

방향 센서와 좌우 Tracking법을 이용한

위성 자동 추적 알고리즘에 관한 연구

민경식^{*} · 손병선^{*} · 박세현^{*} · 김동철^{*} · 임학규^{*} · 김상태^{**}

^{*}한국해양대학교 공과대학 전파공학과

^{**}한국산업기술 평가원

A Study on Satellite Auto Tracking Algorithm Using Electronic Compass And Left-Right Tracking Method

Kyeong-Sik Min^{*} · Byoung-Sun Shon^{*} · Se-Hyun Park^{*} · Dong-Chul Kim^{*}
· Hag-Gyu Lim^{*} · Sang-Tai Kim^{**}

^{*}Department of Radio Science & Engineering, Korea Maritime University

^{**}Korea Institute of Industrial Technology Evaluation and Planning

Email : ksmin@hanara.kmaritime.ac.kr

Abstract

This paper describes the algorithm for more fast tracking by compensation of the staring angle of antenna to receive the satellite signal changed by the mobile vehicle direction. The staring angle is compensated by signal processing from the electronic compass which is called VECTOR2X, and a left-right tracking method. Especially, when mobile vehicle is turning with high speed, it is observed a result which has more fast tracking time by using angle tracking technique compensated by electronic compass than one by only left right tracking method.

1. 서론

21세기의 정보통신은 무선을 이용한 근거리 통신으로부터 위성을 이용한 위성 원거리 통신으로 발전하고 있다. 그리고 우리 나라에서도 무궁화 3호 위성의 보유로 보다 높은 수준의 위성 TV 시청 및 통신 서비스가 가능하게 되었고 위성 통신 서비스를 이용하는 사용자가 증가하고 있다. 이에 따라 고정된 위치에서 뿐 아니라 이동체에서도 위성 통신을 이용하고자 하는 수요가 증가되고 있으며 이에 차량이나 기차, 배 등의 이동체에서 위성 통신을 이용할 수 있는 많은 연구가 활발히 진행되고 있다[1][2][3]. 기존에는 수동적 제어 방식과 전자 제어를 이용한 능동적 제어방식이 사용되어 왔다. 그리고 여러 개의 소자를 이용하여 강한 지향성을 얻고 안테나의 빔을 tilt시켜 원하고자 하는 방향으로 향하게 하는 기술 또한 개발되고 있다. 그래서 국내외의 연구에 발맞추어 본 논문에서는 평면 안테나를 이용하여 이동중인 차량이나 기차 등에서 위성 방송을 수신하기 위한 위성 추적 안테나를 구현하고자 한다.

본 논문에서는 이동체의 회전에 대한 보다 빠른 안테나 추적 시간을 위하여 방향 센서를 사용함으로써 좌우 Tracking 알고리즘에서 문제가 되었던 시간 지연의 문제를 해결하고자 한다. 방향 센서는 상하 15°의 보상이 가능한 VECTOR2X electronic compass를 사용하였다. 본 연구에서 사용된 안테나는 파라볼라 안테나로써 위성 지향각

이 좁은 단점이 있으나 앞으로 개발될 도파관을 이용한 평면 안테나를 사용하면 상하 변동이 심한 지역에서도 보다 안정된 성능을 가질 수 있으며 소형·경량화도 가능하리라 생각된다. 본 연구의 알고리즘은 수평각만을 고려하였으며 양각은 위성 안테나가 위성을 지향하는 각도인 46.5°로 고정하였다. 그리고 추적 방향의 용이성을 위해 슬립링을 이용하여 360°회전이 가능하게 설계하였다.

II. 시스템의 설계 및 구현

시스템의 구성은 크게 위성 신호를 수신하는 수신부와 방향변화를 감시하는 방향센서부 그리고 모터를 구동시키는 모터 구동부로 이루어진다. 전체 블록도는 Fig. 1과 같다.

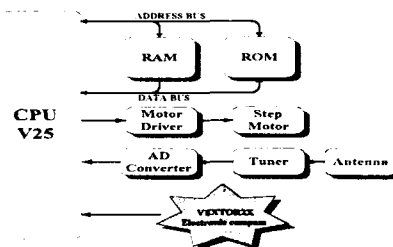


Fig. 1 Block diagram of tracking system

각각을 살펴보면 수신부는 위성신호를 수신하는 안테나부와 수신된 신호로부터 AGC(Automatic Gain Control)신호를 제공하는 DBS Tuner부 그리고 Tuner를 통해 나온 신호를 12 bit신호로 변조하여 CPU에서 인식할 수 있게끔 하는 A/D converter로 구성되어 있다.

방향센서부는 VECTOR2X electronic compass modules로 구성된다. 그리고 수신부와 방향센서부로부터 수신된 신호로써 모터를 구동시켜 안테나의 지향각을 변화시키는 모터 구동부가 있다. 모터구동부는 SLA7024M칩과 L297을 사용하였다.

세부적인 시스템을 살펴보면 수신부에 Tuner는 SHARP사의 DBS Tuner를 사용하였고 이것으로부터 출력되는 시리얼 데이터를 A/D converter로 전송하여 특정 주파수를 선택하는 방식으로 위성방송의 수신 신호(AGC)를 구한다. 위성 안테나로부터 Tuner를 거쳐 출력된 신호는 아날로그 신호이다. 그러므로 이 신호를 디지털화 하기 위해서는 뛰어난 분해능력이 필요하다. 본 연구에서는 MAXIM사의 MAX197을 사용하여 A/D converter의 변환능력을 향상시킬 수 있었다. MAX197은 12 bit 분해능력을 가진 A/D converter로서 8 채널 입력을 가진다. A/D converter를 거친 신호는 12 bit 디지털 신호로 변환되어 안테나가 위성을 지향하고 있는지에 대한 정보를 마이크로프로세서에 전달하게 된다.

마이크로프로세서에서는 방향센서에 의한 각도 변환 정보와 AGC Level의 측정정보를 이용하여 모터 구동을 시킨다. 전체적인 제어를 위해서는 마이크로 프로세서인 μ PD70322(V25)을 사용하였다. 이 칩은 내부에 다양한 기능 (PIO, SIO, 타이머 인터럽터 컨트롤러, 클럭 제너레이터등)을 내장하고 있다. 이를 이용함으로써 주변의 회로가 간단해지는 사용상의 용이성이 있으며 처리 속도 또한 빠르게 이루어질 수 있다.

A/D converter로부터 수신된 신호로써 안테나를 회전시키게 되는데 안테나가 위성으로부터의 신호 획득범위가 상당히 좁기 때문에 정확한 각도 제어를 위해 1:12의 축비를 가지는 기어를 사용하였다. 또한 구동모터는 스텝핑 모터로써 스텝 각은 $1.8^\circ/\text{pulse}$ 이고, 이는 실제 안테나에 0.15° 의 각도 분해능을 제공해 준다. 스텝핑 모터는 펄스의 형태로 전해지는 신호에 의해 제어되므로 각도 조절이 용이하고 모터의 구동 토크 또한 크며 구동 및 정지가 AC 모터에 비해 정확하게 이루어지는 장점을 가지고 있다. 스텝핑 모터의 구동회로는 SLA7024M과 L297을 사용하였다. 이 두 소자는 일반적인 스텝핑 모터의 구동회로로써 회로구성이 간단하다는 특징이 있다.

전원 공급은 차량에서 일반적으로 발생하는 24 V 전원을 기본으로 12 V, 5 V등으로 세분화하여 안정적으로 사용할 수 있도록 제작하였다.

방향 센서는 5 V전원으로 동작하는 정확도 2° 의 오차범위를 가지는 것으로 VECTOR2X electronic compass를 사용하였고 상하 15° 의 보상이 가능하다.

신호는 12 bit binary code를 출력한다. 이렇게 출력된 신호는 이동체의 방향 변화에 관한 정보를 가지고 있으므로 마이크로프로세서로 전해져, 변환된 각도만큼의 보상을 모터를 통하여 안테나에 전달함으로써 방향 전환 시 추적에 걸리던 시간을 줄일 수 있게 되었다.

이와 같은 시스템으로 이루어진 알고리즘은 Fig. 2와 같은 흐름도에 따라 이루어진다.

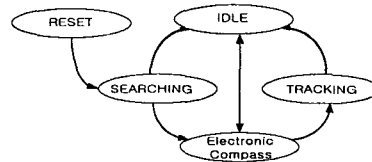


Fig. 2 Schematic tracking algorithm by electronic compass

그리고 추적해야할 위성신호의 AGC 신호 레벨의 범위를 살펴보면 일반적인 신호의 DC 레벨을 보면 1.8 V이상에서 이루어진다. 시청 가능 레벨(Threshold Level)의 범위는 3.4 V이상의 범위이고 이는 실험을 통하여 입증되었다.



Fig. 3 The observed AGC signal level from BS tuner

초기 시스템이 설정되면 우선 위성 안테나를 구동하여 현재 위성의 위치를 추적하게 된다. 일단 위성의 위치가 추적이 되면 Fig. 4와 같은 각도의 범위에서 보상을 하게 되어 신호의 중심을 가리키게 된다. 이 상태에서부터 방향센서가 차량의 움직임 주시하게 된다. 이동체의 움직임에 따라 그 만큼의 각도 보상을 행함으로써 끊이지 않고 위성 방송을 수신 할 수 있는 것이다.

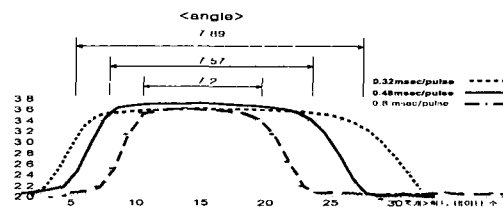


Fig. 4 The change of angle with respect to the various A/D converter time

Fig. 4와 같은 각도범위를 바라보며 추적 시스템

템이 움직이게 됨으로써 정확한 각도 보상이 이루어지도록 하였다. 지향각도의 변화는 AD converter timing에 따라 범위가 달라진다. Fig. 4에서 나타난 Timing으로 interrupt할 경우 위성 지향 각도의 범위가 7.2°부터 7.89°의 범위를 가지고 위성 신호를 수신할 수 있다. 그러나 수신 가능한 각도를 높이기 위해 AD converter의 신호 획득을 빨리 하면 모터의 인터벌과 상호 간섭하게 되어 모터의 발진현상이 생기게 된다. 그러한 이유로 신호를 약 280 pulse/sec 정도로 interrupt함으로써 모터의 발진현상도 방지하고 신호의 수신각도도 적정범위를 유지할 수 있었다.

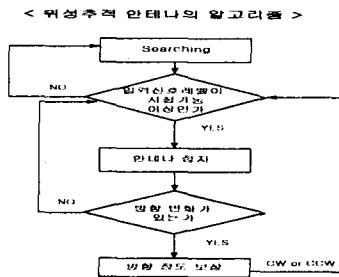


Fig. 5 Tracking algorithm for the angle compensation to the moving vehicle

Fig. 4에서 얻어진 각도의 범위를 고려하여 위와 같은 알고리즘을 구현하였다. 최초로 입력된 각도로부터 변화된 각도의 정도를 보상하여 줌으로써 항상 위성 추적 각도의 센터를 가리키게 되어 위성 추적을 끝이지 않고 할 수 있다.

하지만 위의 시스템에서 문제점은 각도 보상만으로 시스템이 이루어진 경우 정확한 각도 보상이 되지 않았을 때 시정 가능 레벨 범위를 벗어나게 되고 위성 신호를 수신할 수 없음에도 불구하고 Tracking을 하지 않는 현상이 발생한다. 그래서 각도 보상 알고리즘에 좌우 Tracking을 이용한 알고리즘을 추가하여 위 문제를 해결하고자 한다.

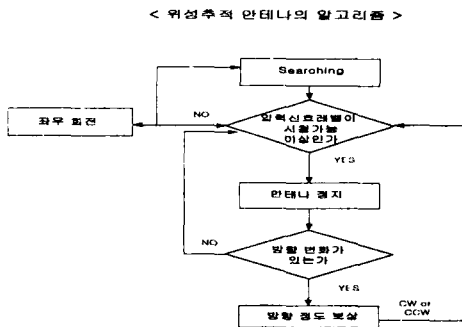


Fig. 6 Tracking algorithm with angle compensation and left-right tracking

Fig. 6은 방향보상만으로 추적하던 시스템이 각

도 보상이 끝난 이후 시정 가능 레벨 이상으로 신호가 유지되지 못했을 경우 좌우 Tracking을 이용하는 방법을 사용하였다. Tracking을 이용하면 단순히 각도보상만으로 이루어지던 것에서의 보상이 불완전하여 시정 가능 레벨 이하로 떨어졌을 경우를 보상함으로써 Tracking 속도를 빨리 할 수 있다.

III. 구현된 시스템의 실험 및 결과 고찰

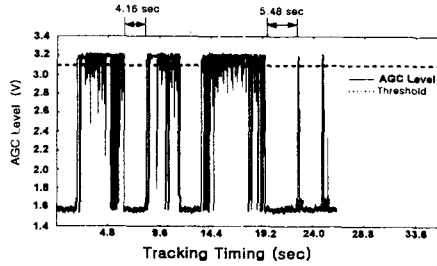


Fig. 7 Variation of AGC level by only left right tracking

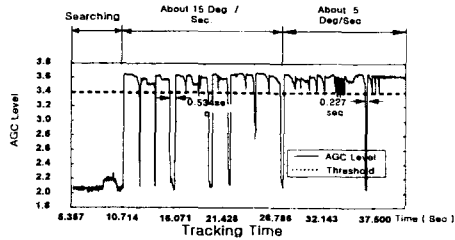


Fig. 8 Variation of AGC level by only angle compensation right tracking

각도보상으로 추적할 경우 Fig. 8에서처럼 좌우 Tracking만으로 추적하던 방식인 Fig. 7보다 빠른 추적시간인 0.534 sec에서 0.227 sec 정도의 시간이 걸렸다. Threshold Level이 다른 이유는 Tuner의 성능에 따라 그 특성이 달라지기 때문이며 이는 실험으로 확인되었다.

하지만 회전하는 이동체에 대한 보상을 위해서는 다음과 같은 불안한 요소가 남아 있다.

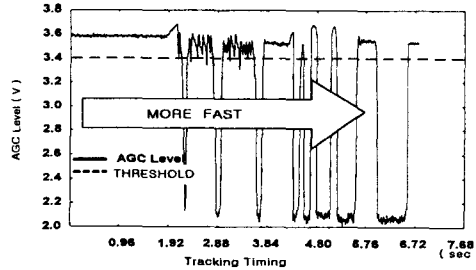


Fig. 9 Variation of tracking time by the fast moving speed

Fig. 9에서 알 수 있듯이 이동체의 회전이 5 °/sec에서 20 °/sec정도의 속도로 빨라짐에 따라 시간의 지연이 발생함을 알 수 있었다. 이는 방향센서에서 각도 변화를 인식하여 모터에 전달된 신호가 모터를 구동시키는데 걸리는 시간의 지연으로 발생한다. 즉 모터의 구동시간이 큰 각도보상을 따라잡지 못하기 때문이다.

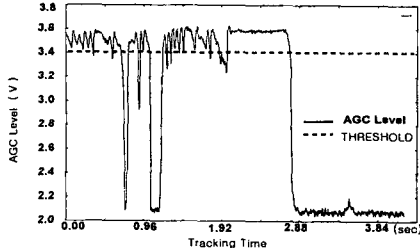


Fig. 10 The case of no finding a threshold level after angle compensation

그러므로 각도 변화가 적은 경우에는 각도 보상만으로도 충분히 시청 가능 범위를 유지할 수 있었으나 Fig. 10의 시간 2.88 sec 이후부터 발생하는 현상처럼 속도가 빠른 경우 각도 보상이후에도 시청 가능 레벨을 유지하지 못하는 경우가 생기게 된다. 이를 보완하기 위하여 각도 보상이후 시청 가능 레벨을 감시하여 시청 가능 레벨보다 낮을 경우 좌우 Tracking을 하게 하였다. 이러한 방법으로 각도 보상 이후 찾지 못했던 시청 가능 범위를 찾는 방법을 사용하였다.

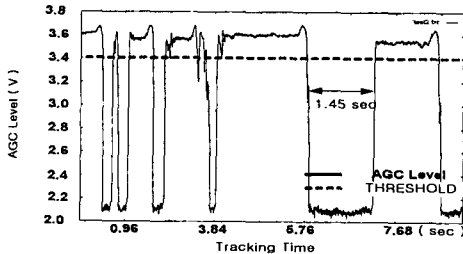


Fig. 11 AGC level by angle compensation and left-right tracking

Fig. 11에서 알 수 있듯이 각도 보상이후 좌우 Tracking을 한 경우에는 시청 가능 레벨을 찾지 못하는 일은 발생하지 않았고 전체적으로 시스템의 안정적인 결과를 얻었다. 물론 각도 보상 이후 다시 방향을 보상해 주는 것이므로 약 1.45 sec의 시간의 지연이 발생하였다. 이상으로서 좌우 Tracking만으로 추적하던 종전의 방식을 개선하는 결과를 얻었다.

위와 같은 알고리즘으로 시스템을 구현하였고 그에 따른 실험을 행하였다. 실험 장소는 한국해양대학교 공과대학 옥상이며 지역적 위치는 동경 127 ° 북위 34 °이다. 추적한 위성 방송은 일본 BS2 (1,164MHz)의 신호이고 이 위성은 동경 110 °

에 위치한다.

IV. 결론

본 논문에서는 이동체 탑재형 위성방송 수신용 안테나 시스템의 알고리즘과 시스템구성을 제안하였다. 현재 사용중인 좌우 Tracking 알고리즘에 의한 추적방식에 방향 센서를 추가하여 이동체의 회전을 감지하고 그 회전 각도를 보상 해주는 알고리즘으로써 이전의 방법보다 빠른 추적시간을 얻어 낼 수 있었다. 이동체의 회전속도가 느릴 경우 방향 센서만으로 충분히 양호한 특성을 얻을 수 있었으나 회전속도가 빨라짐에 따라 센서의 불안정성으로 인한 각도 보상의 오차가 발생하였다. 그래서 좌우 Tracking 알고리즘을 같이 사용하였고 이로써 보다 나은 추적 특성을 얻을 수 있었다. 차량이 터널 통과시나 도심지역을 통과할 경우의 대처방안과 소형 차량에서의 전원에서 24 V의 전원공급 문제에 대한 해결방안이 향후과제로 남아있다.

참고 문헌

- [1]채윤경, 최익권, "이동체 탑재형 위성방송 수신용안테나 시스템의 방위각 추적 알고리즘에 관한 연구", 1999년 춘계 마이크로파 및 전파학술대회 논문집 Vol. 22 , No 1, pp.380-383 ,1995.5
- [2]정성수, "안정화 위성 추적 안테나 ACU의 설계 및 구현에 관한 연구", 한국해양대학교 석사학위 논문,1999
- [3]박세현, "이동체 탑재형 CS/DBS 용 마이크로 스트립 패치안테나의 특성에 관한 연구" 중 "위성 추적시스템" pp53-64 ,한국해양대학교 석사학위 논문,2000
- [4]μPD70322/70322 User's Manual NEC Corporation 1998.