한국소음진동공학회 2013년 추계학술대회논문집, pp. 877~878

표적탐지장비 설계개념 개요

Overview of Target Acquisition and Designation System Design Concept

하재훈†

Jaehoon Ha

Key Words: Target acquisition and designation system, EO/IR, LRF, Error Model, LOS controller

1. 서 론

최근 선진국의 전술(Tactical) 유도무기 개발 추세는 소형화, 저가화 및 고효율을 추구하고 있다.(1) 무유도 로켓과 같이 현재 많이 사용되고 있지만 타격 정확도가 떨어지는 경우, 고가의 유도탄으로 무기체계를 대체하기보다는 적은 비용으로 무기체계를 개량함으로써 저비용/고효율의 무기체계를 확보할 수 있다. 이와 같은 대표적인 무기체계 연구로 APKWS(Advanced Precision Kill Weapon System), DAGR(Direct Attack Guided Rocket)등을 예로 들 수 있다.

이와 같은 유도 로켓을 운용하기 위해서는 사용 플랫폼에서 표적탐지장비(Target Acquisition and Designation System)를 통해 표적 정보를 획득할 필요가 있다.

표적탐지장비는 원거리에서 표적을 탐지하여 표적의 위치 및 속도를 획득하는 장비로 EO/IR 카메라와 레이저거리측정기(Laser Range Finder)로 구성된다. 표적탐지장비에서 획득된 표적 정보는 유도로켓에 전달되어 발사 후 중기 유도에 사용된다.

본 논문에서는 표적탐지장비 설계 개념에서 성능에 지배적인 영향을 주는 설계 요소를 식별하고 이에 대한 설계 개념을 소개하고자 한다.

2. 본론

2.1 표적 정보 추정(2)

표적탐지장비의 주요한 성능인 표적정보의 정확도를 제시하면 이를 달성하기 위해 필요한 구성품의 세부 요구조건이 도출될 수 있다. 따라서 획득된 표적 정보의 정확도를 예측하는 것이 필요하다. 표적탐지장비는 EO/IR 카메라를 김발(gimbal) 위에 설치하여 대상 표적을 지향할 수 있다. 김발은 고각과 방위각 구동이 가능하기 때문에 표적을 감시하거나 표적 획득 후 추적이 가능하다. 김발은 안정화 기구(stabilization device)위에 설치되어 플랫폼에 부가되는 외란이나 플랫폼 자체의 기동에도 안정적으로 시선각(Line of sight)을 유지할 수 있다. 이와 같은 하드웨어의 특성으로 인해 표적정보의 정확도에 영향을 주는 요인으로 헤딩 오차(heading error), 지시오차(pointing error), 안정화 오차(stability error)등이 있고 헤딩 오차는 진북 방향을 알려주는 센서에 의해 발생하는 오차로서 다른 오차에 비해 큰 경향이 있다. 지시 오차는 EO/IR과 LRF사이의 광학 정렬에 의한 오차를 나타내며 안정화 오차는 안정화 제어기의 오차를 나타낸다. 여기에 레이저 거리 측정기에서 발생하는 거리 오차(LRF error)를 추가할 수 있다.

이와 같은 에러 모델을 이용하여 네가지 종류의 오차에 의한 에러 분석을 수행할 수 있다. 각각의 오차가 정규분포를 따르는 오차라고 가정할 경우, 에러 확산법(Error Propagation Method)을 이용하여 표적 정보의 위치에 대한 오차를 계산할 수 있다. 표적 위치에 대한 오차 분석을 한 이후 표적의 속도와 이동 방향에 대한 정보도 추정할 수 있다. 표적의 위치를 수초 동안 저장한 후 이를 시간에 대한 거리의 선형 회귀 분석(Linear regression)을 사용하면 표적의 속도를 추정할 수 있다. 1차 함수로 피팅된 결과에서 그 기울기가 표적의 추정된 속도가 된다. 마찬가지로 표적의 이동 방향에 대한 추정은 표

† 교신저자; 하재훈, 국방과학연구소
E-mail : woody@add.re.kr
Tel : 042-821-4792, Fax : 042-823-3400

적의 x축과 y축의 이동거리를 선형 회귀 분석으로 피팅하게 되면 그 기울기가 표적의 이동 방향이 된다. 표적의 속도 및 이동 방향은 LRF에 의해 조사되는 조사 주기와 측정 시간에 의해 정확도가 달라진다. 표적의 속도와 이동 방향을 추정하는 방법으로 선형회귀법 이외에 재귀 최소자승법(Recursive Least Squares)이나 칼만 필터(Kalman filter)를 사용하는 방법도 있다.[3]

표적 정보의 정확도에 많은 영향을 주는 인자는 헤딩 오차이다. 자이로 컴파스(Gyroscopic compass), GPS 컴파스(GPS compass), 자기 컴파스(Magnetometer)와 같은 진북계를 사용하면 정확한 진북의 위치를 측정할 수 있다.

2.2 시선안정화 제어기[4]

표적탐지장비는 차량이나 비행기에 설치되어 표적의 정보를 획득할 수 있다. 특히 차량에 탑재되는 경우, 장착대(mast)를 이용하여 지상에서 일정 높이 위에 설치하는 것이 바람직하다. 비행기에 설치할 경우, 동체 아래 부분에 설치되는 경우가 많기 때문에서 장착 구조물의 유연성(flexibility)를 고려하지 않고 플랫폼의 강체 운동만 고려하면 된다. 하지만 차량의 장착대에 설치할 경우, 캔틸레버 효과가 발생하기 때문에 장착대의 유연성을 고려한 시선안정화 제어기 설계가 필요하다. 일반적으로 시선 안정화 제어기는 PI 제어기가 많이 사용된다. 하지만 구조체의 유연성을 고려하면서 서보 에러를 최소화 하기 위해 모델 기반의 제어기인 LQG와 H_∞의 적용이 필요하다. 모델 기반의 제어기를 사용할 경우, 먼저 시스템 규명을 통해 마스트에 장착된 표적탐지장비의 상태 공간 행렬(A,B,C)를 얻어야 한다. 이를 이용해서 LQG는 시스템의 H2 norm을 최소화하도록 설계하고 H_∞의 경우 H_∞ norm을 최소화하도록 제어기를 설계한다. LQG와 H_∞ 제어기의 성능이 PI 제어기에 비해 성능이 매우 우수하지만 노이즈에 강건하지 않으며 초기에 매우 큰 각가속도를 요구하기 때문에 모터 토크가 커져야 하는 단점을 갖고 있다.

3. 결 론

표적탐지장비는 광학, 전자, 소프트웨어, 제어, 기계 분야가 복합된 장비로서 설계 시 많은 고려사항이 발생한다. 본 논문에서는 표적탐지장비의 설계시 고려해야 하는 중요한 요소 중에 표적 정보 정확도 추정과 시선 안정화 제어기의 설계 개념에 대해 소개하였다.

후 기

본 논문은 KAIST 박윤식 교수님의 정년을 맞이하여 헌정 심포지움에 발표하는 논문입니다.

참고문헌

(1) 이경용, 오승종, 이종한, 안승기, “2.75″ 로켓 유도무기 저가화 방안 연구”, 한국군사과학기술회 2010년 종합학술대회, pp.208~211, 2010.

(2) 하재훈, “표적탐지장비에서 측정된 표적의 위치 및 속도의 정확도 추정 기법”, 한국군사과학기술회 2013년 종합학술대회, pp.13~14, 2013.

(3) J. D. Redding, “Vision based target localization from a small fixed-wing unmanned air vehicle,” Master’s thesis, Brigham Young University, Provo, Utah 84602, 2005. 9, 35

(4) Wodek Gawronski, “Antenna control systems: From PI to H_∞”, IEEE Antenna and Propagation Magazine, Vol. 43, No. 1, pp.52~60, February 2001.