

텔레메트리 신호를 이용한 다중안테나기반 발사체 추적 알고리즘 연구

임성혁

한국항공우주연구원

ish@kari.re.kr

A Study on Multi-Antenna based Tracking Algorithm of Launch Vehicle Using Telemetry Signal

Sung-Hyuck Im

Korea Aerospace Research Institute

요 약

본 논문은 발사체 추적을 위해 Ranging을 위한 통신 모듈을 사용하지 않고 발사체의 모니터링으로 사용하는 텔레메트리 신호를 지상에서 측정하여 발사체의 위치와 속도를 측정하기 위한 방법을 제안하였다. 제안된 발사체 추적 방법은 원격지에 배치된 안테나에서 신호를 수신하여 중앙처리장치에 통신선로 또는 무선으로 중계하여 처리한다. 원격 안테나의 배치 형태와 이격거리에 따른 추적 정확도를 분석하여 제시하였다.

I. 서 론

현재 나로 우주센터에서는 C대역을 사용하는 추적레이더를 이용하여 반사신호 또는 TWR(Two-Way Ranging)기반 거리 측정값과 도래각 측정값을 이용하여 발사체의 위치 및 속도를 실시간으로 추적한다[1]. 발사체 추적을 위한 방법으로는 송신된 신호가 발사체에 도달하여 발사된 신호를 수신하여 거리를 측정하는 방법과 송신된 신호를 발사체에서 수신한 후 응답을 보내는 방법이 사용되고 있다. 발사체에서 수신한 후 응답을 보내는 TWR기법을 사용하는 경우 발사체에 추적용 탑재체가 필요하다. 발사체에 추가되는 추적용 탑재체를 사용하지 않고 발사체의 위치추적을 위해 텔레메트리 신호를 이용한 발사체 추적연구가 진행되었다[2]. GNSS를 이용하여 시각이 동기된 텔레메트리 수신장치를 이용하여 텔레메트리 프레임의 도달시각을 측정한 후 TDOA-AOA (Time Difference Of Arrival-Angle Of Arrival) 측위기법을 이용하여 발사체의 위치를 추정하는 연구를 수행하였다. 시각 동기 및 디코딩을 통한 시각추정 오차 발생을 근본적으로 차단하기 위해 전파원 위치추정 개념이 제안되었다[3]. 각 원격지에 배치된 수신장치로부터 전송된 신호를 중앙에서 수집한 후 상관을 통해 TDOA기법을 이용하여 위치를 추정하는 방식으로 본 논문에서는 텔레메트리 프레임기반의 도달시각을 측정하지 않고 다중지점에서 선로 또는 무선으로 재방송된 신호를 중앙처리장치에서 샘플된 중간주파수간의 상관을 통해 TDOA 측정을 수행하여 발사체의 위치를 추정하는 개념을 제시하였다.

II. 본론

그림 1은 전파원의 위치추정을 위한 개념도를 나타낸다. 발사체로부터 송신된 텔레메트리 신호는 원격지에 배치된 수신안테나에 도달한 후 전송선로 또는 무선중계를 통해 추적센터로 보내진다. 재전송으로 인한 지연은 고정이고 측정한 후 보상하여 지연오차를 제거할 수 있다.

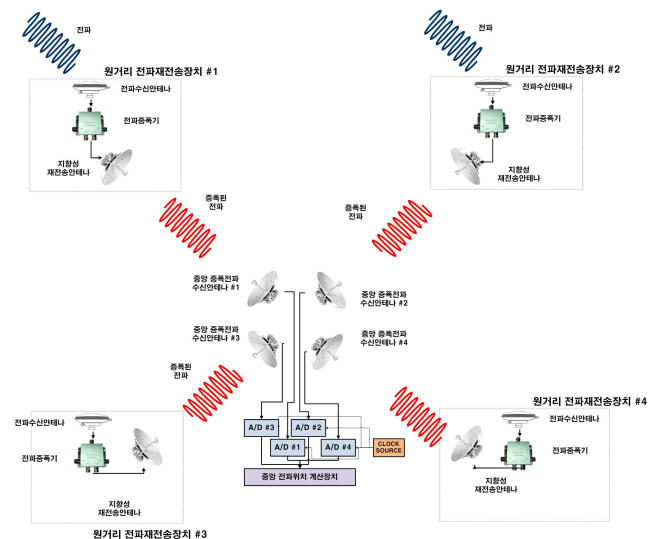


그림 1. 전파원 위치추정 개념도[3]

그림 2는 전파원의 위치추정을 위해 원격안테나와 중앙처리를 위한 추적센터와의 위치관계를 나타내었다. 원격안테나와 중앙처리를 위한 추적센터와의 기하학적 배치와 이격거리에 따른 PDOP(Position Dilution Of Precision)를 분석하였다. 원격안테나는 추적센터를 기준으로 동서남북으로 등거리 배치하였다. 그림 3은 안테나간 거리에 따른 PDOP 변화를 보기 위해 1km, 2km, 5km, 10km로 설정한 후 분석한 결과이다. 안테나간 거리를 1km로 설정하는 경우 비행 후 500초가 지난 시점에 수신국간 차분오차에 의한 위치오차는 최대 5백만배 이상 증폭될 수 있다. 예를 들면, 1mm 오차가 발생하면 위치오차는 5km 이상 발생할 수 있다는 것을 의미한다. 안테나간 거리를 10km로 설정하면 비행 후 500초가 지난 시점의 PDOP는 50,000정도로 0.1m의 차분오차에 최대 5km의 위치오차가 발생할 수 있음을 확인하였다. 수신 신호의 교차상관을 이용하는 경우 낮은 잡음의 원격안테나간 도달시간 차분값을 추정할 수 있다.

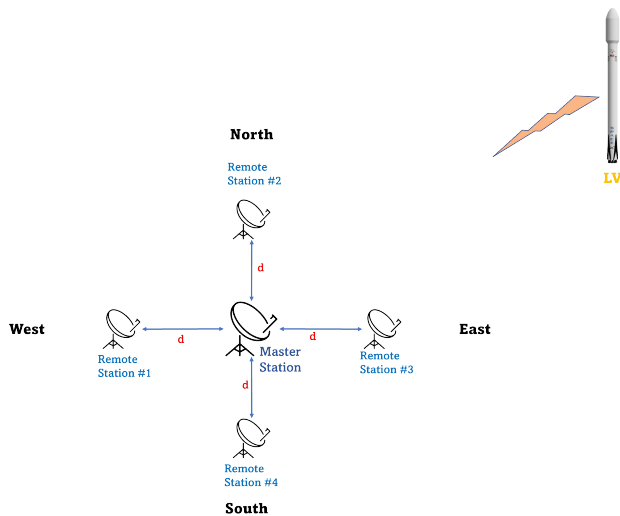


그림 2. 전파원 위치추정을 위한 수신안테나 배치도

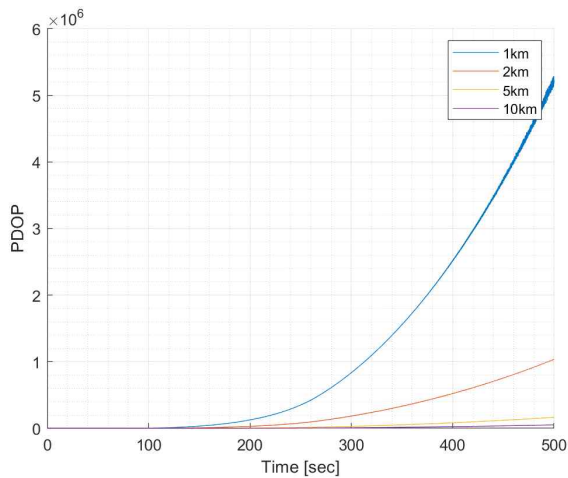


그림 3. 원격안테나 거리에 따른 비행시간별 PDOP 변화

III. 결론

본 논문에서는 전파원 위치추정기법을 적용한 발사체 추적시스템에 대한 개념을 제시하였다. 제시된 추적시스템의 가능성 확인을 위해 원격안테나 및 중앙처리를 위한 추적센터의 배치 및 거리에 따른 비행구간별 PDOP 분석을 수행하였다. 안테나간 거리를 10km로 배치하는 경우 0.1m의 차분오차에 의해 5km의 위치오차가 발생할 수 있음을 확인하였다. 향후 원격안테나간 신호의 교차상관기반의 도달시간 차분값 추정 성능을 분석한 후 텔레메트리 신호의 신호대 잡음비에 따른 민감도를 연구할 예정이다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 과학기술정보통신부의 거대과학연구개발 사업인 ‘스페이스파 이오니어 사업’에 의해 수행되었습니다.(2022M1A3B9080231)

참 고 문 헌

- [1] Kim D., Shin H., Choi J., and Kim T. “The Technical Trend of Tracking Radar Operation for Space Launch Vehicle In Naro Space Center”, Current Industrial and Technological Trends in Aerospace, Vol 16, no.2, Jun 2018, pp. 389-398.

- [2] Kwon S., Choi Y., Moon S., Kim J., and Hwang I. “Improving TDOA-AOA Localization Accuracy using Low Envelope Detection for a Launch Vehicle”, Journal of the Institute of Electronics and Information Engineers Vol 56, no.4, April 2019, pp. 389-398.
- [3] Im S., Heo M., Chun S., Lim D., Son E., and Kim K., “Radio Source Position Estimation System”, US Patent 11,194,012, Filed Dec 21, 2016, and issued Dec 7, 2021.