

퍼지 전문가 시스템을 이용한 지능형 항행 정보 융합

김도연*, 이미라**

Intelligent Navigation Information Fusion Using Fuzzy Expert System

Do-yeon Kim*, Mira Yi**

요약

항행중인 선박은 GPS, AIS, ECDIS, ARPA Radar 등 다양한 해양 장비를 통해 선내·외 상황에 대한 여러 정보들을 전달받고, 항해사는 이러한 다양한 정보를 이용하여 자선박의 항행 안전 상황을 인식 및 예측한다. 하지만 그로 인해 항해사의 장비 주시에 대한 업무 부담이 이전보다 증가하였으며, 때로는 장비 간 정보의 불일치가 발생하여 항해사를 혼란시키기도 한다. 이전 연구에서 이러한 문제를 해결하기 위해 항해사를 보조할 수 있는 지능형 항행 안전 정보 시스템의 개념모델과 CF(Certainty Factor)전문가 시스템을 이용한 그 개념모델의 예를 보인 바 있다. 정보 융합 기술에는 다양한 추론 기술들이 요구되는데 CF전문가 시스템만으로는 항해사의 의사결정과 같이 애매하고 불명확한 요소를 반영할 수 없다. 이 연구에서는 불명확한 요소를 반영할 수 있는 퍼지 전문가 시스템을 이용한 항행 정보 융합 방법을 제안하고, 제안된 방법을 설계 및 구현한 후 특정 시나리오에 대한 실행 예를 보임으로써 항행 정보 융합 시스템에 퍼지 전문가 시스템을 활용하는 것의 타당성을 보인다.

Abstract

In navigation, officers receive data about inside and outside of ship from several devices(ex, GPS / AIS / ECDIS / ARPA Radar / etc) in bridge, and use it to recognize and predict safety situations. However, observation work of a officer is still hard for a torrent of data from several devices, and the problem of inconsistent data among the devices. In previous research, we presented the conceptual model of Intelligent Navigation Safety Information System based on information fusion, and showed the example of the conceptual model using CF (Certainty Factor) expert system to solve this problem. The information fusion technology needs various reasoning skills, and CF expert system is not enough to express ambiguous or indefinite factors. In this paper, we propose the concept of an intelligent navigation information fusion using fuzzy expert system to describe the ambiguous factors, and show the validity of applying fuzzy expert system to

• 제1저자 : 김도연 교신저자 : 이미라

• 투고일 : 2010. 09. 01, 심사일 : 2010. 09. 14, 게재확정일 : 2010. 10. 02.

* 목포해양대학교 해양전자통신공학부 석사과정 ** 목포해양대학교 해양전자통신공학부 조교수

※ 이 연구는 국토해양부 소관 연구개발사업의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

the Navigation Safety Information System through the design and implementation of the proposed concept.

▶ Keyword : 항행 안전(Navigation Safety), 정보 융합(Information Fusion), 퍼지 전문가 시스템(Fuzzy Expert System), 충돌 회피(Collision Avoidance), 해양 장비(Maritime equipment)

I. 서 론

항행중인 선박은 GPS, AIS(Automatic Identification System), Radar, 각종 음성 통신 장비 등을 이용하여 선내·외 상황에 대한 여러 정보들을 제공받고, 항해사는 이러한 다양한 정보를 이용하여 자선박의 항행 안전상황을 인식 및 예측한다. 최근 ECDIS(Electronic Chart Display and Information System)와 ARPA(Automatic Radar Plotting Aids) 기능이 있는 레이더의 보편적인 보급으로 항해사의 상황 판단이 보다 빠르고 정확해지게 되었다. 하지만 항해사의 업무 중 대부분이 견시(見視)업무임을 감안할 때[1] 특히나 위험 상황에서의 견시업무를 수행함에 있어서 견시를 제외한 다른 업무를 함께 고려한다는 것은 쉽지 않은 일이다. 또, 장치간의 정보가 불일치하거나 일부 장치가 오작동하는 경우 항해사를 더욱 혼란하게 하기도 한다. 만약 항해사의 업무를 상황에 구애 받지 않는 형태로 보조해줄 수 있다면 보다 나은 항행환경을 제공할 수 있을 것이며 그를 위한 연구가 꾸준히 진행 되고 있다[2-5].

사람의 의사결정을 도울 수 있는 여러 가지 기술이나 도구 중에서 정보융합이란 기술은 다양한 데이터들로부터 현재의 상황을 인지하고 가까운 미래의 상황을 예측 가능하게 하는 기술로서, 여러 인공지능 추론 기법들이 복합적으로 이용된다[6-8]. 정보융합은 국방관련 상황인식에서 시작되었으며, 최근에는 여러 다른 분야에 적용하려는 연구가 진행되고 있다[9-11]. 우리는 정보 융합 기술을 이용하여 선내 다양한 장비들의 정보 융합을 통해 선박의 안전 항행을 보조하는 시스템의 개념 모델을 제안한바 있고, 그 개념 모델의 CF (Certainty Factor) 전문가 시스템을 이용한 설계와 구현의 예를 보임으로써 제안한 모델에 대해 실현 가능성을 보였다[12].

CF 전문가 시스템은 일반적인 전문가 시스템에 비해 부정확한 입력 데이터에 대해서도 능동적인 대처가 가능하다는 장점이 있다. 하지만 높은 확률로 선택되어야 할 규칙이 선택되었을 때 다른 더미(dummy) 정보에 의해 해당 규칙의 신뢰도가 하락하여 차상위의 확률을 가지는 다른 규칙이 잘못 선택될 수 있다는 문제점이 있다. 또, 규칙에 대한 정의가 명확해야하므로 상황에 따른 애매하거나 불명확한 요소를 반영하기

어렵다[13]. 예를 들어 선박 회피 각도의 경우 상황에 따라서 '우현으로 약간만 틀어라', '좌현으로 많이 틀어라' 라는 애매한 결정이 나올 수 있는데, 이 때 잠재적 복합 요소에 의해 위험한 상황에 처하는 항행상황에서 위와 같은 CF전문가 시스템의 단점은 치명적인 단점이므로, 이 문제의 해결을 위한 시스템이 필요하다.

퍼지 전문가 시스템은 정보 융합을 위해 사용되는 여러 인공지능 기술 중 하나이며 사람의 애매하고 불명확한 의사 결정에 대한 고려가 자유롭고 더미 정보에 대해 강한 특성을 가지기 때문에 CF전문가 시스템의 단점 해결이 가능한 시스템이다. 퍼지 전문가 시스템은 퍼지 추론 기법이라 불리기도 하며 사람의 여러 애매한 판단이 필요한 다양한 분야에 적용되고 있다[14,15].

이 연구에서는 불명확한 요소를 반영할 수 있는 퍼지 전문가 시스템을 이용한 항행 정보 융합 방법을 제안하고, 제안된 방법을 설계 및 구현한 후 특정 시나리오에 대한 실행 예를 보임으로써 항행 정보 융합 시스템에 퍼지 전문가 시스템을 활용하는 것의 타당성을 보인다.

논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서 관련 연구인 지능형 항행 정보 융합 시스템을 소개한 후 3장과 4장에서 항행 정보 융합을 위한 퍼지 전문가 시스템에 대한 설계와 그에 따른 구현 결과를 보인다. 마지막으로 5장에서 결론으로 끝을 맺는다.

II. 지능형 항행 정보 융합 시스템

이 장에서는 관련 연구인 지능형 항행 안전 정보 융합 시스템[12]의 모델 구조를 간략히 요약하여 소개한다.

지능형 항행 안전정보 시스템은 JDL 정보 융합 기술을 바탕으로 하고 있으며 시스템의 구성은 그림 1에서와 같이 초기 데이터, 전처리, 항행 정보 융합의 세 단계로 이루어진다. 다양한 항행 장비로부터 얻어지는 초기 데이터는 전처리 과정을 거쳐서 항행 정보 융합 단계가 이해할 수 있는 정보로 가공되어진다.

실제 항해사의 의사 결정에 도움이 될 수 있는 부분은 네 단계의 정보 융합 모듈로 이루어진 항행 정보 융합 단계이다. 개체 정제 단계는 본선 주변의 개체들을 정제하며 상황 인지,

상황 예측 단계는 본선의 현재 안전 상황에 대한 실시간 인지, 예측 결과를 계산하며 마지막 행동 계획 단계는 현재 상황에서 예측된 상황으로 변하기 위한 계획을 항해사에게 조언한다.

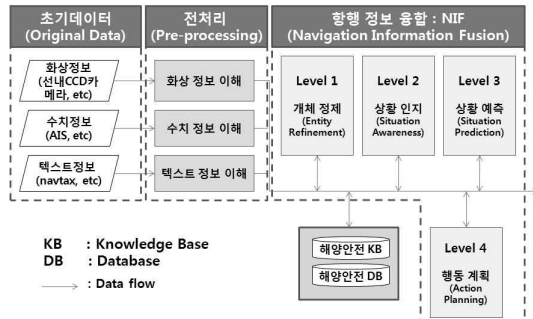


그림 1. 항행 안전을 위한 정보융합 시스템의 구조
Fig. 1. Structure of information fusion system for navigation safety

표 1. 상황인지와 상황예측을 위한 데이터타입
Table 1. Data types for situation awareness and prediction

데이터 타입 이름	의미	요소
entity	자선박 제외 주변 타개체	선박여부, 고정 물표여부, 현재위치, 상대거리, DCPA(최근접거리), TCPA(최근접시간), 거리, 개체각(선박기준), 상세정보(선박 고정물표)
navigational_risk	자선박의 항로인근 위험지역정보	항로위치, 현재 자선박과의 거리, 위험물위치

기존 연구에서는 CF 전문가 시스템을 활용하여 Level 2, 3의 예를 보였는데 이는 최근 레이더의 ARPA기능과 ECDIS로부터의 정보가 '개체 정제' 단계의 대부분, '상황 인지' 단계의 일부를 포함하는 범위이기 때문이다. 이 연구에서도 '상황 인지' 단계의 나머지 일부와 '상황 예측'의 대부분의 설계를 목표로 했다. 또, 초기데이터를 입력받아 전처리 한 후에 항행 정보융합 단계가 받게 되는 데이터 타입을 정의한바 있는데, 이번 연구에서도 동일한 데이터 타입이 사용되기 때문에 이곳에 다시 간략하게 소개하며 그 내용은 표 1과 같다.

III. 항행 정보 융합을 위한 퍼지 전문가 시스템 설계

항행 정보 융합에 퍼지 전문가 시스템을 활용하는 것은 크게 두 단계로 충돌 위험도 평가 모듈과 충돌 회피 각도 도출

모듈로 구성되며 그 모델은 그림 2와 같다. 왼쪽 영역이 충돌 위험도 평가 모듈, 오른쪽 영역이 충돌 회피 각도 도출 모듈을 나타낸다.

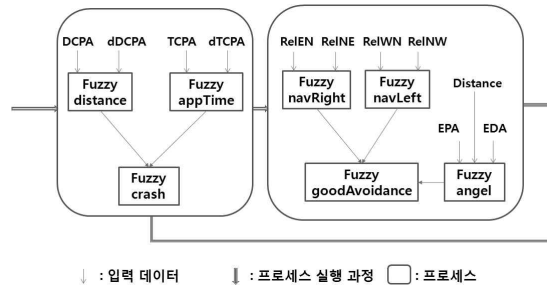


그림 2. 항행 정보 융합을 위한 퍼지 전문가 시스템
Fig. 2. Fuzzy expert system for navigation information fusion

충돌 위험도 평가 모듈은 크게 세 개의 퍼지 전문가 시스템을 포함하며, Fuzzy_distance 퍼지전문가 시스템은 DCPA(충돌 여유 거리 : Distance of the closest point of approach)와 dDCPA(충돌 여유 거리의 변화량)를 이용하여 타 개체와 본선과의 거리 위험도 평가를 수행한다.

Fuzzy_appTime 퍼지 전문가 시스템은 TCPA(충돌 여유 시간 : Time of the closest point of approach)와 dTCPA(충돌 여유 시간의 변화량)를 이용하여 타 개체와 본선과의 시간 위험도 평가를 수행한다. 그 후 Fuzzy_crash 전문가 시스템은 Fuzzy_distance, Fuzzy_appTime 두 전문가 시스템의 결과를 받아 본선과 타 개체간의 종합 충돌 위험도 평가를 수행한다. 종합 충돌 위험도 평가의 결과로 항행 상황이 안전하다고 판단되면 충돌 회피 각도 도출 부는 실행되지 않는다.

충돌 회피 각도 도출 모듈은 총 네 개의 퍼지 전문가 시스템을 포함하며, Fuzzy_navRight, Fuzzy_navLeft 두 퍼지 전문가 시스템은 본선인근 6 마일의 수심 위험도를 계산한다. 수심 위험도란 전자해도 상 항로의 진행에 방해가 되는 저 수심 요소를 뜻한다. 그리고 Fuzzy_angle 퍼지 전문가 시스템은 EPA(자선박 기준 타 개체의 각도 : Entity Position Angle)와 EDA(자선박 기준의 타 개체의 항로 : Entity Direction Angle)를 이용하여 본선이 타 개체와의 충돌을 피하기 위해 틀어야 할 각도를 도출한다. 그 후 Fuzzy_goodAvoidance 전문가 시스템은 Fuzzy_navRight, Fuzzy_navLeft, Fuzzy_angle 세 전문가 시스템의 결과를 받아서 선박이 회피하기 좋은 각도를 도출한다.

2장에서 소개한 '지능형 항행 정보 융합 시스템'의 각 항행 정보융합 단계(Level 1~4)는 따로 나뉘어 존재할 수도 있고, 혹은 몇몇의 단계가 합쳐져 있는 형태로 나타날 수 있으며, 충

돌 위험도 평가 단계와 충돌 회피 각도 도출 단계는 '지능형 항행 정보 융합 시스템'의 '상황 인지' 단계와 '상황 예측' 단계가 합쳐져 있는 형태이다.

1. 퍼지 입력 데이터 정의

퍼지 전문가 시스템이 요구하는 입력 데이터는 아래 표 2와 같다. 단 여기에서 RelEN(Relation East-North), RelNE, RelWN(Relation West-North), RelNW 데이터는 전부 자선박의 전방을 0도로 두었을 때의 기준으로 한 것이며, EPA의 경우 좌, 우현 모두 0에서 60도까지의 각도를 쓰며 좌측의 경우에만 -1을 곱한 값을 가지고 있다고 가정한다.

표 2. NIF를 위한 퍼지 전문가 시스템의 입력 데이터
Table 2. Input data of fuzzy expert system for NIF

No	데이터 명	데이터 종류
1	DCPA	객체와의 최근접점까지의 거리
2	$\delta DCPA$	DCPA의 변화량
3	TCPA	객체와의 최근접점까지의 시간
4	$\delta TCPA$	TCPA의 변화량
5	EPA	객체의 상대적 위치 각도
6	EDA	객체의 상대적 진행 각도
7	Distance	객체와의 거리
8	RelEN	15 ~ 30도의 수심정보
9	RelNE	0 ~ 15도의 수심정보
10	RelWN	-30 ~ -15도의 수심정보
11	RelNW	-15 ~ 0도의 수심정보

```

if Within_Limit(DCPA(0), v, m)
  if (|DCPA(-n)-DCPA(0)| >= v)
     $\delta DCPA = mid$ 
  else
     $\delta DCPA = low$ 
  else
     $\delta DCPA = high$ 

```

그림 3. ' $\delta DCPA$ ' 계산 알고리즘
Fig. 3. Algorithm for ' $\delta DCPA$ '

$\delta DCPA$ 데이터와 $\delta TCPA$ 데이터의 계산 방식은 동일하며 변수에 대한 계산알고리즘은 아래 그림 3과 같다. 단 여기에서 n은 임의의 값, m은 단순 칼만(Kalman) 예측 값, v는 학습된 DCPA 데이터의 표준편차이다. 현재의 측정값이 이전

에 계산된 현재 상태 예측 값의 표준편차 이내에 있는지 없는지에 따라서 변화량은 높거나 높지 않게 된다. 변화량이 높지 않을 경우 n초 이전의 DCPA값을 찾아 비교한 후 그 값이 표준편차의 범위 내에 존재하지 않는다면 변화량은 중간이 되고, 만약 존재한다면 변화량이 낮다고 판단하게 된다.

EPA 데이터는 상대 각도 $-60^\circ(300^\circ)$ 에서 60° 까지 고려되었다. 이는 본선이 주의해야할 객체의 상대 각도를 모두 포함하는 위치이며, 각도 범위의 설계는 목포해양대학교의 항행 전문가 의견을 반영하였다. EDA 데이터는 객체가 갈 수 있는 8방향에 대한 고려가 모두 되어있는 형태이며, 8방향은 N(0°), EN(45°), N(90°), NS(135°), S(180°), SW(225°), W(270°), WN(315°)의 자선박 기준 상대 방위이다.

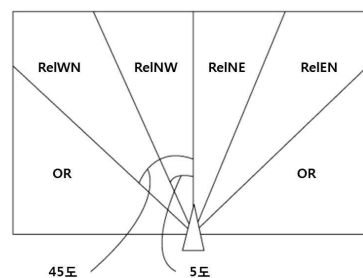


그림 4. 수심 요소가 위치하는 지역에 따른 범위 분할
Fig. 4. Partition bound by location of 'Water depth' factor

그림 4는 RelEN, RelNE, RelWN, 그리고 RelNW 네 변수에 대한 범위를 나타낸다. 상황의 인지와 예측을 하기 위한 전자해도 데이터의 전처리 후 입력 값의 형태는 표 1에 소개되어있으며 그림에서 OR은 Out of range을 의미한다. 그리고 해당 변수는 가정된 항로 인근 위험지역에 대한 정보를 통하여 각 범위에 대한 위험도를 계산하는데, 그 중 RelEN의 계산 알고리즘은 그림 5와 같다. 해당 계산에 의해서 RelEN 데이터는 저 수심 지역이 가깝고 위험할수록 위험도가 증가하고, 멀고 안전할수록 0에 가까운 수치를 얻을 수 있다. 단 여기에서 ang, dis, dep, d는 임의의 선언 변수이다.

표 2에서 소개된 11개의 데이터는 고정적인 CRISP값을 지니게 되고 이것은 항해사의 애매하고 불명확한 의사 결정을 표현하기 위해서 퍼지 소속 함수로 정의한다. 정의된 퍼지 소속 함수들은 항행 전문가들의 도메인 지식을 참고 하였다.

```

for(navigation_risk)
  ang = navigation_risk->angle
  dis = navigation_risk->distance
  dep = navigation_risk->Depth
  if(Within_Limit(ang, 15, 30)
    d = square(m-dis);
    RelEN += sqrt(dep * d);
  
```

그림 5. 'RelEN' 계산 알고리즘
Fig. 5. Algorithm for 'RelEN'

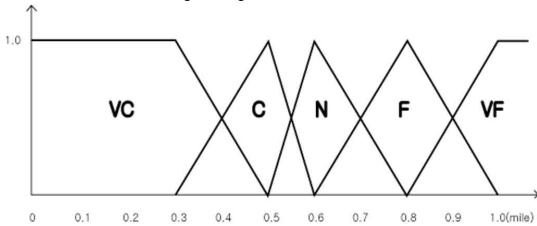


그림 6. 'DCPA' 퍼지 소속 함수
Fig. 6. Fuzzy membership function of 'DCPA'

그림 6은 DCPA 데이터에 대한 소속 함수이며, 퍼지 소속 함수의 각 요소의 기울기가 제각각인 것은 이론적으로 계산된 수치가 아닌 여러 항행 전문가의 의견을 수렴하여 평균을 낸 수치이기 때문이다. 단 여기에서 VC는 Very Close를 C는 Close를 N은 Normal을 F는 Far를 VF는 Very Far를 의미한다.

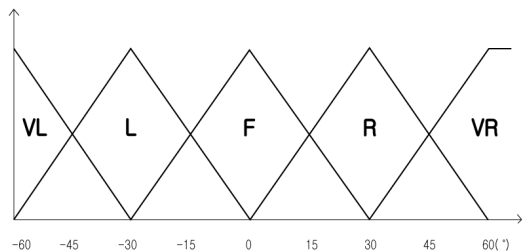


그림 7. 'EPA' 퍼지 소속 함수
Fig. 7. Fuzzy membership function of 'EPA'

그림 7은 EPA 데이터에 대한 소속 함수이다. 이 요소는 자 선박 기준의 상대 선박의 위치를 나타내기 위한 데이터이기 때문에 일반적인 퍼지 소속 함수의 모양을 취한다. 단 여기에서 VL은 Very Left를 L은 Left를 F는 Front를 R은 Right를 VR은 Very Right를 의미한다.

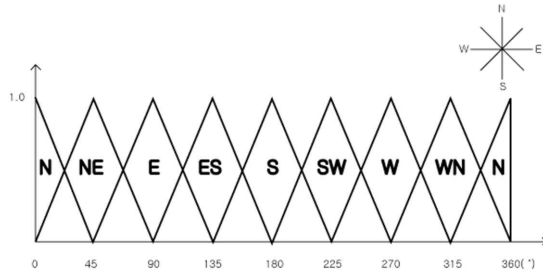


그림 8. 'EDA' 퍼지 소속 함수
Fig. 8. Fuzzy membership function of 'EDA'

그림 8은 EDA 데이터에 대한 소속 함수이다. 그림에서 보이듯이 타 객체가 움직일 수 있는 모든 방향이 고려되어있는 형태이다. 단 여기에서 N은 North를 S는 South를 E는 East를 W는 West를 의미한다. 합성된 NE, SW등은 위 단어들의 사이 방향을 의미한다.

나머지 입력데이터에 대한 소속 함수들을 모두 소개하기엔 양이 너무 많고 그 모양도 소개된 요소들과 다르지 않으므로 생략한다.

2. 퍼지 출력 데이터 정의

표 3. 입력 데이터와 출력 데이터 간의 관계 테이블
Table 3. Relation table between input and output

단위모듈	입력 데이터	결과 데이터	의미
Fuzzy_distance	DCPA, %DCPA	Distance_Risk	거리상 충돌 가능성
Fuzzy_appTime	TCPA, %TCPA	Time_Risk	시간상 충돌 가능성
Fuzzy_angle	EPA, EDA, Distance	Avoid_Angle	타객체의 이동 방향 판단
Fuzzy_navLeft	RelWN, RelNW	Nav_Left_Risk	좌측방향 해역 위험도
Fuzzy_navRight	RelEN, RelNE	Nav_Right_Risk	우측방향 해역 위험도
Fuzzy_crash	Distance_Risk, Time_Risk	Collision_Risk	개체와의 충돌 가능성
Fuzzy_good Avoidance	Nav_Left_Risk, Nav_Right_Risk, Avoid_Angle	Good_Avoid Course	자선박 회피 가능 항로

퍼지 출력은 설계된 전문가 시스템에서 한 개씩 총 일곱 개가 정의되며 상황 인지부에 해당되는 Fuzzy_distance, Fuzzy_appTime, Fuzzy_angle, Fuzzy_navLeft, Fuzzy_

navRight 전문가 시스템의 출력 값은 상황 예측부에 해당되는 Fuzzy_crash, Fuzzy_goodAvoidance 전문가 시스템의 입력 값이 된다. 표 3은 입력 데이터와 출력 데이터 간의 관계를 나타낸 테이블이다.

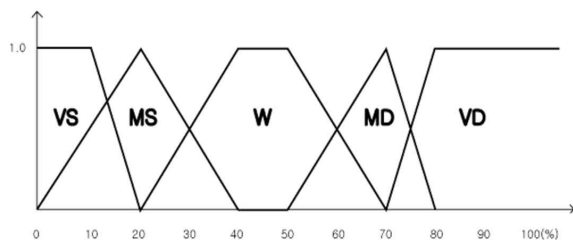


그림 9. 'Collision Risk' 퍼지 소속 함수
Fig. 9. Fuzzy membership function of 'Collision Risk'

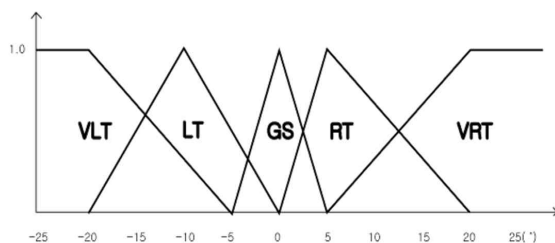


그림 10. 'Good_AvoidCourse' 퍼지 소속 함수
Fig. 10. Fuzzy membership function of 'Good_AvoidCourse'

그림 9는 본선과 타 개체간의 충돌 위험도에 대한 소속 함수이다. 단, VS는 Very Safety를 MS는 Maybe Safety를 W는 Warning을 MD는 Maybe Danger를 VD는 Very Danger를 의미한다.

그림 10은 추천 변경 항로에 대한 소속 함수이다. 여기에서 RT가 LT보다 항로변경에 보다 많은 영향을 끼치는 모습을 보이는데 이는 우회회피가 우선시 되도록 하는 역할을 한다. 단, VTL은 Very Turn Left를 TL은 Turn Left를 GS는 Go Straight를 TR은 Turn Right를 VTR은 Very Turn Right를 의미한다.

3.1절과 마찬가지로 나머지 퍼지 결과에 대한 소속 함수의 소개는 생략한다.

3. 퍼지 추론을 위한 퍼지 규칙 정의

퍼지 추론을 위해서는 입력 소속 함수와 출력 소속 함수간의 관계가 정의된 지식베이스가 설계되어야 한다. 그림 11, 12는 충돌 위험도 전문가 시스템과 추천 변경 항로 전문가 시스템의 지식 베이스의 일부이고, 규칙 집합은 각 전문가 시스템의 개수만큼 존재한다.

No 1. IF fuz_distance is Low Risk
Then Collision Risk is Very Safety
⋮
No 11. IF fuz_distance is Common Risk
And fuz_apptime is High Risk
Then Collision Risk is Warning
⋮
No 17. IF fuz_distance is High Risk
And fuz_apptime is Low Risk
Then Collision Risk is Warning
⋮
No 21. IF fuz_distance is High Risk
And fuz_apptime is High Risk
Then Collision Risk is Very Danger

그림 11. 'Fuzzy_crash' 지식베이스
Fig. 11. Rule base of 'Fuzzy_crash'

No 1. IF nav_Left is Very Safety
And nav_Right is Very Safety
Then GAC is avoid_angle
⋮
No 10. IF nav_Left is Very Safety
And nav_Right is Danger
And avoid_angle is Right Turn
Then GAC is Go Straight
⋮
No 47. IF nav_Left is Danger
And nav_Right is Danger
And avoid_angle is Very Left Turn
Then GAC is Left Turn
⋮
No 72. IF nav_Left is Very Danger
And nav_Right is Very Danger
Then GAC is Go Straight

그림 12. 'Fuzzy_goodAvoidance' 지식 베이스
Fig. 12. Rule base of 'Fuzzy_goodAvoidance'

퍼지 추론은 퍼지화와 추론, 그리고 비퍼지화 단계 순서로 이루어진다. 퍼지화 단계란 crisp 입력 값을 받아 그 입력 값의 모호한 정도를 수치로 나타내는 작업을 뜻한다. 예를 들어 그림 6. 'DCPA' 소속 함수에 crisp 입력 값 0.4를 입력한다면 그 값은 Very Close(0.5), Close(0.5) 두 부분에 해당한다. 퍼지화 단계에서 crisp 입력 값은 여러 값에 걸쳐 애매하게 판단될 수 있다. 그 후 지식 베이스를 이용해 퍼지화된 입력 값들과 지식 베이스내 규칙과의 매칭을 통해 결과를 추론하고, 마지막으로 비퍼지화 단계는 추론된 출력 퍼지 값에서 crisp 출력 값을 도출해내는 작업을 말한다. 퍼지 추론 기법에는 Mandani 방식과 Sugeno 방식이 많이 활용되는데, 그 중 우리는 Mandani 방식을 이용한다[13].

IV. 구현 및 검증

이 장에서는 3장에서 설계된 다중 퍼지 전문가 시스템을 구현하고 그 결과의 검증을 위해 두 가지 항행 상황 시나리오에서의 수행 결과를 보이고, 기존 여구와의 비교분석을 한다.

1. 시나리오 가정

항행 상황 시나리오는 서해안 항로지와 해상교통 환경 평가 연구 용역을 참고[16, 17]하여 항로의 폭이 좁고 조류속도가 빠르며 통항량이 많아 해양사고 발생이 잦은 장죽수도 지역에서 항행 상황과 가상의 연안 항행 상황을 가정하였다.

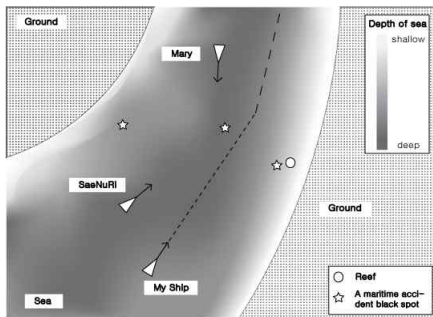


그림 13. 가상 해역의 항행 시나리오
Fig. 13. Navigation scenario in imaginary sea zone

그림 13, 14에서 보이는 것과 같이, 두 개의 선박에 의해 위험한 항행 상황을 가정하였으며 본선이 항로(점선)를 따라 계속해서 항행 시엔 두 선박에 의해 위험사태에 처하게 된다. 편의상 이후로 가상의 연안 항행 상황 시나리오를 시나리오 1이라고 하고, 장죽수도의 항행 상황 시나리오를 시나리오 2라고 한다.



그림 14. 장죽수도에서의 시나리오
Fig. 14. Navigation scenario in 'Jang-juk Sudo'

2. 시나리오별 실행 결과

시스템의 구현은 마이크로소프트사의 Visual Studio 6.0과 Mysql사의 mysql을 사용했으며 실행은 마이크로소프트사의 Windows XP에서 수행되었다. 시나리오 1에 대한 구현 결과는 그림 15, 16과 같고, 시나리오 2에 대한 구현 결과는 그림 17, 18과 같다.

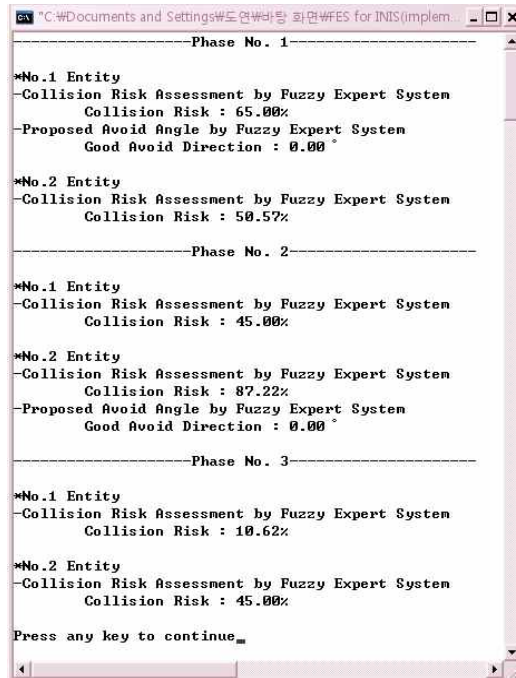


그림 15. 시나리오1에서의 실행 결과
Fig. 15. Execution result of scenario 1

그림 15에서 phase 1부터 phase 3까지는 시간의 경과를 말하고, 그 아래에 각 개체에 대한 충돌 위험도와 회피 추천 각도가 나타나있다. 예를 들어 phase 1일 때 No.1 개체(SaeNuRi 선박)는 본선과 충돌 위험도가 65%이고 이는 경고 상황을 뜻한다. 하지만 시스템은 8DCPA와 8TCPA를 판단한 결과 1번 개체가 변침 중이라는 판단을 하여 항해사에게 항로의 유지를 권유한다. 그리고 No.2 개체(Mary 선박)는 본선과 충돌 위험도가 50.57%이기 때문에 변침에 대한 고려를 하지 않는다. 그리고 phase 2에서 No.2 개체의 충돌 위험도가 87.22%에 달하며 이는 매우 위험한 수치이다. 하지만 No.2 개체의 8DCPA와 8TCPA를 판단한 결과 No.2 개체 역시 변침 중이라는 계산을 하게 되어 항해사에게 항로를 유지하라는 권유를 하게 된다. 마지막 phase 3에서는 모든 개체가 본선에게 영향을 미치지 않는 판단 결과를 보인다.

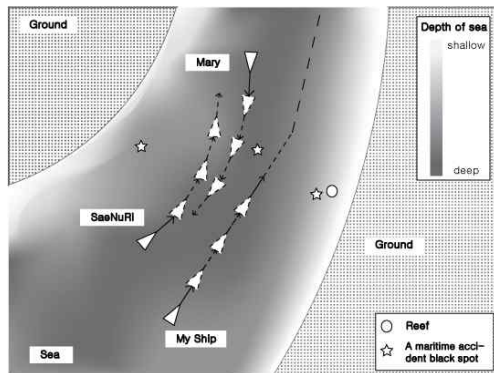


그림 16. 시각화한 시나리오 1에 대한 실행 결과
Fig. 16. Visualization of the execution result in scenario 1

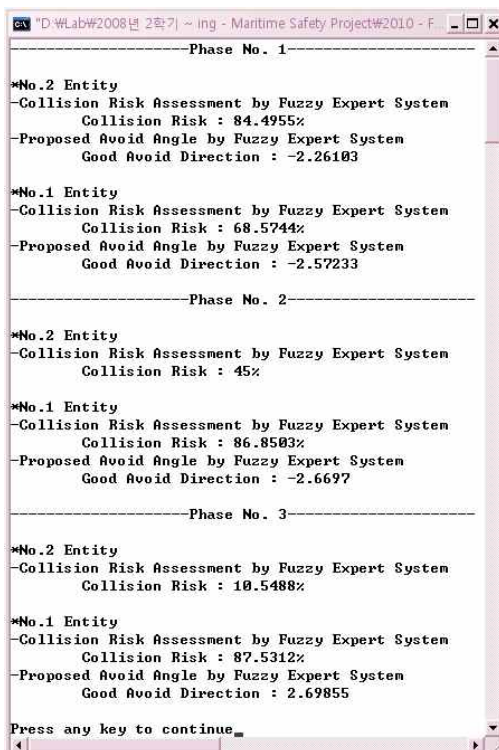


그림 17. 시나리오2에서의 실행 결과
Fig. 17. Execution result of scenario 2

그림 16은 그림 15의 실행 결과를 시각화하여 나타낸 것이다. 본선은 선박에서 얻는 다양한 정보들을 융합한 결과로 위험 상황에서도 상대 선박이 변침 중임을 판단하여 불필요한 회피 동작을 수행하지 않고 항로를 계속 유지하여 위험 상황을 벗어나는 모습을 보인다.

그림 17에서 phase 1일 때 No.2 개체 (선박 2)는 본선과 충돌

돌 위험도가 84.49%에 달하며 이는 매우 위험한 상태를 뜻한다. 그래서 시스템은 항해사에게 좌현방향 2.26도로 변침을 권유한다. 그리고 No.1 개체 (선박 1) 역시 본선과 충돌 위험도가 68.57%로 높기 때문에 항해사에게 좌현 방향 2.57도로 변침하길 권유한다. 그리고 phase 3에서 No.2 개체의 충돌 위험도는 10.5%이며 이는 매우 안전한 수치이므로 무시하게 된다. 하지만 본선과 No.1 개체의 충돌위험도는 아직 87.53%로 높으므로 충돌 회피 각도를 계산하게 되는데, 이미 다음 phase에선 No.2 선박과 비켜 지나가므로 위험 상황에서 벗어나는 것을 예측하여 원래 항로로 복귀하는 우현방향 변침 각도를 항해사에게 권유하게 된다.



그림 18. 시각화한 시나리오 2에 대한 실행 결과
Fig. 18. Visualization of the execution result in scenario 2

그림 18은 그림 17의 실행 결과를 시각화하여 나타낸 것으로서 두 선박을 좌현 방향으로 크게 돌아 회피하게 되는 항로를 보인다. 일반적으로 항행 상황에서는 우현회피가 최우선 권고 사항이지만, 시나리오 2에서 항로로 계속 진행 후 우현회피 시 타 선박과 항로가 겹치게 되며 저 수심 지역으로 진입하는 위험상황에 처할 수 있다. 그리고 위험상황을 인지하여 회피 운동을 시작하는 시간이 두 선박과 조우하기 한참 이전이기 때문에 미리 회피하여 위험상황을 미연에 방지 하는 것이 보다 안전한 항행상황을 만들 수 있다.

3. CF 전문가 시스템 결과와의 비교분석

CF 전문가 시스템과 퍼지 전문가 시스템의 비교를 위해서 앞에서 제안한 시나리오 2는 이전 연구에서 제안했던 동일한 시나리오를 활용하였다.

<상황 인지 결과 >	
의견 S3, 확신도 0.845	
의견 S4, 확신도 0.65	
의견 S6, 확신도 0.5	
<상황 예측 결과 >	
의견 S3-1, 확신도 : 0.832	[**]
위험 상황, 항로 유지 권장, 2, 3번 개체와 통신 필요함	
의견 S3-3, 확신도 : 0.864	[**]
위험 상황, 좌현 회피 권장, 2, 3번 개체와 통신 필요함	
의견 S3-6, 확신도 : 0.912	[***]
경고 상황, 우현 주시, 2, 3번 개체 감시 권장	
의견 S4-1, 확신도 : 0.895	[**]
개체 2, 3번 간 "추월 상황"가(이) 존재	
의견 S6-1, 확신도 : 0.8	[**]
항로 우현 방향 위험요소가 많음	

그림 19. CF전문가 시스템에서의 실행 결과
Fig. 19. Execution result of scenario 2 using CF expert system

그림 19는 시나리오 2에서 CF전문가 시스템에 의한 구현 결과[12]이다. CF전문가 시스템은 입력데이터를 이용하여 정해진 여러 규칙들 중 적절한 규칙의 확신도를 올리며 반대되는 의견의 확신도를 낮추는 방식을 취한다. 그림 19에서 CF전문가 시스템은 '항로를 계속 유지하기 바람' 2,3번 개체와 통신이 필요하다'는 의견과 '좌현으로 회피하면서 2,3번 개체와 통신이 필요하다'는 의견을 선택했다. 그 결과에서 보듯이 CF 전문가 시스템은 '광석 판별 시스템'이나 '병명 판별 시스템' 같이 여러 가지 결과 중 하나의 딱 떨어지는 값을 판별하기엔 좋은 시스템이지만 '좌현 어느 정도의 각도로 회피하는지' 같은 고려나 '타 선박과 본선의 충돌확률이 어느 정도 인지' 같은 애매한 고려가 어려운 시스템이다. 반면에 그림 15, 17에서 보듯이 퍼지 전문가 시스템은 선박의 회피 각도요소와 같이 상황에 따라 애매하게 판단되는 결과의 고려가 용이하다.

V. 결 론

이 연구에서는 정보 융합을 위한 여러 추론 기술들 중에서 퍼지 전문가 시스템을 이용해 '상황인지' 단계와 '상황예측' 단계의 항행 정보 융합 방법을 제안하고, 해당 내용을 설계 및 구현했으며, 제한된 시나리오에서의 그 실행 결과와 분석 결과를 보임으로써 항행 정보 융합 시스템에 퍼지 전문가 시스템을 활용하는 것의 타당성을 보였다.

구현 결과는 전문가의 의견을 더욱 보완할 경우 ECDIS 등 현재 선박에 설치되어있는 기존 장비를 지능화 시킬 수 있는

요소 기술로 활용될 수 있으며, 보다 나은 안전 항행을 위한 시스템으로 개선시킬 수 있을 것으로 기대한다.

추후에는 이 연구에서 고려되지 않은 '행동계획' 단계에 필요한 정보 융합 기술에 대한 연구와 퍼지 추론 규칙을 동적으로 생성할 수 있는 뉴로-퍼지 기법을 적용한 연구가 진행될 예정이다.

참고문헌

- [1] 양원재, 금중수, "항해사의 피로도 평가모델에 관한 연구," 해양환경안전학회, 춘계학술대회, 1-6쪽, 2006년.
- [2] 강일권, 김형석, 김민석, 김정창, 이아름, "72국제해상충돌방지규칙을 고려한 충돌위험도 결정 시스템," 한국어업기술학회논문지, 제 45권, 제 2호, 106-113쪽, 2009년.
- [3] 안진형, "뉴로-퍼지 기법을 이용한 선박의 충돌 회피에 관한 연구," 서울대학교 대학원, 2005년.
- [4] T. Neumann, "Multisensor Data Fusion in the decision process on the bridge of the vessel," Gdynia Maritime University, Gdynia, Poland, 2007.
- [5] Park GK, JLR Benedictos, CS Lee, MH Wang, "Ontology-Based Fuzzy-CBR Support System for Ship's Collision Avoidance," Machine Learning and Cybernetics, pp 1845-1849, 2007.
- [6] 한상훈, 하덕주, 최중후, "데이터 퓨전: 개념, 문제, 대안," 한국통계학회, 추계학술대회 논문집, 2004년.
- [7] Luo R.C. Ying Chih Chou Chen, O. "Multisensor Fusion and Integration: Algorithms, Applications, and Future Research Directions," Mechatronics and Automation, ICMA2007, 2007
- [8] Steinberg AN, White FE, Bowman CL, "Revisions to the JDL Data Fusion Model," Dtic.mil, 1999
- [9] 박성원, 권지웅, 최진영, "데이터 퓨전을 이용한 얼굴영상 인식 및 인증에 관한 연구," 한국지능시스템학회, 302~306쪽, 2001년.
- [10] 이동혁, 이경무, 이상욱, "광학 영상과 Lidar 의 정보 융합에 의한 신뢰성 있는 구조물 검출," 방송공학학회논문지, 2008년.
- [11] Hunn BP, "The Human Factors of Sensor Fusion," arl.army.mil, 2008
- [12] 김도연, 조대운, 이미라, 박계각, "정보융합 기술 기반의 지능형 항행안전정보 시스템," 한국지능시스템학회, 제

- 20권, 제 2호, 226쪽, 2010년
- [13] Negnevitsky Michael, "Artificial Intelligence Second edition- A Guide to Intelligent System," Addison-Wesley, 2005
- [14] 정상준, 허용관, 조한무, 김종진, 최슬기, "퍼지이론과 베이저안 갱신 기반의 과거 주행정보를 이용한 차량항법 장치의 교통상황 예측과 최적경로 계획," 한국컴퓨터정보학회논문지, 제 14권, 제 11호, 159-167쪽, 2009년 11월.
- [15] 우영운, 이수종, 김광백, "동적 퍼지 추론에 의한 방류량 조절 가능 댐 수문 제어", 한국컴퓨터정보학회논문지, 제 13권, 제 7호, 75-82쪽, 2008년 12월.
- [16] 국립해양조사원, "서해안 항로지," 해양수산부, 2006년.
- [17] 박성현 외, "연안 통항로 해상교통 환경 평가 연구 요약," 국토해양부, 2008년.

저 자 소 개



김도연

2009년: 목포해양대학교 소프트웨어과
학사

2009년~현재: 목포해양대학교 해양
전자통신공학부 석사
과정

관심분야: 해양 안전, 시뮬레이션,
정보 융합



이미라

1998년: 성균관대학교 정보공학과
학사

2000년: 성균관대학교 전기전자 및
컴퓨터공학과 석사

2005년: 성균관대학교 전기전자 및
컴퓨터공학과 박사

2005년~현재: 목포해양대학교 해양
전자통신공학부 조교수

관심분야: 해양 정보 시스템, 인공지능,
이산사건 시스템 모델링