한국군사과학기술학회지 제13권 제2호, pp. 196~203, 2010년 4월

학술논문 해상 · 수중 부문

비협동 양상태 소나에서 적함 송신기의 단일 능동 신호와 해저 지형 정보를 이용한 송신기 정보 추정

Source Information Estimation Using Enemy's Single-Ping and Underwater Geographic Information in Non-Cooperative Bistatic Sonar

이 동 화*　　남 종 근　　정 태 진**　　이 균 경****

Donghwa Lee　　Jonggeun Nam　　Tae-Jin Jung　　Kyun-Kyung Lee

Abstract

The bistatic sonar operations using a spatially-separated source and receiver are classified into cooperative and non-cooperative operations. In the cooperative operation, an active signal of a friendly ship is used and the source information is known previously. In the non-cooperative operation, an active signal of the enemy is used and it is difficult to find out the source information. The source information consists of the range, speed, course and frequency of the source. It gives advantage to operating bistatic sonar. This paper suggests a method of estimating the source information with geographic information in the sea and the single-ping of the enemy. The source range is given using one geographic point. And the source speed, course and the frequency of the enemy's source signal are given using two geographic points. Finally, the validity of the scheme is confirmed through a simulation study.

Keywords : Bistatic Sonar(양상태 소나), Non-Cooperative(비협동), Source Information Estimation(송신기 정보 추정), Underwater Geographic Information(해저 지형 정보)

1. 서 론

능동 소나(active sonar)는 송수신기의 상대적인 위치에 따라 단상태 소나(monostatic sonar)와 양상태 소나(bistatic sonar)로 나누어진다. 단상태 소나는 송수신기의 위치가 동일하므로, 능동 신호로 인해 잠수함의 은밀성에 있어 운용의 제약을 받을 수 있다. 이에 반해, 양상태 소나는 공간상으로 분리된 송수신기를 사용함으로써 넓은 탐지 영역, 은밀성 보장 등의 여러 가지 이점을 가진다[1~4].

H. Schmidt-Schierhorn 등은 잠수함의 양상태 소나 운용을 협동 운용(cooperative mode)과 비협동 운용(non-cooperative mode)으로 구분하였다[2]. 협동 운용은 아함의 송신기를 이용하는 것으로서, 송신 신호의 종류 및 중심 주파수, 길이 등 사전에 능동 신호의 모든 정보를 가진 상태에서 양상태 소나를 운용한다. 이에 반해 비협동 운용은 적함의 송신 신호를 이용하여 양상태

† 2010년 2월 4일 접수~2010년 3월 19일 게재승인
* 한국과학기술원(KAIST)
** 경북대학교(Kyungpook National University)
책임저자 : 이균경(kklee@ee.knu.ac.kr)

소나를 운용하는 것으로서, 아함 송신기의 송신 신호 뿐 아니라 적함의 능동 신호도 탐지에 활용하므로 잠수함의 활용에 있어 높은 효율성 기대할 수 있다. 그러나 송신 신호에 대한 정보가 부족하고, 적함의 탐지 범위에 대해서도 주의를 기울여야 한다. 즉 적함의 탐지 범위 밖에서 양상태 소나를 운용해야 함으로, 송신 신호에 대한 정보뿐 아니라 적함 송신기의 속력과 진행 방향과 같은 정보를 추정 하는 것은 매우 중요하다.

표적의 탐지 측면에서도 두 운용을 비교해 볼 수 있다. 아함의 송신기를 이용하는 협동 운용은 송신기의 정확한 정보를 가지고 있으므로, 수신기는 송신기와의 거리 정보를 이용하여 표적과 수신기 사이의 거리를 알아낼 수 있다[1]. 또한 송신기의 속력, 진행방향, 송신 신호의 중심 주파수를 이용하여 표적의 속도와 진행 방향을 추정할 수 있다[5,6]. 이에 반해, 적함 송신 신호를 이용하는 비협동 운용은 아함의 능동 신호를 사용하지 않으므로 송신기의 정보가 부족하여 표적의 탐지 성능이 크게 저하되는 단점이 있다. 결국 표적의 탐지 측면에서도, 적함 송신기의 정보 추정은 비협동 양상태 소나의 운용 성능 향상을 위해 매우 중요한 일이다.

적함의 능동 신호를 가로채어 적함 송신기의 거리를 추정하는 것은 잠수함에 분산 배치된 방수 소나(IDRS : Intercept Detection and Ranging Sonar)에서도 가능하나[8], 잠수함에 배치된 센서들의 개수와 위치가 고정되어 있으므로 원거리의 표적을 탐지하기에는 제한적이다. 비협동 양상태 소나에서는 아함의 피 탐지 확률을 줄이기 위하여 적함 송신기가 가지는 탐지 영역 밖에서의 운용이 필요하므로, 보다 원거리의 적함 탐지 성능이 필요하다. 또한 적함의 속력과 방향 정보를 알아내기 위해서는 여러 차례 전해진 적함의 능동 신호를 이용하여 송신기의 자취를 추적하여야 하므로, 적함의 탐지 위험이 존재하는 비협동 운용에는 적합하지 않다. 즉 빠른 시간 내에 단일 신호를 이용하여 송신기의 거리와 속력, 방향 정보를 모두 추정할 수 있는 기법이 필요하다.

송신기의 송신 신호는 표적뿐만 아니라 해저 지형과 같은 고정된 위치 정보를 가지는 곳에서도 반사되어 수신기에 들어온다. 이러한 해저 지형의 반사 신호를 이용하면 송신기의 움직임을 다른 방향에서 분석하는 효과를 얻을 수 있다. 이를 이용하여 본 논문에서는 비협동 양상태 소나의 운용에서 적함의 단일 능동 신호와 해저 지형을 이용한 송신기 정보 추정 기법에 대해 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 1장의 서론에 이어 2장에서는 양상태 소나의 기본 구조와 표적 거리 추정, 도플러에 대해 설명하고, 3장과 4장에서는 해저 지형을 이용한 송신기 정보 추정 기법에 대해 제안한다. 5장에서는 제안된 기법을 바탕으로 모의 실험을 수행하였으며, 6장에서는 결론을 맺는다.

2. 양상태 소나

가. 기하학적 구조

양상태 소나는 Fig. 1과 같이 삼각형태의 기하학적 구조를 가진다. S와 T, R은 각각 송신기(source)와 표적(target), 수신기(receiver)를 나타낸다. 그 외 관련 기호들은 Table 1을 참조한다.

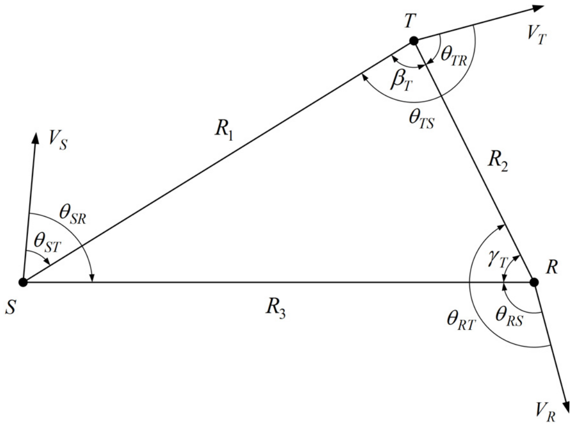

Fig. 1. 양상태 소나의 기하학적 구조

비협동 양상태 소나에서는 적함의 능동 신호를 사용하므로 적함 송신기 S의 탐지 범위 밖에서 양상태 소나의 운용이 필요하다. Fig. 2는 단상태 소나와 양상태 소나의 탐지 범위를 나타낸다. 단상태 소나로 운용되는 적함 송신기 S의 탐지 범위는 원의 형태로 나타난다. 반면 양상태 소나로 운용되는 R의 탐지 범위는 타원 형태로 나타난다. 적함 S와 아함 R의 거리가 가까워진다면, 아함이 적함의 탐지 범위에 들어가게 된다. 그러므로 비협동 양상태 소나에서 적함의 속력과 진행 방향은 탐지 범위로 부터의 회피를 위한 중요한 정보이다.

Table 1. 양상태 소나 관련 기호

기호	설　　명
R_1	S와 T 사이의 거리
R_2	T와 R 사이의 거리
R_3	S와 R 사이의 거리
R_4	S와 G 사이의 거리
R_5	R과 G 사이의 거리
V_S	S의 속력
V_T	T의 속력
V_R	R의 속력
θ_{SR}	S의 진행 방향으로부터 R의 상대 방위각
θ_{ST}	S의 진행 방향으로부터 T의 상대 방위각
θ_{TR}	T의 진행 방향으로부터 R의 상대 방위각
θ_{TS}	T의 진행 방향으로부터 S의 상대 방위각
θ_{RT}	R의 진행 방향으로부터 T의 상대 방위각
θ_{RS}	R의 진행 방향으로부터 S의 상대 방위각
θ_{SG}	S의 진행 방향으로부터 G의 상대 방위각
θ_{RG}	R의 진행 방향으로부터 G의 상대 방위각
θ_{SG1}	S의 진행 방향으로부터 $G1$의 상대 방위각
θ_{RG1}	R의 진행 방향으로부터 $G1$의 상대 방위각
θ_{SG2}	S의 진행 방향으로부터 $G2$의 상대 방위각
θ_{RG2}	R의 진행 방향으로부터 $G2$의 상대 방위각
β_T	양상태 각도 $\angle STR$
γ_T	분할 각도 $\angle SRT$
γ_G	$\angle SRG$

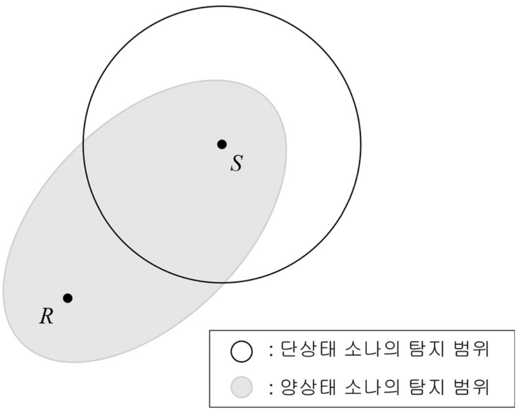

Fig. 2. 표적 탐지 범위

나. 표적 거리 추정

송신기와 수신기 사이의 직접 전달 경로로 전해지는 신호와 표적 반사 경로로 전해지는 신호의 시간차는 τ_T로 나타내며 식 (1)과 같다. c는 수중에서의 음속을 나타낸다.

$$c\tau_T = R_1 + R_2 - R_3 \tag{1}$$

코사인 법칙을 이용하여 식 (2)를 얻을 수 있다.

$$R_1^2 = R_2^2 + R_3^2 - 2R_2R_3\cos\gamma_T \tag{2}$$

식 (1)과 (2)를 이용하여 식 (3)을 구하였다. 이는 각도 γ_T와 수신된 두 신호의 시간차 τ_T, 송신기와 수신기 사이의 거리 R_3를 이용하여 표적과 수신기의 거리 R_2를 구할 수 있다는 것을 보여준다[1].

$$R_2 = \frac{\dfrac{c\tau_T}{2} + R_3}{1 + \dfrac{R_3}{c\tau_T}(1 - \cos\gamma_T)} \tag{3}$$

결국 표적과의 거리 R_2를 구하기 위해서는 사전에 송신기와 수신기 사이의 거리 R_3에 대한 정보가 필요하다. 이에 비협동 양상태 소나의 운용에서 표적거리를 추정하기 위해서는 R_3에 대한 정보를 사전에 추정할 필요가 있다.

다. 표적의 속력과 방향 추정

P. A. M. de Theije 등은 양상태 소나에서의 능동신호의 도플러 효과을 이용하여, 표적의 속력과 진행방향을 추정하는 기법에 대해 제안하였다[5,6]. 식 (4)와 식 (5)는 표적의 속력과 진행 방향을 나타낸다. $A_{R,T}$와 $A_{S,T}$는 식 (6)과 식 (7)에서 정의하였다.

$$V_T = c\frac{A_{S,T} - 1}{(A_{S,T} + 1)\cos\theta_{TS}} \tag{4}$$

$$\tan\theta_{TS} = \frac{(A_{R,T} - 1)\dfrac{A_{S,T} + 1}{A_{S,T} - 1} - 1}{A_{R,T}\sin\beta_T} - \cot\beta_T \tag{5}$$

$$A_{R,T} \equiv \frac{f_{R,T}}{f_S}\left(\frac{1-\frac{V_S}{c}\cos\theta_{ST}}{1+\frac{V_R}{c}\cos\theta_{RT}}\right) \tag{6}$$

$$A_{S,T} \equiv \frac{f_{S,T}}{f_S}\left(\frac{1-\frac{V_S}{c}\cos\theta_{ST}}{1+\frac{V_S}{c}\cos\theta_{ST}}\right) \tag{7}$$

f_S는 송신기에서 발생시키는 능동 신호의 중심주파수이다. $f_{R,T}$는 송신기로부터 표적 반사경로를 통해 수신기로 전해지는 신호의 중심 주파수이다. $f_{S,T}$는 표적 반사된 다시 송신기로 전해지는 신호의 중심 주파수이다. 그 외 관련 기호들은 Table 1을 참조한다.

결국 표적의 속력과 방향을 추정하기 위해 송신기의 속력과 진행방향, 송신 신호의 중심주파수 등이 필요하다. 그러므로 비협동 양상태 소나에서의 송신기 정보 추정은 표적의 탐지 성능을 더욱 향상시킨다.

3. 한 개의 해저 지형을 이용한 송신기 정보 추정

Fig. 3은 한 개의 해저 지형을 가지는 양상태 소나의 기하학적 구조를 나타낸다. G는 고정된 위치를 가지는 해저 지형(geographic point)을 나타낸다. 그 외 관련 기호들은 Table 1을 참조한다.

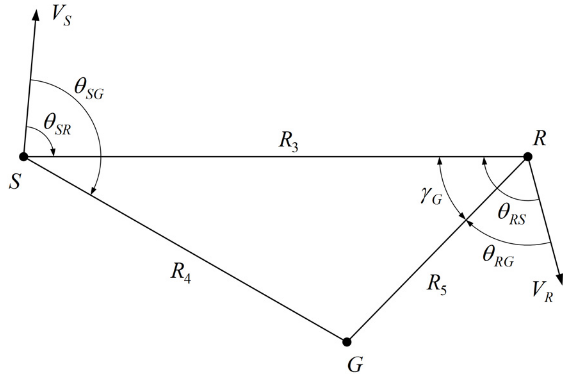

Fig. 3. 한 개의 해저 지형을 가지는 양상태 소나의 기하학적 구조

송신기와 수신기 사이의 직접 전달 경로로 전해지는 신호와 해저 지형 반사 경로로 전해지는 신호의 시간차는 τ_G로 나타내며 식 (8)과 같다.

$$c\tau_G = R_5 + R_4 - R_3 \tag{8}$$

그리고 코사인 법칙을 이용하여 식 (9)를 얻을 수 있다.

$$R_4^2 = R_3^2 + R_5^2 - 2R_3R_5\cos\gamma_G \tag{9}$$

식 (8)과 (9)를 이용하여 식 (10)을 구하였다.

$$R_3 = \frac{R_5 - \frac{c\tau_G}{2}}{1+\frac{R_5}{c\tau_G}(\cos\gamma_G - 1)} \tag{10}$$

해저 지형의 위치는 고정된 것이므로 R_5는 사전에 알고 있는 정보이다. 그리고 송신된 신호들을 통해 각도 γ_G와 신호의 시간차 τ_G가 측정된다. 그러므로 식 (10)은 각도 γ_G와 신호의 시간차 τ_G, 수신기와 해저 지형 사이의 거리 R_5를 이용하여 수신기와 송신기 사이의 거리 R_3을 구할 수 있음을 보여준다. 결국 한 개의 해저 지형을 이용하여 송신기의 위치를 추정한다.

4. 두 개의 해저 지형을 이용한 송신기 정보 추정

Fig. 4는 두 개의 해저 지형을 가지는 양상태 소나의 기하학적 구조를 나타낸다. $G1$과 $G2$는 각기 다른 고정된 위치를 가지는 해저 지형을 나타낸다. θ_{G1}과 θ_{G2}는 수신기와 송신기, 각각의 해저지형 사이의 각도를 나타내며, 식 (10)에서 추정된 R_3과 해저 지형 $G1$, $G2$의 사전 정보를 이용하여 그 값을 추정할 수 있다. 그 외 관련 기호들은 Table 1을 참조한다.

송신기에서는 중심 주파수가 f_S인 능동 신호를 발생시킨다. 이때 수신기에서는, 수신기와 송신기 각각의 속력과 진행 방향에 따른 도플러 효과로 인해 중심 주파수가 변화된 신호를 수신하게 된다. $f_{R,S}$는 송신기와 수신기 사이의 직접 전달 경로를 통해 수신된

신호의 중심 주파수이며, f_S와의 관계는 식 (11)과 같다. $f_{R,G1}$은 $G1$ 반사 경로를 통해 수신된 신호의 중심 주파수이며, f_S와의 관계는 식 (12)와 같다. $f_{R,G2}$는 $G2$ 반사 경로를 통해 수신된 신호의 중심 주파수이며, f_S와의 관계는 식 (13)과 같다.

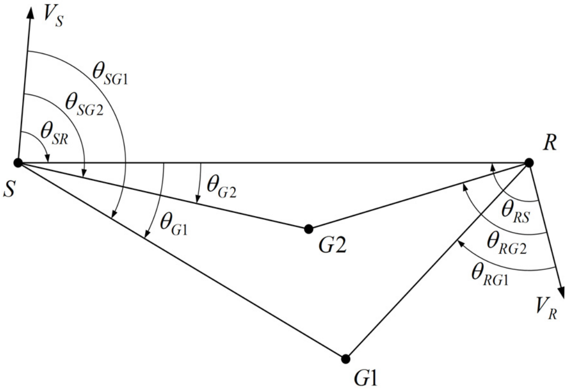

Fig. 4. 두 개의 해저 지형을 가지는 양상태 소나의 기하학적 구조

$$\frac{f_{R,S}}{f_S}=\left(\frac{1+\frac{V_R}{c}\cos\theta_{RS}}{1-\frac{V_S}{c}\cos\theta_{SR}}\right) \tag{11}$$

$$\frac{f_{R,G1}}{f_S}=\left(\frac{1+\frac{V_R}{c}\cos\theta_{RG1}}{1-\frac{V_S}{c}\cos\theta_{SG1}}\right) \tag{12}$$

$$\frac{f_{R,G2}}{f_S}=\left(\frac{1+\frac{V_R}{c}\cos\theta_{RG2}}{1-\frac{V_S}{c}\cos\theta_{SG2}}\right) \tag{13}$$

해저 지형에 대한 사전 정보와 수신된 신호들의 중심 주파수를 이용하여 $A_{R,S}$와 $A_{R,G1}$, $A_{R,G2}$를 정의하였으며 식 (14)와 (15), (16)과 같다. $f_{R,S}$와 $f_{R,G1}$, $f_{R,G2}$는 수신기가 직접 관측한 값이며, 나머지 V_R과 θ_{RS}, θ_{RS}, θ_{RS} 또한 수신기가 사전에 알고 있는 정보이다. 그러므로 $A_{R,S}$와 $A_{R,G1}$, $A_{R,G2}$는 수신기에서 그 값을 모두 결정할 수 있다.

$$A_{R,S}\equiv\left(\frac{1+\frac{V_R}{c}\cos\theta_{RS}}{f_{R,S}}\right) \tag{14}$$

$$A_{R,G1}\equiv\left(\frac{1+\frac{V_R}{c}\cos\theta_{RG1}}{f_{R,G1}}\right) \tag{15}$$

$$A_{R,G2}\equiv\left(\frac{1+\frac{V_R}{c}\cos\theta_{RG2}}{f_{R,G2}}\right) \tag{16}$$

위의 세 식을 이용하여 송신기의 속력과 방향에 대한 세 개의 불확정성 함수(ambiguity function)를 얻을 수 있으며 식 (17)과 (18), (19)와 같다.

$$V_S\cos\theta_{SR}=c(1-f_SA_{R,S}) \tag{17}$$

$$V_S\cos(\theta_{SR}+\theta_{G1})=c(1-f_SA_{R,G1}) \tag{18}$$

$$V_S\cos(\theta_{SR}+\theta_{G2})=c(1-f_SA_{R,G2}) \tag{19}$$

식 (17)은 송신기와 수신기 사이의 직접 전달 경로로 전해진 신호를 통한 송신기의 속력과 방향에 대한 불확정성 함수이다. 식 (18)과 (19)는 각각 해저지형 $G1$과 $G2$ 반사 경로로 전해진 신호에 대한 불확정성 함수이다. 위의 세 식은 아래와 같은 두 식으로 정리할 수 있다.

$$\tan\theta_{SR}=\cot\theta_{G1}-\frac{1-f_SA_{R,G1}}{(1-f_SA_{R,S})\sin\theta_{G1}} \tag{20}$$

$$\tan\theta_{SR}=\cot\theta_{G2}-\frac{1-f_SA_{R,G2}}{(1-f_SA_{R,S})\sin\theta_{G2}} \tag{21}$$

식 (20)과 (21)을 이용하여 식 (22)와 같이 송신 신호의 중심 주파수 f_S를 추정한다.

$$f_S=\frac{(\cot\theta_{G1}-\cot\theta_{G2})-(\csc\theta_{G1}-\csc\theta_{G2})}{A_{R,S}(\cot\theta_{G1}-\cot\theta_{G2})-(A_{R,G1}\csc\theta_{G1}-A_{R,G2}\csc\theta_{G2})} \tag{22}$$

f_S의 추정으로 식 (17)과 (18), (19)에서 나타낸 세

불확정성 함수식의 우변의 값을 모두 결정할 수 있다.

송신기의 속력과 방향을 $V_S = \sqrt{x^2+y^2}$ 와 $\theta_{SR} = \arctan(y/x)$ 의 관계로서 xy좌표계의 벡터로 표현한다면, 세 개의 불확정성 함수를 이용하여 벡터성분 x 와 y의 관계를 다음 세 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$x = c\left(1 - f_S A_{R,S}\right) \tag{23}$$

$$y = x\cot\theta_{G1} - \frac{c\left(1 - f_S A_{R,G1}\right)}{\sin\theta_{G1}} \tag{24}$$

$$y = x\cot\theta_{G2} - \frac{c\left(1 - f_S A_{R,G2}\right)}{\sin\theta_{G2}} \tag{25}$$

결국 송신기의 속력과 방향은 식 (23)과 (24), (25)로 나타나는 세 직선의 교점이 되며, Fig. 5와 같이 나타낼 수 있다.

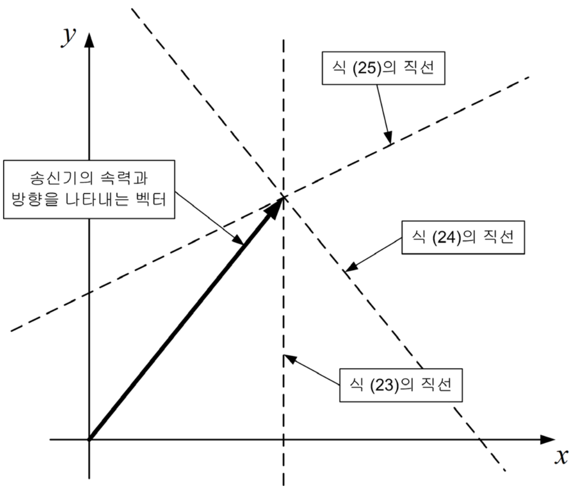

Fig. 5. xy좌표계에서 송신기의 속력과 방향

결국 두 개의 지형 정보를 이용하여 송신 신호의 중심 주파수 f_S 및 송신기의 속력 V_S, 진행 방향 θ_{SR}을 추정한다.

5. 모의 실험 및 결과

제안된 기법을 이용하여 Fig. 6과 같은 환경에서 모의 실험을 수행하였다.

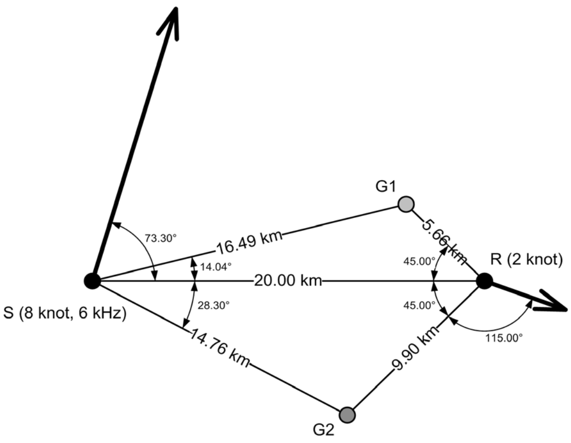

Fig. 6. 모의 실험을 위한 기하학적 조건

송신기와 수신기는 각각 8knot, 2knot의 속력을 가진다. 송신 신호는 6kHz의 중심 주파수를 가진다. 수신기는 해저 지형 $G1$과 $G2$의 위치에 대한 사전 정보를 가지고 있다.

가. 실험 1

실험 1에서는 기하학적 조건들의 수치가 오차를 가지지 않는 이상적인 상황에서 실험을 수행하였다.

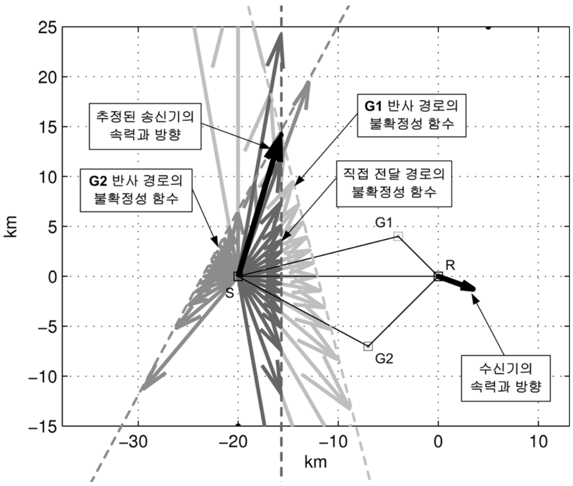

Fig. 7. 송신기의 속력과 진행 방향 추정결과

송신 신호들의 시간차와 식 (10)을 이용하여 송신기와 수신기 사이의 거리를 추정하였다. 각각의 경로 전해진 신호들의 도플러 변이를 이용하여 식 (22)와 같이 송신 신호의 중심 주파수를 추정하였다. 그리고 수

신된 세 신호를 이용하여 송신기의 속도와 방향에 대한 세 가지의 불확정성 함수를 얻을 수 있다.

각각의 불확정성 함수를 Fig. 7에 나타내었다. 불확정성 함수는 직선의 형태로 나타나며, 직선들의 교점에서 송신기의 속력과 방향이 결정되었다. 이는 초기 실험 조건으로 주어진 송신기의 속력, 방향 값과 동일하였다.

나. 실험 2

해저 지형에 관련된 수치적 오차는 송신기 정보 추정의 성능 분석에 있어 중요한 사항이다. 이에 실험 2에서는 해저 지형의 위치 오차에 따른 성능 분석을 수행하였다.

해저 지형의 위치 오차는 다음과 같이 정의 하였다.

$$\hat{R}_{5\_G1} = R_{5\_G1} + n_{R_5} \tag{26}$$

$$\hat{R}_{5\_G2} = R_{5\_G2} + n_{R_5} \tag{27}$$

R_{5_G1}과 R_{5_G2}는 각각 수신기 R과 $G1$, $G2$ 사이의 거리를 나타낸다. 해저 지형의 위치 오차로 인해 수신기에서는 잡음 n_{R_5}가 더해진 거리 값을 가진다. n_{R_5}는 평균이 0이고 분산이 σ_P인 가우시안(Gaussian) 분포로 가정한다.

σ_P의 값을 0m에서 50m까지 5m 간격으로 변화시키며 송신기와 수신기 사이의 거리 R_3와 송신기의 속력 V_S, 송신기의 진행방향 θ_{SR}를 추정하였다. 그리고 각각의 σ_P 값에 대해 몬테 카를로(Monte Carlo) 실험을 500회 수행하여 RMSE(Root Mean Square Error)를 구하였다.

Fig. 8은 σ_P 값에 대한 R_3 추정치의 RMSE를 보여준다. R_3의 추정은 하나의 지형 정보로서 가능하다. 현재 두 개의 지형 정보가 주어져 있으므로 각각의 지형 정보를 이용한 R_3 추정치의 RMSE 구하였으며, $G1$을 이용한 R_3 추정이 $G2$를 이용한 결과보다 더 큰 오차를 가진다. 이는 수신기와 거리가 가까운 지형이 R_3 추정에 있어 더 큰 오차를 가짐을 보여준다. Reference [7]에서도 동일한 결과를 제시하고 있다. 참고로 Reference [7]에서는 해저 지형의 거리 오차 뿐만 아니라 전달된 두 신호의 시간차와 해저 지형과 수신기, 송신기가 이루는 각도에 대한 오차도 다루고 있다.

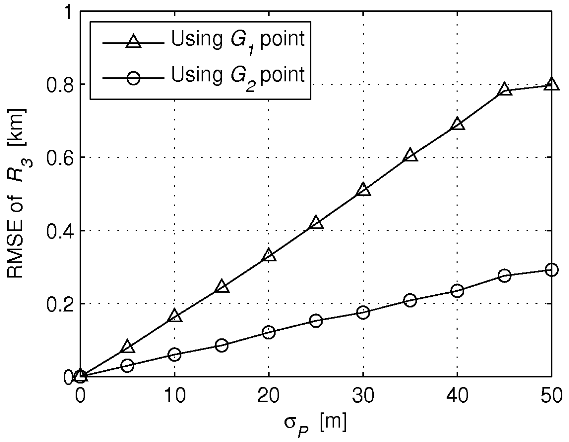

Fig. 8. σ_P에 따른 R_3 추정치의 RMSE

Fig. 9와 Fig. 10은 각각 σ_P 값에 대한 V_S 추정치와 θ_{SR} 추정치의 RMSE를 보여준다. 8knot의 속력으로 진행 중인 송신기의 속력 V_S 추정치는 해저 지형 거리 오차의 분산값 σ_P가 40m 이하 일 때 2knot 이내의 오차를 가진다. 그리고 73.30°의 방향으로 진행 중인 송신기의 진행 방향 θ_{SR} 추정치는 해저 지형 거리 오차의 분산값 σ_P가 50m 이하 일 때 20° 이내의 오차를 가진다.

실험 1에서는 기하학적 조건들의 수치 값에 오차가 없는 이상적인 환경에서 제안된 기법을 적용하여 송신기의 속력과 진행 방향을 구하였다. 실험 2에서는 해저 지형의 위치 오차에 중점을 두고 제안된 기법의 성능을 몬테 카를로 모의 실험을 통하여 알아보았다.

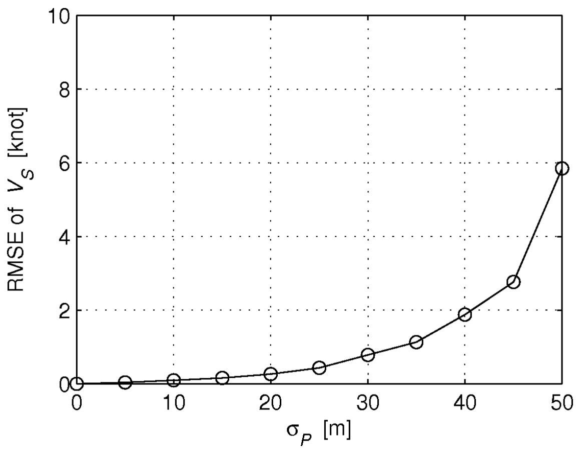

Fig. 9. σ_P에 따른 V_S 추정치의 RMSE

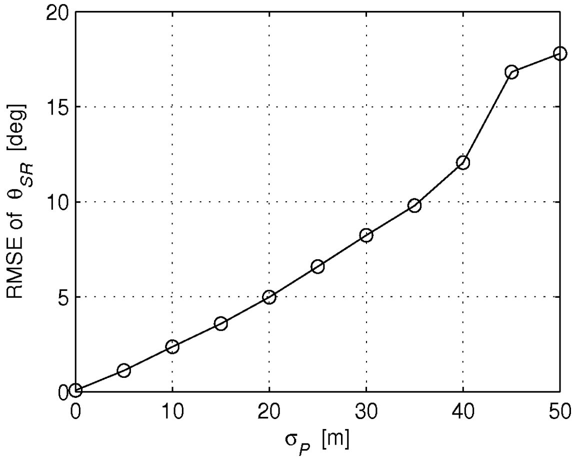

Fig. 10. σ_P에 따른 θ_{SR} 추정치의 RMSE

해저 지형에 반사되어 수신된 신호를 이용하는 본 기법에서는 각 경로로 전해진 신호들의 시간차에 대한 오차와 각 신호들이 받는 도플러 영향에 대한 오차, 해저 지형과 송신기, 수신기가 이루는 방위각에 대한 오차 등도 송신기 정보 추정 성능에 영향을 미칠 수 있다. Reference [7]에서 이와 관련된 연구들이 진행되었으며, 향후 더 많은 성능 분석이 이루어 져야 할 것으로 보인다.

6. 결 론

적함의 송신기를 이용하는 비협동 양상태 소나에서, 송신기에 대한 정보 추정은 양상태 소나의 효율적인 운용에 있어 매우 중요한 일이다. 또한 적함의 탐지 위험으로 인해 장시간의 추정보다는 빠른 시간 내에 능동 신호를 분석 하는 것이 필요하다.

본 논문에서는 동일한 수중 음속 구조하에서 해저 지형 정보와 적함의 단일 능동 신호를 이용하여, 비협동 양상태 소나에서 송신기에 대한 정보 추정 기법을 제안하였다. 한 개의 지형정보를 이용하여 송신기의 위치를, 두 개의 지형정보를 이용하여 송신 신호의 중심 주파수 및 송신기의 속력, 진행 방향을 추정할 수 있었다. 그리고 모의 실험을 통하여 제안된 기법을 검증하고, 해저 지형의 위치 오차에 따른 성능 분석을 하였다.

본 연구를 통해 비협동 양상태 소나에서도 송신기의 정보 추정으로 협동 운용에 필적하는 양상태 소나의 운용 성능을 기대할 수 있을 것이라 판단된다. 그리고 향후 연구에서는 비균질한 수중 음속 구조하에서 신호의 전달 경로와 실제 거리의 차이에 따른 성능 분석, 수신 신호 관련 오차와 해저 지형의 위치에 따른 성능 분석, 실제 해상 실험 등을 통해 제안된 기법의 성능 분석이 필요할 것으로 보인다.

후 기

본 연구는 LIG넥스원(주)의 지원으로 수행되었습니다(연구과제번호 제Y08-012호).

Reference

[1] H. Cox, “Fundamentals of Bistatic Active Sonar”, NATO Underwater Acoustic Data Processing, Kingston, ON, Canada, Jul. 1988.

[2] H. Schmidt-Schierhorn, A. Corsten, B. Strassner, S. Benen and M. Meister, “The Use of Bistatic Sonar Functions on Modern Submarines”, Proc. UDT Europe 2007, Italy, Jun. 2007.

[3] R. O. Nielsen, Sonar Signal Processing, Artech House, 1991.

[4] R. J. Urick, Principles of Underwater Sound, 3rd Edition, McGraw-Hill Inc., 1983.

[5] P. A. M. de Theije and J. - C. Sindt, “Single-Ping Target Speed and Course Estimation Using a Bistatic Sonar”, IEEE J. Oceanic Eng., Vol. 31, No. 1, pp. 236～243, Jan. 2006.

[6] P. A. M. de Theije and J. - C. Sindt, “Target Speed and Course Estimation Using a Bistatic Sonar”, Proc. UDT Europe 2004, Nice, France, Jun. 2004.

[7] Donghwa Lee, “Source Range Estimation Using Geographic Information in Non-Cooperative Bistatic Sonar”, Master's Thesis, Kyungpook National University, 2009.

[8] M. I. Jeffree and A. R. Collins, “Intercept Detection and Ranging”, Proc. UDT Europe 2001, Germany, Jun. 2001.