

전파성을 이용한 안테나 이득 보정

이은희, 김상희

1. 서 론

2. 본 론

- 1) 전파성의 위치 보정
- 2) 좌표변환과 전파성의 추적 프로그램
- 3) 전파성의 측정방법

3. 검토와 결론

4. 참고문헌

5. 부 록

부록1-전파성의 위치 보정 프로그램

부록2-좌표변환과 전파성의 추적 프로그램

1. 서 론

안테나 이득을 측정하기 위한 방법으로는 지상 송신기를 이용하는 방법과 강한 전파원을 내는 천체의 방사 밀도를 측정해 보는 방법 그리고 이미 이득을 알고 있는 다른 안테나를 이용하여 비교 측정해 보는 방법등이 있다.

위의 방법중 gain을 알고 있는 다른 안테나를 이용하여 비교 측정하는 방법은 부근의 반사물체 때문에 생기는 잡음으로 이득의 정확한 측정이 곤란하며 지상송신기를 이용하는 방법은 주위의 잡음을 극복하기에 충분히 강한 전파가 선택되어 질수 있다는 장점이 있으나 안테나 측정 영역에서 검출하기에는 파장이 너무 짧다는 제한이 있다. 이와 같은 점등을 고려해 볼때 강한 전파원을 내는 천체(전파성)를 이용해 보는 것이 가장 바람직하며, 전파성을 이용하여 이득을 보정하는 방법은 다음과 같다.

이 방법은 전파성의 각기 다른 파장에서 측정된 방사 밀도를 기준으로 이득을 산출하는 것으로서 각국의 지구국에서 동일한 방법으로 측정되므로 상호 비교 가능한 이점이 있다.

전파성으로는 Flux밀도가 크고, 전파 천문학적으로 잘 연구되어 있는 Cassiopeia A, Taurus A 및

Cygnus A등이 사용되며 국제적으로 권장되고 있다.

전파성의 선택과 더불어 문제가 되는 것은 정확한 전파성의 위치이다. 측정하고자 하는 시기의 정확한 전파성의 위치가 계산되어 지면 안테나 시스템의 방위각 고도 좌표계로 변환 되어져야 하며 별의 일주 운동을 따라 움직이는 전파성의 위치를 추적하는 전파성 추적 프로그램을 개발하여야 한다.

이 보고서에서는 전파성의 위치 보정과 좌표변환에 대한 계산방법, 그리고 전파성 추적 프로그램 개발과 전파성에 의한 안테나 이득의 보정 방법등을 설명하고자 한다.

2. 본 론

1) 전파성의 위치 보정

천구상에 있는 별들의 정확한 위치는 별들의 수가 무한한 관계로 매년 그 모든 별에 대해 다 측정하여 정할 수가 없다. 그러나 별들의 운동은 무질서하지 않으며 별들이 운동에 영향을 미치는 여러 요소에 의해 매년 일정하게 움직여가므로 이들을 보정해 줌으로써 관측에 의하지 않고도 ephemeris의 기산점으로 부터 측정하고자 하는 임의의 시간에 대한 별의

정확한 위치를 계산해 낼 수 있다.

태양과 달, 그리고 행성의 세차에 의해 황도와 천구적도가 만나는 점인 춘분점이 매년 조금씩 변화한다. 이를 춘분점 세차라 하는데, 이 춘분점 세차와 별들의 고유 운동에 기인한 영년시차를 보정해 주어야 한다. 적경(α)과 적위(δ)의 매년 변화량은 다음 식으로 나타낸다.

a) 춘분점 세차에 의한 적경 적위 변화

$$\frac{d\alpha}{dt} = m + n \sin \alpha \tan \delta$$

$$\frac{d\delta}{dt} = n \cos \alpha$$

여기서 α 와 δ 는 ephemeris에 나타난 기산점의 적경과 적위이며 m 과 n 은 태양과 달에 의한 세차와 편평도 e 의 함수에 의한 값이다.

b) 영년 시차

적경의 영년 시차를 S_1 , 적위의 영년시차를 S_2 라 할때 영년 시차는 1세기(100년)당 $\frac{d\alpha}{dt}$ 의 변화율이므로 적경과 적위에 대한 1년간의 영년 시차는 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$\frac{S_1}{100} \equiv \frac{d^2\alpha}{dt^2} = \frac{d}{dt} (m + n \sin \alpha \tan \delta)$$

$$= \frac{dm}{dt} + \sin \alpha \tan \delta \frac{dn}{dt}$$

$$+ n \cos \alpha \tan \delta \frac{d\alpha}{dt}$$

$$+ n \sin \sec^2 \delta \frac{d\delta}{dt}$$

$$\frac{S_2}{100} \equiv \frac{d^2\delta}{dt^2} = \frac{d}{dt} (n \cos \alpha)$$

$$= \frac{dn}{dt} \cos \alpha + n \sin \alpha \frac{d\alpha}{dt}$$

c) 춘분점 세차와 영년 시차에 의한 적경 적위 변화량

$$\begin{aligned} \alpha - \alpha_0 &= t \frac{d\alpha_0}{dt} + \frac{t^2}{2} \frac{d^2\alpha_0}{dt^2} \\ &= t \left(\frac{d\alpha_0}{dt} + \frac{S_1 t}{200} \right) \\ &= t (m + n \sin \alpha_0 \tan \delta_0) + \\ &\quad + \frac{1}{2} \left(\frac{dm}{dt} + \sin \alpha \tan \delta \frac{dn}{dt} \right. \\ &\quad \left. + n \cos \alpha \tan \delta \frac{d\alpha}{dt} + \right. \\ &\quad \left. + n \sin \alpha \sec^2 \delta \frac{d\delta}{dt} \right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta - \delta_0 &= t \frac{d\delta_0}{dt} + \frac{t^2}{2} \frac{d^2\delta_0}{dt^2} \\ &= t \left(\frac{d\delta_0}{dt} + \frac{S_2}{200} t \right) \\ &= t \left[n \cos \alpha_0 + \frac{1}{2} \left\{ \frac{dn}{dt} \cos \alpha \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + n \sin \alpha (m + n \sin \alpha \tan \delta) \right\} \right] \end{aligned}$$

(t : 기점과 임의의 관측시간과의 간격)

세차와 영년 시차를 보정하여 관측하고자 하는 시점의 정확한 위치를 위의 식들로 부터 계산하는 프로그램을 개발하였으며 프로그램은 부록 1에 수록되었다.

2) 좌표변환과 전파성의 추적 프로그램

별의 좌표는 일반적으로, 천구상에서 적경과 적위로 표시되는 적도 좌표계를 사용한다. 그러나 안테나는 수평좌표계의 방위각 고도 시스템이므로 적경 적위 좌표를 방위각 고도의 좌표로 바꾸는 좌표변환이 필요하다.

적도 좌표계에서 관측자 중심의 수평좌표계로의 변환을 하기 위해서는 관측 지점의 위도(ϕ)와 경도(λ)에 관해서 2번 좌표계의 회전으로 가능하다.

즉,

$$\begin{bmatrix} -\cos h & \cos A \\ \cos h & \sin A \\ \sin h \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sin \phi & 0 & -\cos \phi \\ 0 & 1 & 0 \\ \cos \phi & 0 & \sin \phi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \lambda & \sin \lambda & 0 \\ -\sin \lambda & \cos \lambda & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} \sin \phi \cos \lambda & \sin \phi \sin \lambda & -\cos \phi \\ -\sin \lambda & \cos \lambda & 0 \\ \cos \phi \cos \lambda & \cos \phi \sin \lambda & \sin \phi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}$$

그러나 관성계에서 볼때 지구는 하루에 한번씩 자전하므로 춘분점 방향은 매일, 매시간마다 변하게 되며, 별은 지구의 자전으로 자전속도에 따라 움직이는 일주운동을 하게 된다.

임의의 시간에 대한 춘분점의 위치 계산으로 부터 일주운동을 하는 전파성의 임의의 시간에 의한 방위각과 고도를 계산해 낼 수 있으며 임의의 시간에 정해진 방위각 고도 좌표로 부터 지구자전 속도를 따라 전파성을 추적해 갈 수 있다.

여기서 임의의 시간에 대한 춘분점의 위치는 그리니치의 천문대와 춘분점 사이의 각을 알면 쉽게 계산할 수 있으며 이를 그리니치 항성시라 부른다. 그리니치 항성시는 다음과 같은 컴퓨터 프로그램에 의해 구해낼 수 있다.

$$\theta_{g0} = 99.0358 - 0.2387168(I_{yr} - 75)$$

$$+ 0.9856473(I_{day} + \text{INT}(\frac{I_{yr} - 75}{4}))$$

y_r = year since 1900

I_{day} = integer day of year

($I_{day} = 1$ for Jan.1)

그리니치 항성시는 다음과 같이 계산된다.

$$\theta_g = \theta_{g0} + (t - t_0) \frac{d\theta}{dt}$$

여기서 t_0 = 기점

t = 임의의 시각

$$\frac{d\theta}{dt} = 1 + \frac{1}{365.2409879} \text{회전/day}$$

$$= 15.04107 \text{ deg/hr}$$

천체 현상에 관한 시간을 산출하는데 있어서는 줄리안 일(J.D)을 사용하며 B.C. 4713년 1월 1일 정오(12:00 PM)을 기산점으로 한 줄리안 일의 계산은 다음의 컴퓨터 프로그램에 의해 산출된다.

$$J.D = 15078.5 + \text{Day}$$

$$+ \text{INT}(\frac{(\text{Year} - 1900)*1461}{4})$$

$$+ \text{INT}(\frac{\text{Month}*153-457}{5})$$

따라서 위의 좌표변환식과 임의의 관측시간에서의 항성시 계산식으로 부터 전파성의 추적 프로그램을 작성할 수 있으며 그 프로그램은 부록 2에 수록되었다.

3) 전파성의 측정방법

전파성을 측정하기 위해선 각 전파성의 정확한 위치뿐만 아니라 전파성이 내는 방사밀도를 알아야 한다. 측정에 사용되어 지는 전파성은 강한 전파원으로 알려진 Cassiopeia A와 Taurus A 그리고 Cygnus A를 선택했으며 1950년을 기산점으로 하는 이들의 적경, 적위 위치 및 각 band에서의 방사 밀도는 표-1과 같다.

측정 방법은 LNA를 안테나에 접속한 상태에서 안테나 beam을 전파성으로 정확하게 지향시켜 수신되는 잡음 출력과 안테나를 Az 방향으로 조금 offset시켜 수신 시스템의 잡음만을 수신할때 잡음출력과 비율 R을 수신기의 IF부에 삽입한 감쇄기 A1의 눈금차로 구한다. 그러면 LNA 입력에서 본 안테나 시스템의 이득 G는

표1. 전파성의 적경, 적위와 방사밀도

전 파 성	기산점 위치 적 경	(1950) 적 위	방사밀도 ($\text{wm}^{-2} \text{Hz}^{-1} \times 10^{-26}$)	
			4 GHz	6,390 GHz
Cassiopeia A	h m s 23 21 11 .4	58 31'.9	1,061	770
Taurus A	h m s 05 31 30	21 59'.3	685	610
Cygnus A	h m s 19 57 44 .5	40 35'.8	489	280

$$G = \frac{8\pi kTK}{I\lambda^2} (R-1)$$

에서 구해진다. 여기서,

K : Boltzmann 상수

λ : 파장

K : 전파성이 점원이 아니기 때문에 보상하는 보정
계수로서 안테나 beam 폭(3dB)의 함수로서 표시
된다.

I : 전파성의 방사밀도

단, 이 방법은 대기 손실에 의한 영향이 무시되도록 전파성의 양각을 적어도 30도 이상으로 하여 측정하여야 한다.

10m안테나의 경우 위의 방법으로 구해진 이득은 4GHz band와 6.390GHz band에서 다음 표-2 같이 얻어진다.

표2. 각 band에서의 10m 안테나 이득

Band	이 득 (Watts)
4 GHz (7.5 Cm)	8.773×10^4 (49.43 dBw)
6.390 GHz (4.695 Cm)	22.387×10^4 (53.50 dBw)

다음으로, 각 전파성에 대한 10m안테나의 band별 수신 전력은 다음 표-3의 값들로 계산되어 진다.

표3. 각 전파성에 대한 band별 수신 전력(dBw)

전 파 성	Band	
	4 GHz	6.390 GHz
Cassiopeia A	-110.31 dBw	-107.635 dBw
Taurus A	-112.213 dBw	-108.647 dBw
Cygnus A	-113.677 dBw	-112.0284 dBw

따라서 표-1에 수록된 전파성의 기산점으로 부터 부록 1 에 수록된 프로그램을 사용하여 측정하고자 하는 시기의 정확한 위치를 계산한 다음 부록 2 에 수록된 좌표변환 프로그램으로 사용하여 안테나의 방위각 고도 시스템으로 좌표변환을 한다. 이렇게 좌표변환한 전파성의 방위각 고도의 위치는 시간에 따라 변하므로 안테나는 측정하고자 하는 시간에 계산된 전파성의 정확한 위치를 향하여 전파가 수신될 때까지 전파원 부근을 survey하며 전파가 수신되면 수신된 전력과 이론에 의해 계산된 전력과의 차이를 구하여 안테나의 이득을 보정하게 된다.

3. 검토와 결론

별의 폭발로 바깥 부분의 대기를 잃어버리고 중심의 핵만이 남게될때 중심의 핵은 별 전체의 각 운동량이 그대로 보존되기 때문에 그 결과 굉장히 빨리 회전하게 되며 이 회전 주기는 수초 이하가 된다. 이것이 바로 pulse주기에 해당하며 이러한 pulse를 내는 별을 전파성(pulsar)이라 한다. 전파성의 pulse 주기는 대단히 정확하며 강한 전파 에너지를 내기 때문에 안테나 이득 보정을 위한 측정 대상으로 가장 적당한 전체로 알려져 있다.

부록에 수록된 별의 기산점에서의 위치로 부터 측정 시기의 위치를 계산하는 프로그램에서 계산된 위치가 실제 위치와의 차이를 갖을수가 있는데 그 이유로는 첫째, 계산에 사용되는 보정값이 주요 영향을 미치는 춘분점 세차와 영년시차만을 고려 했기 때문에 시간 간격이 커짐에 따라 실제의 위치와 약간의 차이를 보일수 있으며, 둘째, 안테나의 방위

각, 고도 시스템이 정확하지 않을때 정확한 위치를 겨냥하였다라도 시스템의 방위각과 고도의 error 범위를 보정하지 않았다면 계산된 위치가 실제 위치와 차이를 갖는 것으로 잘못 해석될 수 있다.

이러한 점들을 모두 고려하여 안테나가 전파성을 겨냥할때 전파성이 수신되는 지점을 찾을때 까지 예측된 위치뿐만 아니라 그 부근의 하늘을 survey해야 한다.

이때, 안테나 이득의 보정을 정확히 하기 위하여 각 전파성에 대해 각기 다른 band에서의 수신 전력을 측정하게 되며 이론에 의해 계산된 수신 전력과 그 차이를 각각에 대하여 합산한후 평균하여 이 평균값으로 부터 최종적으로 안테나의 이득을 보정하게 된다.

4. 참고문헌

- 궁 헌 일(1969) : 위성 통신 공학
- 궁 헌 일(1980) : 위성 통신 기술
- 나정웅외 12인(1986) : 위성 추적 및 수신 시스템 기술 개발에 관한 연구
- 나정웅외 13인(1987) : 위성추적을 위한 Multi-Band Feeder와 추적용 Software의 개발에 관한 연구
- J. L. Steinberg and J. Lequeux, 1963, Radio Astronomy (McGraw-Hill Book Company).
- W. M. SMART, 1962, Spherical Astronomy (Cambridge Univ. Press, Cambridge).

5. 부 록

부록1—전파성의 위치 보정 프로그램

```

PROGRAM EPOCH
IMPLICIT REAL (A-E,K-Z)
INTEGER J,FEPOC,1
PI = 3.141592653589793
RADIAN = PI/180.
M = 46.0991
N = 20.0426
DM = 0.000279
DN = -0.0000853
WRITE(1,10)
10 FORMAT(5X," INPUT THE INITIAL EPOCH ; LIKE 1950 " )
READ(1,*) IEPOC
WRITE(1,20)
20 FORMAT(5X," INPUT THE FINAL EPOCH ; LIKE 1988 " )
READ(1,*) FEPOC
WRITE(1,30)
30 FORMAT(5X," INPUT THE RIGHT ASCENSION " )
READ(1,*) RA
WRITE(1,40)
40 FORMAT(5X," INPUT THE DECLINATION " )
READ(1,*) DEC
J = FEPOC - IEPOC
RA = RA*RADIAN
DEC = DEC*RADIAN
DO 100 I=1,J
  TRA = M + N*SIN(RA)*TAN(DEC)
  TDEC = N*COS(RA)
  DRA = TRA + 1/2*( DM + SIN(RA)*TAN(DEC)*DN
    + N*COS(RA)*TAN(DEC)*TRA
    + N*SIN(RA)*TDEC/COS(DEC)**2 )
  DDEC = TDEC + 1/2*( DN*COS(RA) + N*SIN(RA)*TRA )
  DRA = DRA*RADIAN/3600.
  DDEC = DDEC*RADIAN/3600.
  RA = RA + DRA
  DEC = DEC + DDEC
100 CONTINUE
RA = RA/RADIAN
DEC = DEC/RADIAN
WRITE(1,50) RA,DEC
50 FORMAT(5X," R.A. = ",F7.4," DEC = ",F7.4 )
STOP
END

```

부록2—좌표변환과 전파성의 추적 프로그램

```

C
C CONVERT PROGRAM:AZIMUTH AND ELEVATION OF PULSAR
C
PROGRAM CONVERT
IMPLICIT REAL*8 (A-Z)
REAL*8 B(3,3),D(3),FF(3)
INTEGER TIME(5)
CHARACTER*16 HEXAPOSITION
CHARACTER*12 HEXASTRING
CHARACTER*6 AZIMSTRING,ELEVSTRING
CHARACTER*4 POSITION
COMMON A,ECC,AINCL,REV,AJ2
COMMON PI,RADIAN
PI=3.141592653589793
RADIAN=PI/180.
POSITION='P60W'
FAZI=180.

C
C INPUT THE DATA
C
WRITE(1,10)
10 FORMAT(5X,"INPUT THE START YEAR,MONTH,DAY:LIKE 1988,11,11")
READ(1,*) SYR, SMON, DO
WRITE(1,20)
20 FORMAT(5X,"INPUT THE START HOUR,MINUTE,SEC:LIKE 10,10,10")
READ(1,*) THOUR,TMIN,TSEC
WRITE(1,30)
30 FORMAT(5X,"INPUT THE END YEAR,MONTH,DAY:LIKE 1988,12,12")
READ(1,*) EYR,EMON,EDAY
WRITE(1,40)
40 FORMAT(5X,"INPUT THE END HOUR,MINUTE,SEC:LIKE 10,10,10")
READ(1,*) EHR,EMIN,ESEC
WRITE(1,50)
50 FORMAT(5X,"INPUT THE RA AND DEC:LIKE 123.45,123.45")
READ(1,*) RA, DEC
WRITE(1,12)
12 FORMAT(5X,"SELECT THE OUTPUT LU;(CRT=1,PRF=6)")
READ(1,*) OUTLU

C
C COMPUTE THE AZIMUTH AND ELEVATION
C
PHI=(37.*23./60.*19./3600.)*RADIAN
LONG=(126.*56./60.*36./3600.)*RADIAN

C
C CALL SUBROUTINE JULIAN
C
CALL JULIAN (SYR,SMON,DO,JDSTART)
CALL JULIAN (EYR,EMON,EDAY,JDEND)
JDEND=JDEND+CHR/24.*EMIN/1440.*ESEC/86400.
HH=THOUR-2.
JD=JDSTART
WRITE(OUTLU,101)
101 FORMAT(2X,"K.S.T",13X,"Azim",8X,"Elevat")
WRITE(OUTLU,102)
102 FORMAT(1X,"d",1X,"hr",2X,"m",12X,"(deg)",8X,"(deg)")
C SET THE ACU AS THE STATE OF STAND-BY
WRITE (43,*) 'P00W2020'
C SET THE ACU AS THE STATE OF REMOTE POSITION
WRITE (43,*) 'P00W2424'

```

```

C SET ANTENNA TO THE POSITION AZIMUTH 180. & ELEV 0.
CALL DECITOMEXA (0.,ELEVSTRING)
CALL DECITOMEXA (FAZI,AZIMSTRING)
HEXASTRING=AZIMSTRING//ELEVSTRING
HEXAPOSITION=POSITION//HEXASTRING
WRITE(43,*) HEXAPOSITION

C
C START THE DO LOOP
C
DO 500 I=1,20000
JD=JOSTART+THOUR/24.*TMIN/1440.+TSEC/86400.
RA=RA*RADIAN
DEC=DEC*RADIAN
HA0=6.69856392+6.57098232E-2*(JD-46795.5)
HA=((HA0+(HA+TMIN/60.+TSEC/3600.)*1.00273791)*15.)*RADIAN
HA=HA-IDINT(HA/2*PI)*2*PI
SLONG=LONG+HA
ZX=DCOS(PHI)*DCOS(SLONG)
ZY=DCOS(PHI)*DSIN(SLONG)
Zz=DSIN(PHI)
B(3,1)=ZX
B(3,2)=ZY
B(3,3)=ZZ
B(1,1)=DSIN(PHI)*DCOS(SLONG)
B(1,2)=DSIN(PHI)*DSIN(SLONG)
B(1,3)=-DCOS(PHI)
B(2,1)=-DSIN(SLONG)
B(2,2)=DCOS(SLONG)
B(2,3)=0
D(1)=DCOS(DEC)*DCOS(RA)
D(2)=DCOS(DEC)*DSIN(RA)
D(3)=DSIN(DEC)

C
C COMPUTE THE MATRIX
C
FF(1)=B(1,1)*D(1)+B(1,2)*D(2)+B(1,3)*D(3)
FF(2)=B(2,1)*D(1)+B(2,2)*D(2)+B(2,3)*D(3)
FF(3)=B(3,1)*D(1)+B(3,2)*D(2)+B(3,3)*D(3)

C
ELEV=DATAN(FF(3)/DSQRT(FF(1)*FF(1)+FF(2)*FF(2)))
AZIMUTH=DATAN(-FF(2)/FF(1))
IF(FF(2).LT.0.) THEN
IF(FF(1).GT.0.) THEN
AZIMUTH=AZIMUTH+PI
ELSE
AZIMUTH=AZIMUTH+2.*PI
ENDIF
ELSE
IF(FF(1).GT.0.) THEN
AZIMUTH=AZIMUTH+PI
ENDIF
ENDIF
IF(TSEC.GE.60.) THEN
TSEC=TSEC-60.
TMIN=TMIN+1.
ENDIF
IF(TMIN.GE.60.) THEN
TMIN=TMIN-60.
HH=HH+1.
THOUR=THOUR+1.
ENDIF

ENDIF
IF(THOUR.GE.24.) THEN
THOUR=THOUR-24.
DD=DD+1
ENDIF
AZIMUTH=AZIMUTH/RADIAN
ELEV=ELEV/RADIAN
AZIMMM=AZIMUTH
ELEVATION=ELEV

C
C DECIMAL TO HEXA STRING
CALL DECITOMEXA(AZIMMM,AZIMSTRING)
CALL DECITOMEXA(ELEVATION,ELEVSTRING)

C
C FINAL DATA STRING MANIPULATION
HEXASTRING=AZIMSTRING//ELEVSTRING
HEXAPOSITION=POSITION//HEXASTRING

C
C TIMING SCHEDULE
C
C READ THE REAL TIME FROM THE COMPUTER
99 CALL EXEC(11,TIME)
PRINT *, 'MIN =', TIME(3), TMIN
PRINT *, 'SEC =', TIME(2), TSEC
DECISEC=TIME(2)+TIME(1)/100.
IF (TIME(4).LT.THOUR) GOTO 99
IF (TIME(3).LT.TMIN) GOTO 99
IF (DECISEC.LT.TSEC) GOTO 99
DATA TRANSFER TO THE ACU
WRITE(43,*) 'P00W2424'
WRITE(43,*) HEXAPOSITION

C
C PRINT THE RESULT OF CALCULATION
204 WRITE(OUTLU,300) DD, THOUR, TMIN, TSEC, AZIMUTH, ELEV
300 FORMAT(4I3,11X,F7.3,5X,F7.3)
IF(JD.GT.JDEND) GO TO 510
TSEC=TSEC+1.
500 CONTINUE
510 STOP
END

C
C SUBROUTINE JULIAN
C
SUBROUTINE JULIAN (YR,MON,DAY,JD)
IMPLICIT REAL*8 (A-Z)
IF(MON.LE.2.) THEN
MON=MON+12.
YR=YR-1.
ENDIF
JD=15078.5+DAY+IDINT((YR-1900.)*1461/4.)
& +IDINT(((MON*153.)-457.)/5. )
RETURN
END

C
C SUB-ROUTINE DECIMAL DATA TO HEXA STRING DATA
SUBROUTINE DECITOMEXA(DEGREE,HEXADEC1)
REAL*8 DEGREE
INTEGER*4 MSBDECI,LSBDECI,LLSBDECI
CHARACTER*16 HEXA
CHARACTER*6 HEXADECI
CHARACTER*2 MSBSTRING,LSBSTRING,LLSBSTRING
CHARACTER*1 FMSBST,RMSBST,FLSBST,RLSBST,FLLSBST,RLLSBST
C
C INITIALIZATION
MSBDECI=0

```

```

      LSBDEC1=0
      LLSBDEC1=0
C DATA FORMATTING FOR ACU INTERNAL DATA STRUCTURE
      DO 10 I1=7,0,-1
        IF (DEGREE-360./2.**((8-I1).LT.0.)) GOTO 10
        DEGREE=DEGREE-360./2.**((8-I1))
        MSBDEC1=MSBDEC1+2**((I1))
10      CONTINUE
        DO 20 I1=7,0,-1
          IF (DEGREE-360./2.**((16-I1).LT.0.)) GOTO 20
          DEGREE=DEGREE-360./2.**((16-I1))
          LSBDEC1=LSBDEC1+2**((I1))
20      CONTINUE
        DO 30 I1=7,0,-1
          IF (DEGREE-360./2.**((24-I1).LT.0.)) GOTO 30
          DEGREE=DEGREE-360./2.**((24-I1))
          LLSBDEC1=LLSBDEC1+2**((I1))
30      CONTINUE
C CHANGE THE EACH SIGNIFICANT BIT DATA TO HEXA STRING
      HEXA='0123456789ABCDEF'
      I=0
      J=0
      K=0
      L=0
      M=0
      N=0
C MSB MANIPULATION
      I=INT(MSBDEC1/16)+1
      FMSBST=HEXA(I:I)
      MSBDEC1=MSBDEC1-INT(MSBDEC1/16)*16
      J=MSBDEC1+1
      RMSBST=HEXA(J:J)
      MSBSTRING=FMSBST//RMSBST
C LSB MANIPULATION
      K=INT(LSBDEC1/16)+1
      FLSBST=HEXA(K:K)
      LSBDEC1=LSBDEC1-INT(LSBDEC1/16)*16
      L=LSBDEC1+1
      RLSBST=HEXA(L:L)
      LSBSTRING=FLSBST//RLSBST
C LLSB MANIPULATION
      M=INT(LLSBDEC1/16)+1
      FLLSBST=HEXA(M:M)
      LLSBDEC1=LLSBDEC1-INT(LLSBDEC1/16)*16
      N=LLSBDEC1+1
      RLLSBST=HEXA(N:N)
      LLSBSTRING=FLLSBST//RLLSBST
C TOTAL
      HEXADEC1=LLSBSTRING//LSBSTRING//MSBSTRING
      RETURN
      END

```