

저비용 고효율 추적 평판 안테나 시스템 구현에 대한 연구

최준수¹ · 허창우^{2*}

The Study on Implementation of the low-cost, high-efficiency Flat Panel Tracking Antenna System

KJun-su Choi¹ · Chang-wu Hur^{2*}

¹ Pinetelecom co., Ltd, Daejeon 305-509, Korea

² Department of Electronic Engineering, Mokwon University, Daejeon 302-729, Korea

요 약

본 논문에서는 평판안테나를 사용한 저비용, 고효율 추적안테나에 구현에 대한 가능성을 분석하였다. 추적안테나는 4개의 평판안테나, 비교기, 추적수신기, 제어기로 구성된다. 안테나 배열에 따른 입사되는 전파의 세기 및 위상을 분석하였다. 또한 추적수신기에서 출력되는 신호를 분석하여, 추적가능 범위를 제시하였다.

추적수신기는 고각과 방위각 2개의 수신 경로를 설계하여 2개의 경로에서 발생하는 오차를 최소화하였다. 분석 결과 -3도~+3도의 추적범위를 가지며, 구현이 가능하다.

ABSTRACT

This paper has analyzed the possibility about implementation of the low-cost, high-efficiency tracking antenna using flat panel antenna. Tracking antenna is consisted of four flat-antenna, comparators, tracking receiver, controller. We analyzed input signal of antenna array about the magnitude and phase of radio wave. In addition, We suggested the available tracking range through the analysis of output signal.

We have minimized the error rate that happened on two path through design two path of the azimuth and elevation. Analysis results has a tracking range of ± 3 degrees, it is possible to implement.

키워드 : 추적안테나, 추적수신기, 비교기, 모노펄스

Key word : Tracking antenna, Tracking receiver, Comparator, Mono-pulse

접수일자 : 2013. 04. 03 심사원료일자 : 2013. 05. 29 게재확정일자 : 2013. 06. 07

* Corresponding Author Chang-Wu Hur (E-mail:chang@mokwon.ac.kr, Tel:+82-42-829-7655)

Department of Electronic Engineering, Mokwon University, Daejeon 302-729, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2013.17.9.2139>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서 론

무인항공기(UAV : Unmanned Aerial Vehicle)에서 데이터링크는 비행체를 무인으로 운용하는데 있어 중요한 분야이다. 기술의 발전으로 대용량, 원거리 통신, 높은 주파수대역이 요구되고 있으며, 이중에서 원거리 통신을 위한 핵심 이슈는 안테나 시스템이다.

안테나는 일반적으로 근거리 통신을 위한 전방향성 안테나와 원거리 통신을 위한 방향성 안테나로 구성된다[1]. 비행체에 탑재되는 방향성 안테나는 부피 및 중량의 문제로 인하여 일반적으로 1축 구동 방식을 적용한 슬롯어레이 안테나를 사용한다. 지상은 부피 및 중량이 큰 문제가 되지 않기 때문에 2축 구동 방식과 협대역 방향성 안테나를 주로 사용한다. 협대역 방향성 안테나는 빔 폭이 작기 때문에 지상국과 무인기간 서로 지향할 수 있도록 해 주는 알고리즘이 필요하다[2]. 일반적으로 민수용의 경우 GPS(Global Positioning System) 추적 방식을 적용한 알고리즘을 적용하고 있으며, 군사용의 경우 모노펄스 추적 방식과 GPS 추적방식을 혼용한 알고리즘을 사용한다.

추적방식에는 순차적 로빙(sequential lobing) 기법과 동시 로빙(simultaneous lobing) 기법이 존재하는데, 모노펄스 추적안테나는 동시 로빙 기법을 사용한다. 동시 로빙 기법은 기계적인 진동 및 추적 속도가 빠르다 [3].

모노펄스 추적안테나를 구현하기 위해서는 방향성 안테나, 모노펄스 비교부, 추적수신부, 제어부, 구동부 등을 필요로 한다. 특히 지향성 안테나와 모노펄스 비교부는 일체형으로 제작하여 적용하고 있다. 무인기에 적용하는 안테나 반사판의 경우에는 국내에서 제작 적용하고 있으며, 모노펄스 비교부는 해외에서 수입에 의존하고 있다.

본 논문에서는 지향성안테나와 모노펄스 비교부를 분리하여 소량 제작 시 비용을 최소화하고, 빠른 시간 내에 완성함으로써 효율을 극대화하는 방안을 제시하였다. 또한 이 방안에 대한 추적 가능성을 검토하기 위해서, 추적 가능 범위와 구현 가능성을 제시하였다.

II. 구현방안

모노펄스추적안테나 시스템 구성도는 그림1과 같다. 4개의 평판안테나와 모노펄스 비교부로 구성된 지상협대역방향성안테나 & 모노펄스비교부와 RF(Radio Frequency)신호를 IF(Inter- medium Frequency) 신호로 변환하기 위한 지상RF전단부, 지상협대역안테나와 모노펄스비교부로부터 입력되는 $\triangle El$, $\triangle Az$ 신호에서 오차 값을 검출하기 위한 모노펄스 추적수신부, 오차 값을 사용하여 구동부를 제어하기 위한 안테나제어부로 구성된다. 지상통합통신장치는 지상RF전단부로부터 출력되는 수신 IF에서 데이터를 복원하는 복조기와 그 반대의 역할을 하는 변조기로 구성되어 있다.

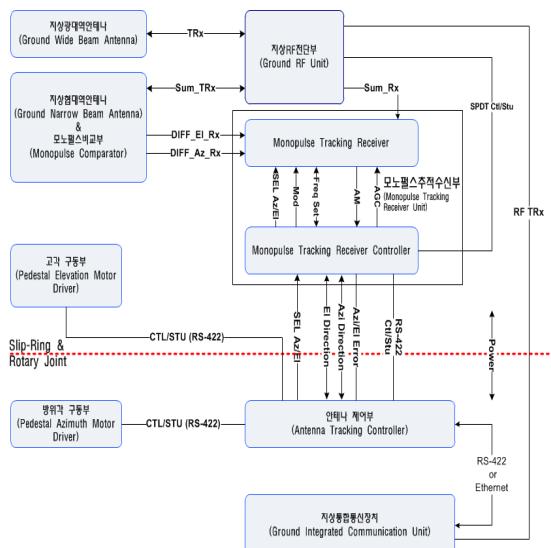


그림 1. 추적안테나 시스템 구성도

Fig. 1 Block diagram of tracking antenna system

지상협대역안테나는 평판안테나 4개를 배열하여 구성하였다. 4개의 평판안테나와 $\triangle El$, $\triangle Az$, Sum 신호를 추출하기 위한 모노펄스 비교부가 존재한다. 그림[2]는 평판안테나를 사용해 구현하려는 지상협대역 안테나와 모노펄스비교부의 구성도이다. 평판안테나 배열 즉 안테나와 안테나간의 간격이 $\triangle El$, $\triangle Az$, Sum 신호를 추출하여, 추적 가능 범위를 분석하는 파라미터로 작용한다.

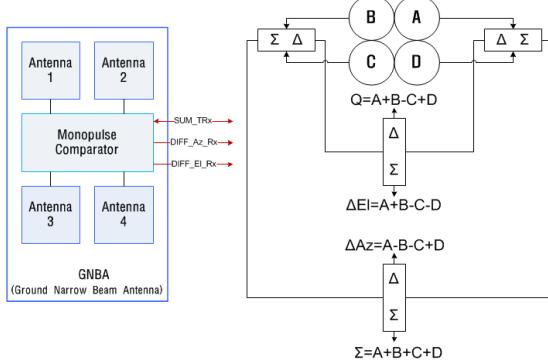


그림 2. 평판안테나와 모노펄스 비교기를 사용한 안테나부 구성도

Fig. 2 Block diagram of the antenna unit using flat panel antenna and momo-pulse comparator

그림3은 평판안테나의 배치이며, 배치된 형상을 기준으로 ΔEl , ΔAz , Sum 신호의 특성을 분석하였다.

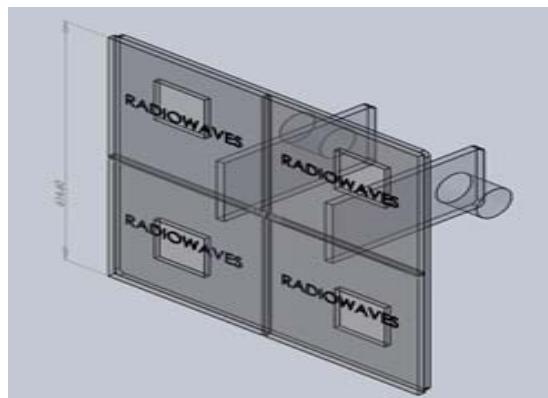


그림 3. 평판안테나 배치

Fig. 3 Arrangement of the flat panel antenna

모노펄스추적수신부는 지상RF전단부와 별도로 구성되며, 세부 구성도는 그림 4와 같다.

모노펄스추적수신부는 모노펄스비교부로부터 입력되는 ΔEl , ΔAz 신호에서 발생하는 경로 오차를 최소화하기 위해 RF 스위치를 사용하여 선택 할 수 있도록 설계하였다. 또한 수신기의 동작영역(Dynamic Range)을 확보하기 위해 디지털 감쇄기를 적용하였다[4]. 이 디지털 감쇄기는 수신 신호세기에 따라 자동으로 동작하도록 구성한다.

대역통과필터(BPF)는 대역 외 잡음 신호를 제거하고, 저잡음증폭기(LNA)는 모노펄스비교부로부터 입력되는 잡음지수를 최소화하여 SNR을 확보한다. 90° Phase shifter는 ΔEl , ΔAz 신호의 위상을 조정한다. Sum 신호는 시간 축으로 변환을 하고, ΔEl , ΔAz 신호는 위상변조기(MOD)을 사용하여 $0^\circ/180^\circ$ 도로 변조를 한다. 위상변조기를 사용함으로써 한 쪽 채널에 집중된 오차 요인을 분산하여 궁극적으로 전체 오차를 줄일 수 있다[5].

주파수하향변환기(FDC : Frequency Down Converter)는 RF 신호를 중간주파수(IF)로 변환하고, 변환된 IF 신호는 검파기(ED : Envelope Detector)를 통과하여 오차 신호로 변환된다.

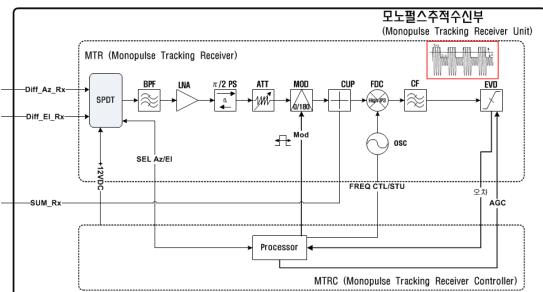


그림 4. 모노펄스 추적수신부 구성도

Fig. 4 Block diagram of the mono-pulse tracking receiver

검파기를 통과하면, 0도인 변조구간과 180도 변조구간의 Envelope가 형성된다.

지향 각은 0도 변조구간에서 180도 변조구간의 크기를 뺀 값이 지향해야 할 방위각이 된다. 고각은 Sum+ ΔAz 을 신호를 하향 변환하여 검파하면, 지향 각은 0도 변조 구간에서 180도 변조 구간의 크기를 뺀 값이 지향해야 할 고각이 된다.[5]

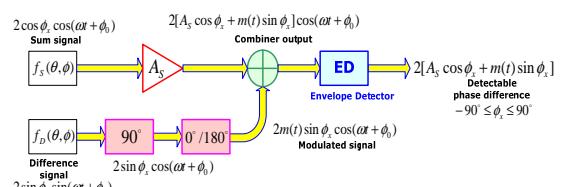


그림 5. 검파기

Fig. 5 Envelope Detector

그림 5는 추적 가능한 범위를 분석하기 위한 모델이다. 이 모델을 사용하여 전파의 세기 및 위상을 분석하였고, 이 결과를 검파기를 통하여 추적 가능한 범위를 분석하였다.

III. 분석 결과

평판안테나1과 평판안테나2 간의 거리 d 값에 의해 입사되는 전파의 세기 및 위상분석이 가능하다. 시뮬레이션에 의해 최적의 거리 d 를 분석하였다. 거리 $d=30.7\text{cm}$ 이며, 그림7과 그림8은 거리 d 에서 분석한 전파의 세기 및 위상이다.

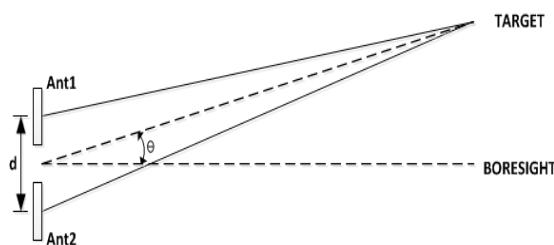


그림 6. 안테나 배치에 따른 입사각 분석
Fig. 6 Analysis of the entering angle according to the antenna arrangement

그림 7은 안테나에 입사된 전파가 모노펄스비교기를 통과한 후 생성된 전파의 세기를 분석한 결과이다. Sum_amp와 del_amp는 3dB의 차이를 보이며, 이론상의 수치와 동일한 결과를 보여주고 있다.

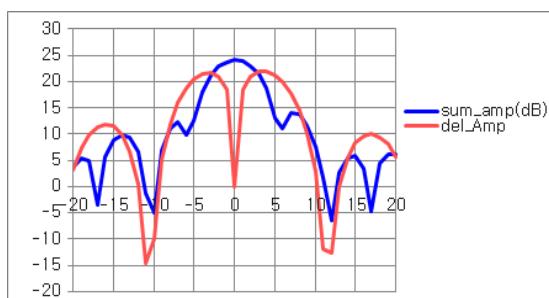


그림 7. 안테나 배치에 따른 전파의 세기 분석 결과 ($d=30.7\text{cm}$)
Fig. 7 Result of the radio strength analysis according to the antenna arrangement

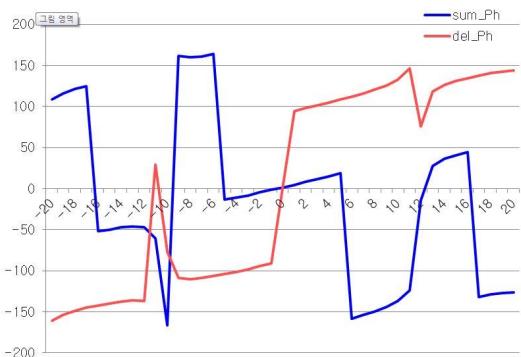


그림 8. 안테나 배치에 따른 위상차 분석 결과($d=30.7\text{cm}$)
Fig. 8 Result of the phase difference analysis according to the antenna arrangement ($d=30.7\text{cm}$)

그림8은 안테나에 입사되는 전파를 모노펄스비교기를 통과한 후의 위상차를 분석한 결과이다. Sum_Ph와 Del_Ph가 선형으로 유지되는 범위는 약 -4도 ~ +4도의 범위이다. 이 범위는 평판안테나를 30.7cm로 배열할 경우 최대의 추적 가능한 범위이다.

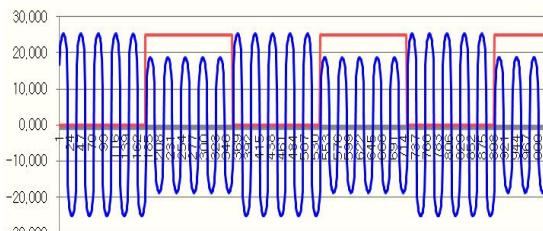


그림 9. 검파기 통과 전 신호
Fig. 9 Signal before the envelope detector

그림9는 Sum 신호와 0/180도 위상 변조한 ΔE_I , ΔA_Z 신호를 합한 후 분석된 신호이다. Sum 신호의 크기는 24dB, Del 신호의 크기는 18dB이다. 따라서 약 6dB 정도의 변별력을 갖는다.

그림10은 검파 후 0도 변조 구간과 180도 변조구간의 전력 차이를 분석한 결과이며, -3도 ~ +3도 범위가 선형 값으로 존재하는 구간이다. 이 구간은 실질적으로 추적안테나 시스템에서 추적할 수 있는 범위이다.

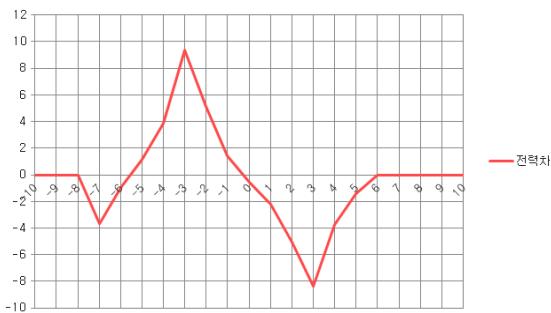


그림 10. Sum과 ΔEl , Sum과 ΔAz 신호의 전력차.
Fig. 10 The power difference of the Sum and ΔEl , Sum and ΔAz .

모노펄스추적수신기를 한 개로 설계하여 ΔEl 또는 ΔAz 신호 중 하나의 신호만 Sum 신호와 위상을 조정하였다. 위상을 조정 후 ΔAz 신호만 사용하여 분석을 한 결과 추적 범위가 안테나 입사 시 결과 보다 1도 줄었지만, 제작 가능함을 확인하였다.

IV. 결 론

본 논문에서는 평판안테나를 사용한 저비용, 고효율의 모노펄스추적안테나 구현 방안에 대하여 제시하였고, 최적의 배열 거리($d=30.7\text{cm}$)에 의한 전파의 세기 및 위상을 분석하였다. 또한 추적수신기에서 출력되는 신호를 분석하여, 추적가능 범위를 제시하였다.

지향성안테나와 모노펄스 비교부를 분리하여 소량 제작 시 일반적으로 적용하는 시스템에 대비하여 제작 비용을 최소화하였으며, 빠른 시간 내에 완성함으로써 일정 대비 효율을 증대 하였다. 또한 추적안테나 제작

시 파라볼라 안테나를 설계하는 것을 최소화 할 수 있도록, 평판안테나를 적용했다.

기술적인 면에서도 ΔEl , ΔAz 신호의 경로를 단일화 하기위해 RF스위치를 사용하는 구조로 모노펄스추적수신부를 구성하였고, 구성한 구조는 안테나에 입사되는 전파의 세기 및 위상 분석 결과(-4도~+4도)보다 성능이 부족했지만 -3도~+3도의 추적 가능 범위를 가지는 것으로 확인 되었다. 또한 평판안테나를 사용한 모노펄스 추적안테나 구현이 가능함을 확인 하였다.

REFERENCES

- [1] D. S. Cho, and S. W. Rha, "Development of Tracking System for High Maneuvering Vehicle," *Korea Society for Aeronautical & Space Sciences*, vol. 36, no. 4, pp. 399-406, Apr. 2008.
- [2] C. H. An, and H. C. Kim, and U. Y. Pak, and Y. J. Ryu, and D. K. Kim, "A Study on Cooperative UAV Tracking Using Two-GCS with Monopulse Tracking and Filtering," *Conference on National Defense Technology*, vol. 16, pp. 797-804, July. 2011.
- [3] Samuel M. Sherman and David K. Barton, "Monopulse Principles and Techniques", Artech House, ch. 1, pp. 2-15, 1984.
- [4] S. S. Kim, and K. W. Yeom, "Monopulse Slope Calibration in Frequency Agile Noncoherent Monopulse System," *The Journal of Korea Electromagnetic Engineering Society*, vol. 18, no. 11, pp. 797-804, Nov. 2007.
- [5] K. S. Min, and S. J. Won, "Increasing of Monopulse Detector Accuracy Using Biphase Modulator," *The Institute of Electronics Engineers of Korea*, vol. 19, no. 1, pp. 155-158, July. 1996.



최준수(Jun-Su Choi)

2000년 : 목원대학교 전자공학과 공학사
2002년 : 목원대학교 전자공학과 공학석사
2001년 ~ 현재 : (주)파인텔레콤 책임연구원
※관심분야 : 통신시스템, 데이터링크, 무인항공기, VLSI



허창우(Chang-Wu Hur)

1991년 : 연세대학원 전자공학과 공학박사
1986년 ~ 1994년 : 금성사 종양 연구소
1994년 ~ 현재 : 목원대학교 전자공학과 정교수
※관심분야 : 반도체공학 및 VLSI 설계