

船舶 搭載形 DBS 受信 안테나의 衛星 追跡 시스템에 대한 研究

최 조 친 · 양 규 식**

A Study on the Satellite Tracking System of DBS Receiving Antenna on Shipboard

Jo-Cheun Choi · Gyu-Sik Yang**

요약문

직접위성방송(DBS)은 해상에 까지 광범위한 방송서비스를 제공할 수 있는 매우 유용한 매체이다. 그러나 해상에서의 DBS 수신장치는 선박의 운항이나 동요의 상태에 관계없이 안테나가 위성을 계속 추적해야 하는 복잡한 제어장치를 필요로 한다.

본 연구는 한반도 연·근해를 항해하는 선박에서 KOREASAT의 DBS를 수신할 수 있는 장치의 개발을 목표로 하였다.

그러므로 한반도 연·근해에서 KOREASAT의 탐색과 추적조건을 분석하고 이에 적합한 Az/EI 2축 마운트를 설계하여 제작하였으며, 스텝트랙(step track) 방식에 의한 추적과 각속도 센서를 이용한 마운트의 동요보정 기능을 연구하였다. 실험에서는 선박운동 시뮬레이터를 제작하여 목표치의 동요를 구현하며, 추적과 동요보정에 따른 수신상태를 측정, 분석하면서 실험적으로 최적의 알고리즘을 구현하였다.

* 한국해양대학교 전자통신공학과 박사과정

** 한국해양대학교 전자통신공학과 교수

I. 序 論

직접위성방송(DBS) 서비스는 정보화사회를 향한 매우 실질적인 방식이며, 특히 해상에 까지 광범위하게 서비스를 제공할 수 있는 매우 유용한 매체이다.

그러나 선박에서 DBS를 수신하려면 선박의 이동과 변침(變針) 그리고 피칭(pitch), 로링(roll), 요잉(yaw) 등의 변동에 대하여 위성의 추적 및 동요보정을 수행하는 복잡한 안테나 제어장치를 요구한다.

본 연구의 목표는 항해중인 선박에서 DBS의 수신을 가능하게 하는 장치의 개발에 있으며, 주로 한반도의 연·근해를 항해구역으로 하는 소형선박을 대상으로 하여 간단히 설치하고 사용할 수 있는 소형, 경량, 低價의 장치로 구성이 되도록 연구의 중점을 두었다.

우선 소형화가 쉽고 한반도 근해의 조건에 따른 중,저앙각의 추적에 적합한 Az/EI 2축 마운트를 설계하여 제작하였고, 소형선박의 경우에는 자이로 콤파스(gyro compass)나 GPS 등 다른 항법장비의 활용이 불가능하므로 위성의 탐색, 스텝트랙(step track)방식에 의한 추적, 각속도 센서를 이용한 선박의 동요보정 기능을 완전히 자력(自力)으로 수행하도록 연구하였다.

II. 선박에서의 위성방송 수신

우리나라의 DBS 위성용 정지궤도의 할당은 KOREASAT가 방송과 통신의 겸용으로 되어있기 때문에 동경 116° 에 위치하였고, 방송용으로 좌선원편파(LHCP)의 6개 채널이 지정되었다. 또한 디지털방식이기 때문에 3개의 증계기로 12개 채널을 방송할 수 있으며 예비위성까지 포함하면 총 24개의 방송채널이 확보되어 있다. 전파방사 패턴은 1.2° × 1.0° 의 타원형으로서 빔(beam)의 중심은 동경 127.5° , 북위 36° 로 전북 무주에 위치하고 있으며, DBS 수신기에서 안테나의 수신이득이 30[dBi] 정도이면 선명한 화질과 음질을 수신할 수 있다.

그러나 선박의 경우 이동과 변침 그리고 피칭, 로링, 요잉 등의 동요에 의하여 위성의 방위각(Azimuth:Az)과 앙각(Elevation:El)이 계속적으로 변동하며, 빔폭이 4° 정도로 예민한 안테나가 위성을 항상 정확하게 지향하도록 제어하는 시스템을 갖추어야 한다.

즉 이동체 탑재형 DBS 수신장치는 구동에 적합한 소형, 경량, 고이득의 안테나와 추적 동작을 자유로이 수행할 수 있는 안테나용 마운트, 그리고 위성추적과 동요보정에 따른 복합적인 제어기술이 필요한 시스템이다.

INMARSAT-A/B/M 장비의 위성추적과 동요보정 성능은 기상의 악화 등으로 선박이 위험한 상태에 처한 때에도 원활한 통신을 수행할 수 있는 정도이며, 3축 또는 4축 마운트를 사용하여 정확하고 빠른 추적과 동요보정을 수행하고 있다.

그러나 단지 TV를 시청하기 위한 성능은 위의 수준만큼 필요치 않으며, 우리나라 근해의 위도상에서는 Az/EI, X/Y 등의 2축 마운트를 사용하여도 충분하다.

표는 외국의 J社, T社, N社 등에서 제작한 선박용 위성방송 수신장치의 특성표를 종합, 비교하여 정리한 것으로 본 연구에서 추구하는 성능의 목표치로 정하였다.

표. 선박용 DBS 수신기의 추적성능 목표치

항 목	성 능
Pitch	± 7° 이내
Roll	± 15° 이내
Turn	± 6° / sec이하
Speed	30 knots 이하

Ⅲ. 선박용 DBS 수신장치

1. 구동의 범위

그림1 은 우리나라 연·근해의 해역에서 안테나의 직경에 따른 무궁화위성의 수신 영역을 도시한 것이다.

무궁화위성은 동경 116° 에 위치하며 선박이 위치한 경도와 위도를 알면 위성의 방위각(Az)과 양각(EI)을 식(1)과 식(2)에 대입하여 구할 수 있다.

$$Az = \arctan\left(\frac{\tan \Delta \varphi}{\sin \theta}\right) + 180^\circ \quad \text{----- (1)}$$

$$EI = \arctan\left(\frac{\cos \theta \cos \Delta \varphi - \frac{R}{R+h}}{\sqrt{1 - \cos^2 \theta \cos^2 \Delta \varphi}}\right)$$

$$= \arctan\left(\frac{\cos \theta \cos \Delta \varphi - \frac{R}{R+h}}{\sin \delta}\right) \quad \text{----- (2)}$$

단, $\cos \delta = \cos \theta \cdot \cos \Delta \varphi$ 이며

θ : 선박의 위도
 $\Delta \varphi$: 위성과 선박과의 경도차
 R : 지구의 반경 (6,378 Km)
 h : 위성의 고도

위의 그림에서 안테나의 직경이 50 [Cm] 인 경우의 수신영역을 항해구역으로 설정하고, 동, 서, 남쪽의 최단지점을 찾아서 경도와 위도를 읽고 위의 수식에 대입하여 Az 와 El 을 계산하였다.

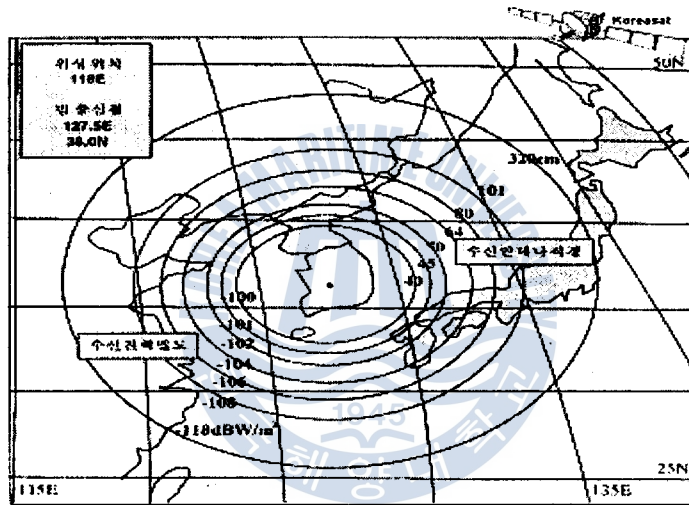


그림1. 안테나의 직경에 따른 무궁화위성의 수신영역

- ① 최남단 ; 127° E, 32° N 의 경우, $\Delta \varphi = 11^\circ$ 이므로
 $Az = 200^\circ$ / $El = 51^\circ$
- ② 최서단 ; 123° E, 35° N 의 경우, $\Delta \varphi = 7^\circ$ 이므로
 $Az = 192^\circ$ / $El = 48.7^\circ$
- ③ 최동단 ; 132° E, 36° N 의 경우, $\Delta \varphi = 16^\circ$ 이므로
 $Az = 206^\circ$ / $El = 45^\circ$

즉, 방위각은 192~206° 범위이며, 양각은 45~51° 의 사이에 있음을 알수 있다. 그러나 이동체인 선박의 경우 Az는 360° 의 전방위에 대하여 구동하여야 하며,

이온 안테나의 성능에 따라 수신이 가능한 해역까지를 계산하여 최대와 최소각을 구하고, 선박의 동요각 $\pm 20^\circ$ 정도를 계산하여 상한각 과 하한각의 구동범위를 정해야 한다.

그러므로 직경이 50[Cm]인 안테나가 $45\sim 51^\circ$ 이므로 $\pm 20^\circ$ 를 계산하면 구동범위는 $25\sim 71^\circ$ 로 되므로 위성의 탐색영역은 Az는 $172\sim 226^\circ$ El은 $25\sim 71^\circ$ 로 제한 된다.

2. 동요에 대한 분석

항해중인 선박의 동요에는 여러가지 요인이 있으나 대개의 경우는 반복되는 외력과 모링의 합성에 의하여 나타나는 형태로 운동을 계속하게 된다.

그림2는 선박의 마스트(mast) 방향을 Z로 하여 위성의 방향을 좌표표로 나타낸 것으로 좌표표의 변동시 X-Y 좌표계의 변동체적으로 나타내기 위하여 도시한 것이다.

좌표표의 위성 방향으로 일정한 길이 S에서 선상에 연직선으로 S'를 투사하였다. 이렇게 되면 모링은 Y축의 회전이 되고 피칭은 X축의 회전이 되며 이것의 성분을 각각 $-r, -p$ 로 표시하였다.

만약 위성이 원점에 수직방향으로 있으면 이때의 양각은 90° 가 되어 S'는 원점(O)에 위치하게 되고 선박의 동요가 전혀 없다면 S'는 어느 한점에 정지되며 선박의 동요가 있으면 S'는 선박의 동요에 따른 궤적을 그리게 된다.

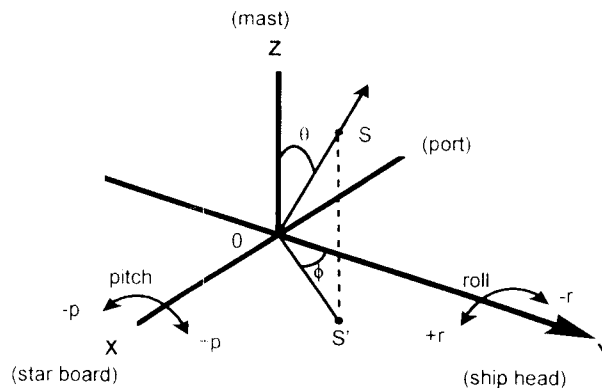


그림2. 좌표계

선박에서 동요의 대부분은 피칭과 로링이므로 수평면에서 한쪽 방향으로 기울어지는 각도의 최대치를 각각 p 와 r 이라 하면 각각 양방향으로의 운동은 $2p$ 와 $2r$ 로 나타낼 수 있다. 즉 S' 는 $2p$ 와 $2r$ 의 사각형 범위내에 존재하게 되며 만약 동요가 전혀 없다면 S' 는 한점에 정지되고 이점이 바로 $S'c$ 로 사각형의 중심에 위치한다.

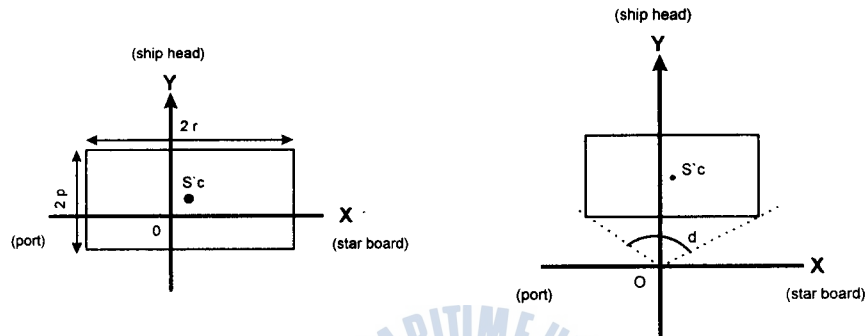


그림3. 고앙각 상태에서 위성의 추적 그림4. 저앙각 상태에서 위성의 추적

그림3은 위성이 고앙각으로 위치하면서 동요하는 경우로 위성의 방위와 앙각 그리고 동요의 정도에 따라 사각형의 모양과 크기 그리고 위치는 다양한 형태로 나타나게 된다.

위성이 선수측에 저앙각으로 있다면 사각형은 그림4 와 같은 형태로 나타나게 된다.

즉 Az축은 원점에서 점선으로 나타낸 각도(d)의 범위에서 그리고 EI축은 $2p$ 에 해당하는 각도의 범위에서 구동하게 된다. 무궁화 위성을 추적할 경우 EI의 구동 범위는 $25\sim71^\circ$ 로 계산 되었으므로 그림 4와 같은 형태로 된다.

3. 2축 마운트의 종류

① Az/EI(Azimuth-Elevation) 마운트

일반 지구국에서 많이 사용하는 방식으로 수직으로 고정되어 회전하는 Az축과 여기에 수평으로 지지되어 회전하는 EI축으로 구성되어 있다. 이 방식은 고앙각의 위성을 추적하는 경우에는 Az축의 회전속도와 구동각이 크게 되는 단점이 있으나 중·저앙각의 경우에는 원활하게 동작할 수 있다.

② X-Y 마운트

지상에 수평으로 고정되어 회전하는 X축과 여기에 직교로 지지되어 회전하는 Y축으로 구성되어 있으며, 고양각으로 이동하는 위성의 추적에는 적합하나 중·저양각의 경우에는 구동력이 크게 소요되는 X축이 빈번하게 구동되므로 무리한 형태로 동작되는 단점이 있다.

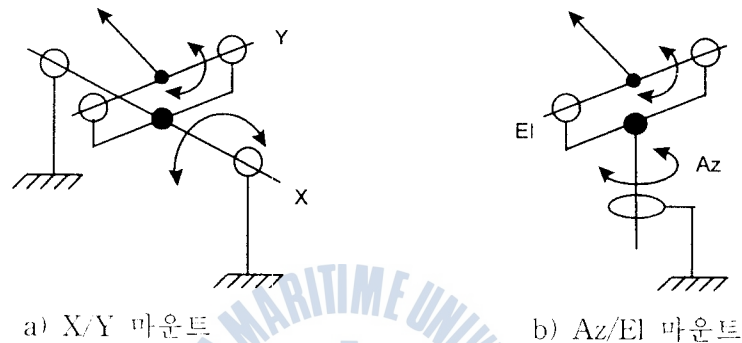


그림5. 2축 마운트의 형태

4. 2축 마운트의 구동 특성

다음은 Az/EI 마운트와 X/Y 마운트의 특성을 비교한 것이다.

- ① X/Y 마운트는 중·저양각 추적의 경우 고속의 큰 회전력과 회전각이 소요되므로 기계적으로 불안정하며 소형, 경량화에도 불리하다.
- ② Az/EI 마운트는 중,저양각의 동작시 360° 전방향에 대하여 무리없이 고르게 추적할 수 있으며, 시스템의 시동(始動)으로 인한 초기의 위성탐색(search)에서 자이로컴파스, GPS, 컴퓨터 등 타장비의 지원없이 마운트 자체의 동작만으로 포착이 가능하다.
- ③ X/Y 마운트에서는 케이블의 꼬임이 없다. 그러나 Az/EI 마운트는 Az축이 고양각에서 회전동작의 형태로 추적이 이어질 경우 꼬임이 생기며, 중·저양각의 추적시에는 선박이 계속 한 방향으로만 선회할 경우에 꼬임이 생긴다.
- ④ 케이블의 꼬임은 케이블을 손상시키며 이에대한 대책으로 Az축의 좌우 회전각을 일정한 정도에서 제한하고 제한치에 도달하면 순간적으로 360°의 역회전을 시켜 꼬임을 해소해 주어야 한다.
- ⑤ Az/EI 마운트는 제작과 실험이 용이하며 소형, 경량화에 유리하다.

이상의 조건들을 비교해 볼 때 Az/EI 마운트의 사용이 적합하나 문제가 되는 것은 케이블의 꼬임이며 이 문제를 완벽하게 해결하기 위하여는 부득이 수평유지용 마운트를 추가하여야 한다.

IV. 시스템의 설계와 구현

1. 동요보정 제어계

이동체에서 위성을 추적하는 방식에는 다음의 2 가지가 있다.

- ① 계속 미소한 각으로 회전하면서 위성의 전파를 수신하고 비교하여 수신레벨이 최대치가 되도록하여 위성을 추적해 가는 스텝트랙(step-track) 동작의 closed loop 방식.
- ② 이동체의 위치, 이동방향, 이동속도 등의 정보를 제공하여 이에 따른 시스템의 이동변위를 예측하여 안테나를 역방향으로 구동하는 open loop 방식.

일반적으로 선박의 INMARSAT장비 및 육상 이동체용 장비에서는 추적의 안정성과 고속화를 위하여 위의 두가지 방식을 병용한 조합형의 형태로 제어하고 있다.

그러나 여기에서는 이동체의 이동에 관한 정보를 얻을 수 있는 GPS 와 방향정보를 얻을수 있는 자이로콤파스와 같은 항법장비를 탑재하지 않은 소형 선박에서 사용이 가능하도록 구현하기 위하여 ②의 방식은 고려하지 않았다.

위의 ①에서 스텝트랙이란 안테나를 일정한 방향으로 1-스텝 회전하여 수신레벨을 체크하고 증가했으면 다시 같은 동작을 반복하여 진행하고, 감소한 경우에는 역방향으로 회전을 진행하여 수신레벨이 최대인 점을 추적해 가는 방식을 말한다.

그러므로 위성을 추적하려면 위성 주위의 공간에 대하여 상→하→좌→우 또는 상→좌→하→우 등의 방법으로 방향의 순서를 정하여 전방향을 고르게 추적하여야 한다.

한편, 동요보정이란 그림3 에서 p 와 r 의 동요성분을 검출하고 즉시 이에 대응하는 역방향의 회전력을 주어 안테나를 S'c 점에 계속 고정시키는 방법을 말한다.

안테나의 지향방향인 S'c 점을 중심으로 X,Y 의 성분 에 대한 동요의 방향과 각속도(°/sec)를 검출하고, 이에 대응하는 X,Y 의 성분으로 역회전을 시키면 안테나는 방향의 변동없이 S'c 점을 계속 추적하는 상태로 유지시킬 수 있다.

선박의 동요성분은 동요의 방향과 각속도로 구분할 수 있으며 이것을 검출하는

센서로는 각속도 센서가 있으며 본 연구에서는 진동형 차이로 센서를 사용하였다. 각속도 센서를 이용한 동요보정 제어계는 안테나가 선박의 운동에 따라 동요를 하면 안테나에 부착된 각속도 센서에 의하여 동요성분이 검출된다. 이때 각속도 센서는 2축에 대하여 2개를 직각으로 설치하며 제어계도 각기 따로 구성하여 2개의 독립된 제어계가 동시에 동작하여야 한다. 센서에서 검출된 신호는 동요의 방향과 각속도에 따라 1의 비소전압으로 나타나며 이것을 정형하여 동요방향에 대응하는 정역(逆)의 신호와 동요의 각속도에 비례하는 펄스열을 만든다. 이 신호를 모터의 구동부에 입력시키면 안테나 마운트는 동요의 성분과 반대되는 방향으로 회전을 하게 된다. 이때 X축은 Az축으로 Y축은 EI축으로 대응하여 제어하는 형식으로 구성하였다.

주 시스템의 전체적인 동작은 외부장치의 도움없이 안테나의 수신레벨을 최대한으로 추적하는 스텝트랙과 동요를 검출하여 보정하는 동요보정의 2가지 기능을 병행하여 제어하도록 하였다. 시스템의 전체적인 구성은 그림6 과 같다.

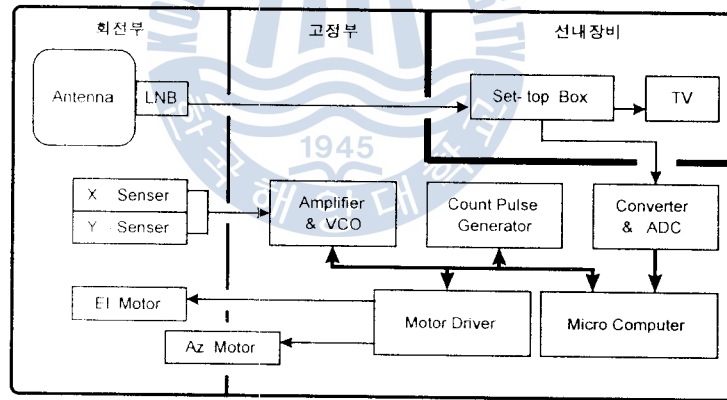


그림6. 시스템의 계통도

2. 추적 알고리즘

시스템의 추적과 제어 알고리즘은 다음의 루틴(routine)으로 나누어서 생각할 수 있다.

- 1) 마운트의 초기설정
- 2) 탐색(search) 모드
- 3) 스텝트랙과 동요보정

- ④ 피라미달 스캐닝 (pyramidal scanning)
- ⑤ 수신불능 조건에서 작동 중지

마운트의 초기설정은 시스템을 on으로 하면 Az축을 172° 위치로 하고, E1축은 25° 의 위치에 세트하여 다음에 이어질 탐색동작을 준비하는 단계이다.

탐색모드는 마운트의 초기설정이 끝난 후 안테나가 위성을 포착하는 동작을 말한다.

위성의 탐지영역은 Az축은 172~226° , E1축은 25~71° 로 한정하여 구동된다.

스캐닝이 진행되는 동안 안테나로 입력되는 수신레벨은 연속적으로 프로세서에 입력되어 체크되며 일정한 레벨(약 30dB 정도) 이상이 되는 점에서는 즉시 동작을 멈추고, 스텝트랙에 의하여 수신레벨이 증가되는 방향으로 추적하면서 동요보정에 의하여 안테나의 자세를 유지하도록 제어한다.

스텝트랙 알고리즘은 스텝과 스텝사이에는 일정한 주기의 지연 타이머를 삽입하여 스텝트랙의 속도를 정하며, 주기가 짧을수록 추적의 동작은 빨라지나 마운트가 진동형태로 동작되므로 무리가 생기고 주기가 길어지면 추적의 성능이 떨어진다. 그러므로 기계적으로 안정된 동작과 추적의 성능을 분석하여 최적의 상태가 되도록 주기를 정해야 한다.

피라미달(Pyramidal)스캐닝이란 선박이 급격한 동요로 인하여 추적에 심한 에러가 생겨 수신이 안되면 스텝트랙의 동작도 불가능하여 시스템은 추적기능을 잃게 된다. 그러나 이때에 위성의 위치는 그 주위에 가까이 있으므로 재빨리 부분적인 스캐닝을 실시하면 위성을 포착할 가능성이 크다.

스캐닝하는 방법에는 여러가지가 있으나 여기에서는 코니칼(conical)동작과 비슷하며 쉽게 구성할 수 있는 피라미달의 형태로 알고리즘을 작성하였다.

마지막으로 이동체인 선박이 수신한계 영역을 벗어났거나 또는 선박의 주위에 위성의 전파빔(beam)을 차단하는 구조물이나 지형이 존재할 때에는 수신이 불가능하므로 시스템은 비정상적인 동작을 계속하게 된다. 이러한 상태에서는 시스템의 안전을 위하여 동작을 중지시켜야 한다. 그림7.은 주 프로그램의 순서도이다.

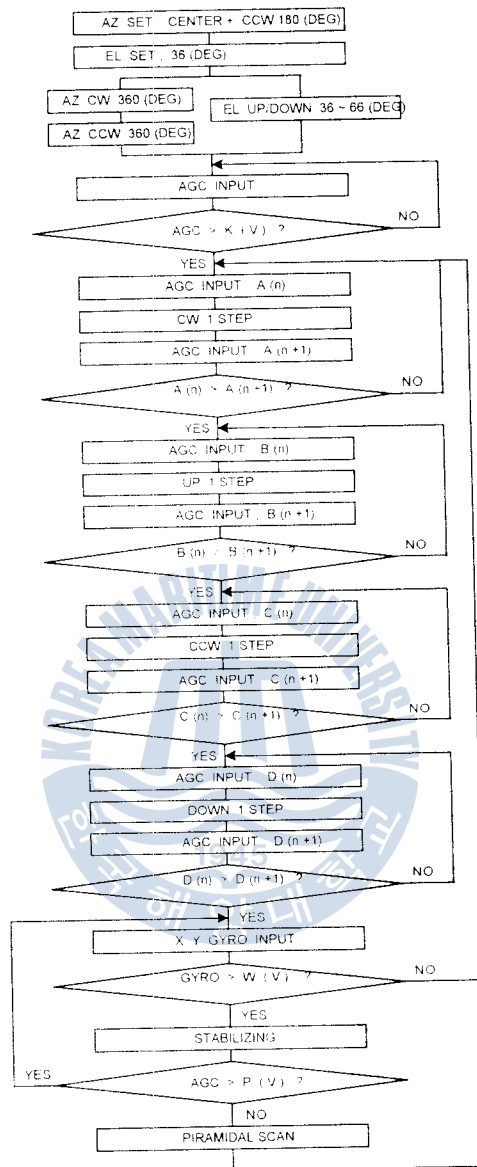


그림7. 주 프로그램의 순서도

3. 실험 및 분석

정확한 추적과 제어의 동작에 있어서 우선 중요한 것이 마운트의 기계적인 정밀도와 안정된 동작에 있었다. 특히 스텝모터는 스텝당 회전각이 0.9° 이고 안테나의 반치각은 4° 정도로 반치각의 범위는 기우 4스텝에 해당되므로 정밀한 추적

을 수행하려면 스텝당 안테나를 미세하게 구동할 수 있는 감속기어를 사용해야 한다. 그러나 감속비를 크게하면 기계구조가 복잡해 지고 스텝모터가 과도한 회전을 하게 되며 감속비를 적게하면 추적의 정밀도가 떨어진다. 여기에서는 Az축과 E1축에 각각 2단계의 감속장치를 구성하여 감속비는 Az축이 1/18 로 스텝당 0.05°, E1축은 1/24 로 스텝당 0.0375° 의 정밀성을 갖도록 하였다.

안테나 마운트의 기계적인 구조는 받침위에 Az축을 설치하고 Az축 상에 안테나를 상하로 구동할 수 있는 E1축을 설치하였다. 그리고 구동시 기계적인 진동을 최소화 하기 위하여 맞물리는 기어를 사용하지 않고 타이밍(timing) 기어와 벨트를 사용하여 동력을 전달하였다.

스텝모터는 5 [kg·cm]의 구동력과 유지 토크를 갖는 제품을 사용하여 마운트를 충분히 구동하고 홀드(hold)하도록 하였고 벨트를 탄력적으로 밀어주는 장치를 부착하여 벨트와 기어를 밀착시키므로써 동력이 정확하게 전달되도록 하였다.

마운트의 기계적인 동작은 변환회로나 프로세서 등의 속도에 훨씬 못미치는 저속이므로 각각의 제어에 따른 최적의 지연(遲延) 타이머가 필요하였다.

DSB용 튜너에서 AGC 전압으로 나타나는 수신레벨의 상태는 무신호시 4.3[V]였고 최대신호시(튜너에서의 안테나 설치 안내신호가 95 [%]일 때)에는 약 4.5[V] 정도로 그 폭이 매우 적었다. 따라서 전압 변환기를 이용하여 무신호를 0[V]로 최대신호를 4.5[V]가 되도록 변환하여 ADC의 입력으로 사용하였다.



그림8. 시제품 및 실험세트

또한 수신레벨의 최대인 부분은 침예하게 변형하여 스텝트랙의 성능을 높였으며

수신레벨의 특성을 최적으로 조정한 결과 변환전압이 1[V] 정도 이상이면 정상적인 화질과 음성이 수신되었다. ADC 는 약 150[μ s] 의 변환속도로 free run 구동으로 하였다.

카운트펄스 발생기의 펄스주기는 짧게 할수록 스캐닝이 고속으로 되어 위성을 빠르게 포착할 수 있었으나 마운트의 동작은 불안정 했으므로 지연타이머를 약 1[mS] 정도로 삽입하여 안정된 동작을 하도록 하였다.

동요보정의 각도와 각속도는 각각 로링은 $7^{\circ} / 6$ 초, 피칭은 $15^{\circ} / 8$ 초 를 기준으로 정하였으며 저속의 각속도에 의한 동요는 스텝트랙의 추적으로 해결하였다. 실험에서 얻은 소프트웨어 타이머의 주기는 스텝트랙은 약 20[mS]의 펄스열로 구동하였을 때 추적성능이 최적이었으며 동요보정은 약 1[mS] 의 VCO 펄스열에서 보상동작이 가장 원활하게 이루어졌다. 역회전과 피라미달 스캐닝은 약 1.5[mS]의 주기로 설정하였다.

그림8 은 실험을 하기 위하여 별도로 제작한 선박운동 시뮬레이터 위에 시제품을 탑재하고 측정장비를 설치한 형태를 보인 것이다.

그림9 는 선박운동 시뮬레이터에 의하여 로링과 피칭을 구현하고 시스템을 동작시켜 추적과 동요보정을 실험한 것으로 수신레벨은 튜너의 AGC 전압을 0~5[V]로 변환한 것을 펜 레코더에 직접 입력하여 기록하였다.

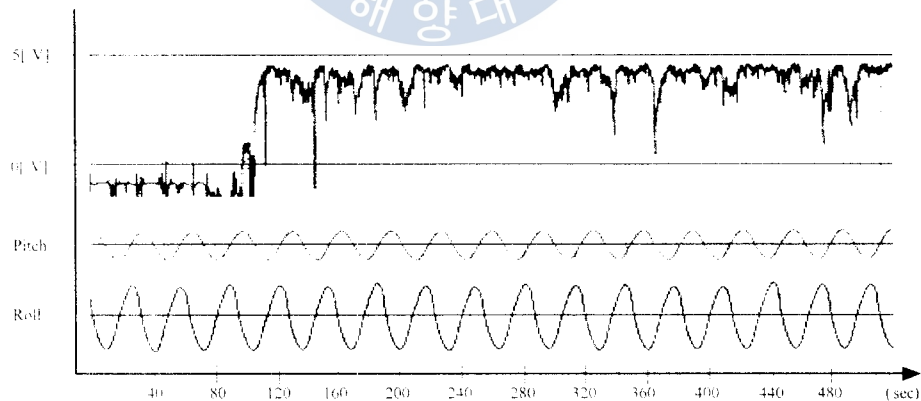


그림9. 시뮬레이터에 의한 선박운동과 수신레벨

맨 위의 파형은 수신레벨이며 아래쪽의 파형은 각각 roll 축과 pitch 축의 동요를 표시한 것으로 약 5분간에 걸쳐 수신한 것이다. 동요보정시 각속도 센서의 감

출전압은 스텝모터의 동시 구동에 의하여 계속 미세한 진동 성분을 포함하고 있었으므로 저역필터를 사용하여 검출하였다.

그러므로 기계적으로 부드러운 스타트와 동작을 할 수 있는 마운트의 제작이 필요하였다. 특히 중량이 큰 Az축의 구동시에는 민첩한 동작이 제대로 이루어지지 못하고 오동작의 경우가 많이 생겨 성능저하의 주된 원인이 되었다. 그림에서 수신레벨이 갑자기 떨어지는 현상은 바로 이때에 발생하는 포인팅 에러(pointing error)이다. 결과적으로는 로링 $\pm 7^\circ / 6$ 초, 피칭 $\pm 15^\circ / 8$ 초의 동요조건에서 변환 수신전압이 3[V] 이상을 유지하며 선명한 화질과 음질을 수신할 수 있었다.

또한, 실제의 항해조건에서 성능을 확인하기 위하여 3,500[톤] 급의 실습선에 장비를 탑재하고 수신상태를 실험하므로 장치의 안정성과 실용성을 입증하였다.

V. 結 論

기계적인 구조를 제어하는 추적안테나 시스템은 우선 기계적인 구성의 정밀성과 견고성이 없이는 필요한 성능을 구현할 수 없다. 그러므로 기계적인 구성은 정확한 설계와 정밀한 제작을 통하여 만들어져야 한다. 특히, 소형선박의 환경은 진동과 동요가 많기 때문에 복잡하게 구성되면 고장의 요소를 배가 시킬 것이다.

마운트의 구조를 간단하고 견고하게 하기 위하여는 Az/EI 2축 마운트방식이 가장 유리하며 직접적인 실험을 통하여 실용성도 충분히 입증하였다. 여기에서는 마운트의 재질로 우선 가공하기 쉬운 연철을 사용하였으나 알루미늄과 같은 재질을 금형으로 제작하여 사용하면 정밀하고 가벼우므로 구동특성이 개선되어 추적의 성능도 향상될 것이다.

수입에 의존하고 있는 각속도 센서는 비용면에서 가장 문제가 되지만 국산화에 성공하여 저렴한 가격으로 시판될 예정이다.

본 연구를 토대로 보다 정밀하고 저렴한 장치를 제품화하면 연·근해의 소형선박이나 함정에게 방송서비스를 제공하는 용도이외에도, 해상을 대상으로 하는 항해, 기상, 어황(魚況) 등의 필요한 정보를 제공하는 고정통신서비스(FSS)가 가능하므로 새로운 해상정보 시스템의 구축을 실현시킬 수 있다.