

ANTENNA 연구

박재수, 위규진

요 약 문

전파통신에 있어서 안테나는 중요한 역할을 한다. 이 역할을 하는 안테나에 대해 이론적 해석과 연구소에서 보유하고 있는 10m ϕ 안테나 시스템의 간단한 설명과 자동 추적 장치인 ACU의 고장 진단에 대해서 설명하고 있으며 차후 ACU의 장애 발생시 이 보고서를 참고하면 도움이 될 것으로 생각된다.

또한 Reflector 안테나의 복사이론과 종류 및 각각의 특성에 대해 고찰해 보았다.

A b s t r a c t

In the radio communications, antennas play an important role. It gives theoretical analysis of antennas and brief description of existing 10m ϕ antenna system and the troubleshooting of ACU (Autotrack Controller Unit).

When ACU is encountered any malfunction, types and each characteristics of reflector antennas are also reviewed.

목 차

제1장 서론	210
제2장 안테나의 복사이론	211
1. Maxwell 방정식	211
2. 개구로 부터의 복사	218
3. 안테나의 특성과 정의	220
제3장 Reflector 안테나의 종류 및 특성	222
1. 평면 Reflector	223
2. Coner reflector	224
3. Parabloa reflector	228
4. Cassegrain reflector	229
5. Offset reflector	231
제4장 10m ϕ 안테나 시스템	232
1. RF subsystem	234
2. Demodulator subsystem	235
3. Measurement 와 Analysis subsystem	235
4. Recording subsystem	235
5. Control subsystem	235
제5장 A C U	236
1. ACU 소개	236
2. ACU의 Troubleshooting	240
제6장 결론	261
참 고 문 헌	261

제 1 장 서론

안테나는 Herz와Marconi이후 우리 사회에 꼭 있어야 할 정도로 중요성이 증가되어 가고 있다. 안테나는 어느 곳이나 있다. 다시 말하면 우리들 집이나 직장이나 차, 비행기, 그리고 배. 위성, 우주선등에도 안테나가 설치되어 있다.

그리고 보행자들 조차도 안테나를 들고 다닌다.

안테나는 무선 통신을 함에 있어 상호간의 정보를 전달하는 전자기파와 송수신기와 의 사이에 있는 일종의 에너지 변환기로 생각할 수 있을 것이다. 즉 송신측에서는 평행 2선로 및 동축 선로등을 통하여 운반되는 반송파 전력을 전자파로 변환하고 수신측에서는 전자파를 다시 선로에 반송파 전력으로 전송하도록 변환하는 역할을 가지고 있다.

그렇지만 안테나가 여러가지 형태로 변화하는 것처럼 보이지만 모든 안테나는 전자기파 복사원리와 같다. 그리고 안테나는 형태에 따라 종류를 구분하고 있으며, 그 종류를 크게 3가지로 구분할 수 있다. 첫번째로는 접시형 안테나이다. 접시형 안테나는 유명한 물리학자인 아이작 뉴턴(Isaac Newton)에 의해 만들어진 반사 망원경과 같은 원리로 만들어 졌다. 전파는 접시의 입에 벌어진 면에서 부터 나가고 들어오기 때문에 개구면 안테나(Aperture Antenna)라고도 한다. 둘째로는 선형 안테나(Linear Antenna)가 있다. 도체선을 공중에 쳐서 안테나로 사용한 것이며, 마르코니가 사용하였다. 세번째로는 몇 개의 도체선이 배열되어 있는 텔레비전 수신 안테나는 60여년 전에 일본에서 발명된 안테나로서, 발명자의 이름을 따서 " 야기·우다 안테나"라고 불리고 있다. 이와 같이 안테나를 배열한 것이 " 어레이 안테나(Array Antenna)"이다. 엄밀하게 말하면 꼭 같은 형상을 한 안테나를 배열한 것이 어레이 안테나인데, 야기·우다 안테나에서는 도체 막대의 길이가 다르기 때문에 진정한 의미로서의 어레이 안테나는 아니다. 본격적인 어레이 안테나는 우리 눈에 잘 띄지 않지만 항공기의 착륙을 전파로 유도하기 위해 개발된 마이크로파 착륙 장치의 어레이 안테나, 방위용 레이더(Radar)의 어레이 안테나등이 있다.

본 연구에서는 위성 통신용 및 전파 천문등에 이용하고 있는 Reflector Antenna에 대한 기본 원리와 Reflector Antenna 종류 및 각각의 특성을 파악하여 현재 우리가 보유하고 있는 10m ϕ 안테나 시스템과 자동 추적 장치인 ACU(Autotrack control Unit)를 자원 탐사 위성 수신시설로 활용하기 위한 운용방안 및 고장 진단에 관한 연구를 수행하였다.

제2장 안테나의 복사 이론

1. Maxwell의 방정식

체적 V 내의 임의의 점에서 음전하보다 많은 양전하의 체적전하밀도를 ρ 라고 하면 전전하 Q 는 다음 식과 같다.

$$Q = \int_V \rho \, dv \text{ -----(1)}$$

한편 면적 S 을 통과하는 전하의 이동률은, S 면을 통과하는 전전류이므로, 면전류 밀도 \vec{J} , S 에서 정으로 정의되는 방향으로 향한 단위 법선 벡터 \vec{n} , 전전류를 I 라고 하면 다음 식이 성립한다.

$$I = \int_S \vec{J} \cdot \vec{n} \, ds \text{ -----(2)}$$

전하 보존의 원리에 의해서 폐곡면 S 를 통과하여 나가는 전전류는 폐체적중의 양전하의 시간 변화율과 같으므로

$$\int_S \vec{J} \cdot \vec{n} \, ds = - \frac{\partial}{\partial t} \int_V \rho \, dv \text{ -----(3)}$$

단 \vec{n} 은 V 의 영역에서 밖으로 향하는 방향이다.

Gauss의 정리에 의해

$$\int_S \vec{J} \cdot \vec{n} \, ds = \int_V \nabla \cdot \vec{J} \, dv \text{ -----(4)}$$

이므로 식(4),(3)에 의해

$$\int_V \left(\nabla \cdot \vec{J} + \frac{\partial \rho}{\partial t} \right) dv = 0 \text{ -----(5)}$$

으로 된다. 이 관계는 임의의 V 에 따라 성립하므로 피적분 항은 0이므로 다음 식을 얻는다.

$$\nabla \cdot \vec{J} + \frac{\partial \rho}{\partial t} = 0 \text{ -----(6)}$$

곡선 C 의 접선의 정방향의 단위 벡터를 $\vec{\ell}$ 이라 하면 Ampere의 법칙에 의하여 자기장 \vec{H} 는

$$\int_C \vec{H} \cdot \vec{\ell} \, d\ell = I' \text{ -----(7)}$$

식(7)의 Stoke의 정리에 의하여 다음 식과 같이 변형된다.

$$\int_C \vec{H} \cdot \vec{\ell} \, d\ell = \int_S \nabla \times \vec{H} \cdot \vec{n} \, ds \text{ -----(8)}$$

한편 식(7)의 우변의 I' 는 C 를 주변으로 하는 임의의 면 S 를 통과하는 전전류로서 변위 전류(displacement current)까지도 고려하면, 변위 전류의 면밀도는 전기변위 D 에 의하여 $\frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$ 이므로

$$I' = \int_S \left(\vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \right) \cdot \vec{n} d\vec{s} \text{ -----(9)}$$

이다. 식(8),(9)에 의하여 식(7)을 다음과 같이 변형할 수 있다.

$$\int_V \left(\nabla \times \vec{H} - \vec{J} - \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \right) \cdot \vec{n} d\vec{s} = 0 \text{ -----(10)}$$

이것이 임의의 면 S 에 대하여 성립하기 위해서는 피적분항이 0이 되어야 하므로

$$\nabla \times \vec{H} - \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} = \vec{J} \text{ -----(11)}$$

이 식을 얻는다.

Faraday의 법칙에 따라 전기장도와 자기장도 B 와의 관계는

$$\oint_C \vec{E} \cdot d\vec{\ell} = - \frac{\partial}{\partial t} \int_S \vec{B} \cdot \vec{n} d\vec{s} \text{ -----(12)}$$

이므로 Stoke의 정리에 의하여

$$\int_S \left(\nabla \times \vec{E} + \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \right) \cdot \vec{n} d\vec{s} = 0 \text{ -----(13)}$$

을 얻는다. 식(11)과 같이

$$\nabla \times \vec{E} + \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} = 0 \text{ -----(14)}$$

을 얻는다.

식(11),(14)는 Maxwell의 방정식이며, 앞으로 설명한 바와 같이 Ampere의 법칙과 Faraday의 법칙과를 엄밀성을 따져서 미분형으로 나타낸 것이다.

매질이 등방성이고 벡터 \vec{D} 와 \vec{E} , \vec{B} 와 \vec{H} 는 유전률을 ϵ , 투자율을 μ 라고 하면 다음의 관계가 성립한다.

$$\epsilon \vec{E} = \vec{D} \text{ -----(15)}$$

$$\mu \vec{H} = \vec{B} \text{ -----(16)}$$

진공 또는 자유 공간에서는

$$\epsilon_0 = \frac{1}{36\pi} \times 10^9 \text{ (F/m)} \cdot \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ (H/m)} \text{ -----(17)}$$

이다. 다음에 매질이 전도율 σ 를 가질 때에는 Ohm의 법칙에 의하여 \vec{E} 때문에 다음의

전류가 흐른다.

$$\vec{J}' = \sigma \vec{E} \text{-----}(18)$$

전자계를 취급하는 경우에는 그 원천이 되는 전하 및 field가 시간에 대하여 정현 변화하는 것으로 보아도 좋다. 그러므로 이제부터는 \vec{E}, \vec{J} 등은 공간적인 Vector인 동시에 $e^{j\omega t}$ 되는 성분을 갖는 복소수라고 한다. 이 때 파동방정식의 복소해는 복소기호법에 의하여 그 실수부, 허수부 그 자체가 해이며 실계를 표시한다. 이와 같이 보면 지금까지의 식의 $\partial/\partial t$ 는 $j\omega$ 로 치환되므로 식(14),(11)은

$$\nabla \times \vec{E} + j\omega \mu \vec{H} = 0 \text{-----}(19)$$

$$\nabla \times \vec{H} - (j\omega \epsilon + \delta) \vec{E} = \vec{J}_0 \text{-----}(20)$$

다만 식(20)에서

$$\vec{J} = \vec{J}_0 + \vec{J}' \text{-----}(21)$$

와 같이 쓸 수 있다. 단 \vec{J}_0 은 자유전류밀도 \vec{J}' 은 자유전류 또 식(6)은

$$\nabla \cdot (\vec{J} + \sigma \vec{E}) + j\omega \rho = 0 \text{-----}(22)$$

이다. 식(19), (20)의 발산을 위하여 식(22)의 관계를 쓰면 Vector의 항등식 $\nabla \cdot \nabla \times \vec{A} = 0$ 의 관계로부터

$$\nabla \cdot \vec{B} = 0 \text{-----}(23)$$

$$\nabla \cdot \vec{D} = \rho \text{-----}(24)$$

이와 같이 하여 얻어진 식(19)-(24)의 각 식은 전계, 자계에 대한 연립 편미분 방정식이 되며, 전류, 전하분포와 경계조건을 이용하여 field를 구할 수가 있다.

식(19)와 (23)과는 자유자하와 자류가 존재하지 않는 것을 나타내지만, 미소 전류 Loop에서는 Loop의 면에 수직인 자기 다이폴을 생각하여 전류가 시간적으로 변화하면 다이폴의 세기도 변화하여 이 효과는 자류소자라고 볼수 있다. 그러므로, 자하 부피 밀도 ρ_m 과 자류표밀도 J_{0m} 과를 형식적으로 도입하면 Maxwell 방정식은 식(19)-(24)보다는 더 대칭적인 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$\nabla \times \vec{E} + j\omega \mu \vec{H} = -\vec{J}_{0m} \text{-----}(25)$$

$$\nabla \times \vec{H} - (j\omega \epsilon + \delta) \vec{E} = \vec{J}_0 \text{-----}(26)$$

$$\nabla \cdot \vec{B} = \rho_m \text{-----}(27)$$

$$\nabla \cdot \vec{D} = \rho \text{-----}(28)$$

$$\nabla \cdot \vec{J}_{0m} + j\omega \rho_m = 0 \text{-----}(29)$$

$$\nabla \cdot (\vec{J}_0 + \delta \vec{E}) + j\omega \rho = 0 \text{-----}(30)$$

그리고 앞에서 나온 Maxwell 방정식을 정리하면 다음과 같다.

$$\nabla \times \vec{E} = - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \text{-----}(31)$$

$$\nabla \times \vec{H} = - \frac{\partial}{\partial t} \vec{D} - \vec{J} \text{-----}(32)$$

$$\nabla \cdot \vec{D} = \rho \text{-----}(33)$$

$$\nabla \cdot \vec{B} = 0 \text{-----}(34)$$

$$\nabla \cdot \vec{J} = - \frac{\partial}{\partial t} \rho \text{-----}(35)$$

이것으로부터

$$\nabla^2 \phi + \mu \epsilon \omega^2 \phi = - \frac{\partial}{\partial t} \nabla^2 \vec{A} + \mu \epsilon \omega^2 \vec{A} = - \mu \vec{J} \text{-----}(36)$$

이다. 여기서 ϕ 와 \vec{A} 을 찾아보아야 하겠다.

회전의 발산은 영이 된다. 즉

$$\nabla \cdot (\nabla \times \vec{A}) = 0 \text{ 에서 } \vec{B} = \nabla \times \vec{A} \text{-----}(37)$$

기울기의 회전은 영이 된다.

$$\nabla \times \nabla u = 0 \text{에서 } \vec{E} = - (\nabla \phi + \frac{\partial \vec{A}}{\partial t}) = - \nabla \phi + j \omega \vec{A} \text{-----}(38)$$

$$\nabla \cdot \vec{A} + \mu \epsilon \frac{d\phi}{dt} = 0 \text{-----}(40)$$

$$\text{즉 } \nabla \cdot \vec{A} - j \omega \epsilon \mu \phi = 0$$

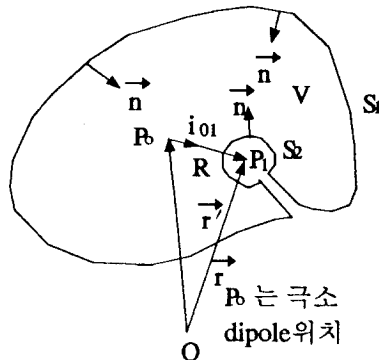
그렇다면

$$\vec{E} = \frac{\vec{J}}{\omega \mu \epsilon} \text{-----}(41)$$

이것으로 $\nabla^2 \cdot \vec{A} + \omega^2 \mu \epsilon \vec{A} = - \mu \vec{J}$ 의 해를 갖고 전기장 \vec{E} 와 자기장 \vec{B} 를 구할 수 있게 된다. \vec{A} 는 극히 미소한 dipole로서 조성하는 것임은 물론이다. 이 방정식의 해를 구하기 위하여 다음과 같은 Greenfunction을 규정하여 보는 것이 타당하다.

$$\nabla^2 G + k^2 G = 0 \text{-----}(42)$$

$$G(R) = \frac{1}{R} e^{jkR} = \frac{1}{|\vec{r} - \vec{r}'|} e^{jk(\vec{r} - \vec{r}')} \text{-----}(43)$$

$$G(R) \equiv \nabla^2 G + k^2 G = \frac{1}{R^2} \cdot \frac{2}{2R} (R^2 \frac{\partial G}{\partial R}) + k^2 R = 0 \text{ 의해서 이다.}$$


(그림 1) Green-function 구상

$$\begin{aligned} \text{ㅇ} | \text{제} \quad & \mathbf{A}_x (\nabla^2 \mathbf{G} + \omega^2 \mu \varepsilon (\mathbf{I} - \mathbf{k} \mathbf{k}) \mathbf{G}) - \mathbf{G} (\nabla^2 \mathbf{A}_x + \omega^2 \mu \varepsilon \mathbf{A}_x) = \mu \mathbf{J}_x \\ & = \mathbf{A}_x \nabla^2 \mathbf{G} - \mathbf{G} \nabla^2 \mathbf{A}_x = \mu \mathbf{J}_x \mathbf{G}_1 \end{aligned}$$

$$\int_v (\mathbf{A}_x \nabla^2 \mathbf{G} - \mathbf{G} \nabla^2 \mathbf{A}_x) dv = \mu \int_v \mathbf{J}_x \mathbf{G} dv \quad (44)$$

다시 이 식은

$$\int_{s1} (\mathbf{A}_x \frac{\partial G}{\partial n} - G \frac{\partial \mathbf{A}_x}{\partial n}) \cdot d\mathbf{s} + \int_{s1} (\mathbf{A}_x \frac{\partial G}{\partial n} - G \frac{\partial \mathbf{A}_x}{\partial n}) \cdot d\mathbf{s} \\ = \mu \int_v \mathbf{J}_x \cdot d\mathbf{v} \quad \text{----- (45)}$$

식(45)의 제 1항은

$$\begin{aligned} \int_{S_1} (A_x \frac{\partial G}{\partial n} - G \frac{\partial A_x}{\partial n}) ds &= \int_4 \pi R^2 (A_x i_{o1} \cdot \frac{\partial G}{\partial R} - G e_{o1} \cdot \frac{\partial A}{\partial R}) d\Omega \\ &= \int_4 \pi R \varrho^{jkr} (\frac{\partial \vec{A}_x}{\partial R} - j k A_x) d\Omega \\ \lim_{R \rightarrow \infty} R (\frac{\partial A_x}{\partial R} - j A_x) &\rightarrow 0 \end{aligned}$$

이 되는 조건이 성립되어야 하므로 결국 0이 되어야 한다. 이 조건을 Somerfeld radiation condition이라 하고 제 2장은

$$\begin{aligned} \lim_{S_2 \rightarrow 0} \int_{S_0} (\mathbf{A}_x \vec{n} \cdot \nabla \mathbf{G} - \mathbf{G}_n \cdot \nabla \mathbf{A}_x) ds &\doteq \mathbf{A}_x(\vec{r}) \int_{S_2} \vec{n} \cdot \nabla \mathbf{G} ds \\ &= -\mathbf{A}_x \int \frac{2}{2R} \left(\frac{1}{R} \right) ds = 4\pi \mathbf{A}_x(r) \\ (e^{jkr} &= 0) \\ \therefore \mathbf{A}_x(\vec{r}) &= \frac{\mu}{4\pi} \int_V \mathbf{J}_x(\vec{r}') G(\vec{r}, \vec{r}') dv' \quad \text{-----(46)} \end{aligned}$$

\vec{A} 중 A_x 뿐 아니라 A_y , A_z 도 같은 방법으로 구할 수 있으므로

$$\vec{A}(\vec{r}) = A_x \hat{i}_x + A_y \hat{i}_y + A_z \hat{i}_z = \frac{\mu}{4\pi} \int G \cdot J(\hat{i}_x + \hat{i}_y + \hat{i}_z) dv'$$

$$\text{즉 } \vec{A}(\vec{r}) = \frac{\mu}{4\pi} \int \vec{J}(\vec{r}') G(\vec{r}, \vec{r}') dv' \quad \text{-----(47)}$$

상대적 관점에서

$$\vec{A}(\vec{r}') = \frac{\mu}{4\pi} \int \vec{J}(\vec{r}) \frac{e^{i(\vec{r}-\vec{r}') \cdot \vec{k}}}{|\vec{r} - \vec{r}'|} dv \quad \text{-----(48)}$$

식(47), (48)는 방사전류가 길이- ℓ 인 dipole에 흐르고 있을 때의 vector potential \vec{A} 를 표현하는 일반적이다. 이 식에서 $e^{jk(\vec{r}-\vec{r}')}$ 분을 제외한 것은 전술한 바 static vector potential

$$\vec{A} = \frac{\mu}{4\pi} \int_v \frac{\vec{J}}{|\vec{r} - \vec{r}'|} dv = \frac{\mu}{4\pi} \int_\ell \frac{\vec{I} d\vec{\ell}}{|\vec{r} - \vec{r}'|}$$

의미하며 $e^{j(\vec{r}-\vec{r}') \cdot \vec{k}}$ 라는 지연부분은 첨부한 것은 거리에 따른 위상관계를 표현하는 것이며, 공간과 시간관계를 공동 표시하여

$$e^{j(\vec{k} \cdot (\vec{r}-\vec{r}') - \omega t)} = e^{-j\omega(t - \vec{k} \cdot (\vec{r}-\vec{r}') / \omega)} = e^{-j\omega(t - \frac{|\vec{r}-\vec{r}'|}{c})}$$

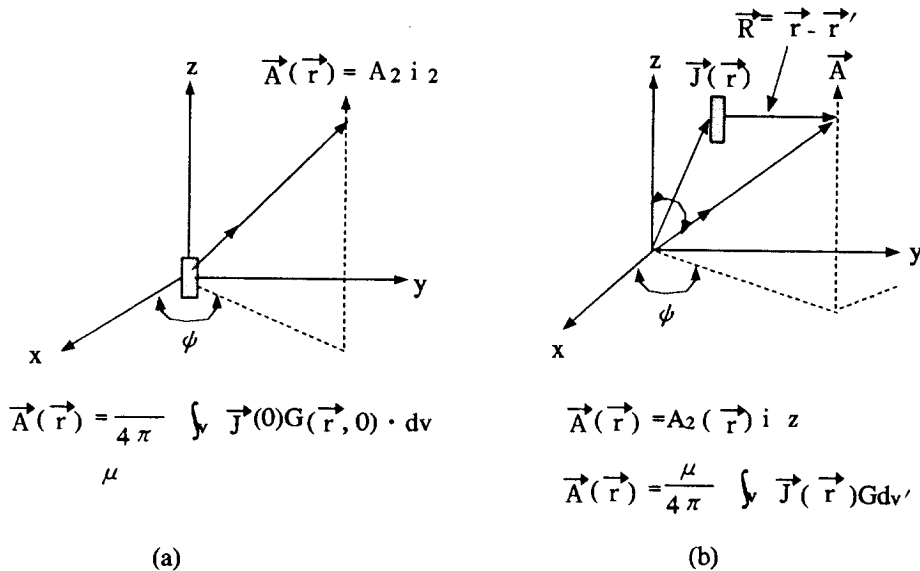
으로 하여

$$\begin{aligned} \vec{A} &= \frac{\mu}{4\pi} \int_v \frac{\vec{J}(\vec{r}')}{|\vec{r} - \vec{r}'|} e^{-j\omega(t - \frac{|\vec{r}-\vec{r}'|}{c})} dv' \\ &= \frac{\mu}{4\pi} \int_\ell \frac{\vec{I} d\vec{\ell}}{|\vec{R}|} e^{-j\omega(t - \frac{|\vec{R}|}{c})} \quad \text{-----(49)} \end{aligned}$$

방사 전류가 흐르고 있는 dipole이 $\vec{A}=0$ 인 원점에 위치하고 있을 경우 vector potential 은

$$\vec{A} = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{e^{e + jkr}}{kr} \vec{k} \int \vec{J} dv' = \vec{C} \frac{e^{jkr}}{kr} \quad \text{-----(50)}$$

$$\begin{aligned} \vec{C} &= \frac{\mu_0}{4\pi} \int \vec{J} dv' \quad A_y = 0, A_x = 0 \text{ 이면} \\ A &= A_z = C \frac{e^{jkr}}{kr} \quad \text{-----(51)} \end{aligned}$$



(그림2) Source point, field point.

앞 식에서 보는 바와 같이 파동은 원점으로부터의 거리에 반비례 하며, 전자파 파동은 공간을 향하여 확산해 가는 것을 알 수 있다.

$\vec{A}_z = A_z i_z$ 를 구면좌표 변환하여

$$\vec{A}_z = C(\cos \theta i_r - \sin \theta i_\sigma) e^{jkr} / kr$$

$$\text{또는 } \vec{A}_z = C \cos \theta \frac{e^{jk}}{kr} i_r - C \sin \theta \frac{e^{jk}}{kr} i_\sigma \quad \text{-----(52)}$$

$$\text{이 다음 } \vec{B} = \nabla \times \vec{A} \quad \text{또는 } \vec{H} = \frac{1}{\mu} \nabla \times \vec{A}$$

$$\vec{B} = \nabla \times \vec{A} = \frac{1}{r^2 \sin \sigma} C \begin{bmatrix} i_r & r i_\theta & r \sin \theta i_\phi \\ \frac{\partial}{\partial r} & \frac{\partial}{\partial \theta} & \frac{\partial}{\partial \phi} \\ \cos \theta \frac{e^{jkr}}{kr} & -r \sin \theta \frac{e^{jkr}}{k} & 0 \end{bmatrix}$$

$$= \frac{c}{r} \sin \theta \left[\frac{e^{jkr}}{kr} - j e^{jkr} \right] i_\phi \quad \text{-----(53)}$$

$$\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0} = - \frac{jkC}{kr \mu_0} \sin \theta e^{jkr} \left[1 + \frac{j}{kr} \right] i_\theta \quad (54)$$

또 $\vec{E} = \frac{j}{\omega \mu \epsilon} \nabla(\nabla \cdot \vec{A}) + j\omega \vec{A}$ 에서

$$\nabla \cdot \vec{A} = C \left(\frac{j e^{jkr}}{r} \cos \theta - \frac{e^{-kr}}{Kr^2} \cos \theta \right)$$

$$\begin{aligned} \nabla(\nabla \cdot \vec{A}) = C \left[\left(-K \frac{e^{jkr}}{r} - \frac{j e^{jkr}}{r^2} - jk \frac{e^{jkr}}{kr^2} + \frac{2 e^{jkr}}{kr^3} \right) \cos \theta i_r \right. \\ \left. + \left(-\frac{j e^{jkr}}{r} + \frac{e^{jkr}}{kr^2} \right) \frac{\sin \theta}{r} i_\theta \right] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \therefore \vec{E} = \omega C e^{jkr} \left[\left(\frac{2}{k^2 r^2} + \frac{2j}{k^3 r^3} \right) \cos \theta i_r \right. \\ \left. + \left(\frac{1}{k^2 r^2} + \frac{j}{k^3 r^3} - \frac{j}{kr} \right) \sin \theta i_\theta \right] \quad (55) \end{aligned}$$

2. 개구(Aperfure)로부터의 복사

이 복사는 하나의 표면방사라고 볼 수 있으며, 한편 확산 현상의 확대라고도 볼 수 있다. 이 개구(Aperture) 안테나는 비교적 오래전부터 논의되어 왔으나 아직 크게 발전하였다고 볼 수는 없다.

이 개구 방사 문제를 다루는데 있어서는 좀 더 편의한 방정식을 선택할 수가 있다. 지금까지의 모든 현상을 해명하는데 있어서의 기본적인 공식은 Maxwell 방정식이 있다고 볼 수 있다. 즉, Vector potential은

$$\vec{A} = \frac{1}{4\pi} \int_V \vec{J}(\vec{r}') \frac{e^{jk(r-r')}}{|\vec{r} - \vec{r}'|} dv'$$

에서부터 \vec{E} , \vec{H} 등의 관계식이 있다고 볼 수 있다. 이러한 관계식들을 다시 한번 써보면

$$\begin{aligned} \vec{A} &= \frac{\mu}{4\pi} \int_V \vec{J}(\vec{r}') \frac{e^{jk(r-r')}}{|\vec{r} - \vec{r}'|} dv' \\ \nabla \times \vec{E} &= j\omega \vec{B} = - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \nabla \times \vec{H} &= j\omega \epsilon \vec{E} + \vec{J} = - \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} + \vec{J} \\
 \vec{B} &= \nabla \times \vec{A} \\
 \vec{E} &= \frac{\vec{J}}{\omega \mu \epsilon} \nabla (\nabla \cdot \vec{A}) + j\omega \vec{A}
 \end{aligned}
 \tag{56}$$

위 식들을 살펴보면 그 기본은 전류 \vec{J} 에 있는 것을 알 수 있다. 전기와 자기는 근본적으로는 같은 원천에서 나온 물리요소인 동시에 정전기현상은 계수차이외에는 똑같은 수식으로 표현되는 것을 알 수 있다. 이제 한걸음 나아가서 전류, 전류밀도외에 자기류 (magnetic current), 자기밀도(magnetic conduction current density), 개념을 도입하여 제2의 Maxwell 방정식이라고 볼 수 있는 방정식을 유도하였다.

우선 자기밀도란 물론 가공적인 것이지만 이것을 도입하는데는 그만한 이유가 있는 것이다. 전류밀도 $\vec{J} = c \vec{D}$ 라고 볼 수 있다면 자기밀도 $\vec{M} = c \vec{B}$ 라 할 수 있다 (C : 속도)

$$\vec{M} = c \mu \vec{H} = c \mu \vec{E} / Z = c \sqrt{\mu \epsilon} \vec{E} = \vec{E} \tag{57}$$

즉 자기밀도는 \vec{E} 와 dimension을 같이 한다는 것이 된다. 이리하여 이 \vec{M} 에 의한 Vector potential \vec{F} 를 도입하여 \vec{E} , \vec{H} 등을 도출할 수 있게 하는 것이다. 이제 자기류를 K, 그 밀도를 \vec{M} , Vector potential \vec{F} 로 하여 Maxwell 방정식에 유사 공익은 다음과 같다

$$\vec{F} = \frac{\epsilon}{4\pi} \int_V \vec{M}(\vec{r}) \frac{\ell_{jk} |\vec{r} - \vec{r}'|}{|\vec{r} - \vec{r}'|^3} dv' \tag{58}$$

$$\nabla \times \vec{H}_m = -j\omega \epsilon \vec{E} = - \frac{\partial \vec{D}_m}{\partial t} \tag{59}$$

$$\nabla \times \vec{E}_m = j\omega \epsilon \vec{H}_m - \vec{M} = - \frac{\partial \vec{B}_m}{\partial t} - \vec{M} \tag{60}$$

$$\epsilon \vec{E}_m = \vec{D}_m = \nabla \times \vec{F} \tag{61}$$

$$\vec{H}_m = \frac{j}{\omega \mu \epsilon} \nabla (\nabla \cdot \vec{F}) + j\omega \vec{F} \tag{62}$$

여기서, H_m , E_m 등은 magnetic current density \vec{M} 으로부터 유도된 자장, 전장등을 의미하는 것이다.

따라서 \vec{J} 에서 \vec{H} , \vec{E} 를 유도한다.

표1. 비교표

J 계 열 식	M 계 열 식
$\vec{A} = \frac{\mu}{4\pi} \int_v \vec{J}(\vec{r}') \frac{e^{jk(\vec{r}-\vec{r}')} dv'}{ \vec{r}-\vec{r}' }$	$\vec{A} = \frac{\mu}{4\pi} \int_v \vec{M}(\vec{r}') \frac{e^{jk(\vec{r}-\vec{r}')} dv'}{ \vec{r}-\vec{r}' }$
$\nabla \times \vec{E} = j\omega \vec{B} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$	$\nabla \times \vec{H} = -j\omega \epsilon \vec{E} = \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$
$\nabla \times \vec{H} = j\omega \epsilon \vec{E} + \vec{J} = -\frac{\partial \vec{D}}{\partial t} + \vec{J}$	$\nabla \times \vec{E} = j\omega \mu \vec{H} + \vec{M} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} + \vec{M}$
$\vec{B} = \nabla \times \vec{A}$	$\epsilon \vec{E} = \vec{D} = -\nabla \times \vec{F}$
$\vec{E} = \frac{\vec{J}}{\omega \mu \epsilon} \nabla(\nabla \cdot \vec{A}) + j\omega \vec{A}$	$\vec{H} = \frac{j}{\omega \mu \epsilon} \nabla(\nabla \cdot \vec{F}) + j\omega \vec{F}$
$Z = \sqrt{\frac{\pi}{\epsilon}}$	$Z = \sqrt{\frac{\pi}{\epsilon}}$

그리고 전자파가 운반하는 전력은 포인팅벡터(Poynting Vector)로 나타내면 다음과 같이 표시된다.

$$\vec{S} = \vec{E} \times \vec{H} \text{ -----(63)}$$

3. 안테나의 특성과 정의

안테나의 복사이론을 보였지만 실제로 안테나를 취급하는 경우에 복사가 어떤 모양으로 일어나는 가를 고려하기 위해 주목해야 할 여러 종류의 변수들에 관해서 살펴보기로 한다.

가. 지향성

안테나의 지향성 D는 최대 방사 강도대 평균 방사 강도의 비로 주어진다. 또는 최대 Poynting Vector대 평균 Poynting Vector의 비로 표현할 수 있다. 따라서

$$D = \frac{U(\theta, \phi)_{\max}}{U_{\text{av}}} = \frac{S(\theta, \phi)_{\max}}{S_{\text{av}}} \text{ -----(64)}$$

구상에서의 평균 Poynting Vector는

$$S(\theta, \phi)_{\text{av}} = \frac{1}{4\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^\pi S(\theta, \phi) d\Omega \quad (\text{W/m}^2) \text{ -----(65)}$$

따라서

$$D = \frac{1}{\frac{1}{4\pi} \iint \frac{S(\theta, \phi)}{S(\theta, \phi)_{\max}} d\Omega} \quad \text{-----}(66)$$

혹은

$$D = \frac{4\pi}{\Omega_A} \quad \text{-----}(66-1)$$

단
$$\Omega_A = \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi} \frac{S(\theta, \phi)}{S(\theta, \phi)_{\max}} d\Omega$$

나. 이득

안테나의 이득이란 어느 안테나를 송신 또는 수신에 사용한 경우에 어느 방향으로 얼마만큼의 전력을 송출하는가, 또는 얼마만큼 흡수하는가를 따로 정한 기준 안테나와 비교한 것이다. 즉 이득을 고려하는 안테나에 P되는 입력전력이 걸려, 거리 R만큼 떨어진 θ, ϕ 방향에 생기는 전계강도를 $E(r, \theta, \phi)$ 라고 하고, 기준 안테나에 P_0 인 입력전력이 걸려 같은 거리 r 만큼 떨어진 θ, ϕ 방향에 생기는 전계강도를 $E_0(r, \theta, \phi)$ 라고 하면 이득 $G(\theta, \phi)$ 는

$$G(\theta, \phi) = \frac{|E(r, \theta, \phi)|^2 / P}{|E_0(r, \theta, \phi)|^2 / P_0} \quad \text{-----}(67)$$

로 표시한다.

이와 같이 이득은 일반적으로 θ, ϕ 의 함수이지만 θ, ϕ 가 명시되지 않은 경우에는 안테나의 최대복사방향의 이득을 나타내는 것으로 된다.

또 이득은 기준 안테나로 어떤 것을 선택하느냐에 따라 그 값이 다르다.

안테나로부터 복사 지향성 $D(\theta, \phi)$ 는 안테나와 관측점과의 거리 R에 무관계인 적분항으로 정해졌다. 그러므로 이 복산지향성의 복사 강도의 제곱의 평균값을 내서 그것으로 θ, ϕ 방향의 복사 강도의 제곱을 나눈 것은 식(67)의 분자를 나타낸다고 볼 수 있다. 유사하게 기준 안테나에도 행하면 다음식에 의하여 이득 G' 이 정의된다.

$$G' = \frac{G_d(\theta, \phi)}{G_0(\theta, \phi)} = \frac{\frac{|D(\theta, \phi)|^2}{\frac{1}{4\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi} |D_0(\theta, \phi)|^2 \sin \theta d\theta d\phi}}{\frac{|D(\theta, \phi)|^2}{\frac{1}{4\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi} |D_0(\theta, \phi)|^2 \sin \theta d\theta d\phi}} \quad \text{----}(68)$$

식(67)의 G 정의와 식(68)의 G' 정의와의 차이는 안테나 내부에 있는 손실을 고려한 것과 복사후 전자계를 착안한 점이 다르다. 그러나 기준 안테나는 무손실로 보았으므로 식(68)의 분모에는 이 영향이 없이 피측정 안테나에만 영향이 있다. 이제 피측정 안테나의 복사효율을 라고 하면

$$G = \eta G' = \frac{\eta G_d}{G_0} \text{-----(69)}$$

으로 된다. 기준 안테나로는 등방성 안테나를 사용하면, 그 가정에 의하여

$$G_0(\text{iso}) = 1 = \text{odB} \text{-----(70)}$$

이므로

$$G = \eta G' = \eta G_d \text{-----(71)}$$

으로 된다. 이 G_d 는 이득의 피측정 안테나의 복사 지향성에 의하여 정해지므로 지향성이득(directivity)라고 부른다.

제3장 Reflector Antenna의 종류 및 특성

Reflector는 복사소자의 복사패턴을 교정하는데 폭넓게 이용된다.

더 일반적인 경우에 빔의 예정된 특성은 크고 적절한 형태에 의해서 제공될 수 있고 Reflector 표면을 주사된다. 여러 Reflector모양들은 그림(3)에 도시되어 있다.

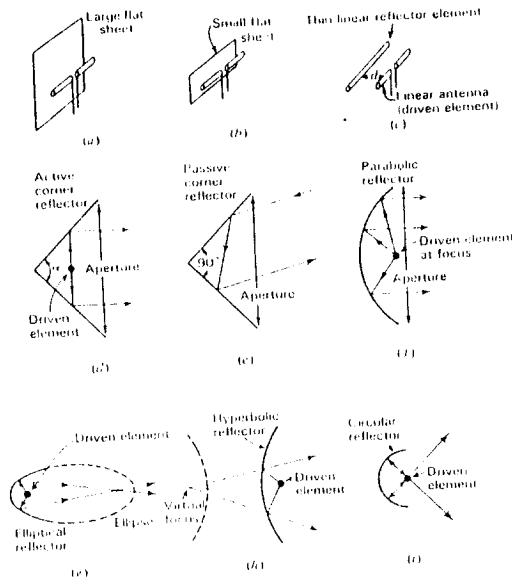


그림3. Reflector of various shapes.

1 평면 반사판(Plane sheet Reflector)

무한 크기의 완전 전도성 평면 반사판으로부터 거리 S 에 있는 안테나 문제점은 image method로 쉽게 다룰수 있다. 이 방법에서 반사판은 그림(4)와 같이 안테나로부터 거리 $2S$ 에 있는 안테나 image로 대신한다.

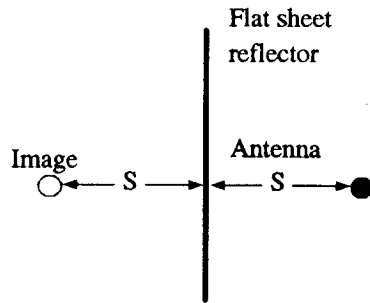


Figure 4. Antenna with flat sheet reflector

반사된 손실을 0이라고 가정하면, 무한 평면 반사판으로부터 거리 S 만큼 떨어진 반파장 dipole 안테나의 field intensity에서 이득은 다음 식과 같다.

$$G(\phi) = 2 \sqrt{\frac{R_{11} + R_L}{R_{11} + R_L - R_{12}}} |\sin(Sr \cos \phi)| \quad \text{-----(72)}$$

$$\text{단 } S_r = 2\pi \frac{S}{\lambda}$$

R_L : 종단 손실 저항

R_1 : 종단 복사 저항

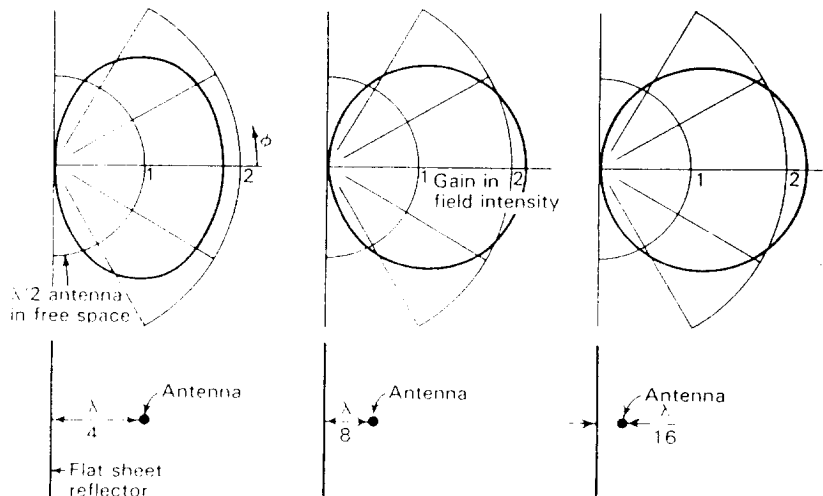


그림5. Field patterns of a $\lambda/2$ antenna at spacings of $1/4$, $1/8$, and $1/16 \lambda$ from an infinite flat sheet reflector. Patterns give gain in field intensity over a $\lambda/2$ antenna in free space with same power input. For $\lambda/8$ spacing, the gain is $2.2(=6.7\text{dB}=8.9\text{dBi})$

식(72)에서 이득은 자유공간에서 같은 입력 전력을 갖는 반파장 안테나와 관계 하는 것을 나타낸다. 평면 반사판으로 부터 거리 S 가 $\lambda/4$, $\lambda/8$, 그리고 $\lambda/16$ 에서의 반사장 안테나의 field pattern은 그림(5)에서 있다.

이들 pattern들은 $R_L = 0$ 인 경우이다.

S 만큼 떨어진 함수로써 그 이득은 그림(6)에 나타난다. 안테나 손실 저항 $R_L=0, 1$ 과 5Ω 이라는 가정하에서

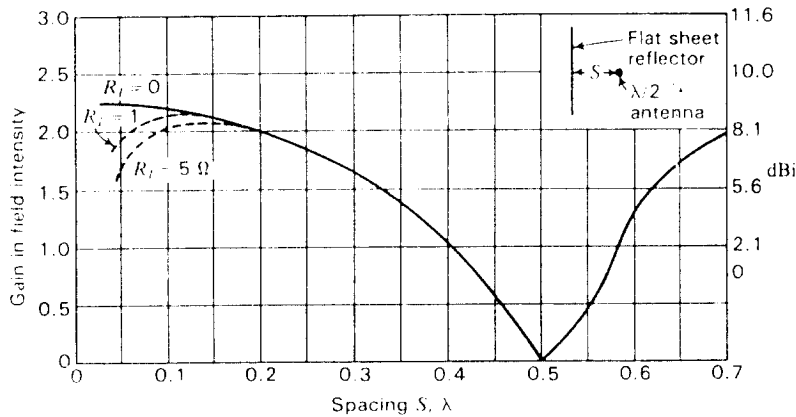


그림6. Gain in field intensity of $\lambda/2$ dipole antenna at distance S from flat sheet reflector. Gain is relative to $\lambda/2$ dipole antenna in free space with the same power input. Gain in dBi is also shown. Gain is in direction $\phi=0$ and is shown for assumed loss $R_L=0, 1$ and 5Ω .

이 곡선은 $\phi=0$ 일때 식(72)로부터 계산된 것이고 매우 작은 간격이 손실이 적다는 하면 효율적으로 이용될 수 있다는 것이 분명하다. 안테나 손실 저항에 1Ω 이라고 가정하면 0.125λ 장 간격이 최대 이득을 얻는다.

2. CONER REFLECTOR

평면판이 90° 로 접었을 때 Coner 이론은 3개의 image가 필요하고 계산 값들은 상당히 높은 이득을 얻는다. 그림(7)와 같이 Coner 혹은 한 각에서 상호 작용하는 두개의 반사판은 효과적인 지향성을 얻는다.

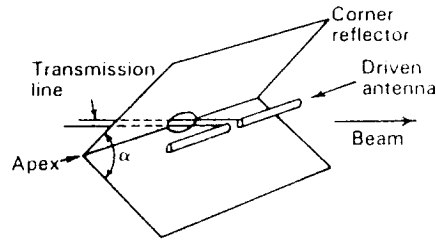


그림7. Corner reflector antenna.

$\alpha = 180^\circ$ 일때 coner reflector는 plane sheet reflecto와 같다. 90° coner reflector의 해석에 있어서 그림(8-a)에 그려진 것과 같이 3 image 소자는 2,3,4로 나타난다.

Driven 안테나 1과 3 image는 같은 크기의 전류를 갖는다. 1과 4의 전류 크기도 같다. 2와 3의 전류의 위상이 같다. 1과 4에서는 전류에 대한 위상은 180° 차이가 이다. 모든 소자들은 반파장이라고 가정한다. 안테나로 부터 먼 거리의 점P에서 전계강도는

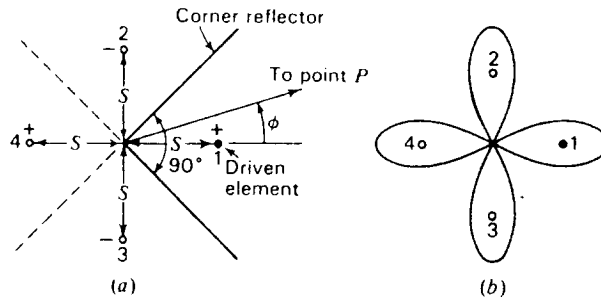


그림8. Squire - corner reflector with images used in analysis (a) and 4-lobe pattern of driven element and images(b).

$$E(\phi) = 2kI_1 \left| \left[\cos(Sr \cos \phi) - \cos(Sr \sin \phi) \right] \right| \text{-----(73)}$$

단 I_1 = 각 소자 전류

S_r = coner와 각 소자 사이의 간격(rad)

$$= 2\pi(S/\lambda)$$

k = 거리(D)와 관계하는 상수

Driven 소자의 중심에서 종단 기전력 V_1 는

$$V_1 = I_1 Z_{11} + I_1 R_{12} + I_1 Z_{13} - 2I_1 Z_{14} \text{----(74)}$$

여기서 Z_{11} = driven 소자의 자기 임피던스

R_{11} = driven 소자의 등가 손실 저항

Z_{12} = 소자1과 2의 상호 임피던스

Z_{14} = 소자1과 4의 상호 임피던스

그리고 P가 driven 소자로 전달된 전력이라면

$$I_1 = \sqrt{(P/(R_{11} + R_{11} + R_{14} - 2R_{12}))} \text{-----}(75)$$

식(75)을 식(73)에 대입하면 다음과 같다.

$$E(\phi) = 2k\sqrt{(P/(R_{11} + R_{11} + R_{14} - 2R_{12}))} \mid [\cos(Sr\cos\phi) - \cos(Sr\sin\phi)] \mid \text{--}(76)$$

반사판이 없는 driven 반파장 소자로 부터 거리 D에 있는 점 P에서의 전계강도는

$$E_{HW} = k\sqrt{(P/(R_{11} + R_{11}))} \text{-----}(77)$$

여기서 k는 식(73)과 식(76)에 있는 상수와 같음.

이 식은 입력 전력P이고 자유 공간에서의 반파장 Dipole안테나의 전계강도와 관계 있고 coner reflector 안테나에 대한 간단한 기준이 된다. 따라서 식(76)을 식(77)으로 나누면 자유 공간에서 같은 입력 전력을 갖는 단일 반파장 안테나에 대한 정방형 Corner 나 reflector 안테나의 전계강도로써 이득을 얻는다 즉

$$G(\phi) = \frac{E(\phi)}{E_{HW}(\phi)} = 2 \sqrt{\frac{R_{11} + R_{1L}}{R_{11} + R_{1L} + R_{14} - 2R_{12}}} \mid [\cos(Sr\cos\phi) - \cos(Sr\sin\phi)] \mid \text{-----}(78)$$

여기서 괄호안의 내용은 poatfern factor이고 근호안의 내용은 Coupling Lactor이다. 그리고 그림 (9)은 이득대 간격을 나타낸 그림이고, 그림 (10)은 간격이 0.5λ 과 1λ 의 Pattern을 나타내고 있다.

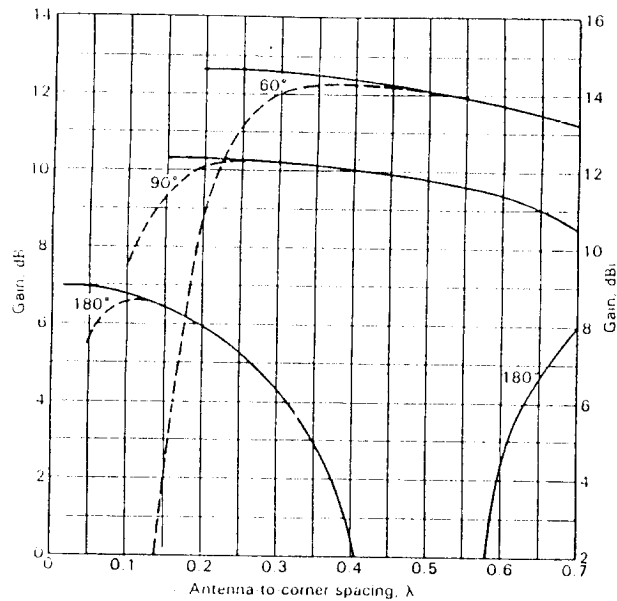


그림9. Gain of corner reflector antennas over a $\lambda/2$ dipole antenna in free space with the same power input as a function of the antenna-to-corner spacing. Gain is in the direction $\phi=0$ and is shown for zero loss resistances (solid curves) and for an assumed loss resistance of 1Ω ($R_{IL}=1\Omega$) (dashed curves).

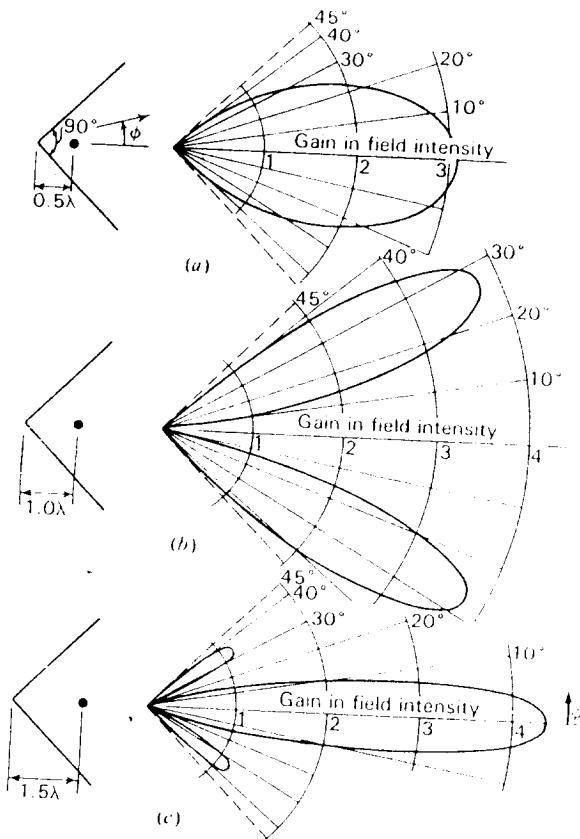


그림10. Calculated patterns of square-corner reflector antennas with antenna-to-corner spacing of (a) 0.5λ , (b) 1.0λ and (c) 1.5λ . Patterns give gain relative to the $\lambda/2$ dipole antenna in space with the same power input.

3. PARABOLA REFLECTOR

Source가 있고 큰 개구 위로 평면파가 복사된다고 가정한다. 그림(11)을 참고하고 그때 Source에서 부터 전방 평면까지의 경로 1과 2의 거리는 같다고 한다.

$$2L = R(1 + \cos \theta)$$

$$\text{그리고 } R = 2L / (1 + \cos \theta) \text{ -----(79)}$$

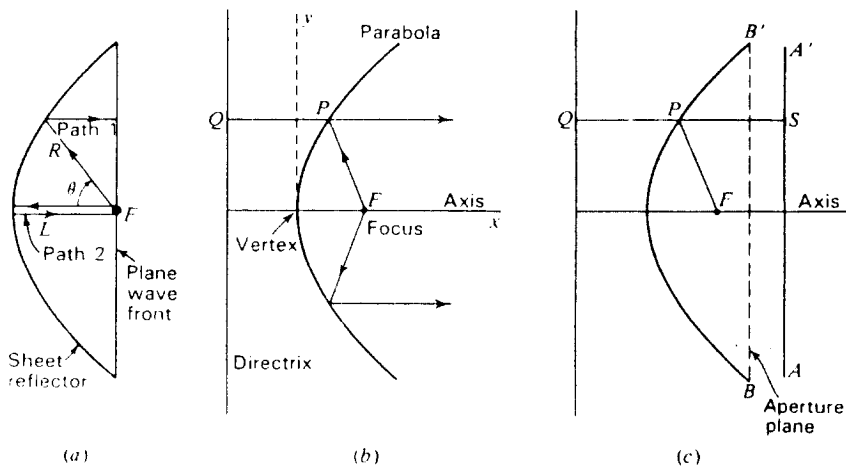


그림11. Parabolic reflector

그림11(b)를 보면 파라볼라 곡선 상의 임의의 점P로 부터 고정점 F까지의 거리를 촛점이라고 하고 Directrix라고 하는 고정선의 수직 거리와 같다. 따라서 $PF = PQ$ 이다. 그리고 AA' 를 Directrix로 부터의 임의의 거리QS를 축에 수직선이라고 하자. $PS = QS - PQ$ 와 $PF = PQ$ 이고 촛점에서 S까지 거리는 다음과 같다.

$$PF + PS = PF + QS - PQ = QS \text{ -----(80)}$$

따라서 파라볼라 Reflector의 성질은 촛점에서 Isotropic Source 부터 복사되고 파라볼라 Reflector에 반사된 모든 전파는 AA' 선상에서는 위상이 같다. 그 촛점의 상을 Directrix라 하고 AA' 을 따라서 발생한 Field는 비록 평면파와 같은 Directrix에서 발생한 것과 같이 나타난다. 그리고 Cylindrical Parabola Reflector 와 Paraboloidal Reflector등이 있다. 그림12에 그려져 있다.

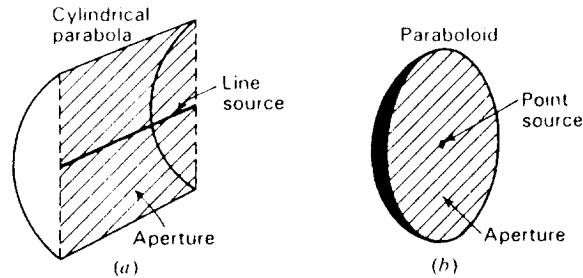


그림12. Line source and cylindrical parabolic reflector (a)
and point source and paraboloidal reflector(b).

4. CASSEGRAIN REFLECTOR

300여년 전에 프랑스의 N. Cassegrain에 의해 소개된 고전적 창치이다. 이 안테나는 주반사는 파라볼라 Reflector이고 주 반사판의 초점에 쌍곡선 모양의 부반사판으로 되어 있다. 그림13에서 초점F에서의 모든 전파는 부반사판에서 반사된 앞 방향의 구형파 형태를 갖는 것이 필요하다. 여기서 경로 길이가 같은 Fermat원리에 의해서

$$C'A' + FA' = CA + FA \text{ -----(81)}$$

$CA = CF' - AF'$ 과 $FA - AF'' = 2OA$ 를 알고 있으므로

$$FA' - A'F' = 2OA = BA \text{ -----(82)}$$

표준 쌍곡선의 관계식에서

$$x^2 / a^2 - y^2 / (f^2 - a^2) = 1 \text{ -----(83)}$$

여기서 $a = OA = OB$, $f = OF' = OF$ 이고 x, y 는 그림13에 나타나 있다.

$$\text{또는 } y^2 = (x^2 / a^2 - 1)(f^2 - a^2) \text{ -----(84)}$$

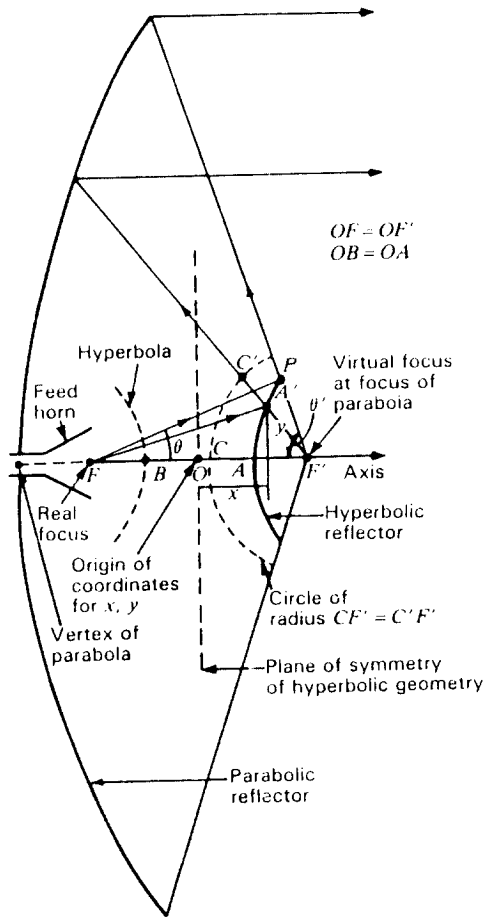


그림13. Geometry for Cassegrain reflector

그러면 쌍곡선의 부반사판은 쌍곡선 부반사판에서 반사된 전파가 파라볼라 반사판의 가장 자리를 잇는 점P에서 잘린다. 그때 파라볼라 반사판은 초점F에서 Feed위치로부터 각 θ 에 마주 대한다. 그렇지만 파라볼라 반사판은 반사판의 초점 F'에서 각 θ' 에 마주 대한다. 그러므로 Feedhorn 빔 각은 파라볼라 개구 전체를 채우기 위해 θ'/θ 비로 증가한다. Cassegrain 안테나 설계 이점은 파라볼라 반사판의 정점 가까운 곳에 Feed와 증폭기를 설치할 수 있는 이점이 있다.

5. OFFSET REFLECTOR

파라볼라 안테나나 Cassegrain 안테나등 Feed안테나의 구조물에 의한 차폐 및 산란 때문에 광각 저사이드로브 특성을 얻기 힘들다. 따라서 Feedhorn 을 반사판의 개구면 밖에 설치한 형태이다. Offset 형식의 안테나에는 Horn reflector 안테나, Offset cassegrain 안테나, Offset parabolic 안테나등이 있다. 주로 Offset reflector 안테나는 위성 통신에 많이 사용하고 있다.

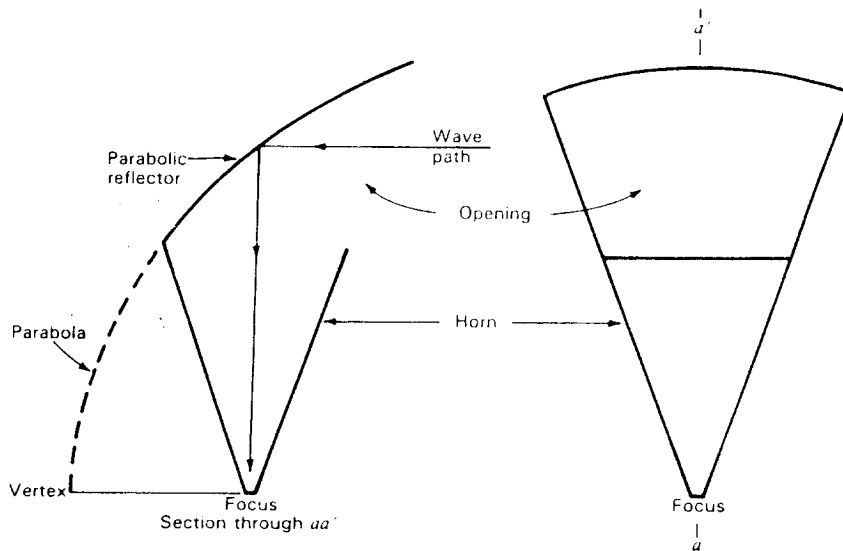


그림14. "Sugar scoop" low-sidelobe horn-reflector antenna in crdss section and front view.

제4장. 10m ϕ 안테나 SYSTEM

전파 연구소에서 보유하고 있는 10m ϕ 안테나는 Cassegrain reflector로 만들어진 안테나이다. 이 안테나로 위성 전파를 감시, 추적 및 전파 특성 연구 및 우주 환경에 관한 연구를 수행할 수 있도록 시스템이 구성되어 있다. 그 구성은 그림15와 같다. 그림15에서 10m ϕ 안테나의 Reflector 특성에 대해서 알아보면 다음과 같다.

Characteristic	Specification
Diameter	10-Meter (396in)
F/D	0.39
Surface Tolerance	0.40 in rms static
Focal Length	154.4 in
Survival Wind Velocities (Safely Supported)	125mi/h, no ice 87 mi/h with 2 in radial ice
Shipping Data (Including subreflector)	1450 cu ft 9700 lb

표2. Reflector Characteristics

Characteristic	Specification
Diameter	32 in
Hyperboloid Eccentricity	1.56
Surface Tolerance	0.010 in rms
Construction	Fiberglass composite with two-layer frequency-selective surface
Weight(approx.)	15 lbs
Spars Construction	Rectangular cross section, extruded aluminum
Qty, Length	4,14 ft long

표3. Subreflector Characteristics

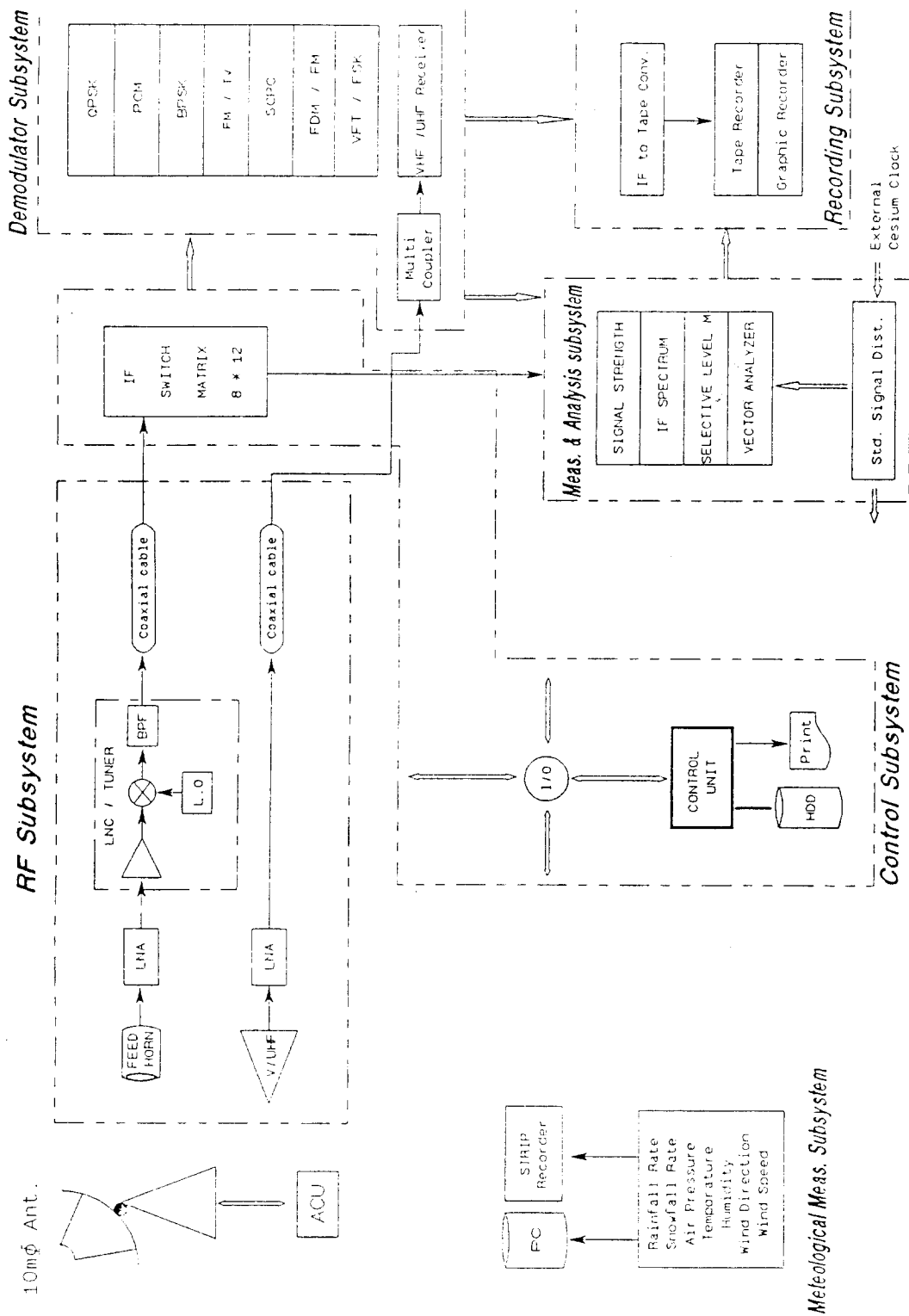


그림 15. 10m ϕ 안테나 시스템

그리고 기학적 구조는 그림16에 그려져 있다.

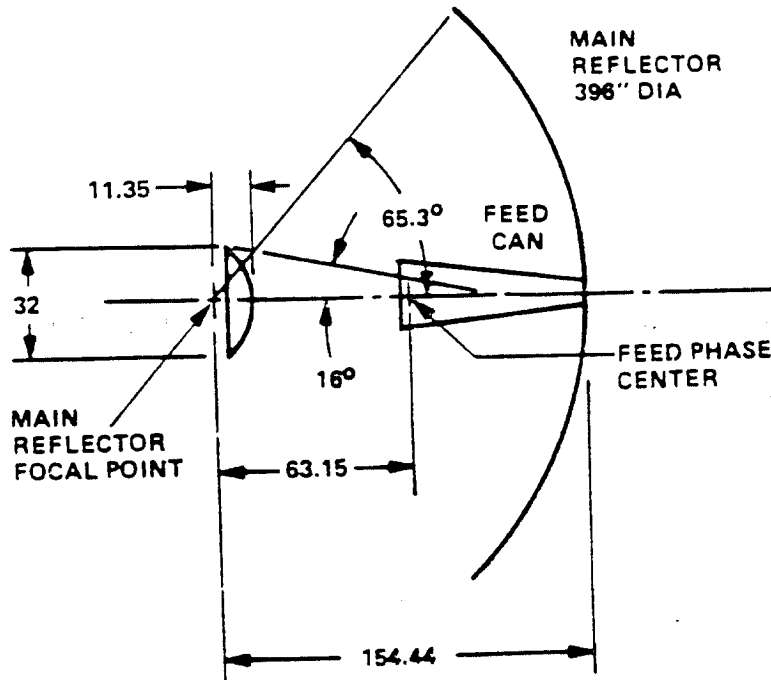


그림16. 10m ϕ 의 기학적 구조

그리고 주요 구성 시스템의 기능은 다음과 같다.

1. RF Subsystem

0.1GHz 이상에서 부터 14.2GHz이하까지의 미약한 위성 신호를 높은 효율로서 광대역에 걸쳐 수신가능하도록 하는 장치, 각 주파수대별로 선택 분리된 신호는 LNA(Low Noise Amplifier)에 의해 증폭되고, 다시 LNC(Low Noise Converter)와 LO (Local oscillator)의 혼합에 의해 70MHz의 중간주파수로 만들어냄과 동시에, LPF(Low Pass Filter)에 연결된 후 Coaxial Cable을 통해 Demodulator Subsystem에 전송된다. 이 때 LNA에서 증폭된 주파수는 용이하게 선택될 수 있도록 RF Switch를 부착하여 Remote Control할 수 있도록 되어 있다.

2. Demodulator Subsystem

RF Subsystem 에 의해 전송된 70MHz IF신호를 받아 원래의 Baseband Signal 을 만들어 주는 Demodulation 장치이다. 이 시스템은 여러가지 형태의 변조 신호를 복조할 수 있는 장치를 포함하고 있다.

3. Measurement 와 Analysis Subsystem

복조되기전의 신호 레벨과 스펙트럼 특성, S/N, C/N, 변조 상태를 분석의 내용을 표시하게 된다. 또한 복조된 후의 Baseband신호에 대한 Power Spectrum과 대역폭, Distortion측정 및 분석을 하게 된다.

4. Recording Subsystem

IF신호 와 복조된 신호를 설정한 시간에 따라 측정하고 분석한 결과를 기록하게 된다.

5. Control Subsystem

GP-IB interface 를 통해 Control이 가능한 모든 측정 및 분석장비를 자동으로 Control하게 하며, 각 장비에서 측정하고 분석한 Data를 기록, 보관한다.

제5장 ACU(Autotrack Contrller Unit)

1. ACU 소개

현재 연구소에 보유하고 있는 Scientific Atlanta의 Model3842 ACU는 Pedestal, Antenna 그리고 Tracking receiver를 Control하며 그 unit 속에 Intel 8080A microprocessor를 내장되어 있으며, ACU는 단일 Channel의 monopulse tracking feed에 있는 Tracking Data 수신기들로 부터 Automatic Gain Control(AGC)와 Tracking video를 수신하며 Automatic target aquisition과 편파 혹은 주파수 변화 선택과 같은 수동이나, 자동 mode 선택에 의해 제어된다. 그리고 Position 과 Status readouts으로 Pedestal 두축의 동작을 제어한다. ACU의 전면 모습은 그림17에 있다.

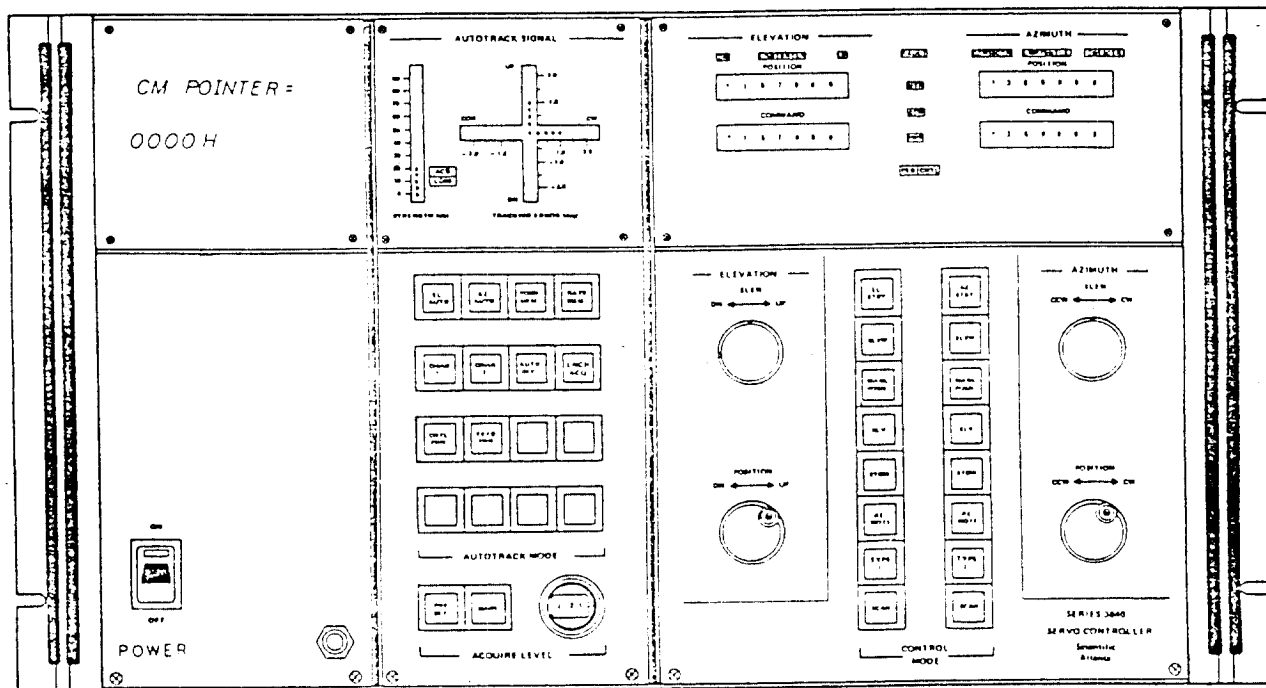


그림17. Model 3842 Auto-tracking Control Unit(전면)

그리고 ACU의 성능 특성을 표(4)에 기술되어 있다.

표4. ACU의 성능 특성

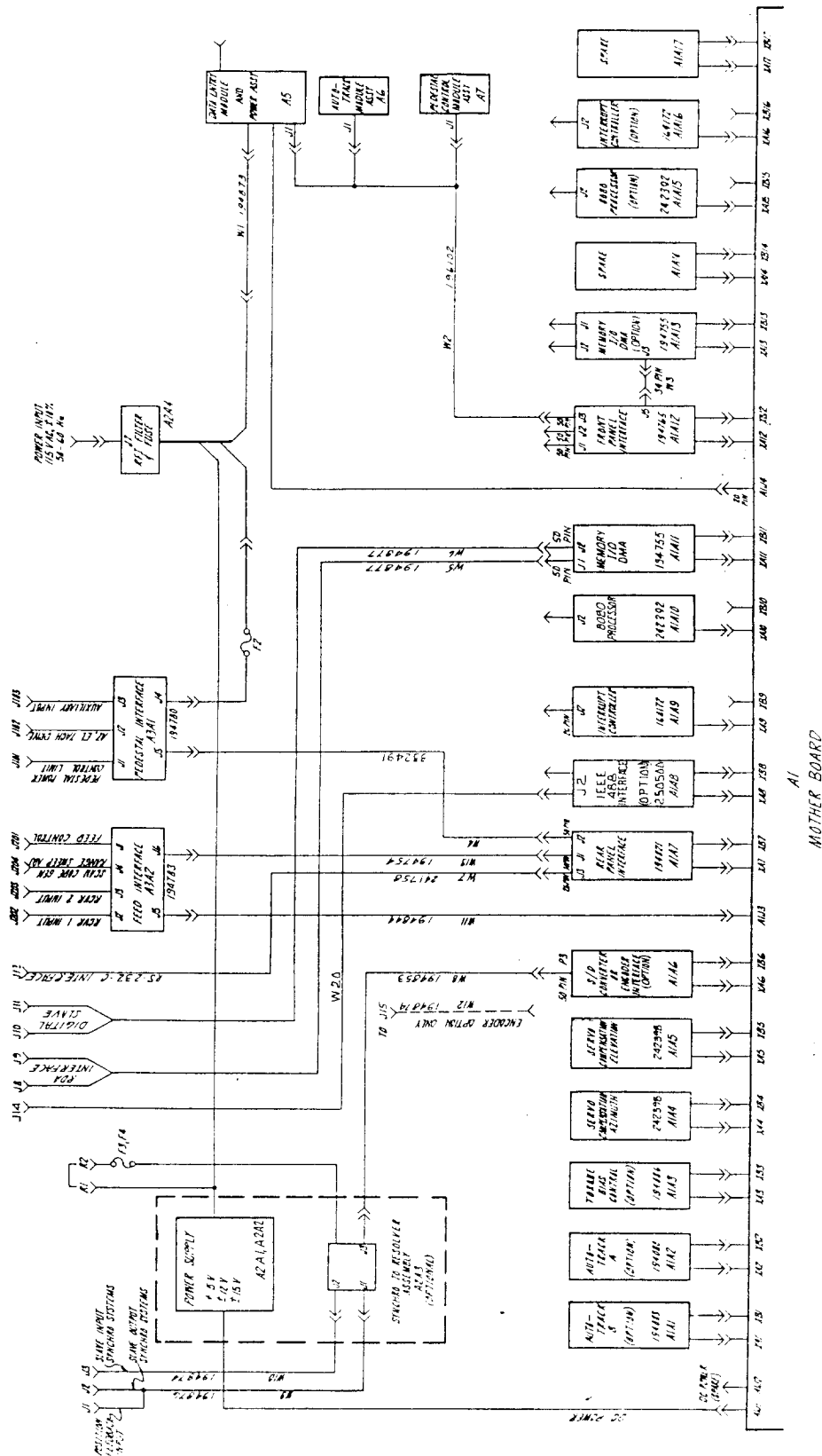
Characteristics	Specification
Pedestal Modes of Operation	Standly Manual Rate Manual Position Slave
Characteristics	Stow Remote Type-I Scan Specification
Manual Pedestal Controls	Az 와 El 를 동작시키기 위해 누른다. 그리고 양방향 Slew control. Az 와 El 양방향 Manual position controls.
Synchro-to Digital Converters	그 synchro-to-digital converter assembly들은 3-wire synchro 정보를 받아드리고 내부 micro-processor 에 적합한 이진법 형식으로 변환한다. 전면 position display와 closed position servo loops용 position feedback 과 필요한 다른 기능들에 이용된다.
Encoder position feedback (- ENC SUFFIX)	Encoder PWB assembly는 serial position encoder data를 받아 들이고 병렬 이진형식으로 변환한다. Binary 혹은 BCD encoder를 20 binary bits로 적용할 수 있다.
Autotrack modes of operation	Automatic acquisition/track (AZ) Automatic acquisition/track (EL) Position Memory Rate Memory Auto diversity (tracking data channel) Channel select (tracking data 1 and 2) Launch acquisition
Tracking error	Crossed EL 와 AZ autotrack LED linear error는 표시된다; 각 축에 $\pm 2.5^\circ$ 범위
Power input	115V ac $\pm 10\%$, 47-63Hz, single phase, 115VA maximum.

Characterics	Specification
Synchro-to-Digital converter Synchro type(-SYN suffix)	115V/90V, 50/60Hz, 3선(다른 형태도 가능 하다.)
Synchro gearing ratios	
-SYN 1	1:1 AZ and EL
-SYN 2	1:1 과 36:1 AZ 와 EL(다른 비도 가능함.
-SLV	1:1 혹은 1:1과36:1 synchro slave input
Converter output	각 sinchro 입력 에 대한 13-bit binary로 표현 1:1과 36:1의 bits
Update rate	모든 channel은 line frequency rate로 갱신 한다. (50 혹은 60Hz)
Position offset range	359.995 °

또한 ACU의 표준 Assembly는 다음과 같다.

- o Card cage assembly
- o Power supply tray assembly
- o Rear pannel assembly
- o Autotrack module assembly
- o Pedestal control module assembly
- o Blank data entry module-basic assembly
- o Autotrack"B" PWB assembly
- o Autotrack"A" PWB assembly
- o Servo compensation PWB assembly 2개
- o Rear pannel interface PWB assembly
- o I/O memory DMA assembly
- o Interrupt controller PWB assembly
- o 8080 processor PWB assembly
- o Front pannel interface PWB assembly
- o Pedestal interface PWB assembly
- o Feed interface PWB assembly
- o Feed interface, module assembly series 3840이 있으며, ACU 내부 연결도는

그림(18)과 같고 후면 Cable 연결도는 그림(19)와 같다.



그럼 18. ACU 내부 연결도

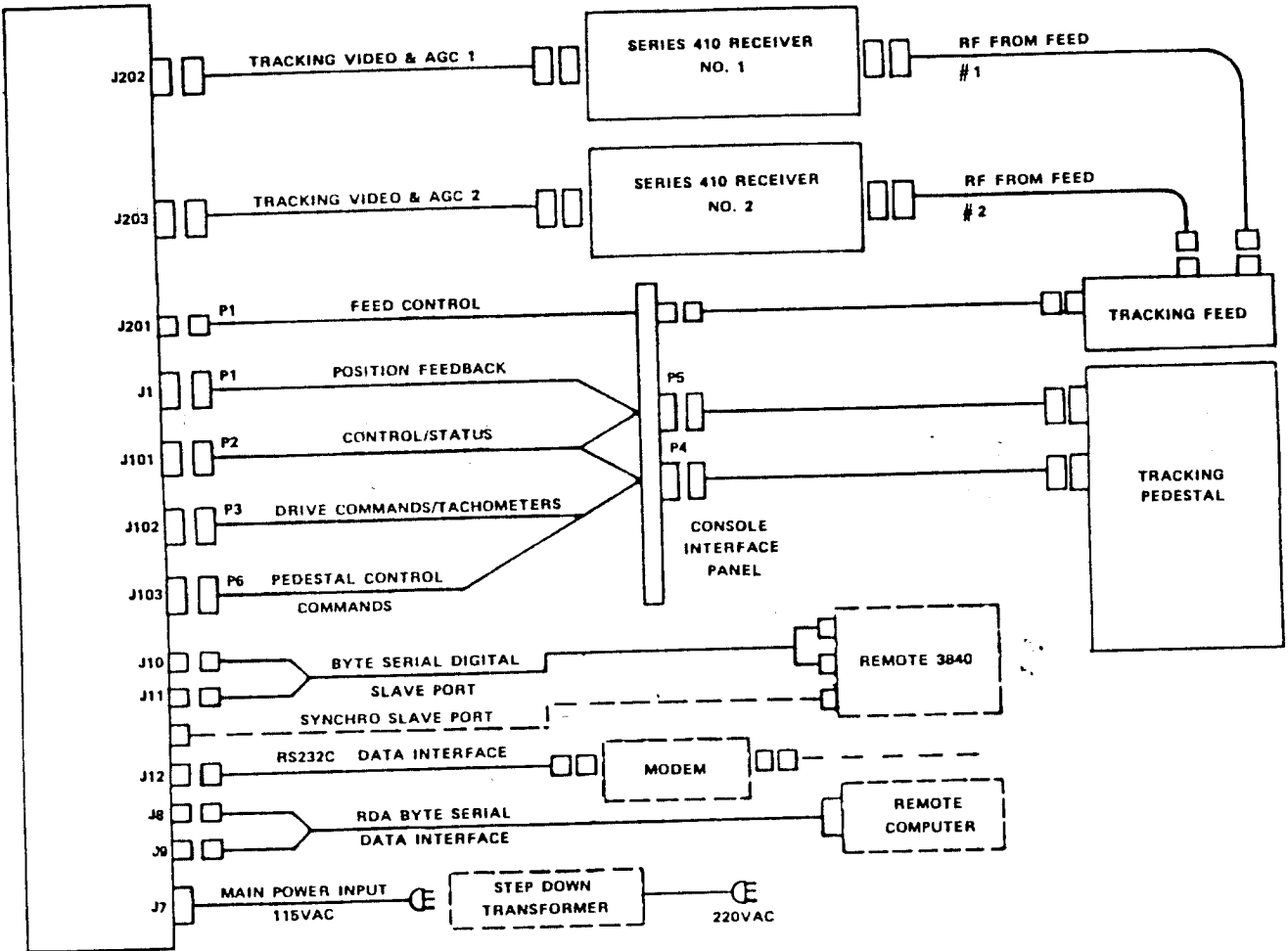


그림19. Cable 연결도

2. ACU의 Troubleshooting

여기서는 10m ϕ 안테나 ACU의 A유지 보수를 위한 것으로 먼저 각 assembly의 기능에 대해 알아보아야 한다. 각 assembly의 기능은 표5에 수록되어 있다. 원활한 안테나 사용을 위하여 검토하고자 한다.

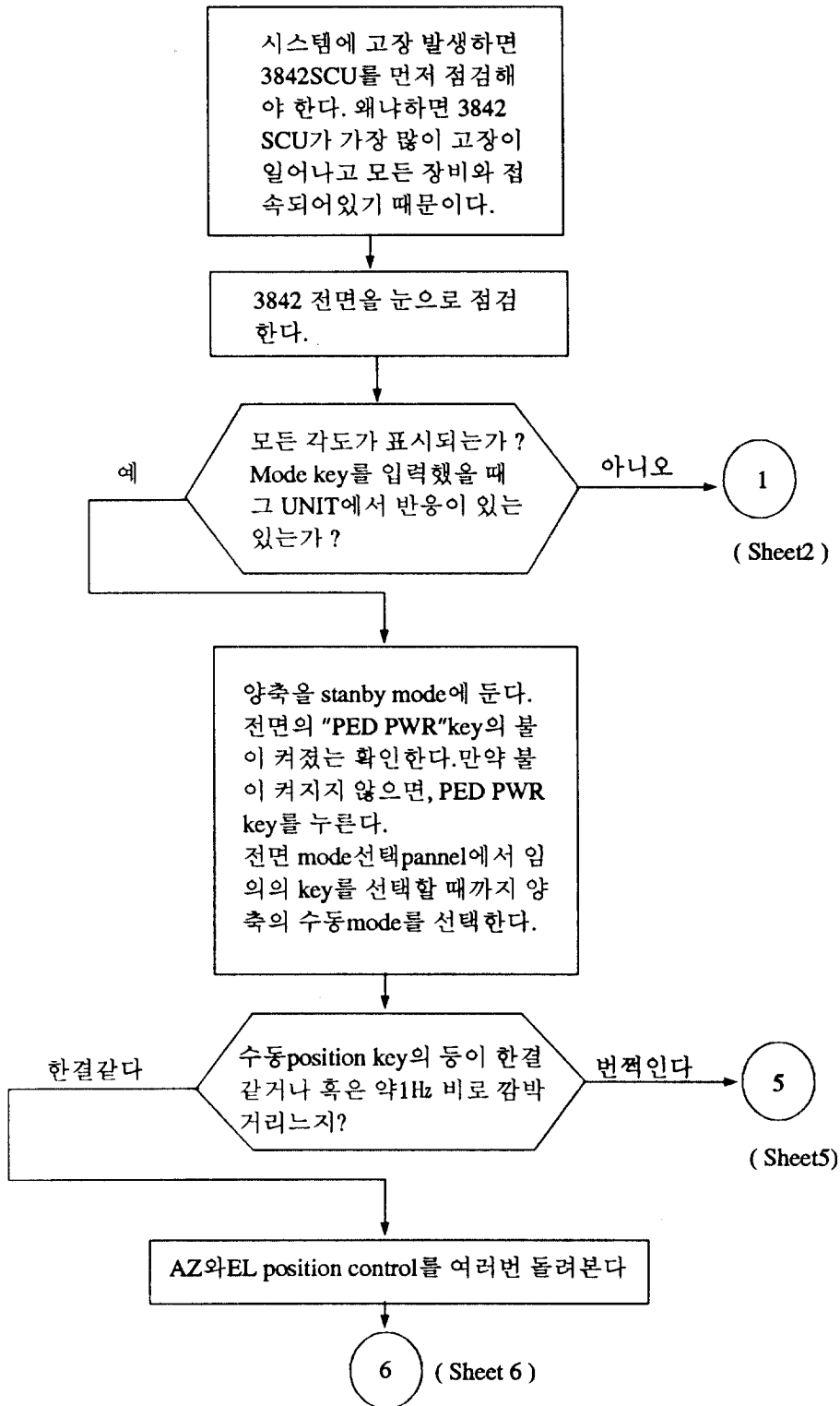
표5. Assembly 기능

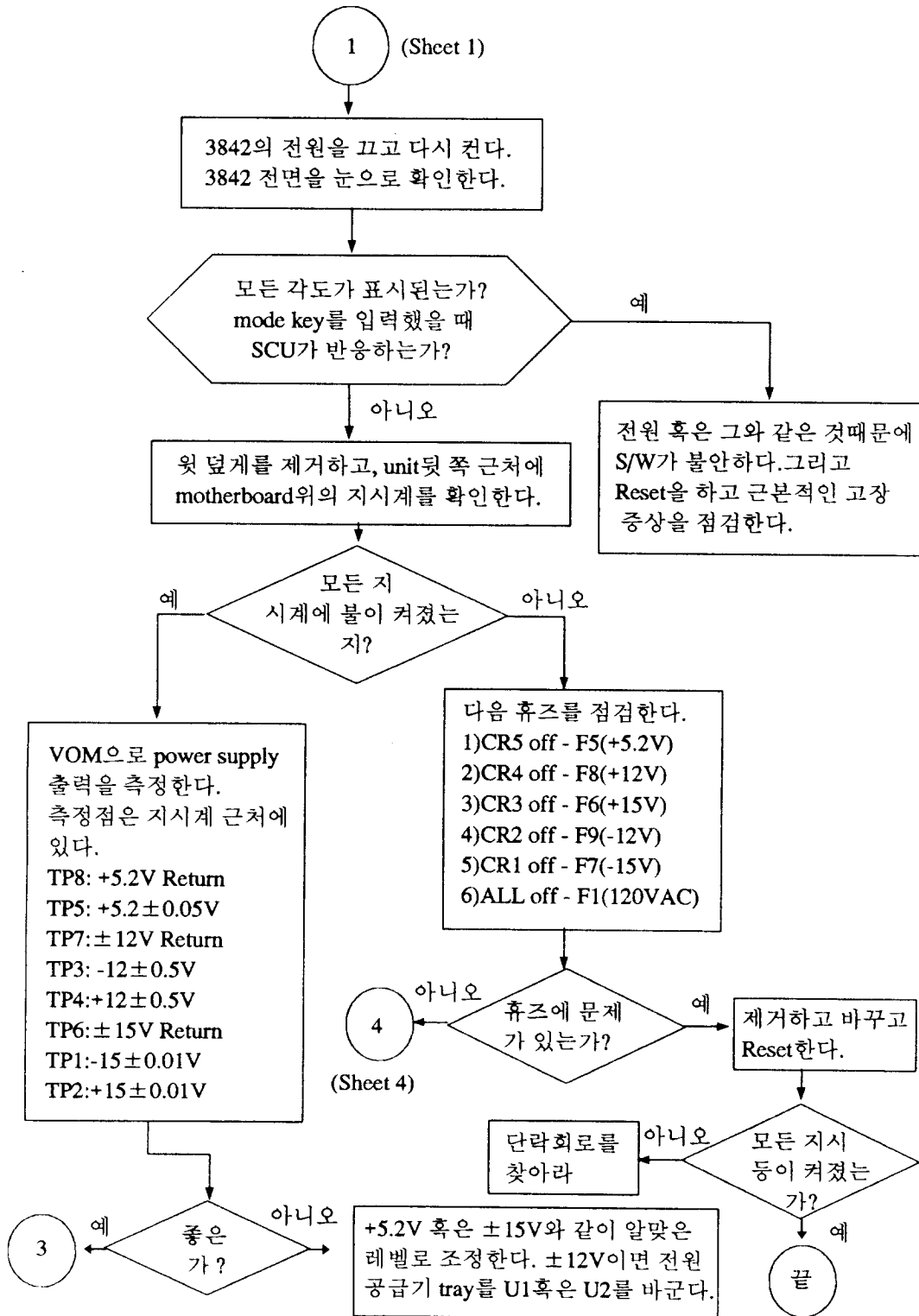
Assembly name	기 능
Autotrack B(A1A1)	<ol style="list-style-type: none"> 1) Tracking channel 선택 회로가 있다. 2) Autotracking 기능을 수행하는 autotrack A board와 interface
Autotrack A(A1A2)	<ol style="list-style-type: none"> 1) Video error를 1V/deg error analog voltage으로 복조. 2) Feed interface board를 통해서 monoscan converter로 분배하기 위한 scan code generator가 포함한다. 3) Autotrack B board와 interface
Torque Bias(A1A3)	<ol style="list-style-type: none"> 1) Dual drive pedestals의 제어용 회로가 포함한다. 2) 전면상의 torque bias switches와 servo board와 interface.
Servo compensation board(AZ,EL)(A1A4,A5)	<ol style="list-style-type: none"> 1) Power amp를 정확한 전압비율 혹은 speed control 용 position loop 로 분배한다. 2) 전면 rate pot와 control processor와 interface.
R/D converter(A1A6)	<ol style="list-style-type: none"> 1) Resolver 신호를 수신하고, control processor를 하기 위해 binary angular 정보로 변환한다.
Encoder interface(A1A6)	<ol style="list-style-type: none"> 1) Serial binary 신호를 수신하고 control processor용 병렬 이진 신호로 변환한다. 2) Position offset switches와 microprocessor를 제어하기 위한 interface 회로들이 포함한다.
Rear pannel interface(A1A7)	<ol style="list-style-type: none"> 1) Feed interface와 pedestal interface board와 control processor와의 interface. 2) RS-232C serial interface 회로를 포함한다.
IEEE-488 interface(A1A8)	<ol style="list-style-type: none"> 1) 표준 IEEE-488 bus interface를 제공한다.

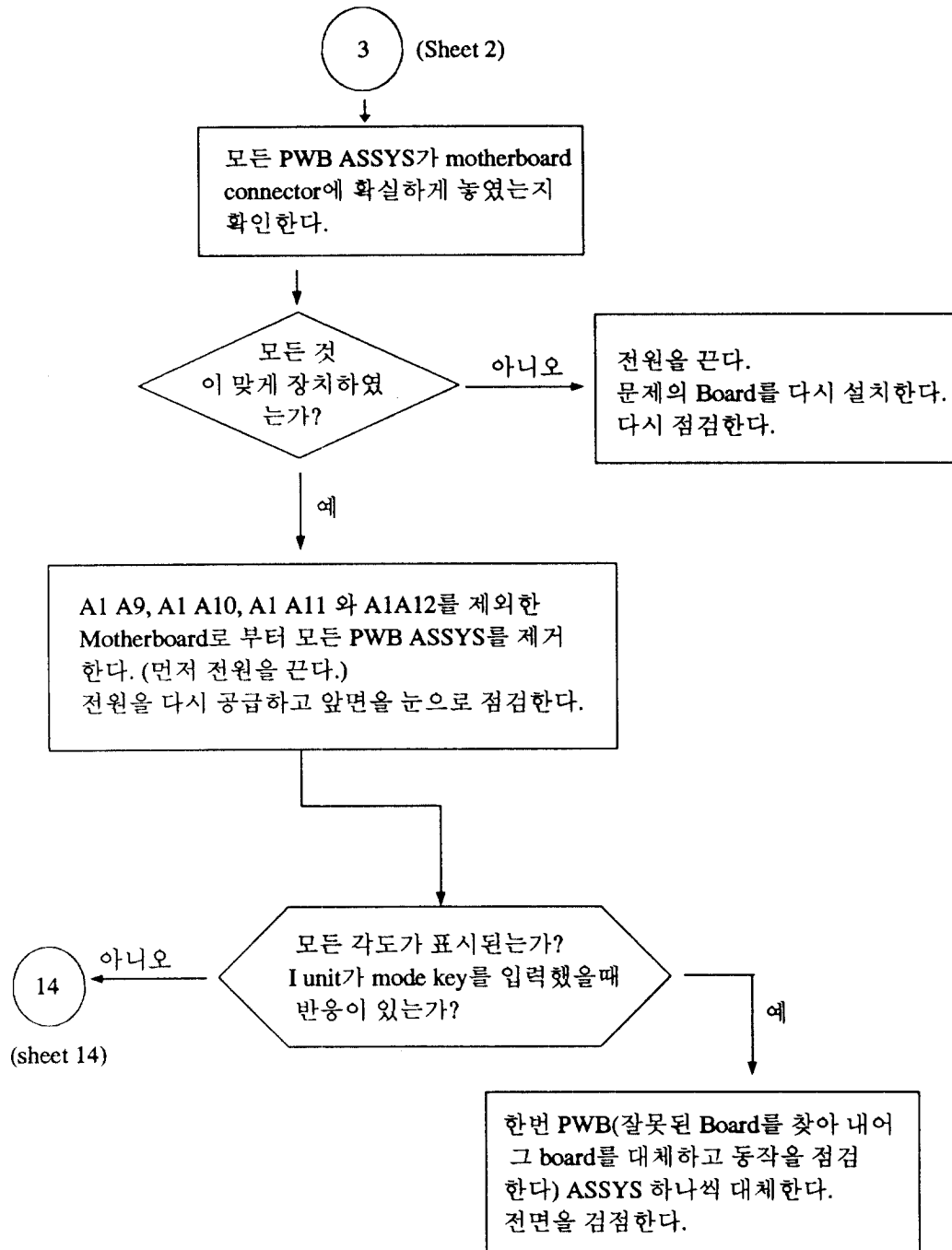
Assembly name	기능
Interrupt controller(A1A9,A16)	1) 8080 CPU에 필요한 확장 interrupts를 제공한다.
8080 CPU(A1A10,A15)	1) Main microprocessor(8080)
Aux,Memory I/O,(A1A11,A13) DMA	1) Input와 output port를 제공한다. - RDA(remote data access) 2) Microprocessor memory를 제공한다.
Front pannel interface(A1A12)	1) Second microprocessor 2) Data bus와 address bus을 통하여 모든 front pannel function을 제어한다.(torque switch and neon light)
S/R converter (A2A3)	1) Synchro position 신호(S leads)를 수신하고,R/D converter board로 전송된 resolver 신호로 변환한다. 2) 기준 전압(R lead)을 위해 stepdown transformer를 포함한다.
Pedestal interface(A3A1)	1) Pedestal에서 rear pannel interface board로 전송된 limit와 sector indication를 수신한다.
Feed interface(A3A2)	1) Feed monoscan converter의 현재 driver, autotrack A board에 의해 동작된다. 2) Pedestal 과 feed control에 110Vac,1A relay가 사용되고,control processor를 통해 전면 switch에 의해 동작된다. 3) 후면에서 autotrack A board로 전송된 vedio와 AGC 신호를 수신하고 filter한다.
Data entry module(A5)	1) Main microprocessor에 operator access를 제공한다. 실시간이 나타난다. 변수선택을 위해 data 입력으로 이용될 수 있다.(궤도 data, scan data,등)
Data entry A(A5A1)	1) Data entry B board 와 interface 2) Microprocessor에 접근하기 위해서 전면 interface board 와 interface
Data entry B(A5A2)	1) Main microprocessor와 접근을 제공한다. 2) Data entry A board와 interface.
Autotrack control module(A6)	1) 신호 세기와 추적 에러를 나타낸다. tracking mode 와 수신기 선택의 제어를 포함한다.

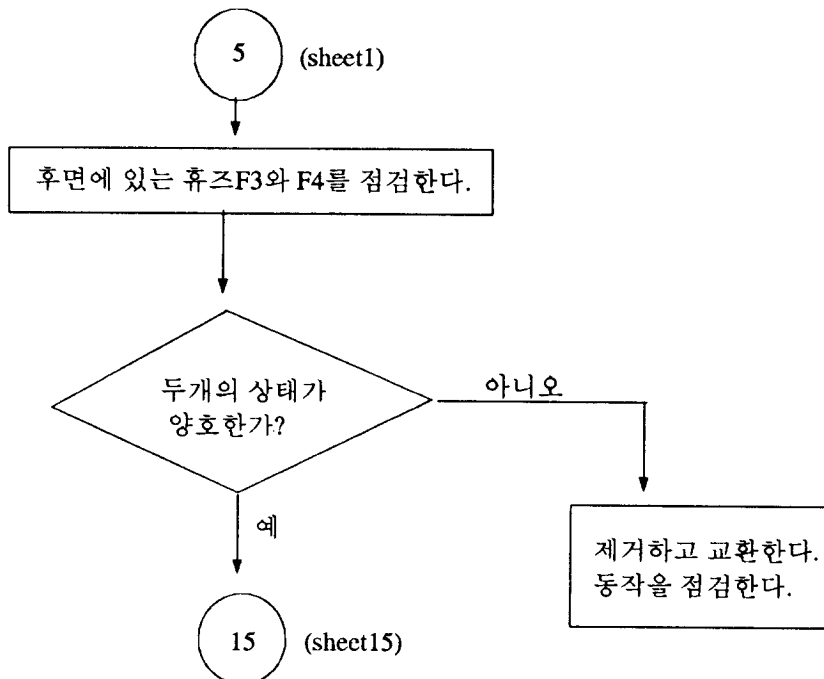
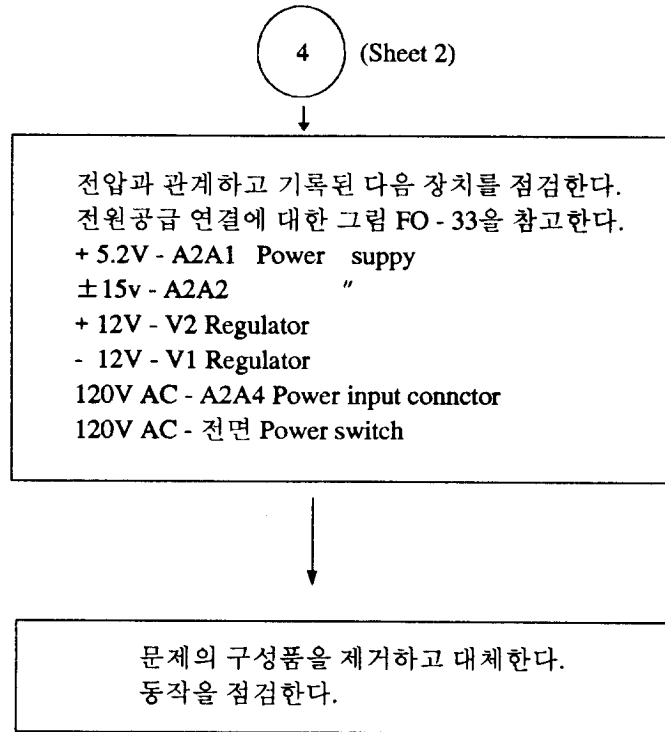
Asembly name	기	능
Autotrack display(A6A1)	1) 신호 세기(AGC- db)와 추적 에러(deg)를 나타낸다. 2) Autotrack mode control board 와 interface.	
Autotrack mode(A6A2)	1) 여러가지 추적 mode를 제어한다.(AZ 와 EL) 2) Feed relays, feed power와 pedestal power를 제어. 3) 수신기 channel를 선택한다. 4) 전면 interface board와 interface.	
Autotrack display (A6A3) drive	1) Autotrack mode control board와 interface. 2) Autotrack display board에 분배하기 위한 회로를 포함한다.	
Pedestal control module(A7)	1) Pedestal position과 status를 나타낸다. Operation mode용 제어를 포함한다.	
Angle display (A7A1)	1) 각도로 pedestal position를 나타낸다.(AZ 와EL) 2) Pedestal의 상태를 나타낸다.(limit,sector등) 3) Mode control board 와 interface.	
Mode control(A7A2)	1) Rate>manual position, stow등과 같은 pedestal 동작 의 여러가지 mode를 제어한다. 2) Angle display와 전면 interface board와 interface.	
Mother board	1) 그 unit에서 중요한 interface 기능을 수행한다. (board 사이) 2) DC power-indicating LEDs를 제공한다.	

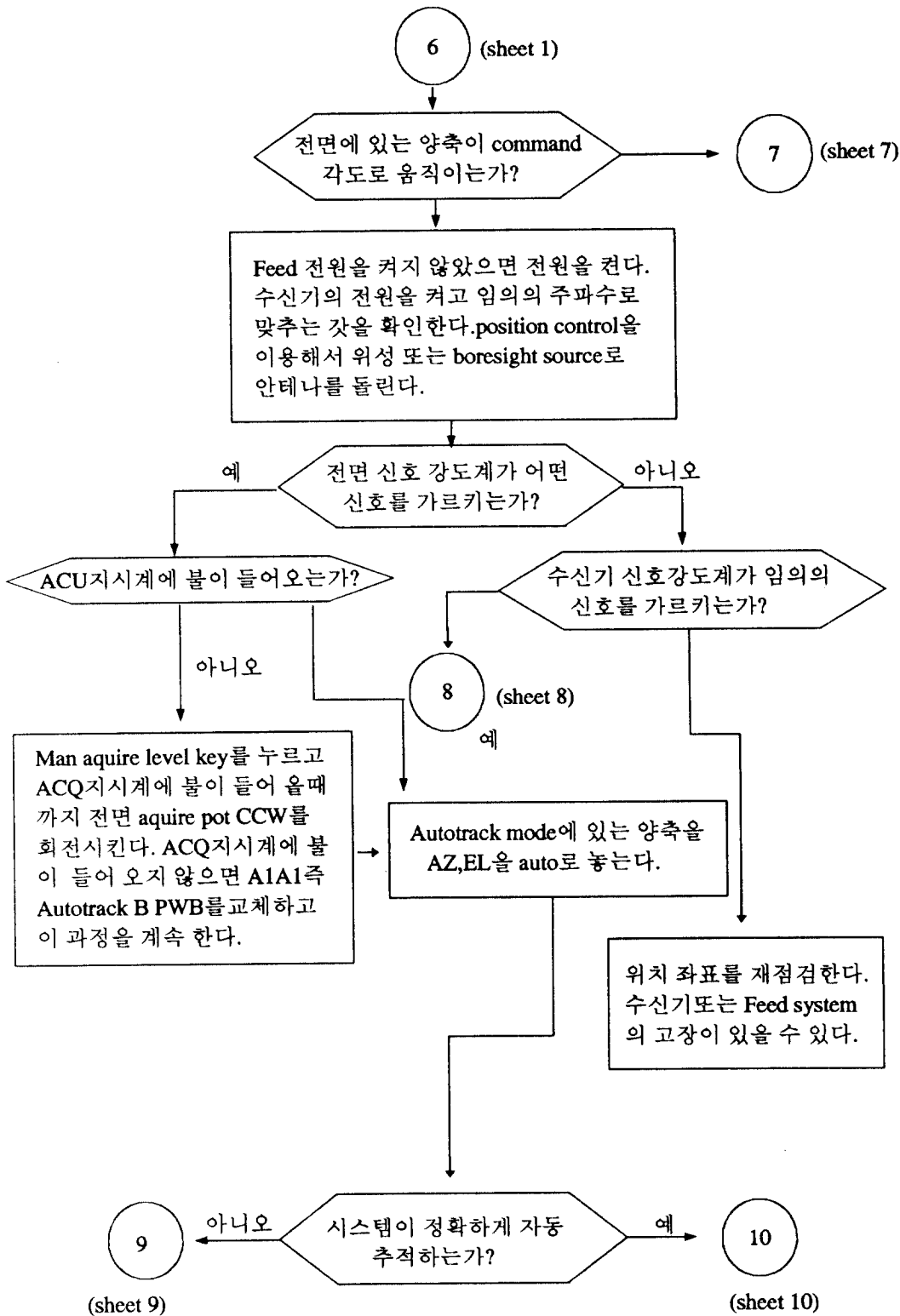
앞에서 각 Assembly의 기능에 대해서 알아보았고, 이제 ACU의 Troubleshooting에 대해서 알아보기로 한다. Troubleshooting을 Flow Chart 형식을 빌려 설명해 보겠다.

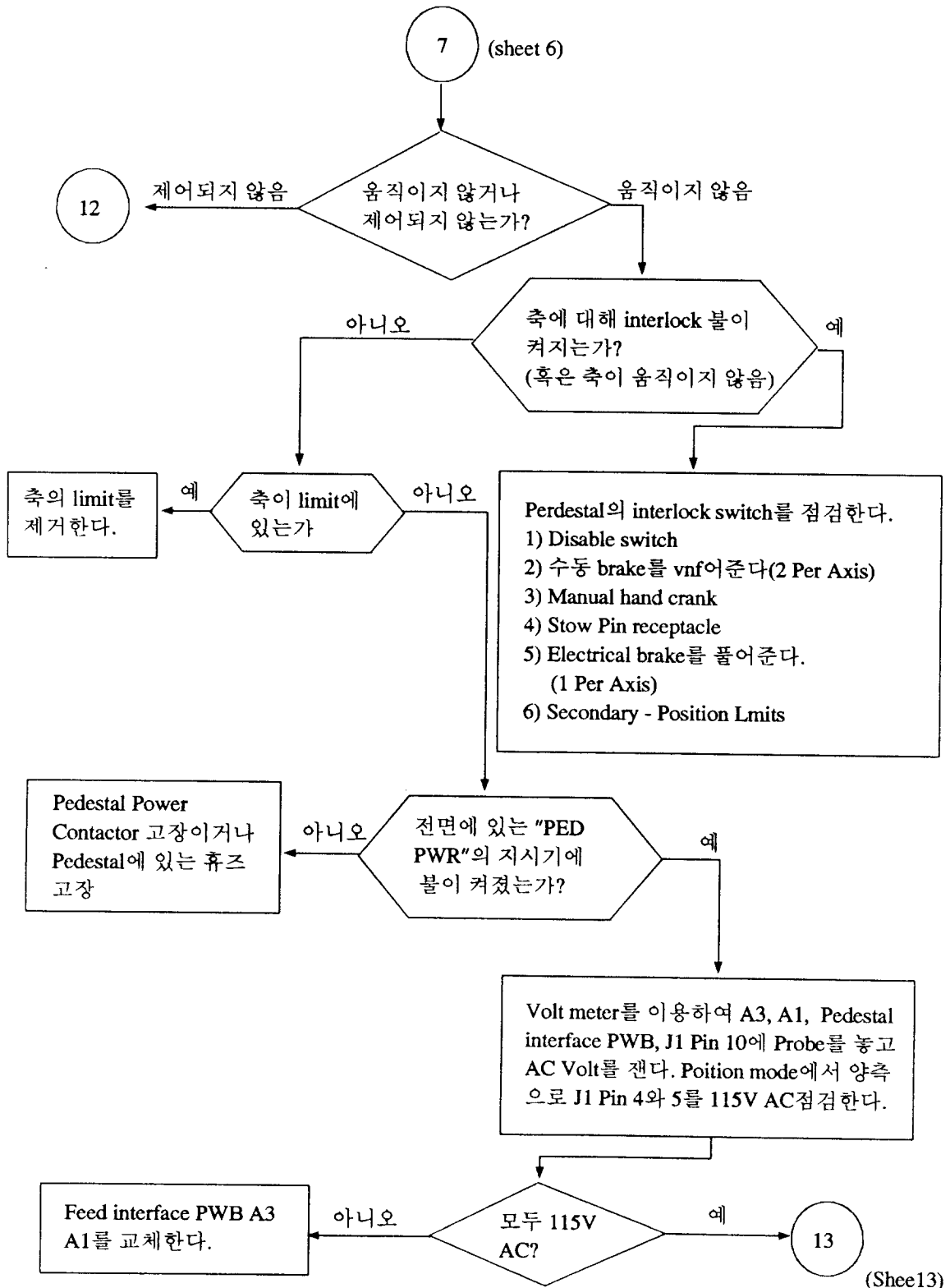












8 (sheet 6)

3842로 부터의 J202의 Connector
를 제거한다.(만일 수신기 A를
이용하고 있으면) 혹은 J203
(만약 수신기 B를 이용하고 있
으면)

VOM을 이용하여 cable의 2와 3 pin사이의
전압을 측정한다.(Pin 3는 return이다)
전압이 $1/15(\times)$ 이어야 한다.
단 \times = 수신기에서 읽은 dB이다.

VOM을 이용하여 A1A1, UII
Pin1의 전압을 측정한다.
3842 샤시에 VOM의 Ground로
한다. 전압은 $1/10(\times)$ 이어야
한다.
 \times = 수신기에서 읽은 dB이
다. 입력으로 이용된 channel
를 확인한다.
(Channel1 : J202 Channel 2 :
J203)

전압이 OK인가?

아니오
수신기는
Output
stage에서
고장이다.

전압 OK?

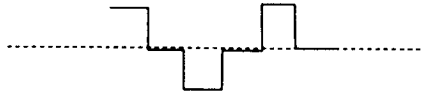
아니오
Aulatrak B.PWB A1A1를 교체한다.

예
A6, autotrack mduhe assembly
를 교체한다.

9 (sheet 6)

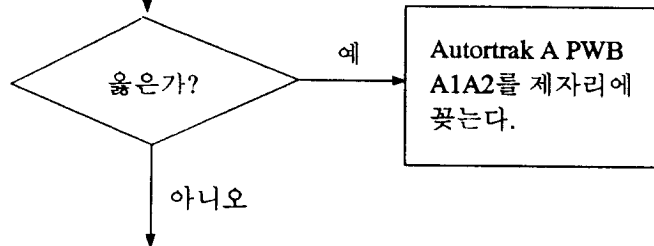
PWB A1A2에 대해 Oscilloscope를 이용한다. Ground reference로서 TP3를 이용한다. U13 PIN3A(수신기 A를 이용하면)혹은 PIN 11(수신기 B를 이용하면)의 파형을 관찰한다.

Antenna를 manual Position mode에 놓고 Az를 목표각으로 부터 0.4° 를 움직인다. 그 파형으로 아래와 같이 나타난다.

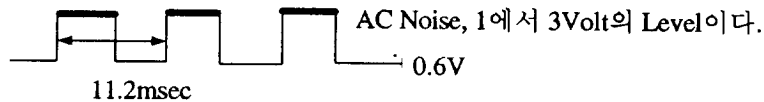


(Actual AC는 DC 레벨은 목표 신호세기에 의존한다)

Az를 원대로 돌려놓고 El을 0.4° 움직인다. 그 파형은 위의 것과 대략적으로 같다.

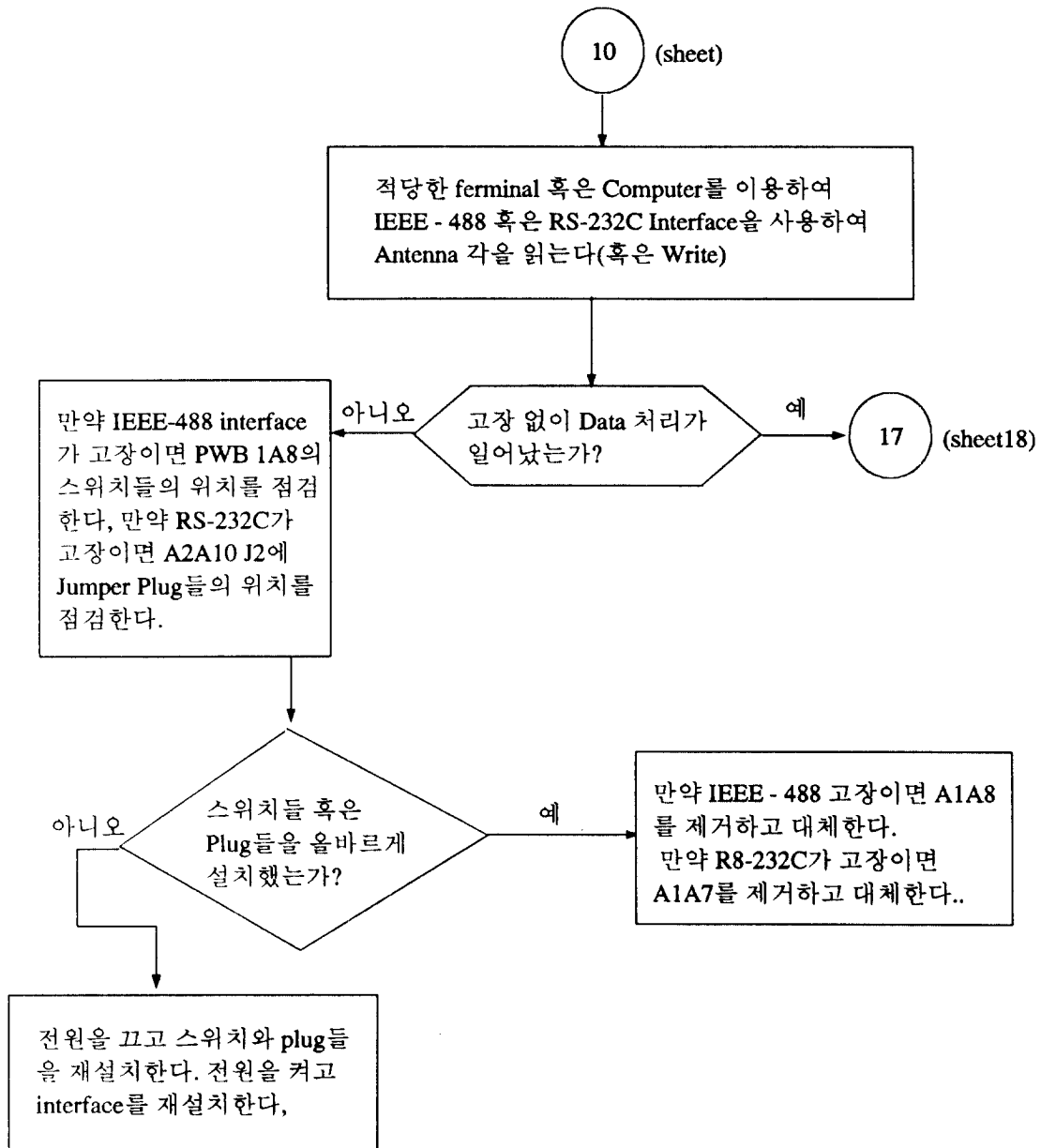


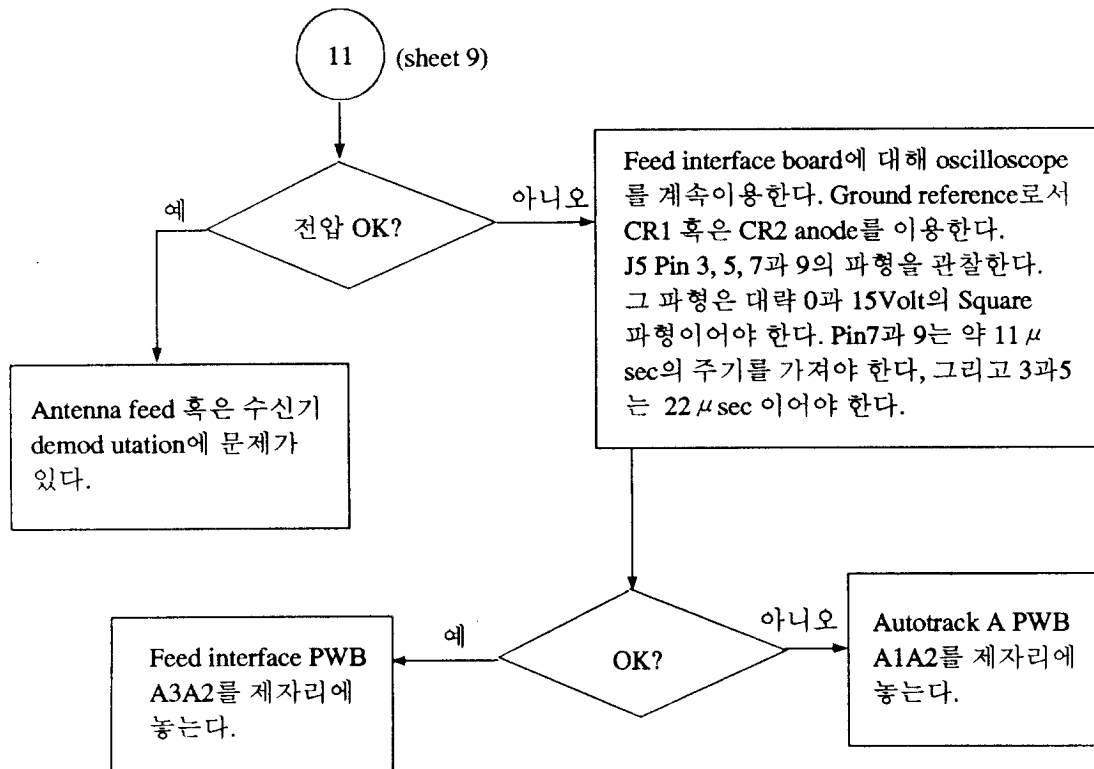
(후면의)Feed interface board PWB Assemble에 대해 Oscilloscope를 이용한다. Ground reference로서 Anode혹은 CR1 혹은 CR2를 이용한다. PWB A1A2 (Autotrak 'A' board)의 스위치 S1이 off 위치에 있는지 확인한다. R9와 R14의 좌측 Terminal에서 파형을 관찰한다.(앞에서 본다)

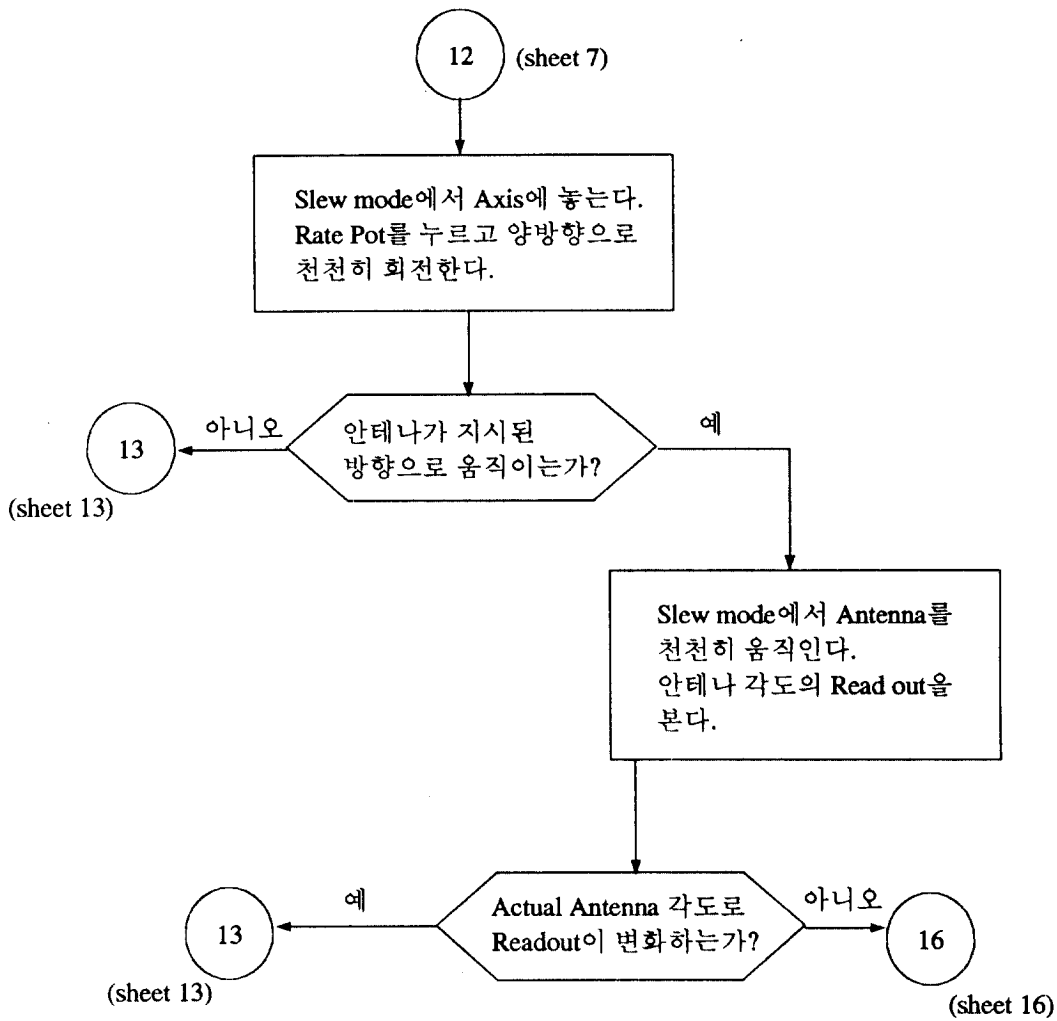


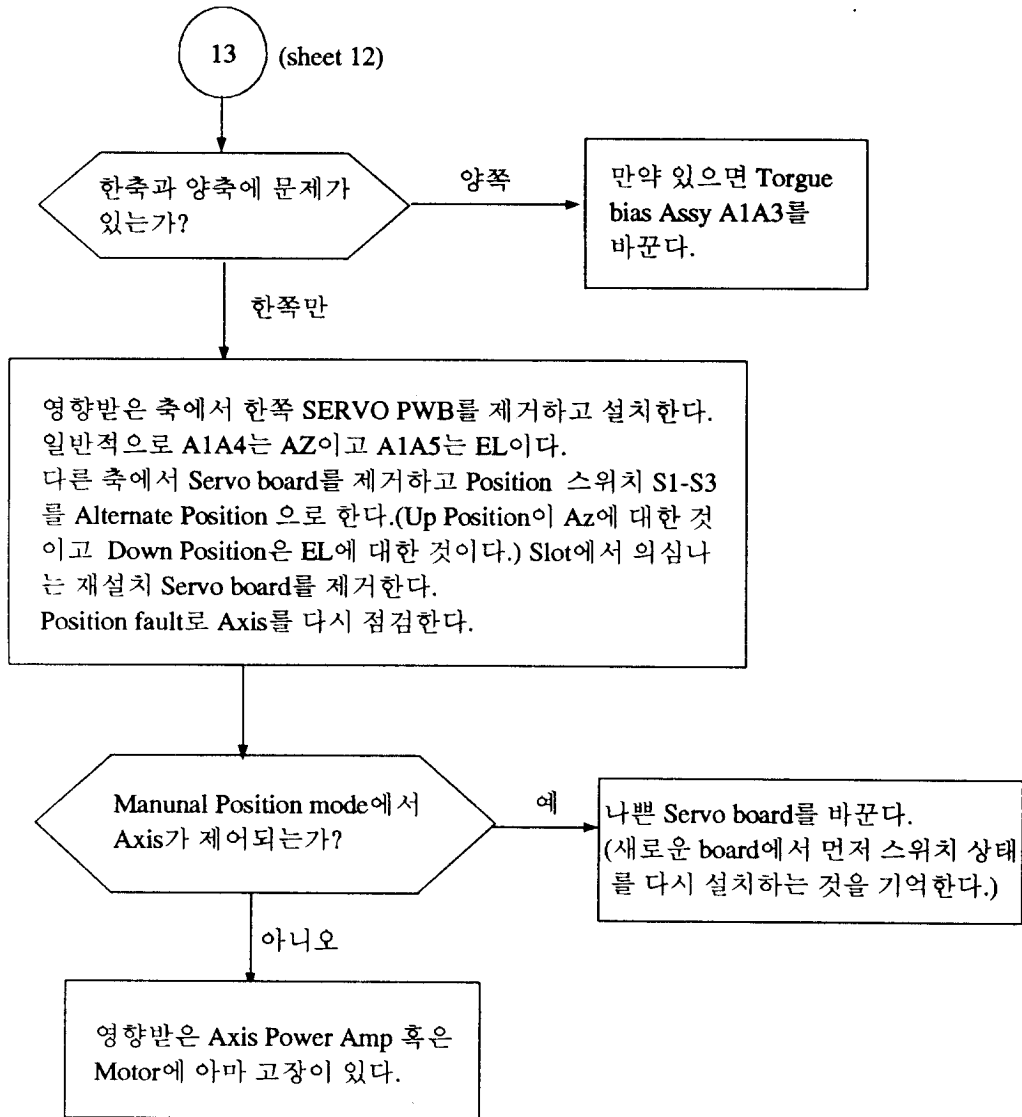
R15와 R20의 좌측 Terminal에서 파형을 관측한다. 파형은 위의 모양과 같고 주기는 22.4 msec 이어야 한다.

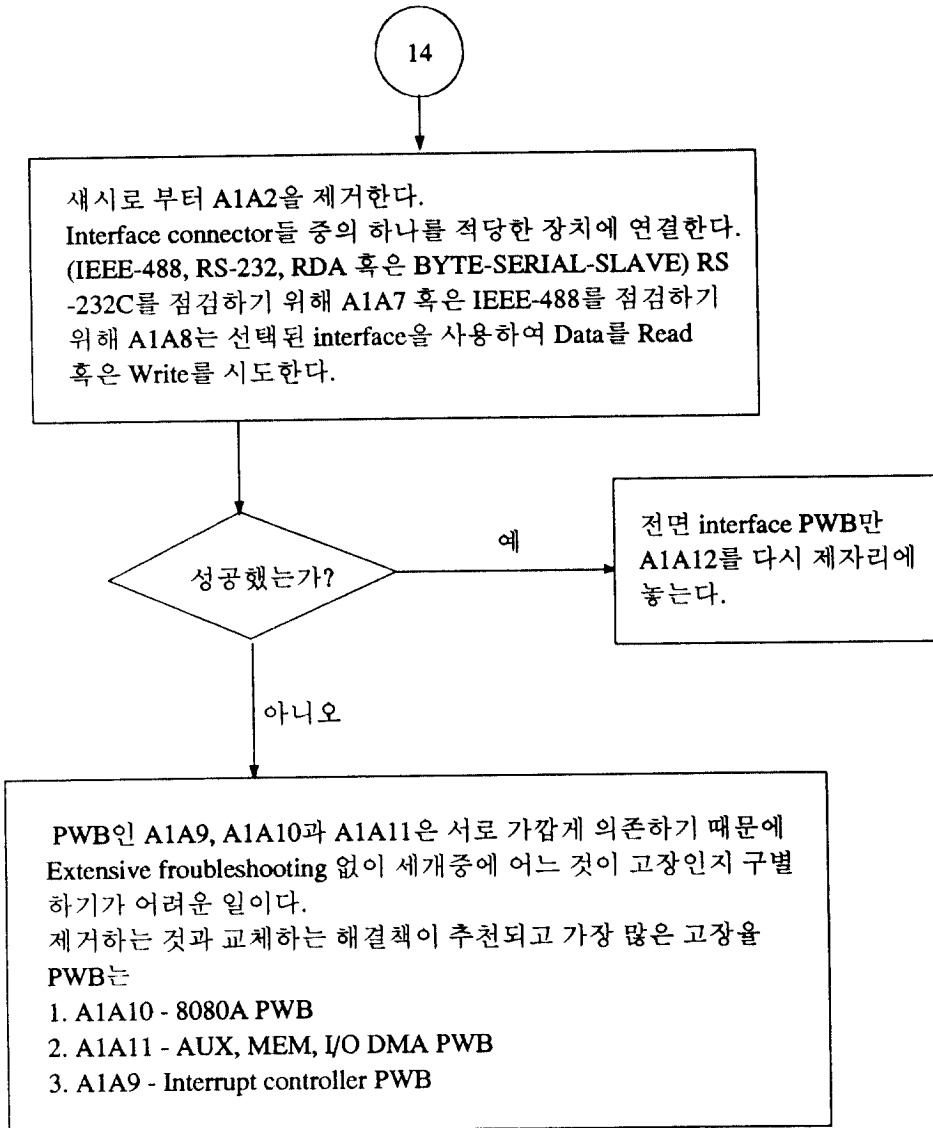
11 (sheet 11)

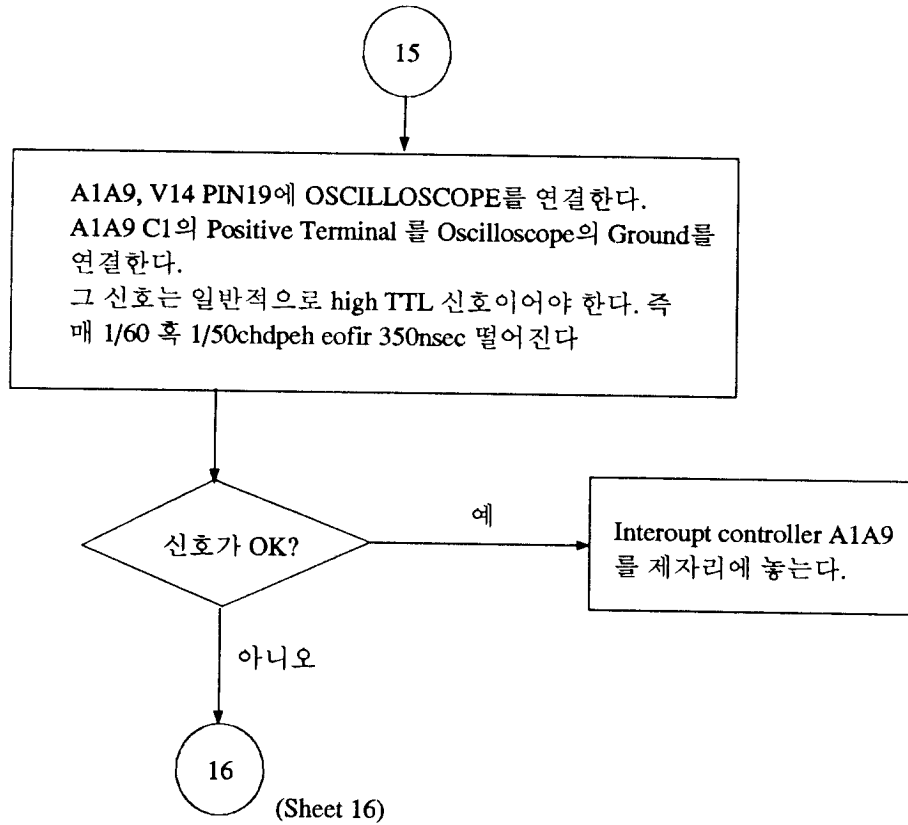












16

만약 Pedestal Position readouts을 시험하려면 지시된 시험 point를 이용한다. 만약 slave position readouts를 시험하려면 괄호안의 시험 point를 이용한다.

A1A6 TP5를 Oscilloscope에 ground지킨다. (TP10) Scope probe을 A1A6 TP1(TP6)과 TP2(TP7)에 놓는다. 이것중의 하나에 대해서 대략 12V RMS의 sine파이고 60혹은 50Hz를 찾아야 한다.

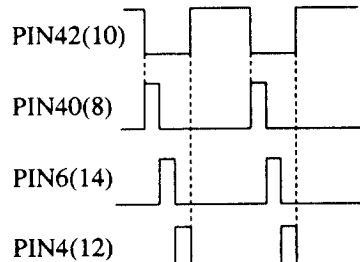
신호가 OK?

아니오

Voltmeter를 이용하여 A2A3에 115V AC Across point E1과 E2 (E3와 E4)를 찾는다.

예

Oscilloscope를 A1A6 P3 PIN42 40, 46과 44에 놓는다. (10, 8, 14 와 12) 그것을 아래와 같이 나타 낸다.



신호가 OK?

예

17

(Sheet 17)

A2A3를 제자리에 놓는다. Reslover PWB에 동작시 킨다.

115V AC?

예

Power가 A2A3에 오지 않는다. 만약 3842의 후면에 Jumper P4가 있으면 개방되었는지 점검한다. 그렇지 않으면 전원이 왜 오지 않는지 알기 위해 Pedestal를 점검한다.

R/D PWB A1A6를 교환한다.

17

A1A6 TP3를 Oscilloscope에 연결하고(TP8)신호가 60 혹은 50Hz의 사인파이어야 하고그 진폭은 Az 각도가 Cosine에 비례한다. Az가 회전되기 때문에 (Haed은 Slew mode에 의해) 그 진폭은 변화해야 한다. 매 한 cycle마다 적은 변화가 다음과 같이 나타나야 한다.

그 변화의 진폭은 AZ 고속동기 Position(만약 있으면)과 두개의 EL동기 Position에 비례한다. Antenna가 움직일때 이들 진폭이 변화해야 한다.

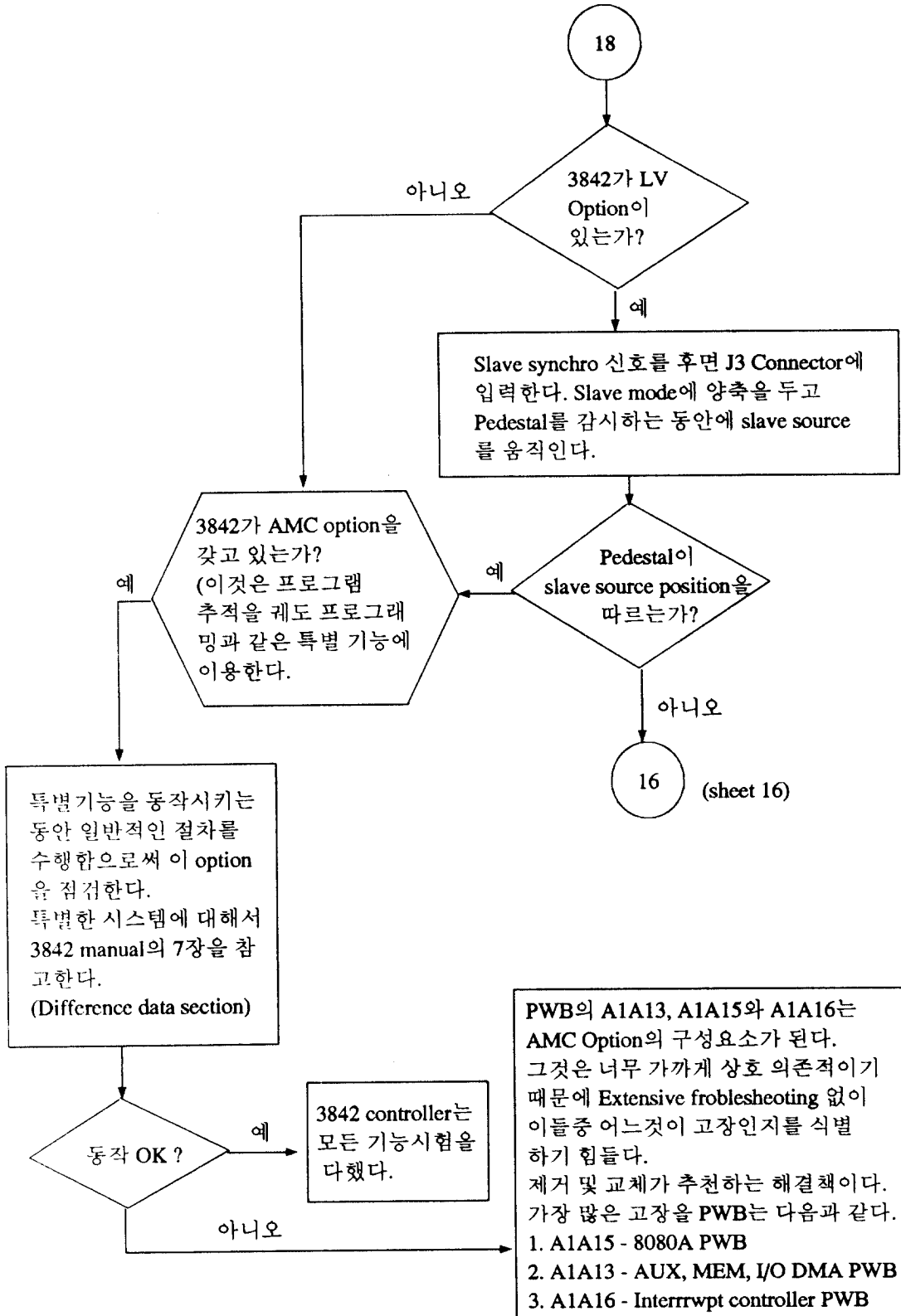
신호가 OK?

예

Resolver to digital PWB
인 A1A6를 제자리에 놓는다.

아니오

Synchro to resolver PWB인 A2A3를
교체한다.



제6장 결 론

안테나는 이동통신 및 위성통신, 우주연구등에서 필수적인 것으로 안테나에 대한 연구가 활발해져야 한다. 따라서 10m ϕ 안테나 시스템의 자동추적 장치에 대한 기술을 완벽하게 습득하여 나아가 전파연구에 있어서 도움이 되었으면 한다.

본 보고서는 무선통신에서 기본이 되는 안테나에 관한 이론해석과 Reflector에 관한 종류 및 각각의 특성에 관해 알아보았다. 그리고 연구소가 보유하고 있는 10m ϕ 안테나 시스템에 대해 간단한 설명과 10m ϕ 안테나의 자동추적 장치인 ACU (Autofrack Control Unit)에 관한 고장진단에 대해 검토함으로써 보다 원활한 안테나 운용에 도움이 될 것으로 생각한다.

참 고 문 헌

1. Mc Graw Hill "ANTENNAS " John D. Kraus 2nd ed, 1988.
2. John Wiley & Sons, "Electromagnetic Fields" Roald K.Wangsness 2nd ed, 1986.
3. John Wiley & Sons, "Antenna theory and Design" Warren L, stutzman, Gray A, Thiele, 1981.
4. "전파공학" 송원문화사 김 영 권
5. "전자장파론" 동명사 김 춘 식
6. 전파연구소 "위성 자동추적 장치에 관한 연구" 이영훈, 고영철, 강진 1987.
7. Scientific Atlanta Manual.
8. IEEE. "The Current State of the Reflector Antenna Art" Willard V.T. Rusch, 1992.