

한국천문연구원의 태양 및 우주환경 모니터링 시스템 개발: I. 실시간 자료취득과 응용

박형민^{1†}, 문용재¹, 조경석¹, 박소영¹, 이상우², 이우경¹, 박영득^{1,3}, 김연한¹
¹한국천문연구원, ²에스이랩, ³빅베어 태양 천문대

DEVELOPMENT OF KAO SPACE WEATHER MONITORING SYSTEM: I. REAL-TIME DATA ACQUISITION TOOLS AND APPLICATIONS

Hyungmin Park^{1†}, Yong-Jae Moon¹, Kyung-Seok Cho¹, So-Young Park¹,
Sangwoo Lee², Woo-Kyoung Lee¹, Young-Deuk Park^{1,3}, and Yeon-Han Kim¹
¹Korea Astronomy Observatory, Daejeon 305-348, Korea
²SELab., Seoul 151-057, Korea
³Big Bear Solar Observatory, NJIT, USA
E-mail: hmpark@kao.re.kr

(Received November 11, 2004; Accepted November 30, 2004)

요 약

우주환경을 예보하거나 연구하는데 있어서 실시간 자료 취득은 점점 중요해지고 있다. 우리는 본 연구에서 실시간으로 자료를 획득하고 전시하는 방법을 개발하고 이를 우주환경 감시에 활용하였다. 이를 위해 우선 IDL과 shellscript을 사용하여 실시간으로 우주환경 자료를 얻을 수 있고 ION(IDL on the Net)을 이용하여 웹상에서 사용자 중심의 자료전시를 구현하는 기본 프로그램을 개발하였다. 이를 기반으로 태양 활동영역의 다양한 관측 자료를 보여주는 Active Region Monitor(ARM)의 미러사이트를 구축하였고, GPS 자료를 이용하여 우리나라에서 운용중인 위성(우리별 3호, 아리랑 1호, 과학기술위성 1호)이 지나가는 경로상의 총 전자 함유량을 보여주는 프로그램을 개발하였다. 한국천문연구원에서 운영하고 있는 ARM 미러사이트는 (<http://sun.kao.re.kr/arm>) 현재 성공적으로 운영되고 있으며, 매 30분마다 업데이트되고 있다. GPS 데이터와 위성의 궤도정보를 이용하여 만들어진 TEC 지도는 국내 위성 궤도상의 우주환경을 감시하는데 유용하게 사용될 것이다.

ABSTRACT

Recently, real time data acquisition become important for space weather forecast and research. In this work, we have developed the data acquisition tools and their applications for space weather monitoring. We have developed programs to download the space weather data using IDL as well as programs to interactively display the image and data using ION (IDL on the Net). By using these tools, we have constructed the mirror site of Active Region Monitor (ARM) which summarizes several different solar activities, and developed ION programs to display TEC(Total Electron Contents) maps from GPS data at the passage of Korean satellites. At present, the KAO

[†]corresponding author

ARM mirror site (<http://sun.kao.re.kr/arm>) is successfully updated in every thirty minutes. The TEC maps from GPS data are expected to be used for monitoring the space environment of Korean satellites.

Keywords: space weather, active region monitor, TEC map

1. 서 론

우주환경은 인공위성이 위치하고 있는 지구근접 우주공간을 포함하며 이들은 태양 물질 분출 및 플레어와 같은 태양활동 현상에 의해 수시로 물리적 환경이 급변한다. 오늘날 위성과 통신산업은 날이 갈수록 중요해지고 있는 만큼 우주환경 변화를 잘 예측하고 예보하는 일들이 점점 중요해지고 있다. 미국, 일본, 유럽연합 등 선진국들은 이러한 우주환경의 중요성을 인지하여, 우주환경이 미치는 영향을 예보하는 서비스를 통해 일반인들과 수요자들에게 공급하고 있다(e.g. <http://sec.noaa.gov>). 그러나 국내에서의 우주환경 연구는 여러곳에서 산발적으로 이루어져 왔으며 태양 및 우주환경 상태를 감시하고 예측하는 기술은 아직 초보적인 단계에 머물러 있다. 국내의 경우, 지난 22주기 태양활동 극대기를 맞아 태양 및 우주환경 연구간의 긴밀한 연구교류가 있었으며 그 결과로 민경욱 등(2001)은 국내 연구공동체의 연구협력을 이루고 종합적인 우주환경진단을 위해 우주환경관측시스템의 구축과 위성 운용자료의 구축 방안 등을 제시한 바 있다. 특히 지난 2003년 10월 말의 태양활동 및 우주환경의 변화는 국내 관련 연구자들의 관심과 위성 및 통신 관련 기관의 주목을 받은 사건으로 기록된다. 조정석 등(2004)은 지난 10월 말의 태양활동과 우주환경의 변화를 분석하고 국내의 위성 및 통신에 미친 영향을 조사하였다. 그 결과, 우리나라 상공 전리층의 변화와 무선통신 및 GPS 신호의 영향이 있었음을 확인하였다. 또한 아리랑 위성 1호의 궤도예측 정밀도의 저하 및 고도 감쇄율의 증가를 확인하였다. 이러한 우주환경의 변화와 그 영향을 분석하고 예측하기 위해서는 독자적인 우주환경 모니터링 시스템의 구축(박소영 등 2004)과 태양 및 우주환경 실시간 자료의 취득 및 데이터 베이스의 구축이 선행되어야 한다.

본 연구에서는 이러한 우주환경 감시를 위한 기반기술을 개발하여 이를 실제로 적용시켜 보려고 한다. 이에 필요한 선행작업으로, 하드웨어 시스템을 구축하였고, 네트워크 속도측정, 실시간 자료 취득 프로그램 개발, 자료 전시용 프로그램을 개발하였다. 이러한 기본 작업들을 바탕으로, 태양 활동지역 모니터(Active Region Monitor, ARM) 미러사이트를 구축하였으며, 국내위성 궤도상의 이온층 총 전자지도 작성하여 웹 상에서 서비스하고 있다. 이 논문에서는 2장에서 서버 구축에 관하여, 3장에서는 자료취득 및 전시 프로그램을, 4장에서는 태양 활동지역 모니터 미러사이트 구축을, 5장에서는 전지구적 이온층 총전자함량 분포지도 작성에 대해서 설명하고자 한다. 마지막으로 결론과 향후계획을 6장에 기술하였다.

2. 우주환경감시 서버 구축

신뢰할 만한 우주환경을 예측하고 예보하기 위해서는 국내뿐만 아니라 국외의 방대한 태양 및 우주환경 관측자료를 사용할 필요가 있다. 이를 위해서는 우선 방대한 우주환경 관련 자료들을 저장하고, 외부 기관으로부터 관련 자료를 취득하기 위한 안정적인이고 효율적인 하드웨어 시스템 구축이 이

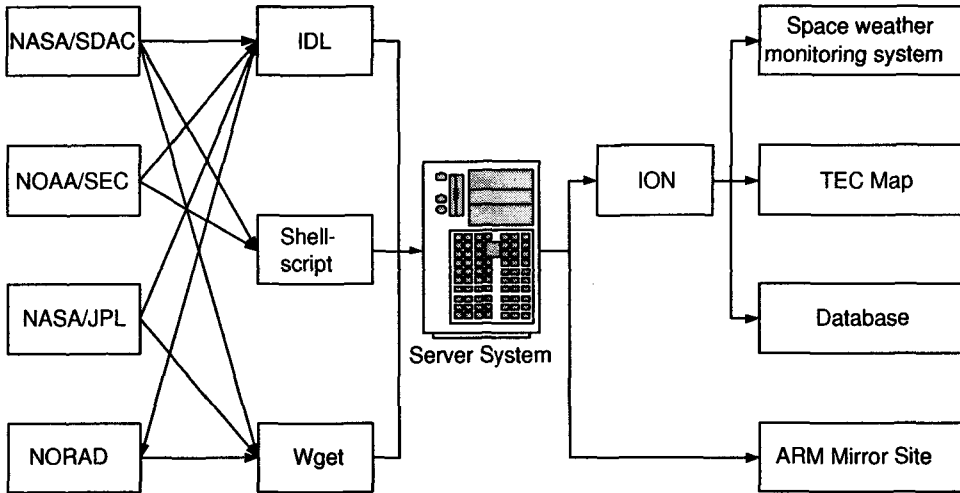


그림 1. 우주환경 감시를 위한 시스템 운영 흐름도.

루어져야 하고 데이터의 전송상태의 안정성이 확보되어야 한다.

그림 1은 우주환경 모니터링 서버의 운용 흐름도이다. 각 데이터 공급원에서 만들어진 정보는 여러 데이터 획득 프로그램들(IDL, Shellscript, Wget)을 통하여 서버에 저장되고 이러한 정보들은 전 시용 프로그램(ION)이나 일반 웹을 사용하여 보여주는 형태를 취하고 있다. 이에 대한 자세한 설명은 각 장에서 기술할 것이다

2.1 서버

효율적이고 안정적인 우주환경감시 서버의 구축을 위해서, 여러 곳에서 만들어내는 다양하고 방대한 자료를 저장할 공간과, 이러한 자료를 토대로 수요자에게 유용한 정보를 공급해주는 시스템, 얻어진 정보를 데이터베이스화 하는 공간을 가지는 것은 필수적이다. 이러한 이유로 본연구에서는 서버시스템과 모니터 시스템을 구축하였다. 서버시스템은 4GB의 메모리와 2TB의 저장공간을 가지고 있으며 실시간 우주환경 관련 자료들의 저장, 저장된 자료들을 이용한 웹 서비스, 데이터 베이스 구축 등에 사용되고 있다. 지금 현재 우주환경 모니터링과 관련하여 저장된 데이터의 크기는 총 10GB이며 1년간 외부로부터 받는 데이터는 약 3GB이므로 이 서버의 사양으로 충분히 운영 가능하다. 이 서버는 충분한 확장성과 성능을 가지고 있는 만큼 장기적으로 Space Environment Center(SEC), National Geophysical Data Center(NGDC) 등의 미러사이트 구축과 한국천문연구원에서 관측한 데이터의 저장 공간 등을 고려해 볼 때 적절한 성능이라고 생각된다. 안정된 시스템의 운용을 위해 리눅스(Redhat 9.X) 기반의 운영체계를 채용하였다. 그리고 실시간 데이터 전송상태 확인, 서버의 운용상태 점검, 그리고 서버작업의 진행 상황 점검을 위해 멀티 모니터링이 가능한 클라이언트 PC를 사용하고 있다.

2.2 데이터 전송속도의 측정

천문연구원과 외부 기관들과의 데이터 전송상태를 측정하기 위하여, 2004년 3월부터 태양 및 우주환경 자료를 다량으로 보유하고 있는 몇 곳의 기관을 선정하고(Big Bear Solar Observatory;

표 1. 선정된 기관들에 대한 속도측정 결과.

이름	주소	평균속도(KB/s)	한계속도(KB/s)
BBSO	ftp://ftp.bbso.njit.edu	46.7	-
NASA	ftp://umbra.nascom.nasa.gov	50.0	6.6
NOAA	ftp://ftp.sec.noaa.gov	13.3	4.6
SOHO	ftp://sohoftp.nascom.nasa.gov	28.3	-

BBSO, National Oceanic Atmospheric Administration; NOAA, Solar and Heliospheric Observatory; SOHO, NASA) 선정된 데이터의 전송속도를 각 사이트 별로 측정하였다. 이를 위해 사용자가 원하는 주소를 입력할 수 있고 데이터 전송상태 등의 결과를 그림이나 텍스트 형태로 저장하는 네트워크 측정 프로그램을 자체적으로 개발하였다. 표 1은 선정된 기관들에 대한 데이터 전송속도 측정결과를 보여주고 있다. 여기에서 평균속도는 가장 오랜기간 동안 끊김 없이 측정되었을 때의 속도측정 값을 읽어서 평균을 취한 값이다. 한계속도는 실시간으로 우주환경을 예보할 때 필요한 최소한의 속도를 의미한다. NASA의 경우는 Active Region Monitor(ARM) 미러사이트를 구축하기 위해, NOAA의 경우는 우주환경 모니터링 시스템을 구축하는데 필요한 데이터를 받는 속도이다. - 선으로 표시된 부분은 FTP를 통하여 속도측정을 하였으나 실제로는 데이터를 받지 않는 곳이다. 표 1에서 보여주는 결과를 보았을 때 실시간으로 우주환경 모니터링 시스템을 구축하기에 충분한 전송 속도를 보여주고 있다.

데이터 전송속도 측정에 있어서 속도측정 프로그램의 한계와 분석할 수 없는 원인들로 인하여 속도 측정이 제대로 되지 않는 경우가 종종 발생하였다. 향후에 이러한 문제점들에 대한 분석과 함께 프로그램을 보완하여 네트워크 상태를 지속적으로 측정해 볼 예정이다.

3. 우주환경 감시를 위한 기반 프로그램개발

우주환경 모니터링 시스템을 구축하기 위해서는 실시간으로 데이터를 받아오는 프로그램과 받아온 데이터를 웹을 통해 보여주는 프로그램이 반드시 필요하다. 여기에서는 실시간으로 데이터를 취득하는 프로그램과, 자료전사용 프로그램 개발에 대해서 언급하고자 한다.

3.1 실시간 자료취득 프로그램 개발

실시간으로 자료를 받기 위해서는, 네트워크상에서 자료를 받아오는 기능과, 주기적인 간격으로 자료를 받아오도록 지시하는 기능이 필요하다. 이와 같은 기능을 모두 만족시키는 방법을 조사하였다. 자료를 얻는 방법으로는 UNIX 명령어인 Shellsript와 IDL을 결합하여 사용하거나(Moon et al. 2000), IDL의 Socket procedure를 사용하는 방법, Wget을 쓰는 방법 등이 있고, 주기적으로 지정된 명령을 시행하는 기능으로 GUI 환경과 서버 시동동기 기능을 갖춘 IDL Widget을 사용하거나 간단히 Unix 명령어 중 하나인 Crontab을 사용하는 방법 등이 있다.

이러한 여러 방법들을 비교해 본 결과, 주기적으로 데이터를 받아오도록 하는 기능은 IDL Widget을, 자료를 얻는 기능은 GNU Wget을 사용하여 구현하기로 하였고, 보조적으로 Shellsript를 사용하기로 하였다. IDL Widget은 관리, 유지 보수가 쉬울 뿐만 아니라 태양 및 우주환경 연구에서 많이 사용되기 때문에 선택하였다. Wget의 경우에는 웹페이지 백업이나 미러링에 사용되는 강력한 기

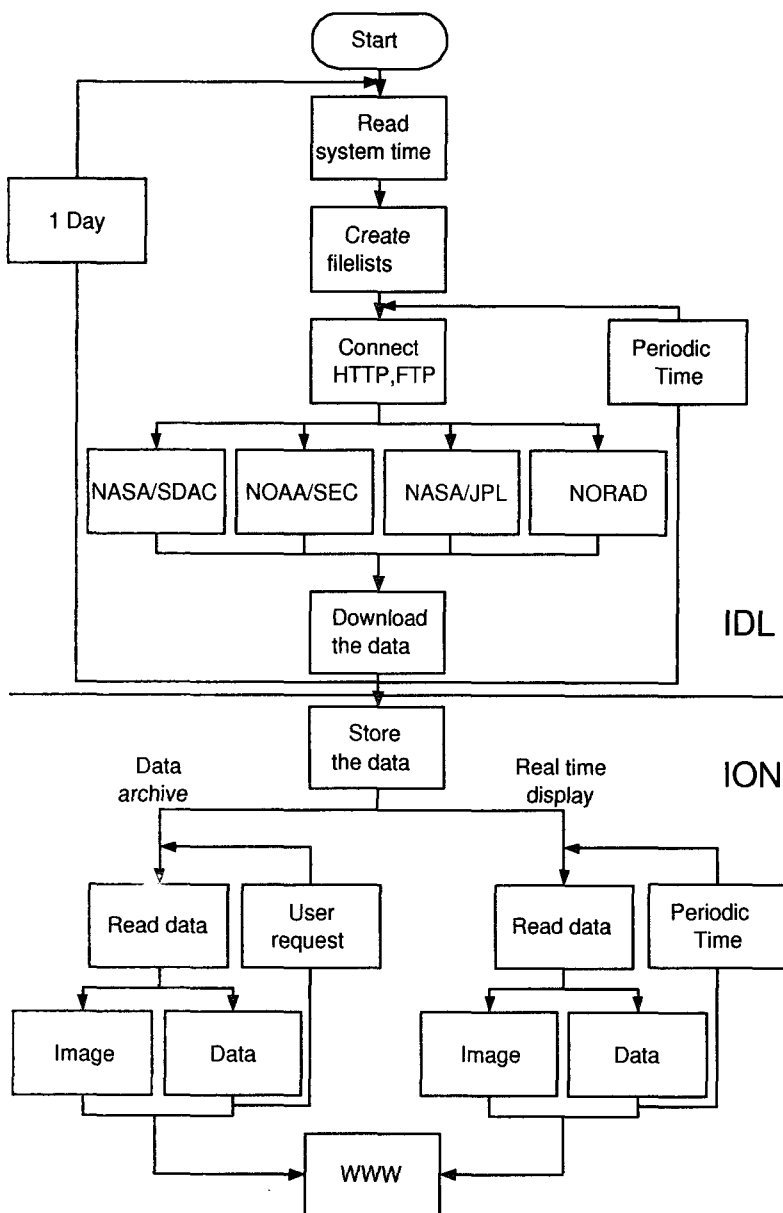


그림 2. 실시간 자료처리 프로그램과(위) 전시용 프로그램의 흐름도(아래).

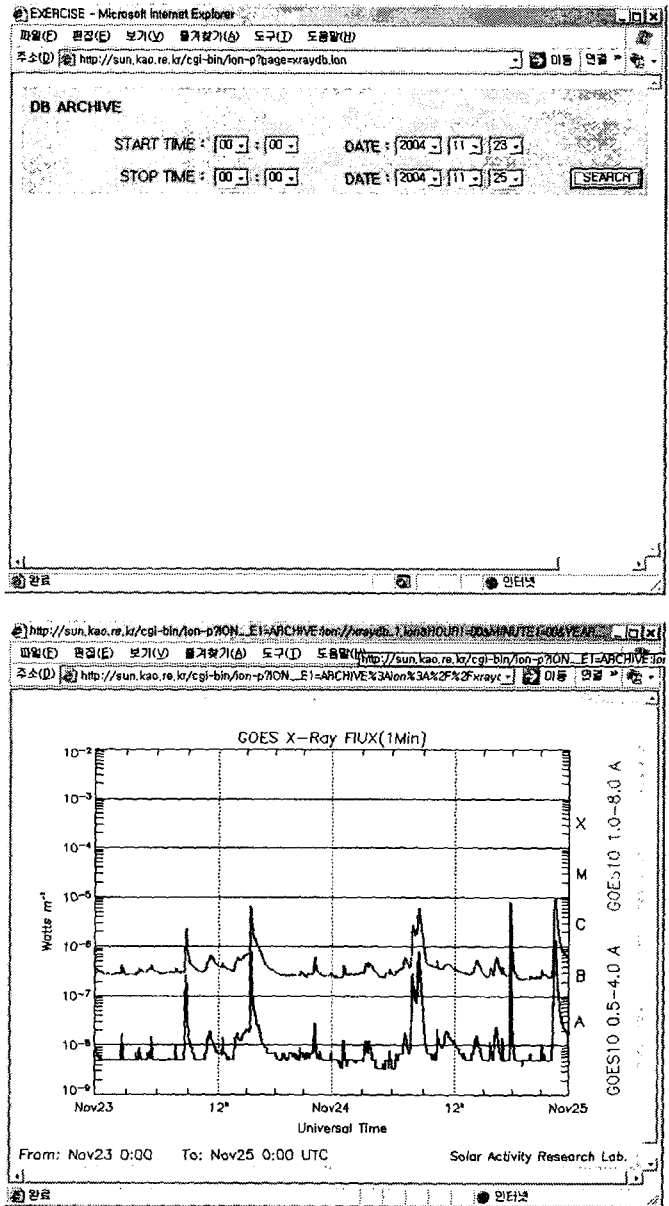


그림 3. ION으로 구현한 데이터 검색 페이지(위)와 검색된 날짜의 GOES X-Ray Flux(아래).

능들을 사용하였다.

그림 2는 실시간으로 데이터를 받는 프로그램과 실시간으로 자료를 전시해 주는 프로그램의 흐름도를 보여주고 있다. 이들 프로그램은 24시간 운용 프로그램으로서 매 분 단위의 지정된 시각이 되면 시스템 시각을 읽고, 받아들 데이터 목록과 FTP나 Wget을 사용하여 접속했을 때 실행할 Shellscrip를 만든다. 이렇게 생성된 Shellscrip는 IDL Spawn procedure를 사용하여 FTP나 HTTP로 연결되고 데이터를 다운로드 받는다. 이러한 작업은 다음 네 곳의 기관으로부터 주기적으로 이루어지고 있다: NASA Solar Data Analysis Center(SDAC), NOAA SEC, NASA Jet Propulsion Laboratory(JPL), North American Aerospace Defense Command(NORAD, 북미방공사령부). 다운로드가 완료된 화일은 특정 날짜를 이름하는 디렉토리에 각각 저장되어 이후에 자료 전시용 프로그램과 우주환경 데이터베이스(박소영 등 2004)에 활용된다.

3.2 자료전시용 프로그램 개발

위와 같은 실시간 자료획득 프로그램을 통하여 얻어진 자료를 웹을 통하여 서비스하기 위해서 ION(IDL On the Net) 프로그램을 서버에 설치하였다. ION은 IDL을 웹 기반 환경에 맞도록 만들어 주는 프로그램이다. IDL은 태양 및 우주환경 연구자들이 주로 쓰는 소프트웨어로서 관련 영상이나 결과물들을 쉽게 보여줄 있는 장점을 가지고 있다. ION은 외국의 극히 일부 기관에서 최근 사용되기 시작하였으며 국내에서는 이 연구에서 처음으로 사용되었다.

그림 2에서 보는 바와 같이 IDL Widget 프로그램에 의해서 저장된 자료들은 두 가지 형태로 웹을 통하여 전시하게 된다. 첫번째는 그림 3과 같이 자료 검색에 활용된 경우이다. 외부 사용자가 검색하려는 기간을 선택하고 검색버튼을 누르면 이 정보는 ION 코드를 번역하는 프로그램에 전달되고(ion-p) 대부분의 내용들은 HTML로 변환된다. <ION_IMAGE>나 <ION_DATA_OUT> 태그안에 들어있는 <IDL>태그에서는 선택된 기간에 해당하는 GOES 자료를 읽고 그림을 그리게 된다. 이 결과는 HTML로 변환되어 그림 3에서 보는 것 처럼 사용자에게 보여주게 된다. 이러한 ION 프로그램을 사용하여 박소영 등(2004)은 Kp index, GOES, ACE 위성의 데이터, 우주환경 레포트, 데이터베이스 등을 나타내는 프로그램을 개발하였다(<http://sun.kao.re.kr/cgi-bin/ion-p?page=dbsearch.ion>). 두번째는 실시간으로 저장된 자료들을 주기적으로 보여주는 경우로서 이렇게 개발된 프로그램들은 우주환경 모니터링 시스템(<http://sun.kao.re.kr/cgi-bin/ion-p?page=monitoring1.ion>)에 성공적으로 사용되었다.

4. 태양 활동지역 모니터(Active Region Monitor, ARM) 미러사이트 구축

서론에서도 언급한 것처럼 태양활동은 직, 간접적으로 우주환경에 영향을 미치고 있다. 태양에서 발생하는 일들은 대부분 태양의 활동지역(Active Region)에서 일어나며 이곳에서 플레어와 같은 다양한 현상들이 발생한다. 따라서 우주환경 변화의 주요원인인 태양활동을 감시하고 데이터를 축적하는 일은 연구적인 목적 뿐만 아니라 우주환경을 진단하고 예보하는데 있어 중요하다. ARM은 여러 파장으로 본 태양의 다양한 모습을 실시간으로 보여주는 사이트이다(Gallagher et al. 2002). 2001년 2월에 빅베어 태양천문대에서 처음 서비스를 시작하였고, 2003년 5월부터 NASA Goddard Space Flight Center의 SDAC에서 운영하고 있다. 이 웹페이지는 각 파장에서 보는 태양의 전면(Full Disk)뿐만 아니라 각 활동지역에 대한 세부적인 모습들을 보여준다. 뿐만 아니라 플레어 예측모델

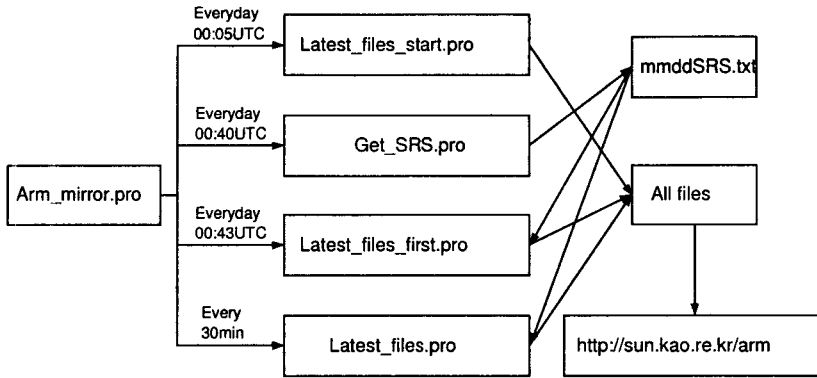


그림 4. 미러 사이트 구축을 위한 흐름도. Arm_mirror.pro가 계속 실행되면서 특정시간에 지정된 작업이나 명령을 수행하게 된다.

을 적용한 예보시스템, 일일 태양활동 레포트 등 위성과 지상의 여러 관측소에서 얻어진 여러 정보들을 제공하고 있다. 또한 원하는 날짜의 태양활동을 볼 수 있는 검색기능을 통해 장기간의 태양활동 변화나 통계적인 연구들에 유용하게 활용될 수 있다. 웹페이지는 매 30분마다 업데이트된다(<http://www.solarmonitor.org>, <http://umbra.nascom.nasa.gov/arm>).

웹사이트 미러링을 위해서 사용가능한 프로그램으로 GNU Wget, GNU Rsync가 있다. Rsync는 웹사이트 미러링을 하기 위해 만들어진 공개 프로그램이다. 이 프로그램은 대규모의 미러링 사이트를 구축할 때 많이 쓰이며, 두 사이트의 파일의 크기와 생성날짜를 비교한 후 두 서버의 정보가 서로 다를 경우 다른 정보를 가진 파일만을 다운로드하여 두 시스템의 파일크기와 정보를 같게 맞추어주는 기능을 가지고 있다. 그러나 이 프로그램의 경우 원격서버와 미러링을 하고자 하는 서버 두 곳 모두 이 프로그램 사용을 위한 복잡한 환경 설정이 필요하고 또 조작이 까다롭다는 단점이 있다. 이러한 이유로 우리는 IDL 프로그램과 Wget을 사용하여 프로그램을 제작하였다. ARM 미러사이트 구축을 위한 다음과 같은 선행작업을 수행하였다: (1) 과거 데이터 백업, (2) 화일목록 작성과 받지못한 화일들의 백업, (3) 화일 경로 수정. 그림 4는 미러사이트의 실시간 업데이트를 위한 흐름도이며 구체적인 내용은 아래와 같다.

1. 매일 00:05UTC 에 오늘 날짜의 폴더를 만들고 전날 데이터를 오늘 날짜 폴더에 복사하고 symbolic link를 사용하여 latest 폴더와 연결시킨다(arm_mirror.pro, latest_files_start.pro).
2. 00:42 UTC에 mdddSRS.txt 파일을 받아 이 파일에 들어있는 활동지역 번호를 읽고 오늘 날짜의 데이터를 받아 주소를 재설정한다(get.srs.pro, latest_files_first.pro).
3. 재설정된 경로를 가지는 오늘 날짜의 폴더를 symbolic link를 사용하여 latest 폴더와 연결시킨다.
4. 이러한 작업을 매시 5분, 35분에 실시한다(latest_files.pro).
5. 일주일에 한번씩 저장되었던 데이터에 대한 백업을 실시한다(arm_mirror.pro).

이와 같은 과정을 통하여 우리는 ARM 사이트의 미러링을 수행하였으며 현재 외부에 개방하고

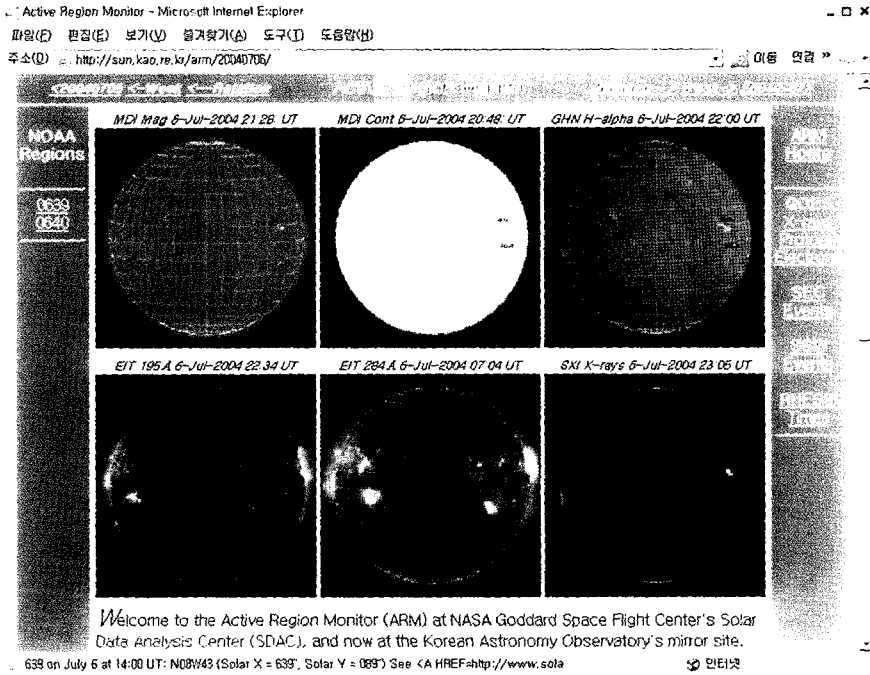


그림 5. 한국천문연구원에서 서비스하고 있는 ARM 미러사이트.

있다(<http://sun.kao.re.kr/arm>). 그림 5는 한국천문연구원에서 운영하고 있는 ARM 미러사이트를 보여주고 있다.

5. 국내 위성 궤도상의 이온층 전자지도 작성

태양 활동에 의해 주로 발생하는 극 자외선, 고에너지 입자 그리고 지자기 폭풍 등은 고층대기의 전자밀도를 증가시켜 전리층을 이용한 통신에 영향을 주거나 아리랑 1호와 같은 저궤도 위성의 궤도(조경석 등 2004)에 영향을 준다. 한편 위성으로부터 지구로 도달되는 GPS 신호는 지구상공의 이온층을 통과하면서 굴절되어 직선이 아닌 경로를 통해 지상에 도달한다. 이러한 GPS 신호의 오차로 지구 고층대기에 존재하는 시선방향(관측자와 GPS 위성 간)을 따라 이온층에 존재하는 전자의 총 합 유량(Total Electron Contents: TEC)를 추정할 수 있다(박성원 등 1999).

고층대기의 TEC는 매일매일 변화하고 있다. 태양의 극자외선에 의해 대기분자들로부터 해리되기 때문에 하루중 TEC가 극대인 때는 정오를 조금 지난 시각이며 가장 최소일 때는 해뜨기 직전이다. 또한 지자기폭풍이 발생하게 될 경우에도 변한다. 이와 같은 정보는 지구상에 있는 GPS 신호 수신국에서 실시간으로 데이터를 얻으며 NASA JPL에서 이 값들을 취합하여, 지도위에 이온층의 밀도를 표시하는데 이를 TEC Map 이라 한다. JPL 에서는 이와 같은 지도를 미국 국내 뿐 아니라 전세계에 대해서 작성하고 있으며 매 5분마다 GIMs를 제공하고 있다(Global Ionospheric Maps, GIMs, http://iono.jpl.nasa.gov/latest_rti_global.html). GIMs를 통해 확인되는 전 지구적 고층대기의 전자 밀도 증가는 위성의 궤도에 영향을 줄 수 있기 때문에 우리나라 위성의 궤도상에서의 전자밀도 증가

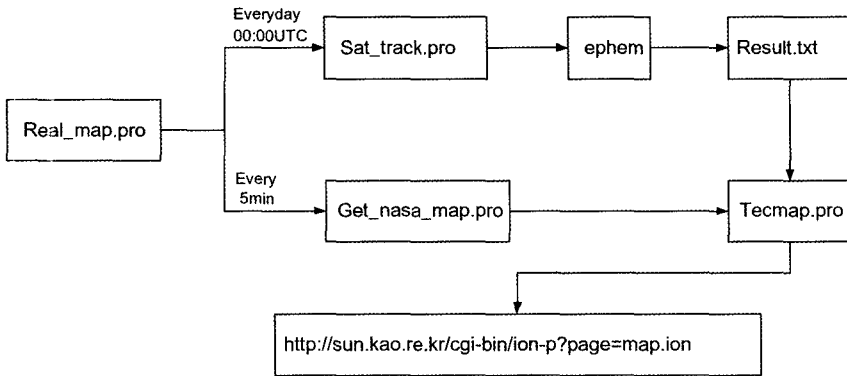


그림 6. TEC Map 구축을 위한 프로그램의 흐름도.

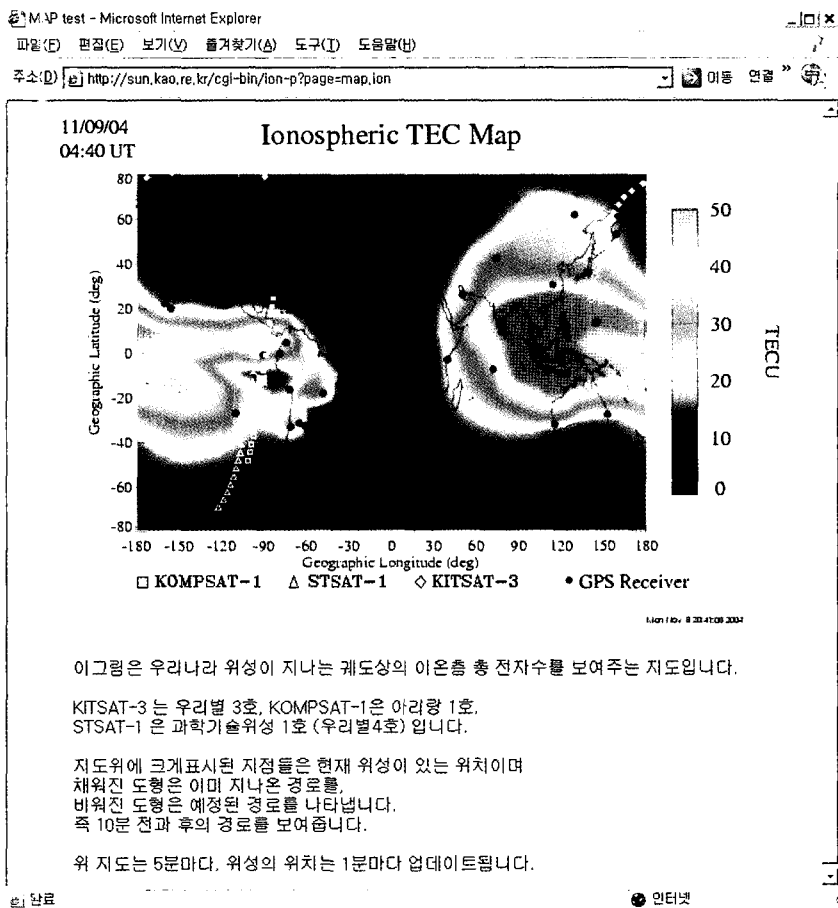


그림 7. 완성된 TEC Map. 우리나라 위성의 주어진 시간에서의 위치와 궤적을 나타내고 있다.

를 모니터링하는 일은 위성의 궤도변화를 사전에 예측하고 대비하는데 유용한 정보를 줄 수 있다.

이를 위해 우리는 NASA JPL로 부터 24시간 연속으로 GIMs를 다운받고 그 위에 위성의 실시간 궤도를 표시하여 우리나라 위성이 지나가는 경로 상에서의 전자밀도를 모니터링하고자 하였다. 이러한 작업을 수행하기 위하여 IDL 프로그램, Wget, 위성궤도 추적 프로그램을 개발하였다. 위성궤도 추적 프로그램은 북미방공사령부(NORAD, <http://www.celestrak.com>)에서 제공하는 위성의 궤도정보가 들어있는 파일과 궤도정보를 알기를 원하는 시간, 데이터의 시간간격을 입력하면 그 시간에 해당하는 위성의 지상궤적(위도, 경도)을 텍스트 파일로 생성해 주는 프로그램이며 시간의 변화에 따른 위성의 위치변화 값의 계산을 위해 SGP4/SDP4(Simplified General/Deep-space Perturbation) 모델을 사용하여 개발하였다. 그림 6은 TEC Map 구축을 위한 프로그램의 흐름도이며 요약하면 아래와 같다.

1. 데이터가 제공되는곳을 조사하고, 제공되는 데이터를 서버에 저장한다. GIMs는 JPL에서 5분마다, 위성의 궤도정보는 NORAD에서 하루에 한번씩 받는다(get.nasa.map.pro).
2. 지도상에 나타낼 우리나라 위성을 결정하고 궤도정보와 위치추적 프로그램(ephem)을 사용하여 3일간의 위성궤도를 계산한다(sat.track.pro).
3. 5분마다 업데이트되는 최신의 GIMs를 읽고 계산된 위성의 궤도정보(result.txt)를 GIMs위에 그리고 이를 ION을 사용하여 웹에 나타낸다(tecmap.pro, <http://sun.kae.re.kr/cgi-bin/ion-p?page=map.ion>).

그림 7은 한국천문연구원에서 서비스하고 있는 TEC Map을 보여주고 있다. 현재 TEC Map 상에는 국내에서 운용중인 우리별 3호, 아리랑 1호, 과학기술위성 1호의 10분 전, 후의 궤적이 표시되어 있다.

5. 결론 및 토의

우리는 본 연구에서 실시간 우주환경 감시를 위한 기반기술을 개발하였다. 이를 위해, 서버 시스템과 모니터 시스템을 구축하고, 네트워크 상태를 측정하였다. 이를 토대로 실시간 자료획득 프로그램을 개발하여 ARM 미러사이트 구축이나 우리나라 위성의 궤도 상에서의 이온층 전자량 지도작성 작업에서 성공적으로 응용하였다.

이러한 우주환경 감시 기반 기술의 개발은 차후 우주환경 감시와 예보를 수행하는데 중요한 밑거름이 될 것으로 기대된다. 실제 이 기술은 한국천문연구원의 우주환경 감시 시스템의 초기 모형을 개발하는 데 성공적으로 응용되었다(박소영 등 2004). 또한 ARM 미러사이트를 통하여 태양활동 주기동안, 혹은 긴 시간에 걸쳐 발생하는 현상들을 연구할 수 있을 것이다. 장기적으로 태양-지구간 우주환경 영향 연구에서도 유용하게 사용될 수 있을 것이다. 특히 국내위성궤도상에 존재하는 이온층 총 전자량 지도는 지구 근처를 돌고 있는 우리나라 위성궤도 환경에 대한 진단 및 예보를 가능하게 하여 원활한 위성 운용에 도움이 될 것으로 기대된다.

본 연구를 통해 구축된 서버와 우주환경 진단을 위한 각종 프로그램, 그리고 축적된 개발경험은 향후 종합적인 우주환경 예 경보 시스템 개발에 활용될 것이다. 한국천문연구원은 향후 다양한 국내외 관측 데이터를 통합하는 태양 및 우주환경 관측 데이터베이스의 구축과 미국의 NOAA/SEC와

NOAA/NCDC 등의 미러사이트 구축을 예정하고 있다.

감사의 글: 이 연구는 과학기술부의 “태양관측자료의 우주환경 응용기술개발(M1-0336-00-0011)”, “우주환경 감시센터 기반기술 개발(M1-0336-00-0013)”, “태양전면감시기술개발(M1-0104-00-0059)”, 그리고 “태양폭발위치감지 및 관측기술개발(M1-0407-00-0001)” 연구사업의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

- 민경욱, 윤희식, 박영득, 박선미, 이유, 이은상, 이은아, 이대영, 강성원 2001, 우주환경 관측기술개발을 위한 기획연구 (서울: 과학기술부), p.169
- 박성원, 최규홍, 박필호 1999, 한국우주과학회지, 16, 285
- 박소영, 조경석, 문용재, 박형민, 김록순, 황보정은, 박영득, 김연한 2004, 한국우주과학회지, 21, 441
- 조경석, 문용재, 김연한, 최성환, 김록순, 박종욱, 김해동, 정종균, 임무택, 박영득 2004, 한국우주과학회지, 21, 315
- Gallagher, P. T., Moon, Y.-J., & Wang, H. 2002, *Solar Physics*, 209, 171
- Moon, Y.-J., Park, Y. D., Seong, H.-C., Lee, C.-W., Sim, K. J., & Yun, H. S. 2000, *JKAS*, 33, 123