論文94-31B-9-8

우주전파 관측용 연속파 수신시스템 제작에 관한 연구

(A Study on the Manufacture of the Continuum Receiver System for Observing Cosmic Radio Waves)

徐 禎 彬*, 李 昌 勳*, 任 仁 誠*, 韓 錫 太*

(Jeong Bin Seo, Chang Hoon Lee, In Sung Yim and Seog Tae Han)

要 約

직경 14m 전파망원경을 통하여 천체의 연속파원으로부터 방출되는 전파를 연속파모드로 수신하는 연속파 수신시스템을 제작하였다. 연속파 수신기는 전파원에 대하여 전체전력(Total power)을 측정하는 것으로써 크게 DC-증폭기, 빔 초퍼 시스템, 위상고정회로(PLL), 블랭킹(blanking)신호와 주기선택회로, V/F 변환기및 카운터회로로 구성되며 이들 각 부분은 전파망원경의 추적제어및 데이타 획득용 컴퓨터에 의해 제어되도록 설계제작하였다. 전파원의 전체전력을 측정하기 위해 DVM을 이용하는 기존의 관측결과와 연속파 수신기를 이용한 보다 정확하고 향상된 관측결과를 서로 비교하였으며 또한 빔 초퍼시스템을 새로이 설치하므로써 빔 스위칭모드의 관측이 가능하게되어 기존의 위치 스위칭만에 의해 관측을 하던 방법보다 관측효율을 크게 향상시킬 수 있게 되었다.

Abstract

In this paper, we manufactured the continuum receiver system for observing the continuum waves emitted from the continuum sources with using the 14m radio-telescope. This receiving system measures the total power of the continuum sources and consists of DC-amplifier, beam-chopper system, Phase-Locked Loop(PLL) circuit, blanking circuit and its period selection circuit, V/F converter, and counter part which are capable of interfacing with the computer which is used for a data acquisition and making the radio-telescope track the source. We compared the obsevation results which use the existing DVM method with the observation results which use the continuum receiver to measure the total power of the sources. Moreover, by method of beam switching observation which uses newly installed beam chopper system, We can significantly improve the observational efficiency more than the existing position switching observation method.

I. 서 론

우주에 존재하는 수많은 전파원들의 대부분은 강한 연속파(continuous radiation)를 방출하고 있으며 이

*正會員, 韓國標準科學研究院 附設天文臺
(Korea Astronomy Observatory, KRISS)
接受日字 : 1993年 5月 4日

러한 연속파는 온도가 높아짐에 따라 활발해지는 전자의 운동에 의하여 방출되는 열적방출(thermal radiation)과 강한 자기장과 전자의 상호 작용에 의하여 방출되는 비열적방출(non-thermal radiation)로써 대별할 수 있다. 원자나 분자의 양자 상태 변화에 동반되는 전파등의 단색광을 스펙트럼이라하면 흑체복사와 싱크로트론복사와 같이 넓은 주파수 범위에 걸쳐 연속적인 스펙트럼 분포를 가지는 복사를 연속파라 할 수 있다.

일반적으로 전파 수신장치는 일정한 주파수 대역폭을 가지며 여기에 입력된 전파의 스펙트럼중 알맞은 대역폭 내에 있는 전파의 양을 전력의 단위로 측정한다. 우주전파 수신시스템의 back-end 종류에 따라 데이타를 얻을 채널의 갯수나 각 채널의 대역폭이 결정되어 있으므로 관측하고자하는 전파원의 특성에 따라 필요한 back-end를 선택하게 된다. 즉, 연속파 관측의 경우에는 상대적으로 넓은 대역폭을 갖는 하나의 채널을 이용하게되며 스펙트럼 관측의 경우는 상대적으로 좁은 대역폭을 갖고 그 대역폭들이 서로 이웃하는 여러개의 채널들을 이용한다.[1] [2]

스펙트럼 관측은 관측하고자하는 전파원이 방출하는 전파의 세기를 주파수에따른 세기로 분류하는 것이며 이에 대해 연속파 수신기를 이용한 관측은 수신할 수 있는 우주전파의 전 주파수대역에 걸친 전체 입력전력을 측정하는 것으로써 연속파 자체의 관측뿐만이 아니라 전파망원경의 효율및 성능검사를 수행하는데 효과적으로 사용하게 되며 그 중요성이 있다. 또한 스펙트럼 관측시 위치 스위칭(position switching)방법을 사용하여 관측을 수행할때 관측시간이 많이 소요되는 단점을 본 논문에서 제작한 빔 초퍼를 이용함으로써 빔 스위칭(beam switching)관측방법에 의해 해결 할 수 있게된다.[3] 빔 스위칭을 이용하여 측정한 전파원의 전체 전력은 기존의 위치 스위칭으로써 전체전력을 측정하던 관측결과보다 현저히 향상된 모습을 보였고 그의 base-line 값도 안정되었다. 이 결과는 3장에 보였다.

미국의 FCRAO, 일본의 NRO, 독일의 MPIFR, 스웨덴의 ONSALA 등 외국의 전파관측소에서는 이미 자체기술로 연속파 수신기를 제작하여 활용중에 있으며 연속파 수신기를 이용하여 수소 이온화 지역, 은하 중심, 별탄생지역, 외부은하, 태양및 행성등을 관측하여 많은 결과를 내고있다. 본 논문에서는 제작된 연속파 수신기를 이용, 목성과 금성에 대하여 시험관측을 수행하였으며 그 관측결과를 3장에 보였다.

천문대의 14m 전파망원경은 전파수신 방법으로써 수퍼헤테로다인 방식을 택하고 있으며 우주전파 신호와 국부발진부 신호를 혼합시켜 중심주파수 1.391GHz, 대역폭 400MHz를 갖는 중간주파수(Intermediate Frequency) 신호를 생성시킨다. 이 중간주파수는 신호처리와 분석을 위하여 증폭이된후 전파수신 시스템의 back-end인 필터뱅크(filter bank), 자기상관기(autocorrelator), 그리고 본 논문에서 언급할 연속파 수신기에 공급되어 구동및 제어용 컴퓨터인 MODCOMP.CLASSIC Ⅱ에 의해 신호분석이 행해진다.

Ⅱ장에서는 연속파 수신시스템의 주요부분인 중간주파수 분배기(IF distributer), 빔 초퍼,빔 초퍼 발진 주파수에 대한 위상고정회로, 빔 초퍼 블랭킹(blanking)회로, V/F 변환기 및 32-비트 카운터회로의 설계제작과 성능측정 결과를 보였다. Ⅲ장에서는 연속파관측을 위한 소프트웨어의 구성과 실제 제작된 연속파 수신시스템을 전파망원경에 설치하여 시험관측한 결과를 보였다.

Ⅱ. 연속파 수신기의 설계제작및 성능측정

연속파 수신시스템의 전체적인 구성은 40GHz대, 100GHz대, 그리고 150GHz대 수신기의 IF-strip으로부터 검출되는 중간주파수 신호를 스펙트럼 관측을 위한 전파 분광기와 연속파 관측을 위한 V/F변환기로 보내어 주는 중간주파수 분배기, 전파원의 신호를 15Hz의 주파수로 주신호(main signal)와 부 신호(reference signal)로 초핑해주는 빔 초퍼및 제어기, 빔 초퍼 발진주파수의 위상고정회로, 빔 초퍼 블랭킹회로및 주기선택 회로, 자승검파기에 의해 DC로 검출되는 IF신호를 주파수로 변환해주는 V/F 변환기와 그 출력을 카운트하여 컴퓨터에 보내주는 32-비트 카운터등으로 그림 1의 블럭선도와 같이 구성된다.

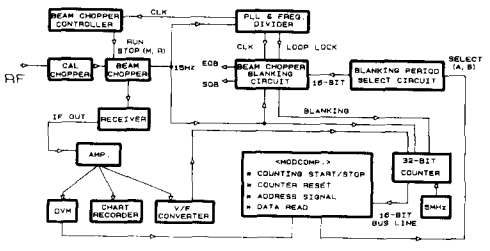


그림 1. 연속파 수신시스템의 구성도
Fig. 1. The structure of the continuum receiver system.

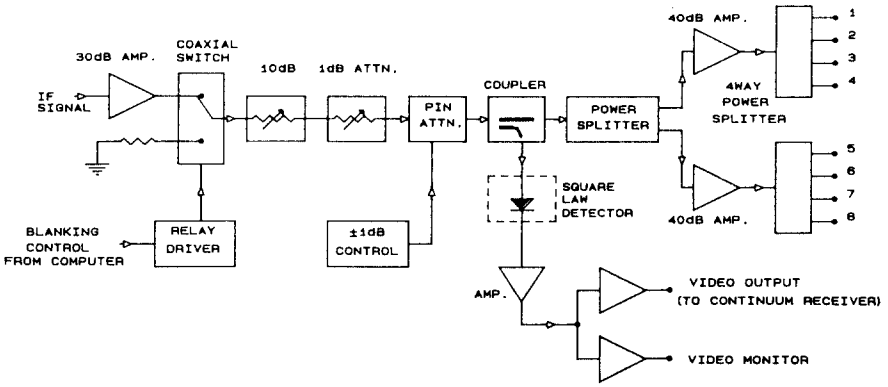


그림 2. 중간주파수 분배기의 구성도
Fig. 2. The structure of the IF distributer.

1. 중간주파수 분배기

각각의 대역을 갖는 우주전파 수신기의 IF-strip부에서 증폭된 중간주파수 신호의 중심주파수는 1.391GHz이고 대역폭은 400MHz이다. 전파망원경에서 이 분배기까지의 케이블 손실을 고려하여 초단에 30dB 증폭기를 두었으며 분배기 다음단에 연결될 여러가지 분광기의 교정(calibration)을 위해 동축 케이블형 스위치를 사용하여 한쪽 단자는 50 터미네이션을 연결하고 다른 단자는 중간주파수 신호쪽으로 연결할 수 있도록 설계제작하였다. 또한 이 분배기의 출력은 4방향 전력분배기(4 way power splitter)를 사용하여 앞으로 우주전파 수신기의 back-end 확장을 고려하여 8개의 출력단을 두었으며, 자승검파기를 사용하여 연속파 수신기의 입력으로 사용할 수 있도록 하였다. 이러한 분배기의 구성을 그림 2에 보였다.

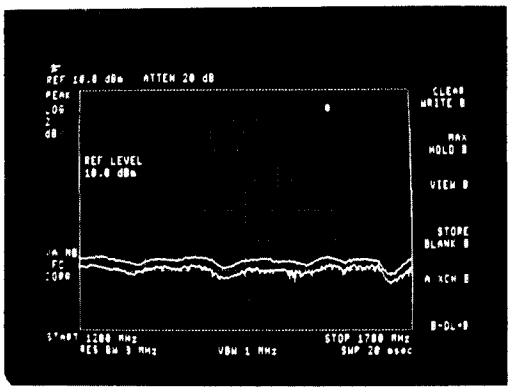


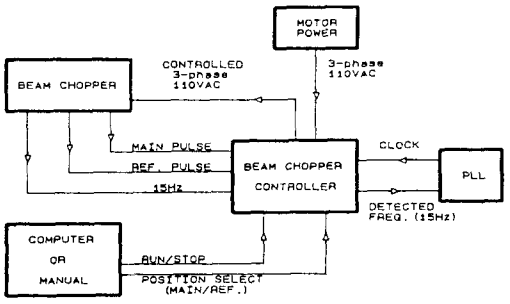
그림 3. 중간주파수 분배기의 주파수특성
Fig. 3. The frequency response of the IF distributer.

이 분배기의 성능시험은 분배기 입력단의 신호의 크기를 -20dBm 정도로 하고 분배기의 모든 감쇄기를 0dB로 한후 출력단의 주파수 특성을 주파수 분석기를 통해 그림 3과 같은 결과를 얻었다. 1.2GHz에서 1.7GHz까지 전대역에서 0.5dB의 평탄도를 보였고, 분배기의 출력단에 연결될 back-end의 최적 입력신호가 약 0dBm 이므로 제작된 분배기의 출력도 이에 상응되는 -0.86dBm정도로 좋은 특성을 보였다.

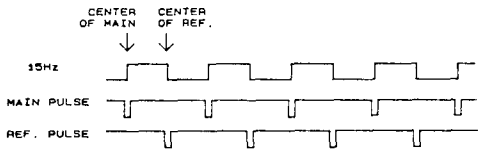
2. 빔 초퍼(beam chopper)및 제어기

전파망원경으로 관측을 수행할때 시스템자체의 섭동(fluctuation)으로 인하여 전파원에대한 순수한 관측 데이타값을 얻지못하게 된다. 이러한 문제점은 관측하고자하는 전파원에대한 신호(전파원+수신기)에서 측정시스템의 변화를 알 수 있는 신호(수신기 자체)를 빼 줌으로써 해결할 수 있다. 관측하고자하는 전파원에 대하여 연속파 관측시 기존에 이미 사용하고 있는 방법으로써 전파망원경 자체를 움직여 주 빔(main beam)과 부 빔(reference beam)을 교대로 향하게 하여 관측을 수행하는 위치 스위칭 관측방법과 회전하는 빔 초퍼를 이용하여 시스템 감도를 보다 향상시킨 빔 스위칭 관측방법등 여러가지가 있다.[3] 현재 사용되고 있는 전자의 방법을 이용하여 스펙트럼 관측을 수행할 때 관측시간이 많이 걸리는 단점을 갖고 있으므로 본 연구에서는 이러한 단점이 없는 빔 스위칭 관측방법을 새로이 추가하였다. 빔 초퍼의 구성은 빔을 스위칭하는 초퍼원판, 포토 인터럽터를 이용하여 초퍼의 위치정보와 15Hz신호를 발생시키기위한 인코딩원판 3개, 부빔이 수신시스템에 입사되도록 하는 평면 알루미늄 거울, 2:1 기어체인과 900rpm 회전속도를 갖는 히스테리시스 3상 동기모터, 그리고

빔 초퍼를 정지시키기 위한 브레이크 시스템으로 이루어진다. 빔 초퍼를 전파망원경의 제어용 컴퓨터, 또는 수동으로 동작이 이루어지도록 빔 초퍼 제어기를 구성하였으며 그림 4의 (a)에서 이들의 신호 흐름을 나타내었다. 컴퓨터 혹은 수동으로 부터의 제어명령은 초퍼의 동작과 정지를 지시하는 RUN/STOP 명령과 초퍼를 주 위치나 부 위치에 정지할 수 있도록 해주는 위치선택명령이 있다. 회전하는 빔 초퍼원판이 주 위치나 부 위치에 정확히 멈출 수 있도록 RUN/STOP 명령과 위치선택명령이 컴퓨터나 수동스위치로 부터 입력되면 빔 초퍼 제어기는 초퍼를 회전시키던 모터의 2개의 상(phase)을 바꾸어주어 빔 초퍼의 회전속도를 늦추어주며 이때 그림 4의 (b)에서처럼 위상고정회로로 부터 들어오는 클럭 신호의 한 주기가 부 신호펄스와 center of main사이에서 일어날 때 주 위치에서 멈추게되며 이와 반대로 클럭신호의 한 주기가 주 신호펄스와 center of reference 사이에서 일어날 때 부 위치에서 멈출 수 있도록 하였다.



(a)



(b)

그림 4. (a) 빔 초퍼 제어기 주변의 신호 흐름도
(b) 빔 초퍼에서 검출되는 신호의 흐름도

Fig. 4. (a) The block diagram of the signal surrounding the beam chopper controller (b) The block diagram of the signal surrounding the beam chopper controller.

3. 위상고정회로

관측하고자하는 전파원에서 오는 주 빔과 전파원이 없는 맨 하늘에서 오는 부 빔은 빔 초퍼에 의해 15Hz의 주기로 초핑되어 교대로 수신기에 입사되는데 이러한 주 빔과 부 빔의 데이타값을 연속파 수신기를 통하여 읽어들이기 위해서는 그림 5의 클럭펄스를 빔 초퍼의 15Hz신호에 동기화 시키는것이 필수적이다.

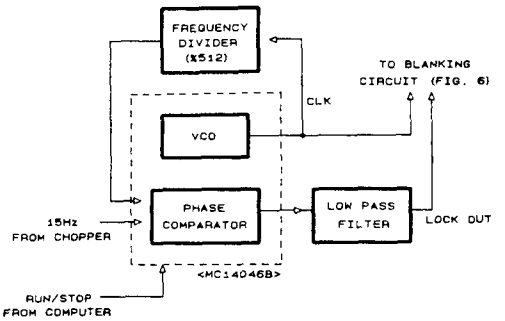


그림 5. 위상고정회로의 구성도

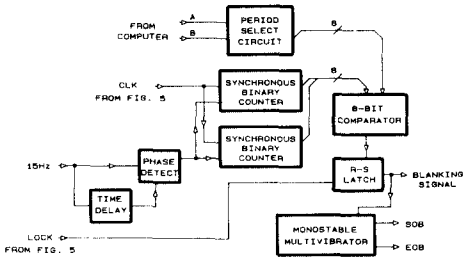
Fig. 5. The structure ofthe PLL.

동기화된 클럭펄스는 저역통과 여파기에서 검출되는 lock신호와 함께 블랭킹신호를 만들어 낸다. 15Hz신호의 위상고정을 위해 전압제어발진기, 위상비교기, 소스팔로워, 안정된 전압을 공급해주기위해 제너 다이오드등으로 구성된 디지탈 위상고정용 IC인 MC14046B를 이용하였으며 이것은 아날로그 IC인 NE565보다 회로의 구현이 보다 간편하며 위상고정범위가 넓은 장점이 있다. 그림 5의 전압제어 발진기(VCO)의 출력주파수는 외부저항 R 과 외부커패시터 C 에 의해 7.6KHz로 결정하였으며[4] 4-비트 binary 카운터 3개로 구현한 주파수 분배기(%512)를 거쳐 빔 초퍼의 15Hz신호와 함께 위상비교기에 입력된다. PLL IC의 외부회로인 저역통과 필터는 빔 초퍼로부터 검출되는 15Hz신호와 주파수 분배기를 통과하여 15Hz에 근사된 VCO신호가 충분히 같은 위상이 되었을때에 위상고정신호를 만들어내며 phase noise를 최소로 하기위하여 시정수를 10ms로 하였다. 이 위상고정회로에서 위상고정 주파수 범위[5]를 가능한 넓게하기 위해서 빔 초퍼의 주신호와 부신호를 감지하기 위해 초퍼축에 설치한 encoding 원판을 서로 90°가 되도록 하였으며 그 결과 위상고정이 가능한 빔 초퍼의 주파수범위는 11-18Hz 가 되었다.

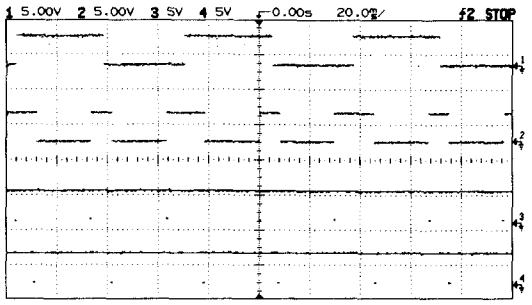
4. 블랭킹(Blanking)회로및 주기선택회로

빔 초퍼를 이용하여 PSD(phase sensitive

detection)를 수행할때 초퍼가 빔을 완전히 자르기까지는 어느정도의 천이구간이 있게되며 이 구간 중에는 데이터값을 신뢰할 수 없으므로 데이타 획득을 할 수 없도록 해야한다. 이를위해 그림 6의 (a)와 같이 블랭킹 회로를 구성하였다.



(a)



(b)

1 : 빔초퍼에서 만들어지는 15Hz 신호

2 : 15Hz 신호에 대한 블랭킹 신호

3 : SOB(start of blanking)신호

4 : EOB(end of blanking)신호

그림 6. (a) 블랭킹회로의 구성도
(b) 블랭킹회로의 출력신호

Fig. 6. (a) The structure of the blanking circuit (b) The output signal of the blanking circuit.

초퍼로부터 검출되는 15Hz 신호가 high에서 low로 또는 low에서 high로 바뀌는 순간을 약 70ns의 시간지연 회로[6]를 이용하여 펄스 형태로 바꾸어 동기 이진카운터로 보내었다. 8-bit 비교기에서는 주기선택회로와 동기 이진카운터에서 각각 발생하는 8개의 신호를 비교하여 블랭킹신호 발생에 필요한 두개의 펄스를 만들어낸다. 두 펄스는 그림 5의 위상고정회로에서 만들어진 lock 신호와 함께 RS 래치에 입력되어 최종적으로 블랭킹 신호를 얻어낸다. 블랭킹 신호의 폭은 주기선택회로에 있는 딥 스위치에 의해 조절되며 컴퓨터에서 오는 라인선택 신호 A, B는 이미 폭이 결정된 3종류의 각기 다른 블랭킹 신호중 원하는 폭을갖는 신호를 선택해준다. 이것은 수신기에 입사되는 빔의 크기에 따라 결정해야하며 입사빔이 클수록 블랭킹 신호의 폭은 반비례하여 작아져야 한다.[7] 블랭킹 신호에 의해 32-비트 카운터의 클럭인에이블(CCKEN) 단자가 동작되며 이에따라 V/F 변환기에의해 펄스로 변환되어오는 중간주파수(IF) 신호를 32-비트 카운터로 하여금 읽어들이고 그 출력신호를 컴퓨터에 보내게된다.

우주전파 관측기법중 하나인 빔 스위칭에 의해 관측수행할때 연속파 수신기가 아닌 필터뱅크형 분광기나 자기상관분광기를 이용하여 스펙트럼 관측을 하려면 SOB(start of blanking)와 EOB(end of blanking)신호가 반드시 필요된다. 이것은 블랭킹 신호를 두개의 단안정 멀티바이브레이터에 입력하여 얻을 수 있다. EOB와 SOB신호의 폭은 단안정 멀티바이브레이터의 외부저항과 외부커패시터스값에 따라 결정되며 TW(out) = CEXTREXT ln2 에의해 결정된다. 발생된 EOB신호와 SOB신호를 그림 6의 (b)에 보였다.

5. V/F 변환기및 32-bit 카운터

중간주파수 분배기의 비디오 출력인 미약한 DC 중간주파수신호(약 0.01 0.09V)를 컴퓨터가 읽어들이고 그 값을 처리하기위해서 다음과 같은 몇가지 신호처리 과정이 필요하다. 중간주파수신호가 선형성을 유지하면서 충분히 증폭되도록 2단 증폭과정과 이 연산증폭기의 출력전압을 펄스의 형태로 바꾸어주는 V/F 변환기, 그리고 관측중에 기준 시간으로 사용하기위한 기준클럭 발생기(5MHz)등이 필요하다. 이와같이 구성한 32-비트 카운터 회로를 그림 7에 보였다.

증폭회로는 연속파 back-end인 차트레코더, DVM 및 V/F 변환기로 0 10VDC의 출력범위를 갖도록 저잡음 연산증폭기(OP-7)를 이용하여 제작하였다.[8] [9] 또한 V/F변환기는 Analog Device사의 AD652를 사용하여 0 10VDC사이의 전압에 대하여 0.005%에서 0.05%의 선형성을 유지하며 펄스를 발생하도록 하였다.[10] 이 V/F 변환기는 연속파관측에서 중간주파수 변화의 최대범위인 0 0.1V 사이 또는 연산증폭기 출력범위 0 4.5V 사이에서 그림 8과 같이 양호한 선형성이 있음을 확인하였다. 연속파 관측에 필요한 기준클럭의 발생은 5MHz 수정발진기를

이용하였고 이에따라 발생되는 카운터 포화 문제를 고려하여 32-비트의 값을 갖는 카운터회로로 설계하였다.[11] 8-비트 카운터 2개가 한쌍이되어 higher 16-비트 카운터를 이루며 다른 한쌍으로 lower 16-비트 카운터를 이룬다. 이와같이 구성된 higher 16-비트 카운터와 lower 16-비트 카운터는 그림 7의 점선으로 표시한 부분처럼 하나의 32-비트 주 카운터나 부 카운터로서 동작하게 된다. 4×16 디멀티플렉서를 통하여 디코딩되는 어드레스 신호는 4-비트로 구성하여 표 1과 같이 12개의 각기 다른 카운터를 선택할 수 있도록 하였다. 디코딩된 신호는 카운터의 리드인에이블(RENH 또는 RENL) 단자에 연결되어 원하는 번지의 카운터값을 컴퓨터로하여금 읽어들이도록 한다. 제작된 32-비트 카운터의 성능을 제어용 컴퓨터와 연결하여 그림 9와 같은 결과를 얻어 각각의 카운터가 정상적으로 동작함을 확인하였다.

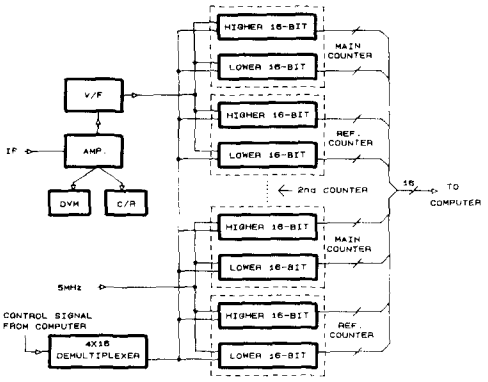


그림 7. 32-비트 카운터의 구성도
Fig. 7. The structure of the 32-bit counter.

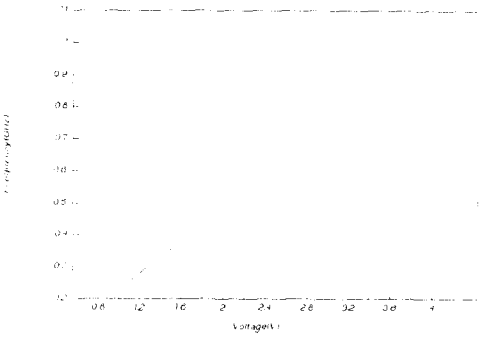
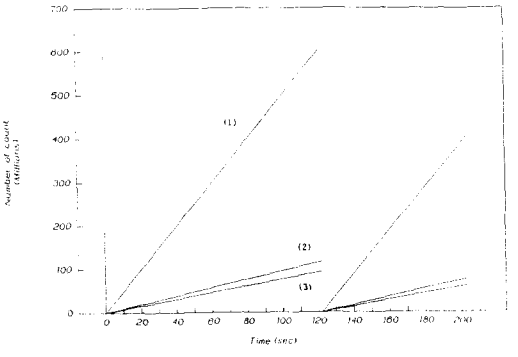


그림 8. V/F 변환기의 실험결과
Fig. 8. The test result of the V/F converter.



시간이 123초일때 카운터를 초기화 하기 위해 reset 신호를 주었다.
(1) Reference Clock (5MHz)
(2) IF=0.03 Volt, 단위시간당 카운트 수(958980.8), σ (표준편차) : 137.8843(0.000143%)
(3) IF=0.1 Volt, 단위시간당 카운트 수(767962.8), σ (표준편차) : 94.565(0.000123%)

그림 9. 32-비트 카운터의 동작특성
Fig. 9. The operation characteristics of the 32-bit counter.

표 1. 어드레스 신호와 해당 카운터
Table 1. Address signal and counter.

A_3	A_2	A_1	A_0	address	Counter
0	0	0	0	0	1ST Main Counter higher 16 bit
0	0	0	1	1	1ST Main Counter lower 16 bit
0	0	1	0	2	1ST Ref Counter higher 16 bit
0	0	1	1	3	1ST Ref Counter lower 16 bit
0	1	0	0	4	2ND Main Counter higher 16 bit
0	1	0	1	5	2ND Main Counter lower 16 bit
0	1	1	0	6	2ND Ref Counter higher 16 bit
0	1	1	1	7	2ND Ref Counter lower 16 bit
1	0	0	0	8	Main time Counter higher 16 bit
1	0	0	1	9	Main time Counter lower 16 bit
1	0	1	0	10	Ref time Counter higher 16 bit
1	0	1	1	11	Ref time Counter lower 16 bit
others				--	not used

Ⅲ. 연속파관측을 위한 소프트웨어 구성 및시험관측

Ⅱ장에서 제작한 연속파수신시스템을 전파망원경 전용 컴퓨터인 MODCOMP. CLASSIC Ⅱ를 사용해 상호 통신및 제어를 수행하고, 천체의 연속파관측

을 위한 소프트웨어를 구성하고 실제 연속파원인 금성과 목성을 관측하여 그 결과를 보였다.

1. 연속파관측 소프트웨어

우주전파관측을 위해 이제까지는 스펙트럼모드 관측을위한 소프트웨어만을 사용하여왔다. 그러나 이 연구에서 제작한 연속파 수신시스템을 설치하므로써 또하나의 전파관측 모드인 연속파관측을 할 수 있게 되었다. 이러한 연속파관측은 그림 10과 같은 관측루틴으로 수행할 수 있도록 하였다.

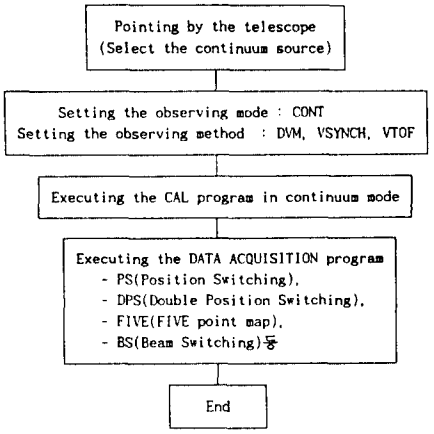


그림 10. 연속파관측의 관측루틴 흐름도
Fig. 10. A flow-chart of continuum observations.

그림 10에서 연속파관측시 필요한 back-end는 연속파 데이타원으로 DVM을 이용하는 DVM, 빔 초퍼가 15Hz로 동작할때 연속파 데이타원으로 V/F 변환기를 사용하는 VSYNCH, 그리고 빔 초퍼가 동작하지 않을때 연속파 데이타원으로 V/F 변환기를 사용하는 VTOF를 설정할 수 있도록 하였다. 연속파 back-end의 설정시 VSYNCH를 선택하면 빔 초퍼가 15Hz로 동작해야하므로 빔 초퍼를 제어할 수 있는 명령이 필요하다. 이를 위해 빔 초퍼를 동작시키도록 하는 CSTART, 빔 초퍼를 주 위치에 정확히 정지하도록 하는 CMAIN, 그리고 부 위치에 정지하도록 하는 CREF 명령을 두었다.

다음에는 DVM과 V/F 변환기에서 검출된 출력을 교정하기 위해서 각각의 출력단위인 전압과 카운트수를 절대온도 [K] 로 변환하기 위한 CAL 상수를 결정해야 한다. 그리고 이에따른 각각의 시스템 온도와 CAL 상수값들이 계산되어 출력되도록 하였다. 이러한 교정 절차는 기존에 사용하고있는 캘리브레이션 초퍼를 그대로 사용하였다.

연속파관측에 사용되는 관측루틴은 기존의 스펙트럼관측에서 사용되는 CAL, PS, DPS, FIVE등의 관측 소프트웨어를 그대로 사용할 수 있도록 하였다.

2. 연속파수신기의 시험관측

이 연구에서 제작한 연속파수신기의 성능을 알아보기위해 연속파 전파원으로 금성과 목성에 대한 시험관측을 수행하였고 목성에 대한 캘리브레이션 데이타를 표 2 실었다. 표 2의 시스템온도 T_{sys}과 CAL 상수는 다음과 같이 정의된 값이다. [7]

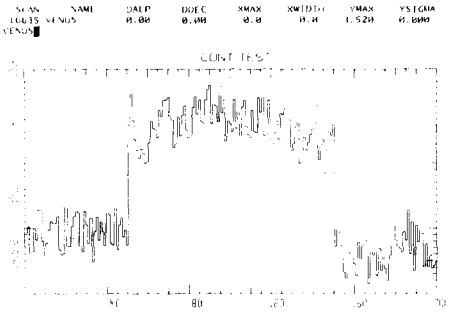
$$T_{sys} = (\text{Temp}) \cdot \frac{1}{\text{VAMB} - \text{VBLANK}}, \quad \text{CAL CONST.} = (\text{Temp}) \cdot \frac{1}{\text{VAMB} - \text{VSKY}} \Big/ \frac{1}{\text{VAMB} - \text{VBLANK}} - 1$$

여기서 Temp는 상온, VAMB는 망원경이 300K ambient 부하를 보았을때, VSKY는 전파원이 없는 맨 하늘을 보았을때의 값이며, VBLANK는 입력신호에 무관하게 연속파수신기가 갖는 잡음출력이다.

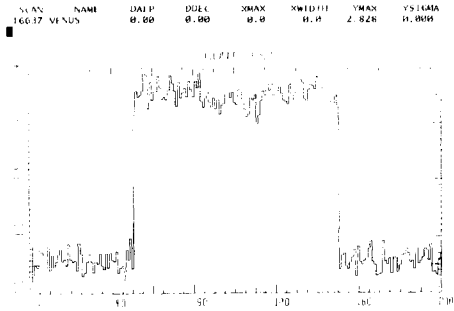
그림 11에서 가로축은 관측진행시간, 세로축은 보정된 안테나 온도를 나타낸다. 보정된 안테나 온도란 전파망원경이 천체로 부터 받는 전체전력에 해당되는 복사온도를 말한다. 매 1초 단위로 적분하되 처음 50초간은 연속파 전파원에서 0.11° 어긋난 하늘(sky)을, 다음 100초간은 연속파 전파원을 다시 50초간은 하늘을 향하게 했을때 얻은 관측결과이다. (a)와 (b)는 금성에 대한 관측을 하여 얻은 결과이고 (c)와 (d)는 목성에 대한 관측을 하여 얻은 결과이다. VSYNCH 모드인 경우 예상대로 하늘을 보았을때 시스템 온도 0K를 얻었고, 금성을 보았을때 4K를 얻었으며 목성을 보았을때 8K를 얻었다. 잡음레벨 역시 표 2의 CAL 결과로 부터 얻어지는 이론값과 관측에 의한 값이 일치함을 알았다. 이것은 기존의 DVM 모드로 관측을 하여 얻은 결과와 비교해 볼때 보다 정확하고 향상된 관측결과이며 base-line도 매우 안정된 모습을 보이고 있다. 이러한 결과로 부터 제작된 연속파 수신시스템이 정상적으로 동작함을 확인하였다.

표 2. 연속파 CALibration 관측결과 (목성)
Table 2. Results of the continuum CALibration observation. (Jupiter)

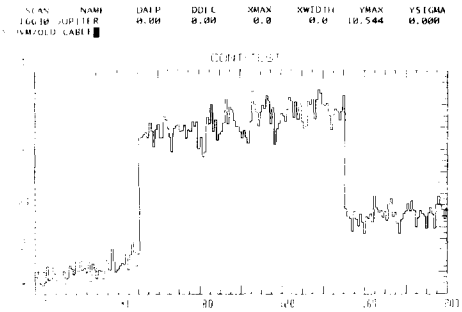
CAL DATA AT 4:07 (UT.10/08/1993				
RADOME AIR TEMP.	296.7 K	COMPUTED T_{sys}	2016.7 K	
CONTINUUM BACK-END	VSKY	VAMB	VBLANK	CAL CONST.
DVM [Volt]	-2918.	-3865.	308.	-0.3
V/F [Counts/sec]	0.2204	0.1669	0.4021	-5533.3



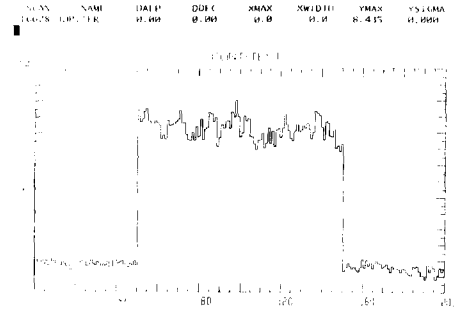
(a) DVM 모드를 이용한 금성관측



(b) DVM 모드를 이용한 금성관측



(c) DVM 모드를 이용한 목성관측



(d)VSYNCH 모드를 이용한 목성관측

그림 11. 금성과 목성의 관측데이타
Fig. 11. The observed data Venus and Jupiter.

Ⅳ. 결 론

본 논문에서는 천문대에서 활용중에 있는 14m 우주전파망원경의 수신시스템인 40GHz, 100GHz 및 150GHz대의 수신기 각 출력단에 설치하여 우주전파의 연속파를 관측하고 전파망원경의 효율이나 성능을 측정하기위한 연속파 수신시스템을 설계제작하였다. 또한 제작된 연속파 수신시스템을 전파망원경에 설치하여 실제로 금성과 목성으로부터의 방출되는 연속파를 수신하였고 보정된 안테나 온도값도 금성과 목성에 대하여 각각 4K와 8K의 결과를 얻었다. 따라서 앞으로 이 연속파 수신시스템을 이용하여 국내에서 관측할 수 없었던 밀리미터파 영역에서의 우주전파 연속파관측이 활성화될 것이며 전파망원경 자체의 정확한 효율이나 성능을 측정하여 보다 안정된 우주전파관측을 위한 시스템구축에 기여할 것이다.

參 考 文 獻

[1] J.D.Kraus, "*Radio Astronomy*", McGraw-Hill Co., pp. 241-246, 1966.

[2] W.N.Christiansen and J.A.H gbom, "*Radiotelescopes*", Cambridge Univ. Press, pp. 197-202 ,1969.

[3] 오병렬 외, "전파망원경에 의한 관측기술 개발(Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ)", 특정연구보고서, 과학기술처, 1987-1989.

[4] CMOS Data Book, Motorolar Inc., pp. 184-185, 1978.

[5] Roland E. Best, "*Phase-Locked Loop*", McGraw-Hill Co., pp. 36-39, 1984.

[6] Paul Horowitz and Winfield Hill, "*The Art of Electronics*", Cambridge University Press. pp. 23-25, 1989.

[7] R.L.Snell and F.P.Schoerb, "*Calibration of data at FCRAO*", FCRAO Report No.220, 1991.

[8] Walter G. Jung, "*IC OP-amp Cookbook*", Howard W. Sams & The Bobbs-Merrill Co., Inc., pp.25-47, 1976.

[9] J.I.Smith, "*Modern Operational Circuit Design*", John Wiley & Sons, Inc., 1971.
[10] A/D Converter Data Book, Analog Device Inc., pp. 27-42, 1990.
[11] Herbert Taub and Donald Schilling, "*Digital Integrated Electronics*", McGraw-Hill Co., pp. 322-349, 1977.

著者紹介

徐 禎 彬(正會員) 第 30卷 A編 第 10號 參照
현재 한국표준과학연구원 천문대 연구원

李 昌 勳(正會員) 第 30卷 A編 第 10號 參照
현재 한국표준과학연구원 천문대 선임연구원

任 仁 誠(正會員) 第 30卷 A編 第 6號 參照
현재 한국표준과학연구원 천문대 선임연구원

韓 錫 太(正會員) 第 30卷 A編 第 10號 參照
현재 한국표준과학연구원 천문대 선임연구원