선박용 Ku-Band 위성추적형 안테나시스템 개발에 관한 연구

배 정 철*

A Study on the Development of Ku-band Satellite Tracking Antenna System for Ship

Jung-Chul Bae*

요 약

선박이나 자동차 등의 이동체에서, 이동중에 위성 TV를 볼 수 있도록 하기 위해서는 이동체용 TV 위성 수신안테나 개발이 요구된다. 현대사회에서 TV가 갖고 있는 정보는 정보 수집을 위한 매체로서의 기능뿐만 아니라, 이미 우리생활의 일부가 되어 있다. 특히 한국에서는 무궁화위성을 이용한 다채널위성방송이 시작되어 화질과 음질에서 뛰어난 프로그램을 제공하고 있어 위성을 이용한 TV수신은 이미 대중화되기 시작하였다. 본 연구에서는 수평추적은 자이로센서를 이용한 방위정보와 수신신호 강도를 측정 비교하는 하이브리드형 추적알고리즘을 사용하였고, 수직방향추적은 짐발(무게추)을 이용한 선박용 위성TV수신안테나 시스템을 개발하였다. 본 연구의 결과로서 소형으로서 경제적인 가격의 27dBi 평판배열안테나와 선박의 움직임이 롤링, 피칭 ±30도까지도 추적이 가능한 추적 알고리즘을 개발 하였다.

Abstract

Satellite television receiving antenna is required for watching TV on the vehicles, ship and car. Recently TV is not only facility as getting information but one of utility in our life. In Korea, already on the service multi-channel satellite TV using excellent visibility and sound, and there are many users using now by fixing antenna. On this thesis, developed ship's satellite TV receiving antenna, the azimuth controlling is adopted azimuth information using gyro sensor and differential of receiving signal strength algorithm, and elevation controlling used gimbals. The result of this research is successfully implemented Korean satellite tracking antenna as performance until ±30 degree roll and pitch of ship motion.

키워드

Satellite Television, Tracking Antenna, Antenna system for ship

Ⅰ. 서 론

21세기는 디지털 위성방송 시대라고 할 수 있다. 정보통신기술의 획기적 발전은 위성을 통해 고품질 영상과 음향, 데이터를 수백 개 채널을 통해 안방에 고스란히 전달하는 디지털 위성방송은 이러한 변혁의 선도 매체로서 우리의 생활을 한 차원 높이는 계기가 되고 있다.

이에 발맞춰 국내 유일의 디지털 위성방송 사업자인 한국디지털 위성방송은 2002년 3월 방송을 시작하였다.

우리나라에서는 무궁화위성 3호를 이용하여, 육상 뿐 아니라 해상 영역의 광범위한 시청 지역을

* (주)사라콤 선박자동화연구소
접수일자 : 8. 14

확보하고 있으므로, 선박에서도 위성방송 수신이 가능한 안테나만 개발되어 공급된다면 위성방송의 수신이 가능하다. 따라서 해상에서의 원활한 수신을 위해서는 선박용 능동안테나의 개발이 필수적으로 요구된다. 선박용 위성안테나가 보급되면 선박에서도 지상파 아날로그 TV 방송을 고품질, 다채널의 디지털 위성방송을 시청함으로써 실시간 정보 습득 및 선원복지증진 차원에서 삶의 질을 향상 할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 이와 같은 선박용 위성안테나의 제품개발을 목표로 연구하였다.

II. 사양도출 및 구현

위성방송은 채널별로 프로그램을 송출해 주는 송신지구국과 위성, 수신단발기 등으로 구성되는데, <그림 1>은 이와 같이 위성을 이용하여 TV를 수신하는 시스템 구성도를 보이고 있다.

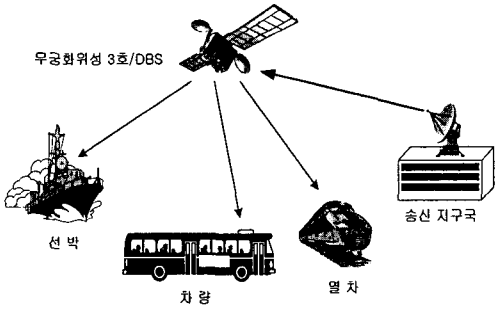

그림 1. 위성을 이용하는 시스템 개념도
Fig. 1 System configuration using Koreasat

먼저 추적성능에 관한 고려는 각 이동체 마다 운동특성이 모두 다르므로, 본 연구에서는 선박은 다른 이동체와는 달리 6축자유도 운동을 함으로, 선박의 운동특성에 맞는 추적알고리즘을 개발 할 필요가 있다.

안테나부 개발에 있어서는 우리나라의 무궁화 위성은 좌원편파를 사용하지만 일부 선박은 우원편파를 이용하는 일본 위성방송도 수신할 수 있도록 좌,우 모든 편파를 사용 할 수 있도록 개발사양을 결정 하였다.

<그림 2>에는 무궁화위성의 서비스영역도를 보이고 있는데, 58dBW까지의 영역에서 수신가능하도록 하면 우리나라 경제수역내의 선박에서 사용하는데 문제가 없으며, 56dBW까지 수신가능한 안테나를 개발하면 우리연안은 물론이고 남동쪽으로는 일본 서남연안과 서쪽으로는 중국 동쪽연안까지 수신할 수 있어, 멀리까지 나가 조업하는 많은 어선과 많은 선원들이게뿐만 아니라 많은 시간을 선박에서 생활하는 해경, 군함 등에 위성TV 수신이 가능하게 할 수 있다.[1]

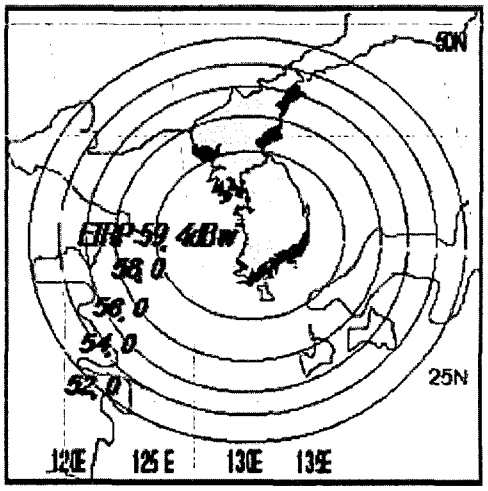

그림 2. 무궁화위성의 서비스 영역도
Fig. 2 Service area of Korea-sat

개발하고자하는 안테나는 위성신호를 수신하기에 충분한 성능을 갖추어야 함으로, 위성신호를 수신하는데 충분하도록 신호규격을 맞추어야 함으로, <표 1>에 보인 무궁화위성 3호의 제원에 충분히 부합되도록 하였고, 또한 일반적으로 셋탑박스라 불리는 수신기의 요구조건을 <표 2>에 보였다.[2][3]

안테나사양을 도출하기 위한 기본 조건은 무궁화3호 위성을 수신하기 위한 기본 전기적 특성을 만족하여야 하는 것으로 수신주파수범위는 11.7~12.0GHz의 주파수와 좌원편파(LHCP : Left Hand Circle Polarity)로 수신할 수 있어야 한다.

표 1. 무궁화위성 3호의 제원
Table 1. Specification of Koreasat 3

항 목	값
목표 접속 위성	Koreasat 3/DBS
목표 접속 위성 위치	Koreasat 3 : 116 deg. E
위성 신호 EIRP	59.4 dBW (@3dB EOC)
위성 신호 주파수 범위	11.7 ~ 12.0 GHz (Ku-Band)
위성 신호 편파 특성	LHCP
위성 중계기 대역폭	27 MHz

표 2. 위성 수신기의 입력인터페이스 조건
Table 2. Interface conditions for Set-top

항 목	값
입력 신호 레벨 범위	-60 ~ -25 dBm/채널
입력 신호 주파수 범위	950 ~ 1250 MHz
위성 중계기 채널 주파수 간격	19.18 MHz
입력 신호 C/N Threshold	13 dB
입력 컨넥터 형태	F type (F)
공급 전원	12 Vdc, 1.2A

설치환경으로는 열악한 해상 및 선박에서 사용할 것이므로 이에 적합한 각종 환경시험조건으로 온도범위 -40~75도, 95%방수방습, 설치 및 A/S의 용이성, 크기의 소형화, 무게의 경량화, 신뢰성 및 방수가능 F-타입 커넥터 등을 결정하였을 뿐만 아니라 다양한 선박 전원에 대비하여 전원입력은 110/220VAC, DC12V모두 사용 가능하도록 하며, 소비전력 12V 1.2A미만으로서 작동되어 소형 선박에서도 전원부하가 없도록 설계하였다.

가장 중요한 안테나 추적은 알고리즘이 이동중 중단 없이 신호 수신 및 위성을 놓쳤을 때 가장 빨리 재추적하기 위하여, 자이로센서는 위성신호를 받지 못한 동안 튜너로부터의 신호가 없어도 이동체의 수평방향의 변화량을 감지하여, 위성신호를 다시 받을때 신속하게 수평방위를 재 추적하는 정보로 사용되게 구현하였다. 수직으로는 ±30도까지 추적 가능한 무게추 제어방식을 채택하여 추적 속도를 상당히 향상하였다.

<그림 3>에는 안테나의 기능적인 시스템 구성도를 보였는데, 안테나를 보호하기위한 레이돔을 통과한 전파는 안테나와 저잡음증폭기 및 10.750GHz의 발진주파수를 갖는 주파수 변환기를 거쳐 신호를 다.

코딩하기위해 수신기로 공급됨과 동시에 안테나 추적을 위한 구동제어부로 신호를 공급한다.

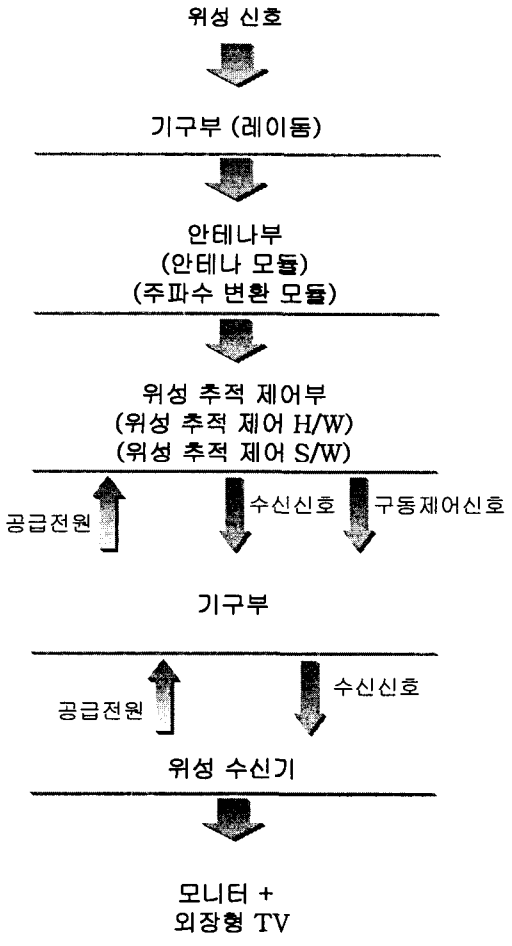

그림 3. 안테나의 기능적인 시스템 구성도
Fig. 3 Functional system scheme of Antenna

2.1 선박용 능동 안테나 H/W 구조

안테나의 설계 및 제작에 있어서, 최근 가장 큰 발전을 이루고 있는 것이 평판안테나이다. 평판안테나는 크게 인쇄기판배열안테나와 도파관배열안테나로 구분된다. 인쇄기판배열안테나는 마이크로스트립라인, 스트립라인, 슬롯 등의 급전구조와 다양한 형태의 방사요소와의 조합에 의해 여러가지 형태의 안테나가 가능하다. 본 연구에서는 <그림 4>과 같은 형태로 마이크로스트립라인을 구성하였다.

이 안테나는 가로 34cm, 세로 10cm크기의 Ku-밴드 범위인 11.7~12.0GHz 주파수 범위에서 27dBi이상의 이득을 갖도록 하였다.

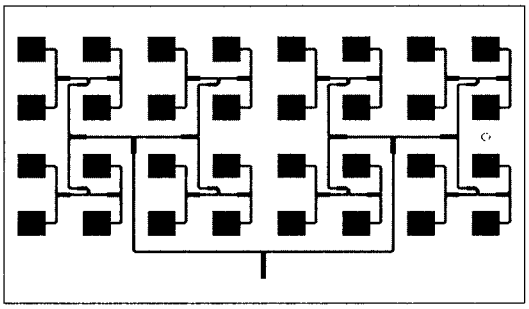

그림 4. 설계한 마이크로스트립라인 평판 안테나
Fig. 4 Designed Microstrip line antenna

이 이득은 위성 EIRP 54dBW까지는 수신이 가능하나 추적손실 2dBW를 감안하면 56dBW범위까지는 마진을 갖고 수신할 수 있는 수치가 된다.

이 안테나를 이용하여 레이돔을 구성하면 직경 50cm, 높이 20cm, 무게 6.5 kg이하로 제품이 구성되어 소형선박에서 사용하는데도 전혀 무리없이 설치가 가능하다.

2.2 위성추적 제어부 구조

위성방송을 수신하기 위해서는 동경 116도, 방위각 197.9도, 앙각 45.54(서울기준)의 무궁화 3호 위성의 방향으로 지향되어야 한다. 만일 안테나가 정확히 트래킹을 하지 못할 경우, 이동체에서의 신호 수신은 불가능하다.

<그림 5>에는 능동회로 제어 구성도를 나타내었고, S/W의 기능은 선박에 설치된 위성방송 수신 안테나 장치의 제어를 행하며, 선박과 같은 이동체에 설치하여, 이동체의 움직임에 관계없이 위성의 방향을 지향하여 위성으로부터의 신호를 원활히 수신 할 수 있도록 동작되어야 한다.

개발된 안테나의 S/W는 레이돔 내부의 안테나의 회전부 케이스에 부착된 PCB상의 PIC16C73B에 프로그램이 되어져 있으며, 크게 네 부분으로 구성이 하였다.

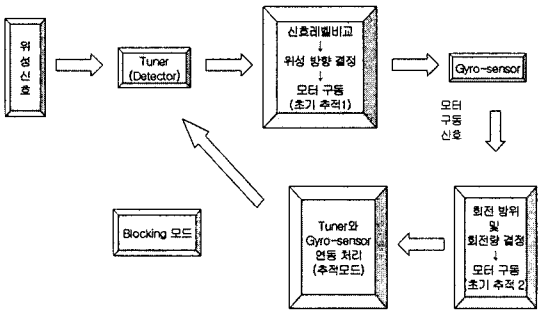

그림 5. 능동회로 제어 구성도
Fig. 5 Control scheme of Active circuit

1) 튜너설정 루틴
2) 자이로센서 추출 루틴
3) 모터구동 루틴
4) A/D 변환 및 트래킹 알고리즘

방위각방향 위치추적은 SLA7024M의 스텝모터 드라이브를 이용한 스텝모터제어 방식을 적용하여 추종방향과 추종량을 결정하기 하였다.

위성신호가 수신되지 않을 때에는 이동체의 방위각 변화 추출은 일본 무라타의 ENV-05F형의 자이로 센서를 이용하였다. 튜너설정 루틴은 위성수신 튜너와 접속하여 위성채널을 설정하고, 위성추적신호에 따라 모터구동신호를 발생하여, 위성을 지향하는 방향으로 구동하게 된다. 튜너는 무궁화 3호 위성 중계기의 주파수중 BS 11.747 GHz (심볼레이트 21.3M / Pol LHCP / Fec 7/8)를 수신한다. 튜너의 출력 및 자이로센서를 이용한 안테나의 제어 프로그램은 <그림 6>과 같은 순서로 이루어진다.

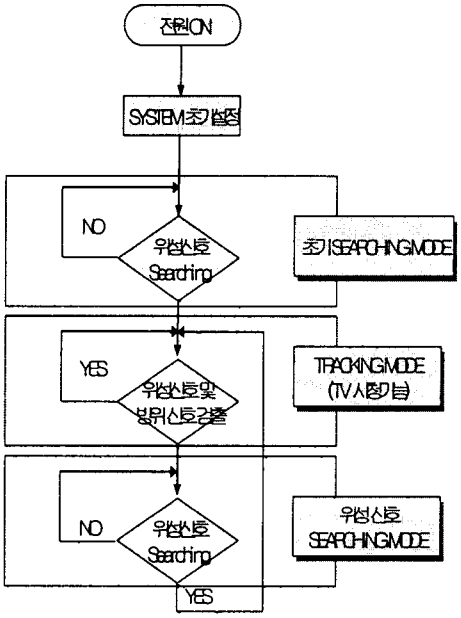

그림 6. 제어 프로그램 Flow chart
Fig. 6 Flow chart of control program

이와 같은 구성으로 개발한 Ku-Band 위성방송 수신안테나의, 앙각추적은 독자적인 위치조정장치에 의해 평판형태의 안테나가 결합되는 케이스의 전단 양측의 자중에 의해 위치 유지되는 중량체를 제공하여 그 안테나가 앙각방향에서 항상 위성을 추적하도록 하였다.

스텝모터를 사용하지 않고 중량체를 채용함에 따라 그 안테나의 앙각방향 위치조정구조가 현저하게 간단하게 될 뿐만 아니라 제조원가의 절감도 가능하게 구성되어 있다.

III. 성능 평가

성능평가는 부분별 평가와 전체 평가로 나누어 수행하였는데 먼저 안테나의 방사패턴을 조사해 보았다. 평판배열안테나의 방사패턴를 측정하기 위해서는 <그림 7>과 같은 시험환경이 필요하다.

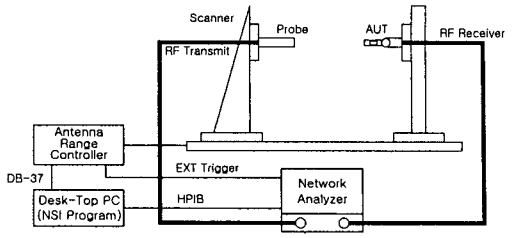

그림 7. 평판안테나 블록의 방사패턴 시험환경
Fig. 7 Test environment of emission patten

Simulation을 이용한 분석결과 측정치는 <그림 8>부터 <그림 11>에 보였다. 여기에서 4 x 4 배열을 이용한 측정치이므로 21dB의 이득이 얻을 수 있었으며, 2배씩 키워 나갈 때 3dB씩 증가함으로 본 연구에서 개발한 안테나는 모두 64배열을 이용하였으므로 27dB가 됨을 확인할 수가 있었다. <그림 13> 사진은 실제 제품으로 4×12=64 ARRAY 안테나의 제품을 측정한 것이다.

<그림 10>에서 확인되듯이 개발된 안테나를 이용하여 무궁화 3호에서 서비스하는 영역 중 최소 54dBW 이상이나, 트래킹에 의한 손실부분을 감안하여 56dBW로 보며, 실제 시모노세키 항까지의 실제 운항 테스트 결과, 일본 일부지역에서도 양호한 제어 성능 및 TV 시청이 가능함을 확인하였다.

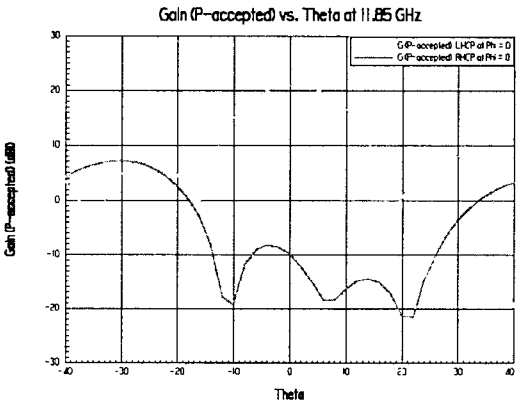

그림 8. 방사패턴
Fig. 8 Emission Patten

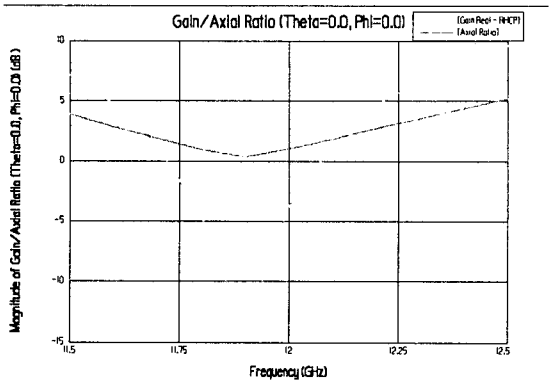

그림 9. 안테나 축비
Fig. 9 Antenna Gain/Axial Ratio

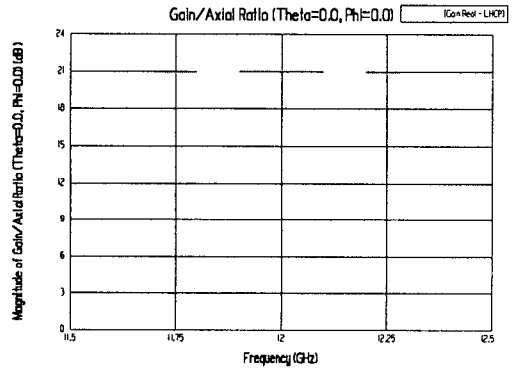

그림 10. 안테나 이득
Fig. 10 Antenna gain

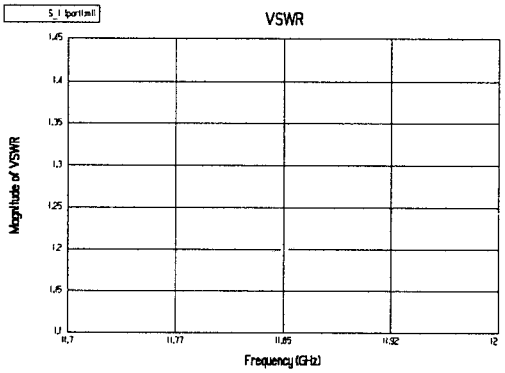

그림 11. VSWR
Fig. 11 VSWR

제어 성능평가에서는 <그림 12>와 같이 선박 운동발생기를 이용하여 평가하였는데, 롤링, 피칭 ±30도까지 양호한 추적 성능을 보이고 있음을 확인할 수 있었다

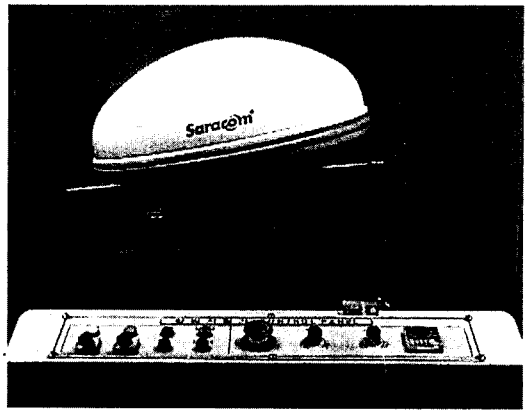

그림 12. 선박운동발생기를 이용한 추적성능평가
Fig. 12 Tracking Evaluation using ship's motion table

또한 스펙트럼분석기를 이용하여 선박운동발생기위에서 위성신호를 수신해 본 결과 16dB이상의 C/N비를 얻을 수 있음을 <그림 13>과 같이 확인하였다.

여러 가지의 성능 평가한 내용을 종합해 보면 <표 3>으로 정리할 수 있다. 이 결과치는 개발목표로 한 성능에 뒤떨어지지 않음을 알 수 있다.

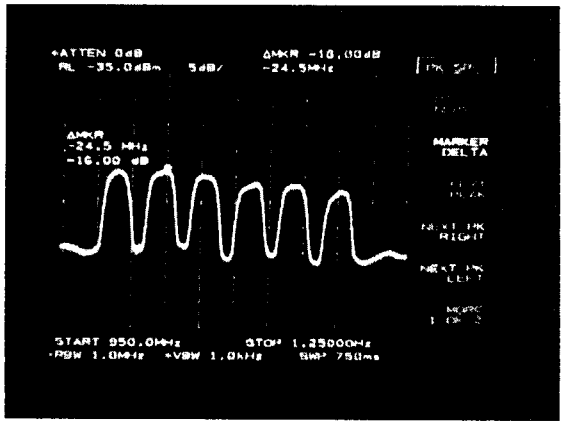

그림 13. 위성수신 신호파형
Fig. 13 View of received signal

표 3. 안테나 시스템 시험 결과표
Table 3. Test report of Antenna system

시 험 항 목	요 구 규 격	측 정 치
위성신호 획득시 수신 신호 레벨	-40~-60 dBm	-52.5 dBm
위성신호 수신 C/N	13 dBm	13.5 dBm
초기위성 신호 획득 시간	3 sec 이내	2 sec
위성신호 획득시 TSDT 레벨	1.6V~2.1V	1.7V~2.1V
Blocking 후 위성신호 획득 시간	3 sec 이내	2.5 sec
위성신호 획득후 자동추적 가능여부	가능	가능
위성신호 수신 앙각 추적 범위	±12°	±15°

IV. 결 론

21세기 디지털 세상을 맞이하여, 디지털화의 종착이라고 하는 TV방송도 디지털화 되어가고 있다. 우리나라 국가정책으로는 지상파 전 방송을 2008까지 전환하겠다는 계획에 맞춰 추진중에 있으며, 위성을 매체로 하는 위성방송은 2002년 3월부터 스카이라이프를 출범시켜 방송해 오고 있는 상황에서 이동체용, 특히 선박용 위성TV수신안테나의 개발은 시기적절한 것이었다고 생각한다.

더욱더 의미 있는 것은 육상과 고립되어 있는 선박에서 이용할 수 있는 안테나의 개발은 기술적인 측면뿐만 아니라, 선원의 복지 증진이라는 측면에서 그 의미가 배가 될 것으로 확신한다.

개발된 제품의 성능은 선 개발된 외국 어느 나라 제품보다도 성능이나 가격측면에서 경쟁력을 갖기에 충분하다고 판단됨으로 상품화를 추진하여 많은 보급이 이루지리라 기대한다.

본 개발은 국내뿐만 아니라 한류의 진원지인 만주지역을 비롯한 우리동포가 많이 살고 있는 지역까지 우리나라 주요방송 프로그램을 시청할 수 있게 함으로서, 한국의 문화를 전파하는데도 큰 역할을 하리라 믿는다.

참고 문헌

[1] 한국디지털위성방송, 이동형 위성방송 수신 시장 활성화를 위한 워크숍, 2001. 9, 15p
[2] 한국디지털위성방송, 이동형 위성방송 수신 시장 활성화를 위한 워크숍, 2001. 9, 17p
[3] 현재디지털테크(주), HSS-2000K 위성방송수신기 사용설명서, 36p

저자 소개

배정철(Jung-Chul Bae)

한국해양대학교 대학원 전자통신공학 전공 (공학석사)
동교 동대학원 선박통신공학 전공 (공학박사)

기업부설선박자동화연구소장 역임
부산정보대학 겸임교수 (1994~1995)
경남정보대학 겸임교수 (1996~1997)
한국해양대학교 전자통신공학과 겸임조교수(1998~)
과학기술부장관 표창
(주)사라콤 상무이사 취임
기업부설방송통신연구소장 취임