

항공기용 TACAN의 거리/방위각 성능 분석

김진기, 조영일, 김재원, 김기석, 구영훈, 송대영, 임원기

국방과학연구소

{kjkcop, yicho, arbor405, rlfjrl12345, gyh0808, daeyoungsong, wklim}@add.re.kr

Range/Bearing Performance Analysis of Aircraft TACAN

Jinki Kim, Youngil Cho, Jaewon Kim, Kiseok Kim,

Younghoon Goo, Daeyoung Song, Wongi Lim

Agency for Defense Development

요약

TACAN (Tactical Air Navigation)은 군용 항공기에게 지상 기지국으로부터 거리/방위각을 제공하기 위한 항법 시스템이다. TACAN 시스템은 항공기와 지상 기지국으로 구성되는데, 지상 기지국은 한국공항공사에서 국산화에 성공하여 현재 군 부대에 배치되고 있지만, 항공기용 TACAN은 아직 국내에서 개발된 적이 없다. 따라서 본 논문에서는 한국형합동전술데이터링크체계 (JTDLs : Joint Tactical Data Link System) 사업의 일환으로 국내에서 최초 개발한 항공기용 TACAN의 거리/방위각 성능을 분석한다. 이를 위해 개발한 항공기용 TACAN을 실제 비행기에 탑재하고 거리/방위각 성능을 측정하였으며, 성능 분석 결과 개발한 항공기용 TACAN이 거리/방위각을 정상적으로 측정하는 것을 확인하였다.

I. 서론

TACAN (Tactical Air Navigation)은 지상 기지국과의 상대적인 거리와 방위각을 제공하기 위한 항법 시스템으로, 방위각 정보만을 제공하는 VOR (VHF Omni-directional Range)과 거리 정보만을 제공하는 DME (Distance Measurement Equipment) 달리 두 가지 정보를 한 번에 제공할 수 있는 시스템이다 [1]. TACAN 시스템은 항공기에 탑재하는 항공기용 TACAN과 공항 주변에 설치하는 지상 기지국으로 구성된다. 항공기에서 거리 측정을 위해 지상 기지국으로 질문 (Interrogation) 신호를 송신하고 지상 기지국은 이에 대한 응답 (Reply) 신호를 송신함으로써 거리를 측정하게 되며 방위각 정보는 MRB (Main Reference Burst)와 ARB (Auxiliary Reference Burst), 그리고 AM 변조 신호의 위상차를 통해 측정한다 [2]. TACAN 시스템의 지상 기지국은 한국공항공사에서 개발하여 군 부대에 배치되고 있지만, 항공기에 탑재되는 TACAN은 지금까지 국내에서 개발된 적이 없었지만, 한국형합동전술데이터링크체계 (JTDLs : Joint Tactical Data Link System) 사업의 일환으로 항공기용 TACAN이 개발되고 있다. 따라서 본 논문에서는 국내에서 최초 개발한 항공기용 TACAN의 거리/방위각 성능을 검증하기 위한 시험을 수행하였다. 실제 항공기에 개발한 항공기용 TACAN을 탑재하여 지상 기지국과 거리/방위각 성능을 측정하였으며, 성능 분석 결과 개발한 항공기용 TACAN이 정상적으로 거리/방위각을 측정하는 것을 확인하였다.

II. TACAN 원리

TACAN의 거리 측정 방법은 DME와 동일하다. 항공기에 탑재된 TACAN이 질문 신호를 지상 기지국으로 송신하면, 지상 기지국은 이를 수신하고 고정된 지연 시간 (50 μ s) 이후에 응답 신호를 송신한다. 지상 기지국으로부터 응답을 수신한 항공기는 Two-way propagation delay와 고정 지연 시간을 합하여 slant range를 측정한다. 그림 1은 TACAN의

거리 측정 원리를 나타낸다.

방위각 측정을 위해 지상 기지국은 MRB와 ARB, 그리고 15Hz와 135Hz가 합성된 변조 신호를 송신한다. 항공기는 지상 기지국이 송신하는 신호를 수신하여 15Hz, 135Hz 신호를 복조하고 15Hz 변조 신호의 진폭이 최대가 되는 지점과 MRB의 위상 차이, 135Hz 변조 신호의 진폭이 최대가 되는 지점과 ARB의 위상 차이를 통해 방위각을 측정한다. 그림 2는 TACAN의 방위각 측정 원리를 나타낸다.

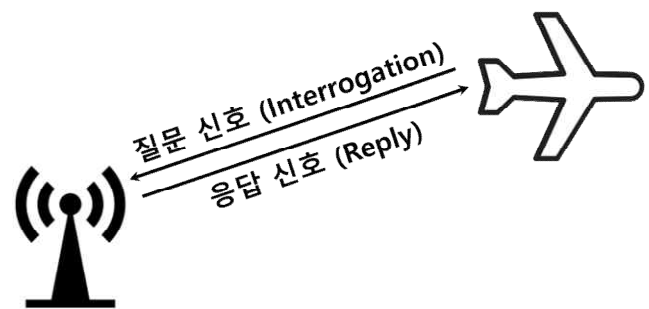


그림 1. TACAN의 거리 측정 원리

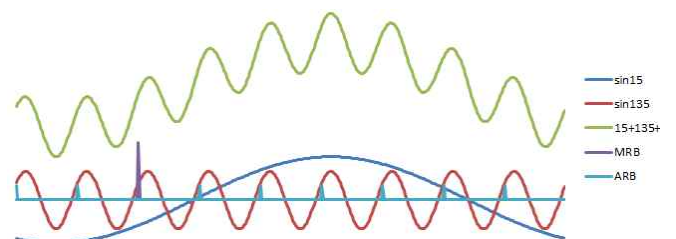


그림 2. TACAN 방위각 측정 원리

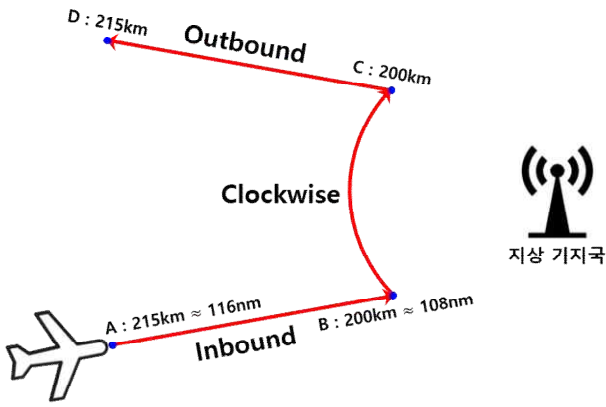


그림 3. 비행 경로

III. 비행 시험 환경

항공기용 TACAN의 성능 시험을 위해 민간 항공기에 TACAN 모듈을 탑재하고 시험을 수행하였다. 비행경로는 지상 기지국으로부터 200km 떨어진 지점부터 215km 떨어진 지점까지 방위각을 일정한 값으로 유지하며 inbound, outbound 각각 1번씩 비행하였고, 지상 기지국과 거리를 200km로 유지하며 시계 방향으로 1번 비행하였다. 고도는 18,000ft를 유지하였으며, 그림 3은 비행 경로를 나타낸다. 안테나는 항공기의 상부와 하부에 1개씩 장착하였고 지상 기지국의 신호가 일정 시간 수신되지 않는 경우 반대편 안테나로 switching 해서 신호를 수신할 수 있도록 하였다. TACAN 성능의 정확도를 확인하기 위한 reference 값으로 GPS를 사용하였으며, 항공기에 GPS도 탑재하여 시험을 수행하였다.

IV. 성능 분석 결과

그림 4는 거리 성능 결과를 나타낸다. Inbound 비행의 경우 항공기용 TACAN과 GPS의 거리값이 거의 오차가 없다. 항공기가 이동할 때 pitch를 낮추고 이동했기 때문에 주로 상부 안테나를 통해 거리를 측정하여 정확하게 측정하였다. 하지만 시계 방향으로 비행할 때와 outbound의 경우, 한 번씩 큰 오차가 발생하는데 이는 항공기 기동으로 인한 오차로 보인다. 항공기가 바람의 영향으로 흔들리거나 기동으로 인해 안테나가 좌우 날개 혹은 동체 뒤쪽에 가려지는 경우, 항공기의 질문 신호를 지상 기지국이 수신하지 못하거나 항공기가 지상 기지국의 응답 신호를 수신하지 못한다. 이런 경우를 대비하여 기존에 수신했던 응답 신호를 바탕으로 현재 거리를 추정하는 extrapolation 알고리즘이 존재하지만 extrapolation 알고리즘으로 더 이상 거리를 추정할 수 없을 만큼 오랜 시간 동안 응답 신호를 수신하지 못한 경우도 있었다. 시험 간 사용한 주파수 대역에 간섭 신호도 존재했기 때문에 간섭으로 인한 거리 오차도 발생하였지만 대부분 오차가 0.1 ~ 0.2 nm 내로 들어오는 것을 확인하였다.

그림 5는 방위각 성능 결과를 나타낸다. 방위각은 outbound 비행 초반부에 방위각 오차가 크게 발생하였다. 거리의 경우 응답 신호의 수신 타이밍으로 측정하는데 방위각은 수신 신호의 peak 지점과 MRB, ARB의 위상 차이로 측정한다. 따라서 방위각 측정은 신호 왜곡에 영향을 크게 받고 extrapolation 알고리즘도 없어서 항공기 기동으로 인한 영향을 더 크게 받는다. 이로 인해 outbound 비행 초반부에 거리 측정은 잠시 잘못된 값으로 측정하다가 짧은 시간 안에 정상적인 값을 측정하였지만 방위각 측정은 정상적인 값을 측정하는데 오랜 시간이 걸린 것을 확인할 수 있다. 그 외에 대부분의 방위각 측정값은 오차가 2도 이내로 들어오는 것을 확인하였다.

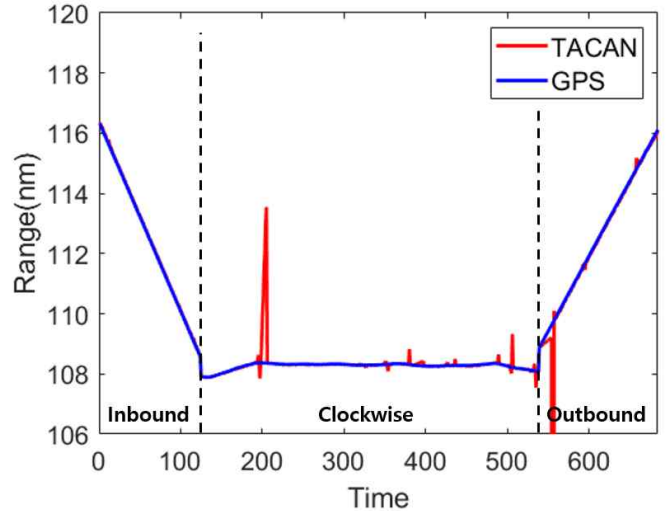


그림 4. 거리 성능 결과

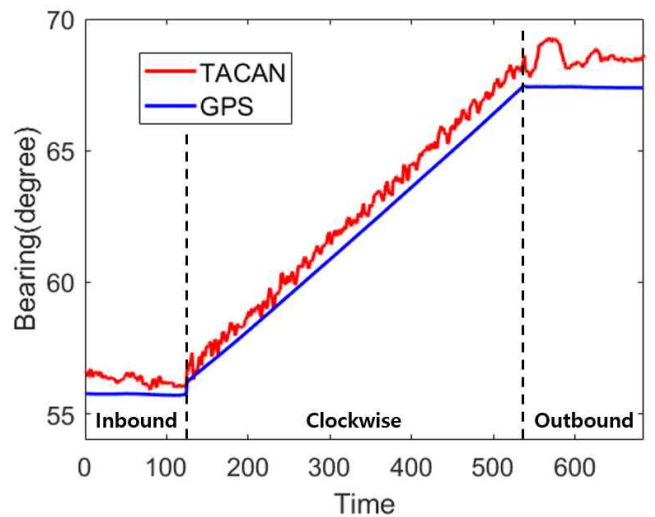


그림 5. 방위각 성능 결과

IV. 결론

본 논문에서는 국내에서 최초 개발한 항공기용 TACAN의 성능을 분석하였다. 성능 분석을 위해 실제 항공기에 개발한 항공기용 TACAN을 탑재하고 비행 시험을 수행하였으며, GPS 값과 비교를 통해 성능의 정확도를 분석하였다. 비행 시험 결과 항공기 기동으로 인한 오차를 제외하면 대부분의 거리 측정 값은 0.1 ~ 0.2 nm, 방위각 측정 값은 2도 이내로 들어오는 것을 확인하였다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2024년 정부의 재원으로 수행된 연구임

참고 문헌

- [1] S. J. Park and K. H. Koo, "Optimization of Broadband Antenna Parasitic Elements for TACAN", *Journal of Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science*, Vol. 26, No. 5, pp.483-491, 2015.
- [2] E. J. Christopher, "Electronically scanned TACAN antenna", *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. AP-22, pp.12-16, Jan. 1974.