

선박용 DBS수신 추적안테나 시스템의 구현

正會員 崔 朝 天*, 梁 奎 植**, 崔 炳 夏*

A Study on the Tracking Antenna System for DBS Receive on a Ship

Jo-Cheun Choi*, Gyu-Sik Yang**, Byung-Ha Choi* *Regular Members*

※이 연구는 정보통신부의 "산·학·연 공동기술개발사업"에 의하여 수행된 것임.

요 약

직접위성방송(DBS)은 정보화사회를 위한 실질적인 서비스 분야로써 각광을 받고 있으며, 특히 해상에 까지 광범위한 방송서비스를 제공할 수 있는 매우 유용한 매체이다. 그러나 해상에서의 DBS 수신장치는 선박의 운항이나 피칭(pitching), 로링(rolling), 요잉(yowing) 등의 동요에 관계없이 위성을 계속 추적하기 위한 복잡한 안테나 제어장치가 필요하다.

이 연구는 소형 선박에서 무궁화위성의 DBS를 수신하기 위한 장치의 개발을 목표로 하고 있으며, 한반도 주위의 해역을 항해하는 소형 선박에서 쉽게 탑재하고 사용할 수 있도록 소형, 경량, 저가격화에 중점을 두었다.

그러므로 한반도 연·근해에서 무궁화위성의 추적조건을 분석하고 이에 적합한 Az/EI 2축 마운트를 설계하여 제작하였으며, 스텝트랙(step track) 방식에 의한 추적과 각속도 센서를 이용한 마운트의 동요보정 기능을 타 장비의 도움없이 스스로 수행할 수 있는 시스템을 연구하였다. 또한 장치를 탑재할 수 있는 선박운동 시뮬레이터를 제작하여 여러가지 형태의 동요를 구현하며, 추적과 동요보정에 따른 수신상태를 측정, 분석하므로써 실험적으로 최적의 알고리즘을 작성하였다.

ABSTRACT

The DBS system is being highlighted as actual area for the information societies. Specially, the DBS have been proposed very useful system to access the broadcasting service in more widely sea. But the antenna tracking system for maritime DBS receiving is required complicated control system because of the those complex motion represented pitching, rolling and yawing etc.

*북포해양대학교 해양전자통신공학부

**한국해양대학교 전자통신공학과

論文番號: 97247-0721

接受日字: 1997年 7月 21日

Our research target is a development of tracking system to the KOREASAT(MUGUNGWHA-1, 2) for the applied small size shipping. So our development focus was concentrated the two development direction.

The first focus was represented low-cost system for popularization of small-size shipping around sea of the Korea peninsula. The second focus was an adaptive possibilities with domestic equipment which was developed satellite receiving for KOREASAT.

The antenna mount is designed a compact size and easy operation use to the Az/EI 2-axis type which is operated by step motor. And this mount type is very useful on a ship in the near sea of Korea peninsula.

Basic tracking method is used the step-tracking algorithm, and the ship's moving compensation is adapted to the closed loop control method by ship's moving detection of gyro sensor. Control part is consist of converter, counter-timer, VCO, micro-computer and it's software.

Testing the operation by the ship's moving simulator, and algorithm is designd tracking and moving compensation by receiving state.

I. 서 론

직접위성방송(DBS)은 광범위한 영역과 고품질의 서비스를 제공하므로 정보화 사회에서 매우 유용한 매체로 활용이 예상되며, 이동체에서도 위성방송을 수신할 수 있는 기술을 필요로 하고 있다. 특히, 선박의 경우 장기간 육지의 소식을 접하기 어려운 실정에서 선원들이 느끼는 고립감은 심화되며, 이제는 위성방송을 통하여 이들에게 생생한 생활정보를 전달하므로써 그러한 환경을 해소시켜 주는 측면의 노력도 필요한 때이다.

따라서 본 연구는 주로 한반도 연·근해를 항해구역으로 하는 소형 선박에서 DBS 수신이 가능한 장치의 개발을 목적으로 하고 있으며, 성능은 선진국 제품의 경우를 참조하여 선박용의 한계를 피칭; $\pm 7^\circ/6$ 초, 로링; $\pm 15^\circ/8$ 초, 선회; $\pm 6^\circ/초$, 이동속도; 30[Knot] 이하를 목표로 정하였다.⁽¹⁾⁽²⁾

II. DBS의 수신

1. DBS와 무궁화위성

우리나라의 위성방송용 위성은 일본, 파푸아뉴기니, 러시아, 북한과 같이 정지궤도의 동경 110° 에 할당되었으나 무궁화위성은 통신, 방송 겸용이기 때문에 동경 116° 에 위치하였고, 6개의 채널이 좌선원편파(LHCP)로 할당되었다. 또한 디지털방식이기 때문에 3개의 중계기로 12개 채널을 방송할 수 있어서 예비위성까지 포함하면 총 24개의 방송채널이 확보되어 있다.

무궁화위성의 방송용 빔(beam)은 패턴이 $1.2^\circ \times 1.0^\circ$ 의 타원형으로서 빔의 중심은 동경 127.5° , 북위 36° (전북 무주)로 되어 있다.

DBS 수신시스템은 안테나에 LNB를 결합하여 1 [GHz]대로 변환한 후 동축케이블에 의하여 실내에 있는 튜너로 전송하는 형태로 되어있다. LNB의 전원은 동축케이블을 통하여 DC전압이 동시에 공급되며 LO에서 10.75 [GHz]를 발진하여 950~1,450 [MHz]의 출력을 얻는 방식이 많이 사용된다.

2. 이동체에서의 DBS 수신

이동체에서 위성방송을 수신하기 위해서는 안테나가 이동체의 변위에 관계없이 항상 위성을 정확하게 지향하여야 하며, 이러한 시스템은 사용자, 사용구역, 크기, 경제성 등을 고려하여 안테나의 마운트방식, 추적방식, 동요보정방식 등을 합리적으로 결정하는 것이 중요하다.

위성추적용 안테나의 마운트형식은 Az/EI(Azimuth-Elevation)마운트, X/Y 마운트, polar 마운트방식이 있다. 그러나 이동체에서는 이동과 동요에 대한 신속하고 정확한 보정을 위하여 이들을 조합한 3축 또는 4축의 마운트방식이 많이 사용된다. 마운트의 축이 많을수록 보다 안정도가 좋은 시스템을 구성할 수 있는 반면 기계적 구조와 제어계의 구성이 복잡해지는 문제가 있다.⁽³⁾

안테나가 항상 위성을 지향하도록 하는 추적방식은 크게 자기(自己)추적 방식(closed loop 방식)과 프로그램추적 방식(open loop 방식)으로 구분한다.

자기추적 방식에는 conical scanning, beam switching, 스텝트랙, multi horn, 고차 mode 등의 방법이 있으며, 자기추적을 수행하기 전에는 반드시 위성의 초기포착을 필요로 한다. 프로그램추적 방식이란 이동 위성계에서 위성의 궤도데이터, 표준시각신호, 안테나의 디지털각도 데이터를 컴퓨터로 처리하여 안테나를 위성의 예측궤도 방향으로 계속 제어하는 방법이다.

또 육상이동체에서 정지위성계를 추적하는 경우에는 위의 2가지 방식을 병용하여 출발점에서부터 연속적으로 변화하는 거리 또는 위치의 자료에서 위성의 좌표를 미리 계산하여 안테나를 위성의 방향으로 지향시킴과 동시에 자기추적으로 최대점을 추적해가는 방법도 있다.⁽⁴⁾⁽⁵⁾

이 연구에서 채택한 스텝트랙 방식은 일정한 시간간격으로 안테나 각도를 미소 각도씩 스텝(step)형태로 이동시키며, 수신레벨의 변화를 비교하여 최대 수신레벨이 되는 점으로 안테나를 구동시키는 방식이다.

한편, 선박의 동요는 피칭, 로링, 요잉 및 선박의 이동과 선회 성분으로 나타내며 해상의 상태, 선박의 크기와 속도 등에 따라 다르게 나타나지만 일반적으로 피칭과 로링의 두가지 성분이 지배적이다. 이러한 선박의 동요에 대한 보정장치는 안테나부를 수평안정대(gimbal 또는 stable platform) 위에 설치하여 선박의 동요와는 관계없이 안테나가 위성을 추적하기 용이하도록 하는 방법과 본 연구에서 채택한 것처럼 동요센서를 이용하여 직접 안테나를 동요의 역방향으로 구동함으로써 지향방향을 항상 일정하게 유지하여 동요보정을 수행하는 방법이 있다.

한편, 수평안정대는 동요센서에서 검출된 동요각 및 각속도를 기초로 안테나의 X/Y 마운트 축을 구동하여 동요센서의 출력이 "0"을 유지하도록 제어하는 서보(servo)방식과 플라이-휠(fly-wheel)을 고속으로 회전시켜 기계적인 관성을 이용한 자세 안정화 방식이 있다.

또한 변침에 의한 선회운동에 대하여는 자이로컴파스의 신호를 이용하여 선회각 만큼 안테나를 역방향으로 구동하여 이를 보상하고 있으나, 어선등의 소형 선박에는 단순한 지지자이로컴파스만을 탑재하고 있으므로 이러한 방법은 응용하기 어렵다.

Ⅲ. 선박용 DBS 수신 시스템의 구성

1. 안테나의 마운트방식

선박은 저속 이동체이며 비교적 느린 동요의 형태를 갖고 있으므로 phased array 안테나에 의한 전자식 추적방식 보다 제작비가 훨씬 저렴한 기계적인 추적방식을 채택하여도 충분하며, 악천후에서도 통신이 가능해야 하는 INMARSAT와 같은 통신장치의 추적 성능에 비하여 DBS의 수신 환경은 다소 융통성이 있다. 따라서 가급적 간단하고 저렴한 시스템을 구현하여 소형 선박에서도 쉽게 사용할 수 있도록 Az/EI의 2축 마운트 방식으로 구성하였다.

또한 선박의 운동에 따른 위성방향의 변동계적을 분석하면 한반도 연·근해와 같은 고위도 지역에서 정지위성을 추적하는 경우에는 2축 마운트를 채택하여도 가능하다는 것을 알수 있다.

그림 1은 선박의 갑판을 수평면으로 생각하고 그 중앙을 원점(O)으로 하여 여기에 마스트(mast)와 동일한 방향으로 수직선을 세워 Z 축으로 하였고, 원점에서 선수방향(ship head)을 기준으로 하여 위성의 방향을 Az(ϕ)와 EI(θ)의 극좌표로 나타내었다. 그리고 원점에서 선수방향(ship head)을 +Y 축으로 좌현방향(starboard)을 +X 축으로 작도하면 X-Y의 직각좌표가 되며 이 직각좌표의 평면상에 위성의 방향을 표기할 수 있다.⁽⁶⁾

그 방법은 원점에서 부터 화살표의 위성방향으로 일정한 거리의 점 S를 정하고 여기에서 평면에 연직선으로 S'를 투시하면 된다. 만약 선박의 동요가 전혀 없다면 위성의 Az와 EI에도 변화가 없으므로 S'는 어느 한집에 정지하게 되고, 동요가 있으면 위성의 Az

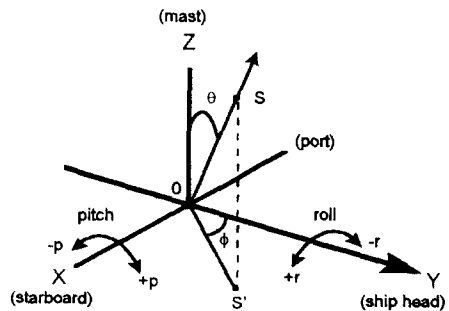


그림 1. 좌표계
Fig. 1 Coordinates

와 EI이 변화하므로 투시된 S'도 변동하게 된다.

즉, 평면에 투시되는 S'는 직각좌표상에 어느 한점으로 나타나게 되며 선박의 계속되는 동요에 의하여 S'는 일정한 궤적을 그리게 된다.

이때 X 축의 회전운동은 피칭으로 Y 축의 회전운동은 로링의 상태로 되며 이것의 성분을 각각 $\pm p$, $\pm r$ 로 표기하였다.

그림 2는 직각좌표에서 S'가 동요에 의하여 변동하는 범위를 분석하기 위한 것이다.

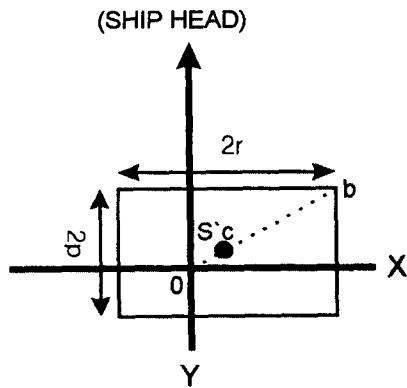


그림 2. 선박의 동요에 의한 S'의 변동범위
Fig. 2 Variation area of S' by ship's motion

선박이 수평상태에서 한쪽 방향으로 기울어지는 피칭과 로링의 최대치를 각각 p와 r이라고 하면 양 방향으로의 기울기는 2p와 2r의 길이로 나타낼 수 있다. 동요가 전혀없는 상태의 S'는 한점에 정지하게 되며 이때의 S'를 S'c로 표기하였다. 여기에 동요가 생기면 p와 r의 성분에 따라 S'는 S'c를 중심으로 이동하게 되며, p와 r이 최대로 이루어진 가장자리의 점들을 모아서 연결하면 그림 2와 같이 S'c를 중심에 둔 세로 2p와 가로 2r의 사각형을 그리게 된다. 또 그림 2는 위성이 고양각에 위치하며 사각형이 직각좌표의 원점을 포함하는 경우로서, 이때 Az는 360°의 전방위를 회전하고 EI은 원점에서 꼭지점 b까지의 점선에 해당하는 각도내에서 회전하게 된다. 즉, 위성의 Az와 EI 그리고 동요의 형태에 따라서 사각형의 모양과 위치는 여러가지로 다양하게 나타나게 된다.

만약 위성이 선수측에 저양각으로 있다면 사각형은 그림 3과 같은 모양으로 나타나게 되며, 이때에는 사

각형이 직각좌표의 원점을 포함하지 않는 형태로 된다.

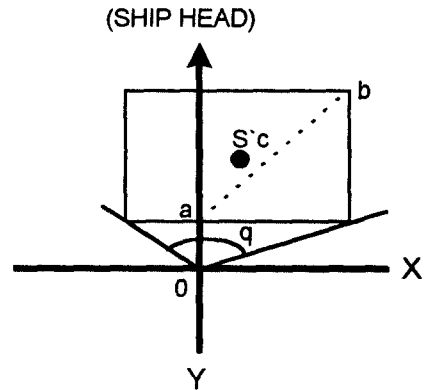


그림 3. 저양각 상태에서 선박의 동요에 의한 S'의 변동영역
Fig. 3 Variation area of S' by ship's motion in low-EI state

즉 Az은 원점에서 이루어진 각도 q의 범위에서 그리고 EI은 점선 a에서 b까지에 해당하는 각도내에서 회전하게 된다. 본 연구에서 대상으로 하는 한반도 연·근해의 해역은 이러한 동요의 형태에 해당되며, 안테나가 원점을 중심으로 한방향의 일부 범위에서만 구동하게 되므로 추적 알고리즘의 구현을 쉽게 할 수 있다.

2. 추적방식

위성을 추적하는 알고리즘에 대해서는 상세히 보고된 예가 없으며, 안테나 마운트의 기계적인 구성, 초기의 탐색(search) 방법, 센서의 종류와 동요보정방식, 제어 알고리즘 등이 회사마다 각기 다르기 때문에 제품의 크기, 성능, 가격등도 다양하게 제시되고 있다.

선박의 INMARSAT장비 및 육상 이동체용 장비에서는 추적의 안정성과 고속화가 필요하기 때문에 스텝트랙의 closed loop 방식과 프로그램에 의한 open loop 방식을 병용한 조합형의 형태로 제어하고 있으나⁷⁾, 이 연구에서는 기기의 단순화와 소형 선박용을 목표로 하고 있기 때문에 수신레벨에 의한 스텝트랙과 동요보정 방법만을 이용하는 독립된 자립식 장치로 구성하였다.

Az축의 구동 범위는 중심 위치로부터 회전 제한각을 $\pm 360^\circ$ 로 설정하였고, EI 축의 구동 범위는 수신가능해역에서의 최대 및 최소각에 선박의 동요각을 예상

하여 EI 축의 상한 및 하한각으로 범위를 확정하였다.

우리나라 근해에서의 방위각(Az)과 양각(EI)의 범위를 계산하면 안테나 직경이 50 [cm]인 경우에 방위각의 범위는 200°~206°이고 양각의 범위는 45°~51°이었다.⁽⁸⁾ 그러나 이동체의 조건에서는 방위각이 360°전방위로 주어지며, 양각의 구동 범위는 선박의 예상 동요치 ±15°를 합산하여 30°~66°의 범위로 설정하여야 한다.

스텝트랙은 안테나를 일정한 방향으로 1스텝 회전하여 수신레벨을 점검하고 증가했다면 다시 같은 방향으로 이동하고, 감소한 경우에는 반대방향으로 이동하여 수신레벨이 최대인 점으로 추적해 가는 방법이다. 즉, 처음 입력된 수신레벨을 일시 기억하고 미소각의 회전후에 입력된 수신레벨과 비교하여 증가되는 방향으로 다음의 회전방향을 판단하는 알고리즘을 설계하여야 하며, 이것은 시스템의 추적성능을 결정하므로 이에 대한 많은 연구와 실험을 필요로 한다.

또한, 우주공간에 위치한 위성을 추적하려면 위성 주위의 공간에 대하여 상→하→좌→우 또는 상→좌→하→우 등으로 스텝방향의 순서를 정하여 위성 주위의 공간에 대하여 고르게 추적을 하여야 한다.

3. 동요보정방식

여기에서의 동요보정은 선박의 동요성분을 검출하고 역방향의 같은 각속도로 안테나를 회전시켜서 S'c 점을 계속 지향하도록 제어하는 방법을 말한다. 즉 그림 2와 그림 3에서 위성의 방향인 S'c가 동요에 의하여 사각형내의 어느점 S'로 변위되는 과정의 방향과 각속도를 X와 Y의 성분으로 검출하고, 검출된 만큼 정확하게 마운트를 반대방향으로 회전시켜 안테나의 방향이 변함없이 계속 S'c 점을 유지하도록 제어하면 된다.

선박의 동요는 방향과 각속도로 구분할 수 있고 이것의 검출에는 각속도 센서가 적합하다. 여기에서는 반영구적이며 성능이 우수한 음차형 진동자이로(모델 TFG-160D)를 선택하여 사용하였으며 그 특성은 표 1과 같다.

각속도 센서를 이용한 동요보정 제어계는 그림 4와 같이 구성하였다. 각속도 센서는 마운트상에 수직과 수평이 되도록 2개를 설치하여야 하며 제어부도 각각 2개의 독립된 제어계로 구성하여 동시에 동작되도록

표 1. 진동형 각속도 센서의 특성

Table 1. Characteristics of rate gyro

항 목	특 성
최대각속도(°/s)	±200
Scale-factor	50
분해능(°/s)	0.005
Linerlity	0.1
Hysterisis	-
주파수특성(Hz)	50
사용온도(°C)	-10~+70
온도 드리프트	0.5
소비전력(W)	0.6
규격(mm)	50×35×33
중량(g)	130

하여야 한다.

센서에서 검출된 신호는 동요의 방향과 각속도에 따라 ±의 미소 전압의 신호로 나타나며 이것을 정형하고 증폭하여 동요방향에 대응하는 정역(正逆)의 신호와 동요의 각속도에 비례하는 펄스열을 발생시킨다. 이 신호를 모터의 구동부에 입력시켜 안테나가 펄스열에 비례하여 동요의 반대방향으로 회전하도록 설계하였다.

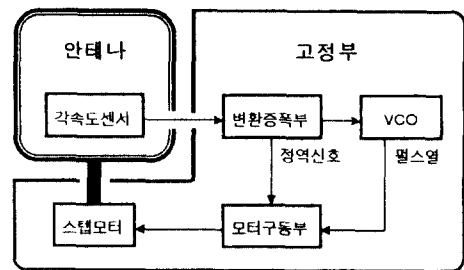


그림 4. 각속도 센서에 의한 동요보정 제어계

Fig. 4 Moving compensation control unit by gyro sensor

IV. 선박용 DBS 수신 시스템의 제작과 실험

1. 전체 시스템의 구성

시스템의 전체적인 구성은 그림 5와 같으며 모든 동

작은 외부장치의 도움없이 안테나의 수신레벨을 최대한으로 추적하는 스텝트랙과 동요를 검출하여 보정하는 동요보정의 두가지 기능이 병행되어 제어하도록 하였다. 즉, 안테나가 어느 방향이든 안테나 평면상의 X-Y 좌표에서 좌우 방향인 X 성분은 Az 축으로 상하 방향인 Y 성분은 EI 축으로 항상 대응되어 제어하는 형태로 구성하였다.

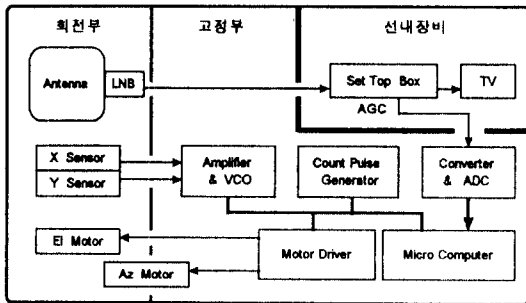


그림 5. 시스템의 계통도
Fig. 5 Block diagram of system

안테나는 소형, 경량일수록 구동력이 적게 소요되므로 접시형 보다 평판형을 사용하는 것이 시스템의 구성상 유리하며, 수신영역을 넓히고 보다 선명한 화질을 얻기 위해서는 고이득의 안테나를 설계할 필요가 있다.

현재 고이득의 평판형 안테나는 국내에서도 계속 연구중이며 현재로서는 L社에서 제품화한 평판형 안테나가 가장 적합하여 이것을 그대로 사용하였다. 안테나와 LNB의 특성은 표 2와 같이 제시되어 있으며, 비교적 소형의 평판에 LNB를 일체화하여 가볍고 간

표 2. 안테나와 LNB의 사양
Table 2. Specification of the antenna & LNB

안테나	LNB
평면형: 36×36(cm)	출력 주파수: 950~1,450(MHz)
LNB 일체형	출력임피던스: 75Ω
주파수범위: 11.71~12.01(GHz)	N/F: 1.0 dB
편파: LHCP	변환이득: 55dB이상
이득: 32 dBi	전원: 직류동시공급
전력반차각: 4°	
입력정제파비: 1.5	

단한 형태로 성능도 우수하였다.

안테나에 수신된 위성의 전파는 12 [GHz]대이며 LNB에서 1 [GHz]대로 변환되어 동축케이블을 통해서 튜너(Set Top Box)에 연결되고 추적에 사용할 수신레벨은 튜너의 AGC 전압에서 분기하여 얻었다.

카운트펄스 발생기는 펄스발생기와 카운터회로로 구성되어 있으며, 초기에 위성을 찾는 탐색동작에서 Az 축은 360°의 왕복 회전운동을 EI 축은 30~66°의 상하운동을 하며 스캐닝(scanning) 동작을 하는데 필요한 정확한 수의 펄스와 정역(正逆) 신호를 발생하는 회로이다. 이 부분도 Az와 EI에 각기 별도의 회로를 구성하여야 하며 필요한 구동펄스의 수는 스텝모터의 펄스당 회전각(0.9°)×기어의 감속비×소요 회전각으로 계산할 수 있다.

2. 제어 알고리즘

시스템 전체의 알고리즘은 다음의 루틴(routine)으로 구성된다.

- ① 마운트의 초기설정
- ② 탐색(search) 모드
- ③ 스텝트랙과 동요보정
- ④ 제한각에서의 역회전(back turn)
- ⑤ 피라미달 스캐닝(piramidal scanning)
- ⑥ 수신불능 조건에서의 작동 중지

마운트의 초기설정은 시스템을 ON 하면 Az 축은 전체 회전각 720°의 중심에서 CW(시계방향)으로 180°회전한 위치에 EI축은 30~66°의 하단인 30°의 위치에 세트하여 다음에 이어질 탐색동작을 준비하는 단계이다.

탐색모드는 마운트의 초기설정이 끝난 후 안테나가 위성을 포착하는 동작을 말한다. 앞에서 언급한 바와 같이 위성의 탐지영역은 한정되므로 Az 축은 360°, EI 축은 30~66°의 구동범위가 되도록 설계하였다. 즉, Az 축은 초기설정에서 회전의 중심으로부터 CW로 180°의 위치에 세트된 상태이며 이곳에서 CCW(반시계방향)로 360°를 회전한 후 다시 CW로 360°를 회전하는 동작을 반복하고, EI 축은 30~66°의 범위를 상하로 회전하므로써 위성을 탐지할 수 있는 범위를 계속 스캐닝하여 위성을 포착하게 된다. 단, EI 축은 탐색모드가 끝나면 구동범위의 제한을 무시하여도 된다.

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

그림 6은 스텝트랙 알고리즘을 구조도로 나타낸 것이며, 여기에서 스텝과 스텝 사이에는 적절한 주기의 지연타이머를 삽입하여 스텝트랙의 속도를 정한다. 단, 주기가 너무 짧으면 마운트가 진동의 형태로 동작되므로 기계적으로 불안정하고 주기가 길어 질수록 추적의 성능은 떨어지게 된다. 그러므로 추적의 동작이 최적의 상태가 되도록 지연타이머의 주기를 정해야 한다.

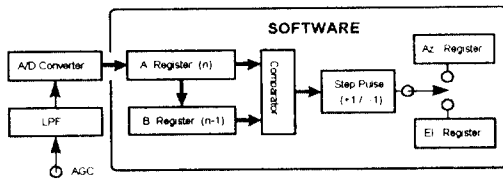


그림 6. 스텝트랙 알고리즘의 구조
Fig. 6 Structure of the step track algorithm

피라미달(piramidal) 스캐닝이란 부분적인 범위만을 탐색하기 위하여 구현한 알고리즘이며 스캐닝의 형태는 그림 7과 같다. 예를들면 선박의 급격한 동요로 안테나의 방향이 한계치를 벗어나면, 수신레벨이 "0"으로 되어 스텝트랙의 동작이 불가능하게 된다. 이때에 위성의 위치는 그 주위의 근접한 곳에 있을 것이므로 신속하게 그 부분만을 탐색하면 위성을 포착할 가능성이 크다. 이렇게 부분적인 탐색을 수행하는 방법은 여러가지로 구현할 수 있으나 코니칼(conical) 동작과 비슷하며 쉽게 구성할 수 있는 피라미달의 형태로 알고리즘을 작성하였다. 이때 스캐닝의 범위는 선박의 급격한 동요를 10°~20°정도로 예상하여 상하 좌우의 4방향으로 30°까지를 탐색영역으로 설정하였다. 그림 7의 a)는 수신레벨이 "0"으로 떨어진 중심의 위치에서 부터 스캐닝을 시작하여 점차 일정한 간격으로 넓혀가고, 30°의 위치에 도달하면 b)와 같이 다시 원위치로 쥘혀 들어가서 시작점에 도달하면 a)의

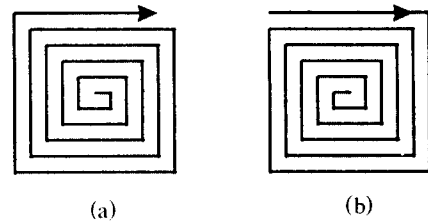


그림 7. 피라미달 스캐닝
Fig. 7 Piramidal scanning

동작으로 다시 반복하면서 위성을 탐색한다.

스캐닝 동작중 위성이 포착되면 즉시 스텝트랙으로 추적하게 되고, 1분 정도 스캐닝을 하여 위성을 포착하지 못하면 초기상태로 점프하도록 하였다.

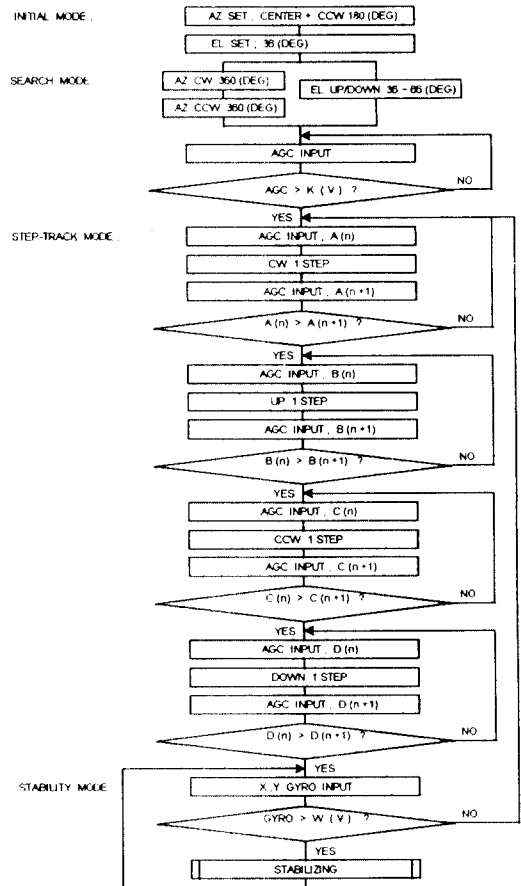


그림 8. 주 프로그램의 순서도
Fig. 8 Flowchart of main program

마지막으로 선박이 수신한계 영역을 벗어났거나 또는 선박의 주위에 위성의 전파빔(beam)을 차단하는 구조물이나 지형이 있을 때에는 시스템이 탐색동작을 한없이 계속하게 된다. 그러므로 이러한 때를 대비하여 탐색시간을 제한하여 시스템을 불필요한 동작으로부터 보호할 필요가 있다.

그림 8은 주 프로그램의 순서도이다.

3. 실험 및 분석

정확한 추적과 제어의 동작에 있어서 우선 중요한 것은 마운트의 기계적인 정밀도와 안정된 동작에 있었다. 특히 스텝모터는 스텝당 회전각이 0.9°이고 안테나의 반치각은 4°정도로 반치각의 범위는 겨우 4스텝에 해당되므로 정밀한 추적을 하려면 안테나를 미세하게 구동할 수 있는 감속기어를 사용해야 한다.

그러나 감속비를 크게하면 기계구조가 복잡해지고 스텝모터가 과도한 회전을 하게 되며 감속비를 적게 하면 추적의 정밀도가 떨어진다. 시제품에서는 2단으로 감속장치를 구성하여 Az 축은 스텝당 0.05°, E1 축은 스텝당 0.0375°의 정밀성을 갖도록 하였다.

실험을 위하여 안테나 마운트를 탑재할 수 있는 선박운동 시뮬레이터를 별도로 제작하여 로링과 피칭의 동요를 여러가지로 구현하여 사용하였다. 시뮬레이터의 동요는 크기와 각속도를 변수로 하는 프로그램으로 처리하였고 스텝모터에 감속기어를 사용하여 정확하게 구동하였다.

한편, 스텝회전에 의한 미세한 진동성분이 각속도 센서에서 미약한 진동파로 검출되었으므로 저역필터를 사용하여 파형을 정형하였다.

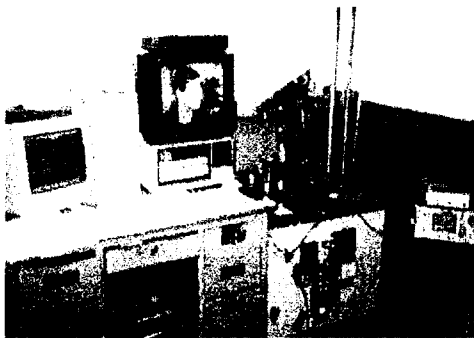


사진 1. 실험을 위한 장치의 설치
Photo. 1 Set of apparatus for experiment

사진 1은 시뮬레이터에 장비를 탑재하고 수신상태를 보며 수신레벨을 기록하기 위하여 실험장치를 설치한 상태를 보인 것이다.

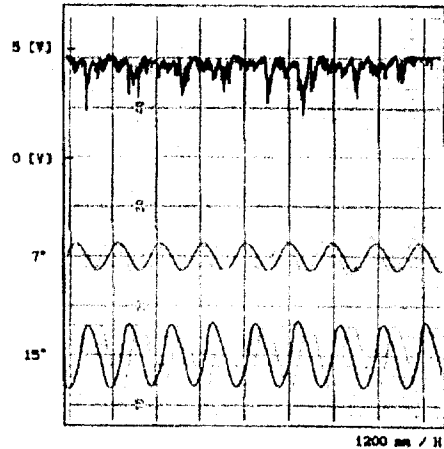


그림 9. 시뮬레이터에 의한 선박운동과 수신레벨
Fig. 9 Records of receiving level by ship's motion simulator

그림 9는 선박운동 시뮬레이터에 의하여 피칭과 로링을 구현하고 시스템을 동작시켜 추적과 동요보정을 측정하는 것으로 수신레벨은 튜너의 AGC 전압을 0~5 [V]로 변환하여 펜 레코더에 직접 입력하여 기록하였다.

맨 위의 파형은 수신레벨이며 아래쪽의 파형은 각각 시뮬레이터의 피칭과 로링의 동요를 그린 것으로 약 5분 동안에 걸쳐 수신한 것이다.

그림에서 수신레벨이 갑자기 떨어지는 현상은 중량이 큰 Az 축의 동요보정 구동시 기계적인 동작의 결합으로 발생하는 포인팅 에러(pointing error)이며 이것이 성능저하의 주된 원인이 되었다.⁹⁾ 그러므로 기계적으로 부드럽고 원활한 스타트와 동작을 충분히 수행할 수 있는 마운트의 제작이 필요하다. 변환된 수신전압이 1 [V] 정도이면 TV의 수신 가능한 상태였으며, 실험한 결과로는 피칭 $\pm 7^\circ/6$ 초, 로링 $\pm 15^\circ/8$ 초의 동요조건에서 수신전압이 3 [V] 이상을 계속 유지하면서 선명한 화질과 음질을 수신할 수 있었다.

실제의 항해조건에서 성능을 확인하기 위하여 연안을 항해하는 3,500 [ton] 급의 실습선에 장비를 탑재

하고 수신상태를 확인하였다. 실험장비의 설치환경이 부적합하여 동요와 관련된 수신레벨을 기록할 수는 없었으나, 당시 선박의 항해조건은 파고(波高) 4~5 [m] 정도에 선속은 평균 15 [knot]로 성능확인에 적합한 조건이었다. 결과는 선박의 선화와 동요에 관계없이 선명한 화면을 계속 유지하며 안정하게 동작하였고 주로 스텝트랙으로 추적하는 상태였으며 동요보정은 간헐적으로 나타나는 것을 관찰하였다.

V. 結 論

선박용 DBS 수신 추적안테나 시스템을 Az/EI의 2축 안테나 마운트의 기계적인 방식으로 구현하였으며, 스텝트랙 방식으로 위성을 추적하고 음차형 진동자이로 2개에서 검출된 각속도 신호를 사용하여 선박의 동요를 보상하는 형식을 채택하였다.

그리고 우리나라 연·근해의 해역에서 위성의 방위각과 선박의 동요에 따른 추적의 범위를 분석하여 소형 선박용으로 적합하도록 장치의 단순화와 소형화를 목표로 제작하였다.

스텝트랙과 피라미달 스캐닝의 소프트웨어를 구현하였으며 탐색모드의 동작은 하드웨어를 병용하여 성능의 향상을 도모하였다.

한편, 방위각의 범위는 200°~206°에 위치하므로 비교적 저렴한 전자콤파스를 따로 사용하여 탐색모드에서 Az 축의 구동범위를 20°정도의 범위로 제한하면 초기의 탐색시간을 크게 단축시킬 수 있다.

실험용으로 제작한 마운트의 재질은 가공하기 쉬운 연철을 사용하였고 모든 가공이 수작업으로 이루어진 관계로 정밀한 제작을 기대할 수 없었다. 그러나 실험결과 기계적인 추적방식은 대부분 기계의 동작특성이 추적의 성능을 결정하였으며, 기계적인 구조의 변형에 따라서 프로그램도 상당한 수정을 필요로 하였으므로 마운트의 정밀한 설계와 제작 그리고 경량의 구성이 무엇보다도 중요하였다.

선박운동 시뮬레이터를 이용하여 반복되는 실험을 거치며 수신성능을 향상시켰으며, 마지막으로 직접 선박에 탑재하고 항해를 하면서 장치의 동작과 수신상태를 점검하므로써 실용화의 가능성을 확인하였다.

이 연구를 토대로 더욱 기술을 향상시키면 연·근해를 항해구역으로 하는 소형선박이나 함정에 대한

방송서비스는 물론 저렴한 양방향 통신시스템의 개발에도 응용할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

1. 奥山全信, 江口光一, 井家繼也, 岸野和夫, 山田 登, 野中慶一, 内野一明, “船舶用衛星放送テレビ受信装置”, 日本無線技報, 東京, No. 24, pp. 9-15, 1986.
2. “Installation & Operation Manual Sea-Tel Model 8885 Multi Band Shipboard Satellite TV and Audio Receiver only System”, Sea-Tel, Inc., California, May 1992.
3. K. Fujimoto and J. R. James, “Mobile Antenna Systems Handbook,” Artech House, Boston, pp. 392-400, 1994.
4. 山本伸一, 田中健二, 苦菜弘充, 大森慎吾, “陸上移動衛星通信用アンテナ追尾方式”, 電子情報通信學會論文誌 B-II, 東京, Vol. J77-B-II, No. 6, pp. 307-316, June 1994.
5. 山本伸一, 田中健二, 苦菜弘充, 大森慎吾, “陸上移動衛星通信に適したアンテナ追尾システム”, SANE90-51, 東京, Vol. 90, No. 358, pp. 7-13, 1990.
6. 鹽川孝泰, 唐澤好男, 結城浩徳, “海事衛星通信船舶局用EL/AZ-マウントの指向誤差軽減法”, 電子通信學會論文誌, 東京, Vol. J77-B, No. 8, pp. 833-841, Aug 1986.
7. 高野好一, 村田孝雄, 藤田 雅, 加藤大一郎, 外山昇, “衛星放送移動受信装置”, テレビジョン學會誌, 東京, Vol. 48, No. 9, pp. 1133-1140, 1994.
8. 川橋 猛 編著, “衛星通信”, コロナ社, 東京, pp. 174, 1982.
9. 通信總合研究所 季報, “移動體衛星通信實驗”, 東京, Vol. 36, No. 10, March 1990.



최 조 천(Jo-Cheun Choi) 정회원
 1986년 2월: 서울산업대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1990년 2월: 조선대학교 대학원 컴퓨터공학과(공학석사)
 1997년 2월: 한국해양대학교 대학원 전자통신공학과(박사과정수료)

1977년~현재: 목포해양대학교 해양전자·통신공학부 조교수

※주관심분야: 해양전자·통신, 계측제어



양 규 식(Gyu-Sik Yang) 정회원
 1974년 2월: 한국항공대학교 항공통신공학과 졸업(공학사)
 1984년 2월: 건국대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
 1991년 8월: 건국대학교 대학원 전자공학과(공학박사)

1992년~1993년: Univ. of Michigan Post Doc. 연수

1983년~1986년: 한국해기연수원 조교수

1986년~현재: 한국해양대학교 전자통신공학과 부교수

※주관심분야: 초고주파회로 및 안테나



최 병 하(Byung-Ha Choi) 정회원
 1945년 6월 10일생
 1969년 2월: 한국항공대학교 항공전자공학과 졸업(공학사)
 1983년 8월: 건국대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
 1993년 2월: 한국항공대학교 대학원

항공전자공학과 (공학박사)

1987년: 통신기술사(전기통신)

1969년 4월~1972년 7월: 해군중위(전자)

1992년~현재: 목포해양대학교 해양전자·통신공학부 교수

※주관심분야: 이동 및 위성통신, 안테나와 전파특성