

# Euclidean Distance를 이용한 ARPA/AIS 데이터 융합에 대한 연구

## A Study on Data Fusion of ARPA/AIS using Euclidean Distance

김영기\* · 박계각\*\*

Young-Ki Kim\*, Gyei-Kark Park\*\*

\* 한국해양연구원 해양시스템안전연구소

\*\* 목포해양대학교 해상운송시스템학부

### 요 약

선박의 항해사는 안전 항해를 위해 GPS, ARPA, AIS, NAVTEX, VHF 등 다수의 항해장비가 제공하는 화상, 수치, 텍스트 및 음성 정보를 숙지하여야 하나, 항해당직에 임하면서 동시에 이들 정보를 획득하여 안전 항해를 위한 판단자료로 활용하는 것은 대단히 번거롭고 어려운 작업이다. 따라서 이들 멀티미디어 항해안전정보를 이해하고 융합하여 항해사가 처한 상황을 인식하고 항해사의 의사결정에 필요한 정보를 추론하여 언어로서 제공해주는 시스템이 필요하다. 본 연구에서는 GPS가 제공하는 본선의 위치정보와, ARPA와 AIS가 제공하는 대상이 가진 정보를 Euclidean distance를 이용하여, 융합하고자 한다.

**키워드** : Data fusion, GPS, Radar, ARPA, AIS

### Abstract

GPS, ARPA, AIS, NAVTEX, VHF as modern aids-to-navigation equipments improve the safe navigation and help to reach a reduction in marine accidents by providing images, numeric values, texts, audio-based information for mates, However, we also noticed that it's complicate and difficult for a mate to acquire and analyze such information from these devices while he should devote himself to bridge watchkeeping especially in the urgent situation.

Language is another way to get information and free the eyes and hands, so, to solve the problem above, we are trying to propose a new aids-to-navigation system, which can understand and merge multimedia marine safety information, analyze the situation and provide the necessary information in language.

In this paper, we try to fuse data of ARPA/AIS using Euclidean distance for providing integrated information.

**Key Words** : Data fusion, GPS, Radar, ARPA, AIS

## 1. 서 론

선박의 항해사는 안전 항해를 위해 GPS(Global Positioning System), Radar/ARPA(Automatic Radar Plotting Aid), AIS(Automatic Identification System), NAVTEX (Navigational Telex), VHF 수신기 등 다수의 항해장비가 제공하는 화상, 수치, 텍스트 및 음성 정보를 숙지하여야 하나, 항해당직에 임하면서 동시에 이들 정보를 획득하여 안전 항해를 위한 판단자료로 활용하는 것은 대단히 번거롭고 어려운 작업이다.

해양사고의 인적요인 분석에 관한 연구에서는 상대선박

을 인식하지 못하였거나, 인식이 늦어서 발생한 사고의 비율이 총 충돌사고의 약 51%를 차지하였으며, 항해장비의 감시불량 및 운용부적절을 상대선박을 인식하지 못하여 발생한 해양사고의 구체적인 원인 중의 하나로 분석하였는데 [1], 이는 여러 항해장비들이 제공하는 다양한 정보들이 항해사가 처한 상황의 위험성을 효과적으로 전달하지 못함을 의미한다.

따라서 위험상황을 항해사에게 보다 신속하고 정확하게 인식시킬 수 있도록, 구체적인 정보를 이해하기 쉬운 언어로서 제공할 필요가 있고, 이를 위해서 다양한 항해장비가 제공하는 멀티미디어 항해안전정보를 이해하고 융합하여 항해사가 처한 상황을 인식하고 의사결정에 필요한 정보를 추론하여 언어로 제공하는 시스템이 필요하다.

항해안전정보의 융합과 관련하여, 종합적인 정보를 효율적으로 제공하는 시스템의 설계를 위한 연구로는, 항해안전 정보와 정보융합모델 간의 관계에 대한 정의 및 JDL(Joint Directors of Laboratories) 정보융합모델의 개념을 소개한 연구가 있고[2], 이 연구를 보완하여 구체적인 항해안전정보 융합모델 프레임워크를 제안한 연구가 있다[3].

또한, 항해장비가 제공하는 데이터의 구체적인 융합방법과 관련된 다양한 연구가 진행되었는데[4-9], 그 중, Radar

접수일자 : 2011년 11월 19일

완료일자 : 2011년 12월 12일

본 논문은 본 학회 2011년도 추계 학술대회에서 선정된 우수논문입니다.

본 연구는 국토해양부 DGNSS 보정서비스 신뢰성 기술개발 사업의 연구비 지원(PMS2320)에 의해 수행되었습니다.

\*\* 교신저자

와 AIS 정보의 융합과 관련해서는, Kalman filter를 이용한 연구[6], FCM(Fuzzy C-Mean algorithm) 방법을 이용한 연구[7], Multi-factor Fuzzy Integration을 이용한 연구[8]가 있다.

하나의 대상에 대하여 레이더가 제공하는 데이터와 AIS가 제공하는 데이터를 Kalman filter를 이용하여, 새로이 융합된 항적을 추정한 연구[6]와 하나의 대상에 대하여 Radar 항적과 AIS 항적을 FCM을 이용하여, 융합한 연구에서는[7], ARPA와 AIS가 각기 추적한 대상이 같은 대상인지를 판단하는 방법은 다루어지지 않았다.

또한, 이들 연구의 공통적인 목적은 AIS가 제공한 대상의 위치와 Radar가 제공한 대상의 위치, 혹은 대상의 움직임과 관련된 정보를 이용하여, 중앙값 등 대상의 새로운 융합된 위치를 구하거나, 나아가서 일반적으로 사용할 수 있는 항적을 구하는데 있다.

그러나, IMO(International Maritime Organization)의 국제해상충돌방지협약(COLREG'72)에서는 '방위의 변화없이 가까워지는 선박'을 '위험한 선박'으로 정의하였고, 따라서 충돌 회피를 위해서는 방위와 거리가 중요한 개념인 것으로 생각되어지며, DGPS 등 정밀한 위치를 제공하는 서비스를 이용하기 어려운 해상에서, 이미 Radar로부터 획득할 수 있는 주변 모든 대상에 대한 방위와 거리 정보를 사용하지 않고, AIS가 탑재된 선박들만 새롭게 융합된 위치 정보로 표현한다면, 정보의 일관성이 저하되리라 생각된다.

ARPA와 AIS가 제공하는 정보를 Multi-factor Fuzzy Integration을 이용하여 융합한 연구에서는[8], ARPA와 AIS가 각기 추적한 대상이 같은 대상인지를 판단하는 방법이 다루어졌다.

그러나 거리, 방위, 침로, 속력의 4가지 요소를 이용하여 데이터를 융합하였는데, AIS가 제공한 대상선박의 GPS 위치를 본선과의 거리와 방위로 변환하는 구체적인 방법은 제시되지 않았다.

또한, IMO의 결의안 MSC.74(69)에서는 AIS가 제공하여야 할 정보의 표준으로 거리와 방위는 고려하지 않고 있다.

따라서 본 연구에서는, GPS 수신기가 제공하는 자신의 위치와 ARPA가 추적하는 대상의 상대적인 위치, 코스, 속도 정보를 이용하여, ARPA가 추적하는 대상의 위도, 경도, 코스, 속력의 4가지 정보를, AIS가 제공하는 대상 선박의 위도, 경도, 코스, 속도 정보와 Euclidean distance를 이용하여 유사도를 비교함으로써, ARPA와 AIS가 각기 추적한 대상이 동일한 대상인지를 판단하고자 한다.

## 2. ARPA/AIS 데이터 융합

ARPA는 Radar 화면상의 물체를 추적하고, 추적중인 대상의 코스, 속력과 본선과의 방위와 거리를 제공하는 장비이다.

AIS 장비는 본선이 가진 다양한 정보를 VHF를 이용하여 송신할 뿐 아니라, 타선의 AIS 장비가 송신한 전파를 수신하여, 타선의 다양한 정보를 제공하는 장비이다.

두 장비의 제공하는 정보를 비교하고, 데이터 융합 알고리즘을 알아보하고자 한다.

### 2.1 ARPA와 AIS가 제공하는 정보의 비교

AIS는 GPS를 포함한 여러 장비가 제공하는 다양한 정보와 항해사가 직접 입력할 수 있는 메시지 등을 Radar에

비하여, 회절이 좋은 VHF 전파를 이용하여 송신하기 때문에, 매우 다양한 정보를 제공하며, 상대적으로 ARPA보다 음영구역이 적고, 범위가 넓은 특성을 가진다[10].

Radar는 Radar 자신이 송신한 전파의 반사파를 수신하여, 화면에 나타내는 장비이기 때문에, 본선 주변의 모든 물체를 대상으로 하며, 본선과의 상대적인 정보를 얻을 수 있다는 특징이 있다. 또한, 재밍에 취약한 GPS에 비하여, 상대적으로 신뢰할 수 있는 정보를 안정적으로 얻을 수 있다는 장점이 있다.

표 1.은 ARPA/AIS 정보의 특성을 나타낸 표이다.

표 1. ARPA/AIS 정보의 특성  
Table 1. Characteristics of ARPA/AIS

	ARPA	AIS
대상	모든 물체	AIS 탑재 선박
범위	약 24mile 이내	약 40mile 이내
음영구역	크다	적다
제공주기	3sec	2sec ~ 3min

### 2.2 Radar와 AIS의 데이터 융합 알고리즘

그림 1.은 선행 연구에서 제안한 ARPA/AIS의 융합 개념도이다[9].

먼저, GPS 수신기가 제공하는 본선의 위도와 경도, ARPA가 제공하는 대상의 방위와 거리를 점장위도 항법을 이용하여, 대상의 위도와 경도를 계산한다.

다음으로, ARPA가 제공하는 대상의 코스와 속도 그리고 계산한 대상의 위도와 거리를 AIS가 가진 대상 선박의 코스와 속도, 위도, 경도와 비교하여, 유사도가 임계값 이내인 경우, 하나의 대상에 대한 정보로 융합한다.

점장위도 항법은, 2차원 구면타원체를 평면상 표현한 점장도상에서, 두 점 사이의 위치와 방위와 거리를 계산하는 방법으로, 계산 방법 자체로는 오차가 없는 방법이다[11].

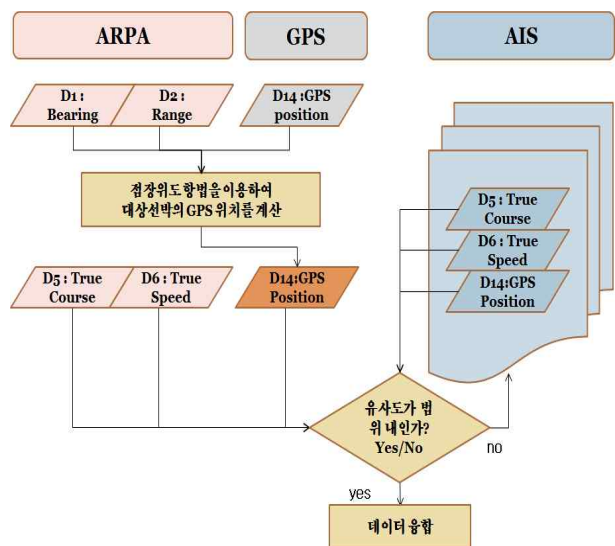


그림 1. 데이터 융합 개념도  
Fig. 1. Algorithm for data fusion

### 2.3 점장위도 항법을 이용한 대상선박의 위치 계산

GPS 수신기가 제공하는 본선의 위도와 경도 그리고 ARPA가 제공하는 대상의 본선에 대한 방위와 거리로 대상의 위도와 경도를 추정하기 위하여, 점장위도 항법을 이용하였다.

먼저, 식 (1), 식 (2)와 같은 데이터 집합을 준비한다.

식 (3)을 이용하여 본선과 대상과의 위도의 차이인 변위를 구하고, 구한 변위를 본선의 위도와 더하여, ARPA가 추적중인 대상의 위도를 구한다.

다음으로 식 (5), 식 (6)과 같이, 점장위도 항법을 이용하여, 변경을 구하고, 본선의 경도와 더하여, 식 (7)과 같이 ARPA가 추적중인 대상의 경도를 구한다.

마지막으로, AIS가 제공하는 정보와 비교하기 위하여, 식 (8)과 같이 AIS가 제공하는 요소와 동일한 의미를 요소로 가지는 집합  $ARPA_i^R$ 를 구한다.

$$GPS = \{Lat, Long\} \quad (1)$$

식 (1)은 GPS가 제공하는 데이터의 집합으로, 집합  $GPS$ 의 요소  $Lat$ 와  $Long$ 은 각각 본선의 위도와 경도를 의미한다.

$$ARPA_i = \{B_i, R_i, C_i, S_i\} \quad (2)$$

$i = 1, 2, \dots, m$

식 (2)는 ARPA가 제공하는 데이터의 집합으로, 집합  $ARPA_i$ 의 요소  $B_i$ 는 진북과 본선, 대상이 이루는 방위각이고,  $R_i$ 은 본선과 대상과의 거리이며,  $C_i$ 는 대상의 코스를 의미하고,  $S_i$ 는 대상의 속력을 의미한다.

$i$ 는 ARPA가 추적하는 대상의 수를 의미한다.

$$l_i = R_i^R \times \cos(B_i^R) \quad (3)$$

식 (3)의  $l_i$ 은 변위이며, 본선과 대상의 위도 차이를 의미한다.

$R_i$ 와  $B_i$ 는 집합  $ARPA_i$ 의 요소이다.

$$Lat_i^R = Lat + l_i \quad (4)$$

식 (4)의  $Lat$ 는 식 (1)의 집합  $GPS$ 의 요소이며, GPS 수신기로 획득한 본선의 위도를 의미한다.

본선의 위도  $Lat$ 에 변위  $l_i$ 을 더하여, 대상의 위도  $Lat_i^R$ 을 구한다.

$$M = \begin{aligned} &7915.704468 \times \log(\tan(45 + Latitude/2)) \\ &- 23.268932 \times \sin(Latitude) \\ &- 0.052500 \times \sin(Latitude)^3 \\ &- 0.000213 \times \sin(Latitude)^5 \end{aligned} \quad (5)$$

식 (5)은 점장도 상에서, 해당 위도에 대한 경도의 거리비를 구하는 점장위도 식이다.

$$DLo_i = \tan(B_i \times (M_i^R - M)) \quad (6)$$

식 (6)를 이용하여, 변경  $DLo_i$ 를 구한다.  $M_i^R$ 는 식 (4)로

구한  $Lat_i^R$ 를 식 (5)에 대입하여 구한 값이고,  $M$ 는 집합  $GPS$ 의  $Lat$ 를 식 (5)에 대입하여 구한 값이다.

$B_i$ 은 식 (2)의 집합  $ARPA_i$ 의 요소이다.

$$Long_i^R = Long + DLo_i \quad (7)$$

식 (7)과 같이, 본선의 경도  $Long$ 에 식 (6)에서 구한 변경  $DLo_i$ 를 더하여, 대상의 경도  $Long_i^R$ 을 구한다.

$$ARPA_i^R = \{Lat_i^R, Long_i^R, C_i^R, S_i^R\} \quad (8)$$

$i = 1, 2, \dots, m$

식 (8)은 ARPA가 추적 중인 대상이 가진 정보를 의미한다.

집합  $ARPA_i^R$ 의 요소  $Lat_i^R$ 와  $Long_i^R$ 는 각각 식 (4)와 식 (7)에서 구하였고, 요소  $C_i^R$ 와  $S_i^R$ 는 각각 식 (2)의 집합  $ARPA_i$ 의 요소  $C_i$ 와  $S_i$ 이다.

### 2.4 Euclidean distance를 이용한 유사도 계산

ARPA가 제공하는 대상의 코스와 속력 그리고 점장위도 항법으로 계산된 대상의 위도와 경도를 AIS가 가진 대상들에 대한 코스와 속력, 위도, 경도와 비교하기 위하여, Euclidean distance를 이용하여 유사도를 계산한다.

먼저 2.3의 식 (8)에서 구한 집합  $ARPA_i^R$ 와 식 (9)의 집합  $AIS_j^A$ 를 준비한다.

다음으로, 식 (10)과 같이 ARPA가 추적중인 대상이 가진 각각의 요소들과 AIS가 제공하는 대상들이 각기 가진 각각의 요소들의 차이를 구하고, 식 (11)과 같이 Euclidean distance를 구한다.

유사도를 구하는 가장 간단한 방법은 Euclidean distance의 역수를 취하는 것이나, 벡터간의 스케일이 고려되지 않는다는 문제점이 있기에, 식 (12)와 같이 log 함수를 이용해 벡터간의 스케일에 따른 거리 값 차이를 보정한다.

$$AIS_j^A = \{Lat_j^A, Long_j^A, C_j^A, S_j^A\} \quad (9)$$

$j = 1, 2, \dots, n$

식 (9)은 AIS가 제공하는 데이터의 집합으로, 집합  $AIS_j^A$ 의 요소  $Lat_j^A$ 와  $Long_j^A$ 는 각각 AIS가 가진 대상 선박의 위도와 경도를 의미하고,  $C_j^A$ 는 대상 선박의 코스를 의미하고,  $S_j^A$ 는 대상 선박의 속력을 의미한다.

$j$ 는 AIS가 가진 대상의 수를 의미한다.

$$\begin{cases} L_{ij} = |Lat_i^R - Lat_j^A| \\ \lambda_{ij} = |Long_i^R - Long_j^A| \\ C_{ij} = |C_i^R - C_j^A| \\ S_{ij} = |S_i^R - S_j^A| \end{cases} \quad (10)$$

$i = 1, 2, \dots, m$   
 $j = 1, 2, \dots, n$

식 (1)의  $L_{ij}$ ,  $\lambda_{ij}$ ,  $C_{ij}$ ,  $S_{ij}$ 는 ARPA로 추적중인 모든 대상의 위도, 경도, 코스, 속력을 AIS가 가진 각기 모든 대상의 위도, 경도, 코스, 속력과 각각 비교하여 구한 차이를 의

미한다.

$$D_{ij} = \sqrt{L_{ij}^2 + \lambda_{ij}^2 + C_{ij}^2 + S_{ij}^2} \quad (11)$$

식 (11)과 같이 Euclidean distance의 집합  $D_{ij}$ 를 작성한다.

$$Similarity_{ij} = \frac{1}{1 + \log(D_{ij} + 1)} \quad (12)$$

식 (12)와 같이, 식 (11)로 구한 집합  $D_{ij}$ 에 로그를 취한 후, 역수를 취하여, 유사도  $Similarity_{ij}$ 를 구한다.

마지막으로, 하나의  $i$ 에 대한 모든  $j$ 중 임계값 이하이며, 최소의 값을 갖는  $Similarity_{ij}$ 를 찾아,  $i$ 번째 집합  $ARPA_i$ 와  $j$ 번째 집합  $AIS_j$ 가 가진 정보를 하나의 대상이 가진 정보로 통합한다.

### 3. 시뮬레이션

ARPA/AIS 데이터 융합 알고리즘을 적용한 시뮬레이션을 수행하기 위하여, 시뮬레이션에 적용할 GPS, ARPA, AIS 장비의 오차와 적용방법을 알아보고, 본 연구에 적용한 알고리즘으로 식별 가능한 범위를 알아본다.

시뮬레이션 상황을 설정, 수행한 후 결과를 살펴본다.

#### 3.1 시뮬레이션에 적용한 GPS, ARPA, AIS의 오차

각 장비가 가진 오차는 선행 연구와 국제 규정 및 장비의 manual을 참고하였다.

표 2는 GPS, ARPA, AIS 장비가 각각 제공하는 정보 중 시뮬레이션에서 사용한 데이터의 정확도이다.

표 2. GPS, ARPA, AIS의 정확도  
Table 2. Accuracy of equipments

장비	정보	오차 범위
GPS	본선의 위치	≤ 100 meter
AIS	타선의 위치	≤ 100 meter
Radar	타선과의 거리	≤ 50 meter
	타선과의 방위	≤ 1°

AIS가 제공하는 대상선박의 위치는 해당 선박의 GPS가 제공하는 정보이다.

해상에서 사용되는 GPS의 정확도는 IMO의 Resolution A.819(19)의 3.2.5에 따라, 100m 이내이며, 이 값을 GPS와 AIS가 제공하는 본선과 타선 위치의 정확도로 정하였다.

Radar의 타선과의 거리 정보의 정확도는 선행연구[6]를 참고하였고, 타선과의 방위 정보의 정확도는 Japan Radio Company의 Radar 모델 JMA-9100-SA의 Manual을 참고하였다.

#### 3.2 알고리즘으로 구분 가능한 최소거리

본 연구에서 사용한 알고리즘은 대상의 위치와 코스, 속

력을 비교하여 융합하는데, 3.1의 오차 적용하면, 그림 2와 같이, 각각 P1과 P2에 위치하여, 200m 이격된 두 선박은 동일하게 P3 위치에 나타날 가능성이 있으며, 코스와 속력까지 같은 경우, 두 선박은 완전히 동일한 선박으로 간주되어 구분할 수 없게 된다.

본 연구에서 수행한 시뮬레이션의 1번과 2번 선박은 이와 같은 경우를 다루었다.

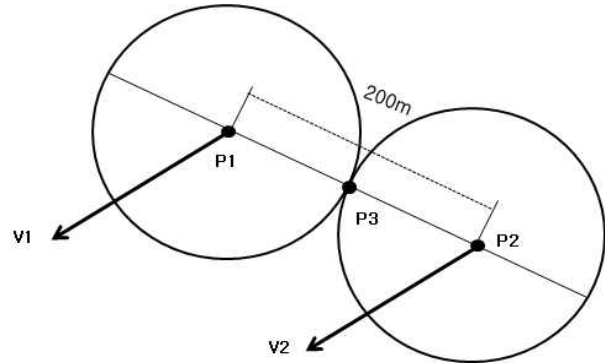


그림 2. 거리 분해능  
Fig. 2. Distance resolution

#### 3.3 시뮬레이션 초기 상황 설정

본선이 초기위치 위도 35 00.0N, 경도 129, 45.0 E에서, 침로 000°, 속력 12.4 knot로 항해 중에 ARPA와 AIS로부터 다수의 대상에 대한 정보를 주기적으로 제공받는 상황이다. 매 epoch마다 데이터가 변화하는 상황에서, 오차를 적용한 경우와 그렇지 않은 경우, 유사도를 계산하고자 한다.

표 3은 대상 물체의 초기 데이터를 나타낸다.

표 3. 대상 물체의 초기 데이터  
Table 3. Initial data set of targets

	Latitude	Longitude	Course	Speed	AIS
Target <sub>1</sub>	35-25.3N	129-55.8E	269.3	18.3	Y
Target <sub>2</sub>	35-25.2N	129-55.8E	269.3	18.3	Y
Target <sub>3</sub>	35-27.6N	129-58.1E	265.1	23.8	Y
Target <sub>4</sub>	35-05.8N	129-38.4E	008.2	07.8	N
Target <sub>5</sub>	35-29.1N	129-35.2E	167.4	12.4	Y
Target <sub>6</sub>	35-26.6N	129-46.4E	175.8	17.8	Y
Target <sub>7</sub>	35-05.2N	129-37.3E	008.4	08.1	N
Target <sub>8</sub>	35-03.5N	129-33.4E	088.2	12.8	Y
Target <sub>9</sub>	35-04.4N	129-37.8E	090.3	14.2	Y
Target <sub>10</sub>	35-12.8N	129-42.2E	000.0	00.0	N
Target <sub>11</sub>	35-15.8N	129-47.4E	000.0	00.0	N

#### 3.4 시뮬레이션 수행

3.3에서 설정한 초기상황과 같이, AIS를 장착한 선박 7대와, 장착하지 않은 선박 2대, 그리고 움직임이 없는 섬과

같은 2개의 물체를 대상으로 정하였다.

1시간동안, 매 0.1초 마다 GPS가 제공하는 정보와 같이, 본선의 위치 정보를 기록한 데이터를 생성하였고, AIS가 제공하는 정보와 같이, AIS 장착 선박에 대하여, 대상의 위도, 경도, 코스, 속력을 기록한 데이터를 생성하였으며, ARPA가 제공하는 정보와 같이, 11개의 대상에 대한 방위와 거리, 코스, 속력을 기록한 데이터를 생성하였다.

생성한 데이터를 기반으로, 오차를 적용한 경우와 적용하지 않은 경우로 나누어서, 알고리즘을 적용하였다.

GPS와 AIS 데이터의 경우, 매 epoch 별, 각 선박마다 개별적으로 100m 이내의 오차를 무작위로 주었고, Radar의 경우, 매 epoch 별로 1°이내의 방위와 60m 이하의 거리 오차를 생성하여, 모든 대상에 일괄적으로 적용하였다.

대상 1과 대상 2의 선박은, 3.3 알고리즘으로 구분 가능한 최소거리에 있는 코스와 속력이 동일한 선박이다.

표 4.는 점장위도를 이용하여 변경을 계산하는 매트랩 코드이다.

표 4. 점장위도를 이용한 변경 계산

Table 4. Calculation of Difference in longitude using Mercator sailing

```
O_lat = Own(cnt,2)*60 + Own(cnt,3);
O_long = Own(cnt,5)*60 + Own(cnt,6);

C = T_all(cnt, 4);
D = T_all(cnt, 5);

M_o = 915.704468*log10(tan(pi/4+O_lat/60*pi/180/2))
- 23.268932*sin(O_lat/60*pi/180);

l = D * cos(C*pi/180);

if((C < 270)&&(90<C))
    T_lat = (O_lat - l);
else
    T_lat = (O_lat + l);
end

lat = T_lat/60*pi/180;
M_t = 915.704468*log10(tan(pi/4+T_lat/60*pi/180/2))
- 23.268932*sin(T_lat/60*pi/180);

DL_o = tan(C*pi/180)*(M_t-M_o);
```

### 3.5 시뮬레이션 결과 - 오차를 적용하지 않은 경우

표 5.와 표 6.은 오차를 적용하지 않은 경우의 Euclidean Distance와 유사도를 나타낸다.

표 5.는 ARPA가 추적한 1번 대상에 대한 AIS 대상 선박들과의 Euclidean Distance를 매 epoch 별로 나타낸 표의 일부이다.

표 6.는 ARPA가 추적한 대상 별 AIS 대상 선박의 유사도를 나타낸 표의 일부이다.

유사도의 임계값을 0.97로 할 경우, 가장 근접하여, 동일한 코스와 속력으로 항해하는 1번 선박과 2번 선박을 포함한 모든 대상을 모든 epochs에서 구분할 수 있었다.

표준편차는 0.0이다.

ARPA로 추적한 대상 1, 2, 3번은 각각 AIS로 추적한 1번 선박, 2번 선박, 3번 선박으로 융합할 수 있다.

표 5. 유클리드 거리 - 오차를 적용하지 않은 경우  
Table 5. Euclidean Distance

	$M_{11}$	$M_{12}$	$M_{13}$
$t = 0.1$	<b>0.000000</b>	0.100000	7.646497
$t = 0.2$	<b>0.000000</b>	0.100000	7.646427
$t = 0.3$	<b>0.000000</b>	0.100000	7.646357
$t = 0.4$	<b>0.000000</b>	0.100000	7.646286

표 6. 유사도 - 오차를 적용하지 않은 경우  
Table 6. Similarity

$Similarity_{ij}$	$j = 1$	$j = 2$	$j = 3$
$i = 1$	<b>1.000000</b>	0.960253	0.516305
$i = 2$	0.960253	<b>1.000000</b>	0.515895
$i = 3$	0.516305	0.515895	<b>1.000000</b>
$i = 4$	0.292315	0.292316	0.292818

### 3.6 시뮬레이션 결과 - 오차를 적용한 경우

표 7.와 표 8.은 오차를 적용한 경우의 Euclidean Distance와 유사도를 나타낸다.

표 7. 유클리드 거리 - 오차를 적용한 경우  
Table 7. Euclidean Distance

	$M_{11}$	$M_{12}$	$M_{13}$
$t = 0.1$	0.871102	<b>0.866627</b>	6.883993
$t = 0.2$	<b>0.440088</b>	0.466214	7.667656
$t = 0.3$	<b>0.566945</b>	0.573583	7.235688
$t = 0.4$	1.172542	<b>1.168601</b>	6.590319
$t = 0.5$	<b>0.895186</b>	0.905642	7.050880
$t = 0.6$	<b>1.106799</b>	1.111269	7.794006

표 8. 유사도 - 오차를 적용한 경우  
Table 8. Similarity

$Similarity_{ij}$	$j = 1$	$j = 2$	$j = 3$
$i = 1$	0.786103	<b>0.786746</b>	0.527219
$i = 2$	0.783937	<b>0.786193</b>	0.526673
$i = 3$	0.506388	0.506076	<b>0.784417</b>
$i = 4$	0.292230	0.292231	0.292734

1번과 2번 대상을 제외한 모든 대상의 경우, 유사도의 임계값을 0.7로 하여, 바르게 구분할 수 있었다.

1번과 2번 대상의 경우, 유사도가 최대한 대상을 같은 대상이라고 판단하였는데, 총 36,000 epochs 중 19.5%인 7020 epochs에서, 1번 선박과 2번 선박을 바르게 구분하지 못하였다.

표 9.는 ARPA가 추적한 1번, 2번 선박에 대하여, 36,000 epochs에서의 유사도 평균과 표준 편차를 나타낸 표이다.

유사도의 평균값을 최소값으로 취할 경우, 구분은 가능하지만, 임계값을 정하기 어려울 정도로 그 차이가 매우 적고, 표준편차는 매우 크기 때문에, 신뢰도는 낮다.

표 9. 유사도의 평균과 표준편차

Table 9. Mean and Standard Deviation of Similarity

	Mean	Standard Deviation
<i>Similarity</i> <sub>1,1</sub>	0.801109	0.044842
<i>Similarity</i> <sub>1,2</sub>	0.799976	0.043846
<i>Similarity</i> <sub>2,1</sub>	0.799656	0.043604
<i>Similarity</i> <sub>2,2</sub>	0.801175	0.044878

*Similarity*<sub>1,2</sub>은 ARPA로 추적한 1번 대상과 AIS로 추적한 2번 대상의 유사도를 의미한다.

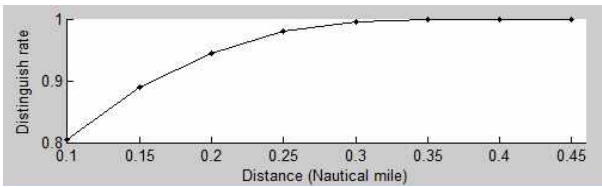


그림 3. 거리에 따른 구분율

Fig. 3. Distinguish rate according to the distance

#### 4. 결 론

본 연구에서는 GPS 수신기가 제공하는 자선의 위치와 ARPA가 제공한 대상의 상대적인 위치, 코스, 속도 정보를 AIS가 제공한 대상 선박의 위치, 코스, 속도 정보와 유클리드 거리를 이용하여 유사도를 비교함으로써, ARPA와 AIS가 각각 추적한 대상에 대한 정보를 하나의 대상에 대한 정보로 통합할 수 있음을 확인하였다.

본 연구에서 정한 유사도 임계값은 경험적인 방법으로 결정된 것으로, 보다 효율적인 알고리즘으로 신뢰성있는 임계값을 정하기 위한 연구가 필요하다.

#### 참 고 문 헌

[1] 양원재, 권석재, 금중수, “해양사고의 인적요인 분석에 관한 연구,” *해양환경안전학회 2004년도 춘계학술 발표회*, 제5권, pp. 7-11, 2004.

[2] T. Neumann, “Multisensor Data Fusion in the decision process on the bridge of the vessel,” *TransNav, International Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, Vol. 2, No. 1, pp. 85-89, 2007.

[3] 김도연, 조대운, 이미라, 박계각, “정보융합 기술 기반의 지능형 항해안전정보 시스템,” *지능시스템학회 추계학술대회 학술발표 논문집*, 제19권, 2호, pp. 206-209, 2009.

[4] Jaehoon Lee, Do-Yoon Kim, Sanghak Sung, Dongkyun Nam, Jooyoung Park, “Real-time implementation of GPS/INS integration algorithm for embedded systems”, *Korean Institute of Intelligent Systems*, Vol.19, No.1, pp. 245-249, 2009.

[5] Sohee Lee, Heebyung Yoon, “GPS/INS Data Fusion and Localization using Fuzzy Inference/UPF”, *Korean Institute of Intelligent Systems*, Vol.19, No.1, pp. 245-249, 2009.

[6] Andrzej Stateczny, Andrzej Lisaj, “Radar and AIS Data Fusion for the Needs of the Maritime Navigation”, *IRS 2006 International, Radar Symposium 2006*, pp. 1-4, 2006.

[7] SUO Jidong, LIU Xiaoming, “Fusion of Radar and AIS Data”, *ICSP 7th International Conference, ICSP’04 Proceedings*, Vol.3, pp. 2604-2607, 2004.

[8] Lin Changchuan, Dong Fang, Lin Hai, Le Lina, Zhou Jianwen, Ou Yangping, “AIS Information Decoding and Fuzzy Fusion Processing with Marine Radar,” *Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, WiCOM’08 4th International Conference*, pp.1-5, 2008.

[9] 김영기, 박계각, 이미라, “언어적인 항해안전정보 지원을 위한 의미해석 모델 구축에 관한 연구,” *지능시스템학회학회지*, Vol. 21, No.2, pp.198-205, 2011.

[10] Bin Lin, Chih-Hao Huang, “Comparison Between ARPA Radar and AIS Characteristics for Vessel Traffic Services,” *Journal of Marine Science and Technology*, Vol. 14, No.3, pp. 182-189, 2006.

[11] 鄭明善, 朴桂珏, *地文航海學*, pp.169-171, 2003.

#### 저 자 소 개



김영기(Young-Ki Kim)

제 19권 4호 (2009년 8월호) 참조

관심분야 : GNSS, 지능시스템, 해양정보시스템  
E-mail : ykkim@moeri.re.kr



박계각(Gyei-Kark Park)

제 19권 2호 (2009년 4월호) 참조

관심분야 : 지능시스템, 해양정보시스템, 항만 물류 및 국제 경제학  
E-mail : gkpark@mmu.ac.kr