

## 한국천문연구원의 태양 및 우주환경 모니터링 시스템 개발: II. 실시간 진단, 예보, 데이터베이스

박소영<sup>1†</sup>, 조경석<sup>1</sup>, 문용재<sup>1</sup>, 박형민<sup>1</sup>, 김륙순<sup>1,2</sup>, 황보정은<sup>1,3</sup>, 박영득<sup>1,4</sup>, 김연한<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>한국천문연구원  
<sup>2</sup>충남대학교 천문우주학과  
<sup>3</sup>충북대학교 천문우주학과  
<sup>4</sup>미국 빅베어 태양 관측소

### DEVELOPMENT OF KAO SPACE WEATHER MONITORING SYSTEM: II. NOWCAST, FORECAST AND DATABASE

So-Young Park<sup>1†</sup>, Kyung-Seok Cho<sup>1</sup>, Yong-Jae Moon<sup>1</sup>, Hyungmin Park<sup>1</sup>,  
Roksoon Kim<sup>1,2</sup>, Jung-Eun Hwangbo<sup>1,3</sup>, Young-Deuk Park<sup>1,4</sup>, and Yeon-Han Kim<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Korea Astronomy Observatory, DaeJeon 305-348, Korea

<sup>2</sup>Dept. of Astronomy and Space Science, Chungnam National University, DaeJeon 305-335, Korea

<sup>3</sup>Dept. of Astronomy and Space Science, Chungbuk National University, CheongJu 361-763, Korea

<sup>4</sup>Big Bear Solar Observatory, NJIT, USA

E-mail: sypark@kao.re.kr

(Received November 11, 2004; Accepted November 26, 2004)

#### 요 약

실시간 관측자료를 사용하여 현재상태를 진단하고 이후의 변화를 예보하는 것은 우주환경 모니터링 시스템의 필수적인 요소라 할 수 있다. 본 연구에서는 ION(IDL On the Net)을 이용하여 웹 기반의 우주환경모니터링 시스템을 구축하였다(<http://sun.kao.re.kr>). 이 웹 페이지에서는 현재의 태양 및 지자기 데이터를 보여주고 위성, 통신, 지상 전력시스템에 줄 수 있는 영향을 예측하여 제시하고 있다. 그리고 NOAA/SEC에서 매일 제시하는 태양 X선 플레어, 프로톤 현상, 지자기 폭풍의 예보결과를 표시한다. 또한 행성간 태양 충격파와 CME(Coronal Mass Ejection; 코로나 물질 방출)의 지구 도달 시간을 예측하기 위해 두 가지의 예측모델이 웹에서 구동되도록 하였다. 현재 우리는 여러가지 태양 및 지자기 활동과 관련된 각종데이터를 IDL과 FTP 프로그램을 사용하여 실시간으로 다운받아 우주환경 데이터베이스를 확장하고 있다. 본 논문에서는 한국천문연구원의 우주환경모니터링시스템 개발에 관하여 자세히 기술한다.

#### ABSTRACT

Nowcast and forecast based on realtime data are quite essential for space weather monitoring. We have developed the web pages (<http://sun.kao.re.kr>) of the KAO Space Weather Monitoring system by using ION (IDL on the Net). They display latest solar and geomagnetic data, and present their expected effects on satellite, communications and ground power system. In addition, daily NOAA/SEC prediction reports on the probability of solar X-ray flares, proton events and geomagnetic storms are provided. To predict the arrival times of interplanetary shocks and CMEs, two different types of prediction models are also implemented. A work is in progress

<sup>†</sup>corresponding author

to develop web-based database of several solar and geomagnetic activities. These data are automatically downloaded to our data server in every minute, or every day using IDL and FTP programs. In this paper, we will introduce more details on the development of the KAO Space Weather Monitoring system.

*Keywords:* space weather scales, ION, solar activity, geomagnetic activity

## 1. 서 론

태양은 수시로 폭발을 하며 고에너지 입자와 태양풍을 방출하고 있다. 이들은 지구까지 도달하여 우주환경의 급격한 변화를 발생시켜 인공위성이나 통신, 전력시스템에 영향을 미치게 되고 막대한 피해를 줄 수도 있다. 이를 예방하기 위해서는 태양을 비롯한 우주환경을 실시간으로 감시하고 일기예보와 같이 우주환경의 변화를 예보하는 것이 필요하다. 우리나라의 우주환경 피해의 한 예로 조정석 등(2004)은 지난 2003년 10월 말에 발생한 강력한 태양활동과 우주환경의 변화를 종합적으로 분석하고 그 당시 우주환경 변화가 우리나라 위성 및 통신에 미친 영향을 조사 발표하였다. 그 결과 GPS 관측, 전리층 F2 임계주파수, 아리랑 1호의 궤도 자료 분석을 통해 우리나라 상층대기의 변화 및 무선통신과 인공위성 궤도에 영향이 있었음을 보고하였다. 외국의 경우 미국 국립해양대기국/우주환경예보센터(NOAA/SEC: National Oceanic and Atmospheric Administration/Space Environment Center), 일본 통신총합연구소(CRL: Communication Research Laboratory of Japan), 호주 전파업무청(IPS: Ionospheric Prediction Service) 등에서는 독자적인 우주환경 모니터링 시스템을 구축하고 관련 정보를 제공하고 있다.

특히 NOAA/SEC에서 제시한 우주환경예보 기준(NOAA Space Weather Scales, [http://www.sec.noaa.gov/NOAA\\_scales/](http://www.sec.noaa.gov/NOAA_scales/))에 따르면 우주환경의 변화는 다음과 같이 크게 세부분으로 나눌 수 있다. 먼저 R(Radio blackout)로 규정된 것으로 이는 태양복사활동을 의미한다. 플레어와 같은 태양폭발 현상이 발생하면 태양 X-선이나 극 자외선이 방출되는데 이는 8분 이내에 지구에 영향을 미친다. 다음은 S(Solar radiation event)로 규정된 것으로 이는 태양입자활동(프로톤 현상)을 의미한다. 태양활동에 의해 발생한 고에너지 입자는 1시간 내지 수일 이내에 지구에 도달하게 된다. SOHO(Solar and Heliospheric Observatory) 위성에 탑재된 LASCO(Large Angle and Spectrometric Coronagraph Experiment)의 영상을 보면 프로톤 이벤트를 볼 수 있는데 이 프로톤 입자들이 위성 영상에 심각한 노이즈를 발생시킨다. 마지막으로 G(Geomagnetic Storm)로 규정된 것으로 지구자기장 활동을 의미한다. 주로 태양 코로나질방출(CME: Coronal Mass Ejection)은 2~3일 이내에 지구에 도달하여 지구자기장을 교란시킨다. 지구자기장 활동의 정도는 Kp 지수로 추정할 수 있다.

NOAA/SEC에서는 위에서 제시한 우주환경의 변화를 그 정도에 따라 각각 5등급으로 나누고 각 등급에 따라 위성, 통신, 전력시스템 등에 끼칠 영향을 제시하고 있다. 다음 표 1, 2, 3은 NOAA/SEC에서 제시한 태양복사 활동도, 태양입자활동도, 지자기 활동도의 등급표이다. 표 1은 NOAA에서 M1이상의 X-선의 세기를 등급화 한 것으로 X-선은 EUV 복사와 함께 전리층내의 전자밀도를 증가시켜 무선 통신에 영향을 준다. 이러한 복사환경에 따라 예상되는 통신장애 정도를 R1에서 R5까지 5단계로 나눈 것이다. 특히 X20 정도의 태양복사활동은 11년에 1번 정도 발생하는 매우 드문 경우가

표 1. 태양복사(X선) 활동도 분류 및 장애 예측 기준.

최대 X선 세기 <sup>a</sup>	경보분류	장애분류기호(SEC 분류) <sup>b</sup>	태양활동상태(ISES 분류)	발생빈도(11년 태양활동주기)
X20( $2 \times 10^{-3}$ )	Extreme	R5	Major	1회
X10( $1 \times 10^{-3}$ )	Severe	R4	Major	8회
X1 ( $1 \times 10^{-4}$ )	Strong	R3	Active	175회
M5 ( $5 \times 10^{-5}$ )	Moderate	R2	Active	350회
M1 ( $1 \times 10^{-5}$ )	Minor	R1	Eruptive	2000회

<sup>a</sup>X선 플럭스: 1 ~ 8.0nm 파장,  $W/m^2$  단위

<sup>b</sup>R: Radio Blackouts

표 2. 프로톤 현상 분류 및 장애 예측 기준.

프로톤 입자수 <sup>a</sup>	경보 분류	장애분류 기호(SEC 분류) <sup>b</sup>	프로톤현상(ISES 분류)	발생빈도(11년 태양활동주기)
$10^5$	Extreme	S5	Major P-Event	1회
$10^4$	Severe	S4	Major P-Event	3회
$10^3$	Strong	S3	Major P-Event	10회
$10^2$	Moderate	S2	Major P-Event	25회
$10^1$	Minor	S1	Proton Event	50회

<sup>a</sup>10MeV 이상의 5분 축적 프로톤 Flux(/sec · ster · cm<sup>2</sup>)

<sup>b</sup>S: Solar Radiation

표 3. 지자기 활동도 예측 기준.

Kp 지수 <sup>a</sup>	경보 분류	장애분류 기호(SEC 분류) <sup>b</sup>	지자기활동상태(ISES 분류)	발생빈도(11년 태양활동주기)
Kp = 9	Extreme	G5	Severe Storm	4회
Kp = 8,9	Severe	G4	Severe Storm	100회
Kp = 7	Strong	G3	Severe Storm	200회
Kp = 6	Moderate	G2	Major Storm	600회
Kp = 5	Minor	G1	Minor Storm	1700회

<sup>a</sup>Kp 지수: 3시간마다 결정되는 전 지구적인 지자기장 변화, Kp > 4: 지자기 Active 상태

<sup>b</sup>G: Geomagnetic Storm

다. 표 2는 10MeV 이상의 프로톤 입자수를 등급화 한것으로 기준에 따라 5단계로 나누어 영향을 예측한다. 지구 극 지역으로 유입된 고에너지 프로톤 입자는 전리층의 이온화를 증대시켜 극 지역에서의 단파 통신에 장애를 일으키고 위성체내의 부품에 영향을 미치게 된다. 표 3은 지자기 Kp 지수값이 5 이상인 경우부터 5등급화 한 것이다. Kp 지수가 최대 9인 경우는 11년에 4차례 정도 발생함을 알 수 있다. 지자기 활동중에 대표적인 것이 지자기 폭풍인데 이것은 지상전력시스템에 유도전류를 발생시키거나 중성대기의 밀도를 변화시켜 특히 저궤도 위성궤도의 변화를 야기시킨다.

본 논문에서는 태양 및 지자기 데이터의 실시간 모니터링, 우주환경 변화에 의해 예상되는 위성 및 통신의 영향 정보 제공, CME와 태양 충격파의 지구 전달 모델 등을 구현할 수 있는 우주환경 모니터링 시스템 개발에 관해 기술하고자 한다. 대표적인 선진국(미국 NOAA/SEC, 호주전파청, 그리고 일본 통신 총합연구소 등)의 우주환경 웹 서비스는 광범위한 실시간 자료, 예상되는 영향, 예보 모형, 자료검색들이 분산되어 있는데 반하여, 우리 우주환경 모니터링 시스템은 이들 대부분의 핵심 정보가 첫 페이지에 통합되어 있는 특징이 있다. 특히 예상되는 영향은 한국의 지자기 위도를 고려하여 주로 통신과 위성에 미치는 영향으로 국한시켰으며, 자료 검색에서는 한국에서 관측된 자료들

표 4. 실시간 모니터링을 위한 자료.

데이터	자료출처	파일 이름	용량
X선 이미지	<a href="http://sun.kao.re.kr/arm/latest/images">http://sun.kao.re.kr/arm/latest/images</a>	sxil2_thumb.jpg	17KB
EIT 이미지	<a href="http://sun.kao.re.kr/arm/latest/images">http://sun.kao.re.kr/arm/latest/images</a>	eit195_tumb.jpg	18KB
LASCO 이미지	<a href="http://sohowww.nascom.nasa.gov/data/realtime">http://sohowww.nascom.nasa.gov/data/realtime</a>	latest.gif	174KB
X선 플럭스	<a href="ftp://ftp.sec.noaa.gov/pub/lists/xray">ftp://ftp.sec.noaa.gov/pub/lists/xray</a>	yyyyymmdd_G10xr_1m.txt	81KB
Proton 플럭스	<a href="ftp://ftp.sec.noaa.gov/pub/lists/particle">ftp://ftp.sec.noaa.gov/pub/lists/particle</a>	yyyyymmdd_G11part_5m.txt	36KB
Kp index	<a href="ftp://ftp.sec.noaa.gov/pub/indices/dayind">ftp://ftp.sec.noaa.gov/pub/indices/dayind</a>	mmdddayind.txt	3KB
3-days prediction	<a href="ftp://ftp.sec.noaa.gov/pub/latest">ftp://ftp.sec.noaa.gov/pub/latest</a>	RSGA.txt	4KB

도 포함되어 있다. 제 2장에서는 실시간 모니터링에 대해, 제 3장에서는 태양활동 지구전달 예보 모형, 그리고 제 4장에서는 자료검색에 대해 마지막으로 제 5장에서는 본 논문의 결론 및 전망에 대하여 논한다.

## 2. 실시간 모니터링(NOWCAST)

본 연구에서는 앞에서 설명한 R, S, G를 기준으로 태양 및 지자기 활동의 실시간 데이터에 기초한 한국천문연구원 우주환경 모니터링 시스템을 개발하였다.

실시간 모니터링을 위해서는 각 자료를 실시간에 받아와서 실시간으로 표현해야한다. 따라서 자료의 매분 다운로드는 모니터링에 있어 가장 중요한 부분이다. 이를 위해 IDL과 FTP를 통해 매분마다 각 데이터 제공지에서 데이터를 받아 우리의 데이터 서버로 다운받도록 제작하였다(박형민 등 2004). IDL의 Widget 프로그램을 사용하여 일정한 시간이 되면 unix상에서의 shellscript를 불러들이게 하였다. 이 안에는 데이터를 다운받을 곳의 주소와 데이터 목록을 정하고 본 데이터 서버의 각 장소에 데이터를 다운받게끔 정하여 FTP를 호출하는 순서로 데이터를 다운받게 하였다. 초기에는 데이터의 용이한 다운로드를 위해 모든 데이터를 IDL 한 프로시저에서 데이터를 요구하고 다운로드를 하려고 하였지만 파일의 용량이 크고 전송속도가 그만큼 빠르지 못해 데이터 전송 마비가 발생하였다. 그래서 락분 받아야 하는 X-선, 5분마다 다운받는 프로톤 플럭스, 그 이상의 시간이 소요되어도 무관한 Kp 지수와 3 day Prediction 자료 세 부분으로 나누어 다운받도록 하였다. 그 후 이러한 데이터들을 실시간으로 IDL로 표현하도록 ION으로 제작하였다. ION(IDL On the Net) script는 웹 기반에서 IDL을 구동 시킬 수 있는 프로그램이다(박형민 등 2004). 사용자들은 웹 브라우저를 통해 제작자가 만든 IDL 결과물을 볼 수 있다. 이것은 각각의 데이터 값들을 실시간으로 표현하거나, 어떤 조건을 입력하게 되면 그 입력값을 IDL로 보내고 IDL에서 계산, 처리를 거친후 그 결과 값을 다시 웹상에 표현하는데 사용되었다. 예를 들면 사용자가 현재 모니터링시스템 웹페이지를 구성하는 ION 페이지(<http://sun.kao.re.kr/cgi-bin/ion-p?page=monitoring1.ion>)를 요청하면 서버안의 ION script에서 ION script 태그 혹은 HTML 태그로 받아 중간매개체인 번역기(Parser)를 통하여 X-선 플럭스, 프로톤 플럭스, Kp 지수의 변화값 등을 IDL(xray\_plot.pro, proton\_plot.pro, kp\_plot.pro)로써 그래프를 그린 후 그 결과를 HTML 형식으로 사용자에게 보여주는 형태다. 표 4는 실시간 모니터링에 사용된 데이터들의 출처를 표현하고 있다.

실시간 모니터링에서는 태양의 활동상태를 보여주는 GOES위성의 SXI(Solar X-ray Imager)에서 관측한 태양 X-선 이미지, SOHO 위성의 EIT(Extreme Ultraviolet Imaging Telescope)에서 관측



그림 1. 한국천문연구원에서 개발 중인 웹기반의 실시간 우주환경감시시스템의 첫 페이지.

한 태양 EUV(195Å) 이미지, SOHO 위성의 LASCO의 C3 이미지를 실시간으로 제공한다. 그리고 태양 X-선, 프로톤 입자, 그리고 지자기장의 변화를 모니터링하기 위해 그 플럭스 값 및 Kp 지수를 그래프상에서 보여주게끔 하였다. R의 개념으로 GOES-10의 0.5 ~ 4.0Å와 1.0 ~ 8.0Å의 X-선 플럭스 값의 1분 동안의 변화를, S의 개념으로 GOES-11의 프로톤 플럭스를 5분 평균한 값을, G의 개념으로 SEC에서 제공하는 3시간 평균 Kp 지수 변화량을 보였다. 또한 각각의 값에 따라 서론에서 제시한 등급으로 구분하여 각 위험도를 NOAA/SEC의 우주환경예보 기준에 따라 아이콘으로써 표시하였으며 그때 발생할 수 있는 우주환경 피해 예상현상을 제시하였다. 마지막으로 NOAA/SEC에서는 매일 일정시간에 태양 X-선 플레어와, 프로톤 이벤트, 지자기폭풍이 발생할 가능성을 향후 3일 가량 예보하는 레포트를 제공하는데 이것 역시 표현하도록 만들어졌다.

그림 1은 큰 이벤트가 있었던 2003년 10월 31일 24시(UT)의 우주환경 상태를 보여주는 것으로 우주환경모니터링 시스템의 첫 페이지에 해당한다. 웹 페이지 상의 좌측은 실시간 태양영상들이다. 그 다음에는 29일, 30일, 31일 3일 동안의 1분 X-선 플럭스, 5분 프로톤 플럭스, 3시간 간격의 지자기 kp 지수의 데이터 변화값을 위에서 아래로 표현하였다. X-선 플럭스와 프로톤 플럭스의 급격한 변화가 발생한지 약 20시간 후 지자기 Kp 지수의 급격한 변화가 나타난 것을 볼 수 있다. 오른쪽에 보이

는 R1, S2, G5의 아이콘들은 그 시각의 우주환경 등급을 보여주는 것이다. 그리고 그 옆에는 각 등급의 우주환경 상태에 따라 예상되는 전파통신과 위성운영, 전력 시스템의 영향을 NOAA/SEC의 우주환경기준에 따라 자동적으로 결정하여 표시되게끔 제작하였다. 이때는 지자기 활동이 활발한 시기여서 지자기 활동에 영향을 가장 많이 받는 통신, 위성궤도, 전력시스템에 피해를 줄 수 있는 것으로 예상되었다. 따라서 각 통신, 위성, 전력시스템에서는 이에 대한 대비가 필요한 기간이었다. 우주환경등급 아이콘 아래에 있는 3-day Prediction은 NOAA/SEC에서 제공하는 레포트 RSGA(Report of Solar and Geophysical Activity)에 기초한 것으로 앞으로 3일동안 태양 X플레어 발생, 프로톤 이벤트, 지자기 폭풍의 발생 확률을 백분율로 표현한 것이다.

### 3. 태양활동 지구전달 예보 모형(FORECAST)

태양활동의 지구전달 모형은 크게 태양충격과 진행모델(Dryer & Smart 1984)과 태양 CME 진행모델(Gopalswamy et al. 2001) 등으로 나눌 수 있다. 태양충격과 진행모델은 코로나 충격파가 태양-지구간 공간으로 진행하여 행성간 충격파가 된다는 가정(Dryer 1994)을 근거로 한 것으로 충격파의 속도를 모델의 초기치로 사용하고 있다. 특히 태양 충격파 진행모델 중의 하나인 STOA 모델은 충격파의 진행속도가 태양중심에서 거리 R에 따라 변화하는 관계를 적용한 모델이다. Moon et al.(2002)은 충격파 속도의 거리에 따른 변화가 초기속도에 따라 다르다는 관측 및 수치계산 결과를 바탕으로 보다 개선된 STOA 모델(STOA-2)를 제안하였다. 한편 CME 진행모델은 태양에서 발생하는 CME가 태양풍의 속도보다 빨리 진행되는 경우 태양풍에 의해 감속되고, 태양풍보다 느린 경우에는 가속된다는 관측적 사실에 근거한 경험적인 모델로서 Gopalswamy et al.(2001)에 의해 제안되었다. 이 모델은 SOHO/LASCO 코로나그래프로 관측되는 CME의 발생시각과 속도로부터 CME가 지구에 도달할 시각을 예측할 수 있다.

본 연구에서는 태양 충격파진행모델과 CME 진행모델을 웹기반에서 사용할 수 있도록 ION script와 JAVA script를 이용하여 각각 개발하였다. 이것은 태양 표면에서 플레어나 CME와 같은 폭발현상이 발생할 경우 그 영향이 지구에 언제 도달할 지를 미리 예측하기 위함이다. 그림 2는 개발된 태양충격파(STOA-2) 모델의 웹기반의 사용자 환경을 보여주고 있다. 이 모델은 유형 II 태양전파폭발(Solar radio burst) 분석을 통해 결정된 태양 코로나 충격파의 속도와 플레어의 지속시간 및 발생위치 등의 관측정보를 입력 파라미터로 사용하여 충격파의 지구도달시간과 충격파의 세기를 예측할 수 있다.

그림 3은 Gopalswamy et al.(2001)을 기초로 하여 개발한 CME 진행모델의 웹 페이지이다. 그림에서 보듯이 이 모델은 CME의 초기속도와 발생시각을 입력 파라미터로 하여 CME의 지구도착 시간을 예측한다. 즉 LASCO 영상에서 CME가 처음 보인 시간과 CME speed를 안다면 CME의 지구도달 시간을 예측할 수 있다. 이것은 지난 10월 말에 있었던 CME 에 의해 발생한 충격파와 CME의 도달시간을 보여준다.

Cho et al.(2003)은 CME와 type II radio burst가 동시에 발생한 38쌍의 이벤트에 대해 CME와 태양코로나, 태양충격파의 지구도달 시각예측의 정확도를 태양충격과 진행모델과 CME 진행모델에 대해 각각 조사하였다. 그 결과 위 두 종류의 모델들은 예측물에 있어 큰 차이를 발견하지 못했고 예측시각의 정확도도 서로 상응함을 알아냈다. 그러나 CME 진행모델은 지구에 도달하더라도 CME를

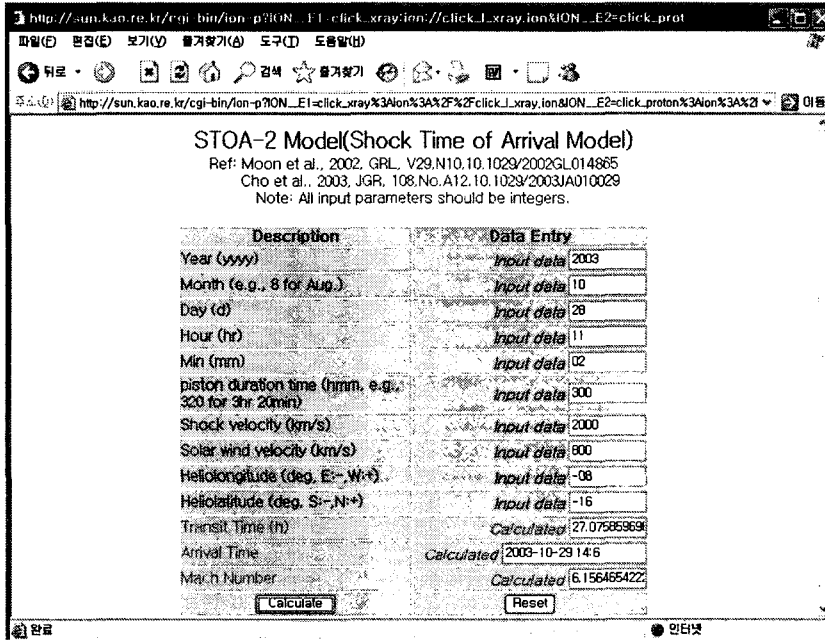


그림 2. STOA-2 모델의 웹 페이지.

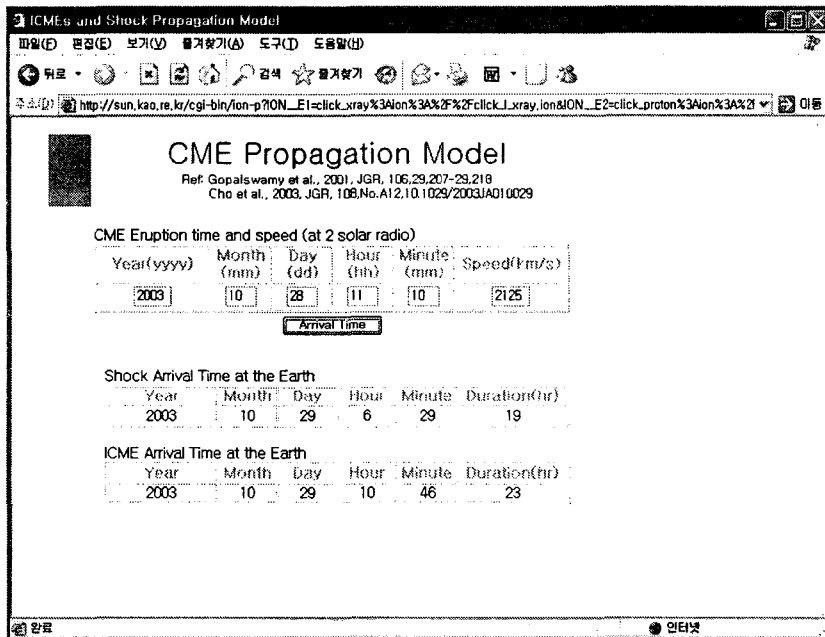


그림 3. CME 진행 모델의 웹 페이지.

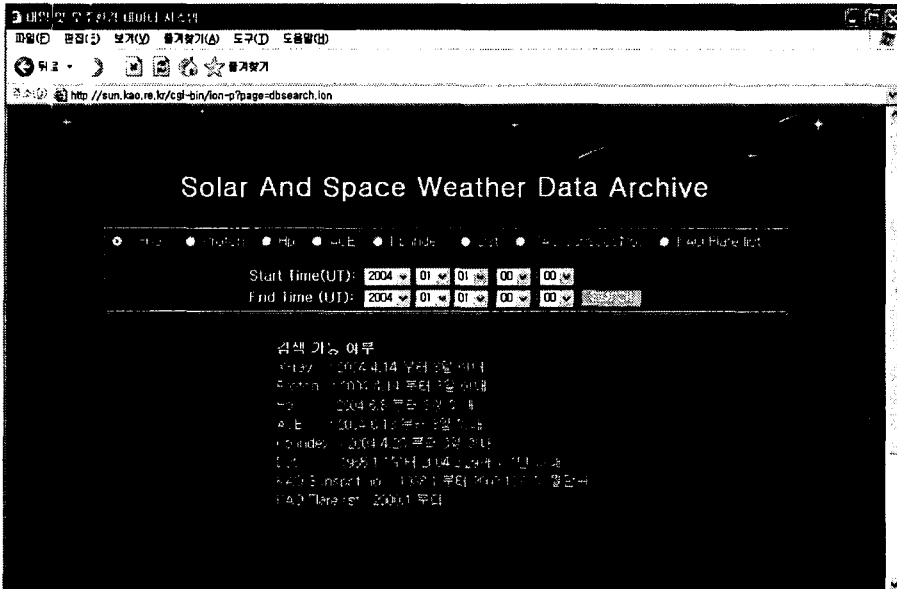


그림 4. 데이터베이스 첫 페이지.

구분할 수 없다는 것 그리고 지구에 도달하는 CME의 규모가 어느 정도인지를 알 수 없다는 단점이 있다. 이러한 문제는 지구자기장에 영향을 미치는 CME(Geoeffective CME)에 대한 연구(Moon et al. 2004)를 통해 개선될 수 있다고 생각된다.

#### 4. 자료검색(DATABASE)

태양 폭발 후 그것이 우주환경변화에 영향을 미친다는 것은 많이 알려진 사실이다. 우주환경을 연구하고 종합적으로 진단하기 위해서는 태양의 X-선 플럭스 데이터, 프로톤 플럭스, Kp 지수, Dst 지수, 태양풍 자료같은 태양 및 우주환경자료를 체계적으로 통합하는 것이 필요하다. 현재까지는 우주환경연구를 위한 데이터를 각각 원하는 사이트에 가서 찾아야 하는 불편이 있었다. 따라서 우주환경연구를 위한 데이터를 총체적으로 관리하고 보다 쉽게 원하는 기간동안의 원하는 자료를 살펴보기 위한 자료검색 시스템이 필요하였다. 위와같은 이유로 본 연구에서 자료검색 시스템을 구축하였다. 그 목록들은 X-선, 프로톤, kp 지수, Hp 지수, Dst 지수, ACE(Advanced Composition Explorer) 위성 데이터(태양풍), NASA/SEC에서 제공하는 여러 태양 및 우주환경 레포트들과 같은 외국의 자료들로서 매분마다 수집하였다. 또한 천문연구원에서 자체적으로 관측하는 태양 흑점수, 플레어 리스트를 추가하여 위의 데이터들과 함께 검색할 수 있는 웹 페이지를 제작하였다. 각각의 데이터들은 사용자가 검색을 요구하는 웹 페이지(<http://sun.kao.re.kr/cgi-bin/ion-p?page=dbsearch.ion>)에서 원하는 데이터, 날짜 시간 등을 입력하면, ION의 FORM 기능을 이용하여 각 정보는 서버의 ION script로 보내진다. 그 다음 앞에서 언급한 바와 같이 중간 매개체를 통한 후 IDL로 보내져서 각 조건에 맞는 그래프를 그려서 다시 웹 페이지로 보내어져 그 결과값을 사용자가 볼 수 있다.

그림 4는 우주환경 연구를 위한 GOES위성의 X-선 플럭스 데이터, 프로톤 플럭스 데이터, GOES



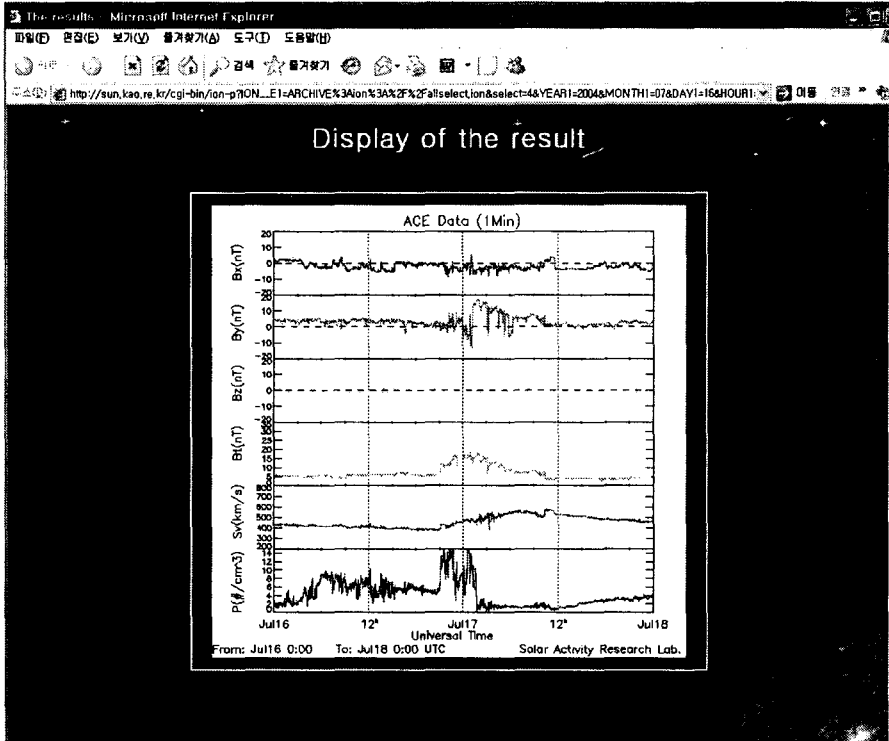


그림 5. ACE 데이터 검색 결과.

에서 전 자기장인  $H_p$ , ACE 위성의 태양풍 데이터, Dst 지수, 한국천문연구원에서 관측한 태양 흑점 수, 보현산 천문대에서 관측한 플레어 리스트들을 검색할 수 있는 웹페이지의 첫 페이지다. 그림 5는 ACE 위성에서 관측한 태양풍의 프로톤 입자밀도, 태양풍의 속도, 자기장의  $x, y, z$  성분의 검색을 그림 4에서 요청하였을 때 나타나는 결과 페이지이다. 그림 6은 omniweb에서 제공하는 지구자기장을 나타내는 Dst 지수의 검색 결과 페이지이다. 그림 7은 한국천문연구원에서 관측한 흑점수의 검색 결과 페이지를 보여준다.

이 데이터들은 한국천문연구원에서 관측하는 데이터를 제외하고는 자동으로 실시간에 가깝게 NOAA로부터 우리 데이터 서버에 다운받고 있다. 표 5는 데이터베이스를 구성하는 자료들의 출처를 나타낸 것이다. 실시간 모니터링 데이터와 관련된 X-선 플럭스와, 프로톤 플럭스,  $K_p$  지수를 제외하 나머지 데이터들은 일정시간에 매일 다운받도록 제작하였다. 위의 데이터 중 일정한 기간 이내의 자료만 제공되는 Dst와 천문연구원에서 자체 관측하여 기록한 흑점수와 플레어 리스트는 매일 업데이트 하는 것이 아니라 일정 기간이 될 경우 따로 저장하도록 하였다.

### 5. 결론 및 전망

태양폭발 등 태양활동으로 인해 발생하는 우주환경의 급격한 변화를 감지하고 그 영향정보를 예측 제공하기 위해 우리는 KAO 태양 및 우주환경 모니터링 시스템을 구축하였다. 이 시스템은

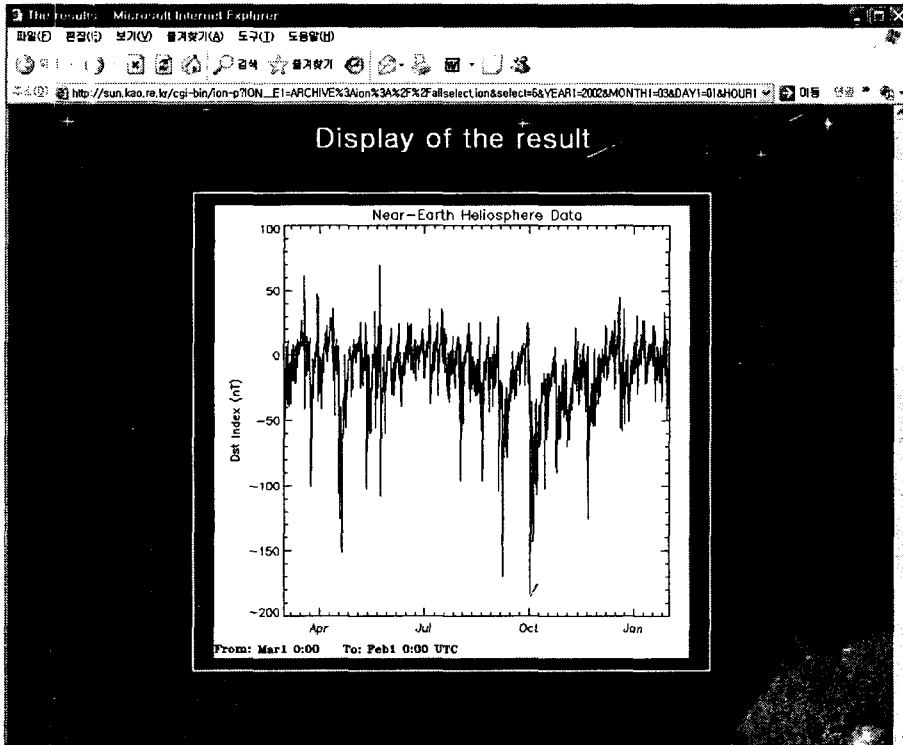


그림 6. Dst 데이터 검색 결과.

표 5. 데이터 베이스를 위한 자료.

데이터	자료출처	파일 이름	용량
X선 플럭스	ftp://ftp.sec.noaa.gov/pub/lists/xray	yyyymmdd_G10xr_1m.txt	81KB
proton 플럭스	ftp://ftp.sec.noaa.gov/pub/lists/particle	yyyymmdd_G11part_5m.txt	36KB
ACE data	ftp://ftp.sec.noaa.gov/pub/lists/ace	yyyymmdd_ace_swepam_1m.txt	104KB
kp index	ftp://ftp.sec.noaa.gov/pub/indices/dayind	mmdddayind.txt	3KB
Hp index	ftp://ftp.sec.noaa.gov/pub/lists/geomag	yyyymmdd_G10mag_1m.txt	115KB
Dst	nssdc.gsfc.nasa.gov/omniweb/form	omni.txt	8638KB
SRS	ftp://ftp.sec.noaa.gov/pub/forecasts/SRS	mmddSRS.txt	1KB
dayobs	ftp://ftp.sec.noaa.gov/pub/forecasts/dayobs	mmdddayobs.txt	1KB
RSGA	ftp://ftp.sec.noaa.gov/pub/forecasts/RSGA	mmddRSGA.txt	2KB
SGAS	ftp://ftp.sec.noaa.gov/pub/forecasts/SGAS	mmddSGAS.txt	2KB
daypre	ftp://ftp.sec.noaa.gov/pub/forecasts/daypre	mmdddaypre.txt	3KB

NOAA/SEC에서 제시한 우주환경기준 R, S, G와 실시간 데이터에 기초하여 ION script 기반하에 운용되고 있다. 위 시스템에서는 태양활동의 영상과 플럭스 등 태양활동과 우주환경의 실시간 정보들을 제공하고 있다. 그리고 HF 전파통신, 위성 등에 예상되는 우주환경 영향을 제시하였으며 NOAA/SEC에서 발령하는 3일 예보 레포트를 참고하여 태양 X-선 플레어, 태양 프로톤 현상, 지자기폭풍의 발생 가능성을 예측 제공하고 있다. 또한 태양 충격파와 CME 진행모델을 웹 기반에서 구

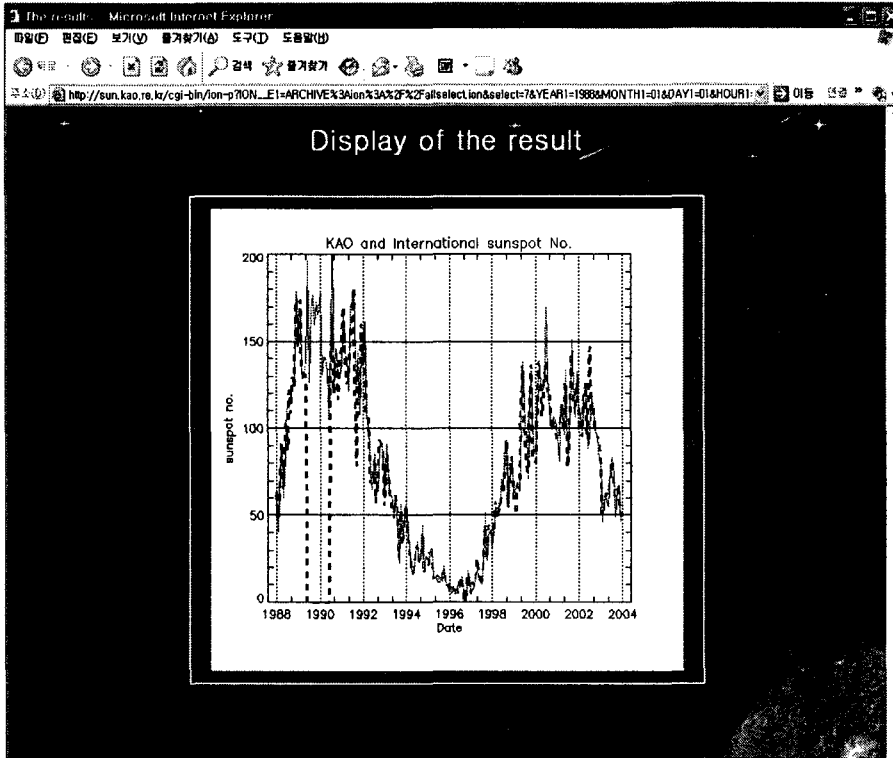


그림 7. KAO 흑점수 데이터 검색 결과.

현되도록 하여 이들이 지구에 도달하여 영향을 줄 수 있는 시각을 예보할 수 있게 하였다. 더불어 우주환경의 보다 심화된 연구를 위해 데이터 검색 웹페이지를 제작하였다. 이 시스템은 향후 국내 관측 데이터의 보안을 통해 지속적으로 개선할 예정이다. 즉 천문연구원의 태양 플레어망원경으로 관측한 H $\alpha$  태양전면 영상, 코로나그래프 그리고 향후 구축 예정인 태양 전파 관측자료 등을 추가할 예정이다. 그리고 해양연구원의 전천카메라 영상, 지질자원연구원의 지자기 관측자료, 천문연구원의 GPS 그룹의 TEC 자료를 비롯하여 국내위성에서 관측된 플라즈마 및 자기장 데이터를 포함하고자 한다. 우리가 제작한 이 시스템이 우주환경 연구자들과 한국 사용자들에게 모두 유용하게 사용되기 바란다.

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

### 참고문헌

박형민, 문용재, 조경석, 박소영, 이상우, 이우경, 박영득, 김연한 2004, 한국우주학회지, 21, 429  
 조경석, 문용재, 김연한, 최성환, 김록순, 박종욱, 김해동, 정종균, 임무택, 박영득 2004, 한국우주학

회지, 21, 315

Cho, K. S., Moon, Y. J., Dryer, M., Fray, C. D., Park, Y. D., & Kim, Y. H. 2003, *JGR*, 108, A12(10), doi:10.1029/2003JA010029

Dryer, M. 1994, *Space Sci. Rev.*, 67, 363

Dryer, M., & Smart, D. F. 1984, *Adv. Space Res.*, 4, 291

Gopalswamy, N., Lara, A., Yashiro, S., Kaiser, M. L., & Howard, R. A. 2001, *JGR*, 106, 29207

Moon, Y. -J., Cho, K. -S., Dryer, M., Kim, Y. -H., Bong, S. -C., & Park, Y. -D. 2004, *ApJ*, submitted

Moon, Y. -J., Dryer, M., Smith, Z., Park, Y. -D., & Cho, K. -S. 2002, *Geophys. Res. Lett.*, 29, 1390, doi:10.1029/2002GL014865