센서 특성 및 배치를 고려한 에미터 위치탐지 영역 분석에 관한 연구

A Study on Analysis of Emitter Geolocation Coverage Area based on the Characteristics and Deployment of Sensors

양 종 원* 박 철 순* 장 원*
Yang, Jong-Won Park, Cheol-Sun Jang, Won

ABSTRACT

In this paper, we analyzed the characteristics of emitter geolocation coverage area within which the emitter lies with a specified probability based on the LOBs(Line of Bearing) of sensors. Stansfield and MSD algorithms were applied to calculate BPE(Best Point Estimate), EEP(Elliptical Error Probable) and CEP(Circular Error Probable). They used the weighting factors composed of σ_ϕ(bearing error), QF(quality factor), P_e(probability being inside) to optimize the performance. The characteristics of EEP was investigated in the change of them and those of CEP was analyzed based on the deployment of sensors.

주요기술용어(주제어) : Line of Bearing(방위각), Emitter Geolocation(에미터 위치), Best Point Estimate(최대추정위치), Elliptical Error Probable(타원추정영역), Circular Error Probable(원형추정영역)

1. 머리말

SIGINT(Signals Intelligence) 또는 전술 ES(Tactical Electronic Support)시스템에서는 각 센서에서 측정된 에미터(방사신호원 ; 표적)의 방위각 정보(LOB : Line of Bearing)를 이용하여 에미터의 위치를 추정하는 것이 중요한 임무중의 하나이다[1,2].

에미터의 위치추정은 2개의 센서일 경우에는 'Cut'에 해당되므로 정확한 위치추정이 어려우므로 일반적으로 3개 이상의 센서로 'Fix'시키면서 알고리즘을 이용하여 BPE(Best Point Estimate : 최대추정위치)를 산출하게 된다. BPE를 추정하는 알고리즘으로는 Stansfield와 MSD(Mean Squared Distance)알고리즘이 있는데, Stansfield 알고리즘[3,5]은 각 센서의 방위각 정보를 이용하여 확률분포함수가 최대가 되도록 계산하는 방법이며 MSD 알고리즘[4,6]은 각 센서의 방위각과 추정 위치와의 직교가 되는 거리를 산출하고 각 센서들로부터의 이 거리의 제곱합이 최소가 되는 해를 구하여 이를 BPE로 추정하는 방식이다.

하지만 위의 알고리즘들을 통해 BPE를 산출하더라도 각 센서가 가지는 특성상 센서의 LOB는 오차가 반영되어 있으므로 산출된 BPE 또한 일정한 오차범

† 2005년 10월 28일 접수~2006년 2월 15일 게재승인
* 국방과학연구소(ADD)
주저자 이메일 : alfred@add.re.kr

위를 가지게 되므로 단일 해로 산출된 BPE를 정확한 에미터의 위치라고는 판단하기 어렵다. 즉, 각 센서의 LOB가 어느 값 범위의 오차를 가질 경우, 이들을 모두 고려한 BPE 또한 무수히 많은 해를 가진 일정 범위내의 영역으로 존재하게 되므로 에미터의 추정 위치를 단일 Point(BPE)만으로 분석하기 보다는 BPE가 분포하는 영역으로 분석하는 것이 더욱 타당하다. 특히, BPE로 분석할 경우에는 각 센서의 특성이나 조건이 달라짐에 따라 BPE의 상대적인 위치변화 밖에 분석할 수 없으나, 영역으로 분석할 경우에는 그 영역의 크기, 모양, 위치 등을 다각적인 분석이 가능하므로 BPE의 위치만으로 분석하기 힘든 여러 요소들에 대한 해석이 가능하다. 또한, 에미터가 존재하는 영역에 대한 여러 제한조건들이 존재할 경우에 이를 만족하기 위하여 센서들의 특성이나 배치가 어떠한 값을 가져야 하는지 또는 서로 다른 센서들에 대한 특성이 제시될 경우에 어느 환경이 더 나은 조건인가를 비교해 보기 위해서도 BPE 보다는 영역으로 분석하는 것이 훨씬 유리하다[7].

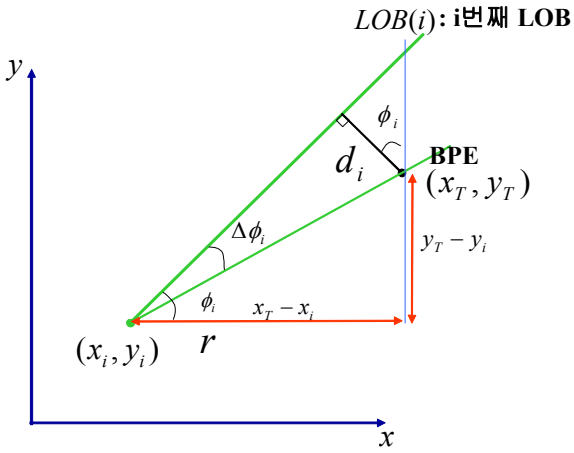
BPE를 확률적인 영역분포로 분석하는 방법으로는 타원으로 추정할 경우는 EEP(Elliptical Error Probable), 원으로 추정하는 경우에는 CEP(Circular Error Probable)를 사용한다. EEP로 분석할 때는 타원의 장축, 단축, 기울기를 이용하여 원하는 추정영역에서의 타원의 여러 모양을 비교하는데 편리하고, CEP로 분석할 경우에는 넓은 영역에서의 그 크기를 비교하는데 편리하다.

본 논문에서는 센서의 여러 특성을 가중치형태로 적용할 수 있는 MSD 알고리즘을 사용하여 에미터의 위치탐지 영역을 분석하였는데, 각 센서의 특성에 따른 영역의 특성 변화는 EEP 형태로 분석하였고, 각 센서의 배치에 따른 영역분포 특성은 CEP 형태로 분석하였다.

2. 설계내용

가. MSD 알고리즘을 이용한 BPE

그림 1과 같이 i번째 센서 (x_i, y_i)에서 측정된 에미터에 대한 방위각(LOB)이 ϕ_i 일 경우, i번째 센서



[그림 1] MSD 알고리즘을 이용한 BPE

에서 측정된 LOB(i)와 알고리즘에 의해서 계산된 최대 추정 위치(BPE)인 (x_T, y_T) 간에는 측정 오차에 의해 식 (1)과 같이 d_i 만큼의 거리 오차를 발생하게 된다.

$$d_i = a_i x_T + b_i y_T - c_i \tag{1}$$

(단, $a_i = \sin\phi_i$, $b_i = -\cos\phi_i$,
$c_i = x_i \sin\phi_i - y_i \cos\phi_i$)

센서가 N개일 경우, 거리 오차의 제곱의 합은 식 (2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$D = \sum_{i=1}^{N} d_i^2 = \sum_{i=1}^{N} \left(a_i x_T + b_i y_T - c_i\right)^2 \tag{2}$$

MSD 알고리즘은 위의 거리 D를 최소화되도록 수행하므로 식 (2)를 각각 x_T, y_T 에 관한 2차방정식을 풀면 식 (3)과 같이 BPE를 산출하게 된다.

$$x_T = \frac{\sum_{i=1}^{N} b_i^2 \sum_{i=1}^{N} a_i c_i - \sum_{i=1}^{N} a_i b_i \sum_{i=1}^{N} b_i c_i}{\sum_{i=1}^{N} a_i^2 \sum_{i=1}^{N} b_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{N} a_i b_i\right)^2} \tag{3}$$

$$y_T = \frac{\sum_{i=1}^{N} a_i^2 \sum_{i=1}^{N} b_i c_i - \sum_{i=1}^{N} a_i b_i \sum_{i=1}^{N} a_i c_i}{\sum_{i=1}^{N} a_i^2 \sum_{i=1}^{N} b_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{N} a_i b_i \right)^2}$$

나. MSD 알고리즘을 이용한 EEP

식 (1)을 백터형태로 나타내면 식 (4)와 같다.

$$\mathbf{D} = \mathbf{HP} - \mathbf{C} \tag{4}$$

이때, 각각은 아래와 같다.

$$\mathbf{D} = \begin{bmatrix} d_0 \\ d_1 \\ d_2 \\ \vdots \\ d_N \end{bmatrix}, \quad \mathbf{H} = \begin{bmatrix} a_0 & b_0 \\ a_1 & b_1 \\ a_2 & b_2 \\ \vdots & \vdots \\ a_N & b_N \end{bmatrix}, \quad \mathbf{C} = \begin{bmatrix} C_0 \\ C_1 \\ C_2 \\ \vdots \\ C_N \end{bmatrix}, \quad \mathbf{P} = \begin{bmatrix} x_T \\ y_T \end{bmatrix}$$

에미터 추정위치 백터 $\mathbf{P}$ 에 대한 Least squared error estimator는 식 (5)와 같으므로 weighting matrix $\mathbf{R}^{-1}$과 covariance matrix $\mathbf{Q}$ 는 각각 식 (6)과 식 (7)로 나타낼 수 있다[2].

$$\begin{aligned} \hat{\mathbf{P}} &= \left[\mathbf{H}^T \mathbf{R}^{-1} \mathbf{H} \right]^{-1} \mathbf{H}^T \mathbf{R}^{-1} \mathbf{C} \\ &= \mathbf{Q} \mathbf{H}^T \mathbf{R}^{-1} \mathbf{C} \end{aligned} \tag{5}$$

$$R^{-1} = \frac{1}{\sum_i QF_i} \begin{bmatrix} QF_0 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & QF_1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & QF_2 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & QF_N \end{bmatrix}$$

$$\times \begin{bmatrix} \frac{1}{\sigma_{d_0}} & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \frac{1}{\sigma_{d_1}} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{\sigma_{d_2}} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{\sigma_{d_N}} \end{bmatrix} \tag{6}$$

$$\mathbf{Q} = \left[\mathbf{H}^T \mathbf{R}^{-1} \mathbf{H} \right]^{-1} = \begin{bmatrix} \sigma_x^2 & \rho \sigma_x \sigma_y \\ \rho \sigma_x \sigma_y & \sigma_y^2 \end{bmatrix} \tag{7}$$

여기서, QF_i 는 센서의 S/N비이고, σ_{d_i} 는 센서의 성능으로 $\sigma_{d_i} \approx D_i \sigma_{\phi_i}$ 로 나타낸다. 이를 이용하여 EEP의 장축(L_A),단축(L_I),기울기(ϕ)를 구하면 식 (8)과 같다[8,9].

$$\begin{aligned} \tan 2\phi &= -\frac{2\rho\sigma_x\sigma_y}{\sigma_x^2 - \sigma_y^2} \\ L_A{}^2 &= \frac{2\left(\sigma_y^2\sigma_x^2 - 4\rho^2\sigma_x^2\sigma_y^2\right)C}{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sqrt{\left(\sigma_y^2 - \sigma_x^2\right)^2 + 4\rho^2\sigma_x^2\sigma_y^2}} \\ L_I{}^2 &= \frac{2\left(\sigma_y^2\sigma_x^2 - 4\rho^2\sigma_x^2\sigma_y^2\right)C}{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sqrt{\left(\sigma_y^2 - \sigma_x^2\right)^2 + 4\rho^2\sigma_x^2\sigma_y^2}} \end{aligned} \tag{8}$$

(단, $C = -2\ln(1 - P_e)$ 이며 P_e 는 타원내 에미터가 존재할 확률이다.)

다. EEP 결과를 이용한 CEP

에미터의 추정 영역을 넓은 범위에서 센서의 특성 및 배치에 따라 상호 비교할 경우에는 장축, 단축, 기울기의 3가지요소로 구성된 타원 형태의 EEP 보다는 반지름 1개요소로 구성된 CEP가 더 효율적일 수 있다. EEP와 CEP와의 관계는 식 (9)와 같이 나타낼 수 있다[9].

$$CEP = 3/4\sqrt{L_A^2 + L_I^2} \tag{9}$$

라. CEP 결과를 이용한 정규화

CEP의 값이 센서 간의 거리 및 σ_ϕ 값에 따라 달라지므로 이를 이용하여 식 10과 같이 정규화하였다. 이 때 L은 센서의 양끝거리이며, 센서의 특성에는 $\sigma(\sigma_\phi)$를 사용하였다.

$$CEP\ (Norm) = CEP\ /(L\sigma) \tag{10}$$

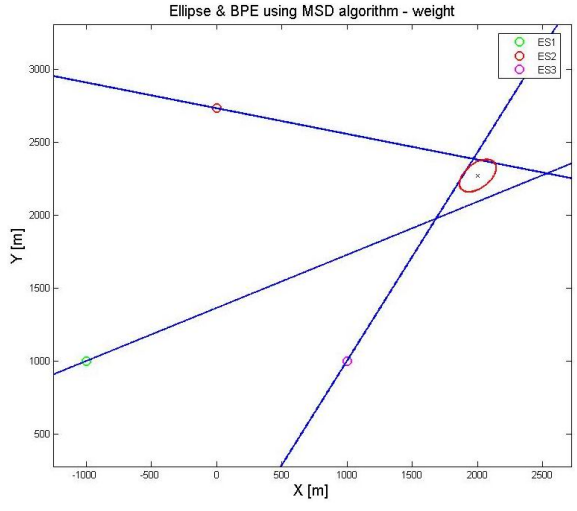
3. 센서의 특성을 이용한 영역 분석

가. LOB에 의한 영역 변화

각 센서와의 거리는 2km로 동일한 거리를 유지하고 위치는 각각 ES1(-1000,1000), ES2(0, 2732), ES3(1000, 1000)인 상태에서 각 센서는 σ_ϕ=2도(Degree ; RMS) 인 경우에 대하여 시뮬레이션을 수행하였으며 각 센서가 측정한 방위 정보에 따른 EEP 산출 결과는 표 1과 같으며 그 중 20, -10, 55도에 대한 결과는 그림 2와 같다. 각 센서의 LOB가 서로 다른 각도를 보일 경우에는 타원의 형태가 원의 형태에 가까운(장축의 길이와 단축의 길이가 비슷해짐) 결과를 보이는 반면, 센서의 LOB가 어느 일정 각도에 중첩되거나 가까울 경우에는 타원의 형태가 길어지는(장축의 길이가 단축의 길이에 비해 훨씬 커짐) 결과를 보였다. 즉, 타원의 모양 및 기울기는 센서의 LOB에 의해 만들어지는 삼각형(Triangle of Error)의 모양과 유사하다는 것을 알 수 있다.

[표 1] MSD알고리즘에 의한 EEP산출결과

Sensor LOB			BPE		EEP		
ES1	ES2	ES3	X_T	Y_T	L_A	L_I	ϕ
20	30	-10	-1634.2	1322	635.4	85.7	19.4
20	-10	55	2002.9	2271.2	316.3	175.9	32.1
45	60	20	-1644	111.7	756.4	127.6	43.7
50	10	75	1293.7	3140.6	305.7	157.5	26
65	90	105	169.4	3669.3	755.8	113	89.4
80	130	120	-540.4	3491.4	438.8	112.2	125.5
85	220	135	-647	2418.1	200.8	87.6	-43
210	235	200	-1903.1	159.8	910.1	141.2	31.3



[그림 2] MSD알고리즘에 의한 EEP결과

나. σ_ϕ값에 의한 영역 변화

각 센서는 동일 위치에서 방위정보가 각각 20도, -10도 55도에 한하여 90% 탐지확률에 대하여 각 센서의 특성이 σ_ϕ = 2도에서 3도로 각각 달라질 경우에 대해 시뮬레이션을 수행하였으며 그 결과는 표 2와 같다. 각 센서의 σ_ϕ값이 달라지더라도 BPE의 값(X_T = 2002.9, Y_T = 2271.2)은 변하지 않았으나, EEP에는 영향을 주었다. 즉, σ_ϕ값이 작은 센서 쪽으로(센서의 특성이 좋을수록) 타원이 기울어지는 결과를 보였다.

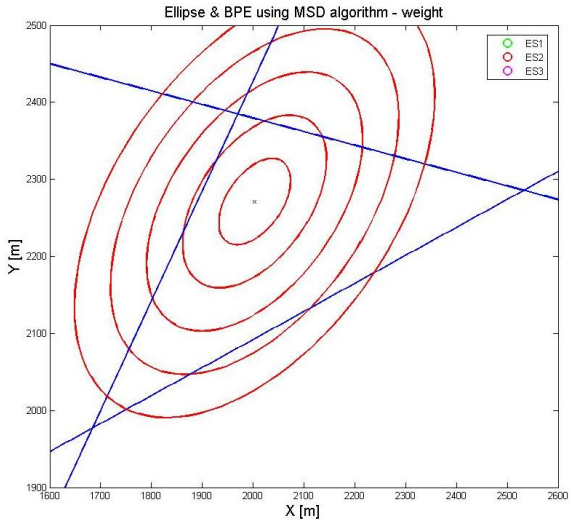
각 센서의 특성이 동일하되 σ_ϕ = 1도에서 5도 사이의 특성을 보일 경우에 대한 시뮬레이션 결과는 표 3

[표 2] σ_ϕ값이 다를 경우의 EEP 변화

σ_ϕ			EEP		
ES1	ES2	ES3	L_A	L_I	ϕ
2	2	2	316.3	175.9	32.1
2	2	3	385.9	208.5	15.2
2	3	2	414.8	186.7	42
2	3	3	469	240	29.2
3	2	2	318.8	184.5	33.9
3	2	3	386.7	224	14.1
3	3	2	433.5	195.9	45
3	3	3	474.4	263.9	32.1

[표 3] σ_ϕ 값이 달라질 경우의 EEP 결과

σ_ϕ			EEP		
ES1	ES2	ES3	L_A	L_I	ϕ
1	1	1	158.1	88	32.1
2	2	2	316.3	175.9	32.1
3	3	3	474.4	263.9	32.1
4	4	4	632.5	351.9	32.1
5	5	5	790.7	439.8	32.1



[그림 3] σ_ϕ가 달라질 경우의 EEP

및 그림 3과 같다. 각 센서의 σ_ϕ이 동일하게 변할 경우 BPE 및 EEP의 기울기에는 영향을 주지 않았으나 EEP의 장축, 단축의 길이에는 영향을 주었으며 σ_ϕ값이 커질수록 장축, 단축의 크기도 선형적으로 증가하는 결과를 보였다.

다. QF값에 의한 영역 변화

각 센서는 동일 위치에서 방위정보가 각각 20도, -10도 55도에 한하여 90% 탐지확률에 대하여 각 센서의 특성 중 QF값이 10에서 20으로 각각 다를 경우에 대해 시뮬레이션을 수행하였으며 그 결과는 표 4

[표 4] QF값이 다를 경우의 EEP 변화

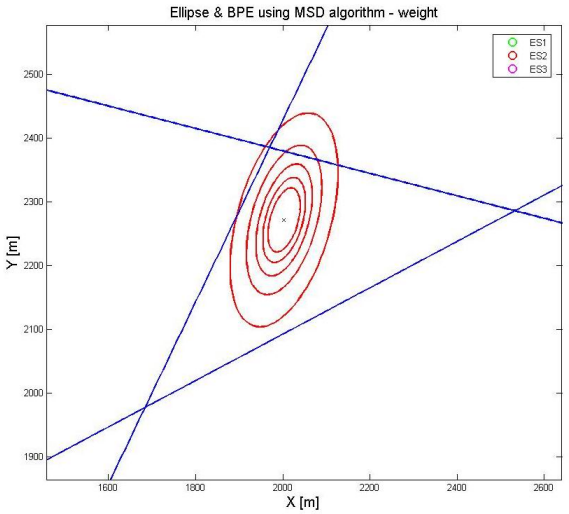
QF			EEP		
ES1	ES2	ES3	L_A	L_I	ϕ
10	10	10	316.3	175.9	32.1
10	10	20	336.5	158.3	43.6
10	20	10	304.3	178.2	16.8
10	20	20	290.7	167.6	33.7
20	10	10	361.7	188.1	29.7
20	10	20	364	169.6	41
20	20	10	340	187.2	17.3
20	20	20	316.3	175.9	32.1

[표 5] QF값이 달라질 경우의 EEP 변화

QF			EEP		
ES1	ES2	ES3	L_A	L_I	ϕ
10	10	10	316.3	175.9	32.1
20	20	20	316.3	175.9	32.1
30	30	30	316.3	175.9	32.1
40	40	40	316.3	175.9	32.1
50	50	50	316.3	175.9	32.1

와 같으며, 각 센서의 특성이 동일하되 QF값이 10에서 50 사이의 값을 가질 경우에 대한 결과는 표 5와 같다.

QF값으로는 수신기의 S/N비(dB)를 사용하였으며 QF값이 달라지더라도 BPE의 값은 변하지 않았으나, EEP에는 영향을 주었다. 즉, 센서의 QF값이 커지는 쪽으로 타원이 기울어지는 결과를 보였다. 반면 각 센서의 QF값이 동일하게 변할 경우 BPE 및 EEP에는 영향을 주지 않았다. 이는 식 (6)에서의 weighting matrix인 $\mathbf{R}^{-1}$값이 QF의 상대적인 크기에만 영향을 미치기 때문이다.



[그림 4] P_e 가 달라질 경우의 EEP

[표 6] P_e 값이 달라질 경우의 EEP 결과

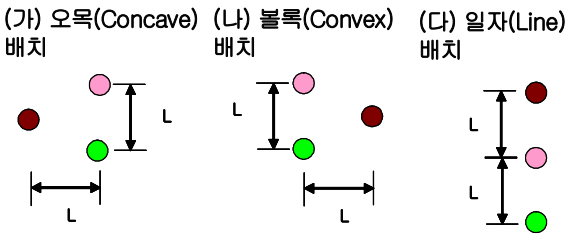
P_e	EEP		
	L_A	L_I	ϕ
90%	363.9	205.7	62.3
80%	254.3	143.8	62.3
70%	190.3	107.6	62.3
60%	144.8	81.9	62.3
50%	109.5	61.9	62.3

라. P_e 값에 의한 영역 변화

동일한 조건하에서 P_e 값이 50%에서 90%로 달라질 경우에 대한 시뮬레이션 결과는 그림 4, 표 6과 같다. P_e 값이 커질수록 에미터의 탐지확률이 커지므로 타원의 크기는 커졌고 P_e 값이 작을수록 그 크기는 작아지는 결과를 보인다.

3. 센서의 배치를 이용한 영역 분석

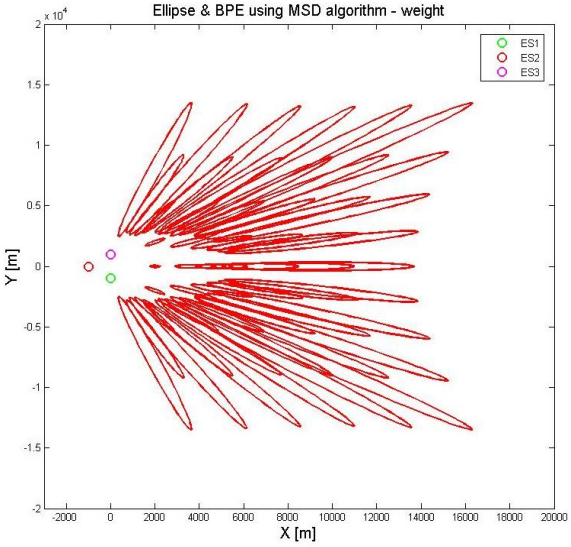
센서의 배치를 그림 5와 같이 3가지 형태로 분류하고 각 센서의 배치 및 거리를 변경하여 그에 따른 영역 특성을 EEP 및 CEP로 분석하였다. 즉, 센서의 배치는 오목형(Concave), 볼록형(Convex), 일자(Line)형으로 적용하였으며, 일자형태의 경우에도 관심영역에 따라 90도(일자형), 45도(경사형)로 배치하였고, 센서 간의 거리는 그림 6, 그림 7과 같이 'L'값을 각각 1km와 5km에 대해 상호 비교하였다.



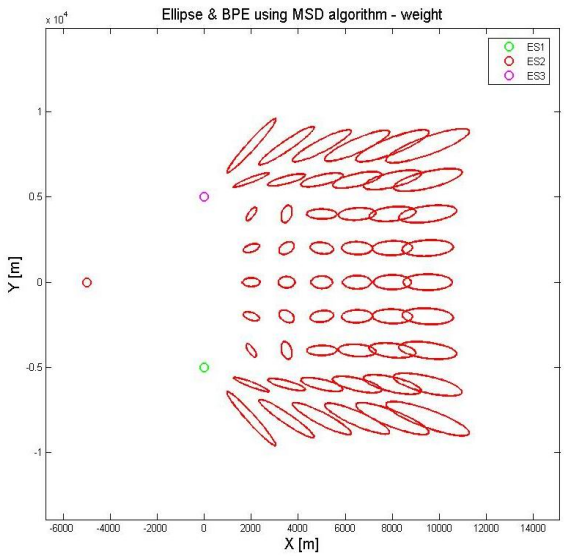
[그림 5] 센서의 배치 형태

가. 센서 간격에 따른 EEP 영역 분석

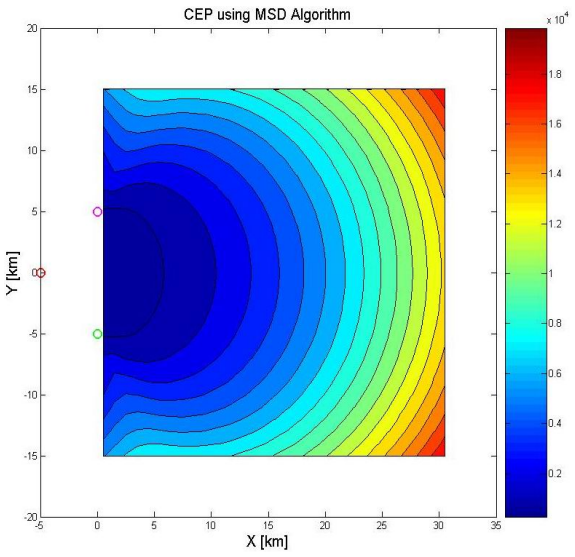
그림 6과 그림 7은 오목형 배치형태에 대하여 센서 간 거리를 각각 1km, 5km인 경우의 EEP 크기에 대한 결과로서 센서의 배치 간격이 넓을수록 타원모양이 작게 나오는 것을 알 수 있다. 즉, 센서의 배치간격을 넓게 할수록 동일한 BPE에 대하여 EEP의 크기를 작게 얻을 수 있으므로 더 좋은 결과를 보이는 것을 알 수 있다.



[그림 6] 오목형배치에 따른 EEP(1km)



[그림 7] 오목형 배치에 따른 EEP(5km)



[그림 8] 오목형 배치에 따른 CEP(5km)

나. 센서 배치형태에 따른 CEP 영역 분석

넓은 범위에 있어서 각 배치 형태에 따른 분포 특성을 알아 보기위해서는 EEP보다는 CEP 형태로 나타내는 것이 더 유리하므로 식 (9)에 의하여 각 배치별 CEP 결과를 비교하였다.

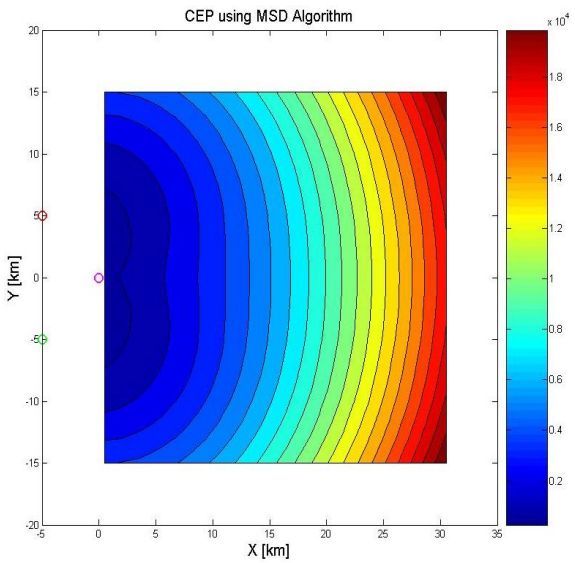
<< 센서의 조건 >>

□ 각 센서의 배치 : 4가지(오목, 볼록, 일자, 경사형태)
□ 각 센서의 거리 : 1000m이상
□ 각 센서의 σ_ϕ = 2 Degree
□ 각 센서의 QF값 = 10

그림 8~그림 11은 센서간 거리가 5km인 경우의 각 배치형태별 CEP결과로 원의 크기가 같은 지역을 등고선 형태로 이은 것이다. 오목형의 경우에는 볼록형에 비해 상대적으로 관심지역이 깊을수록, 볼록형의 경우에는 관심지역이 넓을수록 유리한 것을 알수 있으며, 관심지역이 어느 한곳에 집중되었을 경우에는 그 방향으로 일자형태로 배치하는 것이 유리함을 알 수 있다.

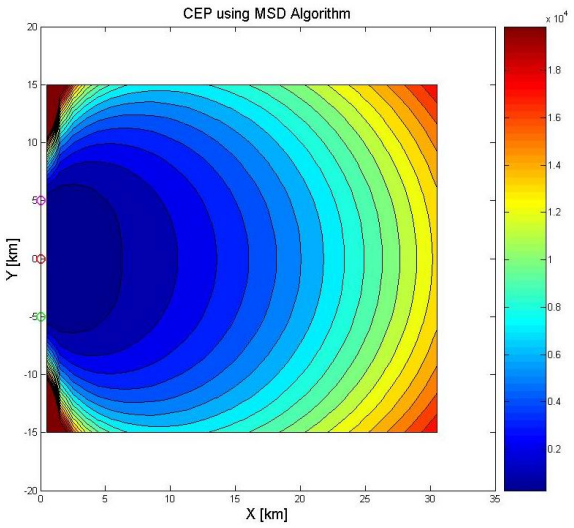
다. 센서에서 거리에 따른 CEP 영역 분석

일정한 각도를 기준으로 하여 그 거리에 따른 CEP

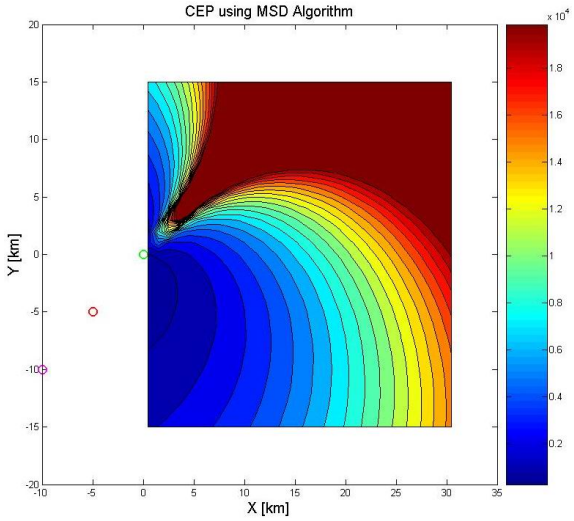


[그림 9] 볼록형 배치에 따른 CEP(5km)

의 특성을 배치에 따라 비교하였다. 센서의 특성은 아래와 같이 설정하고, 센서 배치의 기준선(Base Line)에 대해 45도 각도에 대한 거리에 따른 CEP의 크기를 σ_ϕ 값을 1도에서 10까지 변경시켜 분석해 보았다. 그림 12는 오목형에 대한 결과이며, 표 7은 σ_ϕ 값이 2인 경우에 대한 비교결과이다.



[그림 10] 일자형 배치에 따른 CEP(5km)



[그림 11] 경사배치에 따른 CEP(5km)

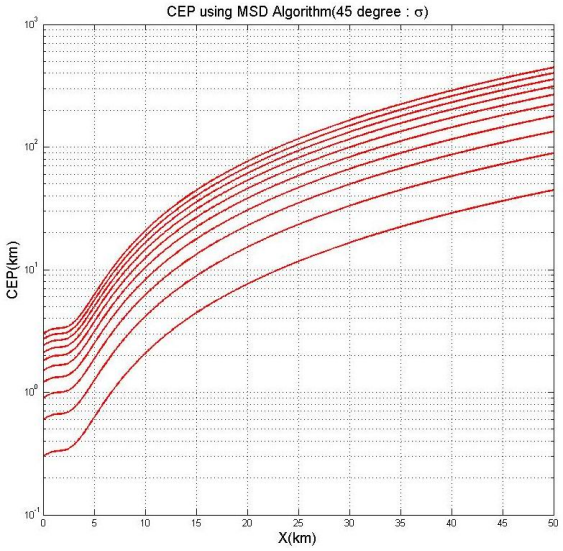
<< 센서의 조건 >>

□ 각 센서의 배치 : 4가지(오목, 볼록, 일자, 경사형태)
□ 각 센서의 거리 : 각각 5km
□ 각 센서의 σ_ϕ = 1도에서 10도까지 변경
□ 각 센서의 QF값 = 10

표 7 및 그림 12에서 보는 바와 같이 3가지 배치방식(오목, 볼록, 일자형)으로 비교했을 경우에는 볼록형이 가장 성능이 좋았으며, 4가지 배치방식(오목, 볼록, 일자형, 경사형)으로 비교했을 경우에는 경사형의 성능이 가장 좋았다. 이는 Base Line 기준으로 45도 각도에 대한 위치탐지 영역을 분석할 경우 볼록형이 성능이 좋으나 그 방향으로 일자형태로 유지한 결과보다는 좋지 않다는 것을 의미한다.

[표 7] 센서와의 거리에 따른 CEP(45도)

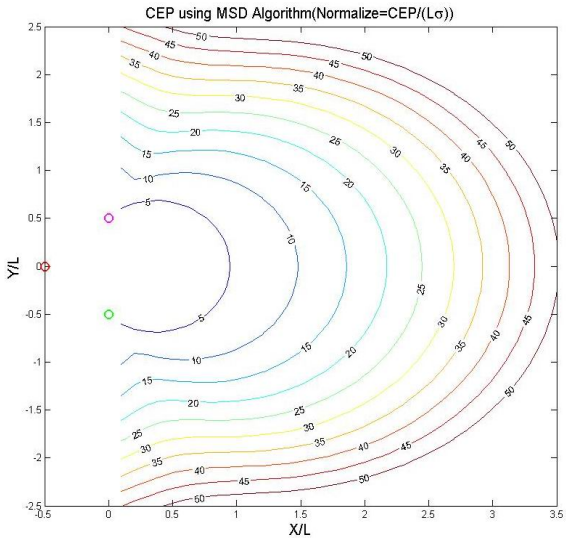
배치 형태	거리(km)				
	10	20	30	40	50
오목	4.1	15.2	33.1	57.7	89
볼록	4.3	14.7	31.8	55.7	86.3
일자	3.8	15.4	34.9	62.1	97.1
경사	3.1	9.1	18.9	32.5	50



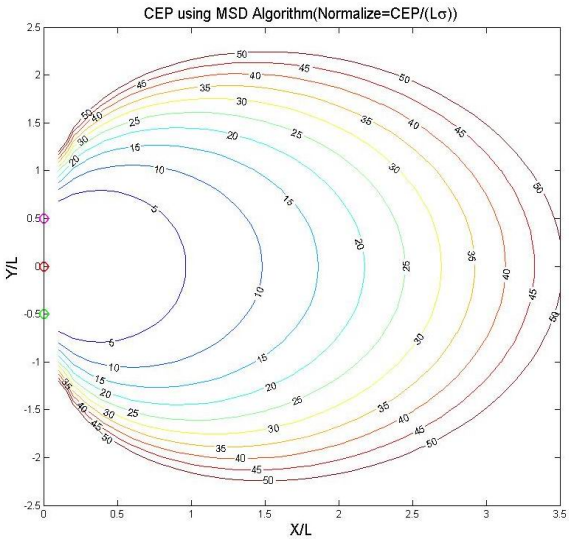
[그림 12] 오목형의 거리에 따른 CEP 크기 (45도 방향)

라. 정규화된 CEP 영역

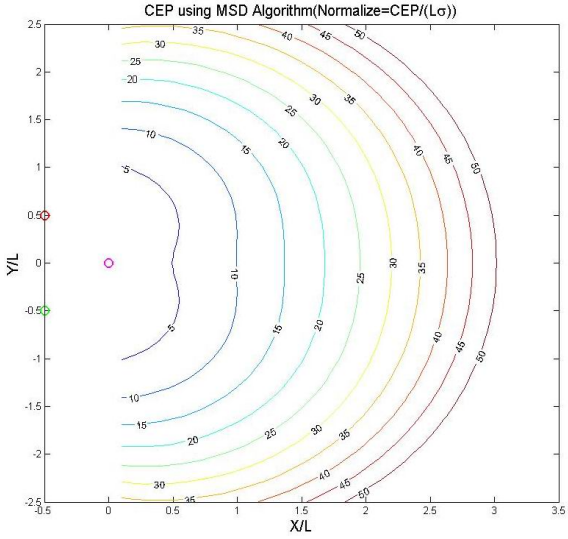
각 배치형태에 따른 영역분포를 식 10에 의하여 정규화를 수행하였으며 그 결과는 그림 13~그림 15와 같다. 예를 들어 살펴보면, 그림 13의 X/L값이 1.5이고, Base Line에서 수직인 방향의 정규화된 CEP값



[그림 13] 오목형 배치에 따른 CEP 정규화



[그림 15] 일자형 배치에 따른 CEP 정규화



[그림 14] 볼록형 배치에 따른 CEP 정규화

이 '10'인 경우에 대한 CEP값을 알고자 할 경우에 센서의 배치가 10km이고 센서의 특성이 동일하게 2도인 경우를 가정한다면 X = L×1.5 = 10km×1.5 = 15km이고, CEP = CEP(Norm)×L×σ_ϕ 이므로 10×10km×2×(pi/180) = 3.49km가 된다. 즉, 센서의 Base Line에서 수직방향으로 15km 거리되는 곳의 CEP 크기는 3.49km가 된다는 것을 의미한다.

4. 결 론

본 논문에서는 센서의 특성 및 배치를 고려하여 에미터의 위치 탐지 영역을 분석하였다. 센서의 특성으로는 σ_ϕ(센서의 LOB 오차), QF(센서의 S/N비) 및 P_e(영역 추정확률)값을 사용하였으며 이를 가중치형태로 적용하여 그 변화에 따른 EEP의 변화를 분석하였고, 센서의 배치형태는 오목형, 볼록형, 일자형, 경사형의 4가지를 사용하여 각 배치형태에 따른 CEP의 특성을 상호 분석하였다.

센서의 특성이 다를 경우에는 센서의 성능이 좋은 쪽으로 EEP의 기울기가 기울어졌으며, 센서의 특성이 동일한 경우에는 EEP의 기울기에는 변함이 없었으나 σ_ϕ, P_e 값이 커질수록 선형적 또는 지수적으로 EEP의 장축, 단축이 커짐을 알 수 있었다.

또한, 센서의 배치에 있어서 센서의 간격을 넓게 유지할수록 넓은 범위에서 좋은 특성을 낼 수 있었으며, 배치방법을 달리할 경우에 오목형은 볼록형에 비해 상대적으로 관심지역이 깊을수록 유리하고, 볼록형의 경우에는 관심지역이 넓을수록 유리하였고, 관심지역이 어느 한곳에 집중되었을 경우에는 그 방향으로 일자형태로 배치(경사형)하는 것이 유리함을 확

인하였다.

따라서 효과적으로 에미터의 위치를 탐지하기 위해서는 관심영역의 특성에 따라 그에 따른 센서의 특성 및 배치 형태를 고려해야 할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

[1] 양종원, 최준호, 박영미, “Comm. ES 운용제어 소프트웨어 개략설계”, 기술보고서, 국방과학연구소, 2005. 7.

[2] Richard A. Poisel, “Introduction to Communication Electronic Warfare Systems”, Artech House, 2002.

[3] Stansfield, R. G., “Statistical Theory of D. F. Fixing”, J. IEE., Vol. 94, Part IIIa, 1947, pp. 762~770.

[4] Brown, R. M., “Emitter Location Using Bearing Measurements from a Moving Platform”, NRL Report 8483, Naval Research Laboratory, Washinton, D. C., June 1981.

[5] 양종원, 박철순, 장원, “에미터 방위정보를 이용한 효과적인 EEP 위치탐지에 관한연구”, 한국군사과학기술학회 종합학술대회, p.280~283, 2005. 8.

[6] 양종원, 박철순, 장원, “가중치를 이용한 적응형 에미터 위치탐지 영역 분석”, 제9차 통신/전자 학술대회(군통신, 전자전), p.327~332, 2005. 11.

[7] 양종원, 최준호, 박철순, “Stansfield와 MSD알고리즘을 이용한 에미터 위치탐지 영역 분석”, 기술보고서, 국방과학연구소, 2005. 10.

[8] Torreiri, D. J., “Stastical Theory of Passive Location Systems”, IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, Vol. AES-20, No. 2, March 1984, pp.183~197.

[9] Foy, W. H., “Position Location Solutions by Taylor Series Estimation”, IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, March 1976, pp.187~193.