

IMM을 이용한 수동소나체계의 기동표적추적기법 향상 연구

A Study of Target Motion Analysis For a Passive Sonar System with the IMM

。 유 필 훈*, 송 택 렬**

* 한양대학교 전자전기제어계측공학과
(Tel : 81-031-400-4051; Fax : 81-031-407-2756 ; E-mail: windstar@hymail.hanyang.ac.kr)

** 한양대학교 전자전기제어계측공학과
(Tel : 81-031-400-5217; Fax : 81-031-407-2756 ; E-mail: tsong@email.hanyang.ac.kr)

Abstract : In this paper the IMM(Interacting Multiple model) algorithm using the MGEKF(Modified Gain Extended Kalman Filter) which modes are variances of the process noises is proposed to enhance the performance of maneuvering target tracking with bearing and frequency measurements. The state are composed of relative position, relative velocity, relative acceleration and doppler frequency. The mode probability is calculated from the bearing and frequency measurements. The proposed algorithm is tested a series of computer simulation runs.

Keywords: IMM, TMA, MGEKF, Sonar, Bearing and Frcquency Measurements

1. 서론

해양환경에서 수동소나체계를 이용한 표적기동분석 (Target Motion Analysis)은 일반적으로 각도 정보만을 측정하여 표적의 위치, 속도등을 추정한다 [1,2,3,5,6]. 이 경우에는 관측자 (Observer)의 기동을 통하여야만 가관측성 (Observerbility)을 확보할수있고 이를 통해 추정이 가능하다. 또한 필터의 안정성과 가관측성을 향상시키기 위하여 도플러 효과 (Doppler Effect)를 이용한 주파수를 추가 측정치로 사용한 연구결과가 발표되었다 [4,9]. 본 논문에서는 우선 각도와 주파수를 측정치로 사용하는 알고리즘을 MGEKF(Modified Gain Extended Kalman Filter)[7]를 사용한 TMA에 적용가능한지를 검토한다. MGEKF는 측정치를 표현하는 비선형 함수가 'mdifiable' 이라규정된 총체적 선형화가 가능하여야만 사용할 수 있다. [10]에서는 각도정보만을 이용한 알고리즘을 해석하였고 여기서는 주파수정보가 추가된 MGEKF에 사용가능한지를 알아보고 TMA알고리즘에 적용시켜 추정성능이 어느정도 향상되는지를 알아보려고 한다. TMA알고리즘은 또한 이러한 경우에 표적의 변침운동에 대한 문제가 제기된다. 표적의 알수없는 변침운동에 대한 필터의 동력학에 대응해서 추정성능을 향상시키는 것이 어렵다. 특히 공정잡음을 통해서 변침하는 표적에 대해 추정성을 향상시키려면 그때마다 적절한 공정잡음(Process noise)의 분산값을 조절해야하는데 실시간으로 이루어져야하는 TMA에서는 적용적으로 구현하는 방법이 필요하다. 이 논문에서는 공정잡음의 분산값을 모두로 설정하고 MGEKF를 이용한 IMM(Interacting Multiple Model)기법을 도입하고자 한다. 이러한 방법으로 표적의 다양한 변침형태에 대해 공정잡음의 분산값을 자동으로 산출하여 실시간 추정이 가능하도록 한다. 제시하는 TMA알고리즘을 단일 MGEKF를 사용한 알고리즘과 시뮬레이션을 통하여 그 성능을 비교해본다.

2. 시스템 모델

각도정보와 주파수 정보를 동시에 측정치로 사용하는 수동소나 체계에서의 표적기동분석(TMA)에서는 2차원 평면에서의 표적 추적 시스템동력학 모델이 필요하다. 이 시스템의 상태변수로는 관측자와 표적간의 상대위치, 상대속도, 표적의 주파수, 상대가속도 등이 있으며 시스템의 동력학은 식 (1) 과 식 (2) 로 나타낼 수 있다.

$$X = (x, y, \dot{x}, \dot{y}, f_0, A_r, A_f)^T \quad (1)$$

$$\dot{X} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} X - \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} A_r \\ A_f \end{pmatrix} \quad (2)$$

측정치는 식 (3)과 같이 나타내며 측정잡음은 각도와 주파수가 각각 평균이 0이고 분산이 $\sigma_{az}^2, \sigma_f^2$ 인 백색 가우시안 (White Gaussian) 이 사용된 비선형 함수로 표현된다. 이에 관한 표적과 관측자의 기하학적 관계와 기동형태는 [10,11]에 제시 되어있다.

$$z = \begin{pmatrix} \tan^{-1} \frac{y}{x} \\ f_0(1 - \frac{r}{c}) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} v_{az} \\ v_f \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \tan^{-1} \frac{y}{x} \\ \frac{f_0}{c} (c - \frac{x\dot{x} + y\dot{y}}{\sqrt{x^2 + y^2}}) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} v_{az} \\ v_f \end{pmatrix} \quad (3)$$

3. 각도 및 주파수 정보를 이용한 TMA

주파수 정보를 추가로 받아들이면 [10]에서와 같이 각도정보만을