또는 육지와 수역간의 대비도를 강화하는데 유용하게 사용된다.

제 3 장 SPOT 위성 지상 수신소의 구축

범국가적인 다위성 수신시스템(Multisatellite Data Receiving Station) 구축을 최종 목표로 하여, 우선 기존에 보유되어 있는 시스템을 평가하고 미비된 시스템을 단계적으로 도입하여 전체 시스템을 구축하여 운영하는 것을 일차 사업의 목표로 하고 있다. 이를 통하여 위성수신소의 운영의 경험을 쌓고, 데이터 사용자들에게 데이터를 공급할 수 있으며, 관련 소프트웨어의 개발에도 직접 참여하도록 하여 우리나라의 차세대 위성인 KEMS(Korean Environmental Monitoring Satellite) 수신 시스템의 개발에 기여하도록 한다. 이러한 취지하에 프랑스의 MATRA MS2i사와 공동 협력으로 약 2년간 3차에 걸쳐 관련 하드웨어 와 소프트웨어를 설치하기로 되어 있다(MATRA MS2i, 1992). 이 시스템은 예산 여건 상 고도의 첨단 시스템은 아니나, 이를 향후 쉽게 향상시킬수 있도록 설계되어 있다.

제 1 절 위성 지상수신소 시스템 구축 단계의 개요

현재 추진 중인 SPOT 위성 수신시스템(Direct Receiving Station, DRS) 계획은 기존의 설치되어 있는 전파 연구소의 10M 안테나 시스템을 데이터 수신설비의 일부로 이용하고, 시스템공학연구소의 각종 영상처리 소프트웨어 및 하드웨어를 이용하는 것을 전제로 하여 그 중간 과정인 위성 데이터 전처리 시스템과 안테나 사이의 미흡한 요소들을 프랑스의 MATRA MS2i사로 도입하므로써, 위성 데이터를 수신, 처리, 분석하는 전체 수신 시스템을 구축 하는 것을 목표로 하고 있다. 이의 추진 단계는

다음과 같다 :

1. 제 1 단계 (BATCH 1)

SPOT위성 데이터 처리 시스템(VGS, Virtual Ground Station)으로, 원시데이터를 level 1A 나 1B로 처리하는 과정을 포함한다. 이는 우선 시스템 운영자로 하여금 단기간 내에 지상수신국의 전반적인 운용, 데이터의 생산 및 사용자 서비스(User Service)에 익숙하여질 수 있도록 할 수 있다. 이 단계에서는 MS2i사에서 일년간 Micro VAX II computer와 MS2i SPOT 처리 및 응용 소프트웨어를 무료로 제공할 예정이다.

2. 제 2 단계 (BATCH 2)

BATCH 1의 연속(extension)으로서 VGS와 전파연구소의 추적 안테나와의 중간 과정을 연결시키는 것으로 데이터의 기록/재생과정을 포함한다. 본 시스템에서는 frame synchronization을 소프트웨어로 처리하므로 하드웨어가 필요없다. 그러나 지속적으로 위성 telemetry 데이터를 얻기위하여는 SPOT IMAGE Co.와의 사전 협약이 필요하다. HD96(HDDR, High Density Digital Recorder)은 통관 및 가격의 문제상 직접 미국으로부터 구입하도록 한다(option 처리됨). 단, 데이터 수신시스템(DAS, Data Aquisition Subsystem)과 데이터 처리시스템(DPS, Data Processing Subsystem)의 설치 장소가 다를 때는 2대의 HDDR이 필요하다.

3. 제 3 단계 (BATCH 3)

모든 SPOT 관련 소프트웨어와 소스코드를 공급, 훈련시킴으로서 소프트웨어개

발에 직접 참여 할 수 있어서, 향후 우리나라의 차세대 위성인 KEMS의 소프트웨어 수신시스템의 개발에 기여할 수 있다.

제 2 절 SPOT 위성 지상 수신 시스템의 내역

지상수신소가 기본적으로 수행하여야 할 기능은 다음과 같다.

- o Catalog 요청에 따라 획득 가능한 영상의 Quick Look 영상을 제공한다.
- o 고객의 주문에 따라 표준처리 level(standard level) 0, 1A, 1B CCT(Computer Compatabile Tape)와 2B 및 3의 생산품을 생산한다.
- o DRS의 하드웨어 및 소프트웨어를 관리하여야 하며, 각 시스템이 최적의 기능을 발휘 하도록 운영, 관리하여야 한다.

위의 기능을 수행하기 위한 주요 시스템으로는 다음의 3가지가 있다.

- o 사용자 서비스 : 고객과 사용자 그룹을 연결하여주는 고객 서비스 기능으로서 주로 DALI(Device to Access and Look at Images) catalog 검색 시스템을 포함한다.
- o DPS(Data Processing Subsystem) : 데이터를 처리하는 기능으로서 원시 데이터 처리 시스템(raw data processing subsystem)과 기록/재생 시스템(record/reproduce subsystem)의 2가지의 subsystem을 포함하고 있다.
- o DAS(Data Acquisition Subsystem) : 데이터를 수신하는 기능으로서, tracking antenna, antenna control unit, receiver와 demodulator 및 antenna computer 등이 포함된다.

현재의 여건을 고려하여 MATRA MS2i에서 제의한 지상수신소 구축의 방법으로는 VGS(Virtual Ground Station)와 DRS(Direct Receiving Station)의 2가지 방법이 있다.

- VGS 운영방법은 수신시스템 없이, SPOT 위성의 onboard recorder를 이용한 것으로, 한국과학기술원의 요청에 따라 Toulouse의 모수신소(Mother ground station)에서 수신되는 telemetry 데이터와 원시데이터를 level 0로 전처리 한 후, 이를 CCT에 기록하여 한국과학기술원에 보내어 level 1A 나 1B로 처리를 할 수 있도록 한다. Level 0 CCT는 도착 즉시 catalog를 update 시킨다. catalog 검색은 VGS에서도 가능하다. 이와 같은 VGS는 'VGS's extension'이라는 기록/재생 subsystem (HDDR)으로 연결 될수 있으며 이는 또한 DAS와 연결되어 완전 자동화된 DRS를 구축할 수 있게 된다.
- DRS 운영방법으로 위성이 지나갈 때 위성 telemetry 원시데이터를 수신하여 HDDT에 기록하는 것이다.

현재의 계획으로는 3단계에 걸쳐 기존의 시스템을 최대한 활용하여 시스템을 구축할 예정이며, 이 중 1, 2 단계인 VGS와 VGS's extension을 살펴보면 다음과 같다.

1. VGS 와 VGS's extension의 구성

DPS의 기능을 VGS와 VGS's extension으로 나누었으며, 이들은 단계적으로 구축될 수 있다.

가. 원시데이터를 처리하기위한 VGS subsystem (Batch 1)

- o Catalog 요청 및 Quick Look Prints (USER SERVICE)
- o 모수신소로 CCT level 0 요청

- o CCT level 0의 저장(archival), catalog update와 관리
- o Quick Look image display 및 Quick Look 데이터 베이스 관리
- o 데이터의 생산
 - CCT로부터의 원시데이터 읽기
 - Level 1A , 1B로의 전처리(preprocessing)
 - CCT로의 기록
- o 수신소의 관리

나. 기록/재생 subsystem을 포함하는 VGS's extension(Batch 2)

- o 전처리 과정
 - HDDT에 telemetry 데이터의 기록
 - HDDT의 저장 및 관리
- o 데이터 생산
 - HDDT로 부터의 입력(scene의 추출)
 - Level 0, 1A, 1B로의 전처리
 - CCT로의 기록
- o 외부와의 인터페이스 기능
 - 수신 준비
 - SPOT technical 데이터 입력
 - SPOT 위성 프로그래밍
 - SPOT Image Toulouse(Mother station) catalog update

2. DPS 사용자 서비스

다음은 사용자 서비스의 기능으로서 이 기능들은 Batch 1과 Batch 2에 포함되어 있다.

가. Catalog의 요청 및 Quick Look Print의 제공(Batch 1)

Catalog 요청시 사용자는 다음과 같은 사항을 결정하여야 한다.

- 위성 및 센서
- 지도 좌표
- 시간
- 구름 및 눈의 정도
- 영상의 질

Catalog의 요청에 따라 다음과 같은 정보가 제공된다.

- 사용자의 주문에 맞는 데이터의 list
- 선정된 영상의 디스플레이
- 요청에 따라 Quick Look Print 제공

나. SPOT 프로그래밍

사용자의 요청에 따라 SPOT 위성을 프로그램할 수 있고, 직접 DAS에서 수신할 수 있으며, 사용자가 요청서를 작성하면, 운영자는 다음과 같은 기준에 맞추어 이를 재정리 한다.

- 위성 및 센서
- 시간
- 지도좌표
- Spectral mode
- 반사경의 pointing angle
- 우선 순위

이러한 SPOT 프로그래밍 요청은 텔렉스를 통하여 SPOT Mission Control Center(MCC)로 보내어 지며, MCC의 협의를 거친 후 SPOT 프로그래밍 소프트웨어에 입력된다.

다. 데이터 생산 서비스 (Product Service)

사용자들은 주문서 양식에 따라 이미 여러가지의 level(CNES level 0, 1A, 1B)로 처리 된 데이터(CCT의 형태)를 2가지의 포맷으로 주문할 수 있다.

- CRIS format(원시데이터의 경우)
- SPOT image format(보정된 데이터)

표 3-1 CNES 보정(correction) level

CNES LEVELS	보정의 형태
0	원시데이터
1A	- Detector Calibration - 기하학적 보정 안됨
1B	- 시스템의 왜곡에 의한 복사적 및 기하학적 보정

표 3-2 SPOT/HRV CCT 생산품

CNES	TAPE DENSITY	SPECTRAL BANDS	TAPE FORMAT
0	6250	BIL	CRIS
1A	1600	BIL	SPOT
	6250		IMAGE
1B	1600	BIL	SPOT
	6250		IMAGE

3. 소프트웨어 기능

DPS는 SPOT 위성데이터를 저장 및 처리 하는 기능을 가지고 있으며 다음과 같이 구성되어 있다.

- o 지원 소프트웨어 기능(Support Software Function)
- o 전처리 소프트웨어 기능(Preprocessing Software Function)
- o 생산 기능(Production Function)
- o 외부와의 인터페이스

가. 지원 소프트웨어 기능(Batch 1)

1) 관리자(Executive)

이는 시스템 재원을 관리, 배당하며, 스케줄링하고 로그를 기록한다.

- 모니터 : 시스템의 상태를 디스플레이하고 각 기능의 시작과 중지를 명령한다.
- 스케줄러 : 각종의 기능을 관리, 실행하고 로그를 기록 한다.
- 다른 모든 기능에서 공통적으로 사용되는 설비이다.

2) 대화 서비스(Dialogue Service)

각 응용 프로그램을 포매팅(formatting)하고 정교한 screen addressing를 제공하는 서브루틴(subroutine)을 의미한다. 지원되는 대화모드(dialog mode)로는 질문 및 답변, pop-up 메뉴, scales, 최근의 man-machine 인터페이스 등이 있다.

3) 디바이스 드라이버 (Device Drivers)

VAX/VMS O/S 하에서 VAX 컴퓨터에 연결되어 있는 모든 인터페이스와 주변기들을 관리한다.

4) 화일 관리 설비

화일의 정의, 관리, 조사 및 기록 등을 관리하는 유틸리티(utility)로 다음과 같다 :

- Technical File Management layer(TFM, 기술적인 화일의 관리)은 영구적인 technical 화일들을 관리하는데 이에는 지구모델, 태양과 달의 ephemeris, 위성 ephemeris, 기기들의 특성 및 calibration coefficient 등이 있다.
- Auxiliary File Management layer(AFM, 보조화일 관리)은 영상을 처리하는데 필요한 보조 데이터를 보유하고 있는 영상보조 화일(Image Ancillary file)을 관리한다.
- Image Management System layer(IMS, 영상관리 시스템)은 원시 또는 보정된 영상 및 Sampled/Quick Look 영상화일을 관리한다.

5) 소프트웨어 관리(Software maintenance) 유틸리티

- 응용 소프트웨어의 update(compilation, link)
- 응용 소프트웨어의 생성, backup
- 데이터 베이스 및 technical file utilities의 backup 및 restore

나. 전처리 소프트웨어 기능(Preprocessing Function)

전처리 기능은 위성데이터의 평가, cataloguing, 저장 등을 담당한다. VAX에 C와 FORTRAN으로 짜여져 있다.

1) 데이터 획득기능(Acquisition function)(Batch 2)

Serial bit stream과 universal time을 HDDT에 수신 기록한다.

2) 재고/저장기능(Archival function) (Batch 2)

o HDDT의 재고 및 저장

- 위성 패스(pass)의 추출 : Frame synchronizer을 통하여 HDDT로 부터 주변데이터와 함께 영상을 읽어 디스크에 저장함과 동시에 moving window display screen을 통하여 영상을 디스플레이함으로서 영상의 질을 조사하도록 한다.

- 디스크의 데이터의 스크리닝(screening) : HDDT의 telemetry segment를 분석하여 이 segment을 SPOT의 격자에 따라 scene으로 framing한다.

- Quick Look : 영상의 질과 구름 및 눈의 정도를 조사하며, 이러한 영상을 디스플레이함과 동시에 프린트한다. 또한 구름의 정도를 조사한 후 결과를 디스크에 저장한다.

- 인터페이스와 자원(Resources) :

입력 : SPOT 프로그래밍 데이터

HDDT의 SPOT 패스

출력 : Catalog 데이터베이스 update

영상의 프린트

Digital Quick Look Image on disk

자원 : HDDR

Frame synchronizer

Display station

CPU

TU

칼라 프린터

디스크

- o 외국 수신소로의 Level 0의 CCT의 공급(Batch 1)

외국의 수신소에서 보내어진 CCT에 기록된 level 0의 데이터를 조사하고 저장한다.

다. 생산 기능(Production Function) (HDDT/CCT로부터 CCT의 생산)

1) 입력 기능(Input function)

- HDDT(Batch 2)

HDDT 기능은 HDDT로부터 영상 및 보조 데이터를 이동시켜 하나의 full science을 형성 시킨다.

- CCT level 0(Batch 1)

CCT level 0 기능은 미리 저장된 데이터를 CCT로부터 읽어 보정을 할 수 있도록 한다.

2) 보정 기능(Correction function)(Batch 1)

SPOT위성이나 MCC로 부터 제공되는 정보 만을 사용하여 복사와 기하학적 왜곡을 보정하는 기능을 담당하는 것으로 다음과 같은 기능을 가지고 있다.

- 영상을 packet으로 format하고 복사 데이터에 기초적인 전처리를 하므로써 보정을 준비하는 작업을 한다.
- 복사 왜곡의 제거
- 시스템과 관련된 기하학적 모델링
- Inverse grid 계산
- 모든 표준 level(Standard level)의 기하학과 복사 보정을 적용하는데

이에는 여러가지의 level이 있다.

o Level 0 보정

- 복사 보정 : 보정을 하지 않으나, calibration 계수(level 1 보정을 위한 파라미터)를 추출하여 CRIS 포맷에 포함시킨다.
- 기하학적 보정 : 보정을 하지 않으나, level 1B 기하학적 보정계수 들을 계산한다.

o Level 1A 보정

- 복사 보정 : Detector gain과 offset을 계산하고 데이터에 공급하며, 최고와 최저의 saturation(포화) level을 처리한다.
- 기하학적 보정 : Level 0 와 같다.

o Level 1B 보정

- 복사 보정 : Synchro loss 와 dead detector는 0로 set하지 않는 것을 제외하고는 Level 1A와 같다. 적어도 4개의 이상의 열이나 행이 연속적으로 죽을때 관련된 열과 행을 0로 만든다. 만일 이들의 수가 4보다 적거나 같을 때는 전후 열을 이용하여 linear interpolation에 의하여 대체한다.
- 기하학적 보정 : 지구 자전, 지구 곡면, off-nadir 효과 및 latitude 효과를 제거한다. 이러한 보정은 지구의 tangent plane에 대한 투영으로 계산한다.
- Polynomial 모델화 : 원시 데이터와 보정된 데이터의 열과 행을 연결시키는 polynom을 계산한다.
- 영상 재배열(Resampling) : Bicubic polynomial correction으로 수직 시

야의 정확도가 850 m(RMS error)가 되도록 한다.

3) 출력 기능(Output function)(Batch 1)

- 디스크에서 CCT로

이 기능은 보정된 데이터나 보조 데이터를 가진 원시데이터를 디스크로부터 CCT로 기록한다.

- CCT Copy

포맷에 상관없이 CCT를 복사하는 기능으로 특히, 하나의 테이프레코더 시스템(tape recorder system) 만이 있는 경우에 유용하게 사용된다.

- HDDT Copy(하나의 HDDR 만을 보유한 경우는 필요없음)

수동 작업하에서 HDDT를 복사한다.

4) 인터페이스와 자원

- 입력 : HDDT의 SPOT pass

CCT의 SPOT scene(CNES level 0)

- 출력 : SPOT scenes(Level 0, 1A, 1B)

- 자원 : HDDR, Frame Synchronizer, Front Processor, CPU, TU, DISK

라. 외부 인터페이스 기능(External Interface Function)

1) 데이터 획득의 준비

DPS에 있는 CNES telex를 통하여 ephemeris 데이터를 얻을 수 있도록 하는 것으로 SPOT의 패스을 획득하는데 필요한 모든 파라미터를 준비한다.

2) SPOT 기술적인 데이터의 입력

이 기능은 CNES/MCC에서 제공되는 데이터를 이용한다.

- CCT : 파라미터의 초기화

HRV calibration data

Nominal orbit cycle

- Telex : 절대 calibration 계수

'고장' 난 detector

3) SPOT 위성의 프로그래밍

이 기능은 위성을 프로그래밍하는 과정에 CNES/MCC에서 제공되는 데이터를 이용한다. 수신소는 CNES 와 telex mail box에 의하여 연결되어, 다음과 같은 정보를 교환한다.

- CNES에 의하여 제의된 7일 동안의 패스
- 제의된 패스에 대한 수신소의 예약
- CNES에 의한 예약의 확인
- 예약된 패스에 대한 수신소의 프로그래밍
- 프로그래밍에 대한 CNES의 확인
- 수신소에서의 실제 패스에 대한 보고

마지막으로 다음과 같은 데이터가 수신소에서 수신된다

- pre-ephemeris data
- Image schedule plan
- Post ephemeris data

MCC와 DPS사이의 정의된 default mode가 있어서 각 패스에 대하여 일일이 작업을 할 필요가 없으며, 또한 MCC와 수신소 사이의 교신이 끊기더라도 영상의 획득 작업을 관리할 수 있다.

4) SPOT IMAGE Catalogue Update(Batch 2)

CCT에 SPOT scene catalog을 기록 저장하여 SPOT IMAGE Co.에 보낼 수 있도록 한다. 이들 data는 CCT 1600 bpi로 ASCII로써 기록되며, 각 segment에 다음과 같은 정보들이 제공된다.

- Platform
- Instrument
- Date
- Spectral mode
- Spectral bands
- Mirror pointing angle

Segment내의 각 Scene에는 다음과 같은 정보가 포함된다.

- World reference coordinates(GRS)
- Geographical coordinates of the scene center and corners
- Quality rate
- Cloud and snow coverage rate

5) Catalogue 요청(Batch 1)

6) 요청 입력(Request Entry)(Batch 1과 2)

- 외부의 요청(External Request)

Scene을 주문하기 위해서는 주문서를 작성하여야 하는데, Request Entry 기능은 고객의 주문서로 부터 추출된 여러가지 요청사항들을 입력시키도록 한다. 이러한 각각의 요청들은 관리자에 의하여 work order로 나뉜다.

- 내부의 요청(Internal Request)

CCT Copy와 같은 내부의 요청도 수행하도록 한다

4. 하드웨어의 개요

데이터 처리시스템의 하드웨어의 개요는 그림 3-1과 같다(VAX 4000-200 주컴퓨터를 사용하는 경우).

가. Quick Look(Batch 1)

1) Quick Look Workstation

Micro VAX II로 부터 영상을 받아 들여 디스플레이하는 시스템으로서 Apple Quadra 700을 사용하며 다음과 같은 하드웨어와 주변기기들로 구성되어 있다.

- Processor Type : 68040
- Base Memory Size : 8 MB
- Hard Disk : 400 MB
- Graphic Card : Spectrum "PDQ + 24 bits"
- Supermac Monitor : 21"

동시에 16 M color을 디스플레이할 수 있으며, 또한 512 x 512 x 32 bits 에서 1024 x 1024 x 24 bits 까지를 디스플레이할 수 있도록 4 Mbytes의 디스플레이 메모리를 가지고 있다.

2) Supermac Monitor

1152 x 870의 해상도

3) Hard Copy D-SCAN

D-SCAN은 그래픽 카드에 의하여 생성되는 칼라 영상을 칼라 프린트하는 것으로

로 고속, 고 해상도이며(300dpi) 최대 1.4 million 칼라를 지원한다.

나. 데이터 처리 시스템(Processing subsystem) (Batch 1)

Micro VAX II 주컴퓨터와 다른 종류의 주변기기로 구성되어 있다. 주변기기로는 다음과 같은 것들을 지니고 있다.

- 한대의 INMOS Transputer Network와 PC/AT console
- 한대의 VAX station 3100
- 2대의 peripherals VT420
- 한대의 printer LA75
- 한대의 line printer LA210
- 한대의 tape drives 6250/1600 Bpi Cipher
- Option으로서 Micro VAX 4000-200이 제안되었다.

1) Transputer Network

Transputer network의 기능은 front processor로서 위성데이터를 처리 하는 기능을 가지고 있으며, MCM1 Transputer Network은 다음과 같이 구성되어 있다.

- 2 BBK DR 11 modules
- 1 TPM4 modules
- 7 MTM2 modules

2) Micro VAX II 주컴퓨터(기본)

- | | |
|----------------|-----------------|
| - DH G3002 -F3 | Micro VAX II |
| - BA23-A | Backplane |
| - DZ011-M | Multiplex RS232 |

- KA630-AA	Micro VAX II CPU
- MS630-BB	4MB Memory
- MS630-DA	16MB Memory Extension
- RD53A-AA	73MB Disk
- RQDX3-AA	Controller for 73MB Disk
- TK50-AA	Tape 95MB Streamer
- TQK50-AA	Controller for TK50
- RD54-DDB	140MB Disk
- DEQNA-M	Ethernet Interface
- VSXXX-AA	Mouse
- VT310-DP	CRT Display
- VT330-CP	CRT Display
- LN03R-AP	LASER Printer
- D2362	800MB Disk NEC
- QD33	Disk Controller

3) VAX STATION 3100

- 저가의 desktop 시스템으로서 16 MB의 메모리와 VMS OS 소프트웨어를 가지고 있다.

- X-window system industry standard에 기초를 둔 DEC window user 인터페이스를 지원한다.
- 150 MB 디스크 하나와 TZ30 cartridge 시스템으로 구성되어 있다. 하나의 외부 port는 DIGITAL사와 다른 회사의 기기들을(device) 연결시켜준다.

- DECNET/LAT network으로 연결시킬 수 있는 standard와 thinwire ETHERNET port가 있으며, thinwire를 통하여 Micro VAX에 연결되어 있다.
- 이러한 연결에 의해 VAX의 window를 열 수 있으며 명령어를 수행시킬 수 있다.

4) VT420(2 units)

- VT420을 통하여 host computer와 연결될 수 있다.
- 359mm의 모노크롬의 스크린을 사용하고 있으며, 24, 25, 26, 48 line과 80 또는 132 행의 텍스트를 디스플레이 할 수 있다.
- 터미널 뒤에 3개의 connector가 있어서 VT420과 host computer를 연결하고 있다. 또한 connector를 이용하여 프린트 할 수 있다.
- 주변기기 중의 하나는 Micor VAX의 opcom port에 연결되어 있고 다른 터미널은 Q Bus 인터페이스의 port에 연결되어 있다.

5) LA 75

LA 75는 dot matrix printer로서 asynchronous serial 인터페이스로 연결되어 있으며, VT420으로부터 9600 baud의 속도로 데이터를 받아들이고 있다. 또한 2 Kbytes input buffer를 가지고 있으며, 텍스트와 그래픽의 두가지의 모드로 작동되고 있다.

6) LA 210

LA 210 letter printer도 2가지의 모드로 작동 될 수 있으나, VAX 4000-200에 9600 baud의 속도로 연결될 수 있다.

7) 6250 Bpi Tape Unit Device

- KLESI 3153 magnetic tape controller
Coupler와 format에 의하여 tape driver를 조정한다.

- Tape Drive CIPHER M 990(1600/6250 Bpi)

원시데이터(raw data)가 없을 때 level 0의 scene을 입력하고 처리된 scene을 출력시킨다. Tape의 속도와 data density 기능은 다음과 같다.

50 ips at 3200 bpi

70 ips at GCR 6250 bpi

100 ips at PE 1600 bpi

8) Micro VAX 4000-200 (options)

기본적인 시스템은 CPU 모듈, 16MB의 메모리, 16MB 메모리 확장보드 CMx1651로 구성되어 있어 전체 36MB의 메모리 크기를 가지고 있다. KA640에 기초를 둔 기본 시스템은 다음과 같다.

- CPU chip with 1 Kbyte of cache Micro VAX 4000-200
- Floating point accelerator chip
- 4 Mbyte, 400 nanosecond, 39 bit wide memory array
- Memory controller
- Clock registers
- Digital Small Storage Interconnect(DSSI) bus adapter
- Ethernet controller
- Qbus 인터페이스
- Console serial line
- Firm wire

다. 기록/재생 장치(Record/Reproduce Subsystem)(Batch 2)

이 장치는 다음과 같은 기능을 담당하고 있다.

- 패스가 지나가는 동안에 위성의 telemetry 데이터를 HDDT에 기록하고 moving window에 디스플레이 한다.
- SPOT Grid(K-J number)에 따라 위성 segment를 scene으로 framing 하며, 위성 데이터를 subsample 하고 이를 level A 로 처리한다. 이에 따라 수신소의 데이터베이스를 upgrade 한다.
- 각각의 scene에 구름의 정도를 확인하고 catalog를 update하며, 디스크에 Quick Look을 저장한다.
- HDDT로 부터 데이터를 추출한다.

또한 이장치의 구성을 보면 다음과 같은 기기들로 구성되어 있다.

- HDDR HD96
- Tape search unit(DATUM)
- One external clock
- One synchronizer-decommutator

1) High Density Digital Recorder(option)

28 track format과 PCM(parallel high density mode)에서 작동되는 HD96

HONEYWELL(METRUM)으로서 재생 속도는 저장 VSPOT/8 이고 추출은 VSPOT/16이다.

- HD95E, 28 track record/reproduce unit 33 Kbp/s
- 14 FX bit synchronizer(13 FJ, 1 FL)
- 16 KL wide band and time code
- 7 GH serial in/out

2) Tape search unit DATUM

HDDR과 time code translator를 연결할 수 있도록 디자인 되어 있다. 이는 자

동적으로 tape을 알려진 위치에 위치할 수 있도록 transport를 움직인다. 기본장비는 9700/0710 time code translator(DATUM)로서 2개의 보드에 맞출 수 있다.

- 19390 : Asynchronous line RS232 인터페이스(VAX)
- 19387 : Remote control 인터페이스(HDDR)

HDDR에서 추출된 time code signal IRIG A가 translator에 의하여 읽히지며, 이는 RS232 line에 의하여 VAX로 이동되며, VAX로 부터는 tape의 위치를 결정하기 위한 명령어를 제공한다.

3) Synchronizer-decommutator

Frame synchronizer-decommutator는 transputer network(front processor)에서 운용되는 소프트웨어 기능이다.

MATRA MS2i사에서 제의한 시스템은 현재 여건하에서 살펴보면 기존의 시스템을 활용하여 최소한의 비용으로 위성의 지상수신소를 구축한다는 측면에서 매우 유리하며, 추후 필요에 따라 기능을 향상시킬 수 있고 또한 관련 소프트웨어를 공개, 지원함으로써 우리나라에서 개발되는 위성데이터의 수신 및 처리에도 크게 기여할 수 있을 것으로 예상된다. 또한 이러한 시스템의 구축을 통하여 데이터를 공급하는 고객 서비스를 할 수 있으므로 앞으로의 데이터 활용이나 응용 분야의 연구에 크게 기할 수 있을 것으로 예상된다.

제 4 장 Supercomputer용 영상 처리 분석 소프트웨어 개발

전처리된 위성영상을 처리·분석하는 소프트웨어로는 기존의 상업용 소프트웨어와 PC용으로 시스템공학연구소에서 개발된 ERIMS등이 있다. 그러나 수신소로부터 수신되는 다량의 위성데이터를 처리·분석할 때는 대용량으로 고속처리하는 컴퓨터 시스템이 요구되는데 이를 위하여 시스템공학연구소에서 보유하고 있는 슈퍼컴퓨터인 Cray에서 처리할 수 있도록 C-ERIMS(CRAY-ERIMS)를 개발하였다. C-ERIMS에서 영상 처리·분석을 할 수 있는 소프트웨어의 특성들에 대하여 살펴보겠다.

제 1절 전처리(Preprocessing) 및 보정

1. 전처리

인공위성이나 항공기를 통하여 관측된 자료는 관측시의 기기 상태나 대기 조건, 관측대의 이동 방향 및 자세 그리고 최종적으로 사용할 지도의 투영법등에 따라 많은 오류 및 왜곡을 포함하고 있을 수 있다. 대부분의 자료 처리 과정은 이러한 오류 및 왜곡을 먼저 복원하거나 보정한 후에 다음 단계의 처리를 수행하게 된다. 이와 같이 본격적인 처리를 하기 전에 영상 자체가 가지는 왜곡을 보정하는 과정을 전처리라 한다. 전처리 과정은 대기에 의한 영향을 배제하여 영상을 복원하는 대기 보정 처리와 영상 수집시 발생한 주기적이거나 비주기적인 잡음을 제거하는 잡음 제거 처리 그리고 수집된 영상의 기하학적 형태가 기준 지도와의 사이에 차이가 있는 경우 이를 보정하는 기하학적 보정등이 주가 된다.

2. 기하학적 보정(Geometric Correction)

기하학적 보정은 영상이 원래 가지고 있는 기하학적 왜곡을 보정하는 처리 과정으로 보정의 원인을 체계적으로 분석한 결과를 사용하여 보정하는 시스템 보정 처리와 지상 기준점(GCP:Ground Control Point)을 이용하여 보정하는 지상 기준점 보정 처리가 사용된다. 전자는 영상 수집 단계에서 발생하는 관측대의 고도 변화 및 흔들림, 관측 기기의 광학적 특성, 지형의 기복, 지구의 자전, 기준 지도의 지구 투영법 등 모든 왜곡의 원인을 분석한 후, 이를 사용하여 왜곡된 영상을 원 상태로 변환시키는 역변환 체계를 구하여 왜곡을 보정하는 방법이다. 시스템 보정은 왜곡의 모든 원인을 정확히 분석하여 일단 역변환 체계를 구하기만 하면 같은 체계에 포함된 모든 영상의 왜곡을 쉽게 보정할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 모든 왜곡의 원인을 분석하는 것이 쉽지 않고 지형의 기복이 심하거나 영상의 분해능이 높은 경우는 정밀한 보정이 어렵다는 단점이 있다. 후자의 보정법은 왜곡의 원인을 고려하지 않고 단지 왜곡의 정도만을 분석한 후 수집된 영상과 기준 지도간을 연결할 수 있는 보정식을 구하여 영상의 왜곡을 보정 처리 방법이다. 지상 기준점이란 수집된 영상을 기준 지도와 맞추려고 같은 형상을 가진 지점을 영상과 지도에서 추출한 좌표로서 보정식을 구하기 위하여 사용되는 제어점(control point)을 의미한다. 지상 기준점을 이용하는 왜곡 보정 방법은 왜곡의 원인을 모르거나 분석이 어려운 경우에도 사용할 수 있고 정확한 지상 기준점만 선택되면 시스템 보정보다 더 정확하게 영상을 보정할 수 있다. 그러나 지상 기준점의 선택에 따라 보정 결과가 큰 차이를 나타내므로 기준 지도의 정확성과 지상 기준점을 구하는 사람의 숙련도에 따라 결과가 크게 달라진다는 단점이 있다.

시스템 보정과 지상 기준점 보정의 이와 같은 특성 때문에 시스템 보정은 지상 분해능이 낮고 지형 굴곡에 대한 영향이 적은 영상 자료인 기상 위성 자료등을 보

정하는데 주로 사용되고, 지상 기준점 보정은 지형 굴곡이 많아서 지상의 국부적인 특성에 따라 왜곡의 정도가 달라지는 경우거나 소규모 지역에서 정밀하게 보정을 하고자 하는 경우에 많이 사용된다.

기하학적 보정을 위한 좌표 변환식이 결정되면 입력되는 영상 자료를 변환식에 맞추어 변환한 후 새로운 영상 자료를 출력하게 된다. 이때 새로이 결정되는 좌표는 정수가 아니라 실수로 나오게 되어 sub-pixel의 위치가 가지는 화소 값을 구하여야 한다. 그러나 수치 영상은 각 격자점에서만 화소 값이 정의되므로, 원리적으로는 sub-pixel의 화소가 가지는 값을 구할 수가 없다는 문제가 발생한다. 이러한 경우에 수치 영상의 각 화소 값이 이루는 연속성을 가정하여 새로운 좌표가 가질 화소 값을 결정하는 방법을 재배열(resampling)이라 한다. 재배열의 차수는 영상이 가지는 국부적인 연속성을 가정하는데 따라 달라지지만 보통 nearest-neighbor, bi-linear, cubic convolution이 많이 사용된다.

3. 지상 기준점(Ground Control Point : GCP)

가. 지상 기준점의 대상

지상 기준점은 앞에서 설명한 것처럼 왜곡된 영상을 보정하기 위한 변환식을 생성하기 위하여 사용되는 제어점으로, 관측된 영상과 기준 지도의 각각에서 쉽게 인지할 수 있으며 같은 물체로서 인정되는 지점을 정밀하게 계측하여 구한 좌표쌍을 의미한다. 지상 기준점은 정밀하게 계측되어야 하므로 관측된 영상과 기준 지도 모두에서 주위 지역과 구분이 뚜렷하여 식별이 용이한 지점을 선정하여 사용해야 한다.

지상 기준점은 시간이 변하는데 따라 기하학적인 위치 변동이 없어야 하고 관

측되는 영상에서의 밝기가 변하지 않는 점을 선택해야 한다. 따라서 지상 기준점으로 사용할 수 있는 대상은 규모가 큰 자연 지형 또는 인공 지형 중에서 주위와 뚜렷한 구분이 되는 지역이 될 수 있으며, 이러한 특징을 가진 지역으로는 공항, 도로의 교차점, 육지와 물이 만나는 지점, 지질학적 특징등이 있다(Bernstein, et al., 1983). 그러나 우리나라에서 사용하는 지도에는 공항등 주요 시설의 위치가 나타나지 않고 도로의 경우에는 과장이 심하게 되어 외국의 예를 그대로 국내에 적용하기가 곤란하다. 국내에서 사용하기 용이한 지상 기준점의 대상은 다음과 같다 :

1) 도로 : 가시 광선 영상에서 비교적 육안으로 구분이 쉽게 되는 특성이 있어 지상 기준점으로 사용이 가능하지만, 지도에 나타난 도로는 그 자체가 하나의 상징으로 표현되어 도로의 폭이 실제보다 상당히 과장되어 나타나고 제작 년도가 오래된 지도를 사용하면 실제와 다른 경우도 있으므로 주의해서 사용해야 한다. 또한 원격탐사로 관측된 수치 영상에도 도로 자체의 밝기가 주변보다 높음으로 인하여 blurring이 일어나는 경우가 많아 지도와 비교하여 정확한 위치를 정하기가 어렵다. 따라서 포장 도로보다는 주위와 뚜렷하게 구분이 되면서 폭이 좁고 위치가 쉽게 변하지 않는 자연 소로의 경우가 지상 기준점으로 더 적당하다.

2) 하천 및 저수지 : 상황에 따라 다르지만 산악 지형에서는 하천의 구배나 다리를 이용하고, 평야 지역에서는 저수지, 댐, 하천 제방의 모서리를 이용하면 상당히 정확하게 좌표를 구할 수 있다. 그러나 하천의 수위에 따라 형태가 변하기 쉬운 지형인 저수지의 하천 유입구나 평야 지대에서의 하천 구배등은 사용하지 않는 것이 좋다. 가시광선의 영상을 사용하면 물과 모래(또는 토양)를 구분하기 어려우므로 물과 다른 물체의 구분이 뚜렷하게 이루어 지는 근적외선이나 중적외선의 영상을 사용하면 좋은 좌표를 구할 수 있다.

- 3) 항만 및 섬 : 근적외선 영상을 사용하여 상당히 정확하게 좌표를 구할 수 있다. 지도에 나오는 형상도 상당히 정확하므로 지상 기준점으로서 좋은 조건을 갖추고 있다. 항만의 경우는 제방의 꺾임점, 접안 시설등을 사용하면 정확하게 좌표를 구할 수 있고 뚜렷하게 구분되는 부분이 많은 경우는 이들 간의 형태학적 특성을 사용하면 보다 정확한 위치를 구할 수 있다. 섬의 경우에는 지도에서 아주 작게 나타나는 돌섬 또는 작은 규모의 무인도를 이용하면 매우 정확하게 구할 수 있고, 바다 물의 높이에 따라 해안선의 모양이 거의 변하지 않는 지형으로서 방파제 등을 사용할 수 있다.
- 4) 건물 : 건물의 크기가 큰 경우는 지도에 형태가 정확하게 나타나므로 이를 이용하여 지상 기준점을 구할 수 있다. 숙련된 사람의 경우는 건물의 형태학적 특성을 사용하여 보다 정확한 좌표를 구할 수 있다.

나. 지상 기준점의 공간적 분포 및 갯수

좋은 보정을 위하여 필요시 되는 지상 기준점의 갯수는 변환식의 차수(order)에 의해 달라지지만 최소한 30 개 이상의 지상 기준점을 사용하는 것이 좋다. 보정식이 1 차식이고 보정하는 지역이 작은 경우는 10~15개 정도면 좋은 결과를 가져올 수 있다(Mather, 1987). 지상 기준점의 갯수가 작은 경우는 중요한 위치에 있는 몇 개의 점에 의해 계산 결과가 좌우되므로 비록 계산상의 보정 오차는 작게 나오지만 통계적인 정확도를 만족시키기가 어렵고 실제의 기준 지도와도 상당히 다르게 나오게 된다. 변환식을 계산하기 위하여 필요시 되는 최소한의 지상 기준점 갯수는 변환식의 차수가 N인 경우 $(N+2) \times (N+1) / 2$ 개가 된다.

기준 지도와 영상에서 지상 기준점이 차지하는 공간적 위치도 보정의 정확도에 영향을 미치게 된다. 좌표 변환이 2 차원적으로 이루어 지므로 지상 기준점의 공간

적 위치도 2 차원적으로 배열되어야 하며, 전체 대상 영상에서 되도록 균일하게 분포 되도록 하여야 한다. 모든 지상 기준점이 한 직선상에 있거나 특정 지역에 모여 있는 경우는 전혀 엉뚱한 결과가 나오게 된다.

기준으로 사용하는 지도의 정확도는 영상이 가지는 해상력에 따라서 결정해야 한다. 예를 들어 1:50,000 정도의 지도를 사용하는 경우 사람이 보통 0.2~0.5mm 정도의 범위내에서 좌표를 찾을 수 있으므로 10m~25m의 범위내에서 지상 기준점을 구할 수 있다. 그러므로 MOS의 MESSR이나 Landsat의 MSS를 사용하는 경우는 1:50,000 지도가 무난하고 SPOT이나 TM의 자료는 1:25,000 정도의 지도를 사용하는 것이 좋다. 국립지리원의 지도 투영법이 TM(Transverse Mercator)을 사용하여 옆 도폭의 지도와 정확하게 정합이 되지 않으므로 두 장의 지도를 붙여서 좌표를 구하는 방법등은 지양해야 한다.

4. 좌표 변환식

기하학적 보정을 위한 좌표 변환식은 일반적으로 다음과 같은 polynomial을 사용한다.

$$X = \sum_{j=0}^N \sum_{k=0}^{N-j} a_{jk} U^j V^k$$

$$Y = \sum_{j=0}^N \sum_{k=0}^{N-j} b_{jk} U^j V^k$$

위의 식에서 (U, V)는 기준이 되는 지도의 좌표가 되고, (X, Y)는 보정을 할 대상인 영상의 좌표가 되며, N은 보정식의 차수가 된다. 보정식의 차수에 따

라 식을 풀어 쓰면 X 축의 polynomial은 다음과 같다.

$$\circ 1 \text{ 차식} : X = a_{00} + a_{10}U + a_{01}V$$

$$\circ \text{공 1차식} : X = a_{00} + a_{10}U + a_{01}V + a_{11}UV$$

$$\circ 2 \text{ 차식} : X = a_{00} + a_{10}U + a_{01}V + a_{11}UV + a_{20}U^2 + a_{02}V^2$$

$$\circ 3 \text{ 차식} : X = a_{00} + a_{10}U + a_{01}V + a_{11}UV + a_{20}U^2 + a_{02}V^2 + a_{21}U^2V + a_{12}UV^2 + a_{30}U^3 + a_{03}V^3$$

Polynomial의 계수인 a_{jk} 를 구하기 위하여는 각 차수에 따른 자유도(degree of freedom)만큼의 지상 기준점 좌표를 구하여 polynomial에 대입하면 된다. 이 경우 사용되는 지상 기준점의 좌표는 왜곡의 원인을 완벽하게 나타내는 좌표점이어야 하는데 이와 같은 좌표를 구한다는 것은 실제로는 불가능하다. 따라서 실제로는 자유도의 갯수보다 많은 수의 지상 기준점을 구한 후 이들의 좌표로서 least square fitting을 하여 polynomial의 계수를 구하게 된다.

지상 기준점의 갯수가 M일 때 X에 대한 least square fitting을 위하여 차수가 N인 polynomial의 오차 자승합을 구하고, 이를 편미분하면 최종적으로 다음과 같은 행렬식이 된다(Kuo, 1972) :

$$\begin{bmatrix} M & \sum U & \sum V & \sum U^N V^N \\ \sum U & \sum U^2 & \sum UV & \sum U^{N+1} V^N \\ \sum V & \sum UV & \sum V^2 & \sum U^N V^{N+1} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \sum U^N V^N & \sum U^{N+1} V^N & \sum U^N V^{N+1} & \sum U^{2N} V^{2N} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_{00} \\ a_{10} \\ a_{01} \\ \vdots \\ a_{NN} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum X \\ \sum XU \\ \sum XV \\ \vdots \\ \sum XU^N V^N \end{bmatrix}$$

이와 같은 행렬의 식에 지상 기준점을 대입하여 polynomial의 계수인 a_{jk} 를 구한다. 마찬가지로 하여 Y에 대한 polynomial의 계수인 b_{jk} 도 구하면 좌표 변환식을 구성하게 된다.

계산된 좌표 변환식(보정식)이 가지는 보정 오차를 예측하기 위하여 다음과 같은 평균 오차를 계산한다. 아래의 식에서 X와 Y는 보정식을 구하기 위하여 사용한 좌표이고 X_0 와 Y_0 는 보정식을 사용하여 구한 좌표이며, M은 지상 기준점의 갯수이다.

$$\text{보정 오차} = \sqrt{\frac{(X - X_0)^2 + (Y - Y_0)^2}{M - 1}}$$

5. 재배열 (Resampling)

시스템 보정식 또는 지상기준점 보정식이 정해지면, 영상좌표에서 지도좌표로 좌표변환을 한다. 이 변환시 영상의 각 좌표점이 지도의 좌표점에 대응이 되지 못하므로 각 지도의 좌표점에 대한 밝기의 값은 영상 좌표내의 관계에서 구해야한다. 이 작업을 재배열이라 하고 그 방법으로는 nearest neighbor, bilinear interpolation, cubic convolution등의 재배열 방법이 많이 사용된다(박경운 등, 1986). C-ERIMS에서는 nearest neighbor 방법을 적용하였다.

가. Nearest-neighbor

Nearest-neighbor 내삽법은 가장 간단한 내삽법으로 그림 4-1과 같이 새로운 화소 위치에서 가장 가까이 있는 기존 화소의 값을 새로운 위치의 화소 값으로 취하는

방법이다.

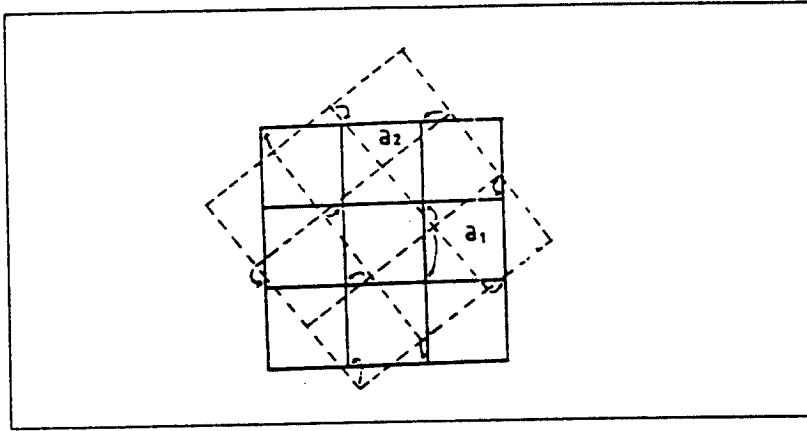


그림 4-1. Nearest-neighbor 내삽법의 원리

이때 $O(x, y)$ 를 구하고자 하는 새로운 위치인 (x, y) 좌표의 화소 값이라 하고, $I(i, j)$ 을 기존에 있는 영상에서 (i, j) 의 좌표에 있는 화소 값이라 하면, 다음과 같은 관계가 성립된다.

$$O(x, y) = I(i, j) \quad \begin{cases} i = (x + 0.5) \text{의 정수부} \\ j = (y + 0.5) \text{의 정수부} \end{cases}$$

Nearest-neighbor 내삽법은 이와 같이 새로운 좌표에 가장 가까이 있는 기존의 좌표를 찾으므로 복잡한 계산을 하지 않아 처리 시간이 빠르며, 기존에 실제하고 있는 화소 값을 그대로 사용하므로 $\pm 1/2$ 화소의 범위 내에서 실제의 영상에 있는 값이 그대로 새로운 영상으로 재현된다는 장점이 있다. 그러나 가장 가까이 있는 기존 화소

를 취하기 때문에 그림 4-1의 a_1 점과 같이 동일한 화소가 여러 번 중복되는 block 효과(또는 commission 효과)가 나타날 수도 있으며, a_2 점과 같이 화소가 사라지게 되는 omission 효과가 나타날 수 있다는 단점이 있다.

나. Bilinear Interpolation

Bilinear 내삽법은 서로 인접한 두 화소가 선형으로 연관되어 있다는 가정을 기초로 하며 그림 4-2와 같이 새로운 화소 위치에서 가장 가까이 있는 4 개의 기존 화소 값을 선형으로 내삽하는 방법이다.

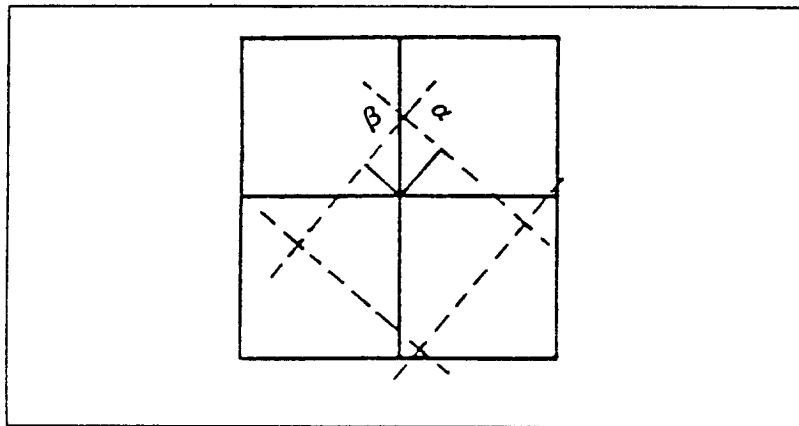


그림 4-2. Bilinear 내삽법의 원리

이때 $O(x, y)$ 를 구하고자 하는 새로운 위치인 (x, y) 좌표의 화소 값이라 하고, $I(i, j)$ 을 기존에 있는 영상에서 (i, j) 의 좌표에 있는 화소 값이라 하면, 다음과 같은 관계가 성립된다.

$$O(x, y) = (1-\alpha)(1-\beta)I(i, j) + \alpha(1-\beta)I(i+1, j) + \beta(1-\alpha)I(i, j+1) + \alpha\beta I(i+1, j+1)$$

$$\left[\begin{array}{l} i = (x + 0.5) \text{의 정수부, } \alpha = x - i \\ j = (y + 0.5) \text{의 정수부, } \beta = y - j \end{array} \right.$$

Bilinear 내삽법은 이와 같이 새로운 좌표에 가장 가까이 있는 기존의 4 개 화소의 값을 사용하여 선형으로 내삽을 수행하므로 원래의 영상이 가지고 있던 값들이 손상되고 새로운 밝기의 값이 생기게 된다. 이 경우 nearest-neighbor에 비하여 block 효과가 줄어들고 부드러운 영상이 재현되는 장점이 있다. 그러나 내삽 과정이 근본적으로 smoothing 과정이므로 blurring이 일어날 수 있으며 심할 경우는 경계 부위의 자료가 손실될 수 있고 nearest-neighbor에 비하여 계산 시간을 많이 요하는 단점도 있다.

다. Cubic Convolution

Cubic convolution은 한 화소의 주위에 있는 16 개의 화소가 3 차의 polynomial이 이루는 표면(surface)을 형성하며 서로 연관되어 있다는 가정을 기초로 하며 그림 4- 22와 같이 새로운 화소 위치의 근처에 있는 기존의 수평 화소 4 개와 수직 화소 4 개의 값을 polynomial로 fitting하여 내삽하는 방법이다.

이때 $O(x, y)$ 를 구하고자 하는 새로운 위치인 (x, y) 좌표의 화소 값이라 하고, $I(i, j)$ 을 기존에 있는 영상에서 (i, j) 의 좌표에 있는 화소 값이라 하면, 먼저 수평 방향으로의 다음과 같은 polynomial fitting 계산을 수행해야 한다.

$$\begin{aligned} T(x, m) = & -\alpha(1-\alpha)^2 I(i-1, m) + (1-2\alpha^2 + \alpha^3) I(i, m) \\ & + \alpha(1+\alpha-\alpha^2) I(i+1, m) - \alpha^2(1-\alpha) I(i+2, m) \end{aligned}$$

$$m = j-1, j, j+1, j+2$$

$$\left[\begin{array}{l} i = (x + 0.5) \text{의 정수부, } \alpha = x - i \\ j = (y + 0.5) \text{의 정수부, } \beta = y - j \end{array} \right.$$

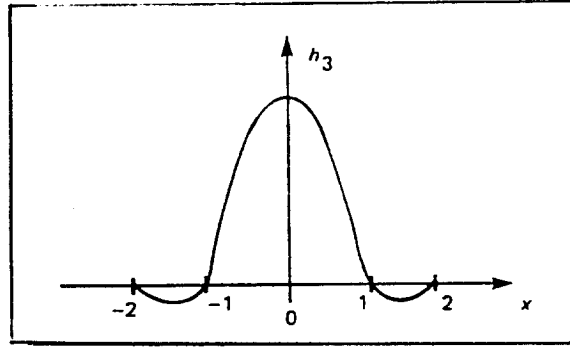


그림 4-3. Cubic convolution의 원리

이와 같은 수평 방향에서의 fitting 계산을 m 에 대하여 $j-1$ 부터 $j+1$ 까지 4 번을 수행한 후, 계산 결과를 이용하여 다시 다음과 같이 polynomial fitting을 계산 하게 된다.

$$\begin{aligned} O(x, y) = & -\beta(1-\beta)^2 T(x, j-1) + (1-2\beta^2+\beta^3) T(x, j) \\ & + \beta(1+\beta-\beta^2) T(x, j+1) - \beta^2(1-\beta) T(x, j+2) \end{aligned}$$

Cubic convolution은 이와 같이 새로운 좌표에 가장 가까이 있는 기존의 16 개 화소의 값을 사용하여 polynomial fitting을 수행하므로 원래의 영상이 가지고 있

던 값들이 손상됨은 물론 상당한 정도의 smoothing과 과장이 일어나게 된다. 이 방법을 사용하면 nearest-neighbor와 비교하여 볼때 block 효과가 거의 일어나지 않고 특정 부위의 화소 값이 아예 사라지는 현상이 나타나지 않으며, bilinear와 비교하여 볼때 분해능의 감소 현상이 일어나지 않고 매우 부드러운 영상이 재현된다는 장점이 있다. 그러나 polynomial의 특성 때문에 화소의 값이 심하게 변하는 경계 부위(edge)에서는 과장이 일어나서 높은 부위는 더 높게 되고 낮은 부위는 더 낮게 되는 등의 효과가 나타나서 원래 영상과는 전혀 다른 영상이 재현될 수도 있고, bilinear에 비하여 약 2 배의 계산 시간을 필요로 하는등 계산 시간을 상당히 많이 요한다는 단점이 있다.

라. 재배열 방법의 적용 대상

대상이 되는 수치 영상을 재배열할 때 어떤 방법을 사용할 지는 대상 영상의 성격과 사용 가능한 컴퓨터 시간에 따라 결정해야 한다. 예를 들어서 대상 영상을 새로운 좌표에 맞추어 재배열한 후 이 결과를 사용하여 영상이 가진 밝기 특성을 분석하거나 영상 분류(image classification)를 하고자 하는 경우를 보면, bilinear나 cubic convolution을 사용하는 경우는 새로운 밝기 값을 생성하기 때문에 적용이 부적당하고 nearest-neighbor를 사용하여 밝기 값이 변하지 않도록 처리를 수행해야 한다.

반면 시각적 분석을 위한 자료인 경우 또는 고도 자료나 온도 분포 자료와 같이 국부적인 영역에서 화소 값의 연속성이 충분히 예견되는 자료의 경우에는 bilinear나 cubic convolution을 사용할 수 있다. 특히 원래 영상을 확대하여 시각적인 효과를 내고자 하는 경우등에는 cubic convolution이 유용하게 사용될 수 있다. 또한 재배열 방법에 따라 상당한 계산 시간 차이를 나타내므로 요구되는 시간도 같이 고려하여 적

절한 방법을 사용할 필요성이 있다.

제 2절 영상의 강조

1. 대비도 강조(Contrast Enhancement)

위성영상 자료를 구성하는 화소의 값은 일반적으로 한 화소가 가질 수 있는 최대의 밝기 단계(gray level)보다 낮은 값으로 수록되어 제공되므로 원래 영상을 그대로 영상 기기의 화면에 나타내면 영상의 대비도(contrast)가 좋지 않게 된다. 이와 같이 영상의 대비도가 낮은 이유는 관측 기기가 포화 상태(saturation)를 피할 수 있도록 설계되어 있기 때문이다. 따라서 영상이 포함하고 있는 정보를 잘 알아보기 위해서는 영상의 대비도를 조절할 필요성이 있다. 영상의 대비도를 강조하기 위한 가장 간단한 처리로는 화소 단위의 밝기를 조절하는 대비도 강조가 있다.

대비도 강조는 영상의 각 화소가 가지는 밝기 값에 일정한 함수를 적용하여 밝기 값을 변화시키거나 영상이 가지는 히스토그램(histogram)을 참조하여 이 히스토그램이 새로운 형태가 되도록 하므로써 영상의 대비도를 조절하는 방법이 사용된다.

가. 영상의 히스토그램(Histogram)

영상의 히스토그램이란 영상에서 각 밝기 단계에 따라 분포하는 화소의 갯수(빈도)를 수록한 자료를 말하며, 통계에서의 확률 밀도 함수(probability density function)와 유사하다(Schowengerdt, 1983). 계산된 영상의 히스토그램은 보통 한 기준선을 설정하고 이 기준선에 직각으로 각 값이 가지는 빈도수에 따라 막대의 높이를 표시하므로써 나타낸다. 영상의 히스토그램은 영상 전체의 화소가 어떤 밝기 단계에서

두드러지고 밝기 분포가 어떠한 지를 나타내는 기본 자료이므로 영상의 특성을 알기 위하여 반드시 필요로 하는 자료이다.

원격탐사의 중요한 관심 대상인 지표면을 관측한 수치 영상에서 나타나는 히스토그램은 대체로 정규분포(또는 Gaussian normal distribution) 형태 또는 Gaussian 분포가 중첩된 형태와 유사하게 나타남을 볼 수 있다. 이러한 현상은 원격탐사 자료가 가지는 특징으로 고유의 무질서로 부터 기인된 현상이다. 무질서가 나타나는 원인은 지상 물체가 태양 빛을 받아서 반사하는 과정에서 생기는 다양한 변화 때문이며, 지상의 지형 형태에 따른 반사도 변화, 식물 잎이 가지는 방향의 무질서성, 대기 조건의 다양함, 관측 기기 자체의 잡음등 이루 헤아릴 수 없는 많은 변화가 있다. 그러나 이러한 다양한 변화에도 불구하고 모든 지상 물체는 일정한 밝기를 중심으로 이로 부터 명암이 멀어짐에 따라 급격히 빈도가 감소하는 현상을 보인다. 이러한 지상 물체 각각의 밝기 변화가 중첩되어 히스토그램이 구성된다. 히스토그램은 단지 영상 전체의 밝기 값 분포를 나타낸 것일 뿐 영상에서 화소의 공간적 분포와는 전혀 무관하다.

나. 함수를 이용한 대비도 조절

영상의 대비도를 조절하여 영상이 가지는 밝기 특성과 영상에 포함된 정보의 시각적 분리도를 증가시키고자 하는 경우 일반적으로 영상이 가지는 히스토그램을 사용하지만, 대비도 조절을 위하여 히스토그램이 반드시 필요하지는 않다. 히스토그램의 정보를 사용하지 않아도 되는 대비도 조절은 입력되는 영상의 각 밝기 단계에 일정한 형태의 함수(function)를 적용하여 출력되는 밝기 값을 변환하는 방법이 사용되는데, linear stretch, piecewise-linear stretch, logarithmic stretch, exponential stretch 등의 방법이 사용되는데 C-ERIMS 개발에 적용하였다.

1) Linear stretch

Linear stretch는 입력되는 영상이 가진 각 밝기 단계의 일정한 범위에 대하여 1 차식으로 변환을 하는 대비도 조절 방법이다. 입력되는 영상의 밝기 값 중에서 (m, M) 의 범위에 포함된 밝기만을 (n, N) 의 범위를 갖도록 출력하고자 하는 경우 linear stretch는 다음과 같은 식으로 표시된다 :

$$I_o = (N - n) \times \{ (I_i - m) \div (M - m) \} + n$$
$$\begin{aligned} \text{if } (I_i < m) & \text{ then } I_o = n \\ \text{if } (I_i > M) & \text{ then } I_o = N \end{aligned}$$

위의 식에서 I_i 와 I_o 는 각각 입력과 출력시의 영상 밝기 값을 의미한다. 조건식은 입력되는 영상의 밝기가 (m, M) 의 범위를 벗어나는 경우에 대비하기 위하여 사용되며, 범위를 벗어나는 경우는 출력 가능한 최소와 최대 밝기 값을 할당한다.

Linear stretch의 결과로 출력되는 영상의 히스토그램은 일정 범위안에서는 입력 영상의 히스토그램과 같은 형태가 유지되므로 영상 전체에서 밝기의 왜곡이 생기지 않으면서 대비도가 증가하게 된다. 그러나 위의 식에서와 같이 입력 범위를 제한하므로 입력 범위를 벗어나는 값은 출력 범위의 양 끝에 집중이 되게 된다. 따라서 출력 영상의 히스토그램은 보통 양 끝에서 peak 분포를 가지고 있게 된다.

2) Piecewise-linear stretch

Piecewise-linear stretch는 입력되는 영상의 밝기 단계를 일정 구역 단위로 구분하여 구역 별로 서로 다른 계수를 가진 1 차식으로 변환을 하는 대비도 조절 방법이다. 예를 들어 입력되는 영상의 모든 밝기 단계가 $(0, I_M)$ 의 범위를 갖는 경우 이를 셋으로 나누어 piecewise-linear stretch를 하고자 할때 입력되는 세 구역을 각각 $(0,$

$I_1)$, (I_1, I_2) , (I_2, I_M) 이라 하고, 출력되는 세 구역을 각각 $(0, g_1)$, (g_1, g_2) , (g_2, g_M) 이라 하면 다음 식이 성립된다.

$$g = \begin{cases} \gamma_1 I + b_1; & 0 \leq I < I_1: \gamma_1 = g_1 \div I_1, & b_1 = 0, \\ \gamma_2 I + b_2; & I_1 \leq I < I_2: \gamma_2 = (g_2 - g_1) \div (I_2 - I_1), & b_2 = g_1 - I_1 \gamma_2 \\ \gamma_3 I + b_3; & I_2 \leq I < I_M: \gamma_3 = (g_M - g_2) \div (I_M - I_2), & b_3 = g_2 - I_2 \gamma_3 \end{cases}$$

위의 식에서 g 는 출력되는 밝기 값을 의미한다. 이때 1 차식의 계수 γ 가 1 보다 크면 출력 영상에서 밝기의 폭이 증가되어 나타나고, 1 보다 작으면 폭이 감소되어 나타난다.

Piecewise-linear stretch의 결과로 출력되는 영상의 히스토그램은 linear stretch 보다 좋은 영상의 대비도를 가질 수 있다. 이 stretch 방법은 특히 입력되는 영상의 히스토그램이 Gaussian 분포의 중복된 형태로 나타나는 경우에 상당히 유용하게 사용될 수 있다. 이러한 경우 빈도가 낮은 극대 값이 있는 부분(mode가 중첩되는 부분)을 구역의 구분 기준으로 하여 stretch를 하면 자연 물체의 특성별로 대비도가 증가하므로 좋은 결과를 얻을 수 있다.

3) Logarithmic stretch

Logarithmic stretch는 비선형의 대비도 강조 방법으로 입력되는 영상의 밝기 값에 대하여 대수 함수를 적용하여 영상의 대비도를 조절하는 방법이다. 이 방법을 사용하면 낮은 밝기 단계는 대비도가 확장되고 높은 밝기 단계는 대비도가 축소되는 결과가 나온다. 이와 같은 logarithmic 변환은 필름으로 대상 지역을 촬영할 때 발생하는 필름의 포화 현상(saturation)을 보정하기 위한 변환 방법이다. I_i 와 I_o 를 각각 입력과 출력시의 영상 밝기 값이라 하면, logarithmic stretch는 다음과 같이 표현된

다.

$$I_o = \text{Log} \{ I_i \}, \quad I_i > 0$$

위의 식에서 $\text{Log} \{ \}$ 는 대수 함수를 의미한다. 이 방법으로 대비도를 변환하는 경우 다음과 같은 특성이 나타난다(Hall, 1979).

- 낮은 밝기 단계를 강조하여 낮은 대비도 부분의 강조가 더 자세히 이루어진다.
- 양자화 잡음에 대하여 일정한 신호대 잡음비(signal-to-noise ratio)를 제공한다.
- 어떤 경우는 인간의 색 인식 체계(HIS 체계)의 반응과 일치한다.
- 보통 밝기 단계 분포를 원래보다 더 균일하게 만든다.
- 신호에 대하여 곱으로 나타나는 잡음을 합으로 변화시킨다.

4) Exponential stretch

Exponential stretch는 비선형의 대비도 강조 방법으로 입력되는 영상의 밝기 값에 대하여 지수 함수(exponential function)를 적용하여 영상의 대비도를 조절하는 방법이다. 이 방법은 대수 함수를 사용하는 경우와 정반대되는 결과를 가져오며, 낮은 밝기 단계는 대비도가 축소되고 높은 밝기 단계는 대비도가 확장되는 결과가 나온다. 이러한 변환은 대수 함수에 따라 입력된 영상을 보정할 때 보통 사용된다. I_i 와 I_o 를 각각 입력과 출력시의 영상 밝기 값이라 하면, exponential stretch는 다음과 같이 표현된다.

$$I_o = \text{Exp} \{ I_i \}$$

위의 식에서 $\text{Exp} \{ \}$ 는 지수 함수를 의미한다.

다. 히스토그램의 특성화

영상의 히스토그램이 가지는 정보를 사용하여 히스토그램이 특별한 함수 형태로 되도록 하는 대비도 강조 방법을 히스토그램의 특성화(histogram specification 또는 modification)라 한다. 히스토그램 분포 형태의 기준으로 사용할 함수로는 히스토그램의 분포가 모든 밝기 단계에서 항상 일정하도록 하는 평활화(equalization) 함수와 히스토그램의 분포가 Gaussian 정규 분포 형태를 갖도록 하는 정규화(normalization) 함수가 가장 많이 사용되고 있으며 C-ERIMS도 두 함수를 적용하여 개발하였다.

1) 히스토그램 평활화(Histogram Equalization)

입력 영상의 히스토그램 분포를 조절하여 출력되는 영상의 히스토그램이 모든 밝기 단계에서 일정하도록 변환하는 방법이다. 대부분의 영상이 가지는 히스토그램이 Gaussian 정규 분포와 유사한 형태를 가지므로 히스토그램의 평활화 처리를 수행하면 아주 어둡거나 밝은 부분의 밝기는 중간 밝기의 방향으로 이동하고 중간 밝기는 어둡거나 밝은 부분으로 이동하는 특성을 나타낸다. 또한 영상에 분포하는 화소의 갯수가 많은 물체의 경우는 전체적으로 밝기 분포가 커져서 대비도가 높아지지만 갯수의 분포가 작은 물체는 오히려 대비도가 커짐으로 인하여 구분이 어렵게 된다.

2) 히스토그램 정규화(Histogram Normalization)

입력 영상의 히스토그램 분포를 조절하여 출력되는 영상의 히스토그램이 Gaussian 정규 분포의 형태가 되도록 변환하는 방법이다. 히스토그램 정규화의 결과는 입력되는 영상이 가지는 히스토그램의 형태에 따라 많이 좌우되므로 특성을 정확하게 정의하기가 어렵다. 그러나 입력 영상의 히스토그램이 원초적으로 Gaussian 분포를 가지고 있는 경우는 영상 전체의 히스토그램을 원상태 그대로 확장시키므로 영상의 대비

도가 커지게 된다. 반대로 Gaussian 분포가 중복되어 있는 형태로 원래 영상의 히스토그램이 구성되어 있는 경우는 영상에 속한 물체 간의 대비도를 오히려 감소시킬 수도 있다. 또한 영상에서 화소의 갯수가 작은 물체의 경우는 화소의 분포가 많은 물체의 히스토그램 분포에 크게 영향을 받는다. 그러나 영상에 포함된 전체 특성을 한 번에 볼려고 할 때는 영상의 히스토그램 분포로서 가장 무난한 분포 함수가 될 수 있다.

2. 공간 필터링(Spatial Filtering)

원격탐사 자료는 항공기나 인공 위성에서 관측한 자료가 주로 사용되며, 이러한 영상 자료를 사용할 때 영상에 포함된 오류를 보정하거나 영상에서 특정한 형상이 있는 지역을 돋보이도록 하기 위한 영상 정보의 강조 처리로서 공간 filtering이라는 처리가 사용된다. 영상 처리에 있어서 filter는 영상이 가진 정보를 추출하는 처리 과정을 의미하며, 영상이 가지는 독립 화소(isolated pixel) 또는 잡화소(noise pixel)를 제거하거나 영상에 포함된 경계(edge) 정보나 방향성을 추출하기 위하여 사용될 수 있다. Filter는 수치 영상이 가지는 공간 영역(spatial domain)에서 바로 처리되거나 변환된 주파수 영역(frequency domain)에서 처리되며 적당한 갯수로 구성되는 국부적인 화소 집단에서 처리가 이루어 진다.

공간 filter는 정해진 window 영역에 대하여 처리가 수행되며 window에 포함된 화소에 대해 정해진 계산을 하는 방식과 box filter처럼 가중치를 가진 template를 적용하여 처리하는 방식이 사용된다. Window에 포함되는 화소에 대하여 정해진 방식으로 계산을 수행하는 filter로는 median, mode등 잡화소 제거용으로 사용되는 filter와 gradient, difference, sobel 등 경계 강조용으로 사용되는 filter가 있다.

가. 잡화소(Noise pixel) 제거용 필터(filter)

잡화소 제거용의 filter는 입력되는 영상에 속한 일부 화소가 원래 잘못 제작된 화소이지만 이 화소의 위치나 나타나는 양태에 대한 정보가 전혀 없을 때 잡화소(noise pixel)라고 생각될 수 있는 화소를 제거하기 위하여 사용되는 filter이다. 원격탐사에 의하여 관측되는 영상의 경우 영상 자료가 수집될 때 관측 기기와 대상 물체 사이에 가로 놓인 대기에 의한 효과나 센서 자체의 결함 또는 자료 송수신시의 문제로 인하여 실제로 대상 물체에는 존재하지 않았던 잡화소(noise pixel)가 생겨날 수 있다. 잡화소 제거용 filter는 이때 잡화소라고 생각되는 화소를 정상 화소라고 인정될 수 있도록 보정하는 처리 과정을 수행한다.

잡화소 제거용 filter로 mean filter, median filter, mode filter 등을 사용하여 C-ERIMS를 개발하였다.

1) Mean Filter

Mean filter는 average filter라고도 불리우며, 입력 영상에서 각 화소에 의해 설정되는 window에 속한 전체 화소 값의 평균을 계산한 후 이 값을 출력 영상에 수록하도록 하는 처리 방법이다. 즉, mean filter는 box filter의 일종으로 template window를 구성하는 모든 요소의 값이 1인 경우이다. Mean filter는 주변 화소에 비하여 값의 차이가 현저하게 나는 화소인 잡화소를 주변 화소의 값과 유사하게 만들고 영상 전체를 부드럽게 만드는 역할을 수행한다. 그러나 window내에서 무차별적으로 평균 값을 구하므로 잡화소가 아닌 경우도 평활화가 되어 영상 자체가 가진 분해능을 약화시킬 수 있고, blurring을 일으켜서 영상 자체가 원래 가지고 있던 경계 부위에 대한 정보까지 없애 버릴 수 있다는 단점이 있다.

Mean filter를 수학적으로 표현하기 위하여 입력되는 영상 자료에서 현재의

위치를 (x, y) 라 하고, 이때 (x, y) 를 중심으로 하는 moving window에 속한 각 화소 값을 $I_i(x, y)$ 라 하자. 결과로서 나오는 (x, y) 위치의 출력 화소 값을 $O(x, y)$ 라 하며, template window에 정의된 가중치를 $T(u, v)$ 이라 하자. 사용하는 window에 속한 화소의 갯수를 N 이라 하고, rating factor를 R 이라 하면 이 filter의 연산 결과를 다음과 같은 식으로 정리할 수 있다.

$$O(x, y) = \frac{1}{R} \sum_{i=1}^N \left[T(u, v) \times I_i(x, y) \right]$$

이때 template window에서의 좌표인 (u, v) 는 i 가 1에서 N 까지 변함에 따라 이에 맞도록 같이 변하게 된다. Mean filter는 일정 window 내에 있는 화소 값을 사용하여 평균을 구하므로 R 은 N 의 값을 갖게 되며, 일반적으로는

$$R = \sum T(u, v)$$

가 된다.

2) Median Filter

Mean filter가 무차별적으로 평균 값을 취하므로 경계 부위의 정보가 제거하는데 비하여, median filter는 경계 부위의 정보는 그대로 보존하면서 잡화소를 제거할 수 있도록 하기 위하여 일정 window에 속한 화소 중에서 중위수(median) 값을 구하여 이를 중심 화소의 값으로 대체시키는 방법이다. 중위수란 일정 window에 속한 화소의 값을 정렬(sort)할 때 정렬된 자료에서 중간 위치에 속한 값을 의미한다. 즉, 홀수인 N 개의 화소로 이루어진 window에 속한 화소를 값의 크기에 따라 정렬하였을 때 $(N+1)/2$ 번째에 수록되어 있는 값이 중위수가 된다.

Median filter를 수학적으로 표현하기 위해 입력되는 영상 자료에서 현재의 위치를 (x, y) 라 하고, 이때 (x, y) 를 중심으로 하는 moving window에 속한 각 화소 값

을 $I_i(x, y)$ 라 하며, 결과로서 나오는 (x, y) 위치의 출력 화소 값을 $O(x, y)$ 라 하자. 사용하는 window에 속한 화소의 갯수를 N 이라 하고, 중위수를 구하기 위한 함수를 $MED \{ \}$ 라 하면 이 filter의 연산 결과를 다음과 같은 식으로 정리할 수 있다.

$$O(x, y) = MED \{ I_i(x, y) \} \quad (\text{여기서 } i = 1, \dots, N)$$

Median filter는 mean filter와는 달리 주위 화소의 값으로 평활화를 하지 않기 때문에 경계 부위의 보존이 어느 정도는 이루어 지지만 예리한 경계 부위는 보존이 불가능하다.

3) Mode Filter

Mode filter는 일정한 window에 속한 화소의 값을 정렬(sort)한 후 가장 빈도가 높은 값을 구하여 이를 중심화소의 값으로 대체시키는 방법이다. 이 filter는 양자화 단계(quantized level)가 작은 경우인 code화된 영상의 경우에만 효과가 있으며, 화소 값들이 이루는 지역성(locality) 또는 근접성(proximity)과 같은 통계적 특성을 이용하여 독립된 잡화소를 제거하거나, 균일한 성질을 가진 일정 영역의 내부에 발생할 수 있는 잡화소를 제거하여 실제 모습에 가깝도록 하는 효과를 갖는다. 즉 영상 공간에서 지역적으로 가까운 거리에 위치하는 화소들은 같은 code 값을 갖을 확률이 높고, 따라서 임의의 화소는 그 것이 포함되는 단위 영역 내에서 출현 빈도수가 가장 높은 code 값과 같은 값을 가질 확률이 높다는 가정을 이용한다.

Mode filter를 수학적으로 표현하기 위하여 입력되는 영상 자료에서 현재의 위치를 (x, y) 라 하고, 이때 (x, y) 를 중심으로 하는 moving window에 속한 각 화소 값을 $I_i(x, y)$ 라 하며, 결과로서 나오는 (x, y) 위치의 출력 화소 값을 $O(x, y)$ 라 하자. 사용하는 window에 속한 화소의 갯수를 N 이라 하고, window 내에서 가장 빈도가 높은 값을 구하기 위한 함수를 $MOD \{ \}$ 라 하면 이 filter의 연산 결과를 다음과 같은 식

으로 정리할 수 있다.

$$O(x, y) = \text{MOD} \{ I_i(x, y) \} \quad (\text{여기서 } i = 1, \dots, N)$$

Mode filter는 양자화 단계가 window를 구성하는 화소의 갯수인 N 과 같거나 보다 작은 경우로서 영상에 포함된 정보가 지역적으로 군집화되어 있는 경우에 큰 효과를 발휘한다. 따라서 일반적으로 사용되는 영상에서는 별로 효과가 없고 분류(classification)가 이루어진 영상등에서 큰 효과를 나타낸다.

나. 경계 강조용(Edge Detection) filter

경계 강조용 filter는 입력되는 영상이 가지고 있는 중요한 정보 중의 하나인 경계 부위에 속한 화소를 강조하여 이를 쉽게 검출할 수 있도록 하는 filter이다. 경계 부위란 영상에서 화소와 화소간에 값의 차이가 갑자기 변하는 점인 경계점이 모여 있는 부분을 의미하며, 이러한 경계점이 중요한 이유는 영상에 포함된 대부분의 물체가 다른 물체와의 사이에서 갑자기 화소 값을 변화시키는 특성을 나타내기 때문이다.

따라서 경계 강조가 된 영상은 이에 포함된 물체의 형상 자체에 대한 인식이나 대상 물체를 다른 물체와 구분하는데 매우 유용하게 사용될 수 있다. 그러나 영상에 원래 많은 잡화소가 포함되어 있는 경우에 경계 강조 filter를 바로 적용하면 경계를 구성하는 화소에 의한 효과와 잡화소에 의한 효과가 혼합되어 나타나게 된다. 이런 경우는 영상에 대하여 먼저 잡화소 제거 filter를 적용한 후 경계 강조 filter를 적용하면 좋은 효과를 얻을 수 있다.

경계 강조용 filter로는 gradient 연산자(operator), Laplacian 연산자, Difference 연산자, Sobel 연산자 등이 사용된다.

1) Gradient 연산자

Gradient 연산자는 영상 처리에서 일반적으로 많이 적용되는 미분 연산자의 일종으로 수직과 수평 방향의 gradient가 가지는 크기를 구하는 처리 방법이다. 영상이 가지는 gradient의 크기는 서로 근접해 있는 화소가 이루는 gradient에 의한 평균 크기(root mean square magnitude)나 gradient의 절대값을 합하는 것으로 근사화하여 사용한다.

Gradient 연산자를 수학적으로 표현하기 위하여 입력되는 영상 자료에서 현재의 위치를 (x, y) 라 하고, 이때 (x, y) 에 있는 화소 값을 $I(x, y)$ 라 하며, 결과로서 나오는 (x, y) 위치의 출력 화소 값을 $O(x, y)$ 라 하면 이 filter의 연산 결과를 다음과 같은 식으로 정리할 수 있다.

○ 평균 크기를 사용하는 경우

$$O(x, y) \cong \sqrt{[I(x, y) - I(x+1, y)]^2 + [I(x, y) - I(x, y+1)]^2}$$

○ 절대값의 합을 사용하는 경우

$$O(x, y) \cong |I(x, y) - I(x+1, y)| + |I(x, y) - I(x, y+1)|$$

한편 gradient의 또 다른 근사화로서 수직과 수평 방향이 아닌 사선 방향으로의 근사화도 가능한데 이를 Roberts gradient라 한다. Roberts gradient의 표현 방법은 다음과 같다.

○ 평균 크기를 사용하는 경우

$$O(x, y) \cong \sqrt{[I(x, y) - I(x+1, y+1)]^2 + [I(x+1, y) - I(x, y+1)]^2}$$

○ 절대값의 합을 사용하는 경우

$$O(x, y) \cong |I(x, y) - I(x+1, y+1)| + |I(x+1, y) - I(x, y+1)|$$

또한 3×3 화소에 걸친 gradient는 다음과 같이 근사화될 수 있다.

$$O(x, y) \cong \text{MAX} \{ | [I(x-1, y-1) + I(x, y-1) + I(x+1, y-1)] \\ - [I(x-1, y+1) + I(x, y+1) + I(x+1, y+1)] |, \\ | [I(x-1, y-1) + I(x-1, y) + I(x-1, y+1)] \\ - [I(x+1, y-1) + I(x+1, y) + I(x+1, y+1)] | \}$$

이때 MAX { } 는 { } 안의 값 중에서 최대 값을 구하기 위한 함수이다.

이와 같이 gradient의 근사화한 해는 인접 화소가 가진 값의 차이를 이용하므로 경계 부위가 좁고 날카롭게 분포되어 있으며 인접 화소 간의 값 차이가 매우 큰 경우에만 효과를 발휘할 수 있다.

2) Laplacian 연산자

Laplacian 연산자는 gradient 연산자의 2차 도함수로서 표현되며 한 화소의 주위에 대하여 일정한 거리내에 있는 모든 화소와의 gradient를 구하므로 경계 부위가 가지는 방향에 무관한 특성을 가진다. Laplacian 연산자는 box filter의 형태로 표현될 수 있다.

Laplacian 연산자는 회전에 무관하므로 경계 부위가 가진 방향에 관계없이 경계의 추출이 가능하지만 잡화소에 다소 약한 특성을 가지고 있다.

3) Difference 연산자

Gradient나 Laplacian 연산자는 영상이 가지는 잡화소에 다소 민감한 단점이 있지만, 본 연산자는 평균 값의 차를 이용하므로 경계 부위의 양쪽 면에 걸쳐 많은 평활화가 이루어져 보다 좋은 상태로 경계를 구할 수 있게 된다. 본 연산자를 수학적으로 표현하기 위해 입력되는 영상 자료에서 현재의 위치를 (x, y) 라 하고, 이 화소 값을 $I(x, y)$ 라 하며, 결과로서 나오는 (x, y) 위치의 출력 화소 값을 $O(x, y)$ 라 하면 2×2 화소의 영역에 걸친 filter의 연산 결과를 다음과 같이 정리할 수 있다.

$$\begin{aligned}
O(x, y) \cong \frac{1}{4} \times \text{MAX} \{ & | [I(x-1, y) + I(x, y) + I(x-1, y+1) + I(x, y+1)] \\
& - [I(x+1, y) + I(x+2, y) + I(x+1, y+1) + I(x+2, y+1)] |, \\
& | [I(x, y-1) + I(x+1, y-1) + I(x, y) + I(x+1, y)] \\
& - [I(x, y+1) + I(x+1, y+1) + I(x, y+2) + I(x+1, y+2)] | \}
\end{aligned}$$

이때 MAX { } 는 { } 안의 값 중에서 최대 값을 구하기 위한 함수이다.

같은 방식으로 하여 4×4 또는 8×8 화소 집단에 대하여도 같은 처리를 수행할 수 있다.

4) Sobel 연산자

Sobel 연산자는 비선형 연산자로서 사용하는 window 영역에서 양 끝단에 속한 화소들에 의한 합의 차이를 구한 후, 이를 수평과 수직 방향에 대하여 평균 크기를 구하여 경계 부위를 강조하는 방식을 사용한다. Sobel 연산자는 보통 2×2나 3×3에서 정의되며 잡화소에 강하고 경계 부위가 굵게 나타나는 특성을 가지고 있다.

Sobel 연산자를 수학적으로 표현하기 위하여 입력되는 영상 자료에서 현재의 위치를 (x, y)라 하고, 이때 (x, y)에 있는 화소 값을 I(x, y)라 하며, 결과로서 나오는 (x, y) 위치의 출력 화소 값을 O(x, y)라 하면 3×3 화소의 영역에 걸친 sobel 연산자의 계산 결과를 다음과 같이 정리할 수 있다.

$$\begin{aligned}
\Delta_x I(x, y) &= [I(x-1, y+1) + 2 I(x, y+1) + I(x+1, y+1)] \\
&\quad - [I(x-1, y-1) + 2 I(x, y-1) + I(x+1, y-1)] \\
\Delta_y I(x, y) &= [I(x+1, y-1) + 2 I(x+1, y) + I(x+1, y+1)] \\
&\quad - [I(x-1, y-1) + 2 I(x-1, y) + I(x-1, y+1)]
\end{aligned}$$

$$O(x, y) = \sqrt{\Delta_x I(x, y)^2 + \Delta_y I(x, y)^2}$$

이와 같이 Sobel은 중심의 화소를 사용하지 않고 window의 양 끝 화소 값을 평균하여 사용하므로 잡화소에 강하게 되지만 다른 연산자와는 달리 경계 부위가 여러 화소에 걸쳐 강조되므로 굵게 나타나게 된다.

제 3절 영상 변환

1. 식생 지수

인공 위성이나 항공기를 이용하여 관측한 다중 분광대(multispectral band) 영상 자료는 여러 분광대에 걸쳐 관측을 하며 각 분광대 별로 독특한 특성을 나타내므로 이 특성을 이용하여 원하는 정보를 추출할 수 있다. 특히 Landsat 등 지상 관측 위성의 주 관심 범위인 육지 표면의 영상 자료는 95% 이상이 토양과 식생에 의한 정보를 포함하고 있으므로 이 영상 자료를 이용하면 지표면의 식생 분포나 식생 밀집도를 추정하는 것이 가능하다. 이와 같이 원격탐사 자료를 사용하여 지상의 식생 분포를 추정할 수 있도록 처리하는 계산식을 식생 지수(vegetation index)라 한다.

식생의 파장대에 따른 반사율을 보면 chlorophyll이 들어 있어 녹색을 띄는 식생의 경우 일반적으로 녹색 파장 영역에서 약간 높은 반사율을 나타내고 적색 파장 영역에서는 거의 반사가 없으며 근적외선(near infrared)쪽으로 가면 50% 가까운 높은 반사율을 나타낸다(Perry and Lautenschlager, 1984). 반면 고사하여 chlorophyll이 없는 식생의 경우는 가시광선 영역에서 높은 반사율을 나타내고 근적외선 영역에서는 살아있는 식생보다 낮은 반사율을 나타낸다.

토양의 반사 특성을 보면 가시광선 영역에서는 고사한 식생보다는 낮고 녹색 식물(green vegetation)보다는 높은 반사율을 나타내며, 근적외선 영역에서는 고사한 식생이나 녹색식물보다 반사율이 낮게 나타난다. 따라서 이러한 반사특성에 기초를 두고 분광대 간의 특성을 조합하여 식생의 밀집도등을 구하는 식을 만드는 것이 가능한데 이를 식생 지수라 한다. 식생 지수는 엽면적 지수(LAI:Leaf Area Index), percent ground cover, plant height, biomass, plant population 등을 양적으로 나타낼 수 있는 척도로 사용될 수 있도록 개발되었으며, 관측된 분광대 영상 간의 비율(ratio), 차이(difference), 선형 조합(linear combination)등 여러 가지 방법으로 구현이 된다 (Lautenschlager and Perry, 1981). 비율은 가시 광선과 근적외선 영역에서 관측된 영상의 비율을 주로 사용하고, 차이는 두 영역에서 관측된 영상의 차이를 사용하며, 선형 조합의 형태는 TVI(Transformed Vegetation Index), Tasseled cap등 여러 가지 변환식이 사용된다.

특히 Tasseled cap은 다중분광 영상의 자료로 이루어 지는 특징 공간(feature space)에서 토양(bare soil)과 녹색 식물의 반사 특성이 이루는 축을 구하는 방법으로 식생 지수중에서 가장 중요한 개념이다. Tasseled cap은 식생이 없는 노출된 토양의 상태에서 시작하여 잎이 나고 무성하게 되는 기간을 거쳐 나중에는 노란색의 고사된 잎으로 되는 과정을 지나 노출된 토양이 다시 나타나게 되는 연례적인 식생의 반사 특성을 설명하기 위해서 도입된 개념으로, 특징 공간에서 이러한 특성을 나타내는 새로운 축을 설정한 후 Gram-Schmidt process를 따라 서로 직교한 새로운 영상을 구해 내는 개념이다(Kauth et al., 1978). Tasseled cap은 Landsat MSS의 4개 band 중에서

band 6에 correlation이 큰 band 7을 제외한 세 개의 band가 이루는 특징 공간에서 설명이 이루어 진다.

가. 일반적인 식생 지수

식생 지수의 원리는 가시 광선(특히 적색)과 근적외선 영역에서 녹색 식물의 반사율 차이가 크게 나는 것을 이용하여 두 영역이 이루는 영상에 일정 수식을 적용하여 식생의 상태를 나타내는 새로운 영상을 얻는 것이다(Wiegand et al., 1978). 따라서 일반적으로 적색과 근적외선이 관측되는 센서의 영상 자료를 이용하여 식생 지수를 얻을 수 있다. C-ERIMS에서는 ND(Normalized Difference) 그리고 TVI(Transformed Vegetation Index)를 적용하여 개발하였다.

1) ND(Normalized Difference)

식생반사(reflection of vegetation)는 near infrared 영역에서 매우 높고 red 영역에서 낮다. ND는 다음에 정의된 분광 밴드간의 합과 차를 포함한다.

$$ND = (NIR - RED)/(NIR + RED)$$

HIR : TM BAND 4 혹은 BAND 5

RED : TM BAND 3

2) TVI(Transformed Vegetation Index)

TVI는 근적외선 영상에 대한 적색 영상의 차이를 이용하여 식생 지수를 구하는 방법이다. TVI는 두 영상의 차이를 두 영상의 합으로서 정규화(normalize)하는 처리를 수행함으로써 보다 안정적인 식생 지수를 구하도록 하고 있다. TVI 계열의 식생

지수로는 ND와 TVI가 있으며, ND는 정규화한 차이를 사용하고 TVI는 ND의 제곱근을 사용한다(Wiegand et al., 1978).

Landsat MSS의 경우에는 적색에 해당하는 분광대가 band 5이고 근적외선에 해당하는 분광대가 band 6과 band 7이므로 이를 이용하여 식생 지수를 구하며 다음과 같은 식이 사용된다.

$$ND6 = \frac{MSS6 - MSS5}{MSS4 + MSS5} \quad ND7 = \frac{MSS7 - MSS5}{MSS7 + MSS5}$$

$$TVI6 = \sqrt{ND6 + 0.5} \quad TVI7 = \sqrt{ND7 + 0.5}$$

다른 자료의 경우도 이와 유사한 방법으로 근적외선 영상에 대한 적색 영상의 정규화된 차이를 구하여 다음과 같이 TVI 또는 ND를 구할 수 있다.

o Landsat TM의 경우

$$ND = \frac{TM4 - TM3}{TM4 + TM3}$$

o SPOT XS의 경우

$$ND = \frac{SPOT3 - SPOT2}{SPOT3 + SPOT2}$$

Landsat MSS의 경우와 마찬가지로 TVI는 ND의 제곱근을 사용한다. TVI 또는 ND는 식생의 분포를 추정하기 위하여 실제로 많이 사용되며, 지상에서 실제로 검증된 식생 분포와도 높은 연관성을 나타내는 것으로 보고가 되고 있다. 특히 NOAA AVHRR를 사용하는 식생 지수의 경우는 대륙 정도로 커다란 규모에서 식생의 분포를 파악하기 위하여 많이 사용된다.

나. Landsat MSS의 식생 지수

Landsat의 MSS 자료는 지금까지 가장 많이 사용되고 있는 자원 위성의 관측 자료로서 이 자료를 이용하여 식생 지수를 구하기 위한 많은 연구가 있어 왔다 (Curran, 1980; McDaniel and Haas, 1982; Yazdani and Dereny, 1983; Lautenschlager and Perry, 1981; Perry and Lautenschlager, 1984). 이러한 식생 지수의 원리는 가시광선과 근적외선 영역에서 녹색 식물의 반사율 차이가 크게 나는 것을 이용하여 이 두 영역의 영상에 일정 수식을 적용하여 식생의 상태를 나타내는 새로운 영상을 얻는 것이다(Wiegand et al., 1978). Landsat MSS에서 식생 지수를 구하기 위한 수식은 앞에서 설명한 RVI, DVI, TVI등의 식이 사용되고 그외에도 Tasseled cap, PVI(Perpendicular Vegetation Index), CLAI(Calculated Leaf Area Index)등의 식생 지수 계산식이 사용된다.

1) Tasseled cap 계열의 식생 지수

Tasseled cap은 앞에서 설명한 것처럼 관측된 여러 분광대 영상의 히스토그램이 이루는 특징 공간에서 Gram-Schmidt process 또는 주성분 분석(PCA:Principal Component Analysis) 방법을 사용하여 서로 직교한 영상을 구성하는 변환이다. Landsat MSS에서 Tasseled cap 계열의 식생 지수는 관측되는 4 개 band의 영상을 모두 사용하여 계산하게 되고 서로 직교한 4 개 band의 영상을 출력하며 출력되는 band는 각각 SBI, GVI, YVI, NSI라고 불리운다.

여러가지 Tasseled cap 계산식 중에서 Kauth-Thomas의 식이 가장 유명하며 많

이 사용된다. 이 식은 입력되는 4 개 band 영상을 Gram-Schmidt process에 따라 처리하여 얻은 것이다.

o Kauth-Thomas의 식생 지수(Perry and Lautenschlager, 1984)

$$SBI = 0.332MSS4 + 0.603MSS5 + 0.675MSS6 + 0.262MSS7$$

$$GVI = -0.283MSS4 - 0.660MSS5 + 0.577MSS6 + 0.388MSS7$$

$$YVI = -0.899MSS4 + 0.428MSS5 + 0.076MSS6 - 0.041MSS7$$

$$SBI = -0.016MSS4 + 0.131MSS5 - 0.452MSS6 + 0.882MSS7$$

2) PVI 계열의 식생 지수

PVI는 plant development의 지수로(Perry and Lautenschlager, 1984), 특징 공간에서 soil line과 green stuff 사이 거리의 평균으로서 표현된다. Soil line은 Tasseled cap의 SBI와 비슷한 개념이고 MSS band 5와 band 6 또는 band 7이 이루는 2차원 특징 공간에서 green stuff에서 시작하여 soil line에 수직선(perpendicular line)을 그을 때, 이 선이 존재하는 거리의 반(평균 거리)으로서 PVI를 표현한다(Curran, 1983). 따라서 PVI는 Tasseled cap에서 GVI가 존재하는 거리의 평균을 의미하며, 다음과 같은 식으로 표현된다.

$$PVI7 = \sqrt{(0.355MSS7 - 0.149MSS5)^2 + (0.355MSS5 - 0.851MSS7)^2}$$

$$PVI6 = \sqrt{(-0.498 - 0.457MSS5 + 0.498MSS6)^2 + (2.734 + 0.498MSS5 - 0.543MSS6)^2}$$

이 식은 Tasseled cap에서 나타나는 SBI와 GVI를 둘 다 고려한 것으로 매우 유용하다고 생각되지만(Wiegand et al., 1978), 태양의 고도와 센서의 위치에 매우 민

감한 것으로도 보고가 되고 있다(Wardley, 1984). 이 식을 사용하여 PVI의 값을 구해보면 노출된 토양이나 수역(물)에서는 값이 “0”으로 나와 PVI의 개념에 일치함을 알 수 있다(Yazdani and Derenyi, 1983).

PVI6의 식은 나중에 오류를 포함하고 있다는 점이 발견되어 다음과 같이 수정되었다(Perry and Lautenschlager, 1984) :

$$PVI6 = \sqrt{(-2.507 - 0.457MSS5 + 0.498MSS6)^2 + (2.734 + 0.498MSS5 - 0.543MSS6)^2}$$

Curran(1983)은 이 식을 관측된 LAI(Leaf Area Index)와 비교하여 본 결과 이 식이 LAI와 linear하게 연관되어 있음을 밝혀 내었다. 그러나, 그 후 이 식이 계산상에 있어 비효율적이고 soil line에서 좌우를 구분하지 않는다는 것을 보완하기 위하여 다음과 같이 수정되었다(Perry and Lautenschlager, 1984) :

$$PVI6 = \frac{1.091MSS6 - MSS5 - 5.49}{\sqrt{(1.091^2 + 1)}}$$

$$PVI7 = \frac{2.4MSS7 - MSS5 - 0.01}{\sqrt{(2.4^2 + 1)}}$$

위의 PVI7 계산식에서 분자의 term은 soil이 고려된 DVI의 식을 사용하고 있다.

3) LAI 계열의 식생 지수

LAI(Leaf Area Index)란 지상에서 일정한 크기의 지역 안에 있는 녹색 식물의 잎(green leaf)을 모두 모아서 잎의 전체 면적을 구한 후, 잎의 면적을 지상 면적으로

나는 값으로 정의된다(Curran, 1983). Landsat 자료의 LAI는 위성에서 관측된 영상의 자료를 이용하여 실제의 LAI 값을 구하기 위하여 만들어진 식으로 여러 가지 계산식이 제안되어 사용되고 있다.

o Kanemasu의 식생 지수(Wiegand et al., 1978)

$$\begin{aligned} ELAI = & 2.68 - 3.69R45 - 2.31R46 + 2.88R47 + 0.43R46 - 1.35R57 \\ & + 3.07[R45 - 0.5R47 \times R45] \end{aligned}$$

여기에서 R45 등은 Landsat MSS 영상 간의 비율에 의한 식생 지수인 RVI를 나타낸다.

4) 실제 관측된 식생과의 관련성

Landsat MSS를 사용하여 얻은 식생 지수의 영상과 지상에서 구한 실제 식생 분포를 비교하여 보면 PVI나 LAI의 식이 대체로 식생의 분포와 잘 일치한다고 알려져 있다(Curran, 1983; Lautenschlager and Perry, 1981; Curran and Williamson, 1987). 그 이유는 PVI 계열 식의 경우에서 보면 토양의 brightness와 식생의 greenness가 같이 고려되어 토양에 의한 배경 반사가 제거되고 식생에 의한 반사만이 남았기 때문이라고 생각된다. 또한 LAI 계열 식의 경우는 영상 간의 비율로 대기 효과나 그림자 효과를 상쇄시킨 후, 이들의 차이를 사용하여 남아 있는 토양 등에 의한 효과를 상쇄시키기 때문이라고 생각된다.

2. 주성분 분석(Principal Component Analysis)

다중 분광대를 통하여 관측되는 영상 자료는 분광대 별로 독특한 특징을 나타내지만, 인접한 분광대의 영상 간에 시각적으로 서로 유사하게 보이는 특성도 동시에

나타낸다. 분광대 간에 유사성이 나타나는 이유는 두 영상이 서로 상관되어 있기 때문이며, 이러한 경우를 두 영상간에 상관성(correlation)이 있다고 말한다. 이와 같은 상관성이 나타나는 이유는 다음과 같다(Schowengerdt, 1983) :

(1) 자연 현상 자체가 분광학적으로 상관성을 가지고 있다. 즉, 가시 광선에서 관측된 분광대의 영상은 식생에 의한 반사율이 대체로 낮고 근적외선의 분광대 영상은 식생에 의한 반사율이 대체로 높은 것처럼 자연 현상 자체가 상관성을 가지고 있다.

(2) 지형의 경사각 크기와 경사 방향에 의해서 상관성이 나타난다. 즉, 태양에 의한 그림자 효과는 전체 분광대에 거의 같은 정도로 영향을 미치므로, 산악 지형에서는 그림자 효과로 인하여 영상간의 상관성이 높아진다.

(3) 인접한 분광대 간에 관측 기기의 분광학적 중복(spectral overlap)이 일어난다. 대부분의 관측기기가 분광학적 중복이 일어나지 않도록 설계되지만, 실제적인 면에서 관측 기기가 인접 분광대에 대하여 중복이 전혀 없도록 하는 것은 불가능하다. 따라서 관측된 원래의 다중 분광 영상은 실제 영상 전체가 가진 정보에 의해 표시될 수 있는 channel의 수에 비하여 불필요한 여분의 channel 수를 가지고 있게 된다.

다중 분광 영상이 가진 여분의 channel 수를 줄여서 정보를 집약하고 불필요한 channel을 제거하기 위한 처리로서 주성분 분석(PCA : Principal Component Analysis)이나 canonical 변환등이 사용된다. 주성분 분석(또는 주성분 변환)은 Karhunen-Loève 변환, Hotelling 변환이라고도 불리우며, 원래의 영상 전체가 가지는 통계적 특성을 사용하여 상관성이 없는 일련의 새로운 영상을 전개해 나가는 변환 방법이다. Canonical 변환의 처리 과정도 주성분 분석과 유사하지만, 주성분 분석이 영

상 전체의 통계적 특성을 사용하는데 비하여 canonical 변환은 영상 전체에서 정해진 class의 정보만을 사용하여 이 class 간의 분리도(separability)를 높이도록 변환을 수행한다.

주성분 분석과 비슷하게 원래 영상이 가지는 정보를 상관 관계가 없는 새로운 영상으로 구성하는 변환에는 Tasseled Cap이라는 식생 지수가 있다. Tasseled Cap 식생 지수는 다중 분광 영상에서 거의 대부분의 정보를 차지하는 토양과 식생이 이루는 새로운 축을 구성해 내는 방식이지만 영상 자체의 정보를 이용하지 않고 식생과 토양의 특성으로 부터 미리 계산되어 있는 변환식을 사용하는 방법이다. 대부분의 주성분 분석 자료는 Tasseled Cap 자료와 거의 유사한 변환식을 산출해 내지만, 바닷가와 같이 식생의 분포가 적은 지역에서는 Tasseled Cap과 전혀 다른 결과를 가져 온다. 이는 주성분 분석이 원래 영상이 가진 자료만을 사용하여 통계적인 분석을 하고 이로부터 상관성이 없는 새로운 영상을 정보량이 큰 순서대로 배열하기 때문에 생기는 현상이다. 이러한 주성분 분석의 특성때문에 같은 지역이라 하더라도 관측 시기가 다른 두 자료를 처리하면 그 결과는 전혀 다르게 나올 수 있다.

주성분 분석은 보통 정보량이 큰 순서대로 영상을 재구성하므로 결과로서 나오는 영상은 일반적으로 밝기의 정보가 첫 번째 channel에 나오고 식생의 정보는 두 번째 channel에 나오게 된다. 그러나 원래 영상에서 식생의 정보가 더 큰 경우는 식생이 첫 번째 channel에 나타나게 되거나 식생과 토양의 정보가 혼합되어 나타날 수도 있으므로 분석 결과로 도출된 새로운 영상의 해석시에 주의를 요한다.

가. 주성분 분석의 처리

원래 영상에 대하여 주성분 분석 과정을 거친 후 새로운 영상을 구하는 과정을 수학적으로 설명하면 다음과 같다(양영규등, 1986; Gonzalez and Wintz, 1977; Hall, 1979).

먼저 처리하려는 영상이 M개의 channel로 이루어 졌고, 한 channel의 영상은 N개의 화소로 이루어 졌다고 하자. 영상 자료의 각 화소는 정해진 위치로서 표시되므로 임의의 i 번째 channel은 다음과 같은 벡터로 표시될 수 있다.

$$X_i = \begin{bmatrix} X_{i1}, X_{i2}, X_{i3}, \dots, X_{iN} \end{bmatrix}$$

이때 M개의 channel에 의한 평균 벡터(mean vector) m_x 와 공분산 행렬(covariance matrix) C_x 는 다음과 같이 된다.

$$m_x = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M X_i$$

$$C_x = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M (X_i - m_x) (X_i - m_x)^T$$

평균 벡터는 N 차원(dimension)을 가지고, 공분산 행렬은 N^2 차원을 가지며, $()^T$ 는 벡터의 transpose를 의미한다. 공분산 행렬의 고유 벡터(eigenvector)와 고유치(eigenvalue)를 각각 $e_i, \lambda_i (i=1, 2, \dots, N)$ 라 하고 고유치가 큰 순서로 부터 정렬을 하면 입력 영상에 대한 변환 행렬 A는 다음과 같이 주어진다.

$$A = \begin{bmatrix} e_{11} & e_{12} & \cdots & e_{1N} \\ e_{21} & e_{22} & \cdots & e_{2N} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ e_{N1} & e_{N2} & \cdots & e_{NN} \end{bmatrix}$$

여기에서 e_{ij} 는 i 번째 고유 벡터의 j 번째 요소를 나타낸다. 이때 다음과 같이 입력 영상의 벡터 X 를 평균 벡터 m_x 에 대하여 이동을 시키고 변환 행렬 A 를 곱하면 주성분 분석에 의해 변환된 새로운 영상 Y 를 얻게 된다.

$$Y = A (X - m_x)$$

이 식은 몇 가지 중요한 성질을 가진다.

첫째는 새로운 영상이 가지는 평균 벡터에 대한 것으로, 평균 벡터는 항상 벡터의 모든 요소가 0인 영벡터(0)로 나타난다.

둘째는 이 식에 의해 구해지는 새로운 영상 Y 의 성질에 관한 것으로, 공분산 행렬을 계산하여 보면 diagonal을 제외한 다른 요소는 항상 0으로 나오게 된다. 이 의미는 새로운 영상의 모든 channel이 상호 간에 상관 관계(correlation)가 없다는 것을 의미한다. 새로운 영상의 공분산 행렬에서 diagonal을 제외한 나머지 요소가 0이므로 diagonal 요소는 당연히 고유치가 되며, 이 고유치는 새로운 영상 Y 가 가진 분산(variance)과 동일하고 새로운 영상 각 channel에 포함된 정보량을 나타낸다. 즉, 원래 영상이 가진 M 개 channel에 의한 정보는 서로 상관성이 없으면서 분산이 큰 순서대로 재배열되어 새로운 영상의 고유치를 형성하게 된다. 이때 영상에 포함된 잡음은 일반적으로 상관 관계가 전혀없는(uncorrelated) 자료이므로 보통 새로운 영상의 맨

마지막에 위치하게 된다.

세째는 변환 행렬에서 A^T 는 A^{-1} 과 같다는 점(Gonzalez and Wintz, 1979)인데, 이러한 성질과 변환된 영상의 고유치가 값이 큰 순서대로 배열되었다는 점을 이용하여 잡음 없는 영상을 복원할 수 있다는 점이다. 새로운 영상을 원래의 영상으로 복원할 때 변환된 영상의 고유치 중에서 값이 큰 고유치 일부만을 사용하여 영상을 복원하면 대부분의 영상이 원래대로 복원되고 나머지는 대부분 잡음의 정보를 포함하고 있게 된다. 새로운 영상에서 고유치로 표현되는 정보량은 뒤의 순서로 갈수록 급격히 감소하므로 그 중에서 일부의 고유치만을 사용하여 영상을 복원하는 것이 가능하다. 예를 들어 Landsat MSS 자료의 경우 4 개 channel을 변환하면 그 중에서 2 개의 고유치가 전체 고유치의 대부분을 차지하므로 둘만을 사용하여 영상을 복원하는 것이 가능하고, 영상 복원의 결과는 잡음이 제거된 영상이 재현되게 된다.

나. 주성분 분석의 응용

주성분 분석의 가장 큰 목적은 서로간에 상관성이 큰 원래 영상을 처리하여 상관성이 없는 새로운 영상으로 변환함으로써 상관 관계가 없는 새로운 영상을 구성하고, 정보를 압축하여 원래 영상이 가지는 차원수를 줄이는데 있다. 그러나 주성분 분석에서 사용하는 이와 같은 통계적 처리를 이용하면 주성분 분석을 다른 용도로도 사용할 수 있다. 이러한 예로서는 주성분 분석을 이용한 식생 조사, 영상에서의 잡음 제거, 다중 시간 자료 분석(multitemporal data analysis), 영상 합성(image fusion)등이 있다.

제 4절 영상 분류(Image Classification)

영상 분류란 컴퓨터 내에서 영상의 각 지점을 여러개의 등급으로 지정하여 분류하는 작업으로서 크게 감독 분류(supervised classification)와 무감독 분류(unsupervised classification)로 구별하여 분석할 자료에 따라 채택하여 사용한다.

1. 감독 분류

감독 분류는 ground truth에서 traning set를 정하고 각 class의 parameter를 계산한 후, 각 데이터가 각 class에 속할 확률을 계산하여 분류하는 maximum likelihood 또는 bayesian classification 등이 있다. 이 방법의 장점으로는 비교적 정확한 분류가 가능하다는 것이나, 단점으로는 traning set을 구할 때 비용이 소요되며 분포율이 작은 class는 적용하기에 어려운 점이있다.

무감독 분류는 ground truth 없이 영상값에만 의존하는 것으로 히스토그램에 의한 feature space를 정하고 cluster를 구분하고 분류한다. 이 방법의 장점은 traning set을 구할 필요 없으며 분류 초기에 물체에 대한 정보를 얻기 쉽다는 것이며, 단점으로는 가정에 따라서 결과가 심하게 변한다. C-ERIMS에서는 감독분류에서 maximum likelihood 분류를 이용하였다. 이 방법에서의 maximum likelihood 방정식은 다음의 식에 정의된 Mahalanobis minimum distance classifier이다.

$$G_i(X) = -1/2(X - U_i)^t C_i^{-1} (X - U_i) - d/2 \log(2\pi) - 1/2 \log(|C_i|) + \log(P_i)$$

여기에서,

$G_i(X)$: the result for class i on pixel X

d : the number of channels in the classification

$X=(x_1,\dots,x_d)$: the (d by 1) pixel vector of grey-levels
 U_i : the (d by 1) mean vector for class i
 C_i : the (d by d) covariance matrix for class i
 Π : $\pi_i = 3.1415\dots$
 $|C_i|$: the determinant of the covariance matrix
 $P_i=B_i/\text{SUM}(B_i)$: a priori probability for class i
 B_i : the BIAS for class i
 $\text{SUM}(B_i)$: the sum of BIASes for all classes used
 t : as a superscript denotes transpose
 -1 : as a superscript denotes inverse
 T_i : the threshold value for class i

일반적으로 행렬 C_i^{-1} 는 class i에 대한 feature space에서의 hyperellipsoid의 형태(shape)와 방향(orientation)을 정의한다. U_i 벡터는 위치를 결정하고, T_i 는 크기를 결정한다.

분류 과정은 다음과 같다.

(i) 각각의 class($i = 1, \dots, n$)는 class에 대하여 X 가 hyperellipsoid 내에 위치하면 결정된다. 즉,

$$(X - U_i)^t C_i^{-1} (X - U_i) \leq T_i^2$$

이면 true가 되어 그 부류안에 포함된다.

(ii) 만일 X 가 hyperellipsoid가 아니면, 화소가 NULL class에 할당되고 단계(i)를 통과한 각 class에 대하여 $G_i(X)$ 가 계산되고 화소에 $G_i(X)$ 에 최대가 할당된다.

2. 무감독 분류

무감독 분류기법은 traing set이 없이 영상자체의 정보에만 기초를 두어 각 class의 값을 분리 시킴으로서 영상분류를 하는 것으로 ISOCLASS 와 KMEANS 등의 대표적인 방법이 있다. 이들 분류 방법을 간단히 설명하면 다음과 같으나, 이는 현재 C-ERIMS에 이식 중에 있다.

가. ISOCLASS Unsupervised Classification

ISOCLASS 는 반복적인 방법에 의하여 비슷한 특성을 가진 Class 또는 Cluster들을 찾는 것으로서 분류하는 방법을 간단히 설명하면 다음과 같다. 분류하고자 하는 영상의 화소의 수를 N 이라고 할때,

제 1 단계 : 다음과 같은 파라미터를 결정한다.

- 영상내에 존재하는 Cluster의 수(NUMCLUS)
- 한 Cluster에서 허용가능한 표준오차의 값(STDV)
- 한 Cluster에서 허용가능한 최소한 화소의 수(SAMPRM)
- 최대한 알고리즘 반복의 수(MAXITER)
- 두 Cluster간의 최소한의 거리(LUMP)

제 2 단계 : N 개의 화소들을 Cluster의 수에 따라 나눈다.

제 3 단계 : 만일 한 Cluster에 속하는 화소들의 수가 SAMPRM보다 적으면

그 Cluster를 제거한다.

제 4 단계 : 각 Cluster에 속하는 화소들의 평균을 구함으로서 Cluster의 center를 계산한다.

제 5 단계 : 각 Cluster 내의 화소들과 Center와의 평균거리를 계산한다.

제 6 단계 : 전체 화소들과 각각의 Cluster Center와의 거리의 전체 평균을 구한다.

제 7 단계 : MAXITER에 도달하였한 경우, 9단계로 간다.

제 8 단계 : 각 Cluster의 표준오차를 구한 후 표준오차가 STDV 보다 크면
이 둘 Cluster를 둘로 나눈다.

제 9 단계 : 각 Cluster Center사이의 거리를 구하여, LUMP 보다 적으면,
두 Cluster를 합한다.

제 10단계 : MAXITER인 경우 전과정을 끝낸다. 그외의 경우는 1이나 2단계로
되돌아간다.

나. K-MEANS Unsupervised Classification

K-MEANS classification은 화소들을 cluster 내의 sum of squares (error)를 최소화 시키는 cluster를 찾는 것으로서 이를 간단히 설명하면 다음과 같다.

제 1 단계 : N 화소들을 임의의 cluster로 나눈 후, cluster의 평균과 error로 나누는 데, 여기서 error란 각 cluster 별로 소속된 화소들의 값과 그 화소를 포함하고 있는 cluster 평균과의 euclidean distance의 합계를 의미한다.

제 2 단계 : 각 화소에 대하여 이 화소를 현재의 cluster에서 다른 cluster로 옮겼을 때, error가 낮아지면 이 화소를 새로운 cluster로 옮긴다.

제 3 단계 : 이 과정을 반복하여 더 이상 화소들의 이동이 없을 때까지 계속한다.

제 5절 지형자료 분석(Terrain Data Analysis)

C-ERIMS에서는 수치 지형 자료(DEM:Digital Elevation Model)를 처리하여 지

형의 특징 및 지세를 분석할 수 있는 기능을 제공하고 있다. C-ERIMS에서 분석하는 수치 지형 자료는 지상 일정 격자 마다의 고도를 수치로 연속되게 수록한 자료이다. C-ERIMS에서는 이 자료를 사용하여 지형 특성을 나타내는 영상 자료인 등고선도 (Contour map), 경사각도(Slope-gradient), 경사방향도(Slope-azimuth), 음영모사도 (Shaded-relief)를 제작할 수 있다.

1. 등고선도 작성

등고선(contour)이란 표고가 일정한 값을 갖는 일련의 지점들을 연결된 선으로 만든 지도를 의미한다. 수치 지형 자료는 각 격자점 마다의 고도를 수치화시켜 기록한 자료이므로 이 자료를 수치적으로 처리하고 분석하여 등고선의 추출이 가능하다. 등고선은 시작점이 어디에 있건 관계없이 항상 그 끝점이 시작점과 일치해야 하고, 고도가 서로 다른 등고선은 서로 교차해서는 안된다는 특성을 가지고 있다. 수치 지형 자료를 사용하여 이러한 등고선을 추출하기 위해서는 상당히 많은 계산을 수행해야 하므로 많은 계산 시간과 비용을 들여야 한다.

등고선 영상을 작성하는 과정은 다음과 같다.

단계 1: 등고선을 구하려는 고도 간격을 “N”이라 하는 경우, 등고선을 구하려는 해당 영상의 모든 화소가 가지는 고도 값을 등고선 간격인 “N”으로 나눈다.

단계 2: “N”으로 나누어진 자료에 대하여 계산이 되는 화소의 위치를 움직여 가면서 인접한 화소의 값과 비교를 수행한다. 이때 인접되는 화소의 범위는 대상 화소의 좌측과 아래에 있는 화소가 되고, 이들을 비교하여 세 화소가 모두 같은 경우는 “0”을 출력하고 아닌 경우는 “N”으로 나누어진 대상 화소의 값을 출력한다. 이를 수식으로 나타내기 위해 등고선이 계산되는 해당 화소를 $E(i, j)$ 라

하고, 출력되는 결과를 $O(i, j)$ 라 하면 등고선을 계산하기 위한 알고리즘은 다음과 같다.

```
if  $E(i, j) = E(i, j+1)$  and  $E(i, j) = E(i+1, j)$   
    then  $O(i, j) := 0$ ;  
    else  $O(i, j) := E(i, j)$ 
```

단계 3: 단계 2의 작업을 해당 자료의 모든 화소에 대하여 수행한다.

이와 같은 처리를 수행하면 등고선이 지나지 않는 화소는 “0”으로 채워지게 되고 등고선이 지나는 화소는 해당 화소가 가지는 등고선의 값이 수록되게 된다. 등고선의 값이란 “N”으로 나누어진 해당 화소의 값으로서, 예를 들어 등고선 간격인 “N”이 50m인 경우 0m는 1로, 50m는 2로, 100m는 3으로 수록되게 된다.

2. 경사 방위각 작성

경사 방위각(slope azimuth)이란 수치 지형 자료의 각 격자점이 가지는 최대 경사의 방향을 의미하는 것으로 지표면의 경사가 어느 쪽을 향하고 있는가를 나타내는 자료이다. 경사 방위각을 사용하면 태양에 대하여 각 화소가 위치하게 되는 방향을 구할 수 있으므로 일정 지역의 지형학적 특성에 따른 최적 농산물의 선택, 구조적 설계 시 채광 조건의 조사등 토지 이용의 최적화 설정, 환경 및 생태학적 이용등에 유용하게 사용할 수 있다.

일반 지형도에서 경사 방위각을 계산하는 데는 많은 시간과 노력이 소요되지만, 수치 지형 자료를 사용하면 간단한 계산으로 가능하므로 효과적인 처리와 세밀한 분석이 가능하다. 또한 각 격자점 마다의 최대 경사 방향이 계산되므로 이를 다른 분석 작업이나 모델링의 입력 자료로 사용할 수 있고, 영상이라는 특성때문에 전문가가

아닌 사람도 대상 지역 전체의 경사 방향을 쉽게 파악할 수 있는 장점이 있다.

C-ERIMS에서는 경사 방위각 영상을 구하기 위하여 대상이 되는 수치 지형 자료를 격자 별로 읽어나가면서 처리하며, 처리되는 각 화소 주변의 고도를 사용하여 3차원 공간에서 이 화소들이 이루는 평면의 최대 경사각이 갖는 수평 방위각을 구하는 방법을 사용한다. 최대 경사각이 갖는 수평 방위각을 구하기 위한 주변 화소는 현재 처리 중인 화소에 인접한 4 개(4 neighbor) 또는 8 개의 화소(8 neighbor)를 사용할 수 있지만 C-ERIMS에서는 4 개의 주변 화소를 사용한다. 경사 방위각 영상을 구성하는 식은 다음과 같다.

$$A = \text{ATAN2}(DX, DY) \times \text{RTOD} + 180$$

여기에서 A : 북쪽으로부터 시계방향으로의 각

DX : x 방향 간격

DY : y 방향간격

RTOD : 180/3.14159

3. 경사각 영상의 작성

경사각(slope gradient)이란 수치 지형 자료에서 각 격자점이 가지는 지표면의 평균 경사각을 의미하는 것으로 지표면의 기울기 정도를 나타낸다. 경사각 영상은 대상 지역이 얼마나 급한 경사를 가지고 있는가를 나타내므로 유출 계산이나 사면 안정도등을 산출하는 기본 자료로 사용될 수 있다. 일반 지형도에서 경사각을 계산하기는 상당히 어렵지만, 수치 지형 자료를 사용하면 간단한 계산에 의해 이를 구할 수 있으므로 효과적인 처리가 가능하다. 또한 각 격자점 마다의 경사각이 계산되므로 이를 다른 분석 작업의 입력 자료로 사용하기가 용이하며, 영상이라는 특성때문에 대상 지

역 전체의 경사 정도를 한 번에 파악할 수 있는 장점이 있다.

C-ERIMS에서는 경사각 영상을 구하기 위하여 대상이 되는 수치 지형 자료를 격자 별로 읽어나가면서 처리하며, 처리되는 각 화소의 고도와 주변 화소의 고도를 사용하여 3차원 공간에서 이 화소들이 이루는 평면의 평균 경사각을 구하는 방법을 사용한다. 평균 경사각을 구하기 위한 주변 화소는 현재 처리 중인 화소에 인접한 4 개 화소(4 neighbor)를 사용한다. 경사각을 구하는 원리는 경사 방위각을 구하는 원리와 동일하며 다음과 같다.

$$A = \text{ATAN}(\text{SQRT}(DX^2 + DY^2)) \times \text{RTOD}$$

4. 음영 모사(Shaded Relief)

보편적으로 사용되는 지도는 동일 고도점을 선으로 연결한 등고선으로 지형을 표시하고 있으며 이 지도로는 지형의 기복 및 전체적인 형태를 전문가가 아니고는 쉽게 알아보기가 어렵게 되어 있다. 지형을 쉽게 판독할 수 있도록 하기 위하여 고도 별로 채색을 한 채색 지도나 경사의 방향을 표시한 우모식 지도도 있지만 그다지 보편화 되어 있지 않은 형편이다. 그러나 수치 지형 자료를 수학적으로 처리하면 지표의 기복과 경사면의 방향에 따라 태양 광선의 입사량 및 반사량을 계산할 수 있으므로 이를 이용하여 음영 모사 영상을 만들 수 있다. 이 같은 방법을 사용하여 대상이 되는 지역의 고도 자료를 음영 자료로 계산하면 음영으로 인한 입체 효과를 볼 수 있고 지표의 기복 및 경사를 쉽게 파악할 수 있다는 장점이 있다.

C-ERIMS에서는 음영 모사 영상을 구하기 위하여 대상이 되는 수치 지형 자료를 격자 별로 읽어나가면서 처리하며, 가상 태양의 위치에 대하여 지표면의 각 화소 및 주위 화소가 태양 방향으로 이루는 각을 계산하여 태양 빛이 입사되는 정도를 구하

는 방법을 사용한다. 음영 모사 영상을 구하기 위한 주변 화소는 현재 처리 중인 화소의 우측과 아래 화소를 사용한다. 음영 모사 영상을 구하는 과정은 다음과 같다.

$$S = 100 \times \cos A \times \cos B$$

여기에서 S : degree of shaded-relief

$$S = 100 : \text{light}$$

$$S = 0 : \text{dark}$$

A : the angle between the sun ray and the normal vector of
a plane

B : the angle between the view direction and the normal
vector of a plane

주어진 가상 태양의 방위각 및 고도를 사용하여 수치 지형 자료에서 각 격자 점에 대한 밝기를 구하면 음영 모사 영상이 제작된다. 가상 태양의 위치 설정시 방위각은 북서 또는 북동 근처를 많이 사용한다. 그 이유는 북서 또는 북동 방향에 태양이 있는 경우 좋은 시각적 효과를 주어 심리상 지형의 굴곡을 가장 잘 파악할 수 있도록 하기 때문이다. 가상 태양의 고도각은 지형의 형태에 따라 높이를 조절해야 하는데 평탄한 지형이 많은 경우는 고도를 낮게 하고 지형의 굴곡이 많은 경우는 고도를 높게 하여 지형의 특성을 파악하기 좋도록 해야 한다.

제 6절 우리별 1호의 관측자료

우리별 1호로부터 들어오는 본래(Raw) 데이터는 압축된 이진(binary) 데이터이나 디스플레이 프로그램간의 호환을 위하여 이미지 변환 프로그램을 이용하여 일정

한 규격 형태로 변환하게 되는데 여기서는 GIF 포맷으로 변환한다. 여기서는 1차년도 보고서에서도 언급되었던 우리별 1호 지구관측 시스템의 동작운영 모델을 재확인 한 뒤, 우리별 1호에서 보내온 자료를 처리하여 영상으로 재생시켜 보았으며, 1993 년에 발사할 우리별 2호의 지구표면 촬영장치에 대하여 알아보겠다.

1. 우리별 1호의 지구관측 시스템의 동작운영 모델

가. 지구관측시스템

우리별 1호 지구관측시스템(EIS : EARTH IMAGING SYSTEM)은 우리별 1호의 3가지 페이로드(PAYLOAD)들중의 하나로서 지구상공 1308km 에서 지상의 원하는 부분을 카메라로 찍을수 있는 장치이다. 이를 위하여 2개의 텔레비전용 CCD 카메라가 위성에 탑재되어 있으며, 얻어진 디지털 영상정보의 처리 및 전송을 위하여 EIS 내에만 3개의 컴퓨터 시스템이 각각의 고유한 기능을 가지며 연계되어 사용되고 있다. 이들 컴퓨터들은 사진을 찍는일 이외에 성능이 뛰어난 ON BOARD 영상처리를 실현하기 위해 만들어졌으며 서로간의 통신 및 외부와의 통신 채널들이 다양하게 갖추어져 있다.

나. 사진 촬영 모델

일단 위성이 발사되고 위성의 버스 시스템이 정상동작을 하여 자세제어 등이 카메라의 운용에 적합하여지면 다음의 순서에 의하여 사진을 촬영하게 된다(박 경운 등, 1992).

1) SaTReC 지상국에서

제 1 단계 : 사진찍는 시간 선정

장소 선정후(예를들면 한반도 상공) 컴퓨터 tracking simulator를 써서 알맞은 위성고도와 각도를 선정하고 이때의 시간을 KITSAT-1 표준시간에 맞도록 계산하여 결정한다.

제 2 단계 : OBC에 명령전달

위성의 OBC186에 AX.25 프로토콜을 사용하여 명령을 전달하는데 이 명령은 수많은 다른 명령중의 하나로써 취급된다.

2) 위성에서

제 3 단계 : TRANSPUTER에 명령전달

OBC는 전달된 명령을 위성의 DASH 네트워크를 이용하여 EIS의 TRANSPUTER(특히 TRANSPUTER-1:이하 T1)에 명령을 그대로 전달한다. 이때 OBC는 TRANSPARENT한 GATEWAY로써 역할을 하게된다. T1은 자체내에 이미 스케줄러등의 복잡한 운용 소프트웨어가 내장되어 있고 모든 EIS의 운용을 통괄한다.

제 4 단계 : 사진촬영을 위한 파라미터(Gain & Exposure)의 전달

두개의 TRANSPUTER 시스템(T1 & T0)은 시스템관리 운용 및 ON BOARD 영상처리를 위하여 사용되고 있으며, 실제 사진촬영등의 카메라헤드의 조정은 마이크로컨트롤러(uC)가 담당한다. 따라서 T1은 파라미터들을 uC에 주어야하며 uC는 이들 파라미터들을 5단계에서 사용한다. uC와 T1 혹은 T0와의 통신에는 또한 특별한 프로토콜(EIS 프로토콜)이 사용되고 있다. 파라미터의 내역을 보면, Gain 파라미터는 카메라 출력단에 있는 A/D 변환기의 기준전압을 결정하기 위하여 사용되며, Exposure 파라미터는 CCD 센서 자체의 노출시간을 조절하는데 사용된다.

제 5 단계 : 사진촬영

T1이 촬영하라는 명령을 내리면 uC는 카메라헤드에 파라미터들과 전원장치에 전원을 공급하라는 명령을 내리고 카메라헤드가 촬영을 마칠때까지 기다린후 T1에 사진촬영이 끝났음을 알린다. 이때 촬영된 사진은 다음과 같은 지상면적을 한번에 볼 수 있다. 협각(NAC : Narrow Angle Camera)인 경우 약 220km x 160km의 면적을 수용하고 CCD 한 픽셀당 480m 의 분해능을 가지고 있으며, 광각(WAC : Widw Angle Camera) 인 경우 약 1900km x 1500km 면적을 수용하여 CCD 한 픽셀당 약 3.8km 정도의 분해능을 갖는다. 두 카메라의 분해능이 약 8배의 차이를 가지고 있다. 사용하는 전자적인 부분은 두개의 카메라가 동일하나 광학 부분이 다를 뿐이다. 촬영하는 파장대역을 보면 협각은 가시광선의 한 대역인 빨강(RED : 중심파장 650nm, 대역폭 80nm)이고, 광각은 근적외선(NEAR INFRA-RED : 중심파장 850nm, 대역폭 80nm)이 사용된다.

제 6 단계 : 데이터의 저장(카메라헤드)

카메라헤드에 전원이 공급되면 모든 동작이 자동으로 이루어져 두장의 영상 데이터들을 uC의 메모리에 DMA를 이용하여 저장한다. 데이터의 크기는 사진 한장당 611x576(약 350KB) 픽셀수 즉, 256 그레이 레벨의 색 정밀도를 가지게 된다. 사진촬영후 전원이 자동으로 꺼지는 데, 이는 위성의 전원을 아끼기 위한 조치이다. uC는 전원이 꺼짐을 확인하고 T1에 결과를 보고한다.

제 7 단계 : 데이터 전송(uC에서 T1으로)

T1은 영상처리를 위해 uC로부터 데이터를 전송 받으며, 2메가바이트의 자체 메모리를 이용 데이터의 저장 및 영상처리를 한다. 전송에 소요되는 시간은 약 35초이다.

제 8 단계 : 영상처리

영상처리는 T1과 T0가 동시에 사용되어 하드웨어적으로 병렬처리가 가능하도록 되어 있다. 실질적으로 T1이 모든 주관을하고 T0는 CO-PROCESSOR로 사용되도록 설계되었다. 영상처리는 주로 영상압축에 중점을 두어 이루어지며 이는 영상전송을 위한 시간단축에 역점을 두기 위한 것이다. 실제 이것에 필요한 소프트웨어는 발사후 특별한 기술(BOOT LOADING TECHNIQUE)에 의해 위성이 올려져 사용하게되며, 이를 위한 통신 기술 역시 내부에 갖추어져 있다. 영상처리를 사용하여 현재 약 10:1 정도의 압축 효과를 기대한다.

제 9 단계 : 영상 헤더

영상 처리가 끝나면 그영상에대한 자세한 기록을 데이터 앞에 붙이게 되며, 이 헤더는 시간, 일련번호, 촬영 파라미터 등의 정보를 256 바이트의 메모리에 기억 시키게된다. 앞으로는 이곳에 위성의 자세제어등의 정보도 함께 수록하여 지상에서의 영상처리에 사용할 수 있는 여분의 메모리 영역도 포함되어 있다.

제 10 단계 : 데이터 전송(T1에서 OBC로)

지상으로 전송될 데이터는 보통 OBC186을 통하여 지상으로 전송되며 이때도 OBC는 영상 데이터에 대한 투명한 GATEWAY의 역할을 하게됩니다. 이때 소요되는 시간은 압축되지 않은 영상 데이터인 경우 15 - 20 분 정도가 소요됩니다.

제 11 단계 : 데이터 전송(OBC에서 지상국으로)

OBC 는 각각의 사진에 지상과 통신을 위해 헤더(PACSAT 헤더)를 붙이게되며, SaTReC 상공을 지날때 지상에서 요구가 있으면 데이터를 전송하게 된다. 소요시간은 약 15 - 20분 정도이며 만약 한번의 패스에 전부를 보내지 못하였을

때는 다음번까지 기다렸다가 나머지를 전송한다. 그러므로 영상압축을 하지 않는 경우 한번의 촬영에 의한 두장의 사진들(WAC + NAC)은 여러번의 패스후에 비로서 지상국에서 받게된다.

3) SaTReC 지상국에서

제 12단계 : 헤더의 제거

한장 혹은 두장의 전송이 완료된후 OBC에서 붙인 PACSAT 헤더를 없애고, 영상 헤더를 떼어내면 순수한 데이터를 얻을 수 있다.

제 13단계 : 영상처리(데이터의 원상회복)와 데이터 보관 및 변환

헤더를 제거한후 PC등의 장비를 사용하여 압축되었던 영상을 복원하여 원래의 영상 데이터를 얻는다. 획득한 데이터는 복사한후 보관 시키며 그 이후 데이터는 디스플레이 프로그램간의 호환을 위하여 이미지 변환 프로그램을 이용하여 일정한 규격 형태로 변환하게 되는데 예를들면 GIF 포맷등으로 변환한다.

제 14단계 : 디스플레이 및 영상처리

지금까지는 지상국 및 위성에서 이루어진 것이고 GIF 포맷으로 넘겨진 데이터를 인위적인 칼러를 입히거나 보통의 위성 영상처리와는 다른 EIS 시스템의 특성을 고려한 화질의 개선 및 기하학적 보정이 필요하다.

다. 우리별 1호의 영상 자료 포맷

우리별 1호의 관측 자료의 데이터 포맷은 다음과 같은 과정을 거쳐 영상을 얻을 수 있다.

1) 헤더의 제거

수신된 영상 자료는 위성에서 받은 데이터에서 PACSAT 헤더만을 자동으로 제

거하여 보내진다. 그러나 아직도 256 바이트의 영상 헤더가 있다. 따라서 영상을 읽은 후에 256 바이트를 제거하고 다른 이름으로 저장한다.

2) 데이터 포맷

헤더가 제거되고 난뒤에 나온 원래의 데이터는 압축하지 않았을 경우 텔레비전 신호의 한프레임 즉, even field와 odd field로 이루어진 인터레이스된 정지 데이터이다. 이의 구성은 하나의 라인이 611개의 화소(pixel)로 이루어져 있으며, 288개의 짝수 라인 다음 인터레이스를 위한 시간차이를 보상하는 구간이며 버려야하는 홀수 라인은 대신에 356 번째부터 디스플레이할 355개의 화소 그리고 다시 288 개의 홀수 라인으로 구성된다. 이를 요약하면

라인 0

라인 2

라인 4

라인 574

355 바이트 버림

라인 1

라인 3

라인 5

라인 575

이 결과 611 픽셀 x 576 라인으로 나타난다.

3) GIF로의 데이터 변환

영상 자료가 인터레이스이므로 이를 헤더없는 인터레이스되지 않은 완전한 래스터 자료(raster data)로 바꾸어 준뒤에 우리가 흔히 영상 디스플레이 포맷의 한 형태인 GIF 포맷으로 변경하여 영상을 디스플레이 한다(그림 4-4).

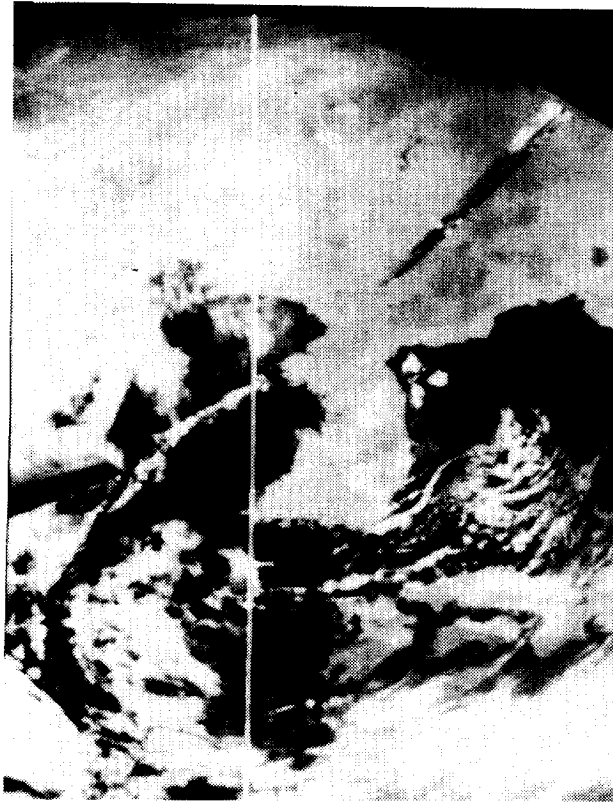


그림 4-4 우리별 1호의 영상재생

4) 문제점

노출시간 조정을 위하여 EXPOSURE PARAMETER를 주면 CCD 클럭 발생장치는 영상 영역의 클럭을 역으로 발생시켜, 전체 노출시간중 원하지않는 기간동안에 얻어진

전하들 반대쪽 드레인으로 처리하게 되고 그 시간이 지나면 나머지 시간을 기다린후 클럭이 정상으로 동작하는데, 이때 드레인으로 보내졌던 전하가 영상 영역으로 역류하여 기존의 영상 데이터에 더하여지게 된다. 이는 센서 자체의 문제인 것으로 여겨지며 이의 해결이 이루어져야 흰색선들이 제거될 것이다. 다음이 고려되어 해결해야할 사항이다.

- * 흰색선의 위치 : 노출시간에 따라 위치가 틀림.

- * 영향받는 라인의 수 : 시간과 연관되며, 센서에 들어오는 광량에 따라 변함.

- * 흰색선의 농도 : 노출시간 및 입사광량.

- * 하나의 선에서의 밝기 변화 : 하나의 선에 있어서도 영향을 받는 양의 차이가 있으며 이는 그부분 아래의 빛의 밝기의 평균에 따라 틀림.

라. 우리별 2호의 지구표면 촬영장치

우리별 1호에 탑재되어 성공적으로 한반도를 비롯한 지구 여러곳의 훌륭한 사진들을 전송해 준 지구표면 촬영장치를 좀더 개선하여 우리별 2호용 지구표면 촬영장치를 인공위성센터에서 개발하였다. 우리별 1호에서와 같이 두대의 카메라가 장착될 예정이며 그중 한대는 칼라사진을 찍을 수 있도록 되어있다. 또한 구조상에서도 좀더 신뢰성을 높여 한곳에서 생기는 고장에 의해 전체가 영향을 받는 일이 없도록 하였고 운영도 좀더 효율적으로 할 수 있도록 하였다.

우리별 2호용 지구표면 촬영장치의 구성은 그림 4-5와 같다. 각각의 카메라는 서로 독립적으로 운영될 수 있고 다른쪽에 발생한 고장에 의해서도 영향을 받지 않는다. 또한 두개의 영상처리부와 두개의 카메라 제어부는 다같이 연결되어 있어 다양한 형태로 일할 수 있다. 예를들면 두개의 영상처리부는 한개의 영상처리부가 처리하기에

는 너무 많은 양의 계산이 있을때 다른쪽에서 계산을 나누어 하는 병렬처리가 가능하다. 또한 제 1 영상처리부가 고장으로 동작하지 않을 경우에는 제 1 카메라의 정보를 제 2 영상처리부가 받아 처리할 수도 있다.

영상처리부는 카메라에서 나온 영상정보를 압축하는 기술실험에 주로 사용될 것이다. 우리별 2호는 정지위성이 아니므로 지상국과의 교신시간이 한번에 약 10분 정도로 제한된다. 따라서 짧은 시간안에 영상정보를 많이 받아보기 위해서 정보압축 기술을 사용할 예정이며 정보의 손실을 최소한으로 하는 압축 및 재생기술의 시험을 계속할 예정이다(SaTRec, 1993).

위성내 단선공유망

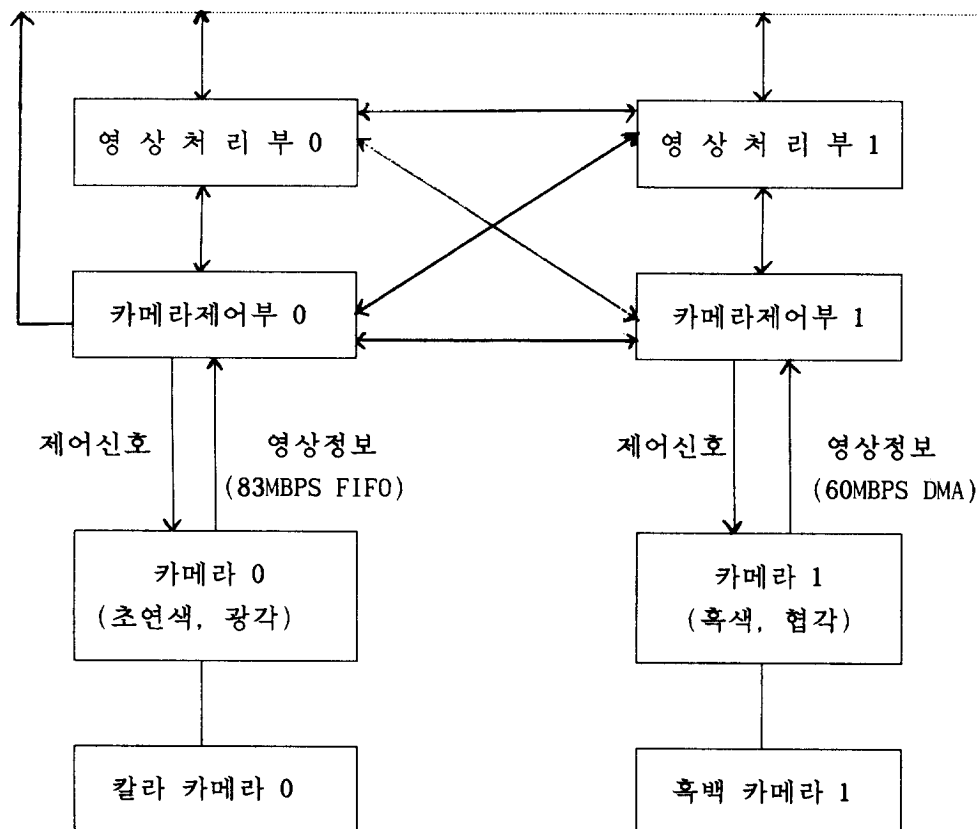


그림 4-5 우리별 2호의 지구표면 촬영장치의 구조

두 카메라의 사양을 알아보면 표 4-1과 같다.

표 4-1 우리별 2호용 카메라의 특성

	광각 카메라	협각 카메라
각 도	76도	12도
촬 영 범 위	1022 x 990 Km	116 x 115Km
평균 해상도	2 Km	200 m
색 깔	칼라 또는 흑백으로 사용가능	흑백만 가능

제 5 장 지상 수신 시스템 구축의 선례

우리나라에서는 지상수신 시스템의 설치가 처음으로 시도되고 있으므로, 이에 참고가 될 수 있는 선발국들의 지상 시스템 및 데이터 센터의 운영방안, 향후 계획등을 살펴보고자 참고가 되도록 한다. 특히, 일본의 경우 최근 대두되기 시작하는 지구환경문제가 국제적으로 정치화 됨에 따라 '지구관측'에 큰 관심을 갖게 되어, 리모트센싱 추진회를 중심으로 현재의 지구관측시스템의 문제점과 앞으로의 방향 및 관측위성과 센서의 개발에 대하여 종합적인 평가가 이루어지고 있다. 이러한 일본의 경우는 지역적인 면에 있어서나 규모면에 있어서, 후발국인 우리나라 수신시스템 운영 및 데이터센터로서의 운영에 선례가 될 수 있으므로 이에 대한 내용을 조사 하였다(일본리모트센싱추진회 제2차중간보고서, 1993).

제 1 절 선진국의 지상수신 시스템의 현황 및 향후 계획

1. 수신 시스템의 현황

가. Landsat

- 미국, 캐나다, 브라질, 유럽, 일본, 타이 및 호주 등 17개 기관의 지상국에서 Landsat 5호의 TM 자료의 수신·처리 및 배포를 하고 있다(그림 5-1).
- 각각의 지상국으로 부터 수신되어 사용자에게 제공되는 Landsat 자료는 표준 처리 데이터와 정밀하게 기하학적 보정이 된 데이터 등이 있다. 이러한 데이터는 마그네틱 테이프나 8mm 테이프에 의해 제공된다.
- 미국 EOSAT사는 각 지상국에서 수신된 전체 데이터의 catalog 정보(관리정보)

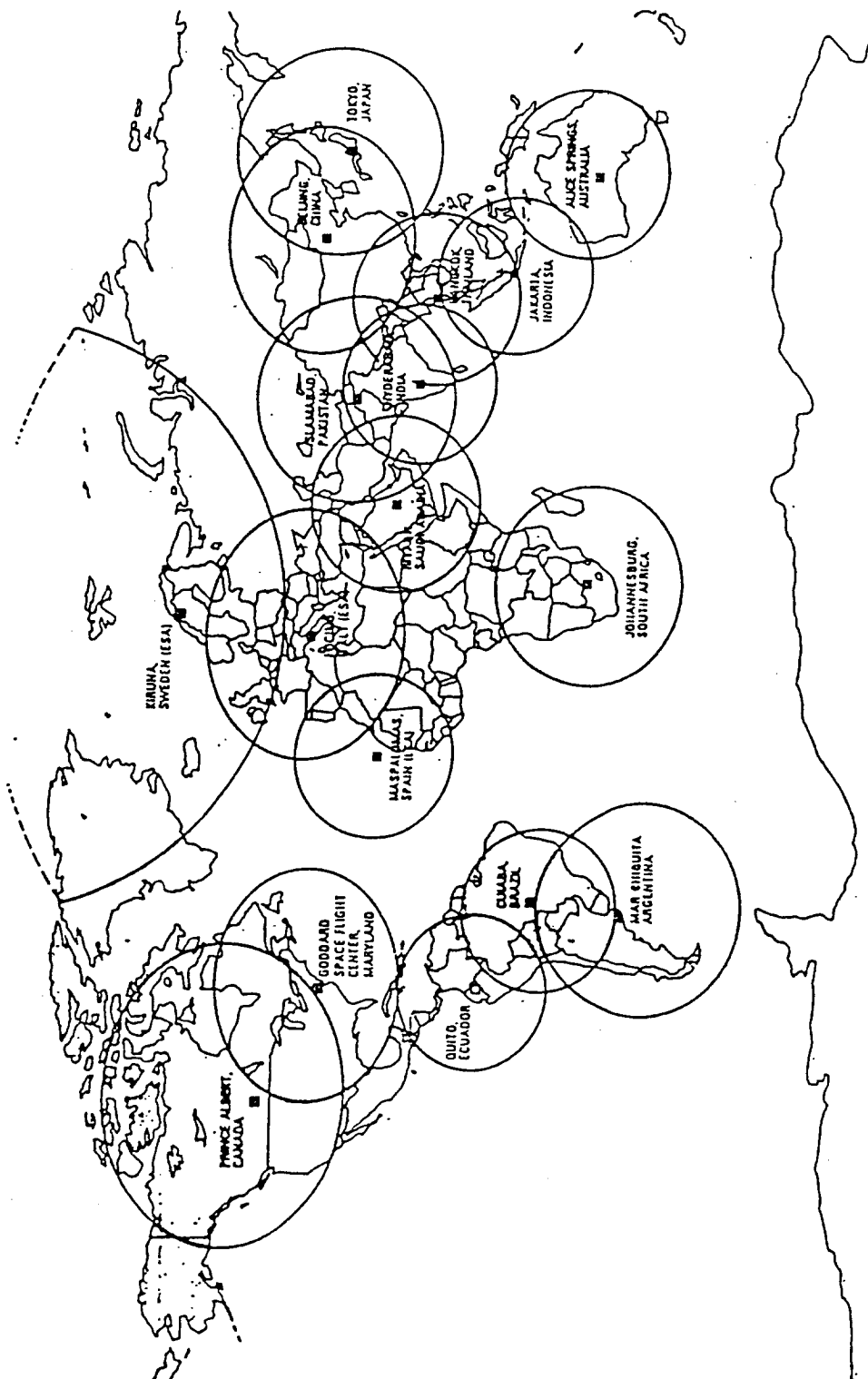


그림 5-1 LANDSAT 4/5 수신국과 수신범위

를 수집하여 사용자에게 이러한 정보를 제공하고 있다.

- EOSAT사는 각 지상국에서 수신·처리된 데이터를 실 사용자에게 제공할 수 있도록 중개 서비스를 하고 있다.
- 각각의 지상국들은 EOSAT으로 부터 사용자가 요구한 Landsat 데이터를 수신·저장하도록 Telex로 요청받고 있다.
- 각 지상국들은 수신·배포된 데이터의 가격을 EOSAT사에 위탁한다.

나. SPOT

- 캐나다, 인도, 스페인, 타이, 일본 등 12개 기관의 지상국에서 SPOT 2호 자료로의 수신·처리 및 배포를 하고 있다(그림 5-2).
- 각각의 지상국은 SPOT IMAGE사에서 1주일전까지 SPOT용 mission 관리설비단 말기에있는 SRPS에 관측 요구를 할 때 필요한 데이터를 수신한다.
- 각 지상국들은 수신·배포된 데이터의 가격을 SPOT IMAGE사에 위탁한다.

다. ERS-1

- 유럽, 일본, 알래스카 등 24개 기관의 지상국에서 ERS-1호의 데이터를 수신·처리 및 배포를 하고 있다(그림 5-3).
- ESA(European Space Agency)내에 대해서는 PAF라 불리우는 4개의 지상국에서 수신 및 표준 처리를 하지않고 최종적으로 ESA/ESRIN에 수송하여 보존된다.
- ERS-1에 대해서는 각 지상국으로 부터 사용자에게 제공되는 데이터는 표준처리된 데이터이다. 항상 이 표준처리된 데이터는 바람, 파동등의 물리량의 변환식이 첨가되어 있다. 여기서의 데이터는 마그네틱 테이프에 의해 제공 된다.

- ESA가 각 지상국에서 수신된 전체 데이터의 catalog 정보를 수집하여 이 정보를 파스콤 통신에 의해 사용자들에게 제공하는 서비스를 하고 있다.
- 각 지상국들은 수신하고 배포하는 가격을 ESA에 일임하고 있다. 항상 NASDA는 ERS-1/JERS-1의 데이터를 상호 교환하는 계약에 근거하여 무상으로 데이터를 수신하나 이 데이터의 이용을 한정하고 있으며 연구담당자에게 데이터를 무상으로 제공하고 있다. 또한 일반 사용자들에게는 별도로 EURIMA GE사와의 계약에 근거하여 유상으로 제공하고 있다.
- 각 지상국은 ESA가 지구를 완전하게 일주하는 1회귀전까지 ERS용 mission 관리 설비단말에 관측 요구를 할 때 필요한 데이터를 수신한다.
- ESA는 ERS-1의 AMI/WIND, AMI/WAVE, RA 데이터들을 실시간과 거의 같은 시간 (약 3시간 이내)으로 처리하고 네트워크에 의해 온라인으로 특정 데이터 세트등으로 제공한다.

라. NOAA/HRPT

- 유럽, 일본, 알래스카 등 35개 기관의 지상국에서 NOAA 데이터의 수신·처리 및 배포를 하고 있다(그림 5-4).
- 표준처리된 데이터는 마그네틱 테이프에 의해 사용자들에게 제공된다.
- URI(로드아일랜드 대학)가 ESA, USGS와 협력하여 각 지상국에서 수신된 전체 데이터의 catalog 정보를 수집하여 이 정보를 파스콤 통신에 의해 사용자들에게 제공하는 서비스를 하고 있다.

2. 데이터 센터의 현황

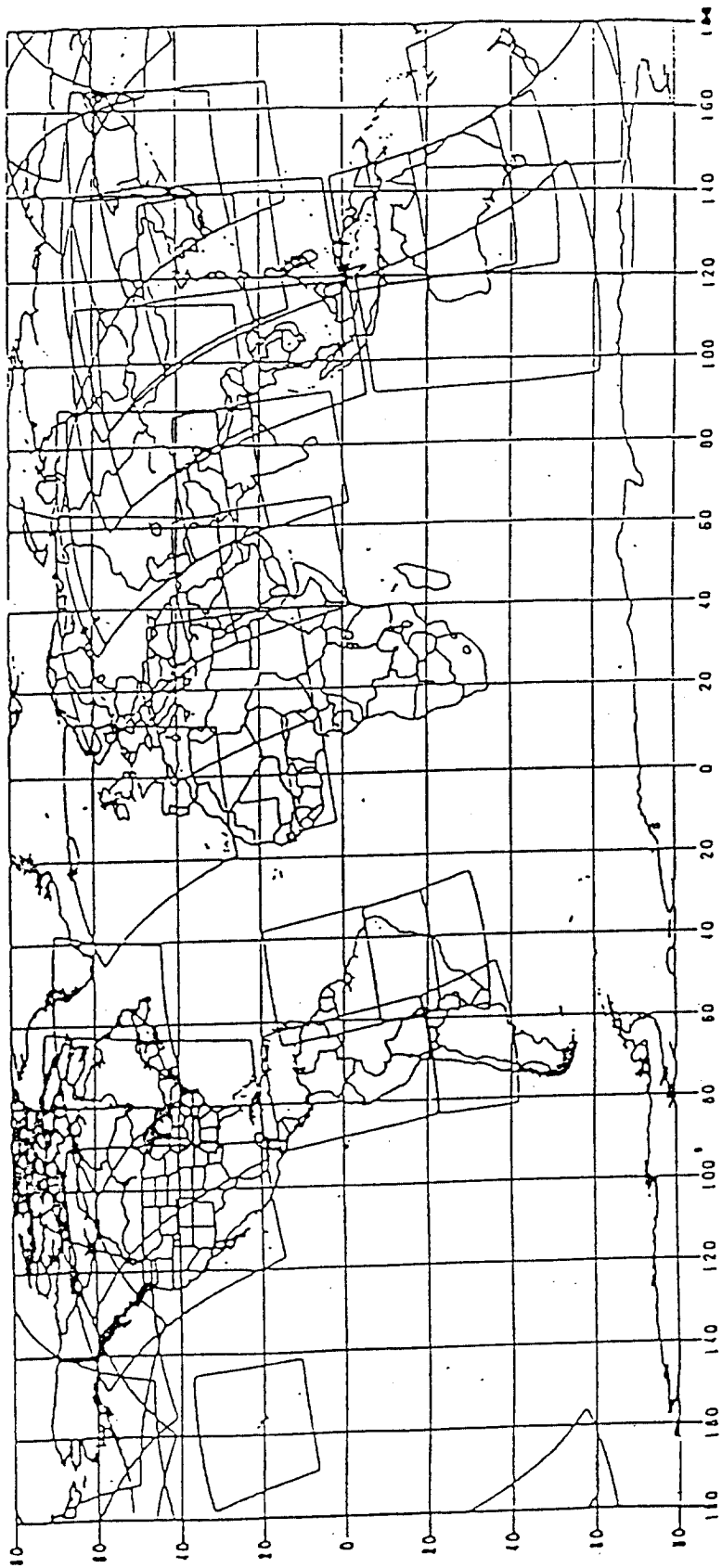


그림 5-4 AVHRR 수신 범위

가. NASA/NSSDC

- 대기, 천문, 육지 영역 등의 위성 데이터, 지상관측 데이터를 수집·보존하고 그 사용자에게 대하여 마그네틱 테이프 및 8mm 테이프 등으로 제공하고 있다.
- 여기서의 위성 데이터 및 지상관측 데이터에 대하여 catalog 정보를 PDS, PLDS, ADC 등으로 부터 이루어진 NODIS라고 불리는 시스템에 의해 온라인으로 사용자에게 제공하고 있다.
- NIMBUS-7/CZCS등에 대해서는 플럭스(flux) 데이터 온라인으로 제공도 하고 있다.
- 데이터 소재 정보를 제공하는 NMD(NASA Master directory 시스템)을 개발하여 운용하고 있다. 이 시스템은 CEOS에 대해서는 국제적인 시스템으로 사용되며, 일본, 유럽 및 미국에서 운용되고 있다.

나. NOAA/NESDIS

- 해양, 대기, 지구물리에 관한 위성 데이터 및 지구관측 데이터를 수집 및 보존하고 그 사용자에게 대해서 마그네틱 테이프등으로 제공하고 있다.
- 이 데이터는 NODC, NCDC, NGDC 각각의 시스템에 의해 관리되고, catalog 정보를 온라인으로 사용자들에게 제공한다.
- NOAA에 있어서도 데이터의 소재에 대한 정보를 사용자들에게 제공하고 있다.

다. ESA/ESRIN

- ESRIN에 있어서 ERS-1, JERS-1, Landsat, NOAA/HRPT, MOS에 대한 각각의 위성 데이터를 보존하고 고차처리 및 배포를 하고 있다. 이때 사용되는 데이터들은 마그네틱 테이프 및 8mm 테이프에 의해 나누어지고 있다.

- ESRIN는 모든 위성의 데이터에 대한 catalog 정보를 수집하고 이 정보를 LEDA라고 불리우는 catalog 시스템을 이용하여 파스콤 통신에 의해 사용자들에게 제공하는 서비스를 한다.
- LEDA에 대해서는 위성 궤도의 수정과 관측 정보의 제공, 플렉스 데이터의 온라인 제공 및 온라인 주문을 할 수 있도록 사용자 인터페이스 터미널을 ESA에서 개발하고 사용자 지수환경을 정비하고 있다.
- NOAA/HRPT에 대해서는 URI와 협력하여 전 지상국의 catalog 정보를 수집하고 있다. 또한 데이터 그 자체에 대해서도 USGS/EDC와 협력하여 데이터를 수집하고 있다.
- 위성 데이터를 이용한 환경의 접근을 위하여 동유럽, 아시아 등에 대해서 기술자를 파견하고 컨설팅을 실시하고 있다.
- 개발도상국의 개발과 보전을 위하여 개발도상국에 지상국을 설치하기 위한 인적·경제적 지원을 한다.

라. USGS/EDC(EROS 데이터센터)

- NOAA/HRPT의 전세계의 육지에 대한 데이터를 92년 4월부터 18개월분을 수집하여 IGBP 프로젝트의 일부인 global map(식생분포, 해수면온도)를 작성하고 있다.
- 미국을 중심으로 한 지상국에서 관측된 NOAA/HRPT, Landsat MSS/TM의 자료는 마그네틱 테이프, 사진 및 8mm 테이프에 의해 사용자들에게 제공되고 있다.
- 데이터에 대한 catalog 정보나 플렉스 데이터(영상 catalog 데이터)는 네트워크를 통해서 제공하는 GLIS 시스템을 개발하고 있다. 현재 NOAA에서 테스트 운용

을 하고 있다.

- GLIS 시스템에 의해 데이터를 갖고자 원하는 사용자에게 온라인으로 데이터의 주문도 할 예정이다.

마. SPOT IMAGE

- SPOT 위성에 대해서는 각 지상국으로 부터 사용자에게 제공되는 데이터로는 표준 처리된 데이터, 정밀하게 기하학적 보정된 데이터, sence이 종합된 데이터 등이 있다.
- 프랑스의 SPOT IMAGE사가 각 지상국에서 수신된 전체 데이터의 catalog 정보를 수집하여 이 정보를 파스콤 통신에 의해 사용자들에게 제공하는 서비스를 담당하고 있다.
- SPOT IMAGE사가 각 지상국에서 수신하여 취득하고 처리된 데이터의 제공을 중개 하는 서비스를 하고 있다.

바. UARS TOPEX/POSEIDON

- NASA의 관측기구로 부터 관측된 데이터는 TDIF와 NODS에서 나온 정보시스템으로 처리하고, CNES의 관측기구로 부터 만들어진 데이터는 위성 데이터 처리 설비로 처리하여 AVISO에 의해 배포된다.
- 지구물리학 데이터 레코드의 level까지 처리한 후, 양국은 데이터를 교환하고 과학 커뮤니티가 데이터 세트의 형태로 하여 이용할 수 있도록 한다.
- TDIF 위성으로 부터 원격조정 데이터, 그외의 위성의 정보를 이용하여 해수면으로 부터의 고도, 중요한 파도의 높이, 대기중의 수증기량등의 지구물리학 데이

타를 생성한다.

- NODS는 TOPEX/POSEIDON mission spot으로 해서 데이터의 검증에 기여한다. 또한 NASA의 PI, AVISO 데이터 시스템으로 데이터 레코드를 온라인으로 배포 및 보관한다.
- AVISO 데이터 시스템은 NODS와 같이 위성의 해양학적인 데이터를 처리, 배포 및 보관한다.
- 프로젝트로 생성되는 데이터는 아래의 level과 같다.
 - 파고나 풍속은 위성관측치로 부터 나온 Quick Look데이터(해군수치해양학 센터에서 4시간 이내에 사용 가능)
 - 공학 단위로 부분 처리된 시간 순서의 미편집 레코드로 부터 나온 센서 데이터 레코드
 - 지구물리학 단위에서 최종 형태로 처리된 위성 데이터로 부터 나온 반지구 물리학 데이터 레코드(수신 이후 5일 이내에 사용 가능)
 - 최종적인 형태로 처리된 위성 데이터로 부터 생성되는 지구 물리학 데이터 레코드(수신 이후 6개월 후에 사용 가능)

3. 네트워크의 현황

가. NASA/NOAA

- Catalog 정보와 처리된 데이터를 전송하는 네트워크는 NSF등과 협력하여 미국 전체에 설치되어 있지만(NSI : NASA Science Internet ; 그림 5-5 참조), 네트워크의 끝 부분에서는 9.6~56Kbps정도의 속도 밖에 되지 않는다. 따라서 catalog

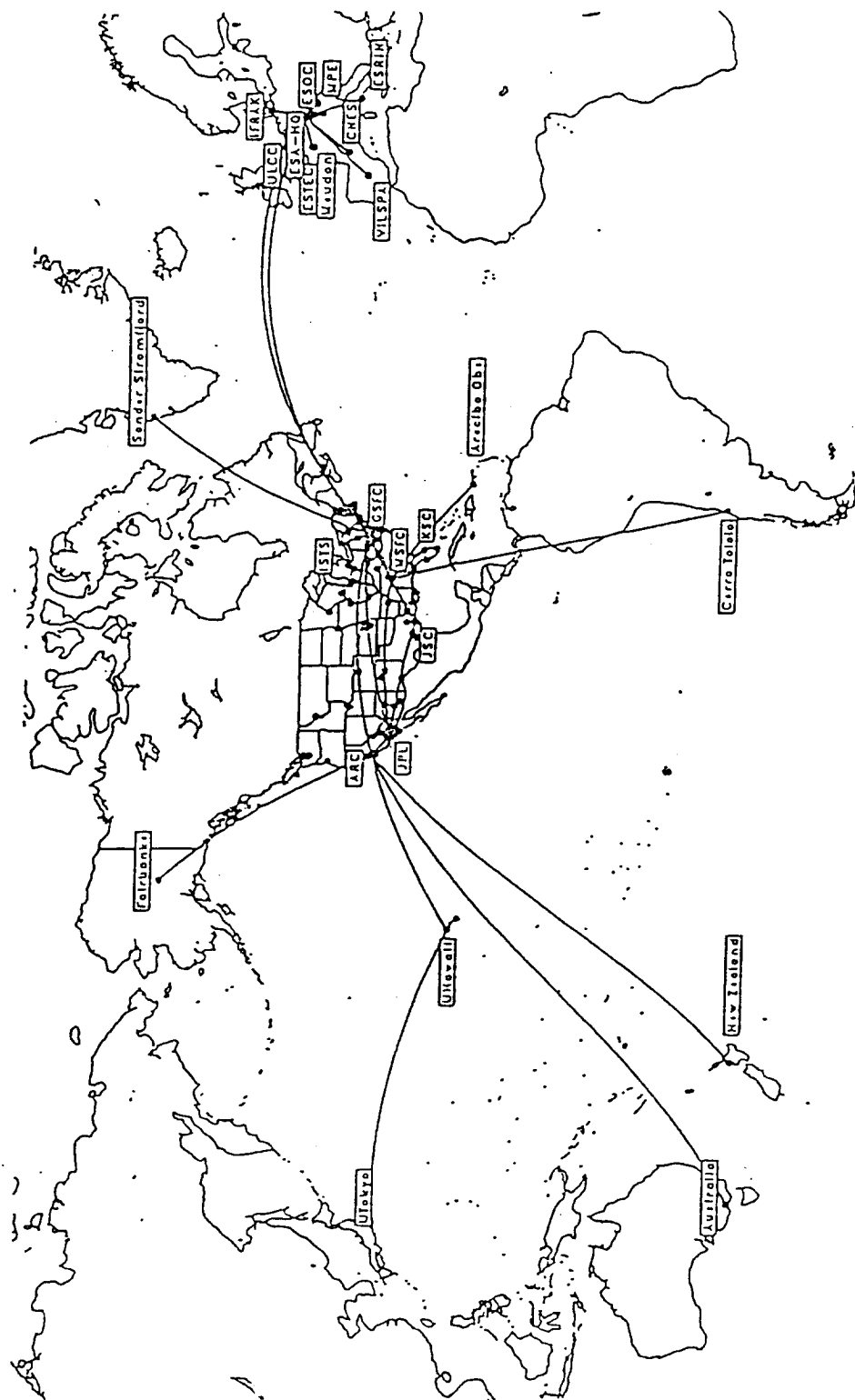


그림 5-5 NASA Science Internet

정보의 검색과 저해상도 데이터의 전송에 있어서 문제점으로 대두되고 있다.

- CEOS IDN등의 catalog 정보의 상호 이동을 위한 네트워크로는 NSI가 이용되고 있고, ESA, NASDA 등과 상호 접속되어 있다(그림 5-6참조).
- 데이터 센터간의 통신망은 특정 목적으로의 전용 회선이 설치되어 있지는 않다.
- 전용 회선망으로는 NASCOM(56Kbps)가 존재한다.

나. ESA

- 운용에 대한 정보를 교환하는 네트워크인 Earthnet이 ESA의 데이터 처리센터 (PAF)와 field 센터간에 정비되어 있다.
- Catalog 정보의 온라인 검색과 기술정보의 교환을 목적으로 E-SPAN이 정비되어 있다. 그러나 통신 속도가 9.6Kbps로 주로 사용되고 있기 때문에 데이터 전송으로의 이용이 곤란하다.
- 데이터 처리용으로 사용하는 네트워크는 존재하지 않는다.
- 이 E-SPAN은 catalog 정보의 상호이용을 위해 네트워크로 사용되고 있고, NASA, NASDA와 상호 연결되어 망을 구축하고 있다.

4. 미국의 지상시스템의 향후 목표

미국의 NASA는 1998년 이후의 완성을 목표로 '지구관측시스템 데이터정보시스템(EOSDIS)'의 개발을 추진하고 있으며, 이는 21 세기초의 대표적인 지상시스템의 모델로 간주되고 있다. 이 시스템은 NASA가 1988년 부터 진행하고 있는 대기 물리권, 해양, 지표등을 하나의 시스템으로 하여 15년간에 걸쳐 연구할 것을 목적으로, 데이터를 종합적으로 수집하는 지구관측시스템(EOS) 계획의 일부로 데이터의 처리, 보관 및 배

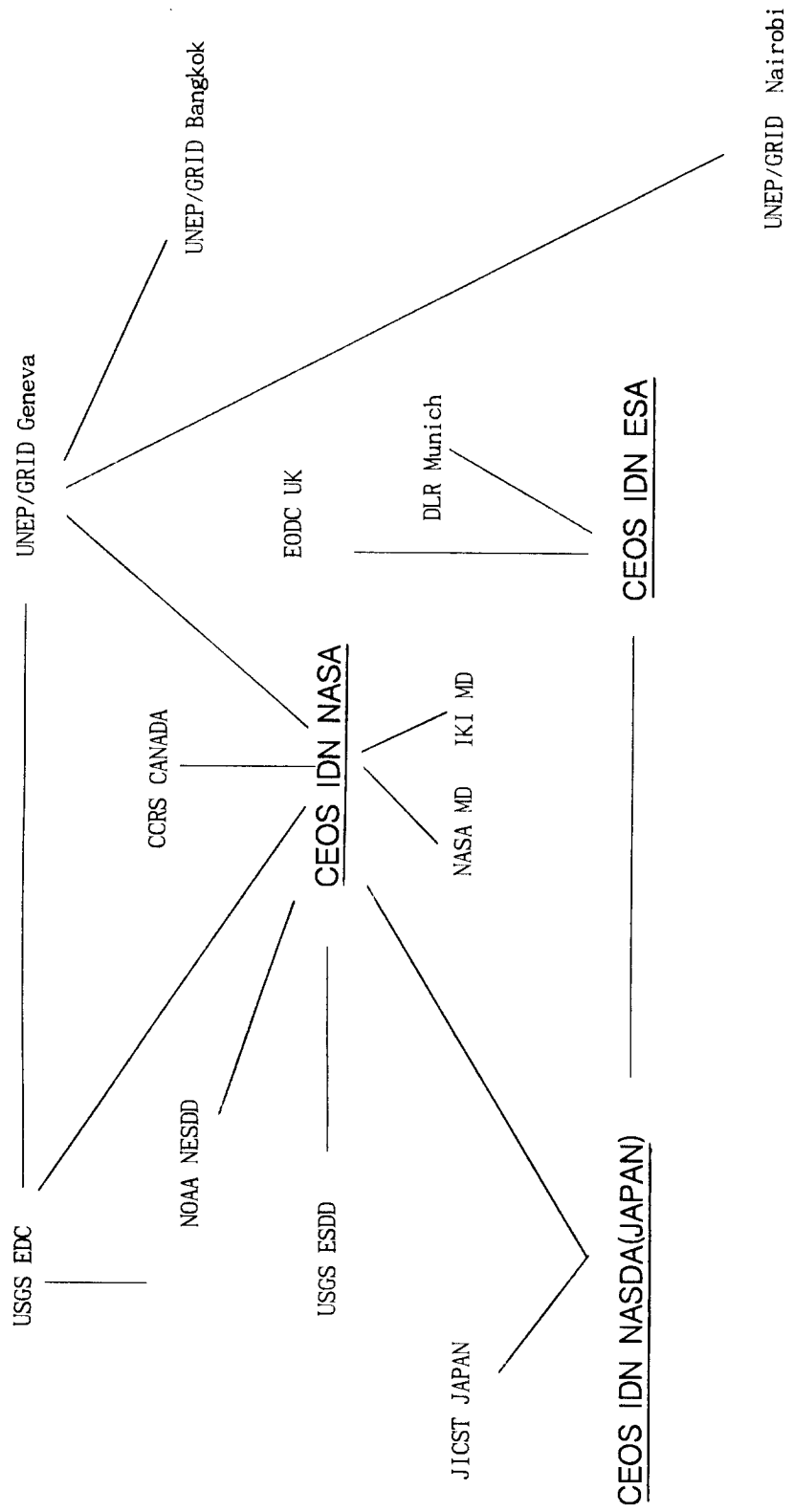


그림 5-6 국제 데이터 네트워크

포를 실행하는 시스템이다. 이 시스템에서는 산재되어 있는 다양한 데이터를 한군데로 집중시켜 데이터 이용을 용이하게 하는 동시에 지구규모 변동 데이터와 모델을 작성하는 연구 등을 지원할 수 있는 여건의 구축을 목표로 하고 있다.

EOSDIS는 종합적인 위성의 추적운동과 분산된 관측기기의 운용관제를 실행하며, 데이터 이용 분야에 데이터를 처리, 보존 및 배포를 하는 분산된 데이터센터를 설계하고, 데이터정보관리(Directory Inventory Image Catalog)와 이용자에 대한 종합적인 정보 service를 실행하는 기능을 가지고 있다. 그리고 분산된 데이터센터간에 고속으로 데이터를 처리하는 고속 연결망(network)을 구축하여 데이터센터를 종합적으로 관리하는 종합지상시스템이다. EOSDIS의 구성을 그림 5-7에 나타내었다.

제 2 절 일본의 지상수신 시스템의 현황 및 향후 계획

1. 일본 지상수신 시스템의 현황

가. 데이터의 수신 및 기록 현황

현재 일본에서는 MOS-1, MOS-1b, JERS-1, Landsat, SPOT 및 ERS -1 등의 관측위성과 GMS 및 NOAA 등의 기상위성을 수신하고 있다. 지구관측위성인 MOS-1, MOS-1b, Landsat, SPOT 및 ERS -1 까지는 위성으로 부터 실시간으로 데이터를 수신할 수 있는 지상수신국이 설치되어 있으며, JERS-1에서는 처음으로 실시간 관측외에 데이터 리코더(data recorder)를 이용하여 실시간으로 관측되지 못한 데이터들도 수신할 수 있게 하였다. 일본의 지상수신국에서 수신할 수 있는 MOS-1, MOS-1b, JERS-1, Landsat, SPOT 및 ERS -1 관측위성들의 수신횟수는 각각 하루에 1~2정도이며, 현재

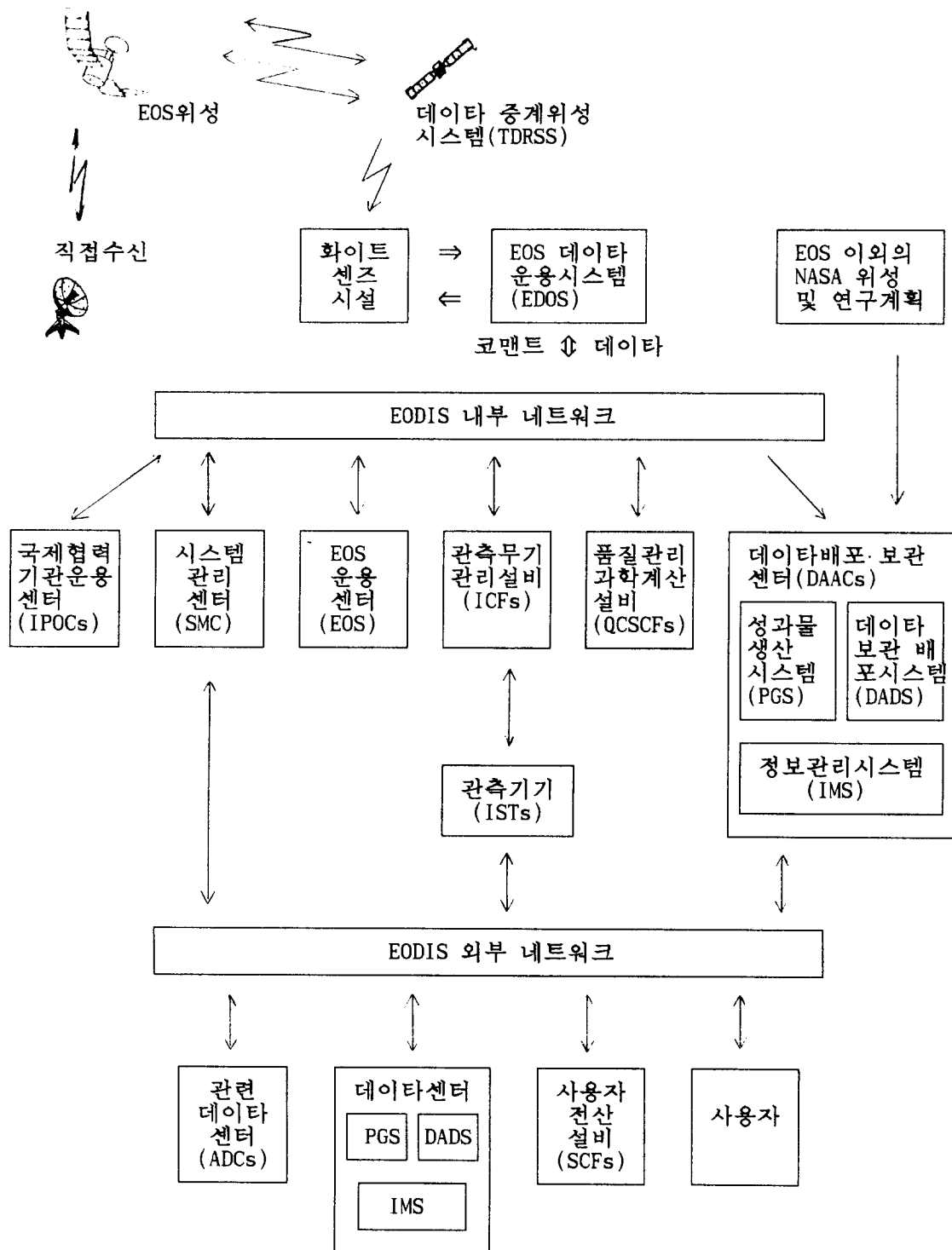


그림 5-7 EOSDIS 구성도

의 안테나나 지상설비는 그 용량이 현재 운용중인 위성과 일치하고 있으므로, 향후 발사 예정인 관측위성의 센서들로 부터 관측되는 방대한 양의 데이터를 고속으로 전송하는 것은 불가능한 상황이다.

나. 데이터의 처리 현황

관측위성으로 부터 얻어진 데이터를 실제로 사용하기 위해서는 각종 전처리의 단계를 거쳐 위성 데이터를 추출해야하지만, 실제로 지상실험에 의한 데이터, 기초물리량 및 데이터 처리 분석에 필요한 보조 데이터 등이 충분히 축적되어 있지 않기 때문에 데이터에 대한 보정이 충분히 이루어지고 있지 못하다. 또한 위성데이터로 부터 풍향, 풍속 및 해수면온도 등의 물리량을 계산할 수 있는 알고리즘등을 개발할 수 있는 기초연구 등도 충분히 이루어지고 있지 않다. 현재로서는 수신된 결과를 가지고 처리하는 수준인 1차처리(그림 5-8) 정도에 그치고 있어 사용자의 다양한 요구에 충분히 대응하지 못하고 있다.

위성으로 부터 수신된 초기 데이터 및 1차 처리된 데이터는 마그네틱 테이프에 기록되어 반영구적으로 보관되고 있다. 현재 운용중인 MOS-1, MOS-1b, JERS-1, Landsat, SPOT 및 ERS -1 등의 관측위성으로 부터 수신되어 저장된 데이터는 하루 550개의 scene으로 약 50GB 정도이지만, 현재 하루에 처리할 수 있는 영상처리 능력은 약 80 scene 정도이므로 수신 저장된 데이터량에 비하면 실제적으로 처리할 수 있는 데이터량은 매우 적으므로 이를 전부 처리하는 데는 많은 시간이 소요된다. 현재 기상관측 데이터는 해양 기상 브이(Buoy)나 선박 등에서 지상데이터를 수집하여 구름, 풍향, 풍속, 해수면 온도 및 해빙분포 등을 하루에 수차례 작성한다.

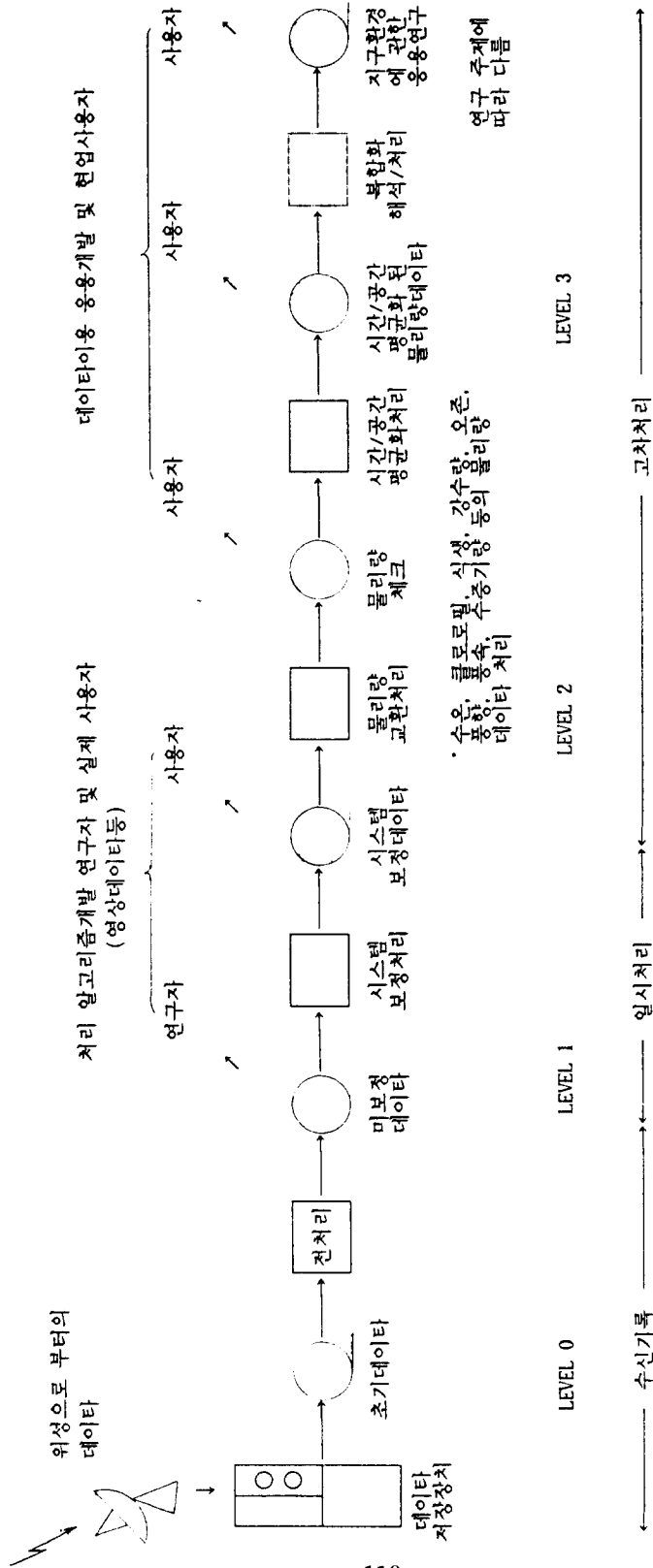


그림 5-8 데이터 수신으로 부터 처리까지의 흐름도

다. 데이터의 종합관리 및 제공 현황

현재 데이터는 마그네틱 테이프만으로 제공하고 있으나 사용자의 필요에 의해 마그네틱 테이프외에도 다양한 다른 매개체를 이용하고자 하는 노력이 진행중이다. 한편 현재 일본은 CEOS의 활동의 일환으로 지구관측 데이터의 이용을 추진하고 있는 국제데이터네트워크(CEOS-IDN)에 참여하여 미국의 항공우주국인 NASA, 유럽공동체연맹인 ESA와 공동으로 전세계의 사용자들에게 온라인을 이용하여 정보를 서어비스하고 있다. 이러한 시스템을 통하여 외국의 데이터센터의 목록에 대한 정보를 볼 수 있지만, 각기관마다 데이터 포맷이 다르고 네트워크 등을 독자적으로 운용하고 있기 때문에 데이터의 원활한 교류가 이루어지고 있지 못하다.

라. 해외 지상수신국 설치의 현황

지구관측위성으로 부터 데이터를 수신하는 방법으로는 데이터 중계위성 혹은 테이프레코드(tape record)를 이용하는 방식들이 일부 이용 되고 있지만, 지상국을 세계 각 지역에 설치 운용하여 지역별 데이터를 수집하는 방식이 주류를 이루고 있다. 이러한 방식은 위성을 운용하는 자율성이 최대한 확보되는 것으로 수신국 주변의 국가들이 실시간으로 데이터를 이용하고자 하는 경우가 많기 때문에 이를 수용하기 위해서는 필요 불가분하다. NOAA, Landsat, SPOT 및 ERS-1 수신을 위한 각국의 지상국은 아시아 태평양 각국에 산재해 있지만, 일본의 해외 지상수신국은 태국에 한개소에 설치되어 있을 뿐이다.

마. 데이터의 이용 현황

일본내에서의 기상위성 데이터는 일기예보등 광범위하게 사용되고 있지만, 지

구관측위성의 데이터는 주로 영상처리 기술 및 전용 시스템을 갖추고 있는 대학이나 국가 연구소 등에서 만이 Landsat, SPOT 등 고해상도의 데이터를 중점적으로 이용하고 있다. 그러나 최근 지구환경등의 문제로 인하여 전지구적인 관측데이터에로 관심이 확대되고 있는 추세이다. 이미 유럽에서는 해수면 온도, 해수면 높이, 해수면 색, 식생지수 및 오존 등의 처리를 한 데이터를 제공하고 있지만 일본내에서는 아직 실시하지 못하고 있다. 동남아시아의 각국에서는 실제로 국립기관에서 지구관측 데이터를 지도 작성, 산림등 천연자원의 관리, 방재 및 토지이용계획 등에 이용하고 있으며, 활발한 선진국의 기술 이전등으로 인해 그 이용도가 확대될 조짐이다.

세계적으로 Landsat 및 SPOT 등의 데이터는 보통 시장가격으로 배포하고 있지만, 지구환경감시등의 연구를 추진하기 위해서는 연구자들에게 좀더 싼 가격으로 데이터를 공급하는 방안이 CEOS 및 극궤도위성플레폼조정회의(EO-ICWG)등에서 현재 검토하고 있다.

2. 미국 EOSDIS 수준과 일본의 현황 비교

세계적인 수준인 EOSDIS가 목표하는 구체적인 기능과 일본의 현황을 비교 정리하여 그 결과를 표 5-1에 나타나 있다.

3. 지상시스템 정비와 데이터 이용촉진을 위한 기본적 방침

인공위성에 탑재된 관측센서에 의해 얻어진 데이터를 충분히 이용하기 위해서는 다양한 사용자의 요구에 부응하여 데이터의 잠재적인 이용가치를 높이고 데이터의 이용 촉진을 도모하는 동시에 아시아 태평양지역의 국가들과 국제적인 협력을 할 필요가 있다. 이를 위하여 지상시스템의 정비와 데이터 이용 촉진을 위해서 다음과 같은

표 5-1 세계의 대표적인 수준의 지상시스템(EOSDIS)과 일본의 지상시스템 현황 비교

항 목	EOSDIS	일본의 NASDA 지구관측 센터
수신·기록	<ul style="list-style-type: none"> · 데이터 중계위성, 테이프레코드에 의한 global 데이터 수집 · 직접수신에 의한 지역적인 데이터 수집 · 직접 간이 수신에 의한 지역적인 준 실시간 데이터 수집 	<ul style="list-style-type: none"> · 직접수신 및 테이프레코드에 의한 global 데이터 수집 · 직접수신에 의한 지역적인 데이터 수집
처리 능력	<ul style="list-style-type: none"> · 24시간 이내에 데이터 표준처리/배포 가능 · 준 실시간으로 필요한 데이터를 3시간 정도를 처리/배포 가능 	<ul style="list-style-type: none"> · 2주간 정도로 데이터 표준처리/배포 가능
처리 레벨	<ul style="list-style-type: none"> · Level 3 데이터 까지 정상처리 · Level 0-3의 각 level 제공 	<ul style="list-style-type: none"> · Level 1 데이터 까지 정상처리 · Level 1 만 제공 · ISY에서 일부의 level 3까지 시작
정보 수집 네트워크	<ul style="list-style-type: none"> · 지상국간 및 위성운용 설비간의 지상 네트워크 보유 · 데이터 중계위성을 이용한 위성의 운용관리용 네트워크를 보유 	<ul style="list-style-type: none"> · 추적관계 설비와 지구관측센터간의 위성 운용을 위한 네트워크 보유
정보 제공 네트워크	<ul style="list-style-type: none"> · 위성 데이터, 데이터 관리 정보를 사용자에게 제공하는 네트워크를 보유 	<ul style="list-style-type: none"> · 데이터 관리 정보를 PC 통신에서 사용자에게 제공하는 기능 보유
데이터 품질 보증	<ul style="list-style-type: none"> · 항공기실험, 지상실험 등의 검증, 교정실험 및 관계기관과 공동으로 각 분야에서 이용하기 위해 실증 실험을 실시하는 데이터 품질보증을 행하고 있음 	<ul style="list-style-type: none"> · 검증 및 교정 실험을 실시
사용자 서어비스	<ul style="list-style-type: none"> · 사용자 요구에 대응하는 데이터 관측 · 사용자 요구에 대응하는 매체로서 제공 · 데이터 관리 정보의 온라인 제공 · 플렉스 데이터의 온라인 제공 · 사용자용 계산기 환경의 제공 · 데이터의 온라인 주문 · 사용자 consoling · 연수, 훈련 	<ul style="list-style-type: none"> · MT, FD에 의한 데이터 제공 · 데이터 관리 정보의 온라인 제공 · 데이터를 창구로 통한 주문 · 연수, 훈련 · 창구 주문에 의한 데이터 관측
이용 촉진	<ul style="list-style-type: none"> · 다수의 연구 AO(센서개발연구 포함) · Science 팀 지원 · 다수의 연습 실험 · 다수의 실험 	<ul style="list-style-type: none"> · 검증 AO용 · ADEOS mission 팀

기본방침을 설정한다.

가. 이용자의 입장에서 데이터의 작성·제공

지상 실험등으로 인한 기초 데이터의 충분한 축적과 동시에 데이터 처리 알고리즘등을 개발하고 충분한 교정과 검증에 의해 데이터의 품질을 향상 시키고, 분야별로 데이터 세트등을 만들어 이용하기 쉽게 데이터 형태를 작성하여 사용자에게 제공한다. 지상 피복변화, 기후변동 등 장기적인 관측이 필요한 데이터를 장기적(반영구적)으로 보관하는 한편, 재해감시, 기상 등에 필요한 데이터를 적시에 제공한다.

나. 데이터의 고도이용의 촉진

데이터의 잠재적인 응용 가치를 도출하기 위해서는 데이터 제공자와 실수요자간의 공동연구가 이루어져야 하며, 또한 보급 개발 활동을 통하여 활용을 촉진시켜야 한다.

다. 위성 데이터의 효율적 수신 및 처리

앞으로 지구관측위성에 탑재될 관측 센서의 증가로 인하여 데이터의 양이 대폭 증가될 것으로 예상되므로, 데이터 전송의 고속화 뿐만아니라 운용 중인 지구관측 위성을 효율적으로 운용하여 지구를 관측하는 것과 동시에 주요지역에 수신시스템을 구축하며, 또한 데이터 중계위성등을 이용하여 효율적인 데이터 수신 및 처리를 수행한다.

라. 공통적인 연구기반의 정비

데이터 세트 작성과 또한 공통적으로 기초 연구에 필요한 tools 데이터 등의 데이터베이스 구축을 통하여 공통적인 연구의 기반을 정비한다.

마. 세계적인 지상시스템 수준과 조화를 이루도록 시스템을 정비

NASA의 EOSDIS를 시작으로 세계의 각국의 지상시스템과 협조하며, 국제적으로 효율적인 시스템을 형성하기 위해서는 세계적인 수준의 지상시스템으로 정비하고 이에 적합한 네트워크를 구축한다.

바. 종합적인 데이터 관리

세계적으로 데이터의 상호이용의 촉진, 데이터 규격의 통일 및 변환 시스템의 작성 등을 위하여 리모트 및 매체를 표준화 행하는 동시에 catalog를 통합관리 한다.

마. 아시아 태평양 지역에 대한 기반 정비

아시아 태평양 지역에 대한 지구관측 데이터의 이용을 촉진시키기 위하여 하나의 지상 시스템 기반과 다른 지상국을 네트워크로 연결하여 일본이 그 중핵의 역할을 담당하도록 하며, 지상 실험 데이터등을 포함하여 지구관측 데이터를 축적하는 데이터 센터를 일본에 설치 운영한다.

4. 미래의 일본 지상 시스템의 구상

일본의 지상 시스템에 대한 현황의 문제점과 그 개선 방책에 대해서 그림 5-9에 나타내었다. 앞으로 일본의 지상 시스템의 구상에 대한 정비는 아래와 같으며, 이에 대한 개념도를 그림 5-10에 나타내었다.

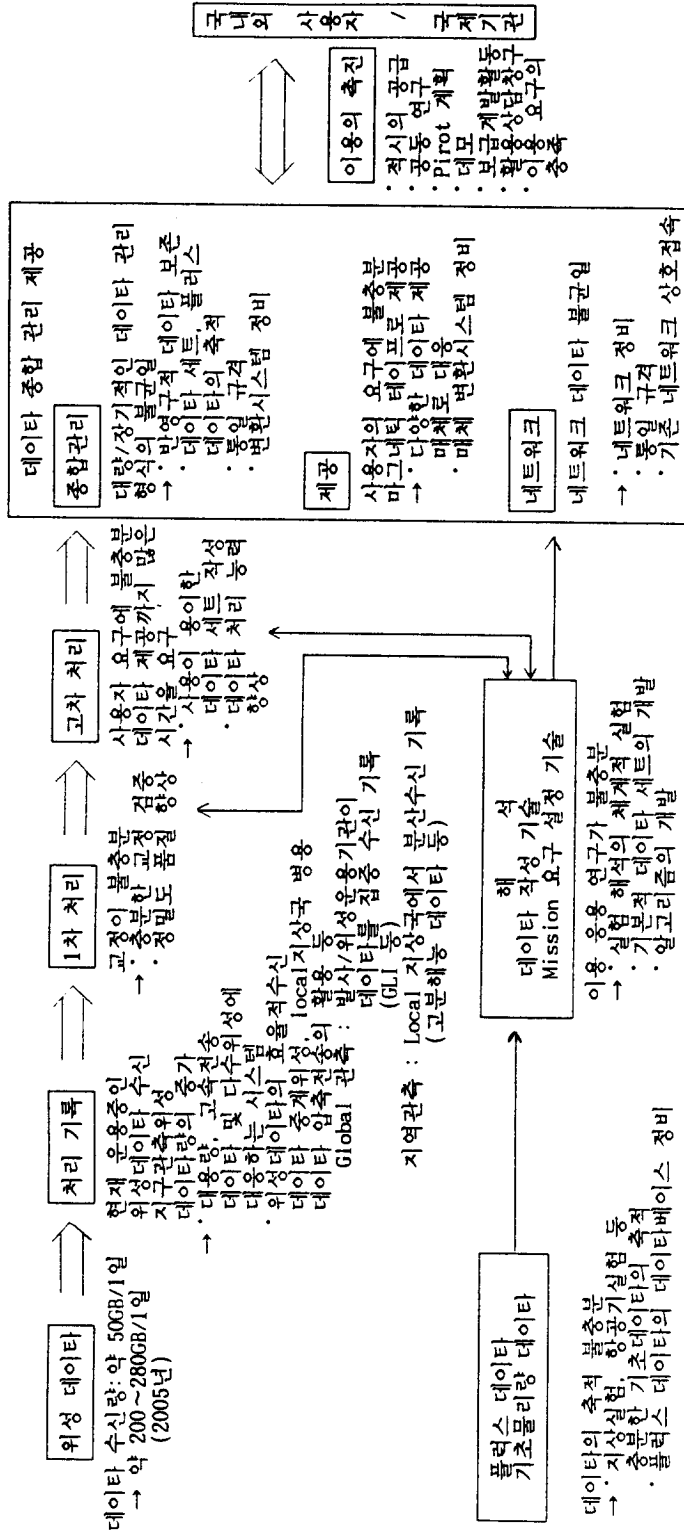


그림 5-9 지상시스템 현황의 문제점과 개선점의 정비

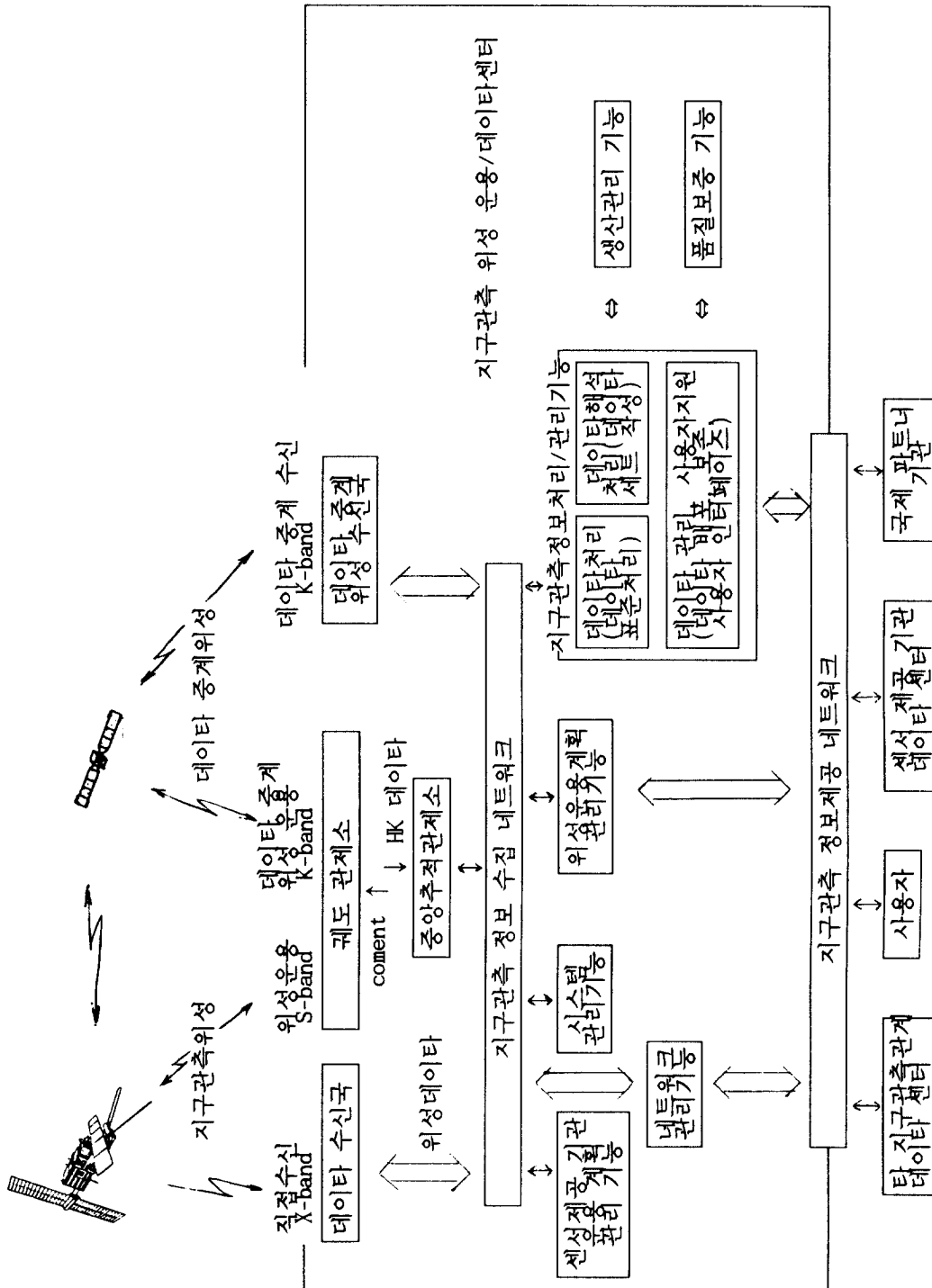


그림 5-10 미래의 지국관측 시스템(지상 시스템)

가. 지구관측위성 운용센터 기능의 정비

1) 수신국의 정비

앞으로 지구관측위성에 탑재되는 관측 센서의 증가에 따라 데이터의 양이 대폭적으로 증가할 것으로 예상되므로, 하루에 수신되는 데이터의 양은 200~280GB 정도 될 것으로 예상된다. 이러한 방대한 데이터량을 효율적으로 수신하기 위하여는 전지구적인 지구관측 데이터와 지역 관측 데이터의 수신 처리 기능을 분할하여 운용하여야 한다.

일본이 발사하는 지구 전역을 관측하는 위성에 대해서는 데이터 중계위성의 활용 및 데이터 레코더를 위성에 탑재하여 일본에서 전지구 표면의 데이터를 수신할 수 있도록 한다. 또한 지역적인 관측 데이터에 대해서는 각 수신국에서 분담하여 수신, 기록 및 처리하고 인도네시아 등 관측상 중요한 지역 등에는 수신국을 설치하여 운용하도록 한다.

2) 지구관측 정보수집의 네트워크에 대한 정비

일본 및 아시아 태평양 지역의 관측 위성 데이터 및 데이터 처리에 필요한 보조 데이터 등을 효율적으로 취득하고, 사용자들의 필요에 적절하게 대응할 수 있는 지구관측위성의 운용계획입안을 제정하여 운용하며, 또한 각 지상국간을 연결하는 지구관측 정보수집 네트워크를 정비한다. 또한 전지구적인 데이터의 수집 및 처리를 위해서 지상국간을 고속으로 데이터를 전송할 수 있는 네트워크를 정비한다.

나. 데이터센터 기능의 정비

1) 데이터의 처리

지구관측위성으로 부터 수신된 데이터와 지상의 관측 데이터를 비교, 분석 및

평가하며, 영상 처리를 하기 위한 소프트웨어(알고리즘 등)를 연구 개발하여, 데이터의 정밀도나 품질을 향상 시키는 동시에, 풍향, 풍속, 해수면온도 등의 물리량을 추출하고 지구 전체의 생물분포도, 해상공 데이터 세트 및 오존 맵 등의 데이터를 작성한다. 또한 데이터 처리 능력을 향상시키고 수신된 방대한 양의 데이터를 24시간이내에 1차 처리하여 그밖의 지구관측관계 데이터센터 등에 배포하고, 연속으로 표준적인 데이터세트를 72시간내에 고차처리를 하여 사용자등에게로 배포한다. 그리고 실시간과 같은 시간에 필요한 데이터는 3시간이내에 1차처리하여 사용자들에게 배포한다. 그리고 사용자로부터 요구되는 특정한 데이터 세트는 1~2 주내에 배포한다.

2) 데이터의 종합관리

수신·처리된 지구관측 데이터의 catalog 정보 및 플럭스(flux) 데이터(화상 catalog 데이터)를 정비한다. 또한, 1차처리된 데이터 뿐만아니라 모든 데이터 세트를 모아 반영구적으로 데이터들을 보존하고 데이터 세트 작성을 위한 보조데이터 등도 모아 관리한다. 관측데이터를 국제적으로 상호이용하기 위해서 기존 데이터의 포맷을 표준화 시킨다. 동시에 국제표준의(예:CEOS에서 제안한 형식) catalog 정보 및 세계의 사용자들에게 네트워크를 이용하여 catalog와 플럭스 데이터를 제공한다.

3) 데이터의 제공

사용자의 다양화와 매체의 급속한 발전으로 인하여 종래의 사진 및 마그네틱 테이프 뿐 아니라 광매체(CD-ROM, 광자기디스크), 자기매체(8 mm 테이프, D1 카세트 등)에 의해 위성데이터 및 분석에 필요한 보조 데이터를 제공하는 시스템을 정비하는 동시에 다른 기종의 매체로 변환하는 시스템을 정비 한다. 또한 사용자들의 다양한 요구에 대응, PC 통신 네트워크등을 통하여 사용자들의 상담을 받는 창구를 설치하여 데이터의 온라인(on-line) 주문, 온라인 제공, 상담, 데이터 사용자의 훈련 및 연수 등

의 사용자 지원을 한다.

다. 지구관측 정보 제공 네트워크의 정비

일본의 지구관측 정보 제공 네트워크의 개념도를 그림 5-11에 나타내었다.

1) 국제적인 네트워크

세계적으로 데이터의 상호이동을 표시하고, 데이터의 이용을 추진하기 위하여 외국의 주요기관(NASA, ESA 등) 및 아시아 지역 각국의 주요 네트워크의 접속을 실시한다. 특히, 아시아 태평양 지역에 대해서는 일본이 네트워크의 주요 루우트가 된다.

2) 일본내의 네트워크

연구를 위한 데이터의 보급을 촉진하기 위해 일본내의 주요 연구기관과 네트워크를 연결한다. 또한 지방자치체에 있어서 국토지리정보(GIS)등의 이용을 추진하기 위한 국내의 기존 네트워크와 상호 접속을 진행한다.

3) 주된 유통 정보

외부의 네트워크를 통하여 통신되는 정보로는 아래와 같은 것이 있다.

- ① 위성운용관계 정보(위성의 관측·수신 요구, 관측 계획, 위성궤도 정보 등)
- ② 데이터 관리 정보(CEOS-IDN 근거한 directory, inventory 정보 등)
- ③ 플렉스 데이터(영상 catalog 데이터)
- ④ 지구관측위성으로 부터 수신된 기상 방재등과 같이 실시간으로 사용되는 데이터)
- ⑤ 분석 소프트웨어 및 각지에서 입수된 분석을 위한 보조 데이터
- ⑥ 사용자 서어비스(service) 정보

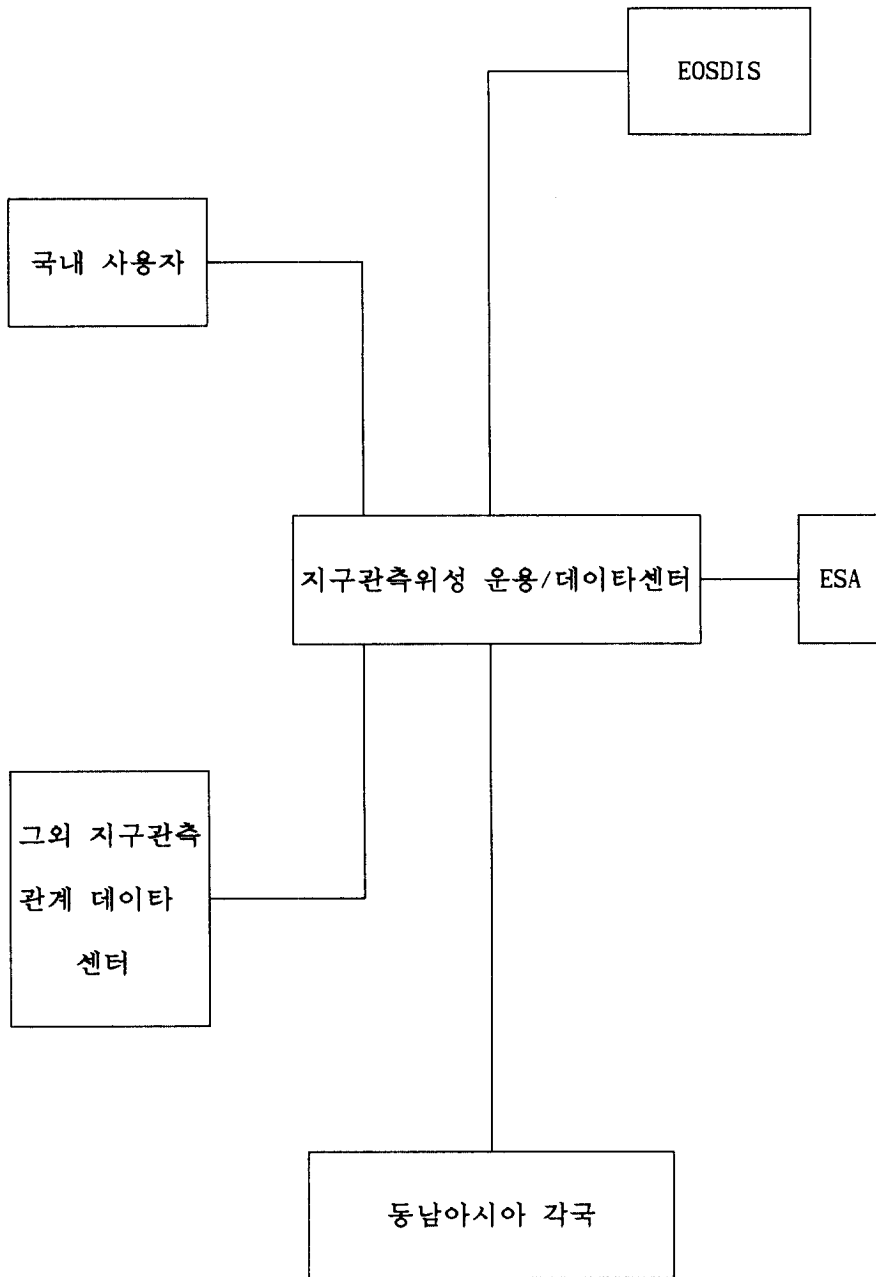


그림 5-11 지구관측정보 제공 네트워크 개념도

⑦ 수신국간의 처리되지 못한 데이터(준 실시간 처리용)

라. 데이터 이용의 추진

일본에서 추진되고 있는 지구관측 데이터 이용기술의 개념도를 그림 5-12에 나타내었다.

1) 데이터 이용 요구의 수집

국내외의 지구환경 연구원 및 각종 연구기관의 지구관측위성 데이터 사용자의 사용 요구를 한 곳에 모으는 일을 하고 이것을 구체적으로 센서, 위성, 지상시스템의 이용, 개발 및 데이터 이용의 계획 등으로 분류, 구체화 시키며, 또한 사용자의 요구를 유도한다.

2) 공동연구 프로젝트의 실시

데이터가 가진 잠재적인 이용 가치를 도출하기 위하여 데이터 제공자와 사용자 간의 협력에 의한 공동연구 프로젝트(파이로트 계획) 등을 실시하여 데이터의 이용 및 응용을 실증한다. 또한 데이터 이용자를 지원하여 잠재적인 요구를 구체적인 요구로 만들어 새로운 센서등의 개발 필요성을 적극적으로 산출하도록 한다.

3) 보급 및 계몽 활동의 실시

일본 및 아시아 태평양 지역에 대해 데이터 이용의 시뮬레이션(simulation)등으로 인공위성 데이터의 유효성을 실증하는 데모, 교육 연수등의 보급 및 기술 이전을 촉진하기 위해 연수센터 기능, 기술이전 프로그램(세미나, 전문가 연수 등)을 정비한다.

마. 데이터 이용의 공통 연구 기반의 정비

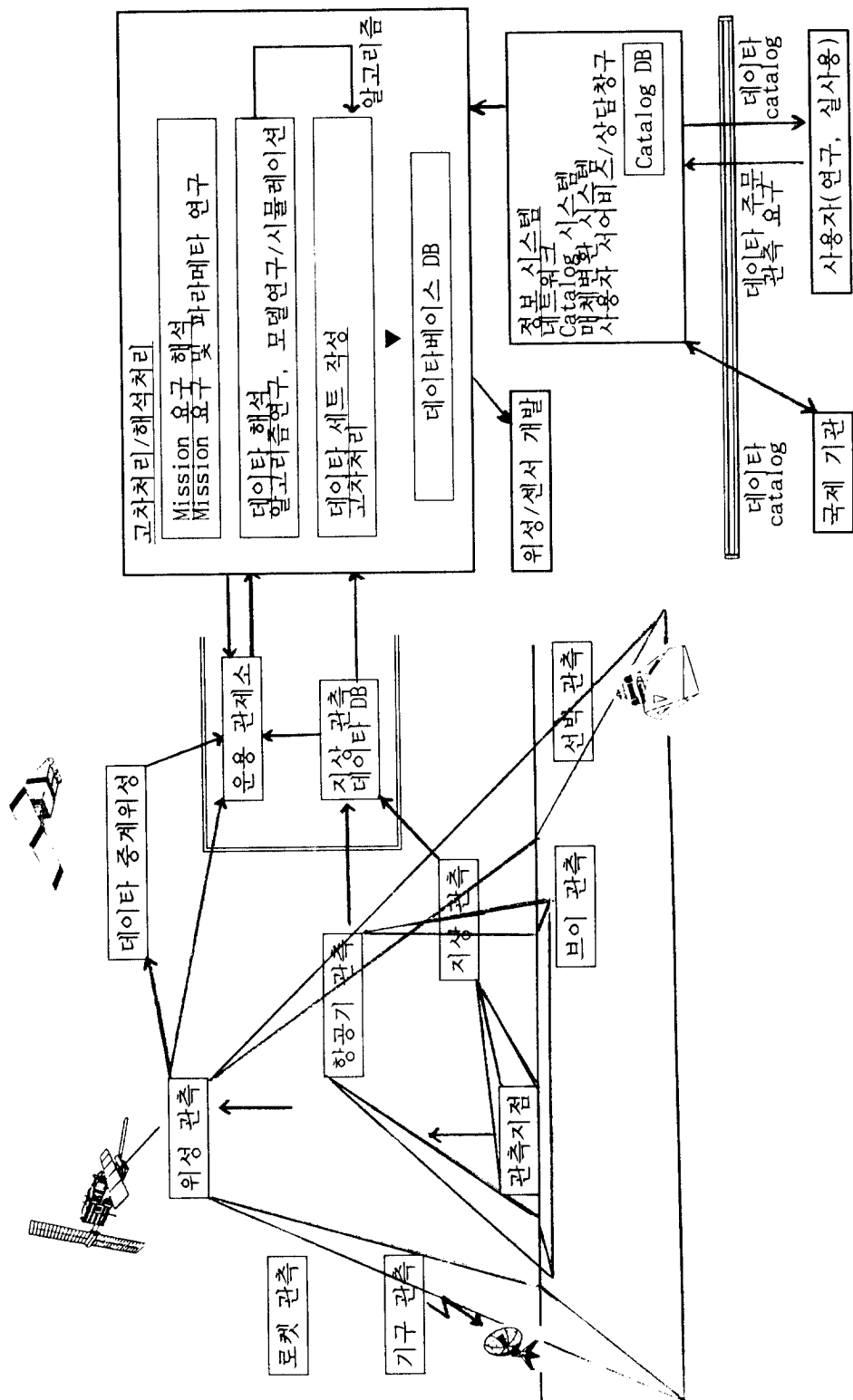


그림 5-12 지구관측 데이터의 이용기술의 개념도

일본의 NASDA등에서는 데이터의 사용을 용이하도록 하는 데이터 세트의 작성과 관측 센서에 의해 관측되는 데이터의 항목, 품질 및 정밀도 등의 요구를 최적화하기 위하여 아래의 연구 기반을 정비하고 있다.

1) 데이터 세트 작성 기술

① 데이터 세트 작성을 위해 필요한 플렉스 데이터의 데이터베이스의

교정·검증, 알고리즘 개발을 위해 필요한 대표적이고 정기적인 지상, 브이, 선박 및 항공기로 부터의 관측 데이터를 수집 및 정리 하고, 공동 연구동의 상호 이용을 위해 이를 데이터베이스화 한다.

② 데이터 세트 작성을 위한 알고리즘

지구관측위성으로 부터 수신된 데이터로 부터 풍속, 풍향 및 해수면 온도 등의 물리량의 추출에 필요한 알고리즘을 개발한다.

③ 기본적 데이터 세트

위성동기 관측실험등 복합 데이터를 분석한 평가용 데이터 세트 및 널리 이용할 수 있도록 만든 기본적 데이터 세트(수개의 데이터 세트, 지구표면 투영 데이터 세트, 전지구적 또는 지역적·모자이크·데이터 세트 등)등을 개발한다.

2) 임무(Mission) 요구 설정 기술

① 임무 요구 설정을 위해 필요한 tools 데이터의 데이터베이스, 장래의 지구

관측위성 mission, 지상시스템 mission 요구 및 사용자 인터페이스 등을 설정하기 위해 필요한 관측대상 물리량의 기초데이터와 신규 센서의 지상·항공기 등에 의해 파라메트화한 관측 데이터를 수집·정리하여 데이터베이스화를 한다.

② 분석평가 알고리즘

대상물의 관측에 가장 적당한 센서를 선정하기 위한 모델화, 데이터를 이용한 시뮬레이션 등에 필요한 분석평가 알고리즘을 개발한다.

③ 관측 파라메타 평가 기술

관측 실험을 체계적으로 실시하여 실제의 관측 데이터를 평가하는 것에 의한 알고리즘의 검증, 평가 및 개량을 한다.

바. 공동연구의 추진

1) 일본내의 공동연구 추진

종합 과학기술인 인공위성에 의한 지구관측은 인공위성의 개발, 운용 및 데이터의 이용등의 각 분야에 여러 분야의 과학기술의 통합(integration)이 필요하다. 인공위성·관측센서 및 지상시스템의 개발기관과 데이터 이용 연구기관의 협력에 의해 상호의 과학기술 능력을 보완하고 임무(mission) 파라메타의 설정, 알고리즘의 개발, 교정·검증 데이터 세트의 작성 등을 위한 연구 자원을 효율적으로 활용한다. 예를들면 해양, 대기, 육지, 방재 등 핵심이 되는 연구기관과 지구관측 시스템의 연구개발 기관과의 프로젝트형의 공동연구를 추진한다.

2) 국제공동연구의 추진

인공위성은 지구전체의 흐름을 관측하는 global한 특성을 지니고 있어 연구 개발 및 이용에 있어서 수준 높은 외국의 기관과 협력하여 연구 자원을 효율적으로 활용한다. 또한 아시아 태평양 지역에 있어서는 각지역의 지형적인 특성과 각국의 능력에 따라 분담하여 다국간의 공동연구를 추진하고 있다.

5. 사용자에게 대한 데이터 제공

데이터를 배포하는데 있어서 현재로는 상업적으로 배포되는 데이터의 가격이 비싸기 때문에 일반적인 연구자이나 후진 개발국의 이용자가 데이터를 구입, 사용하는 데는 무리가 따른다. 따라서 지구환경 문제 등에 대한 연구를 활성화 시키기 위하여서는 이러한 상황을 개선할 필요가 있으므로 현재 국제적인 데이터 공급기관(CEOS, EO-ICWG)에서는 연구용 데이터의 배포가격(가능한 저가격)이 논의되고 있다. 일본에서도 위와같은 국제적인 흐름에 발맞춰서 데이터가 연구 목적에 이용되는 것이 전제되면 가능한 저가로 공급하려 하고 있다.

6. 데이터 수신 처리국의 현황

가. 지상 시스템 현황

1) 우주개발사업단의 지구관측센터

- Landsat, SPOT, MOS, ERS-1, JERS-1의 수신(MOS-1, JERS-1의 수신국과 수신 범위를 그림 5-13, 5-14에 나타내었다.)
- 전체적으로 위성 데이터 수신은 계획적으로 수신하는 MOS, JERS-1의 사용자의 요구에 의해 수신하는 외국의 위성들이 있다.

2) 우주개발사업단의 태국지국

- MOS의 수신
- JERS-1은 금년 12월 부터 수신 개시
- 매월의 데이터를 수록하고 태국의 요구에 의해 지구관측 센터에서 표준처리(MOS는 연간 400 scene).

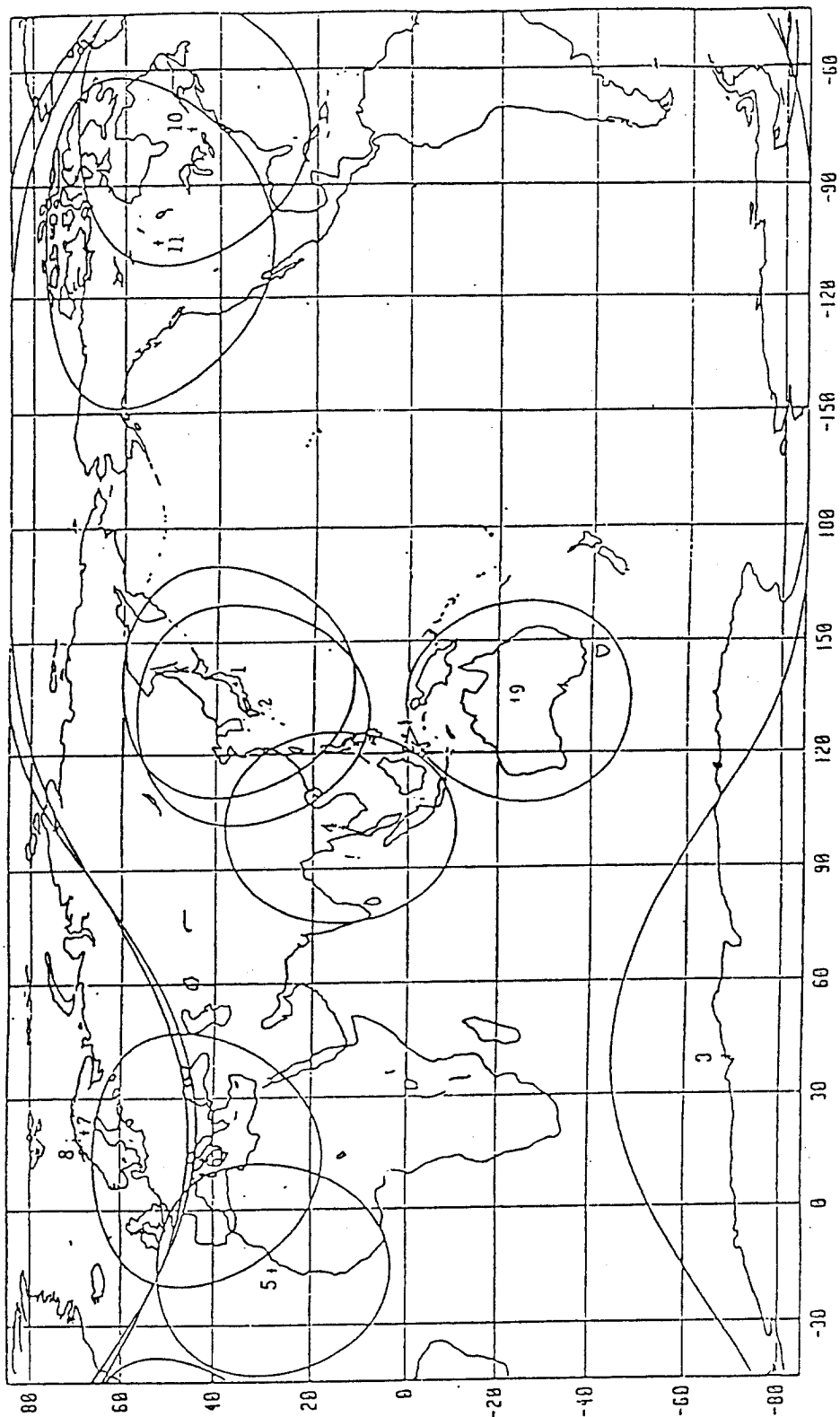


그림 5-13 MOS 수신국과 수신범위

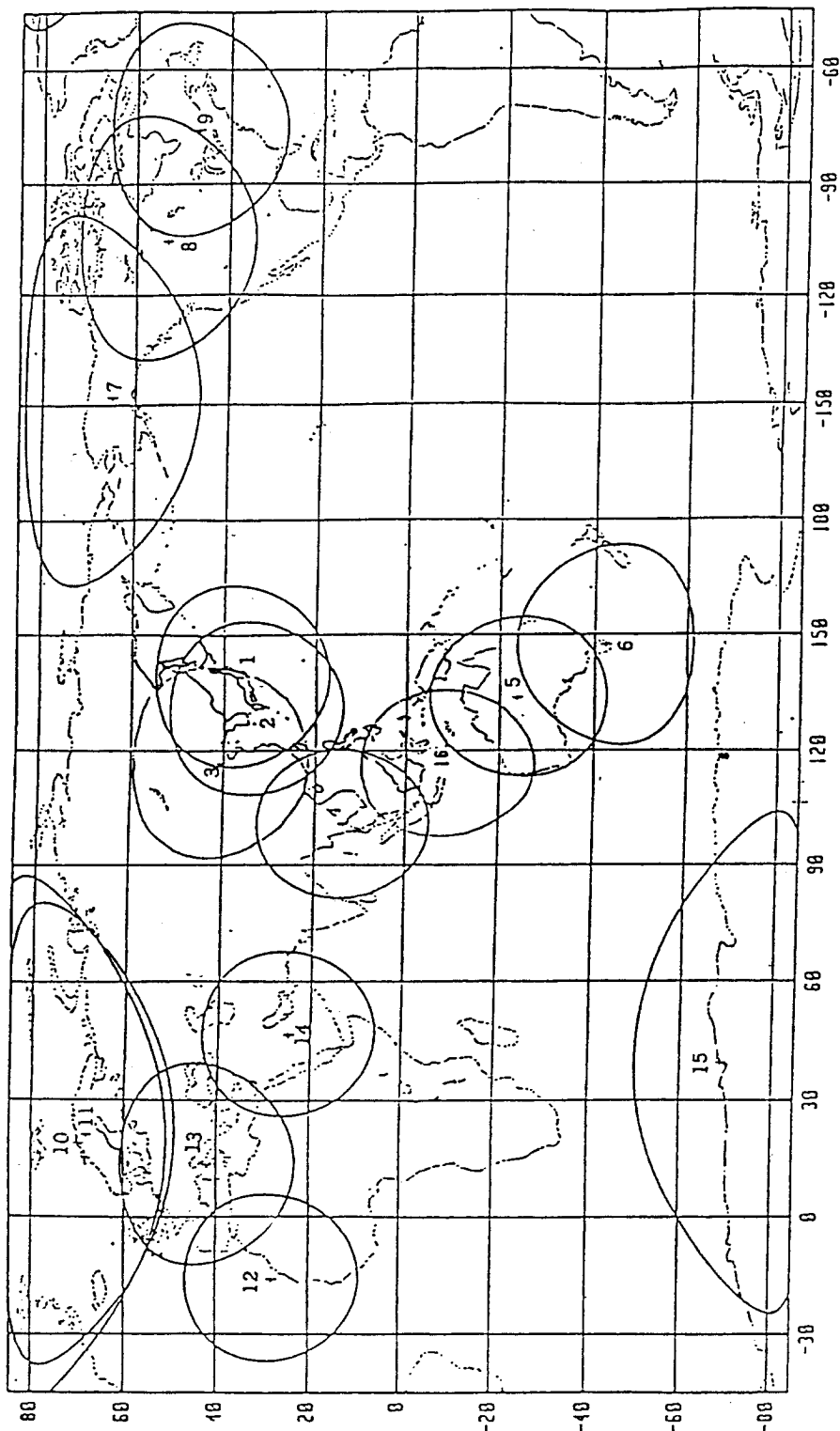


그림 5-14 JERS-1 수신국과 수신범위

3). 동해대학 우주정보센터(농본국)

- MOS, ERS-1, JERS-1의 수신
- 내부 이용요구에 의한 수신
- 연 1회의 데이터를 수송, 극지연의 요구에 의한 지구관측센터에서의 표준처리
(MOS는 연간 300 scene, JERS-1은 TBD)

나. 데이터 센터의 현황

1) 우주개발사업단 지구관측센터

- 수신된 데이터의 표준처리, 보존 및 일반 배포
- 외국 위성의 데이터 표준처리는 주문 후 생산
- 유상으로 일반 배포(상업적인 가격으로 부터 실비 가격상으로 가격체계의 변경중)

2) 태국의 NRCT

- 지구관측센터에서 표준처리된 데이터의 보존 및 내부 이용

3) 동해대학 정보기술센터

- 내부적인 수요 요구가 발생할 때 농본국에서 수신된 데이터의 표준처리, 보존 및 배포
- 내부적으로 이용하기 위한 연구적 목적의 고도처리 데이터의 작성

4) 문부성 극지 연구소

- 지구관측센터에서 표준처리된 데이터의 보존 및 내부 이용

5) 리모트센싱(Remote Sensing)기술센터(RESTEC)

- 지구관측위성 데이터를 일반적으로 배포

6) 자원관측분석센터(ERSDAC)

- 지구관측센터에서 제공하는 JERS-1 위성의 표준처리된 데이터의 분석, 고도 처리된 자원데이터의 작성, 보존 및 배포

7. 네트워크 현황

- 데이터 통신용으로 사용되는 네트워크는 없다.
- JERS-1, SPOT, ERS-1 위성 운용계획에 관련된 네트워크(운용센터간)
- CEOS-IDN(국제 directory)는 TISN(동해대 이학 네트워크)에 가입한 NASA, E 와 접속되어 상호이용하고 있어 외국의 데이터센터의 inventory 정보의 유람이 가능하다.
- 지구관측센터이외의 지구관측 데이터용 네트워크는 없다.

제 6 장 결 론

전 세계적으로 지구 환경변화의 심각성이 부각되고 있으며, 또한 국가 안보 면에서도 지상수신소 설치의 중요성이 대두되고 있다. 위성탐사자료들은 자료 생산국에서 대상국이나 기관에 차별없이 공급되고 있으나, 타국에서 생산된 자료의 구입에는 시간상의 제약때문에 실용성이 떨어지고 있다. 따라서 자국에서 직접 자료를 수신하여 적시에 활용할 수 있는 지상수신소의 설립과 기능의 정립 및 운영이 요구되고 있다.

이러한 지상수신소의 설치에는 막대한 재원이 필요하나, 경제적인 측면에서의 상업성의 결여로 민간의 투자가 기대 될 수 없는 여건이며, 자료의 활용면에서 첨단 기술의 개발, 국가 안보 및 환경 정보의 수집 수단으로서의 가치가 크므로 국가가 지원하는 지상수신소와 위성탐사정보센터(예:National Remote Sensing Center)의 운영이 필요하다. 지상수신소 시설의 단계적인 구축으로서 기존의 전파연구소의 시설을 일시적으로 이용하고 KIST 부설 시스템공학연구소의 슈퍼컴퓨터 Cray-2s의 시설과 각종의 소프트웨어 및 인력을 이용하며 미비된 시스템을 한국과학기술원 인공위성센터에 설치하여 연계시키도록 한다. 이 중 우선 위성데이터를 전처리 할 수 있는 시스템을 프랑스의 MATRA MS2i사로 부터 도입하여 위성데이터를 사용자의 요구에 맞도록 처리할 수 있는 능력을 갖추며, 단계적으로 이를 기존의 다른 시스템과 연계시킨다. 이 시스템은 첨단의 장비는 아니나, 기존의 시스템을 최대한 이용할 수 있어 저가로 시스템을 설치할 수 있으며, 또한 향후 시스템의 기능을 쉽게 향상 시킬 수 있도록 되어 있고, 또한 시스템공학연구소의 기존의 시스템 및 인력을 최대한 활용할 수 있는 장점이 있다. 본 연구에서는 인공위성센터에 설치되는 위성데이터 전처리 시스템을 분석하였고 또한 추진되고 있는 우리별의 CCD 영상자료 처리과정도 분석하였으며, 이러한 전처

리된 데이터를 처리 분석할 수 있는 슈퍼컴퓨터용 영상 처리 분석 소프트웨어를 보완 개발하였다.

이러한 지상수신소는 데이터의 수신, 저장 및 배포의 기능 뿐 아니라 데이터의 처리등의 서비스를 통하여 데이터의 활용 촉진하고, 각종의 관련 응용연구를 개발하며, 앞으로의 탐사위성의 센서의 개발의 기초연구 등을 담당할 수 있는 종합적인 국립원격탐사센터(National Remote Sensing Center)로서의 기능을 정립하여 나아가야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 박경윤, 김경숙, 박종현, 윤기준외 5인, 1992, “위성전파 신호처리기술 연구 (I)”, 한국과학기술연구원 시스템공학연구소.
- [2] 박경윤, 윤항목, 최원식, 조천환, 조성익외 2인, 1986, “원격탐사 자료 응용 기술 연구(I)- 한강 홍수위와 침수구역조사(I)”, 과학기술처 특정연구보고서.
- [3] 양영규, 조성익, 1992, ERIMS 기술 사양 설명서.
- [4] 양영규, 배영래, 이정숙, 이현우, 이은경, 1986, “원격탐사 자료 응용 기술 연구 -위성 수신소용 영상 처리 소프트웨어 개발(I)”, 과학기술처 특정연구보고서.
- [5] 양영규, 김의홍, 배영래, 이정숙, 이현우외 2인, 1986, “국토정보 관리를 위한 원격탐사 응용 기술 개발(I)”, 과학기술처 특정연구보고서, 201 p.
- [6] 일본리모트센싱추진회의, 1993, “우주로부터 지구관측장기 시나리오에 관한 지 상 시스템의 정비 및 데이터 이용 추진 방책에 관하여”, 제 2차 중간보고서.
- [7] 한국기계연구원 항공우주연구소, 1993, “항공우주 기술개발 중장기 정합계획 (안), 1993-2002”.
- [8] 인공위성센터, 1993, “우리별 2호 탑재물 개발 계획 계획 초안”
- [9] Bernstein, R., Colby, C., Murphrey, S.W. and Snyder, J.P., 1983, Image Geometry and Rectification, in “Manual of Remote Sensing” (Cowell, R.W. et al., Ed.), Vol. I. American Society of Photogrammetry(ASP), USA.
- [10] Curran, P.J. 1980, Relative Reflectance Data from Preprocessed Multispectral Photography, *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 1.

- [11] Curran, P.J., 1983, Estimating Green LAI from Multispectral Aerial Photography, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol. 49.
- [12] Curran, P.J. and Williamson, H.D., 1987, GLAI Estimation using Measurements of Red, Near Infrared, and Middle Infrared Radiance, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol. 53.
- [13] Gonzalez, R.C. and Wintz, P.W., 1979, "Digital Image Processing", Addison-Wesley, Reading, USA.
- [14] Hall, E.L., 1979, "Computer Image Processing and Recognition", Academic Press, New York(USA).
- [15] Kuo, S.S., 1972, "Computer Applications of Numerical Method", Addison-Wesley, London(UK).
- [16] Kauth, P.J., Lambeck, P.F., Richardson, W., Thomas, G.S. and Pentland, A.P., 1978, Feature Extraction Applied to Agricultured Crops as seen by Landsat, The LACIE Symposium, *Proceedings of the Technical Session*.
- [17] Lautenschlager, L.F. and Perry, C.R., 1981, Comparison of Vegetation Indices based on Satellite-Acquired Spectral Data, *Proceedings of the Survey Research Methods Section of the American Statistical Association*.
- [18] Maurer, H.E., Oberholtzer, J.D. and Anuta, P.E., 1979, "Synthetic Aperture Radar / Landsat MSS Image Registration", NASA Reference Publication 1039, NASA.
- [19] MATRA MS2i, "Technical Proposal of SPOT SATELLETE DIRECT RECEIVING STATION", 1992.

- [20] McDaniel, K.C. and Haas, R.H., 1982, Assessing Mesquite-Grass Vegetation Condition from Landsat, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol. 48.
- [21] Monmonier, M. S., 1982, "Computer-assisted Cartography", Prentice-Hall, Englewood Cliff.
- [22] PCI Inc., 1991, "PACE Multispectral Analysis Manual".
- [23] Perry C.R. and Lautenschlager, L.F., 1984, Functional Equivalence of Spectral Vegetation Indices, *Remote Sensing of Environment*, Vol.14.
- [24] Pratt, W.K., 1978, "Digital Image Processing", John Wiley & Sons, New York(USA).
- [25] Schowengerdt, R.A., 1983, "Techniques for Image Processing and Classification in Remote Sensing", Academic Press, New York(USA).
- [26] Wardley, N.W. 1984, Vegetation Index Variability as a Function of Viewing Geometry, *International Journal of Remote Sensing*, Vol.5, pp. 861-870.
- [27] Wiegand, C.L., Richardson, A.J. and Kanemasu, E.T., 1978, Leaf Area Index Estimates for Wheat from Landsat and Their Implications for Evapotranspiration and Crop Modelling, The LACIE Symposium, *Proceedings of the Technical Session*.
- [28] Yazdani, R. and Derenyi, E.E., 1983, A Simple Approach for Monitoring Vegetation Changes for Use with a Digital Geodata Base, *Proceedings of the RNR Symposium on the Application of Remote Sensing to Resources Management*.