

우주전파 관측자료 신뢰성 향상을 위한 개선방안 연구

2012. 12. 31.

제 출 문

본 보고서를 「우주전파 관측자료 신뢰성 향상을 위한 개선 방안 연구」 과제의 최종 보고서로 제출합니다.

2012. 12. 31.

연구책임자 : 박 석 주(우주전파센터 관측팀)

연구 원 : 김 종 운(우주전파센터 관측팀)

김 영 윤(우주전파센터 관측팀)

요 약 문

전파는 현재 우리의 일상생활과 미래 환경, 경제활동, 국민의 안전과 복지에 크나큰 영향을 미치고 있으며, 최근 스마트폰의 등장에 따라 더욱 전파의 중요성이 강조되고 있다. 하지만, 이러한 전파의 사용은 태양활동에 따라 심각한 영향을 미칠 수 있다는 사실도 간과해서는 안 된다.

국립전파연구원에서는 1973년부터 지자기, 전리층, 태양활동 등 관측시설을 운영하고 있으며 2011년 제주에 “우주전파센터”를 개소하여 ACE위성수신, 태양풍, 태양전파 노이즈, 전리층, 지자기 및 기타 관측시스템을 구축·운영하고 있다. 우주전파센터는 본격적인 태양활동에 대비하여 우주전파환경의 정확한 예측과 신뢰성 있는 관측 데이터를 수요자 및 대국민에게 제공하고 있다.

이번 연구에서는 신속하고 효율적인 시스템 장애 대응을 위하여 우주전파환경을 관측하는 10여종이 넘는 시스템에 대한 시스템별 장애 유형을 통계·분석하고 장애발생시 신속한 복구를 위한 장애처리 매뉴얼을 마련하였다.

또한 태양활동 관측 데이터의 활용을 용이하게 하기 위해 태양흑점 폭발 유형 관측시스템에서 측정한 스펙트로그래프에서 배경 노이즈를 제거하는 알고리즘을 적용할 수 있게 하여 태양흑점 폭발의 유형을 가시적 이미지 형태로 신속하게 판단할 수 있도록 개선하였다.

마지막으로 태양 활동인 흑점폭발 등으로 인한 지구 자기장 교란이 일어날 때 지상 전력망에 발생된 지자기 유도전류의 상관관계를 연구하기 위하여 국내 전력망에 실시간 관측시스템을 설치하여 그 데이터를 수집할 수 있게 하였다.

본 연구를 통해 우주전파환경 관측시스템이 안정적으로 운영할 수 있도록 장애발생을 최소화하고 장애처리 대응체계를 마련하였으며, 관측 데이터의 활용을 용이하도록 개선방안을 마련하였으며, 국내 전력망에 영향을 줄 수 있는 지자기 유도전류를 연구할 수 있는 기반을 마련하였다.

SUMMARY

The Korean Space Weather Center (KSWC) of the National Radio Research Agency (RRA) has fully equipped space weather observation systems. The seamless operation of them is essential to the reliable space weather alerts and forecasts service of KSWC.

In this study, we have advanced the data quality of the observation systems, that is for the reinforcement of KSWC's capability of forecasts service.

The types of observation facility disability have been investigated and a practical manual have been prepared for the prompt restoration of the observation system.

To provide a quick look of solar radio burst and for a better determination of the types of it, we improved the output images of the solar radio spectrograph system in Icheon observatory.

We developed a GIC(Geomagnetic Induced Current) monitoring system and deployed at the Sin-ga-pyung Power Station. That is the first GIC measurement system in Korea to find out the relation between the geomagnetic activity and the induced current over the Korean power grid.

목 차

제1장 서론	11
제2장 우주전파관측시스템별 장애처리 결과분석	12
제1절 우주전파관측시스템의 종류 및 기능	12
제2절 시스템별 장애 유형 분석	21
제3절 시스템별 장애 건수 분석	26
제4절 시스템별 장애 처리 매뉴얼	28
제3장 태양흑점폭발유형관측시스템의 관측신호 이미지잡음 제거	29
제1절 시스템 구성 및 이미지 처리 방법	29
제2절 평상시 배경잡음의 분포 및 형태 분석	30
제3절 배경잡음 제거 방안	31
제4절 배경잡음 제거 전후 비교	36
제4장 태양 흑점폭발에 따른 국내전력망 유도전류 분석	38
제1절 지자기 유도전류 측정시스템 구축	38
제2절 지자기 유도전류 측정 소프트웨어 개발	53
제3절 지자기 교란에 따른 유도전류 측정 사례	66
제4절 지자기 변화에 따른 유도전류 측정을 위한 향후계획	68
제5장 결론	69
[참고문헌]	70

표 목 차

[표 1] 접촉식과 비접촉식 전류측정 방식의 비교	44
[표 2] 지자기 유도전류 관측시스템 구성품	48
[표 3] Current Clamp의 주요규격	51
[표 4] Sensor Unit의 주요규격	52
[표 5] Digitizer의 주요규격	52
[표 6] Ethernet 통신장치 주요규격	53

그 립 목 차

[그림 1] 전리층 관측시스템	13
[그림 2] 지자기 관측시스템	14
[그림 3] 전리층 전자밀도 관측시스템	14
[그림 4] 태양전파 관측시스템	15
[그림 5] 태양 2.8GHz 절대플럭스 관측시스템	16
[그림 6] 태양풍 지상 관측시스템	17
[그림 7] 광대역 태양전파 노이즈 관측시스템	18
[그림 8] ACE위성 수신기 및 시스템 구성도	19
[그림 9] 우주전파 관측시스템의 위치	20
[그림 10] 제주 전리층 관측시스템 장애 유형	21
[그림 11] 이천 전리층 관측시스템 장애 유형	21
[그림 12] 제주 지자기 관측시스템 장애 유형	22
[그림 13] 이천 지자기 관측시스템 장애 유형	22
[그림 14] 강릉 지자기 관측시스템 장애 유형	23
[그림 15] 제주 전리층 전자밀도 관측시스템 장애 유형	23
[그림 16] 제주 전리층 전자밀도 관측시스템 장애 유형	24
[그림 17] 태양전파 안테나 구동부 및 제어PC 장애 유형	24
[그림 18] 태양전파 스펙트럼 취득PC 장애 유형	25
[그림 19] 태양전파 스펙트럼 분석PC 장애 유형	25
[그림 20] 태양 2.8GHz 절대플럭스 관측시스템PC 장애 유형	26
[그림 21] 우주전파 관측시스템 월별 장애 발생 건수	27
[그림 22] 우주전파 관측시스템별 장애 발생 건수	27
[그림 23] 우주전파관측시스템 간단 매뉴얼 비치 상태	28
[그림 24] 태양흑점폭발유형 관측시스템 구성도	29
[그림 25] 태양흑점폭발유형 단일 관측시스템 상세 구성도	30
[그림 26] 태양전파 폭발 유형	31
[그림 27] 태양폭발이 없는 평시의 배경잡음	31

[그림 28]	배경잡음이 있는 상태에서의 태양폭발 관측상황	32
[그림 29]	태양폭발 관측화면(좌)과 평상시의 배경잡음(우)	32
[그림 30]	1일 전 배경잡음을 이용한 배경잡음 제거 상태	33
[그림 31]	1개월 전 배경잡음을 이용한 배경잡음 제거 상태	33
[그림 32]	3개월 전 배경잡음을 이용한 배경잡음 제거 상태	34
[그림 33]	6개월 전 배경잡음을 이용한 배경잡음 제거 상태	34
[그림 34]	배경이미지 시기를 다르게 적용하여 이미지 처리한 상태	35
[그림 35]	현재 3개월 전 배경이미지를 사용하여 인터넷 관측정보 서비스화면	35
[그림 36]	2012.5.17. 호주IPS TypeII유형 표출화면과 센터 측정 데이터	36
[그림 37]	2012.7.31. 호주IPS와 우주전파센터 TypeII 관측 화면	37
[그림 38]	2012.11.8. 호주IPS TypeII유형 표출 화면	37
[그림 39]	지구자기장 유도전류 발생원리	39
[그림 40]	지구자기장 교란에 따른 미국 전력망 피해 예상도(2008년도)	41
[그림 41]	국내 전력송전설비 계통도	42
[그림 42]	2003년도 국내 지자기 변화량	43
[그림 43]	2011년도 국내 지자기 변화량(이천, 제주, 강릉)	43
[그림 44]	지자기 유도전류 측정 방법	44
[그림 45]	스코틀랜드 전력망 유도전류 측정 센서 (Hall Effect Transducer Type)	45
[그림 46]	스웨덴 전력망 유도전류 측정 센서 (Hall Effect Transducer Type)	45
[그림 47]	일본 및 국내 전력망 유도전류 측정 센서 (Clamp Type)	46
[그림 48]	지자기 유도전류 관측시스템 계통도	47
[그림 49]	지자기 유도전류 관측시스템 상세 계통도	47
[그림 50]	지자기 유도전류 주요 구성품 사진	48
[그림 51]	신가평 변전소 지자기 유도전류 측정기 설치	49
[그림 52]	지자기 유도전류 측정을 위한 Clamp 및 Sensor등 설치 모습	50
[그림 53]	실시간 관측된 데이터를 저장, 가공, 처리, 전송하기위한 PC설치 사진	50
[그림 54]	지자기 유도전류 실시간 저장 및 처리등을 위한 PC 동작 장면	51
[그림 55]	GIC 측정 소프트웨어 블록 다이어그램	54
[그림 56]	GIC관측을 위한 드라이버 셋팅 실행 아이콘	57

[그림 57] DAQ-9181 드라이버 셋팅 및 확인	57
[그림 58] DAQ-9181 드라이버 셋팅 후 실행 방법	58
[그림 59] Current Detector S/W 실행 아이콘	59
[그림 60] Current Detector S/W 실행 프로그램화면	59
[그림 61] GIC Graph S/W 실행 아이콘	60
[그림 62] GIC Graph S/W 실행 화면	61
[그림 63] 데이터 전송을 위한 FileZilla Server 실행 아이콘	62
[그림 64] GIC측정 데이터 저장상태 폴더 확인	62
[그림 65] GIC측정 데이터 저장파일(txt) 확인	63
[그림 66] GIC측정 파일의 내용 확인	64
[그림 67] GIC측정값의 자동 저장 그림 파일 리스트	64
[그림 68] GIC 측정값의 그래프 그림파일	65
[그림 69] 2012.10.31. GIC관측 데이터와 이천, 제주, 강릉 지자기 데이터 ...	66
[그림 70] 2012.12.2. GIC관측 데이터와 이천, 제주, 강릉 지자기 데이터 ...	67
[그림 71] 우주전파센터 지자기 지수 예보 화면 (2012.12.2.)	68

제1장 서론

최근 스마트폰, 스마트TV 등장에 따라 전파의 이용은 일상생활이 되었으며 언제, 어디서나 원하는 방식의 통신이 가능한 환경을 제공할 수 있게 되었다.

그러나 이러한 일상생활의 전파이용은 태양의 활동과 무관하지 않다는 것이다. 태양활동의 증가로 인한 위성체 손실, GPS교란, 단파통신 두절 등이 발생될 수 있으며 이러한 우주전파환경의 여러 요소가 사회적인 혼란을 야기할 수 있기 때문에 미국등과 같은 선진 국가에서는 이미 10여 년 전부터 이에 관한 관측 및 연구를 수행하고 있었다.

국립전파연구소에서는 십여종의 우주전파관측 시스템을 구축하고 운영 중에 있으며, 본 시스템의 안전한 운영은 우주전파환경의 예·경보의 정확성과 신뢰성에 직결된다. 따라서 “우주전파 관측자료 신뢰성 향상을 위한 개선방안 연구”를 수행하여 대국민 우주전파환경의 정확한 예·경보 서비스 발전에 기여하고자 한다.

이 연구는 다음과 항목으로 이루어져 있다.

2장에서는 국립전파연구원 우주전파센터에 보유하고 있는 우주전파관측 시스템별 장애 유형과 처리 결과를 분석하여 신속하고 효율적인 시스템운영을 위한 시스템별 장애 처리 매뉴얼을 마련하는 연구를 수행하였으며, 3장에서는 기존에 운영하고 보여준 태양전파 이미지의 처리방법을 분석하고 배경잡음을 제거할 수 있는 방안을 도출하여 배경잡음이 제거된 이미지를 기존 이미지와 분석을 하는 연구를 수행하였으며, 4장에서는 태양 흑점폭발에 따른 국내전력망 유도전류 측정시스템을 구축하고, 자동측정을 위한 소프트웨어 개발과 이 측정값을 이용하기 위해서 향후에 필요한 과제를 제시하는 연구를 수행하였다.

본 연구의 결과를 바탕으로 국립전파연구원 우주전파센터는 신속하고 정확한 우주환경 예·경보를 서비스하는데 많은 기여를 할 것이며 대국민 우주전파환경 예보서비스 수행하고 안정적인 국내 방송통신 및 전력 기간설비 보호등과 같은 임무를 수행하기 위한 지속적인 연구를 수행할 예정이다.

제2장 우주전파관측시스템별 장애처리 결과분석

제1절 우주전파관측시스템의 종류 및 기능

1. 배 경

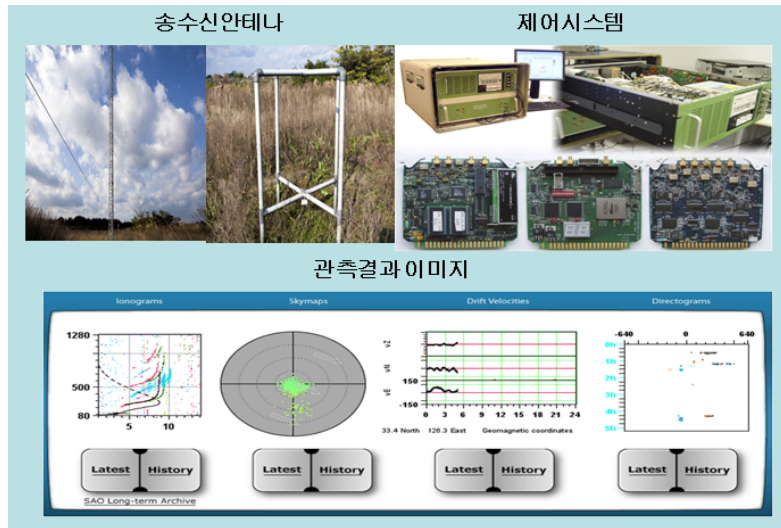
태양의 활발한 활동은 우주 공간에 수많은 전파도 함께 방출하게 된다. 이러한 전파는 지구전역에 전파를 사용하는 기업 및 다양한 사용자에게 영향을 미칠 수 있다. 그러한 영향이 얼마나 되며, 또한 어떻게 일어나는지를 알아내기 위한 다양한 연구가 세계적으로 진행되고 있다. 우리나라에서도 이러한 태양의 활동으로 인해 지구에 도달되는 전파의 세기와 지구자기장의 변화량을 관측하고, 다양한 태양 방출 물질들을 관측하기 위한 다양한 수단들이 있으며 그에 따른 다양한 시스템이 있다.

2011년 제주에 개소한“우주전파센터”에서는 과거 이천분소(현 전파시험인증센터)에서 운용중인 관측시설과 2011년에 설치한 다양한 시스템이 있다.

2 관측시스템의 종류와 기능

가. 전리층 관측시스템

태양폭발이 단파통신에 미치는 영향을 감시하고 관측하기 위해 설치된 시스템으로 경기도 이천과 제주에 설치되었으며 전리층 관측을 위한 송신 안테나 2개와 수신안테나 4개, 송수신을 제어하고 관측하는 관측기로 구성되어 있으며 이에 대한 사진은 [그림 1]과 같다.



[그림 1] 전리층 관측시스템

나. 지자기 관측시스템

지구는 하나의 거대한 자성체로 되어 있으며 지구자기장은 지구의 북극과 남극에 걸쳐 거대한 자기장이 형성되어 있다. 그러나 이러한 지구자기장은 태양의 활동으로 인해서 교란이 일어날 수 있다. 그러므로 지구자기장의 변화는 곧 태양활동과 밀접한 관계가 있으므로 이것을 실시간으로 관측하면 우주전파 환경 예보에 기초자료가 된다.

국립전파연구원 우주전파센터에서 보유하고 있는 지구자기장 관측시스템은 이천, 강릉, 제주 3곳에 설치되어 있으며, 이는 이천과 강릉은 동서방향의 지자기 교란을 이천과 제주는 남북방향의 지자기교란을 관측하는데 활용되고 있다. 시스템 구성으로는 절대 값을 측정하는 센서, 3축방향의 자기장변화를 감지하는 센서, 이러한 데이터를 실시간으로 저장 및 전송해주는 데이터 처리 시스템으로 구성되어 있으며 구성은 아래 [그림 2]와 같다.



[그림 2] 지자기 관측시스템

다. 전리층 전자밀도(TEC:Total Electron Content) 관측시스템

관측시스템은 다수의 GPS 위성으로부터 신호를 수신하여 전리층 전자 밀도와 신틸레이션(위성신호 페이딩 현상)을 실시간 측정하여 지구-위성 간 통신에 미치는 전리층 변화 현상을 연구 하는 장비이며 수신기와 GPS 수신용 안테나는 [그림 3]과 같다



[그림 3] 전리층 전자밀도 관측시스템

라. 태양전파 관측시스템

태양전파 관측 시스템의 태양 전파 수신용 안테나는 30MHz ~ 2500MHz 대역의 태양전파를 관측할 수 있는 광대역 태양전파분광시스템 (Solar Radio Spectrograph)으로서 1995년 설치되었다. 안테나는 3개의 주 파수 대역으로 구분되며 30MHz~100MHz는 대수주기 안테나 (Log

Periodic Antenna), 100MHz~500MHz는 반사경의 지름이 10m인 파라볼릭 안테나, 500MHz~2500MHz는 반사경의 지름이 6m 파라볼릭 안테나로 구성되어 있다. 각 안테나의 모양은 [그림 4]와 같다.

각 안테나에 수신된 전파는 하이브리드(Hybrid)를 거치면서 좌·우 원편 전파성분으로 분리되며, 각 편파는 강한 주변 전파신호를 제거하기 위한 필터, 신호의 세기를 증폭하는 저잡음 증폭기(LNA)를 거쳐 스펙트럼 분석기에 입력된다[1].



[그림 4] 태양전파 관측시스템

마. 태양 2.8GHz 절대플럭스 관측시스템

태양 표면의 온도는 약 6000도로, 태양은 모든 전자기파의 파장 대에서 그 에너지를 방출하고 있다. 태양에서 나오는 에너지의 절대 값을 예측하는데

필요한 전파를 결정하는 것은 태양이 지구에 미치는 우주전파환경의 영향을 정량적으로 예측하는데 매우 중요하며, 태양의 절대플럭스를 관측하는 대표적인 전파의 주파수는 2.8GHz이며, 국내에서는 2008년도 경기도 이천에 설치하여 관측하고 있었다. 이러한 관측기는 캐나다, 일본, 미국 등에서도 동일 주파수대를 관측하고 있다. 2.8GHz 관측시스템은 [그림 5]와 같다.



[그림 5] 태양 2.8GHz 절대플럭스 관측시스템

바. 태양풍 지상 관측시스템

태양풍은 태양으로부터 날아오는 전기를 띤 플라즈마 상태의 입자를 일컫는 말로, 주로 양성자와 전자로 구성되어 있습니다. 태양 폭발이 발생하게 되면 이들 입자들이 대량으로 지구권으로 날아와 인공위성의 전자장치에 영향을 주거나, 지구 대기의 전리층 입자들과 충돌하여 자기장을 교란하여 통신 장애 현상을 일으키게 됩니다. 태양풍 지상 관측기는 현재 태양풍의 이동 경로를 지상에서 모니터링 할 수 있는 유일한 장비이다.

우주전파센터에 설치된 태양풍 지상 관측기는 우주전파원이 태양풍 입자를 지날 때 관측되는 신틸레이션(Scintillation) 현상을 관측하여 태양풍 입자의 속도와 밀도변화를 측정합니다. 각 타일당 24개의 안테나가 설치된 타일이 32개 설치되어 있어, 총 768개의 Phased Array 방식의 안테나로 구성되어 있으며, 기존에 주로 사용되던 모터 추적 방식의 안테나와는 달리 빔 위상 제어를 통해 관측대상을 추적하기 때문에 관측 대상을 빠르고 정밀하게 추적할 수 있는 장점이 있다.

태양풍 지상 관측기는 24개의 다이폴 안테나가 장착되어 있는 타일로 구성되고, 4개의 타일은 1개의 노드로 구성되고 전체 8개의 노드로 구성되어 있어 총 32개 타일이 설치되어 있다. [그림 6]은 설치되어 있는 노드 사진이다.



[그림 6] 태양풍 지상 관측시스템

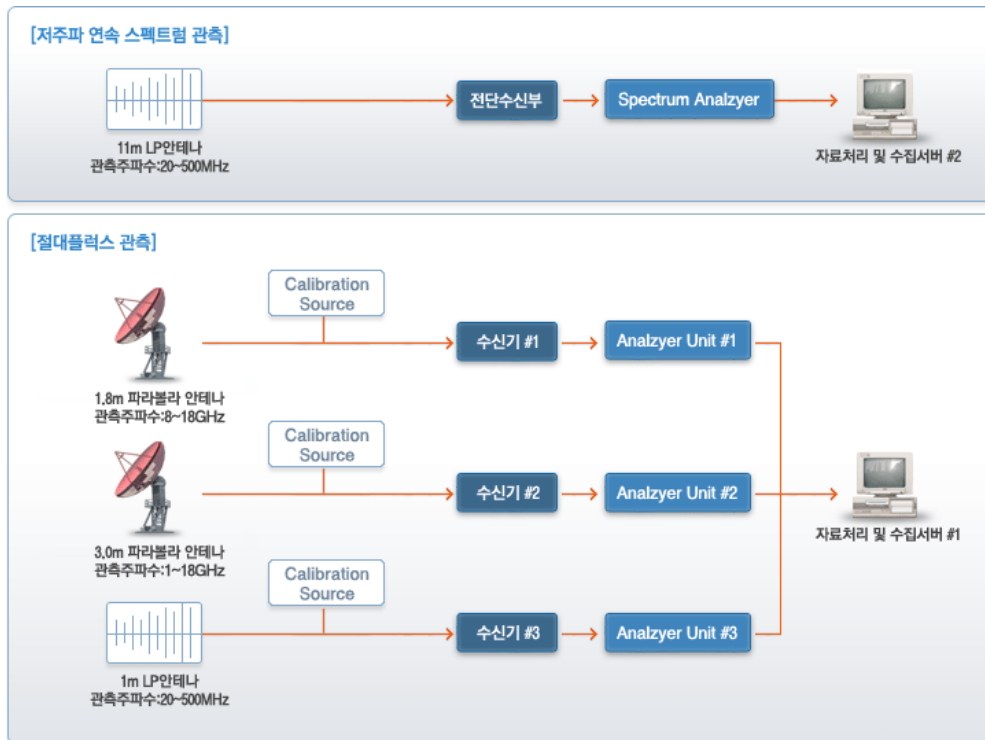
사. 광대역 태양전파 노이즈 관측시스템

광대역 태양전파 노이즈 관측기는 0.03~18GHz 대역에서의 태양전파의 신호 세기를 관측하여 태양 폭발을 직접 모니터링 하는 시스템입니다. 광대역 태양전파 노이즈 관측기는 크게 상대적 태양전파세기를 측정하는 저주파 스펙트럼 관측기와 태양 전파의 절대 값을 측정하는 절대플럭스 관측부분으로 나뉘어진다.

저주파 스펙트럼 관측기는 20~500MHz 대역 구간의 전 영역에 대해 태양 전파 세기의 상대 값을 스펙트럼 형태로 측정하고 있으며, 태양 전파의 스펙트럼 측정은 절대플럭스 관측과 함께 태양 폭발을 모니터링 하는 대표적 방법 중 하나로 폭발시 스펙트럼의 모양을 관측하여 태양폭발의 유형과 향후의 영향을 예측할 수 있게 해 준다.

절대플럭스 관측기는 0.5~18GHz 대역 구간의 20개 주파수에 대해 태양 전파 세기의 절대 값을 측정할 수 기능이 있으며, 주요 사용 주파수 대역에서 태양 전파 세기의 절대 값을 모니터링 하여 태양 폭발 시 어떤 주파수 대역에서 통신장애가 발생하는 지를 신속하게 파악하고 그 대책을 수립하는데 사용되는 관측시스템이다. 기존 미국 등에서 사용하는 광대역 절대플럭스 관측 시스템이 대부분 관측 주파수가 고정된 방식임에 비해, 우주전파센터 시스템은 사용자가 임의로 관측 주파수를 변경할 수

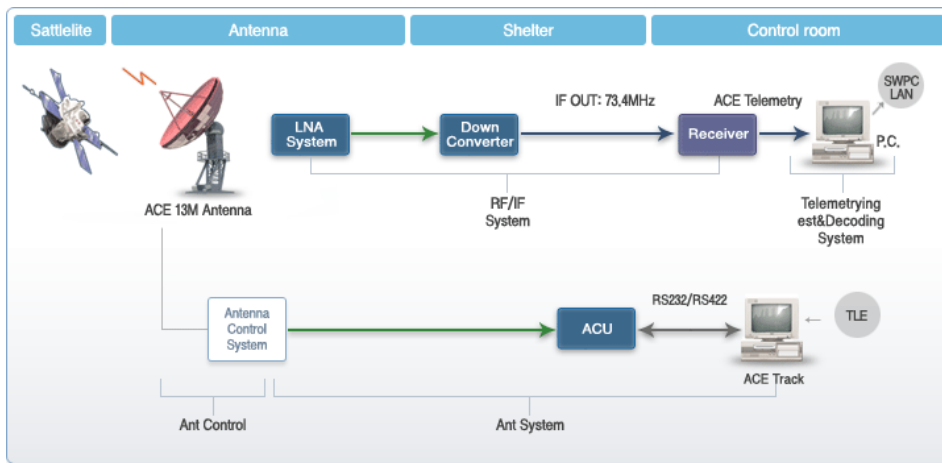
있는 방식입니다. 이는 통신의 발달에 따라 관심 주파수 대역이 바뀔 경우에도 기존 시스템을 그대로 사용할 수 있는 선진적 시스템이다. [그림 7]은 저주파 연속 스펙트럼 관측시스템의 구성도와 광대역 태양전파 노이즈 관측시스템의 기본 구성도이다.



[그림 7] 광대역 태양전파 노이즈 관측시스템

아. ACE위성 수신기

태양 내 상부 대기층에서 방출되는 플라즈마 전하입자에서 나오는 전파를 지구와 태양 사이의 인력과 원심력이 균형을 이루는 L1 지점의 궤도(Lagrangian Point)사이에 설치된(지구상공 1,500,000km위치) ACE위성에서 이곳을 지나는 태양풍을 관측한다. 관측된 데이터(Raw Data)를 ACE위성수신 안테나로 수신하여 SWPC에 보내 자료를 처리하고 분석된 데이터를 기반으로 각종통신장애 및 예상치 못한 지구환경 피해를 예방하기 위한 마련을 하는 데 활용하는 중요한 관측기이다. [그림 8]은 ACE 위성수신기의 외관사진과 시스템 구성개요도 이다.



[그림 8] ACE위성 수신기 및 시스템 구성도

자. 관측시스템 위치

우주전파관측시스템 설치 위치는 이천에 태양전파관측기등 5종이 설치되어 있으며, 강릉에는 지구자기 관측기가 설치되어 있고, 제주에는 전리층 전자밀도(TEC : Total Electron Content) 관측시스템등 3종이 설치되어 있다. [그림 9]는 각 시스템의 위치와 종류를 나타내는 것이다.



[그림 9] 우주전파 관측시스템의 위치

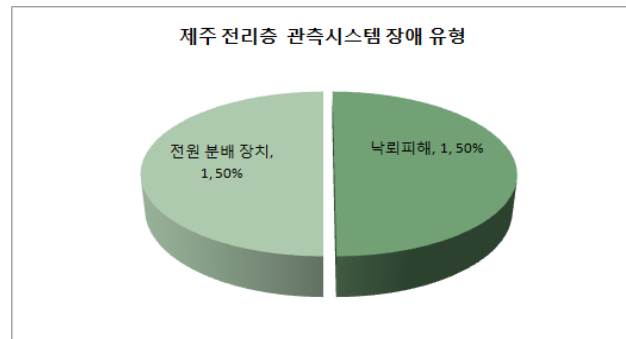
위에 있는 시스템이외에도 2011년도에 설치된 광대역 태양전파 노이즈 관측기, ACE위성관측 시스템, 태양풍 지상 관측 시스템 3종류가 설치 운용중에 있으며, 본 연구보고서에서는 2010년도 이전에 설치된 우주전파관측시스템에 한하여 장애처리 결과 분석과 대응 처리방안을 마련하였다.

제2절 시스템별 장애 유형분석

우주전파센터에서 운영하고 있는 우주전파 관측용 장비와 관측을 위한 PC를 장애 유형별로 분석하였다. 2011년도에 구축된 태양풍 지상 관측시스템, 광대역 태양전파 노이즈 관측시스템, ACE위성수신 시스템은 무상유지보수기간 이내로 이번 장애분석에는 제외시켰다.

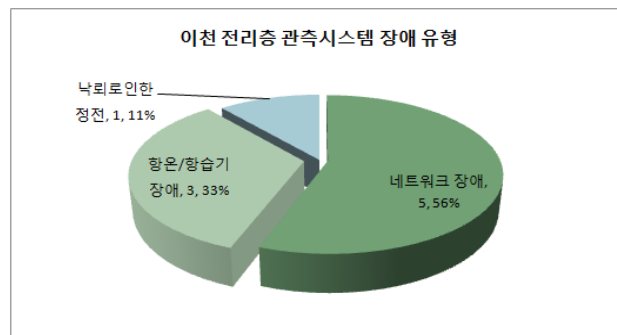
1. 전리층 관측시스템

제주 전리층 관측기는 [그림 10]의 그림을 보면 총 장애 건수 2건중 각 1건씩 전원분배 장치와 낙뢰피해로 인한 장애가 있었다.



[그림 10] 제주 전리층 관측시스템 장애 유형

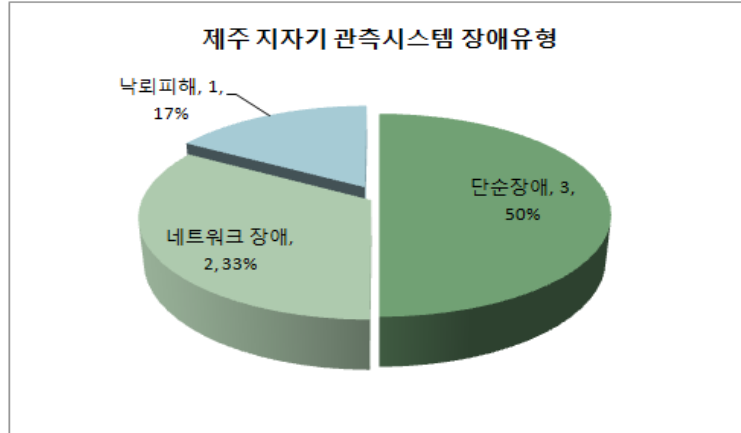
[그림 10]은 이천 전리층 관측기의 장애 건수를 그림으로 표시한 것으로 총 장애 건수 9건중 네트워크인한 장애 5건, 항온 항습기로 인한 장애 3건, 낙뢰로 인한 장애 1건의 장애가 있었다.



[그림 11] 이천 전리층 관측시스템 장애 유형

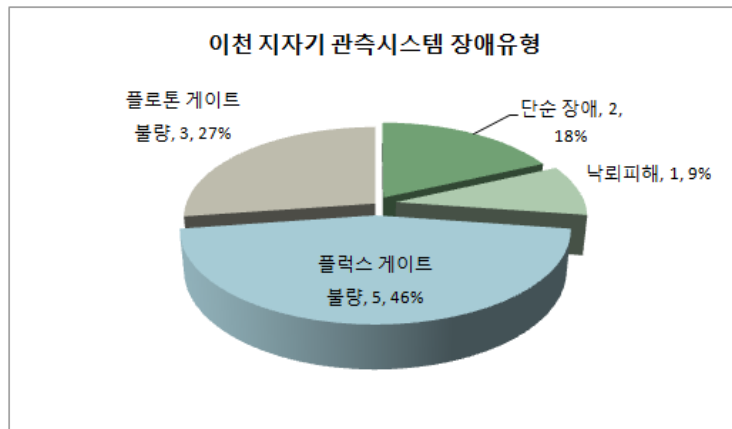
2. 지자기 관측시스템

[그림 12]는 제주 지자기 관측기의 장애건수로 장애 건수 6건 중 단순장애 3건, 네트워크 장애 2, 낙뢰피해 1건의 장애가 있었다.



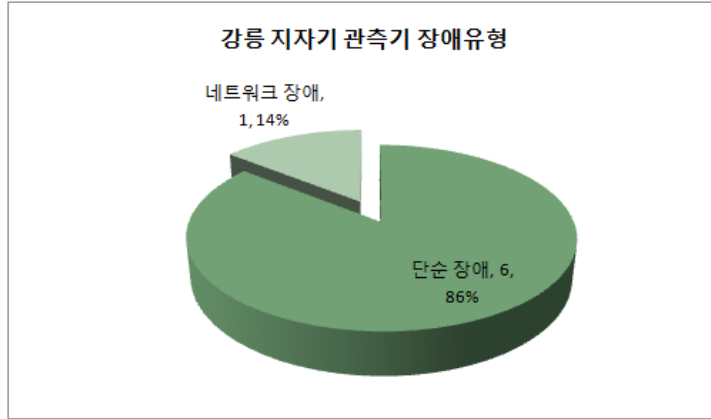
[그림 12] 제주 지자기 관측시스템 장애 유형

이천 지자기 관측기의 장애는 [그림 13]을 보면 총 장애 건수 11건 중 플럭스 게이트 장애 5건, 플로톤 게이트 장애 3건, 단순장애 2건, 낙뢰피해로 인한 장애 1건의 장애가 있었으며, 프로톤 및 플럭스 게이트 장애는 낙뢰로 인한 2차 피해(일정시간 정상동작하다 고장 발생 현상)로 확인 되었으며, 수리 및 예비품 교체로 장애 복구를 하였다.



[그림 13] 이천 지자기 관측시스템 장애 유형

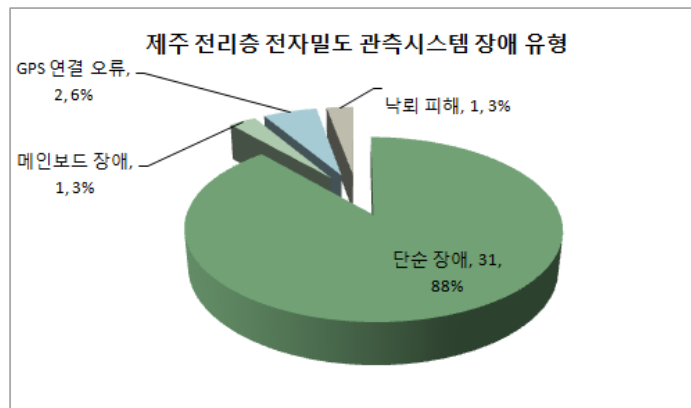
강릉 지자기 관측기는 [그림 14]에서 볼 수 있듯이 총 장애 건수 7건 중 단순장애 6건, 네트워크 장애 1건으로 분석 되었다.



[그림 14] 강릉 지자기 관측시스템 장애 유형

3. 전리층 전자밀도 관측시스템

제주 전리층 전자밀도 관측시스템은 총 장애 건수 35건 중([그림 15] 참조) 단순장애 31건, GPS연결 오류 2건, 메인보드 및 낙뢰피해 각각 1건의 장애가 있었다. 단순장애의 주요 요인으로는 PC노후로 인한 것으로 PC교체 이후에 단순장애가 급격히 감소하였다.



[그림 15] 제주 전리층 전자밀도 관측시스템 장애 유형

이천 전리층 전자밀도 관측시스템은 총 장애 건수 3건 중([그림 16] 참조) 단순장애 건수만 3건의 장애가 있었다.

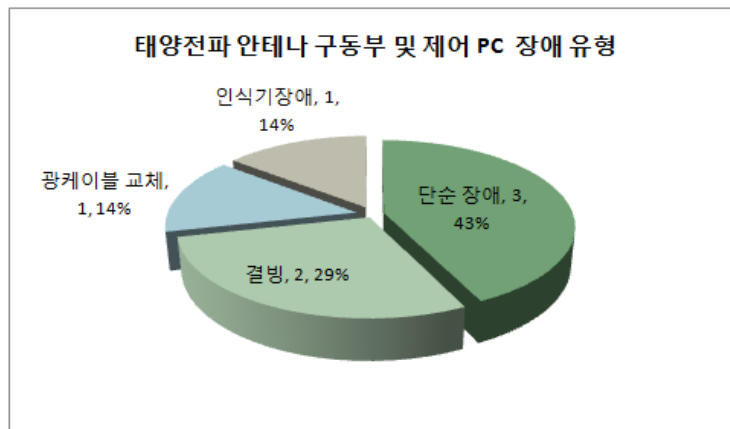


[그림 16] 제주 전리층 전자밀도 관측시스템 장애 유형

4. 태양전파 관측시스템(이천)

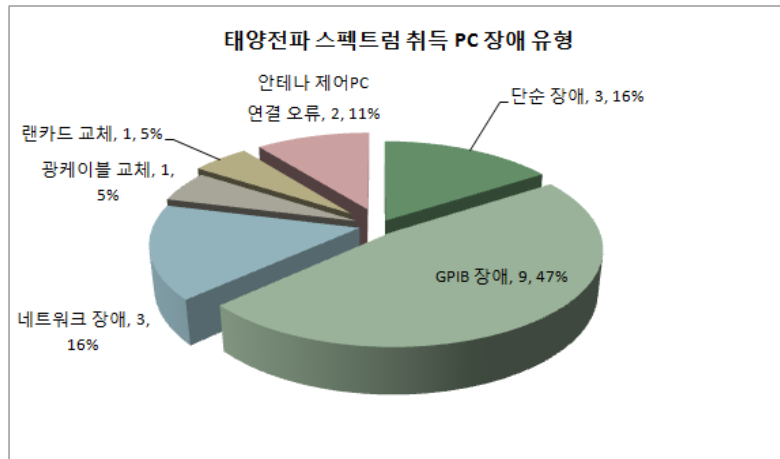
태양전파 관측시스템은 안테나 구동부 및 제어PC, 태양전파 스펙트럼 취득PC, 태양전파 스펙트럼 분석PC 3개로 분류하여 장애분석을 하였다.

그중 안테나 구동부 및 제어PC는([그림 17] 참조) 총 장애 건수 7건 중 단순장애 3건, 안테나 구동부 결빙 3건, 광케이블 및 안테나 각도 인식기 장애가 각각 1건 있었다.



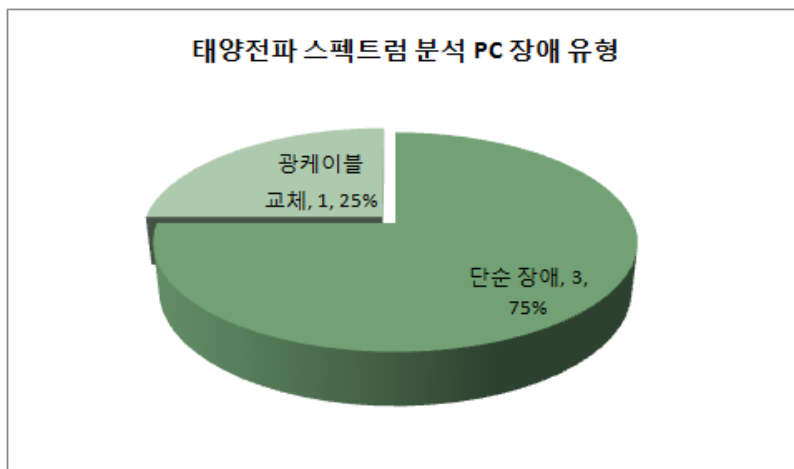
[그림 17] 태양전파 안테나 구동부 및 제어PC 장애 유형

태양전파 스펙트럼 취득PC는([그림 18] 참조) 총 장애 건수 19건 중 GPIB장애 9건, 네트워크장애 및 단순장애가 각3건, 안테나 제어PC간 연결 오류 2건, 랜카드 및 광케이블 교체 장애가 각 1건씩 있었다. 주요 장애요인으로는 GPIB카드 및 랜카드 불량으로 교체 후 장애 건수가 줄어들었다.



[그림 18] 태양전파 스펙트럼 취득 PC장애 유형

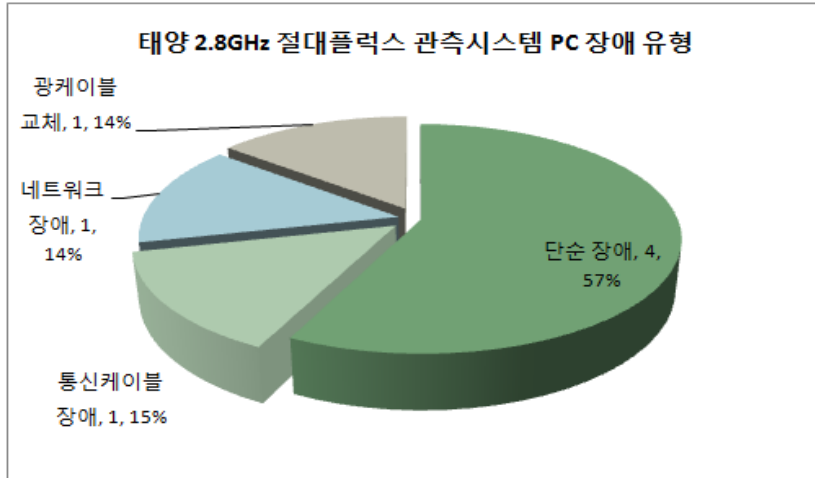
태양전파 스펙트럼 분석PC는([그림 19] 참조) 총 장애 건수 4건으로 단순장애 3건 및 광케이블불량 1건으로 분석되었다.



[그림 19] 태양전파 스펙트럼 분석PC 장애 유형

5. 태양 2.8GHz 절대플럭스 관측시스템

태양 2.8GHz 절대플럭스 관측시스템은([그림 20] 참조) 총 장애 건수 7건으로 단순장애 4건, 광케이블불량 및 네트워크장애와 통신케이블 장애가 각각 1건으로 분석되었다.

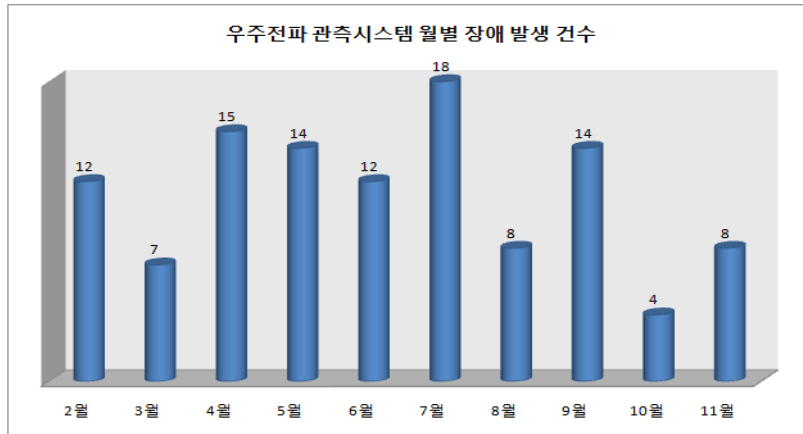


[그림 20] 태양 2.8GHz 절대플럭스 관측시스템PC 장애 유형

제3절 시스템별 장애 건수 분석

1. 월별 장애 건수 분석

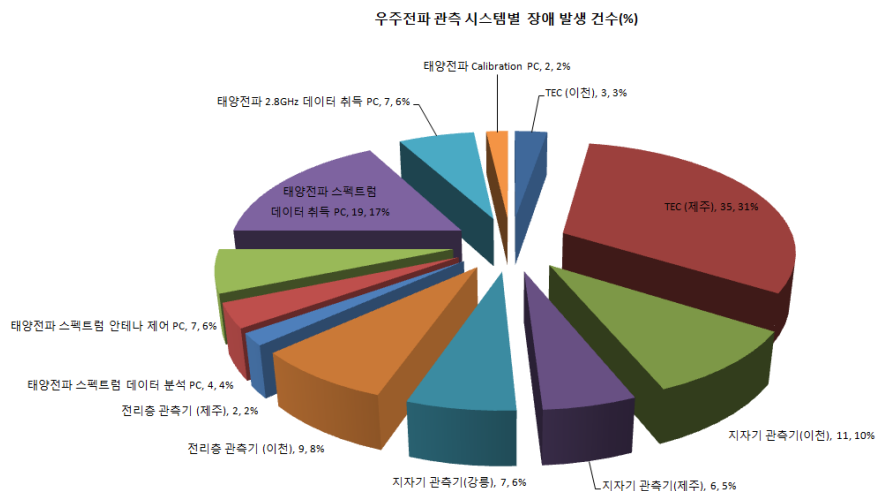
우주전파센터 우주전파 관측시스템의 월별 (10개월 : 2012.2 ~ 2012.11) 장애 건수는 [그림 21]에서 보여준 바와 같이 총 112건(월평균 11.2건)으로 우기철인 6월 낙뢰로 인한 장애 건수가 많으며, 2,4,5,9월은 PC노후화 및 GPIB카드, LAN카드 불량으로 인한 장애로 파악되었으며 9월에 노후된 PC 및 GPIB카드 등을 교체하고 장애건수가 다소 줄어들었다.



[그림 21] 우주전파 관측시스템 월별 장애 발생 건수

2. 우주전파 관측 시스템별 장애 발생 건수 분석

관측시스템별 장애 발생 건수를 분석한 결과 제주 전자밀도(TEC) 관측 시스템이 35건, 태양전파 스펙트럼 데이터 취득 PC가 19건, 이천 지자기 관측기가 11건으로 65%이상의 장애 비율을 차지하였다. 장애 원인으로는 제주 TEC의 경우 노후된PC 사용이 주요 원인이었으며, 태양전파 스펙트럼 데이터 취득PC의 경우 GPIB카드 및 LAN카드 불량, 이천 지자기 관측시스템은 낙뢰로 인한 피해가 주요 원인이었다. 우주전파 관측시스템별 장애 발생건수 비율이 [그림 22]에서 도표 형태로 보여 주고 있다.



[그림 22] 우주전파 관측시스템별 장애 발생 건수

제4절 시스템별 장애 처리 매뉴얼

우주전파센터에서 보유하고 있는 관측시스템과 안테나 제어용 데이터 분석용 PC가 상호 유기적으로 연동되고 인터넷 환경에서 동작이 되는 관계로 시스템 장애가 많은 편이다. 그리하여 시스템 장애 시간을 줄이고 복구하는 방법에 대하여 별도의 매뉴얼을 작성하여 관리 하고 있다. 신속한 시스템 유지 관리를 위한 매뉴얼을 다음과 같이 마련하여 운영 중이다.

1. 관측기 안전모드 매뉴얼 (태양 및 위성 추적용 안테나 강풍시 보호를 위한 Stow Mode 전환을 위한 방법) - 우주전파센터 자체 보관

가. ACE 위성 수신국 안전모드 매뉴얼

나. 광대역 태양전파노이즈 안전모드 매뉴얼

다. 태양전파관측기(태양전파관측기 및 2.8GHz 절대플럭스) 안전모드 매뉴얼

2. 전원 ON-OFF 매뉴얼 (낙뢰 예보 등으로 인한 시스템 손상방지를 위한 전원 차단 방법) - 우주전파센터 자체 보관

가. ACE 위성 수신국 전원 매뉴얼

나. 광대역 태양전파노이즈 전원 매뉴얼

다. 태양풍관측 시스템 전원 매뉴얼

라. 지자기, 전리층, 전자밀도 관측시스템 전원 매뉴얼

3. 관측시스템별 간단 매뉴얼 ([그림 23]참조)



[그림 23] 우주전파관측시스템 간단 매뉴얼 비치 상태

4. 관측시스템별 상세 매뉴얼

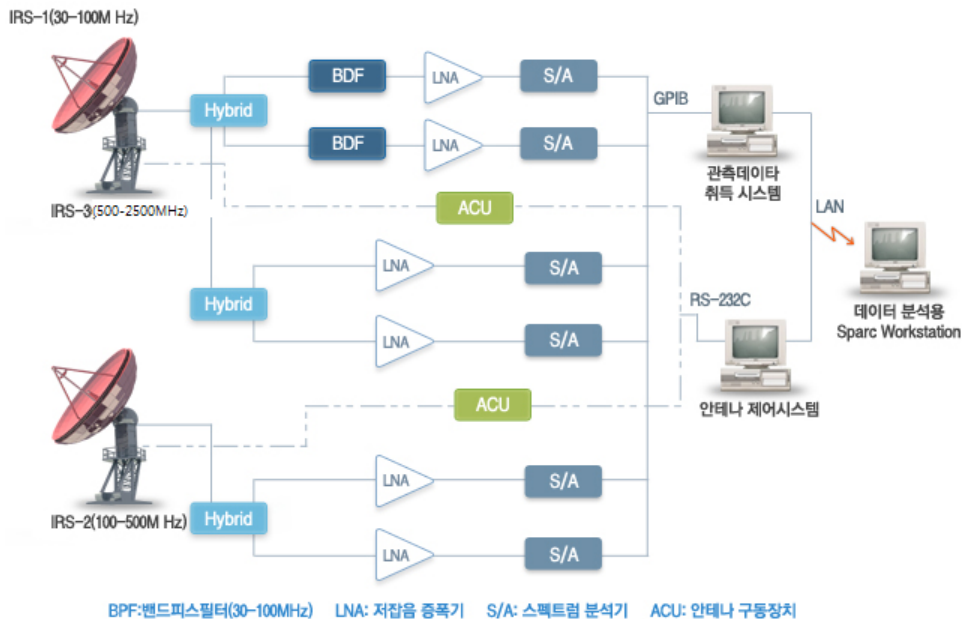
5. 관측기별 점검 리스트(일일, 주간, 월간, 분기)

제3장 태양흑점폭발유형 관측시스템의 관측신호 이미지잡음 제거

제1절 시스템 구성 및 이미지 처리방법

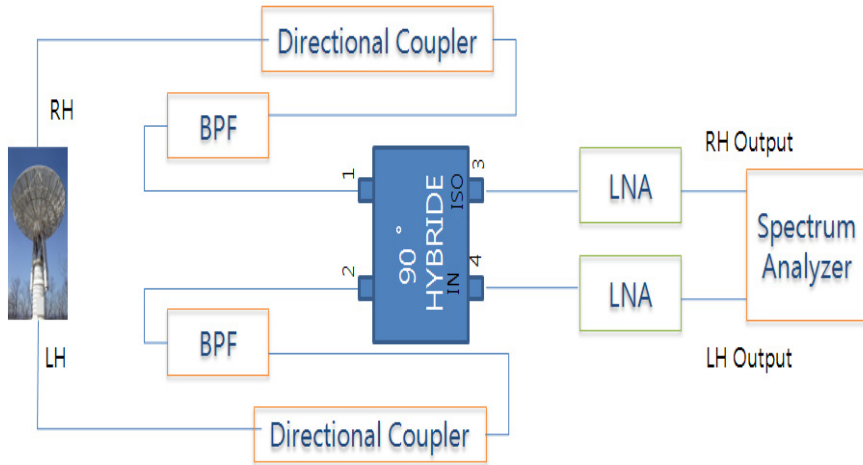
1. 시스템 구성

태양흑점폭발유형 관측시스템 태양추적 제어기에 의해 태양을 추적하면서 태양활동에 의한 태양전파노이즈를 수신하는 부분이다. 관측시스템의 수신데이터는 주변노이즈(방송파 등 기타 무선통신 주파수)를 포함하여 수신되고 있으며 태양활동이 급격하게 변화하지 않는 기간의 태양전파노이즈는 상대적으로 신호의 세기가 약하다. 주변노이즈로부터 약한 신호를 검출하기 위해서는 주변노이즈는 필터링하고 약한 신호는 증폭하는 수신시스템으로 구성되어 있다. 전파연구소 태양전파 관측시스템은 30 MHz ~ 2500 MHz로 광대역에 수신시스템으로 안테나 3기로 대역별로 나누어서 수신되고 있다. 전체 시스템에 대한 계통도를 [그림 24]에서 볼 수 있다.



[그림 24] 태양흑점폭발유형 관측시스템 구성도

단일시스템의 상세한 구성도는 [그림 25]와 같다.



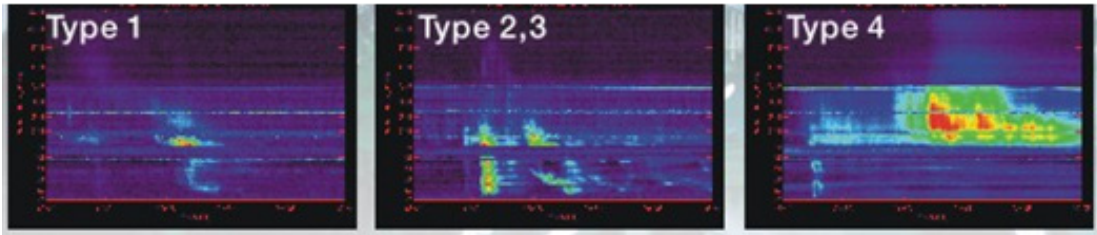
[그림 25] 태양흑점폭발유형 단일 관측시스템 상세 구성도

제2절 태양전파 형태와 배경잡음

지자기 및 전리층은 플레어와 같은 태양 폭발에 의해 우주공간으로 방출되는 전파폭발(radio burst), X선, 충격파, 고에너지 입자 등의 영향을 받게 된다. 태양전파폭발 현상은 플레어 발생 직후 수분 내에 관측되는데 스펙트럼의 유형과 구조 그리고 지속시간에 따라 폭발 유형으로 구분되어 분석되고 있다. [그림 26]은 태양전파 폭발 유형의 대표적인 형태이다[2].

호주, 일본 등 우주환경 예보를 수행하고 있는 기관들은 1990년대 초부터 우주전파센터는 1995년 이전에 설치하여 지구근접 우주환경의 변화를 관측하고 있다.

태양폭발 형태를 관측하기 위해서는 일출부터 일몰까지 태양을 추적하여 공간에 있는 전파를 실시간으로 관측해야 한다. 그러므로 자유공간에는 인공 전파 잡음도 모두 수신될 수 있는 환경이므로 측정 화면에 전파 노이즈가 항상 존재한다. 이러한 노이즈를 효율적으로 제거해야만 태양전파의 형태를 직관적으로 신속하게 파악 할 수 있다. 그러므로 본 연구에서는 태양폭발이 존재하지 않은 평시의 환경의 잡음을 제거하고자 하였다.

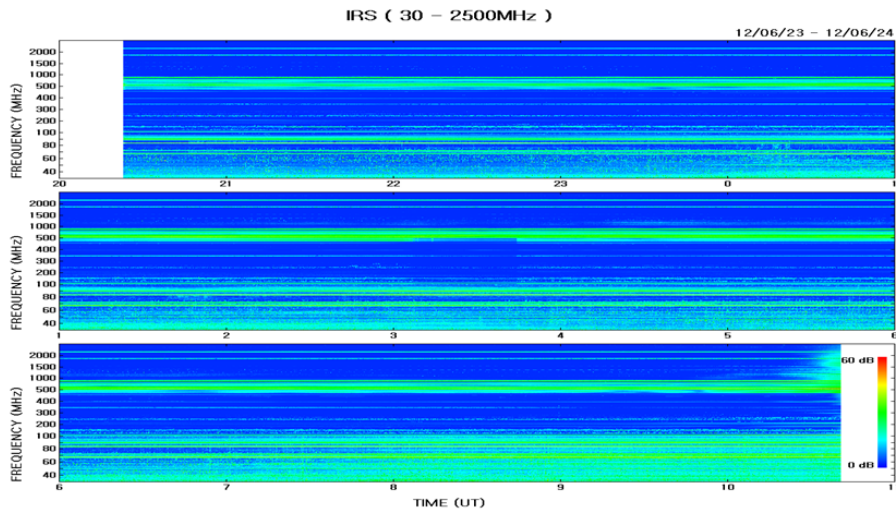


[그림 26] 태양전파 폭발 유형

제3절 배경잡음의 제거 방안

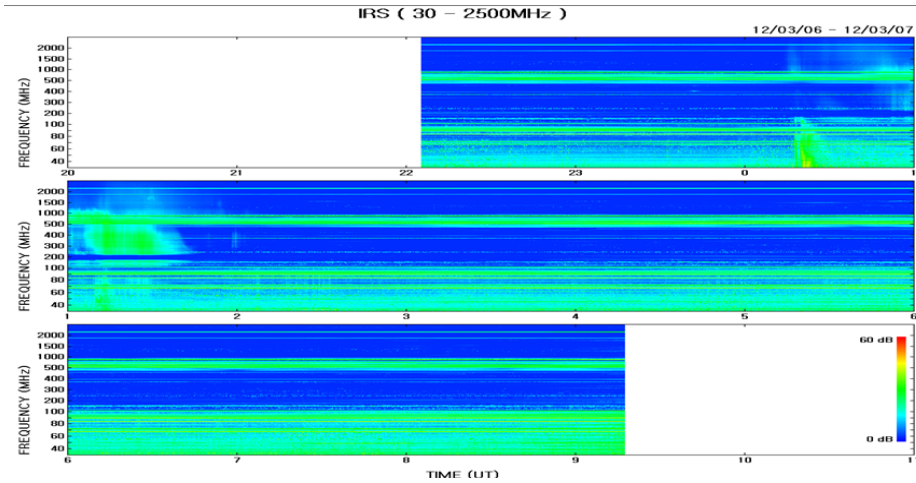
1. 서론

태양폭발 형태를 시각적으로 신속하게 표현하기 위해서는 태양폭발이 없는 상태와 태양폭발이 발생했을 때의 스펙트로그래프의 상호 연관관계를 관찰하므로 배경잡음을 제거할 수 있다. [그림 27]은 2012년 6월 24일의 태양폭발이 없는 상태를 주파수에 따른 시간과 신호의 크기를 색깔로 표시하였다. 90MHz 대역과 500MHz 대역에서의 인공잡음이 많은 것을 볼 수 있다.



[그림 27] 태양폭발이 없는 평시의 배경잡음

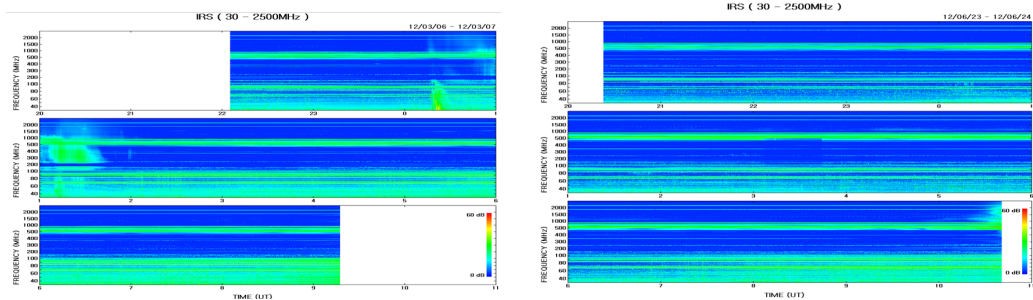
그와는 달리 태양폭발이 발생한 형태는 [그림 28]에서 볼 수 있는데 2012년 3월 7일 0시 20분경 (KST는 9시 20분) 과 1시부터 2시 40분경까지 태양폭발이 관측된 것을 시각 적으로 볼 수 있다. 그러나 인공잡음이 주변에 많이 표현되기 때문에 시각적이고 직관적으로 보기에 다소 좋지 않음을 알 수 있다.



[그림 28] 배경잡음이 있는 상태에서의 태양폭발 관측상황

2. 본론

배경잡음을 제거하기 위해서는 [그림 29]처럼 태양폭발 관측화면(좌)를 기본으로 하여 평상시의 배경잡음을 산술 계산하여 배경잡음을 제거할 수 있다.

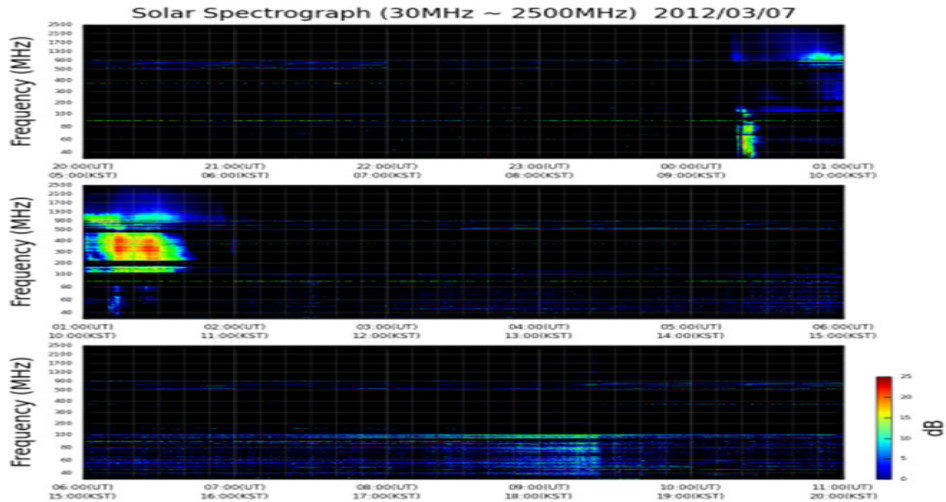


[그림 29] 태양폭발 관측화면(좌)과 평상시의 배경잡음(우)

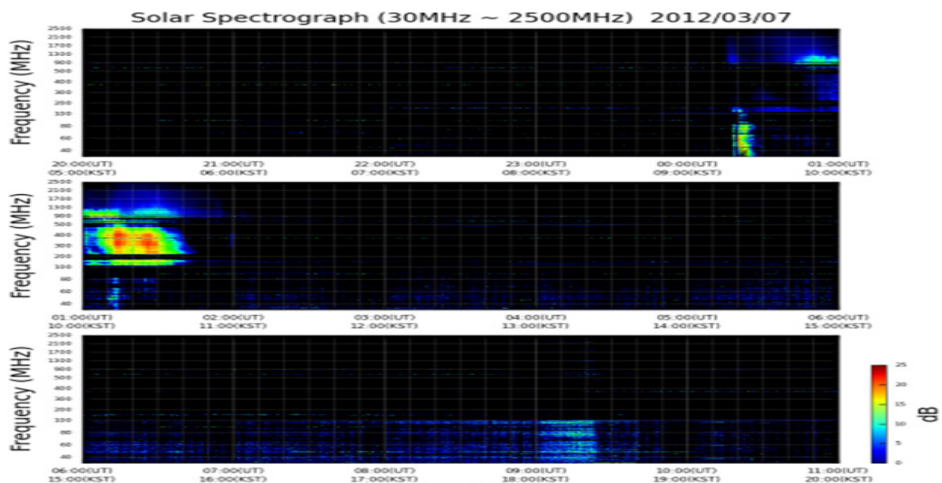
또한 이 배경잡음도 항상 똑같은 것은 아니고 태양의 계절고도와 방위각에 따라서 다른 배경잡음을 가지고 있으며 주변의 인공잡음(무선국)의

수에 따라서 매년 다를 수 있다.

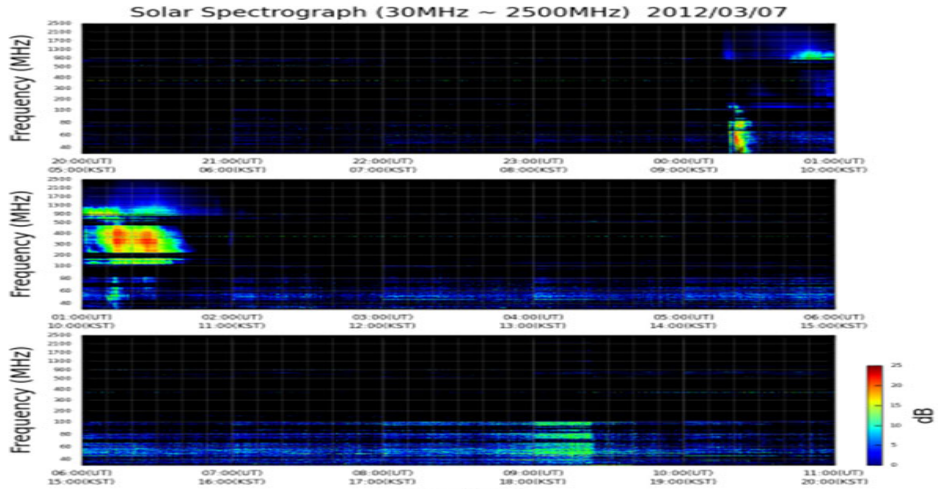
[그림 30] 에서 [그림 33]까지는 배경잡음 제거를 위한 기준 배경잡음을 1일전, 1개월 전, 3개월 전, 6개월 전 데이터를 사용해서 태양폭발 현상을 관측한 자료이다.



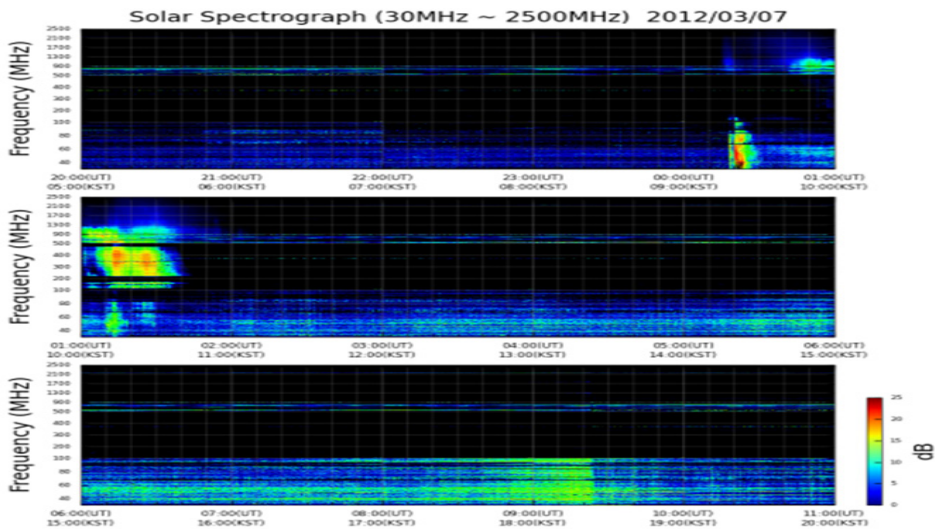
[그림 30] 1일 전 배경잡음을 이용한 배경잡음 제거 상태



[그림 31] 1개월 전 배경잡음을 이용한 배경잡음 제거 상태



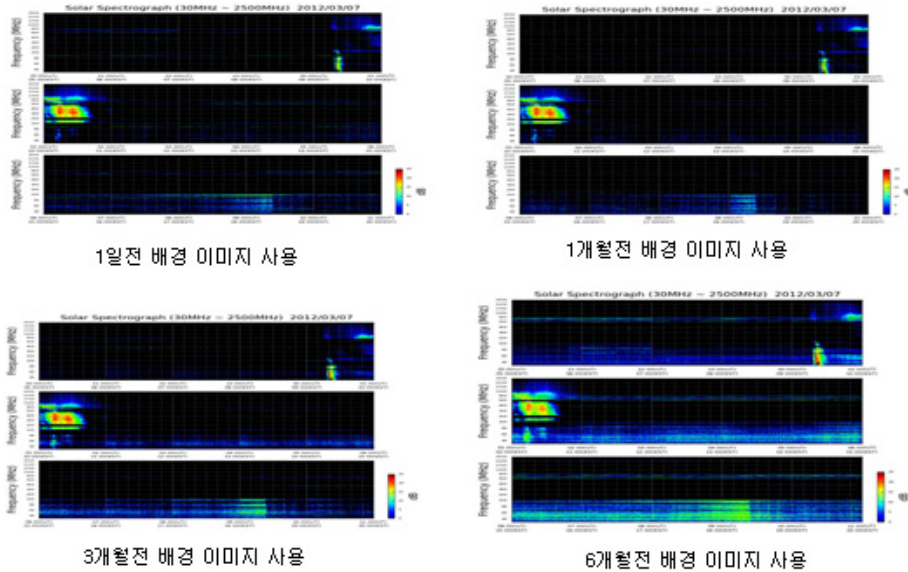
[그림 32] 3개월 전 배경잡음을 이용한 배경잡음 제거 상태



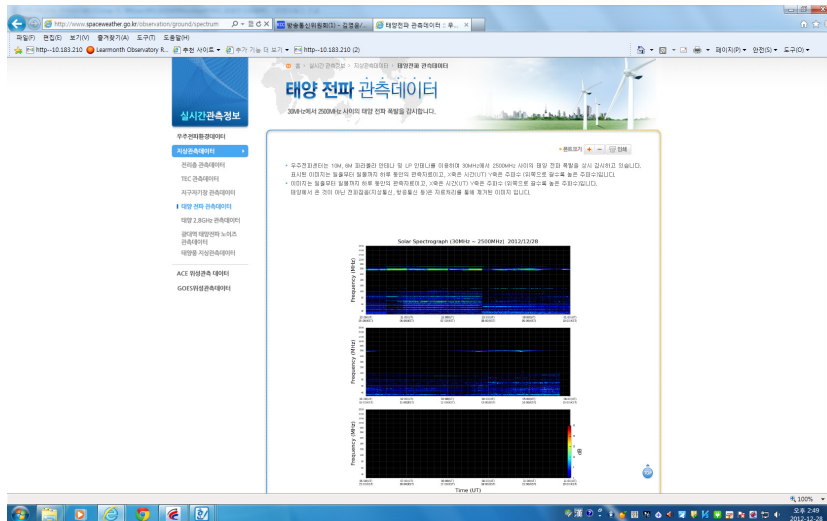
[그림 33] 6개월 전 배경잡음을 이용한 배경잡음 제거 상태

[그림 34]는 배경잡음 시기를 다르게 한 4개의 그림을 한 번에 비교한 그림으로 3개월 전의 배경잡음을 사용하여 처리한 그림이 가장 선명한 그림이 표현된 것을 볼 수 있다. [그림 35]는 3개월 전의 배경이미지를 사용하여 배경잡음이 제거된 상태로 관측한 데이터를 인터넷으로 실시간

서비스 하고 있는 그림이다.



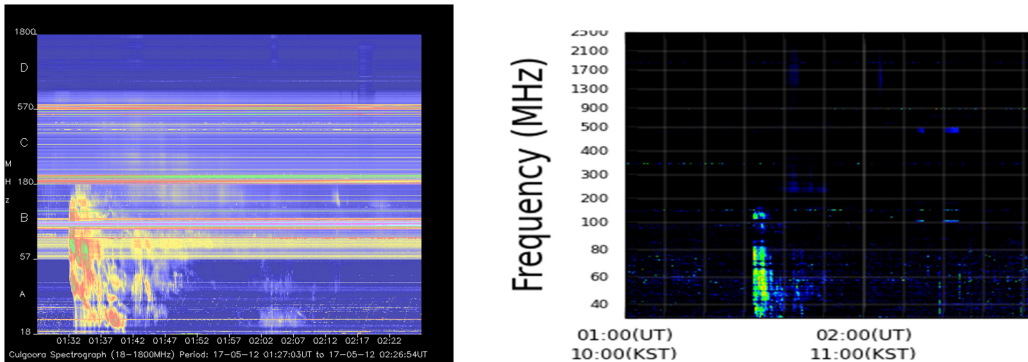
[그림 34] 배경이미지 시기를 다르게 적용하여 이미지 처리한 상태



[그림 35] 현재 3개월 전 배경이미지를 사용하여 인터넷 관측정보 서비스화면

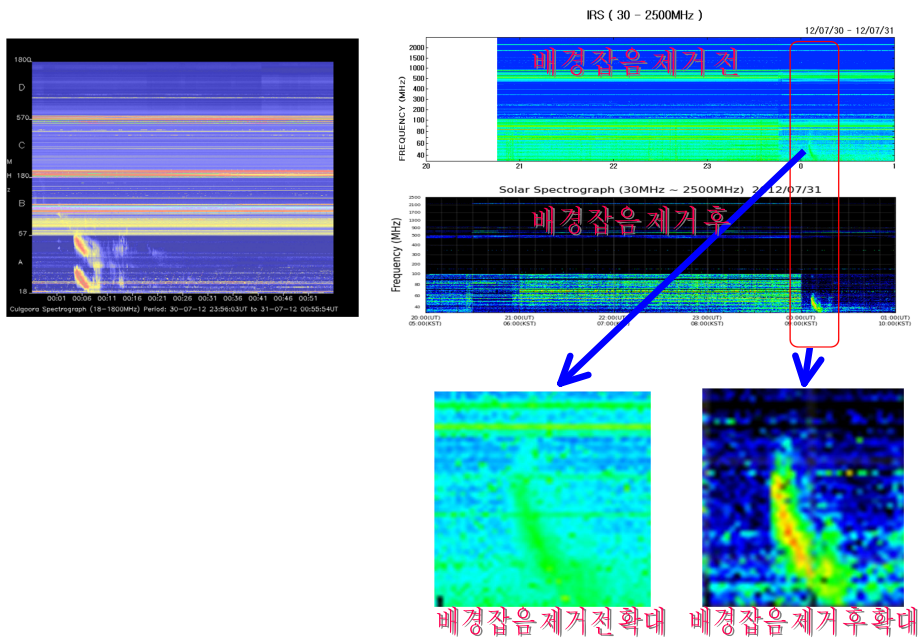
제4절 배경잡음 제거 전후 비교

배경잡음이 제거된 상태로 태양폭발을 관측한 그림을 호주 IPS에서 관측한 화면과 비교를 해보면 상당히 직관적으로 표시된 상태임을 볼 수 있다. [그림 36]은 2012년 5월 17일 호주에서 관측한 그림과 우주전파센터 이전 태양전파관측기에서 관측한 그림을 비교한 것이다.

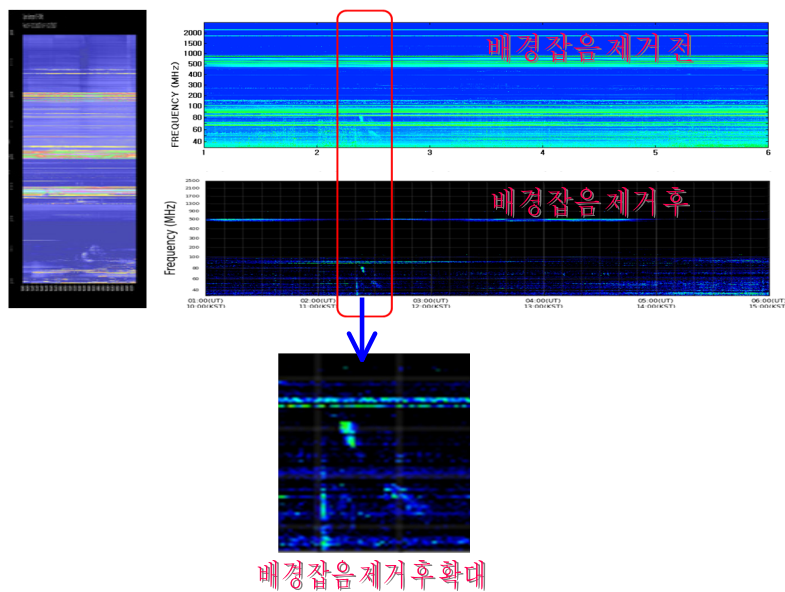


[그림 36] 2012.5.17. 호주IPS TypeⅡ 유형 표출화면과 센터 측정 데이터

[그림 37]은 2012.7.31. 호주IPS와 우주전파센터에서 관측한 태양폭발 TypeⅡ 형태를 관측한 화면이다. 배경잡음이 제거되지 않은 상태와 배경잡음을 제거한 상태의 화면이며 각각의 상태에서 확대한 그림을 보면 배경잡음이 제거된 상태에서의 태양폭발 형태의 그림에서도 신호의 크기를 구별이 가능한 것을 볼 수 있다. 또한 [그림 38]에서도 2012.11.8일 호주IPS와 우주전파센터에서 관측한 태양 폭발 TypeⅡ 형태를 관측한 것인데 잡음이 제거된 상태에서 태양폭발의 유형을 직관적으로 볼 수 있다는 것을 알 수 있다.



[그림 37] 2012.7.31. 호주IPS와 우주전파센터 Type II 관측 화면



[그림 38] 2012.11.8. 호주IPS Type II 유형 표출 화면

제4장 태양 흑점폭발에 따른 국내 전력망 유도전류 분석

제1절 지자기유도전류 측정시스템 구축

1. 배경

가. 개요

태양폭발로 인한 우주기상의 변화는 지자기 유도전류(GIC: Geomagnetically Induced Currents)의 형태로 지상에 영향을 준다. 태양폭발로 인한 태양풍 입자가 지구 근처에 도착하면 자기권과 전리층에 커다란 변화를 초래하는 동시에 지구 자기장에도 큰 영향을 주는데, 이러 급격한 변화는 지상의 송전설비에 전류를 유도하며 이로 인해 고전압의 변압기가 손상 받아 전력망의 장애를 초래할 수 있다. 또한 GIC는 지자기 폭풍의[3] 결과로 발생하기도 한다.

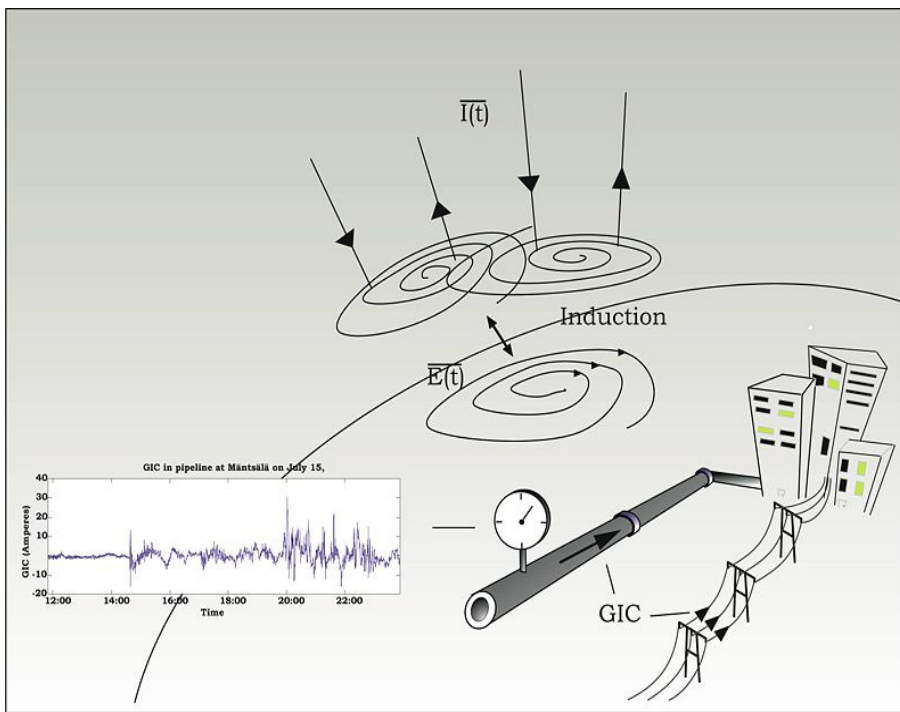
지구 자기장은 오랜 시간에 걸쳐 변하고 있다. 이런 장기 변화는 수백에서 수천 년에 걸쳐 진행되며, 지구의 핵에서 일어나는 다이나모(dynamo) 운동의 결과에 의한 것이다. 지구 자기장의 단기 변화는 수초에서 수년에 걸쳐 일어나며, 주로 전리층, 자기권 및 태양권의 변화가 그 원인이다. 이런 단기 변화는 태양 또는 흑점 주기와 밀접하게 관련이 있어, 우주기상의 한 행태로 볼 수 있다. 지상에 있는 전력선을 비롯한 각종 첨단 장비들은 보통 때는 지구대기에 의해 우주 방사선이나 태양입자에 의한 영향으로부터 보호되지만, 태양폭발은 대기에 의한 보호를 무력화시켜 지상에 큰 장애를 초래하기도 한다.

나. 유도전류의 발생원리

지구 외곽에서의 시간에 따른 자기장의 변화는 도체인 지상에서 전류를 유도한다. 이 전류는 2차 자기장을 생성한다. 패러데이의 유도전류 법칙에 따르면 상층 대기에서의 시간에 따른 자기장의 변화는 지표면에서 전기장을 생성한다. 지상에 생성된 전기장은 전하를 발생시키는데 이것이 지자기 유도전류(GIC)이다. 이렇게 유도된 전하는 송전선이나 송유관 등의

도체 구조물을 따라 흘러간다. 전기장의 크기는 V/km (킬로미터당 전압)의 단위로 측정되는데, 이런 전기장이 전력망에서 전압의 공급원 역할을 하게 된다.

[그림 39]는 GIC의 발생원리를 알려주는 그림으로 전리층에서의 전류의 변화($I(t)$)는 지상에서의 유도된 전기장($E(t)$)을 발생하며 GIC를 유도한다. [그림 39] 내부의 그래프는 핀란드 가스관에서 기록된 GIC 그래프이다[4].



[그림 39] 지구자기장 유도전류 발생원리

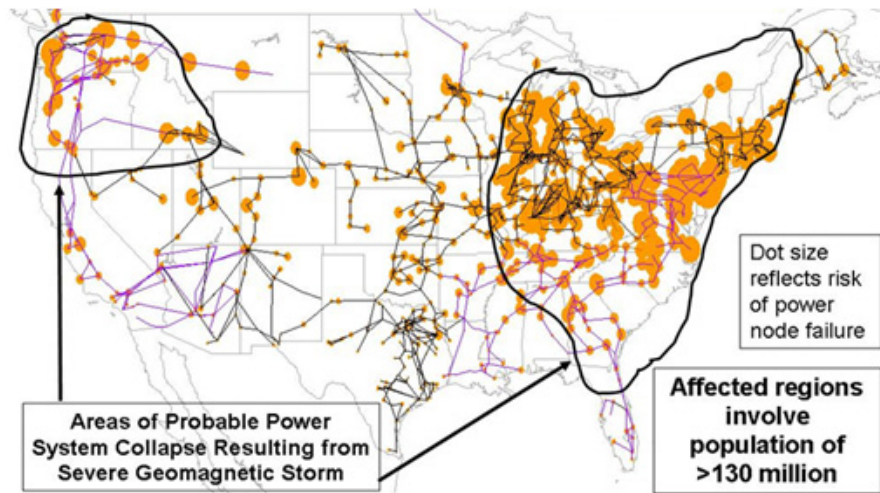
GIC의 주파수 변화는 전기장의 시간에 따른 변화의 정도에 따라 결정되지만, 종종 준-직류(quasi direct current)로 간주되기도 한다. GIC에 의해 지상의 장비나 시설이 영향을 받기 위해서는 유도 전류의 크기나 발생 주파수가 장비에 즉각 또는 누적해서 손상을 줄 수 있는 수준이어야 한다. 전력망에서의 GIC의 규모는 전력망의 전기적 특성과 기하학적 구조에 따라 결정된다.

지자기 폭풍은 자기권과 전리층에서 대규모의 전류변화를 일으키며, 이에 따라 대규모 GIC의 원인이 된다. 수초에서 수 시간에 걸친 변화가 대부분이며, 이 경우 유도과정은 상층 맨틀과 대륙권에 진행된다. 대규모 자기장 변화가 고 지자기 위도 지역에서 발생하기 때문에 GIC 측정시설들은 1970년대 이후부터 캐나다, 핀란드, 스칸디나비아의 고 지자기 위도 지방 전력망에서 지속적으로 측정되어 왔다. 기록된 GIC의 크기는 수십 ~ 수백 암페어 규모이다. 대규모 지자기폭풍 시에는 중위도 지방에서도 GIC가 관측된 기록들이 있으며, 저 지자기 위도 지역이 항상 안전한 것만은 아닌데, 특히 낮에 짧은 시간에 급격한 자기장 변화로 인한 지자기 폭풍이 발생할 경우가 그러하다.

GIC가 처음 알려진 것은 19세기 중반으로 지자기 폭풍 시 때때로 전보를 송수신하는 시스템이 전원이 분리된 상태에서도 동작하는 경우가 목격되어, 이를 “천구 배터리”라고 부르기도 했다.

다. 지구자기장 교란에 따른 전력망 피해예상(미국)

[그림 40]은 미국 전력망이 지구자기장 교란에 의해서 지구자기 유도전류가 발생되어 피해를 입을 수 있음을 예상한 그림이다. 흑색타원형 안에 있는 도시가 주로 피해를 입을 것을 예상하였으며, 주요 원인은 높은 지자기 위도 상에 있는 지리적 특성 때문이며, 전력선이 길고 캐나다와 전력을 공유하고 있는 구조로 매우 긴 도선이 지상에 놓여 있기 때문에 유도전류가 강하게 형성되는 전력계통의 특성이 있다. 또한, 지질학적 특성으로는 도전을 낮은 암반 구조(화성암)이기 때문에 큰 유도전류가 형성되기 좋은 환경을 가지고 있는 것으로 파악되고 있다.

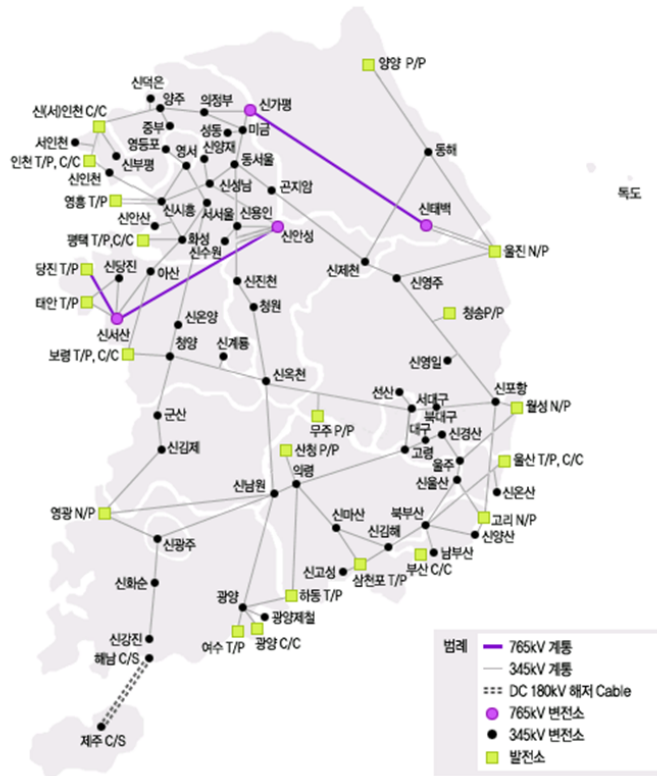


[그림 40] 지구자기장 교란에 따른 미국 전력망 피해 예상도(2008년도)

라. 국내 전력송전설비의 계통(765kV)

[그림 41]은 국내 전력 송전설비의 계통을 지도로 표현한 것이며[6], 그 중 초고압 송전선인 765kV의 송전선이 신가평 ~ 신태백, 신서산 ~ 신안성의 구간이 있다. 2012년도 우주전파센터에서는 지자기 유도전류 측정을 위해서 신가평 변전소에 관측소를 설치(10월) 운영 중에 있다.

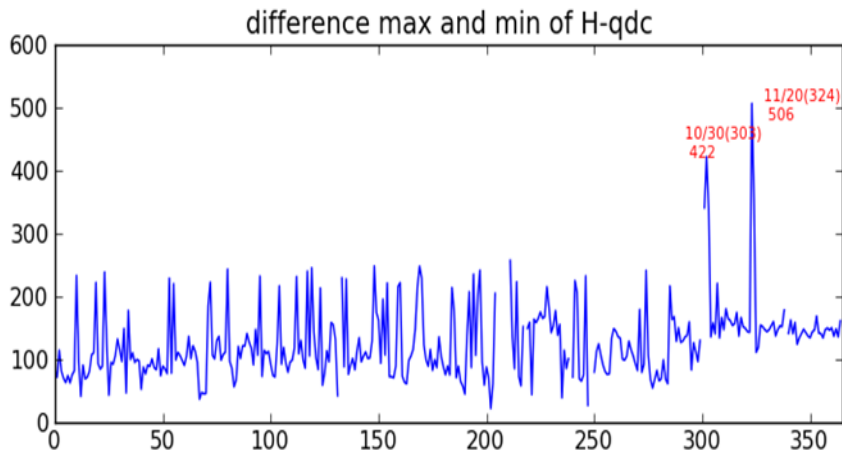
765kV 송변전설비의 계통도



[그림 41] 국내 전력송전설비 계통도

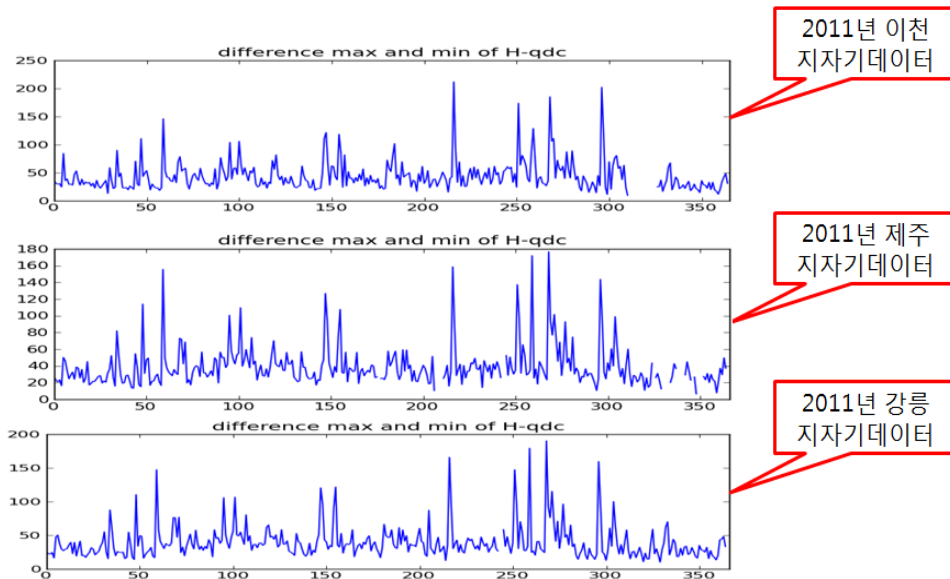
마. 국내 과거 유도전류발생 추정

일본 NICT는 2009년부터 장기간 유도전류 측정·분석을 통해 지구자기장 변화량으로부터 유도전류를 추정하는 공식 마련 마련하였다. 일본 NICT에서 추정하는 유도전류 공식은 최대 유도전류(A) = $0.0158 \times \text{자기장변화량(nT)} - 0.558$ 이다. 이 공식을 토대로 국내의 2003년도 지자기 변화량에 따른 유도전류 추정 값을 그래프로 그린 것이 [그림 42]이다. 이 그림을 보면 2003년 10월 30일에 422nT로 6.1A의 유도전류가 추정되었으며, 2003. 11. 20 에는 506nT로 7.4A의 유도전류가 추정된 것으로 계산되었다. 평상시에 1A이하 인 것을 볼 때 6~7배 이상 유도전류가 발생된 것을 분석되었다.



[그림 42] 2003년도 국내 지자기 변화량

2011년도 국내 지자기 데이터 분석한 결과[그림 43]에서와 같이 최대 200nT 정도 변화량을 보이며 일본 유도전류 공식에 대입시 2.6A 정도 유도전류가 흐를 것으로 추정된다.



[그림 43] 2011년도 국내 지자기 변화량(이천, 제주, 강릉)

바. 지자기 유도전류 측정 방법

고압 송전선에 유도되는 전류를 측정하기 위해서는 변압기의 접지선에 [그림 44]처럼 전류를 측정하기 위한 전류Clamp와 전류 측정센서를 설치하여 유도전류량을 측정 한다.



[그림 44] 지자기 유도전류 측정 방법

유도전류를 측정하는 방식에는 접지선을 절단하여 전류 센서를 연결하는 접촉식과 절단하지 않고 도선을 둘러싼 구조로 전류를 측정하는 비접촉식이 있으며 각각의 장단점은 [표 1]과 같다.

구 분	접촉식	비접촉식
측정방식	중성선(접지선)을 절단하여 직접 센서를 중간에 연결하는 방식	중성선을 둘러싸 유도전류를 측정하는 방식
설치사례	초창기 북유럽 중심 수 곳 설치	현재 대부분 국가 사용 (일본 등)
장점	- 직접 측정 방식이라 센서 정밀도가 높음	- 선을 절단하지 않으므로 설치가 용이 - 측정소 이전이나 및 원상회복 용이 - 기술 발전으로 접촉식과 측정 정밀도 크게 차이 없음
단점	- 선을 절단하여 설치하기 때문 접지선을 손상시킬 우려가 있으며 설치작업이 곤란 - 이전설치 및 원상회복 어려움	- 센서 정밀도가 떨어질 경우 접촉식에 비해 측정이 부정확함

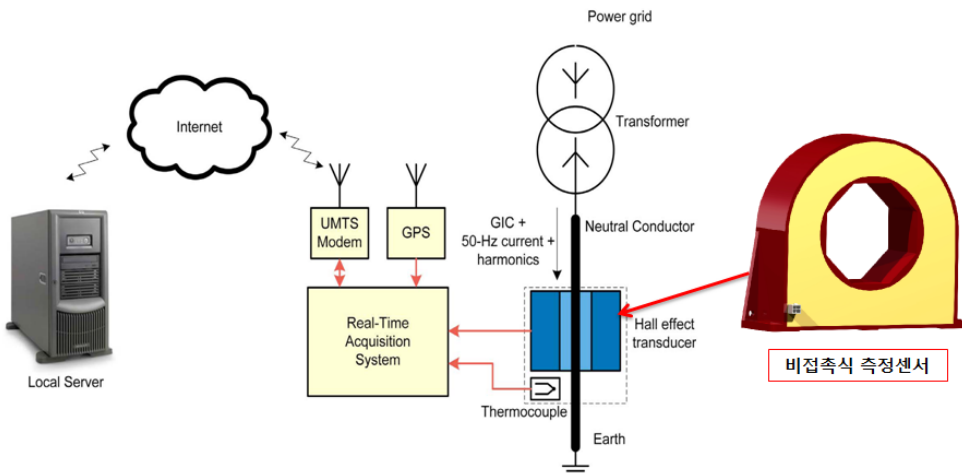
[표 1] 접촉식과 비접촉식 전류측정 방식의 비교

사 외국의 유도전류 측정 방법

외국의 유도전류를 측정하는 방식을 살펴보면 그림 43의 경우에는 스코틀랜드에서 측정하는 구조의 사진이고 그림 44의 경우는 스웨덴에서 측정하는 구조의 사진인데 두 곳 모두 Hall Effect Transducer Type을 사용하여 측정하기 때문에 접지선을 공사할때부터 센서를 설치하던지, [그림 45]처럼 접지선을 뚫고 측정기를 설치할 수 있도록 “ㄷ”자 형태로 공사를 실시하여 설치해야 하는 불편함이 있다.



[그림 45] 스코틀랜드 전력망 유도전류 측정 센서 (Hall Effect Transducer Type)



[그림 46] 스웨덴 전력망 유도전류 측정 센서 (Hall Effect Transducer Type)

스코틀랜드와 스웨덴에서 측정하는 구조와는 달리 일본에서는 악어클립처럼 전류측정센서가 양쪽으로 벌어져 접지선을 끼워 넣을 수 있는 구조로 되어 있어 접지선을 절단하지 않고 신속하고 설치할 수 있는 형태로 되어 있음을 알 수 있다. 우주전파센터에서 설치한 신가평 관측소의 경우 이와 같은 타입을 이용하여 설치 관측 중에 있다. [그림 47]은 일본 및 국내 전력망 유도전류 측정 센서의 외관을 보여주는 그림이다.

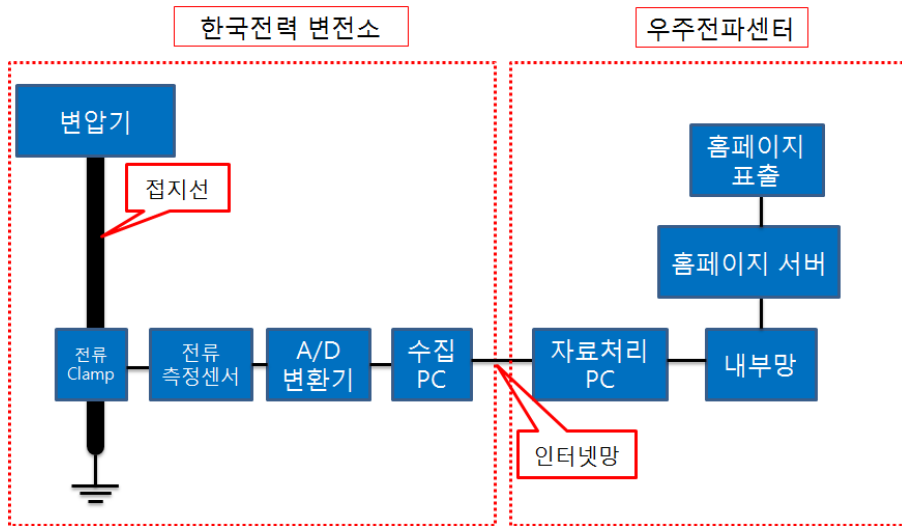


[그림 47] 일본 및 국내 전력망 유도전류 측정 센서 (Clamp Type)

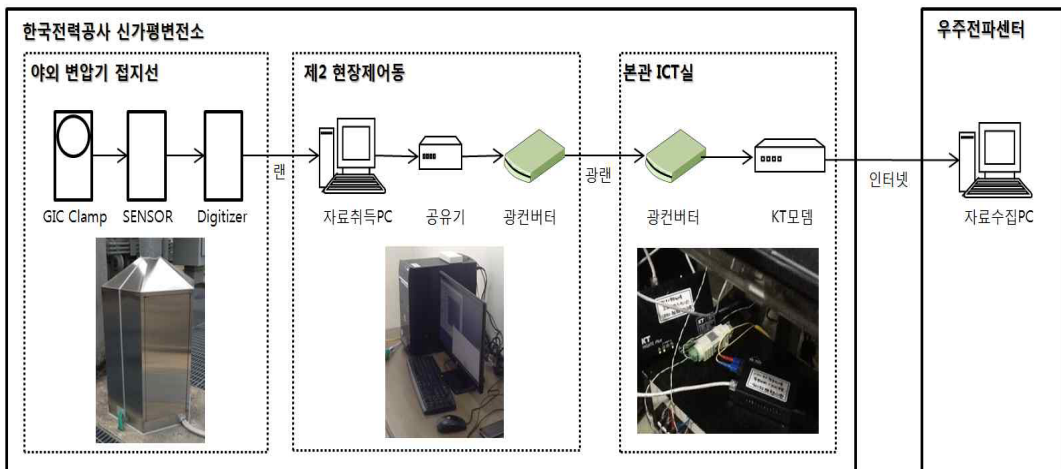
2. 지자기 유도전류 관측 시스템 설치

가. 시스템의 설치 계통

신가평 변전소에 설치한 유도전류 관측시스템의 계통도는 [그림 48]과 같다. 변압기에 연결된 접지선에 전류Clamp를 연결하고 전류측정센서에서 전류량을 아날로그 형태로 실시간 측정하고 수집PC로 데이터를 전송하기 위해 A/D 변환기에서 디지털로 변환된 후 LAN을 이용하여 데이터를 수집한다. 관측된 데이터는 인터넷망을 이용하여 우주전파센터로 자동 전송되고, 전송된 데이터는 홈페이지 서버로 재전송하여 우주전파센터 홈페이지에서 10분 간격으로 실시간 관측된 데이터를 서비스하고 있다. [그림 49]는 좀 더 상세한 신가평 변전소에 설치한 유도전류 관측시스템의 계통도를 보여주고 있으며, [표 2]는 지자기 유도전류 관측시스템 각 구성 품에 대해서 설명하고 있다.



[그림 48] 지자기 유도전류 관측시스템 계통도



[그림 49] 지자기 유도전류 관측시스템 상세 계통도

No	구분	모델명	수량	비고
1	GIC Clamp 및 Sensor	HIOKI 9279 / 9555-10	1	변전소 야외설치
2	Digitizer	NI 9205 32-Channel	1	변전소 야외설치
3	Ethernet Chassis	NI cDAQ-9181	1	변전소 야외설치
4	PC	HP Pavilion P6-2101KL	2	변전소 현장제어동 및 우주전파센터 각 1대
5	센서 합체	주문 제작	1	변전소 야외설치
6	네트워크 액세스사리	LNA공유기, 광컨버 터(2), 광케이블	1	변전소 내부간

[표 2] 지자기 유도전류 관측시스템 구성품

신가평 변전소에 설치한 유도전류 관측시스템의 주요 구성품의 외관은 [그림 50]에서 보여주고 있다.



[그림 50] 지자기 유도전류 주요 구성품 사진

[그림 51]는 신가평 변전소에 설치한 유도전류 관측시스템의 설치 사진과 내부모습, 설치후의 상태를 사진으로 보여주고 있다.



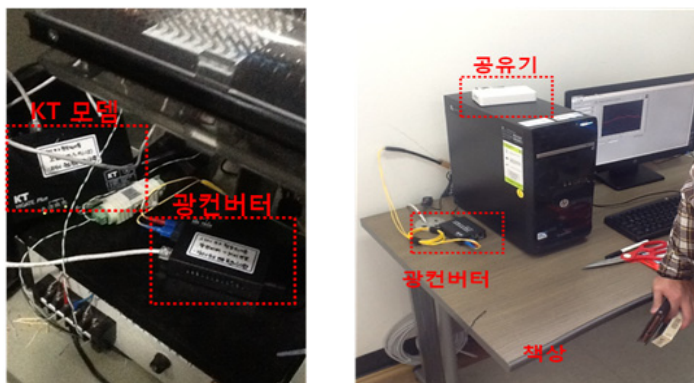
[그림 51] 신가평 변전소 지자기 유도전류 측정기 설치

[그림 52]은 신가평 지자기 유도전류 관측소의 내부 각장치의 설치 모습과 각 부분에 대한 확대 사진으로 설명을 해 놓았으며, [그림 53]은 데이터

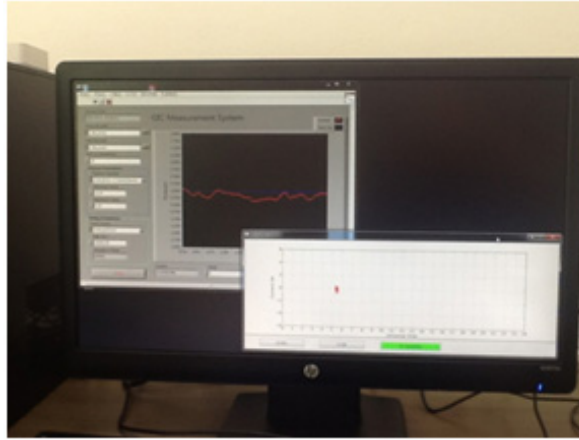
처리 및 저장 등을 위한 PC이다. [그림 54]는 관측된 데이터를 저장, 처리, 인터넷 전송 등을 위해 사용되고 있는 PC의 실시간 관측중인 사진이다.



[그림 52] 지자기 유도전류 측정을 위한 Clamp 및 Sensor등 설치 모습



[그림 53] 실시간 관측된 데이터를 저장, 가공, 처리, 전송하기위한 PC설치 사진



[그림 54] 지자기 유도전류 실시간 저장 및 처리 등을 위한 PC 동작 장면

나. 유도전류 측정 시스템의 사용된 주요 구성품의 규격

1) Current Clamp의 주요 규격

Model	HIOKI UNIVERSAL CLAMP ON CT 9279
Rated current	500A AC/DC (continuous 650 A)
Frequency band width	DC to 20 kHz (± 5 % f.s.)
Accuracy (at 45 to 66 Hz)	± 0.5 % rdg. ± 0.05 % f.s., phase ± 0.2 °
Output rate (with the 9555-10)	2 V/rated current range (waveform output, with the 9555-10)
Max. circuit voltage	600 V peak (insulated wire), Note : The core, shield case, and electrical circuits are not insulated.
Core jaw dia.	Ø 40 mm(1.57 in)
Power supply	SENSOR UNIT 9555-10 (required)
Dimensions, mass	220 mm(8.66 in)W × 103 mm(4.06 in)H × 43.5 mm(1.71 in)D, 860 g (30.3 oz), cord length: 3 m(9.84 ft)
Accessories	CARRYING CASE 9375 (1)

[표 3] Current Clamp의 주요규격

2) Sensor Unit의 주요규격

Model	HIOKI SENSOR UNIT 9555-10
Compatible models	9270/9271/9272/9272-10/9277/9278/9279/9709, 1 unit max.
Output Terminal	BNC Terminal (outputs the power output of the connected sensor)
Output power voltage	$\pm 12V \pm 0.5V$
Power supply	to main device +10V to +30V (+12V provided from supplied AC Adapter)
Dimensions, mass	40W × 70H × 130Dmm, 500g
Accessories	AC Adapter 9418-50 (AC 100 to 240V) (1)

[표 4] Sensor Unit의 주요규격

3) Digitizer의 주요규격

General	
Product Name	NI 9205
Product Family	Industrial I/O
Form Factor	CompactDAQ , CompactRIO
Part Number	779519-01
Operating System/Target	Real-Time , Windows
Measurement Type	Voltage
Isolation Type	Ch-Earth Ground Isolation
RoHS Compliant	No
Analog Input	
Channels	32 , 16
Single-Ended Channels	32
Differential Channels	16
Resolution	16 bits
Sample Rate	250 kS/s
Max Voltage	10 V
Maximum Voltage Range	-10 V - 10 V
Maximum Voltage Range Accuracy	6220 μV
Minimum Voltage Range	-0.2 V - 0.2 V
Minimum Voltage Range Accuracy	157 μV
Simultaneous Sampling	No

[표 5] Digitizer의 주요규격

4) Ethernet 통신장치 주요규격

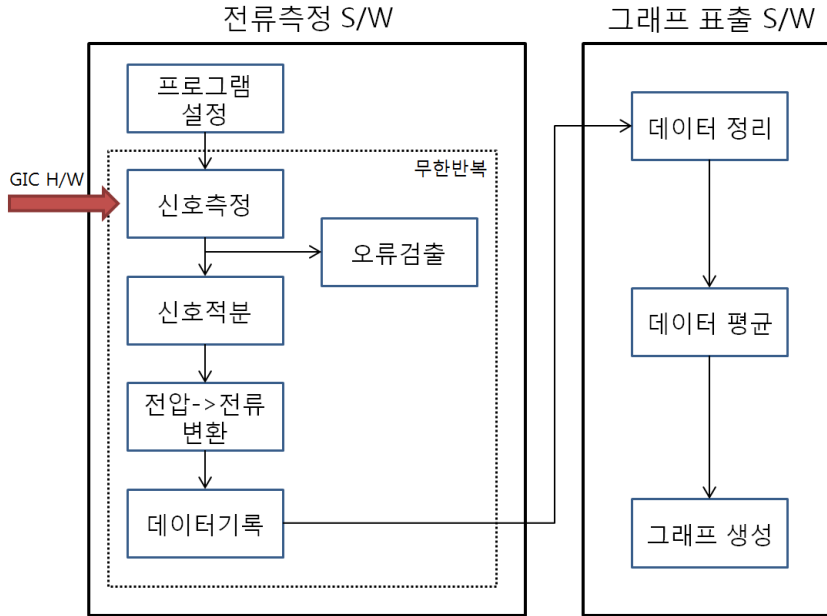
General	
Product Name	cDAQ-9181
Form Factor	Ethernet , CompactDAQ
Product Type	Chassis
Part Number	781496-01
Operating System/Target	Windows
Operating Relative Humidity	10 percent - 90 percent
Chassis	
Number of Slots	1
Total Available Power	5 W
Input Voltage Range	9 V - 30 V
Built-In Trigger	No
Counter/Timers	
Counters	4
Resolution	32 bits
Ethernet	
Network Interface	100 BaseT

[표 6] Ethernet 통신장치 주요규격

제2절 지자기 유도전류(GIC) 측정 소프트웨어 개발

1. GIC 측정 소프트웨어 블록 다이어그램

GIC 소프트웨어는 GIC H/W(센서)로부터 오는 디지털 신호를 전류로 변환하여 기록하는 전류측정 소프트웨어(Current Detector)와 측정된 데이터를 그래프로 시각화하는 그래프 표출 소프트웨어(GIC Graph S/W)로 구성되어 있다. [그림 55]는 GIC측정 소프트웨어의 블록다이어그램을 보여주고 있다.



[그림 55] GIC 측정 소프트웨어 블록 다이어그램

가. 전류측정 소프트웨어

전류측정 소프트웨어는 주어진 측정 조건에 따라 GIC 하드웨어에서 전달된 신호를 전류로 변환하여 데이터 파일에 기록하는 역할을 한다. 소프트웨어 각 부분의 기능은 다음과 같다.

1) 프로그램설정

데이터 저장 폴더의 위치, 값의 측정범위, 샘플링 속도, 신호적분 등 계측을 위한 기본 환경을 설정한다.

2) 신호측정

GIC H/W(디지타이저)에서 디지털로 변환된 신호를 읽어 들인다. 기본 설정 값은 초당 10,000개의 데이터를 수집한다.

3) 오류검출

디지타이저가 정상적으로 작동하는지를 판별하는 역할을 수행한다.

4) 신호적분

신호 대 잡음비를 높이기 위해 측정된 신호를 평균하는 루틴이다. 기본설정은 10,000개의 데이터를 평균하게 되어있어, 1초당 1개의 값이 생성된다.

5) 전압->전류 변환

GIC센서에서 측정되는 값은 전압 값이기 때문에, 측정된 값에 변환상수를 곱해 전류 값으로 변환한다.

6) 데이터기록

변환된 전류 값을 해당일의 기록파일에 기록한다. 이렇게 기록된 값은 그래프 표출 S/W에서 데이터 정리 및 그래프 표출을 위해 사용된다.

나. 그래프 표출 소프트웨어

그래프 표출 소프트웨어는 전류측정 소프트웨어에서 기록된 값을 관리를 위해 별도의 폴더-파일 구조로 정리하고, 각 날짜의 GIC 측정 결과를 그래프로 표출하는 프로그램이다.

1) 데이터정리

전류측정 소프트웨어에서 기록된 값을 각 관측일의 년도별 폴더 - 월별 폴더 밑에 일자별로 파일을 생성하여 데이터를 정리한다.

2) 데이터평균

전류측정 소프트웨어에서는 1초에 한 개씩 데이터가 생성되지만, 이 모든 데이터를 하나의 그래프에 표시하면 데이터의 양이 너무 많아 태양폭발에 의한 영향을 확인하기 힘들기 때문에, 그래프 표출 전에 관측 데이터를 10분 단위로 평균한다.

3) 그래프생성

평균된 데이터를 이용하여 해당일자의 GIC 그래프를 생성한다.

- 4) NI 장치 설정 프로그램 (Measurement & Automation)을 실행 시킨다.
 - 가) 프로그램 좌측 스크롤 화면에서 디바이스와 인터페이스 창을 활성화 시키고 하위에 장치가 정상적으로 연결되어 있는지 확인한다.
 - 나) 우측 화면에서 장치의 연결 여부를 재확인 한다.
 - 다) 우측 화면 상단의 새시 리셋 버튼을 클릭하여 새시 리셋 작업을 수행한다.
 - 라) 새시 리셋 작업이 정상적으로 완료 되면 우측화면 상단의 셀프테스트 버튼을 클릭하여 최종적으로 장비의 연결 여부를 확인한다.
- 5) Current detector 프로그램을 실행한다.
 - 가) current detector 프로그램의 장치디바이스명이 맞는지 확인한다.
 - 나) 데이터가 정상적으로 수집되는지 여부를 그래프 창을 통하여 확인한다.

2. GIC 측정 소프트웨어 실행 방법

==== 주요확인 사항 ====

- GIC Graph 프로그램이 활성화 되면 화면 화단의 "START" 버튼을 눌러 Graph 이미지 생성을 실행한다.
- 지정된 디렉토리(D:\\GIC_image\\년도\\월\\날짜)에 파일이 정상적으로 생성되는 확인한다.

가. 프로그램 상세 설명

1) 장치설정 (Measurement & Automation)

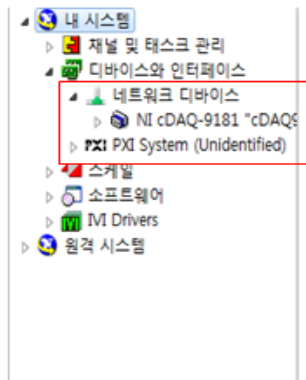
컴퓨터 초기 실행 혹은 재실행시 프로그램이 장치를 인식할 수 있도록 NI에서 제공하는 장치 인식 프로그램에서 장치 인식을 실행하여 주어야 한다.

o [그림 56]에서 보여준 것처럼 NI에서 제공하는 붉은색 박스 안의 프로그램(Measurement & Automation)을 실행 시킨다.



[그림 56] GIC관측을 위한 드라이버 셋팅 실행 아이콘

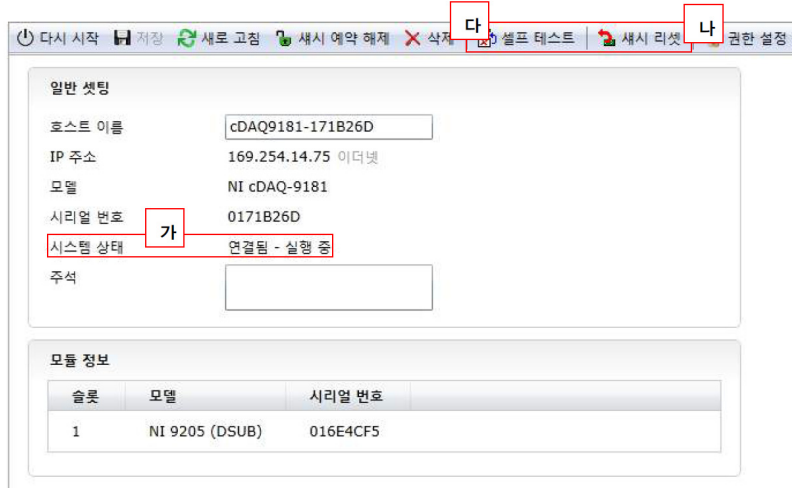
- o NI 프로그램이 실행되면 [그림 57]에서 보여 준비와 같이 프로그램 화면 좌측 스크롤 창에 위와 같은 화면이 표시된다.



[그림 57] DAQ-9181 드라이버 셋팅 및 확인

- o 스크롤 창에서 디바이스와 인터페이스 아이콘을 열어서 NI cDAQ-9181 장치가 정상적으로 인식되어 있는 지 확인한다.
- o 일반적인 경우 프로그램 실행 후 자동적으로 네트워크 디바이스가 자동적으로 인식이 된다.
- o 자동 인식이 되지 않을 경우 디바이스와 인터페이스에 장치를 인식시켜주어야 한다.

- 장치 디바이스가 정상적으로 인식되면 [그림 58]과 같이 화면이 표출된다. 정상적으로 디바이스가 연결된 상태이면 하단의 붉은 박스(가)에 표시된 것처럼 시스템 상태가 연결됨-실행중으로 표시된다.

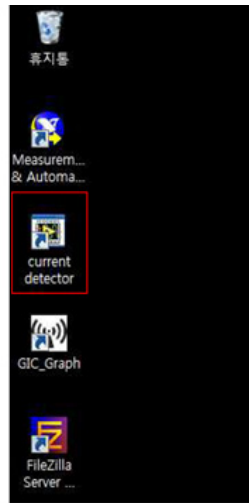


[그림 58] DAQ-9181 드라이버 셋팅 후 실행 방법

- 정상상태를 확인하면 상단의 붉은 박스에 우측에 있는 새시 리셋 버튼(나)을 눌러 새시를 리셋 하여 준다. 정상적으로 새시 리셋작업이 이루어지면 완료되었다는 메시지가 팝업으로 표출된다.
- 새시 리셋이 정상적으로 이루어졌다면 셀프테스트 버튼(다)을 눌러 최종 연결 테스트를 실행한다. (PC 재부팅 시에도 반드시 이 단계를 실행 해주어야 한다.)
- 본 단계까지 정상적으로 통과되면 계측장비(센서, DAQ)와 PC간의 연결이 정상적으로 이루어졌으면 유도전류 측정을 수행할 수 있는 준비가 완료된 것이다.

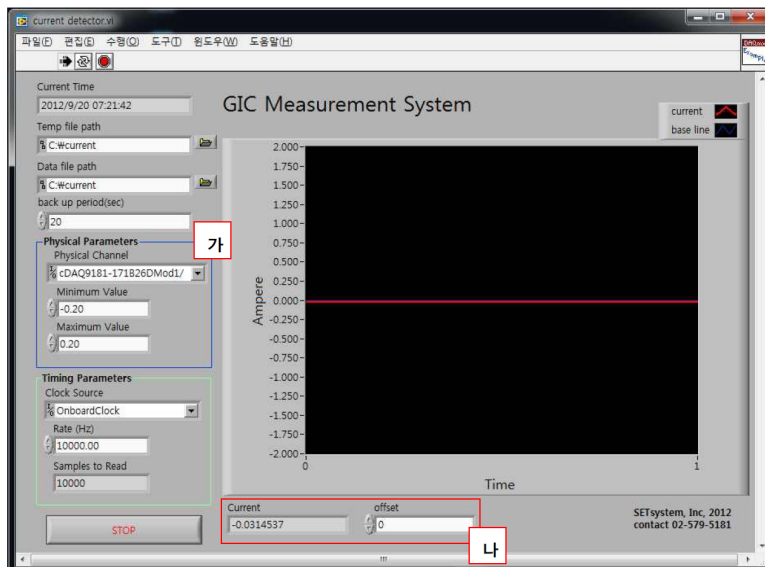
나. Current Detector S/W (실시간 측정과 데이터 저장을 위한 프로그램)

- NI에서 제공하는 프로그램으로 장비와 PC간의 네트워크 설정이 완료되면 [그림 59]와 같이 데이터 수집 프로그램(Current detector)을 실행 한다. 데이터 수집프로그램은 NI 프로그램 하단에 Current detector 아이콘을 실행 시키면 프로그램이 실행된다.



[그림 59] Current Detector S/W 실행 아이콘

- o Current detector 프로그램을 실행 시키면 [그림 60]과 같은 창이 자동으로 실행되면 측정되는 유도 전류 값이 초단위로 화면에 표시된다.



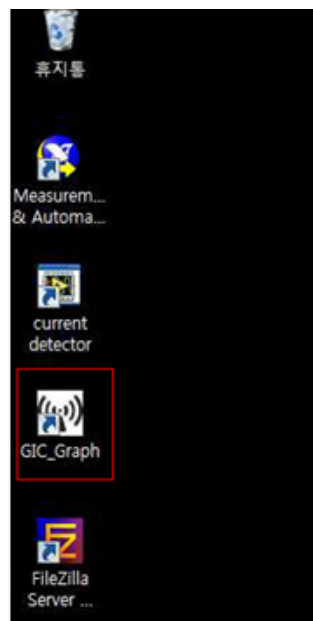
[그림 60] Current Detector S/W 실행 프로그램화면

- o 파란색 박스(가) 안의 값은 연결된 DAQ에 대한 장치 Channel 설정과 장치의 해상도 설정을 위한 창이다.
- o 장치 Channel 창의 장치는 cDAQ918-171B26DMod1/로 설정되어 있어야 한다.

- 장치의 해상도 설정은 최소 -0.20, 최대 0.20으로 설치되어 있으며 현재 설정되어 있는 해상도가 본 장치의 최대 해상도이다.
- 그래프 하단의 붉은 박스(나)는 Current 값을 표시와 offset값을 설정할 수 있는 창이다. Current 창은 현재 측정된 전류 값을 표시하여 주는 기능을 가지고 있고, offset창은 사용자가 수동을 전류의 중심 값을 설정하여 줄 수 있는 창이다.

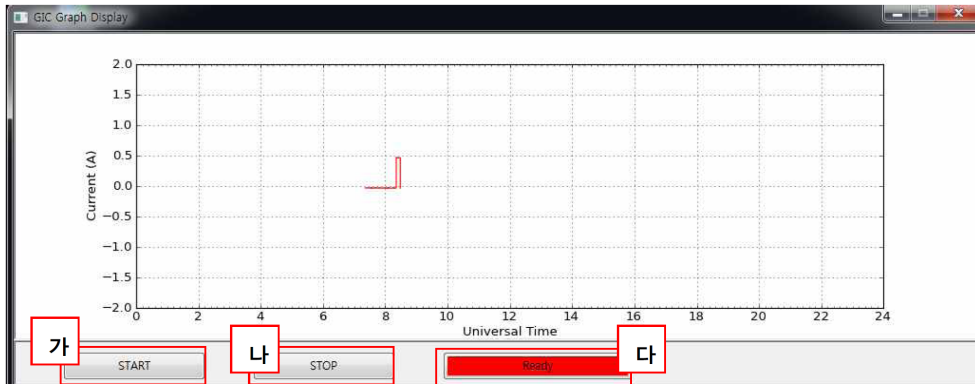
다. GIC Graph S/W

GIC 측정프로그램이 정상적으로 실행되어 데이터가 들어오는 것이 확인이 되면 GIC Graph 생성 프로그램을 실행시킨다. [그림 61]에서 볼 수 있는 것처럼 GIC Graph 생성프로그램은 current detector 아이콘 하단의 GIC_Graph 아이콘이다.



[그림 61] GIC Graph S/W 실행 아이콘

- GIC_Graph 아이콘을 실행하면 [그림 62]와 같은 기본창이 활성화된다.
- 본 프로그램의 기능은 수집된 유도전류 데이터를 일 단위 Graph로 표출하고 이미지로 저장하는 기능을 수행한다.



[그림 62] GIC Graph S/W 실행 화면

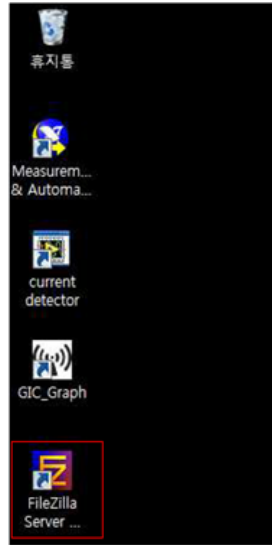
- 본 프로그램이 활성화 되면 START 버튼(가)를 클릭하여 그래프 표출 및 이미지가 생성되도록 프로그램을 실행 시킨다.
- 프로그램이 정상실행 되면 프로그램의 그래프가 표출되며 상태 표시창(다)이 초록색으로 변화며 "On operating"으로 변화한다.
- 그래프는 1분 단위로 갱신되며 갱신된 그래프는 지정된 디렉토리에 이미지로 저장된다.
- STOP(나) 버튼은 사용자가 임의로 이미지의 갱신 및 그래프의 이미지화를 중지시키기 위한 버튼으로 이 버튼을 실행시키면 상태 표시 창이 다시 붉은색 "Ready" 상태로 돌아가게 된다.

라. 데이터 전송 (Filezilla)

생성된 유도전류 측정데이터와 이미지 데이터는 본 PC에 설치된 파일 질라 서버를 통하여 우주전파센터로 전송이 된다.

- FTP서버(파일질라 서버)를 통하여 우주전파센터에 있는 데이터 수집 PC에서 설치된 데이터 수집 프로그램이 정해진 시간에 신가평 변전소PC로 접속하여 데이터를 FTP를 이용하여 수집하는 방식으로 데이터를 수집한다.
- 신가평 변전소 PC에서는 파일질라 서버만 정상적으로 실행되고 있으면 된다.

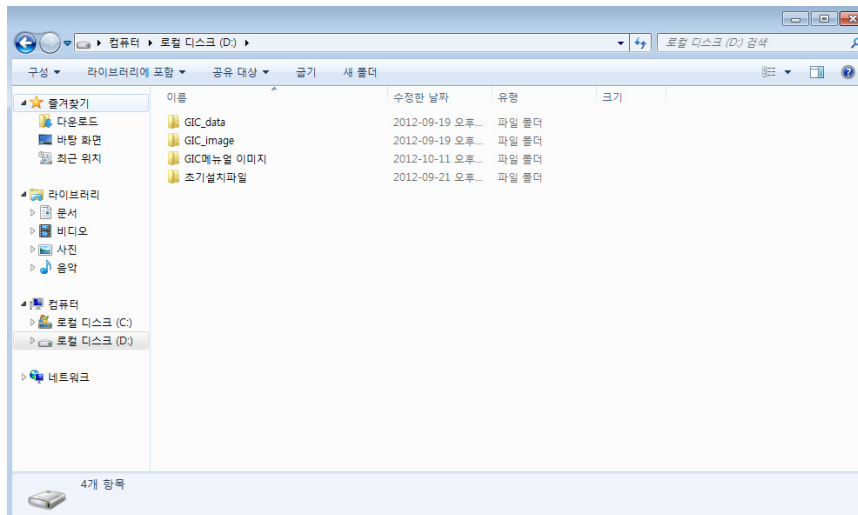
- o PC의 재부팅 등을 실행시 [그림 63]과 같이 붉은 박스의 파일 질라 서버 아이콘을 실행하여 FTP서버를 가동시킨다.



[그림 63] 데이터 전송을 위한 FileZilla Server 실행 아이콘

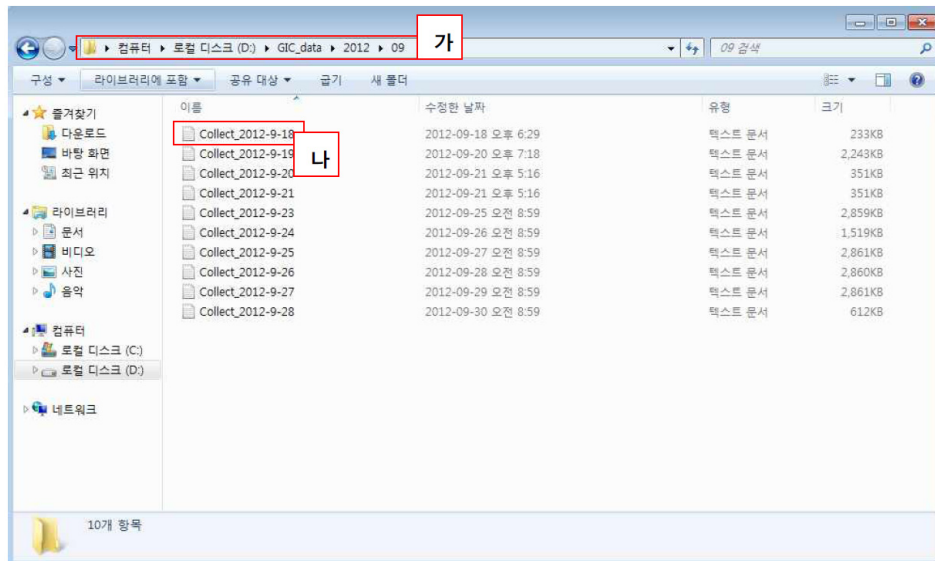
라. 데이터 저장

생성된 유도전류 데이터 및 그래프 이미지는 [그림 64]와 같이 로컬 디스크 D: 저장소에 저장이 된다.



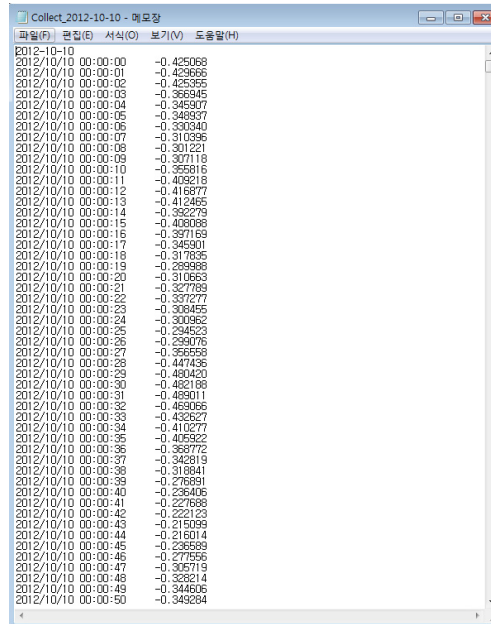
[그림 64] GIC측정 데이터 저장상태 폴더 확인

- 데이터 생성 프로그램에서 생성된 유도전류 데이터는 GIC_data 폴더에 txt 파일로 저장된다.
- 획득된 데이터를 가공하여 그려진 그래프 이미지는 GIC_image폴더에 PNG 파일로 저장된다.
- 각 폴더 안에는 년/월 폴더가 트리 구조로 날짜 변화에 자동 생성 되도록 설정되어 있으면 각 파일들은 해당 년/월 폴더로 자동 저장된다.
- 생성된 유도전류의 데이터 경로는 [그림 65] 화면의 (가)와 같이 년도 폴더 아래 월 폴더에 생성된 날짜에 맞게 자동 저장된다.
- 생성된 데이터는 1일 분량의 데이터가 날짜 별로 저장이 된다.
- 파일은 [그림 65]의 (나)에 표시된 것과 같이 Collect_년도_월_일.txt파일로 저장된다.



[그림 65] GIC측정 데이터 저장파일(txt) 확인

- 데이터는 초단위로 생성되어 저장되며 [그림 66]에서 볼 수 있듯이 관측시간과 측정된 유도전류 값이 저장이 된다.



파일(F)	편집(E)	서식(O)	보기(V)	도움말(H)
2012-10-10				
2012/10/10 00:00:00	-0.425068			
2012/10/10 00:00:01	-0.425066			
2012/10/10 00:00:02	-0.425355			
2012/10/10 00:00:03	-0.366945			
2012/10/10 00:00:04	-0.345937			
2012/10/10 00:00:05	-0.346937			
2012/10/10 00:00:06	-0.330340			
2012/10/10 00:00:07	-0.310396			
2012/10/10 00:00:08	-0.301221			
2012/10/10 00:00:09	-0.307118			
2012/10/10 00:00:10	-0.355816			
2012/10/10 00:00:11	-0.406218			
2012/10/10 00:00:12	-0.416877			
2012/10/10 00:00:13	-0.412465			
2012/10/10 00:00:14	-0.362279			
2012/10/10 00:00:15	-0.408098			
2012/10/10 00:00:16	-0.397169			
2012/10/10 00:00:17	-0.345901			
2012/10/10 00:00:18	-0.317635			
2012/10/10 00:00:19	-0.289366			
2012/10/10 00:00:20	-0.310663			
2012/10/10 00:00:21	-0.327789			
2012/10/10 00:00:22	-0.337277			
2012/10/10 00:00:23	-0.306455			
2012/10/10 00:00:24	-0.300962			
2012/10/10 00:00:25	-0.294523			
2012/10/10 00:00:26	-0.299076			
2012/10/10 00:00:27	-0.366558			
2012/10/10 00:00:28	-0.447436			
2012/10/10 00:00:29	-0.480420			
2012/10/10 00:00:30	-0.482188			
2012/10/10 00:00:31	-0.468011			
2012/10/10 00:00:32	-0.469066			
2012/10/10 00:00:33	-0.432627			
2012/10/10 00:00:34	-0.410277			
2012/10/10 00:00:35	-0.406922			
2012/10/10 00:00:36	-0.368772			
2012/10/10 00:00:37	-0.342819			
2012/10/10 00:00:38	-0.318841			
2012/10/10 00:00:39	-0.276891			
2012/10/10 00:00:40	-0.236406			
2012/10/10 00:00:41	-0.227688			
2012/10/10 00:00:42	-0.222123			
2012/10/10 00:00:43	-0.215098			
2012/10/10 00:00:44	-0.216014			
2012/10/10 00:00:45	-0.236589			
2012/10/10 00:00:46	-0.277556			
2012/10/10 00:00:47	-0.305719			
2012/10/10 00:00:48	-0.328214			
2012/10/10 00:00:49	-0.344606			
2012/10/10 00:00:50	-0.349284			

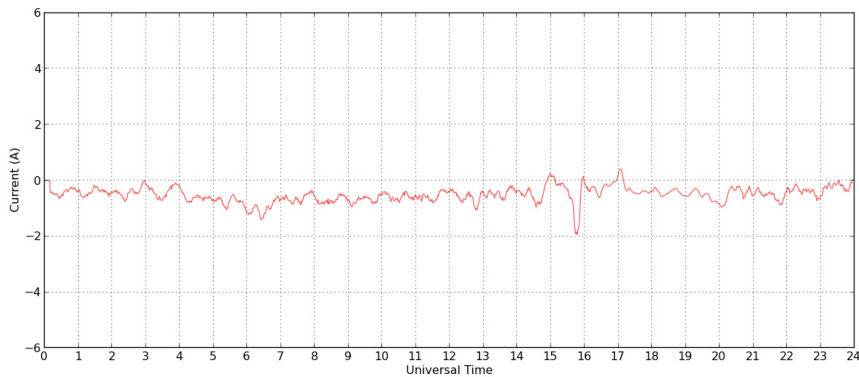
[그림 66] GIC측정 파일의 내용 확인

- [그림 67]에서 본 것처럼 그래프 표출 및 생성프로그램에서 생성된 파일은 월 폴더아래에 저장되며 “날자.png” 파일로 저장이 된다.
- 그림파일을 1일당 1개의 그래프 이미지가 생성되며, 그날의 그래프 이미지는 1분단위로 갱신된 그래프가 저장되며 최종 그래프 이미지는 그날 생성된 최종 이미지가 저장된다.



[그림 67] GIC측정값의 자동 저장 그림 파일 리스트

- [그림 68]은 1일 생성 이미지의 예시를 보여준 것이다.



[그림 68] GIC 측정값의 그래프 그림파일

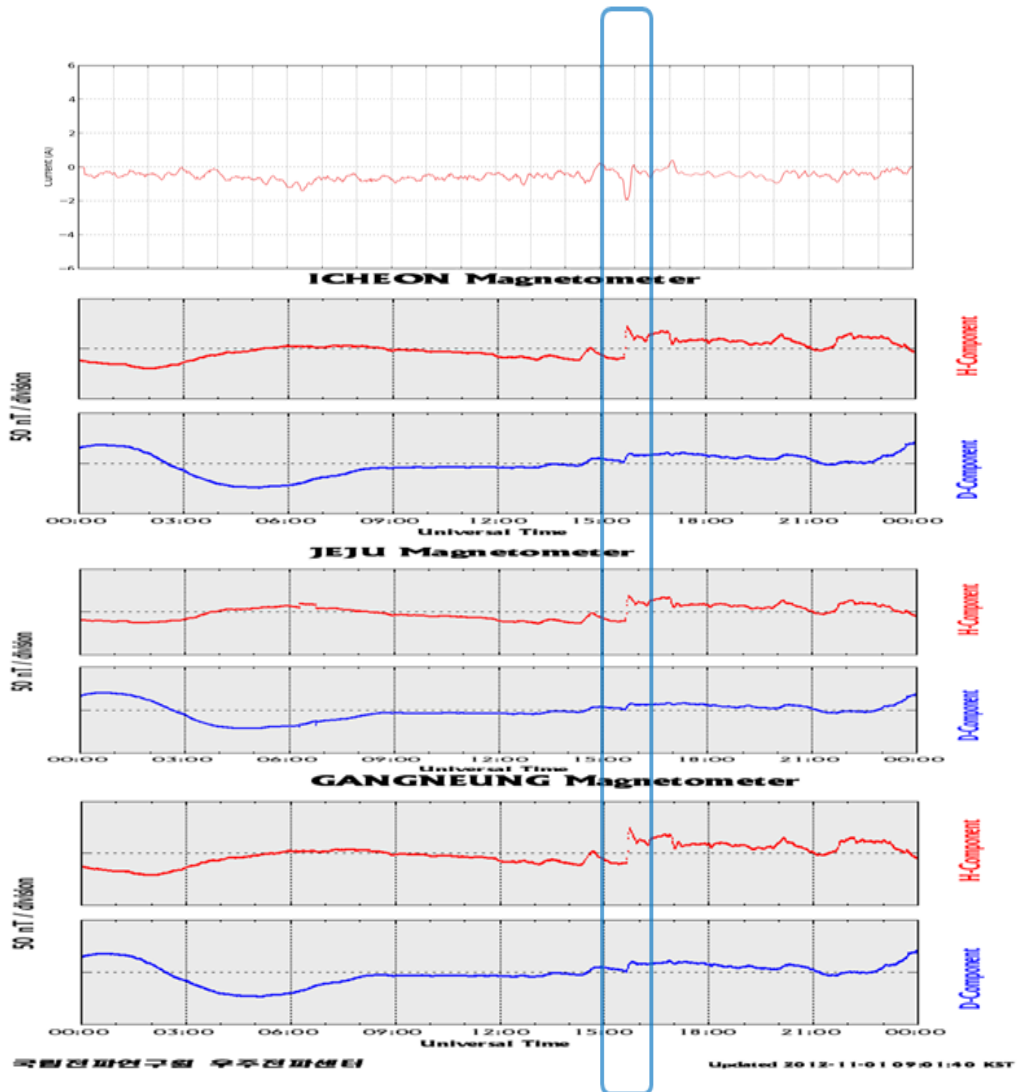
마. GIC 관측장비 점검시 확인사항

- 바탕화면에 current detector 프로그램이 정상적으로 실행되고 있으며 오류 메시지가 발생여부
- 데이터 저장 디렉토리에 점검 시각과 동일한 시각의 파일이 생성여부
- 실제 생성된 데이터 파일과 이미지 파일의 날짜의 일치 여부 확인
- current detector 및 그래프 표출프로그램의 변화정도 및 그래프가 비정상적으로 변화하는지 여부 확인 (그래프가 직선일 경우 고장이 의심됨)

제3절 지자기 교란에 따른 유도전류 측정 사례

1. 지자기 변화에 따른 유도전류 값 증가 관측사례 1

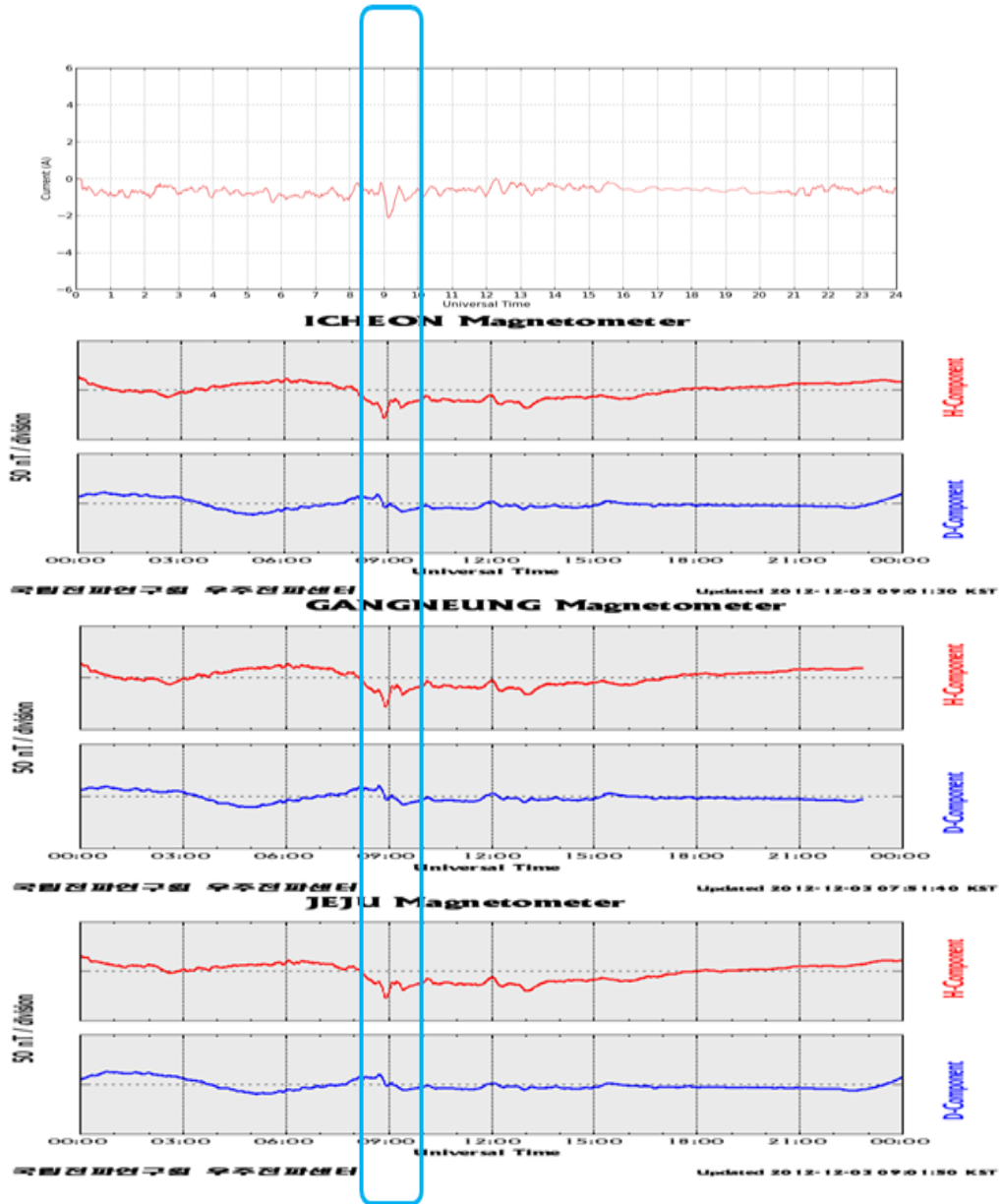
2012년 10월 이후로 신가평 변전소에 설치된 유도전류 관측기에서 측정된 유도전류가 [그림 69]와 같이 평상시 보다 증가되어(2A) 실제 관측된 사례와 당시 지자기 교란이 있었음을 알려주는 사례가 분석되었다.



[그림 69] 2012.10.31. GIC관측 데이터와 이천, 제주, 강릉 지자기 데이터

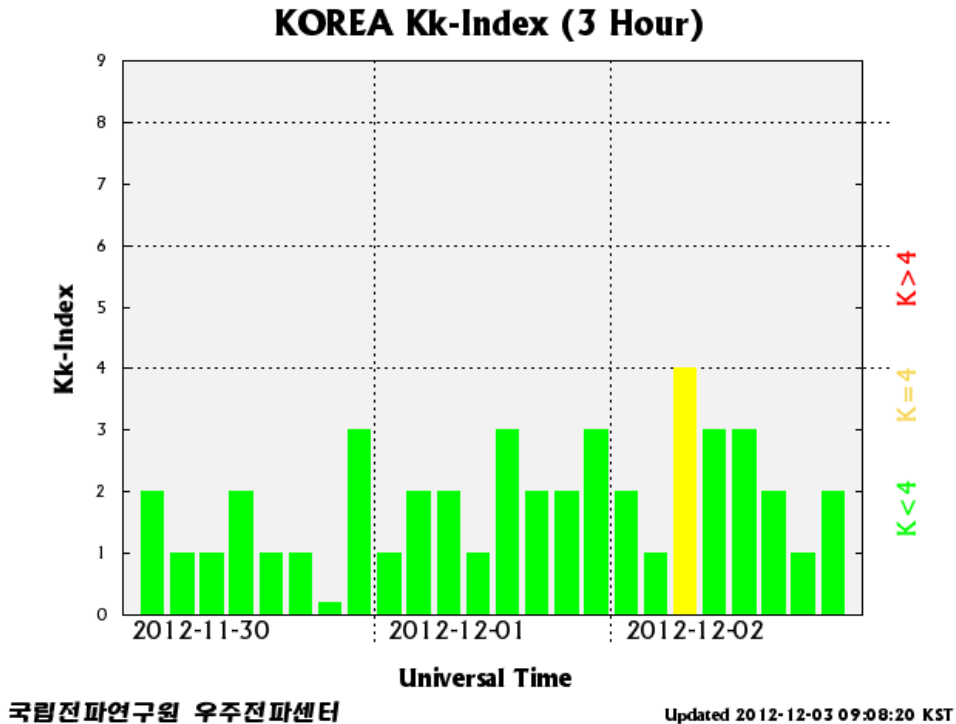
2. 지자기 변화에 따른 유도전류 값 증가 관측사례 2

[그림 70]에서는 2012년 12월 2일 UTC로 9경(KST 18시) 유도전류 값이 2A까지 증가 되었고, 당시 이천, 강릉, 제주 지자기 관측소에서 측정된 지자기 변동 값 역시 급격한 변화가 있었음을 알려주는 사례가 분석되었음을 알 수 있다.



[그림 70] 2012.12.2. GIC관측 데이터와 이천, 제주, 강릉 지자기 데이터

[그림 71]에서는 우주전파센터 홈페이지에서 지자기 지수를 실시간으로 서비스 하고 있는데 2012년 12월 2일 UTC로 7시 ~ 9시 사이에 K지수가 1에서 4로 갑자기 상승되는 것을 볼 수 있다. 좀 더 강한 지자기 교란이 있을 경우에는 K지수가 4이상으로 상승될 것을 예상 할 수 있다.



[그림 71] 우주전파센터 지자기 지수 예보 화면 (2012.12.2.)

제4절 자자기 변화에 따른 유도전류 측정을 위한 향후계획

우주전파센터에서는 좀 더 정확하고 지자기 교란에 따른 유도전류를 관측하고 이를 토대로 향후 유도전류량을 예·경보 할 수 있는 시스템을 마련하기 위해 2개 소 이상의 유도전류 측정소를 구축하기 위하여 계획하고 있다. 또한, 유도전류 증가에 따른 국가주요시설의 피해를 최소화하고 미리 재난을 예방하기 위한 자료로서 활용할 수 있도록 유도전류 측정업무를 확대해 나갈 계획이다.

제5장 결론

우주전파연구센터의 주요 과제인 우주전파환경 관측업무를 수행함에 있어 기 운용중인 관측시설을 상시 가동하기 위해 시스템별 장애를 대비하여 시스템별 장애처리의 내용과 유형을 분석하고 시스템별 장애처리 매뉴얼을 작성하였다. 추후 동일한 장애가 발생되지 않도록 하거나 신속하게 복구를 하는데 활용될 수 있을 것이다.

현재 홈페이지를 통해 제공되고 있는 태양흑점 폭발유형 관측결과를 보다 쉽게 이해할 수 있도록 태양흑점 폭발유형의 배경잡음을 제거하는 이미지 처리과정을 수행하였다. 관측결과를 이용하는 사용자에게 그래프 판독 및 해상도 향상을 통해 서비스의 질과 접근성을 높이는데 제공될 것이다. 태양 활동인 흑점폭발로 인해 지구 자기장의 교란이 일어날 경우 지상에 설치된 고압 변전소에 유도전류가 발생되어 변압기 고장 등 막대한 피해를 예상할 수 있다. 국내에는 유도전류 측정 관측소가 없었으나 2012년 10월 국내 최초로 765kV급 신가평 변전소에 지자기 유도전류 관측시스템을 설치하여 실시간으로 관측 값을 수집하고 있다. 국내 전력망에 지자기 유도전류가 미치는 영향을 연구할 수 있는 기반이 될 것이다.

이번 연구결과를 바탕으로 우주전파환경 관측 데이터를 안정적이고 신속하게 대국민에게 제공할 수 있는 기반을 마련하고자 하였다. 특히 태양폭발 현상을 자동으로 분석하고 지자기 변화에 따른 유도전류를 자동으로 수집함으로써 국내 방송통신 및 전력망 보호를 위한 토대를 마련하고자 하며 진보된 우주전파환경 서비스 기반 마련에 더욱 매진할 것이다.

[참고문헌]

- [1] 전파연구소 연구보고서, 우주전파환경 연구기반 강화Ⅱ, 2009
- [2] 전파연구소 연구보고서, 우주전파환경 연구기반 강화Ⅲ, 2010
- [3] 국립전파연구원 연구보고서, 태양폭발과 지상자력계 상관성 연구, 2011
- [3] [http://ko.wikipedia.org/wiki/지자기 폭풍](http://ko.wikipedia.org/wiki/지자기_폭풍)
- [4] http://en.wikipedia.org/wiki/Geomagnetically_induced_current
- [5] Boteler, D. H., Pirjola, R. J. and Nevanlinna, H., The effects of geomagnetic disturbances on electrical systems at the Earth's surface. Adv. Space. Res., 22(1), 17-27, 1998.
- [6] 한국전력공사 (<http://www.kepco.co.kr/765k>)

우주전파 관측자료 신뢰성 향상을
위한 개선방안 연구



140-848 서울시 용산구 원효로41길 29

발 행 일 : 2012. 12.

발 행 인 : 이 동 형

발 행 처 : 방송통신위원회 국립전파연구원

전 화 : 02) 710-6555

인 쇄 : 한국장애인이워크협회

Tel. 02) 2272-0307

ISBN : 978-89-97525-06-5-93560 < 비 매 품 >

주 의

1. 이 연구보고서는 국립전파연구원에서 수행한 연구결과입니다.
2. 이 보고서의 내용을 인용하거나 발표할 때에는 반드시 국립전파연구원 연구결과임을 밝혀야 합니다.