

遺傳 알고리즘을 적용한 船舶용 위성 안테나의 安定化 알고리즘의 設計*

고운용** · 황승욱*** · 진강규****

The Design of the Stabilized Algorithm for Shipboard Satellite
Antenna Systems using Genetic Algorithm

Woon-Yong Koh** · Seung-Wook Hwang*** · Gang-Gyoo Jin****

〈목 차〉	
Abstract	5. 추적 알고리즘 개발
1. 서 론	6. 실험 및 결과 고찰
2. 선박용 위성 안테나 시스템의 구조	7. 결 론
3. 안테나 Pedestal의 모델링	참고문헌
4. 안정화 제어기 설계	

Abstract

This thesis describes the design of a stabilized algorithm for shipboard satellite antenna systems which can enhance the tracking performance. In order to overcome some drawbacks of the conventional step tracking algorithm, the proposed algorithm searches for the best tracking angles using gradient-based formulae and signal intensities measured according to a search pattern.

The effectiveness of the proposed algorithm is demonstrated through simulation using real-world data.

Keywords : shipboard satellite antenna(선박용 위성 안테나), tracking algorithm(추적 알고리즘), gradient-based formula(구배에 기초한 식)

* 이 논문은 2001년도 두뇌한국 21사업에 의하여 지원되었음.

** 한국해양대학교 제어계측공학과 박사수료

*** 한국해양대학교 기계정보공학부 부교수

**** 한국해양대학교 기계정보공학부 교수

제1장 서 론

위성통신은 망 구성의 광역성, 회선 구성의 신속성 및 효율성, 이동의 용이성 등의 장점이 있어 이에 대한 연구와 개발이 점점 확대되고 있다[1,2]. 특히, 선박에서 이용되는 위성통신 서비스는 주로 국제해사위성(INMARSAT)과 직접방송위성(DBS)을 통해 이루어지고 있다. INMARSAT은 선박 상호간 및 선박과 육상간의 신뢰성 있는 광역 통신망을 확보함으로써 해상통신 및 조난구조 통신망으로 이용되고 있으며, 선박의 효율적인 운항관리, 좌표식별, 원격감시 등으로 그 응용 범위가 확대되고 있다[3]. DBS는 지역단위 위성방송의 구축이 확대됨에 따라 해기사들의 복지 향상 차원에서 수신기의 선박 내 장착이 확대되고 있다[4].

이와 같은 해사 관련 서비스를 항해 중인 선박에서 이용하기 위해서는 위성 안테나 시스템의 하드웨어와 설정된 위성을 지향하도록 안테나를 안정화하고 선박이 이동할 때 위성을 트랙킹하는 소프트웨어 개발이 필요하다. 선행 연구에서 저자들은 선박 운동에도 불구하고 안테나 Pedestal을 항상 수평으로 유지하는 안정화 문제를 다루었다[5,6,7]. 여기서 안테나 Pedestal을 롤링, 피칭, 요잉 축으로 회전할 수 있도록 설계함으로써 각 축은 선박의 운동을 축 단위로 분해하여 검출하고 보상할 수 있도록 하였고, 안정화를 위하여 최적 상태제어기를 설계하였다.

이를 바탕으로 본 연구에서는 기존의 트랙킹 알고리즘의 단점을 극복하고 지향성을 개선할 수 있는 트랙킹 알고리즘을 개발한다. 개선된 알고리즘은 구배(Gradient)에 기초한 것으로서 적절한 탐색 패턴을 통해 방위각과 앙각을 변경하면서 계측된 위성 세기 신호를 이용하여 최적의 지향각을 탐색하게 된다. 제안한 방법의 우수성을 검정하기 위하여 실측된 위성 신호를 이용하여 시뮬레이션을 실시한다.

제2장 선박용 위성 안테나 시스템의 구조

저자들이 설계한 선박용 위성 안테나 시스템은 크게 Stabilized Antenna Pedestal, Pedestal Control Unit, Antenna Control Unit로 구성되며, 그림 1은

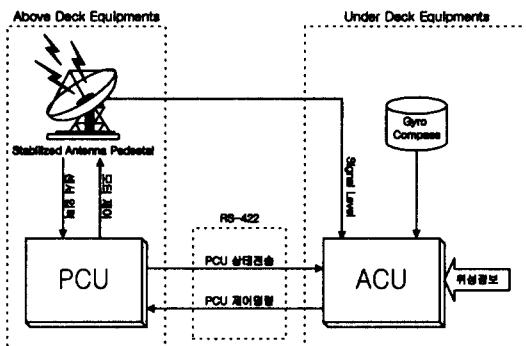


그림 1. 선박용 위성 안테나 시스템의 구조.

Fig. 1. Shipboard satellite antenna system.

이를 보여주고 있다.

2.1 Stabilized Antenna Pedestal(SAP)

SAP는 상갑판에 설치되는 디쉬(Dish)와 구동부를 포함한 기계구조로서, 3축 구조로 설계되고, 각 축의 중앙에 엑츄에이터를 장착시켜 축 단위로 제어가 가능하도록 하였다. 롤링과 피칭 축에 설치된 엑츄에이터는 안테나를 수평으로 유지하기 위한 것이고, 요잉 축에 설치된 것은 방위각을 일정하게 유지하기 위한 것이다. 각 축에는 센서를 부착하여 SAP의 운동을 축 단위로 분해하여 감지할 수 있도록 하였다.

2.2 Pedestal Control Unit(PCU)

PCU는 SAP에 설치되어 위성 안테나 시스템의 초기화, 안정화, 추적 기능을 수행하는 핵심장치이다. 초기화 기능은 시스템이 동작하기 전에 각종 하드웨어 소자와 소프트웨어 변수들을 초기화 해 준다. 안정화 기능은 선박의 롤링과 피칭 운동에 따라 나타나는 안테나의 기울기와 그 변화를 계측하고 실시간으로 제어하여 Pedestal을 수평으로 유지시키는 역할을 해준다. 추적 기능은 ACU로부터 통신을 통해 입력받은 위성 신호의 세기를 이용하여, 선박이 이동하더라도 Pedestal이 항상 위성을 지향하도록 해준다.

PCU를 구성하는 하드웨어는 센서, 엑츄에이터

구동, 직렬통신에 관계된 것으로 나뉜다. 센서부는 각도와 각속도 센서의 출력을 디지털 신호로 변환하는 A/D 변환기, 출력되는 신호의 레벨 조정 및 소프트웨어적으로 데이터 포맷을 읽어들이는 부분들로 구성된다. 엑츄에이터 구동부는 제어기가 서로부터의 측정치를 받아서 해당 엑츄에이터를 구동하는 기능을 갖는다. 직렬 통신부는 ACU로부터 안테나의 방위각과 앙각, 추적 기능에 필요한 위성의 RF 신호 세기를 전송 받는다. 한편, 테스트 포트는 테스트 프로그램의 다운 로드, 메모리 덤프, 테스트 프로그램의 실행 기능을 수행한다.

2.3 Antenna Control Unit(ACU)

하갑판에 설치되는 ACU는 사용자로부터 위성 및 채널 신호를 입력받아 위성 위치와 채널 명령을 PCU에 전달하며, 선택된 위성의 RF 신호 세기를 입력받아 위성을 추종하기 위한 신호를 PCU에 전달하는 역할을 담당한다. ACU는 시스템의 초기화, 사용자 인터페이스, RF 신호의 AGC 측정을 통한 추적 보조 기능, 자이로 인터페이스 기능, PCU와의 직렬 통신 부분으로 구성된다.

제3장 안테나 Pedestal의 모델링

3.1 선박의 운동

항해중인 선박은 그림 2와 같이 6자유도 운동을 하게 된다[6]. 이 운동은 선박 중심의 직교 좌표축인 X, Y, Z를 기준으로 한 병진운동, 즉 서어지(Surge), 스웨이(Sway), 히이브(Heave)와 이를 축을 중심으로 한 회전운동, 즉 롤(Roll), 피치(Pitch), 요(Yaw)로 구분된다.

이러한 병진운동과 회전운동은 안테나의 지향각에 영향을 주게 된다. 병진운동은 안테나와 위성까지의 거리는 멀기 때문에 그 영향은 무시될 수 있으나, 회전운동은 지향각에 절대적인 영향을 미치게 된다. 특히 회전운동 중에서 롤링과 피칭은 안테나의 수평오차를, 요잉은 방향 오차를 발생시키는 요인이 된다.

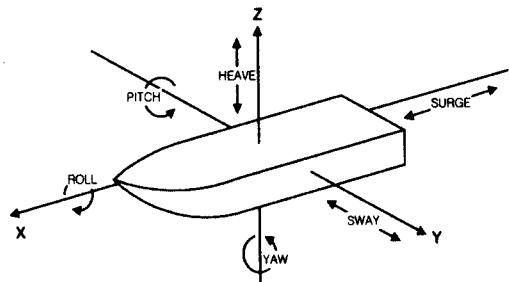


그림 2. 선박의 6자유도 운동.

Fig. 2. 6-degree movements of ship motion.

3.2 시스템 모델

선체의 회전운동에도 불구하고 안테나 Pedestal을 수평으로 유지하는 안정화 문제는 롤링과 피칭 축만을 고려하면 된다. Pedestal의 각 축은 회전운동을 축 단위로 분해하여 검출하고 보상할 수 있도록 설계되어 있으므로, 엑츄에이터의 입력(제어입력)으로부터 경사각 센서 출력까지 모델 방정식을 쓰면 다음과 같다[5].

$$\Theta_i(s) = \frac{K_i e^{-L_i s}}{(1 + T_i s)} U_i(s) \quad (i = r, p) \quad \dots \dots \dots \quad (1)$$

여기서 $U_i(s)$ 는 제어입력, $\Theta_i(s)$ 는 경사각, K_i 는 이득, T_i 는 시정수, L_i 는 시간지연이다. 식에서 첨자 i 는 룰링 축, p 는 파칭 축을 뜻한다.

3.3 유전알고리즘을 이용한 파라미터 추정

모델의 구조와 차수가 결정되면 그 다음 파라미터를 추정하는 작업이 요구된다. 롤링 축과 피칭 축 모델의 파라미터를 얻기 위한 구성도는 그림 3과 같다. 적응 메카니즘은 시스템과 모델의 출력 차가 최소가 되도록, 즉 모델의 동특성이 시스템의 동특성에 가깝도록 모델의 파라미터를 조정하게 된다[9]. 이 때 사용되는 목적함수는 다음과 같다.

여기서 $\Phi_i = [K_i \ T_i \ L_i]^T$ 는 조정되는 벡터이고,

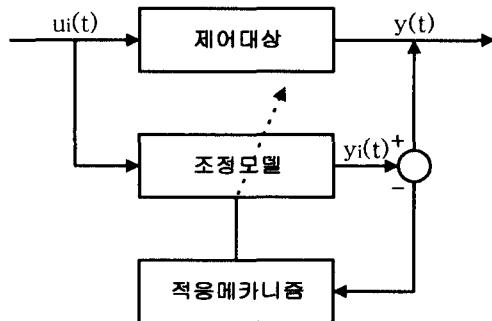


그림 3. 모델의 파라미터 추정 계통도.
Fig. 3. Block diagram for estimating model parameters.

$y_i(t)$ 와 $y_i(t)$ 는 각각 시스템과 모델의 출력이고, t_i 는 최종 적분시간으로서 이 이후의 적분값이 무시되어도 좋을 정도로 충분히 큰 값이다.

이는 비선형 최적화 문제로서 실수코딩 유전알고리즘 RCGA[10,11]로 해결한다. 개체집단이 진화해 가는 동안 RCGA는 개체간의 우열(각 개체로부터 복호화된 변수로 설정된 모델의 성능)을 가리기 위하여 적합도를 필요로 하는데, 적합도 함수는 $f: S \rightarrow R^*$ (S 는 염색체 공간)의 관계를 만족하도록 다음과 같이 사상된다.

$$f(s) = -J(\phi_i) + \delta \quad \dots \dots \dots (3)$$

여기서 δ 는 전 세대 동안 $f(s) \geq 0$ 의 관계가 만족되도록 선택되는 계수로서, 집단내에 선택압(Selection pressure)이 적절히 유지되도록 변경된다[11].

제4장 안정화 제어기 설계

여기서는 선형모델을 얻고 이를 기반으로 안정화 상태궤환 제어기를 설계한다. 식 (1)에서 시간지연 요소를 일차계로 근사화하고, 상태변수를 다음과 같이 정의하면

$$x_{i1} = \theta_i \quad \dots \dots \dots (3a)$$

$$x_{i2} = \dot{\theta}_i - b_{ii}u_i \quad \dots \dots \dots (3b)$$

식 (4)의 동적방정식을 얻을 수 있다.

$$(S) \begin{cases} \dot{x}_i = A_i x_i + B_i u_i + d_i \quad (i = r, p) \\ y_i = C_i x_i \end{cases} \quad \dots \dots \dots (4a)$$

$$A_i = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -a_{i2} & -a_{i1} \end{pmatrix}, \quad B_i = \begin{pmatrix} b_{i1} \\ b_{i2} - a_{i1}b_{i1} \end{pmatrix}, \\ C_i = [1 \ 0] \quad \dots \dots \dots (4b)$$

$$a_{i1} = \frac{2}{L_i} + \frac{1}{T_i}, \quad a_{i2} = \frac{2}{T_i L_i}, \\ b_{i1} = -\frac{K_i}{T_i}, \quad b_{i2} = \frac{2K_i}{T_i L_i} \quad \dots \dots \dots (4c)$$

여기서 $x_i = [x_{i1} \ x_{i2}]^T$ 는 상태벡터, $y_i = \theta_i$ 는 출력, d_i 는 외란이다. 특히 선체 운동은 제어시간에 비하면 상대적으로 매우 느리므로 외란은 제어시간 동안 일정한 것으로 간주한다.

안테나 Pedestal의 안정화 문제는 결국 최적 조정기 설계 문제로 귀착되므로 외란으로부터 발생할 수 있는 정상편차를 줄이기 위하여 적분기를 도입한다.

$$z_i = \int y_i dt \quad \dots \dots \dots (5)$$

양변을 한번 미분하고 식 (4a)와 결합하면

$$(\tilde{S}_i) \begin{cases} \dot{\tilde{x}}_i = \tilde{A}_i \tilde{x}_i + \tilde{B}_i u_i + \tilde{d}_i \quad (i = r, p) \\ y_i = \tilde{C}_i \tilde{x}_i \end{cases} \quad \dots \dots \dots (6a)$$

여기서

$$\tilde{x}_i = \begin{pmatrix} x_i \\ z_i \end{pmatrix}, \quad \tilde{A}_i = \begin{pmatrix} A_i & 0 \\ C_i & 0 \end{pmatrix}, \quad \tilde{B}_i = \begin{pmatrix} B_i \\ 0 \end{pmatrix}, \\ \tilde{d}_i = \begin{pmatrix} d_i \\ 0 \end{pmatrix}, \quad \tilde{C}_i = [C_i \ 0] \quad \dots \dots \dots (6b)$$

확장시스템 (\tilde{S}_i)는 원래의 시스템 (S)가 가지 않고, $\rho \begin{pmatrix} B_i & A_i \\ 0 & C_i \end{pmatrix} = 3$ 의 관계를 가지면 가지어하게 된다[7]. 확장시스템에서 외란을 제외한 시스템을 점근적으로 안정하게 하면서 다음의 평가함수

$$J_i = \int (\tilde{\mathbf{x}}_i^T Q_i \tilde{\mathbf{x}}_i + \tilde{\mathbf{u}}_i^T r_i \tilde{\mathbf{u}}_i) dt \quad (i = r, p) \quad \dots \dots (7)$$

최소로 하는 제어법칙은 다음과 같다.

$$\mathbf{u}_i = -G_i \tilde{\mathbf{x}}_i = -G_{ii} \mathbf{x}_i + g_{i2} \int y_i dt \quad (i = r, p) \quad \dots \dots (8)$$

여기서 $G_i = [G_{ii} \quad g_{i2}] = -r_i^{-1} B_i^T K_i$ 이고 K_i 는 Riccati 행렬방정식의 해가 된다. 한편 식 (7)에서 Q_i 와 r_i 는 각각 양의 반반정 행렬, 양의 계수이고 전체 시스템의 성능을 결정짓는 중요한 변수로서 사용자에 의해 적절히 결정된다.

제5장 추적 알고리즘 개발

앞서 언급하였듯이 추적은 선박이 이동하더라도 안테나가 항상 위성을 지향하도록 해주는 기능으로서, Pedestal이 수평으로 유지된 상태에서 위성 지향각(방위각과 앙각)을 조절하게 된다. 이 때 이용되는 위성신호는 안테나 케이블을 통해 ACU로 전해지고, ACU에서는 신호의 세기를 AGC (Auto Gain Control) 회로를 통해 얻어낸다. AGC 회로로부터 얻어진 위성 신호의 세기는 ACU와 PCU를 연결하는 RS-422 케이블을 통해 PCU에 전달하게 된다.

5.1 위성 신호의 세기 분포

그림 4는 방위각과 앙각에 변화에 따른 ACU로부터 통신을 통해 실제 위성으로부터 받은 신호의 세기(Signal Intensity)를 그린 것이다.

이 신호는 최대 레벨을 가지는 지향점을 중심으로 지수함수 형태로 감소하는 경향을 가지며, 파라볼라 안테나의 특성을 그대로 나타내고 있다. 이러한 특성 때문에 수신가능 지역에서는 이득이 크지만, 그 외의 지역에서는 거의 신호가 잡히지 않는다. 따라서 먼저 서칭을 통해 수신가능 지역을 탐색해 들어간 후, 추적 과정을 통해 최고 수신점을 찾도록 지향각을 변경시키는 작업이 필요하다.

5.2 서칭(Searching)

위성 신호는 대체로 목표 위성 위치의 $\pm 2^\circ$ 범위

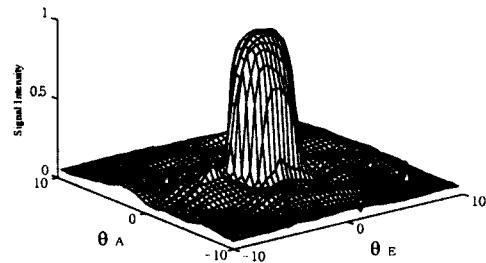


그림 4. 위성신호의 세기($-10^\circ \leq \theta_A, \theta_E \leq 10^\circ$).

Fig. 4. Signal intensity($-10^\circ \leq \theta_A, \theta_E \leq 10^\circ$).

내에서만 수신되고 이 범위를 벗어나면 수신이 불가능하다. 따라서 연속적인 추적을 위해서는 광범위한 영역에서 $\pm 2^\circ$ 이내의 위성 신호 영역을 찾는 과정이 필요하다. 서칭은 추적의 부분적인 기능으로서 예상한 목표 위성의 위치를 시작점으로, 실제 위성 위치의 $\pm 2^\circ$ 의 영역을 찾는다.

이를 위해 본 논문에서는 코니칼(Conical) 동작과 비슷하면서 프로그램 구현이 간단한 피라미달 스캐닝 방식을 채택하였다(그림 5 참조). 그림에서 보듯이 중심으로부터 일정한 비율의 사각형을 그리면서 위성 신호의 입력이 있을 때까지 스캐닝 과정을 거쳐 신호 영역을 찾게 된다.

5.3 추적(Tracking)

추적은 $\pm 2^\circ$ 범위 이내에서 적용되며, 주로 선박의 항행에 따라 선박에서 보는 위성 방향의 변화에

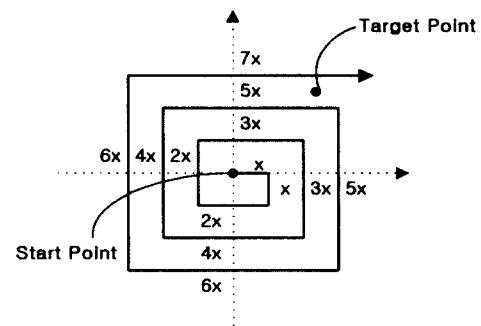


그림 5. 피라미달 스캐닝.

Fig. 5. Pyramidal scanning.

의해서 발생되는 방위각과 양각의 오차를 보정한다. 일정한 시간 간격으로 안테나 각도를 미소 이동시켜서 수신 레벨의 변화를 판정하여 최대 수신 지점을 찾는다.

(1) 기존의 추적 알고리즘

기존의 추적 알고리즘은 스텝 추적이라 불리는 방식으로 지향각을 미소하게 움직여 위성 신호의 최고점을 찾는다. 이 방법은 현재의 수신 레벨을 일시 기억하고 있다가, 좌우(방위각) 또는 상하(양각) 방향으로 한 스텝씩 번갈아 가며 변화시켜서 수신된 두 신호 레벨과 비교하여 제일 큰 쪽으로 진행하여 나가게 된다. 그림 6은 스텝 추적의 원리를 보여주고 있다. 이 방식은 방위각과 양각에 대해 독립적으로 한 번씩 번갈아 가며 진행되기 때문에, 양각의 경우는 첨자를 E로 수정하면 된다.

이 알고리즘은 단순해서 구현하기가 쉽지만, 방위각과 양각에 대해 서로 독립적으로(실제 신호는 두 각의 함수) 방향을 결정함으로써 수신점을 놓치는 경우가 발생하며, 한 스텝씩만 움직이게 되므로 최고점을 찾는데 많은 시간이 소요된다.

Procedure StepTrackingAlgorithm

```

Set k= 0 and initialize  $\theta_A(k)$ ;
Measure
 $L_1(k) = L_1(\theta_A(k))$ ,
 $L_2(k) = L_2(\theta_A(k) + \Delta\theta_A)$ ,
 $L_3(k) = L_3(\theta_A(k) - \Delta\theta_A)$  and find
 $L_{max} = \max(L_1(k), L_2(k), L_3(k))$ ;
While < termination conditions are not met >
  If  $L_{max} = L_1(k)$ 
    Set  $\theta_A(k+1) = \theta_A(k)$ ;
  Else if  $L_{max} = L_2(k)$ 
    Set  $\theta_A(k+1) = \theta_A(k) + \Delta\theta_A$ ;
  Else
    Set  $\theta_A(k+1) = \theta_A(k) - \Delta\theta_A$ ;
  End if
  Measure  $L_1(k+1), L_2(k+1), L_3(k+1)$  and find
   $L_{max} = \max(L_1(k+1), L_2(k+1), L_3(k+1))$ ;
  Set k= k+1;
End while

```

그림 6. 스텝 추적 알고리즘.

Fig. 6. Step tracking algorithm.

(2) 제안된 추적 알고리즘

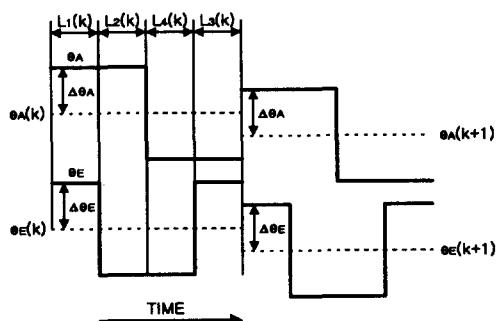
스텝 추적의 단점을 극복하기 위하여 본 연구에서는 그림 7과 같은 방식으로 방위각과 양각을 변경하면서 계측된 네 점의 신호를 이용하여 다음 단계의 지향각을 결정한다.

$$\theta_A(k+1) = \theta_A(k) + \alpha_A (L_1(k) + L_2(k) - L_3(k) - L_4(k)) \quad (9a)$$

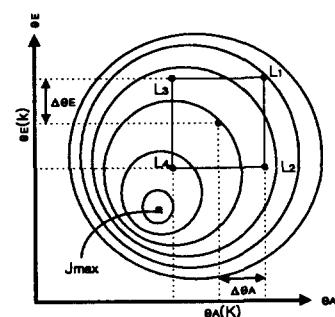
$$\theta_E(k+1) = \theta_E(k) + \alpha_E (L_1(k) + L_3(k) - L_2(k) - L_4(k)) \quad (9b)$$

여기서 $\theta_A(k)$ 와 $\theta_E(k)$ 는 각각 k번째의 방위각과 양각이고, $L_1(k)$, $L_2(k)$, $L_3(k)$ 와 $L_4(k)$ 는 각 지점에서의 계측되는 신호의 세기이고, α_A 와 α_E 는 추적 성능에 영향을 주는 계수로서 적절히 선택된다.

그림 8은 제안된 알고리즘을 보여주고 있다.



(a) 양각과 방위각의 변경 패턴(타임 차트)



(b) 신호 세기의 등고선

그림 7. 신호계측 전략.

Fig. 7. Signal sensing strategy.

Procedure Proposed Tracking Algorithm

```

Set k= 0 and initialize  $\theta_A(k)$ ,  $\theta_E(k)$ ;
Measure
 $L_1(k) = L_1(\theta_A(k) + \Delta\theta_A, \theta_E(k) + \Delta\theta_E),$ 
 $L_2(k) = L_2(\theta_A(k) + \Delta\theta_A, \theta_E(k) - \Delta\theta_E),$ 
 $L_3(k) = L_3(\theta_A(k) - \Delta\theta_A, \theta_E(k) + \Delta\theta_E),$ 
 $L_4(k) = L_4(\theta_A(k) - \Delta\theta_A, \theta_E(k) - \Delta\theta_E);$ 
While < termination conditions are not met >
    Calculate
         $\theta_A(k+1) = \theta_A(k) + \alpha_A (L_1(k) + L_2(k) - L_3(k) - L_4(k)),$ 
         $\theta_E(k+1) = \theta_E(k) + \alpha_E (L_1(k) + L_3(k) - L_2(k) - L_4(k));$ 
    Measure  $L_1(k+1)$ ,  $L_2(k+1)$ ,  $L_3(k+1)$ ,  $L_4(k+1);$ 
    Set k= k+1;
End while

```

그림 8. 제안한 추적 알고리즘.

Fig. 8. Proposed tracking algorithm.

제6장 실험 및 결과 고찰

6.1 안테나 Pedestal의 파라미터 추정

Pedestal의 파라미터 추정을 위해 입출력 신호의 계측 데이터가 요구된다. 시스템이 동작점(수평)에 있을 때, 입력으로

$$u_i = 10\sin\left(\frac{\pi}{30}t\right) + \sin\left(\frac{\pi}{10}t\right) + 5\sin\left(\frac{\pi}{6}t\right) \quad (i = r, p) \quad (10)$$

를 가하고 출력을 계측하였다. 이 때 샘플링 시간은 $T = 0.05[\text{sec}]$ 이었다. RCGA의 매개변수로 집단 크기 $N = 20$, 재생산 계수 $n_j = 1.7$ ($1 \leq j \leq N$), 교배 확률 $P_c = 0.9$, 돌연변이 확률 $P_m = 0.1$ 을 사용하였다 [10]. K_i , T_i , L_i 의 탐색 구간은 $0 < K_i, T_i, L_i \leq 5$ 로 설정하였고, $t_f = 20$ 으로 하였다.

실험 결과 롤링 축 모델의 추정치로 $K_i = 0.941$, $T_i = 0.642$, $L_i = 0.094$ ($a_{i1} = 22.743$, $a_{i2} = 32.980$, $b_{i1} = -1.465$, $b_{i2} = 31.044$)를 얻었고, 피칭 축의 파라미터도 이와 같았다(Pedestal의 구조적 유사성). 그림 9는 파라미터 추정 과정의 한 예를 보여준다.

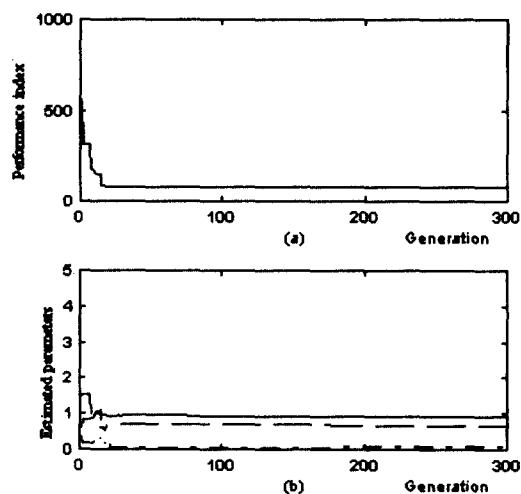


그림 9. 파라미터 추정. (a) 성능지수. (b) 추정 파라미터.

Fig. 9. Parameter Estimate. (a) Performance index. (b) Estimated parameter.

6.2 안정화 실험

시스템의 안정화 기능을 확인하기 위하여 실험을 실시하였다. 피드백 이득행렬을 얻기 위해

$$Q_r = Q_p = \begin{pmatrix} 10 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 50 \end{pmatrix}, R_r = R_p = 5 \quad (11)$$

을 선택하였고 그 결과 $G_r = G_p = [2.023 \ 0.293 \ 3.162]$ 을 얻었다.

그림 10은 로링과 피칭 축이 각각 $x_r = [20 \ 0]^T$, $x_p = [-10 \ 0]^T$ 위치에 있을 때, 시스템을 가동하고 각 축의 경사각 신호를 계측하고 그린 것이다.

효과적으로 안정화 제어를 수행하고 있음을 알 수 있다.

6.3 추적 실험

제안된 추적 알고리즘의 성능을 평가하기 위하여 실측 데이터를 이용하여 시뮬레이션을 실시하였고 스텝 추적의 결과와 비교하였다. 시뮬레이션을 위하여 $\Delta\theta_A = \Delta\theta_E = 0.2$, $\alpha_A = \alpha_E = 0.4$ 를 사용

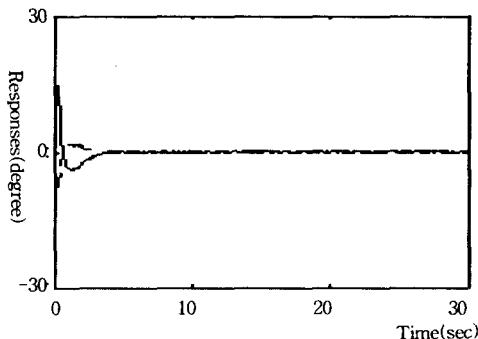


그림 10. 시스템의 응답.
Fig. 10. System response.

하였다.

그림 11과 12는 초기치 $\theta_A(0) = -2.5^\circ$, $\theta_E(0) = -2.5^\circ$ 에서 출발했을 경우의 추적 성능을 보여주고 있다.

제안된 방법은 초기 및 정상에서의 추적 성능을 동시에 개선할 수 있었다. 스텝 추적은 16번의 시도 끝에 최고 수신점 부근에 도달했으나, 제안된 방식은 8번의 시도로 도달하였다. 그림에서도 알 수 있듯이 스텝 추적은 최고점에 도달해서도 계속적으로 지그재그로 탐색하는 반면에, 제안된 방식은 정상에 도달하면 거의 안정된다. 그림 13과 14는 초기치 $\theta_A(0) = -2.0^\circ$, $\theta_E(0) = -2.0^\circ$ 에서 시작했을 경우의 추적 성능을 보여주고 있다. 스텝 추적은 10번의 시도 끝에 정상에 도달했고, 제안된

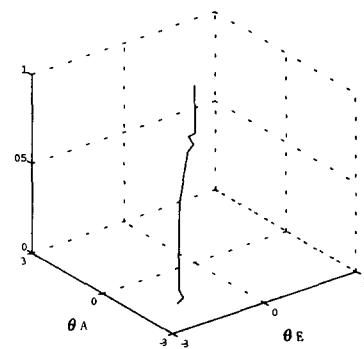


그림 12. 제안된 방법의 추적.
Fig. 12. Tracking using the proposed algorithm.

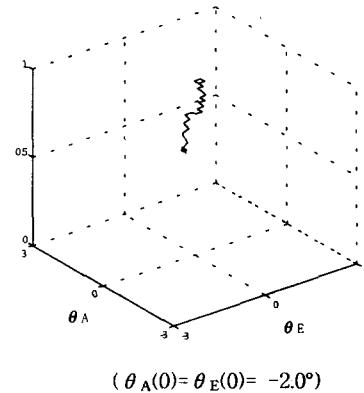


그림 13. 스텝 추적.
Fig. 13. Step Tracking.

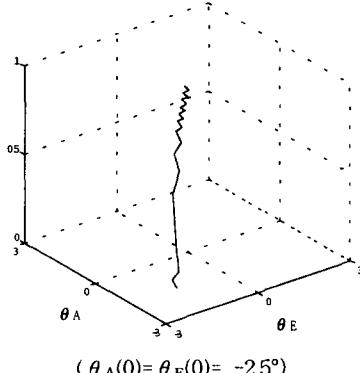


그림 11. 스텝 추적.
Fig. 11. Step Tracking.

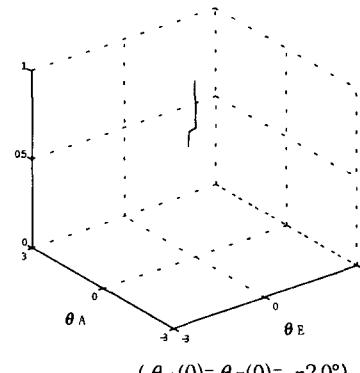


그림 14. 제안된 방법의 추적.
Fig. 14. Tracking using the proposed algorithm.

방식은 4번의 시도 끝에 도달하였다. 이 경우도 위의 결과와 유사하며 제안된 방법의 우수성을 확인할 수 있다.

제7장 결 론

본 연구에서는 선박용 위성 안테나 시스템의 안정화 및 위성 추적 알고리즘을 개발하는 문제를 다루었다. 안테나의 안정화 제어를 위해 모델을 얻었고, RCGA를 이용하여 파라미터를 얻은 후, 선형모델에 기초하여 최적 상태제어기를 설계하였다. 한편 기존의 스텝 추적의 단점을 극복하고 성능을 개선하는 추적 알고리즘을 제안하였다. 개선된 알고리즘은 구배를 기반으로 적절한 패턴을 통해 방위각과 앙각을 변경하면서 신호 세기를 이용하여 새로운 지향점을 탐색한다. 시험과 실측된 위성 신호를 이용하여 시뮬레이션을 실시한 결과 만족한 성능을 가지며, 기존의 방법보다 추적 성능을 개선할 수 있었다.

참 고 문 헌

- 1) F. Baylin, *1995/96 World Satellite Yearly*, 1996.
- 2) T. P. Charles and W. Bostian, *Satellite Communications*, John-Wiley & Sons, 1994.
- 3) M. Ando, "New DBS Receiver Antenna," *Proc. of the 23rd European Conf. on Microwave*, Madrid, Spain, pp.84-92, 1993.
- 4) Sea Tel Inc., *SEATEL Inmarsat-B Stabilized Antenna Manual*, Sea Tel Inc., 1995.
- 5) W. Leonhard, *Control of Electrical Drivers*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, N.Y., 1996.
- 6) T. I. Fossen, *Guidance and Control of Ocean Vehicles*, John Wiley & Sons, N.Y., 1994.
- 7) B. Poter and A. Bradshaw, "Design of Linear Multivariable Continuous-time Tracking Systems," *Int. J. Systems Sci.*, Vol. 5, No. 12, pp. 1155-1164, 1974.
- 8) 고운용, 황승욱, 진강규, "선박용 위성 안테나 Pedestal의 안정화 제어," '98 한국자동제어학술회의 논문집, pp. 188-191, 1998.
- 9) 이현식, 진강규, "유전알고리즘을 이용한 연속 시스템의 온라인 퍼래미터 추정", *제어·자동화·시스템공학 논문지*, 제 4권, 제 1호, pp. 77-81, 1998.
- 10) 진강규, 주상래, "실수코딩 유전알고리즘에 관한 연구," *제어·자동화·시스템공학 논문지*, 제 6권, 제 4호, pp. 268-275, 2000.
- 11) 진강규, *유전알고리즘과 그 응용*, 교우사, 2000.