

블랙보드를 이용한 지능형 항행 안전 정보 시스템

Intelligent Navigation Safety Information System using Blackboard

김도연* · 이미라**

Do-yeon Kim* and Mira Yi**

* 목포해양대학교 해상운송시스템학과

** 목포해양대학교 해양전자통신학부

요 약

대부분의 해양 사고는 인적 요인에 의해 발생하며, 항행 전문가들은 그 문제의 해결을 위해 인적 요인의 영향을 받지 않는 항행 지원 시스템을 요구하였다. 항행을 지원하기 위한 인공지능 기술 중에서 전문가 시스템은 전문가의 지식이나 경험들을 이용한 지식베이스와 그 추론 엔진의 구현을 통해 기계가 해당 분야의 전문가 역할을 대신할 수 있는 중요한 기법이다. 현실세계에서 복잡한 상황에 대한 정확한 판단을 하기 위해서는 여러 분야의 전문가에 의한 종합적인 판단이 필요하며, 특히, 그러한 판단은 여러 위험요소가 잠재되어 있는 항행상황에서 더욱 중요하다. 이 논문에서는 블랙보드 시스템을 이용하여 다양한 전문가 시스템으로부터 얻은 항행 안전 지식의 융합 방법을 제안하고, 테스트 시스템을 설계 및 구현하여 제안하는 방법의 타당성을 보인다.

키워드 : 블랙보드 시스템, 지능형 항행 정보 시스템, 정보 융합, 전문가 시스템, 퍼지 이론

Abstract

The majority of maritime accidents happened by human factor. For that reason, navigation experts want to an intelligent support system for navigation safety, without officer involvement. The expert system which is one of artificial intelligence skills for navigation support is an important tool that a machine can substitute for an expert through the design of a knowledge base and inference engine using the experience or knowledge of an expert. Further, in the real world, a complex situation requires synthetic estimation with the input of experts in various fields for the correct estimation of the situation, not any one expert. In particular, synthetic estimation is more important for navigation situations than in other cases, because of diverse potential threats. This paper presents the method of knowledge fusion pertaining to navigation safety knowledge from various expert systems, using a blackboard system. Then we will show the validity of the method via a design and implementation of test system effort.

Key Words : Blackboard system, Intelligent navigation safety information system, Information fusion, Expert system, Fuzzy theory

1. 서 론

선박의 함교 내에는 여러 가지 항행 안전 장비가 설치되어 있고, 항해사는 그 장비들로부터의 정보들을 분석해 현재 항행 안전 상황을 인지 및 예측한다. 이 때문에 선박의 항행 안전상황은 오직 항해사의 경험 및 지식에 의존하며, 이러한 상황은 항해사의 피로나 시계의 악화 등 선박 주변 환경 요인에 따라서 항행 상황에 심각한 위험을 가져올 수 있다[1].

과거부터 지금까지 발생한 해양 사고의 대부분은 인적 요인에 의한 사고 및 선박 자체 능력(조타율, 키 반응시간, 선박 정지거리 등)의 한계이다[2]. 해양사고의 주요 원인 중

하나인 선박 자체 능력의 한계는 조선 기술의 향상으로 인하여 과거에 비해 전체 해양 사고에서 차지하는 비율이 계속해서 감소하고 있다. 하지만 또 하나의 큰 원인인 인적 요인에 의한 사고는 항해사의 근무 환경이 과거에 비해 나아졌음에도 불구하고 과한 업무에 의한 피로 누적 및 기상 악화에 따른 시계의 제한에 의해 계속해서 발생하고 있고 [3], 이 때문에 인적 요인에 의해 발생하는 사고를 줄이기 위해 사람이 아닌 형태로 항해사의 의사결정을 돕는 기술이 계속해서 제안되어 왔다[4-7].

항해사의 의사 결정을 도와 항행 상황을 보조하는 기술은 사람의 의사 결정을 흉내 낼 수 있는 여러 인공지능 기술들을 이용해 제안되고 있으며, 이전 연구에서는 다양한 항행 장비의 정보 융합을 통한 항행 안전 정보 시스템의 개념모델을 제안한 바 있다[8]. 정보 융합이란 수집된 여러 정보들로부터 현재의 상황을 인지 및 예측하는 기술을 의미하며, 전문가 시스템, 퍼지 기술, 블랙보드 시스템 등 여러 인공지능 기술들이 이용된다[9-12].

접수일자 : 2011년 2월 15일

완료일자 : 2011년 6월 5일

이 연구는 국토해양부 소관 연구개발사업의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

인공지능의 여러 기술 중 전문가 시스템은 전문가의 지식이나 경험들을 이용한 지식베이스와 추론 엔진의 구축을 통해 기계가 전문가의 역할을 대신할 수 있도록 하는 기법이며[13], 다른 인공지능 기술과 결합하여 퍼지 전문가 시스템, 뉴로-퍼지 전문가 시스템 등의 형태로 존재하기도 한다 [14]. 전문가 시스템은 해당 도메인의 전문가를 대신 할 수 있는 기술이지만, 현실세계에서는 어떤 상황에 대한 정확한 판단을 위해서 단일 전문가가 아닌 다양한 분야의 전문가에 의한 종합적인 판단이 필요하다. 특히, 여러 위험 요소가 복합적으로 잠재되어 있는 항행 분야가 다른 분야에 비해 더욱 중요하다. 하지만 여러 전문가에 의한 무분별한 판단은 해결하려는 문제를 오히려 더욱 복잡하게 만들 수 있다. 이러한 이유 때문에 전문가들 간의 지식을 중재할 수 있는 시스템이 필요하며 그와 같은 문제는 분산 인공지능 기술을 이용하여 해결할 수 있다.

분산 인공지능의 한 기술인 블랙보드 시스템은 여러 전문가 시스템들을 포함할 수 있으며, 전문가 시스템 간의 규칙을 정의할 수 있다. 각 전문가는 공유되는 칠판에 자신의 의견을 적고 블랙보드 시스템은 칠판에 적혀 있는 전문가의 의견들을 판단해 가장 적절한 의견을 선택한다[15]. 이러한 분산 인공지능 기술을 이용하여 여러 분야의 항행 전문가로부터 얻은 다양한 정보를 일련의 규칙에 따라서 처리할 수 있다면, 기존 단일 전문가에 의한 항행 상황 판단보다 객관적이고 복합적인 고려가 가능할 것이다.

이 논문에서는 다양한 전문가 시스템으로부터 얻은 항행 안전 지식을 블랙보드 시스템을 이용하여 융합하는 방법을 제안하고, 테스트 시스템을 설계 및 구현하여 제안하는 방법의 타당성을 보일 것이다.

2. 관련 연구

이 장에서는 이전에 제안한 바 있는 지능형 항행 안전 정보 시스템과 퍼지 전문가 시스템을 이용한 환경 위험도 평가 시스템, 그리고 이 연구의 기술적 배경이 되는 블랙보드 구조에 대해 간략하게 소개한다.

2.1 지능형 항행 안전 정보 시스템

지능형 항행 안전 정보 시스템(INIS : intelligent navigation safety information system)은 정보 융합 기술을 기반으로 설계되었으며 그 구조는 그림 1과 같다.

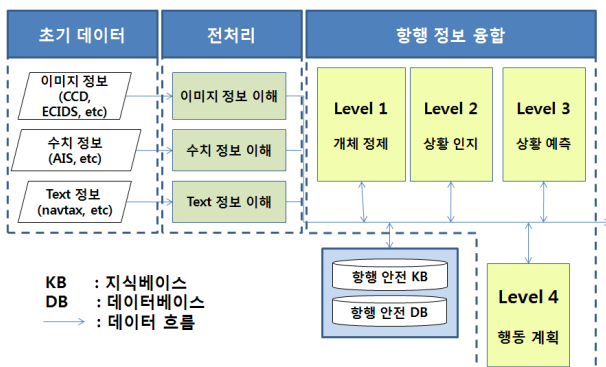


그림 1. 지능형 항행 안전정보 시스템의 구조.

Fig. 1. Structure of the INIS based on information fusion.

이 시스템은 크게 초기 데이터, 전처리, 항행 정보 융합 단계로 이루어지며, 실질적인 정보 융합은 마지막 항행 정보 융합 모듈에서 이루어진다.

초기 데이터 단계는 각각의 장치가 센서, 무선통신, 위성 등 여러 수단을 이용하여 현재 상황에 대한 정보를 수집하는 과정이다. 이 계층에서 각 장치로부터 얻는 데이터는 가공되어 있지 않은 초기 단계의 아날로그 정보를 포함한다.

전처리 단계는 초기 데이터들을 해석한다. 즉, 항행 정보 융합 모듈이 이해 할 수 있도록 데이터의 특징을 추출하여 텍스트, 수치 형태로 가공한 후, 항행 정보 융합 계층으로 전달하는 작업을 수행한다.

항행 정보 융합 단계는 전처리 되어 있는 데이터들을 해석하여 현재의 상황을 인지하고, 인지된 상황들을 분석해 가까운 시점의 상황을 예측할 수 있다. 1 레벨은 데이터 (data) 단위의 융합이 이루어지며 전처리 되어 있는 데이터들을 분석하여 개체를 분류하고, 의미 없는 정보를 걸러낸다. 2 레벨은 정보(information) 단위의 융합이 이루어지며, 1 레벨에서 판단된 개체들 간의 관계를 정의한다. 개체들 간의 관계란 본선과 타 개체 간의 관계(본선에게 영향을 미치는 모든 요소), 타 개체들 간의 관계를 의미한다. 3 레벨은 지식(knowledge) 단위의 융합이 이루어지며, 1 레벨에서 판단된 개체에 대한 정보와 2 레벨에서 판단된 개체 간 현재의 인지 결과를 가지고 해당 개체가 항행 중인 본선에 앞으로 끼칠 영향을 예측한다. 보다 정확한 예측과 상황 판단을 위해 여러 단일 전문가 시스템이 필요하며, 이 시스템들의 상위 시스템으로 분산 인공지능 기법과 시뮬레이션 기법이 이용된다. 각 단일 전문가 시스템에서 도출한 예측값은 하나의 의견이 되어 분산 인공지능 기술은 여러 의견들 중 가장 신뢰할 수 있는 결과 값을 선택하게 된다. 4 레벨은 3 레벨의 본선의 위험도 예측 결과를 판단해 앞으로 사용자가 위험 상황을 회피하기 위해 해야 할 행동을 계획한다. 4 레벨의 구현을 위해 인공 지능 계획(A.I planning) 기법이 이용되고, 이 단계의 결과로써 지능형 항행 안전 정보 시스템을 사용하는 항해사는 본선이 앞으로 취해야 할 행동을 조언받는다.

2.2 퍼지 전문가 시스템을 이용한 환경 위험도 평가 시스템

이전 연구에서 항행 중인 선박에서 안전 항행을 위한 주변 환경 요소에 대한 고려 필요성을 보였으며, 그 고려를 위한 환경 위험도 평가 시스템의 개념모델과 그 개념모델의 테스트 구현결과를 보인 바 있다[8]. 주변 환경 요소란 선박의 항행에 직·간접적으로 영향을 미치는 수심, 해상 장애물, 항로 폭, 어로구역, 조류, 해양사고 발생 건수 등 실시간으로 얻을 수 있는 주변 상황에 대한 환경적인 요소들을 의미한다.

제안한 환경 위험도 평가 시스템의 개념적인 구조는 그림 2와 같으며, 그 구조는 크게 전처리 단계, 단위 위험도 평가 단계, 종합 위험도 평가 단계로 이루어진다.

전처리 단계는 센서 및 ECDIS (Electronic Chart Display and Information System), ARPA (Automatic Radar Plotting Aids) 레이다 등을 통해 얻어진 주변 환경에 대한 초기 정보들을 가공하여 환경 데이터베이스에 저장한다. 단위 위험도 평가 단계는 각 해류, 조류, 바람, 해상장애물, 저 수심 지역, 해양 사고 발생 구간 별 위험도 평가 결과를 계산하고, 그 후 종합 위험도 평가는 각 요소별 위험도를 종합적으로 판단하여 한 요소의 위험도가 나머지 다

른 요소들의 평균에 비하여 많은 차이를 가질 경우 가장 높은 위험도를 선택해 종합 위험도로 결정한다. 그렇지 않고 요소들의 위험도가 평이한 경우 가장 낮은 위험도를 가지는 하나의 요소를 제외하고 모두 더해 그 평균을 종합 위험도 수치로 결정하게 된다.

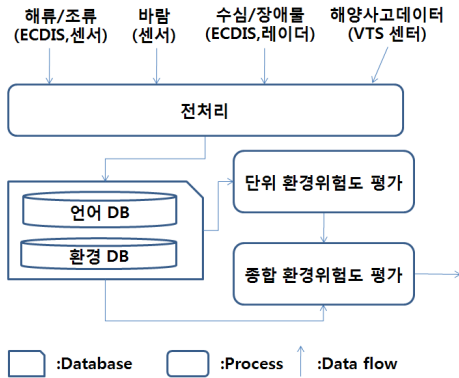


그림 2. 환경 위험도 평가 시스템의 개념 모델.
Fig. 2. The conceptual model of ERAN.

2.3 블랙보드 시스템

블랙보드 시스템은 여러 전문가가 칠판에 둘러앉아 자신의 의견을 칠판에 적고 중재자가 칠판에 적혀 있는 의견 중 현재 가장 적절한 의견을 선택하는 방식에서 제안되었으며, 초기에 제안된 블랙보드 시스템은 개념적인 모델로서 근원 지식(knowledge source)과 칠판(blackboard)을 포함하는 구조이다. 근원 지식이란 지식을 만드는 시스템을 의미하며 전문가 시스템, 신경망, 칼만 필터 등 여러 지능형 추론 기술들 중에서 해결하려는 도메인 문제의 해결에 적합한 기술을 포함하는 형태로 제안된다.

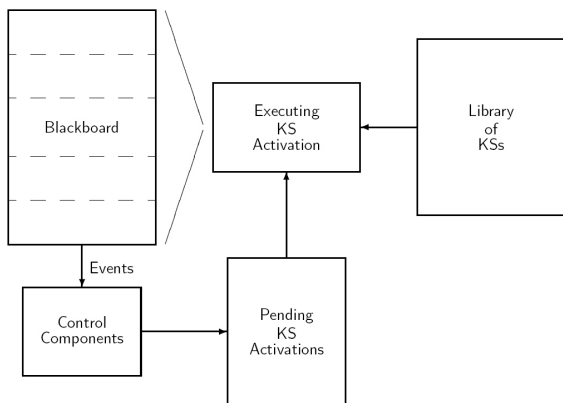


그림 3. 블랙보드 시스템의 기본 구조.
Fig. 3. Basic structure of a blackboard system.

그림 3은 초기에 제안된 블랙보드 시스템의 개념적인 구조를 보인다. 우측에 위치한 근원 지식들의 라이브러리(library of KSs)는 여러 근원 지식들을 포함하고 있으며, 각 근원 지식은 칠판(blackboard)에 자신들의 의견을 제안한다. 칠판에 새로운 의견이 제안되었을 때 새로운 이벤트가 발생하고, 블랙보드 시스템은 제안된 의견을 바로 선택할 수도 있으며, 다른 근원 지식의 의견을 기다릴 수도 있다. 블랙보드 시스템은 구현하는 방법에 따라서 블랙보드

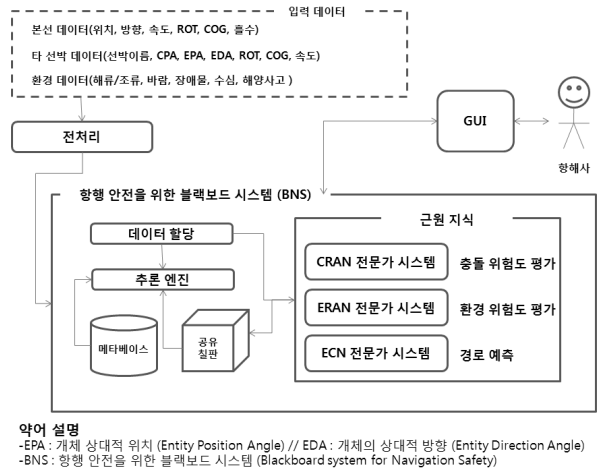
내 추론 엔진이 포함되지 않고 근원지식이 판단한 결과를 다른 근원 지식들이 판단 결과에 찬성, 반대 혹은 새로운 의견의 제시 등을 할 수 있는 형태로 제안될 수 있으며, 각 근원 지식 간의 의견 교환은 이루어지지 않고 근원 지식들로부터의 의견이 모두 칠판에 포스트된 후, 블랙보드 시스템이 직접 그 의견들을 결정할 수 있는 형태로 제안된다.

3. 항행 안전을 위한 블랙보드 시스템

이 장에서는 지식 융합을 기반으로 한 항행 안전을 위한 블랙보드 시스템(BNS : blackboard system for navigation safety)의 전체 개념 모듈과 핵심 모듈을 상세히 설계한다.

3.1 BNS 개념 모델

그림 4는 BNS 개념모델의 구조를 보이며, 크게 전처리 프로세스, GUI 프로세스, BNS 모듈을 포함한다.



약어 설명
-EPA : 개체 상대적 위치 (Entity Position Angle) // EDA : 개체의 상대적 방향 (Entity Direction Angle)
-BNS : 항행 안전을 위한 블랙보드 시스템 (Blackboard system for Navigation Safety)

그림 4. BNS의 개념적인 구조.
Fig. 4. Conceptual structure of BNS.

전처리 프로세스는 선박의 각종 장치에서 얻을 수 있는 초기 입력 데이터를 받아 BNS 모듈이 이해할 수 있는 정보로 가공하고, GUI 프로세스는 항해사가 이 시스템을 다루는데 필요한 몇몇 컨트롤 값을 제공한다. 마지막으로 실질적 정보 융합이 일어나는 BNS 모듈은 데이터 할당 프로세스, 추론 엔진 프로세스, 메타베이스, 공유 칠판, 그리고 근원 지식 모듈을 포함한다.

데이터 할당 프로세스는 전처리 프로세스를 거쳐 정제된 초기 입력 데이터를 받아서 근원 지식 내 각 전문가 시스템에게 분배하는 일을 수행한다. 각 전문가 시스템으로부터 계산된 모든 결과는 공유 칠판에 공유되며, 추론 엔진 프로세스는 사용자가 입력한 임계값을 기준으로 공유 칠판에 공유되어 있는 각 근원 지식들로부터의 정보들을 메타베이스의 규칙에 따라 추론하여 현재 상황에 대한 종합적인 인지 결과를 계산한다. 제안하는 BNS의 개념모델은 2장에서 소개한 INIS에서 정보 융합 단계의 상향 인지 단계의 대부분, 상황 예측 단계의 일부분을 포함한다.

3.2 근원 지식 모듈 설계

실제 항행 상황에서 항해사는 여러 항행 장비로부터 얻

은 정보들을 분석해서 환경 요소에 대한 고려와 다른 선박과의 CPA 판단을 통한 충돌 위험도 분석, 그리고 다른 선박의 예상 경로 예측 등 많은 판단을 수행한다. 그러한 항해사의 업무를 각각의 전문가 시스템으로 구현하여 보다 안전한 항행 상황을 만들기 위해서 근원 지식 모듈은 선박 충돌 위험도 평가 전문가 (CRAN : collision risk assessment for navigation)와 경로 예측 전문가 (ECN : estimation course for navigation), 그리고 주변 환경 위험도 평가 전문가 (ERAN : environmental risk assessment for navigation) 시스템을 포함한다.

3.2.1 충돌 위험도 평가 전문가 시스템

CRAN 전문가 시스템은 Unit_CRAN와 Total_CRAN 프로세스로 이루어져 있으며, 그 구조는 그림 5와 같다. CRAN 전문가 시스템은 본선과 타 선박간의 충돌 위험도를 계산하기 때문에 타 선박의 데이터가 요구된다.

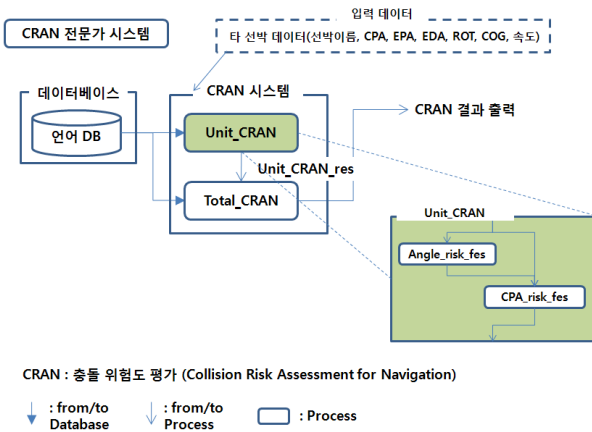


그림 5. CRAN 전문가 시스템의 구조.
Fig. 5. Structure of CRAN expert system.

Unit_CRAN 프로세스는 각도 위험도와 CRA 위험도 퍼지 전문가 시스템이 포함 되어 있다. 이 프로세스는 우선 타 선박의 EPA(개체의 상대적 위치 : entity position angle)와 EDA(개체의 상대적 각도 : entity direction angle)를 통해 대상 선박에 대한 각도 위험도를 판별한다.

충돌 위험도 평가 시스템에서 각도 위험도는 DCPA와 TCPA가 안전한 수치라 하더라도 각도 위험도가 일정 수치 이상일 경우 주의해야 할 대상일 수 있고, 장비 간 정보의 불일치로 인해 잘못된 정보가 포함되어 있을 수 있기 때문에 정확한 위험도 평가를 위해 필요하다. 이 때문에 퍼지 전문가 시스템을 이용하여 우선 각도 위험도를 판단한 후, DCPA(최 근접 거리 : Distance of the closest point of approach)와 TCPA(최 근접 시간 : Time to the closest point of approach)를 이용하여 다른 선박과 본선간의 충돌 위험도를 계산한다. 만약 두 퍼지 전문가 시스템의 의견이 다를 경우 CRAN 위험도 퍼지 전문가 시스템은 모든 충돌 위험도를 증가시킨다.

Unit_CRAN 프로세스에서 본선에게 영향을 미치는 모든 타 선박들과의 충돌 위험도를 계산한 후, Total_CRAN 프로세스는 Unit_CRAN 프로세스의 결과 중 가장 높은 위험도를 선택해 본선의 종합적인 위험도로 결정한다. 어떠한 선박의 충돌 위험도가 높다는 뜻은 가장 본선에게 영향을

많이 미치는 요소라는 의미를 지닌다. 충돌 위험도 평가 시스템은 기존에 제안된 다른 연구를 퍼지 추론을 위한 소속 함수들과 지식 베이스의 설계에 참고하였다[4][7].

3.2.2 경로 예측 전문가 시스템

ECN 전문가 시스템은 이동 중인 선박의 과거 변침 각도를 이용하여 단위 선박별로 현재 타 선박의 변침 여부와 변침 각도를 계산하는 Cal_Unit_ECEN 프로세스와 변침하는 각도가 본선에게 끼칠 영향을 예측하는 Cal_Course_Interference 프로세스로 이루어진다. 그 구조는 그림 6에서 보이고, 타 선박의 경로를 예측하기 위한 타 선박 데이터와 변화되는 경로에서 본선에 미치는 영향을 판단하기 위한 본선 데이터가 요구된다.

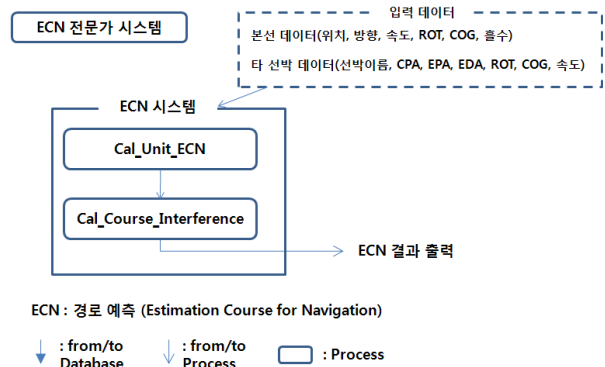


그림 6. ECN 전문가 시스템의 구조.
Fig. 6. Structure of ECN expert system.

Cal_Unit_ECEN 프로세스에서는 5~10초 간격의 타 선박의 이전 COG(대지 각도 : course of ground)를 감시한다. 그리고 COG의 변화량에 따라서 해당 선박이 현재 어느 정도의 각도로 변침 중인지 판단을 한다.

Cal_Course_Interference 프로세스는 본선을 포함한 모든 이동 중인 선박이 변침을 한 후의 변화되는 EDA에서 본선과 타 선박 간의 각도 위험도를 계산한다. 그 후 각도 위험도의 변화를 관찰하여 현재 상황의 각도 위험도보다 변침 후 각도 위험도가 같거나 감소할 경우 해당 선박의 변침이 본선에 영향을 미치지 않는다고 판단한다. 반대로 현재의 각도 위험도보다 변침 후 각도 위험도가 증가할 경우에는 해당 선박이 변침하는 각도가 본선에 영향을 미친다고 판단한다. 각도 위험도는 충돌 위험도 평가의 Unit_CRAN 프로세스에 사용되는 각도 위험도 평가 전문가 시스템을 이용한다.

3.2.3 환경 위험도 평가 전문가 시스템

ERAN 전문가 시스템은 구현을 위하여 2장에서 소개한 환경 위험도 평가 전문가 시스템의 개념 모델을 상세히 설계하였다.

2장에서 제안했던 개념모델에서 단위 위험도 평가 단계는 Unit_ERAN 프로세스로 대체되었고 종합 위험도 평가 단계는 Total_ERAN 프로세스로 대체되었다. 환경 위험도 평가 전문가 시스템의 구조는 그림 7과 같은데, Unit_ERAN 프로세스는 총 5개의 각 환경 요소별 퍼지 전문가 시스템이 병렬로 나열되어 있는 형태로 설계되었다.

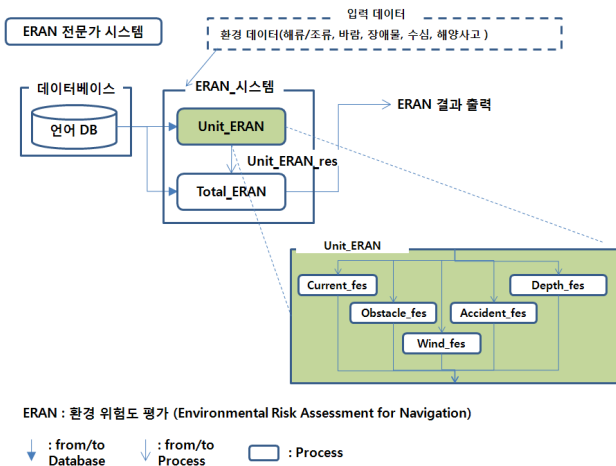


그림 7. ERAN 전문가 시스템의 구조.
Fig. 7. Structure of ERAN expert system.

초기에 제안한 종합 위험도 평가는 각 요소별 위험도를 판단하여 한 요소의 위험도가 나머지 다른 요소들의 위험도 평균의 제곱이 넘을 경우 가장 높은 위험도를 선택해 주변 환경의 종합적인 위험도로 선택한다고 2장에서 설명한 바 있으나, 타당성을 위해 Total_ERAN 프로세스에서의 종합 위험도 결정은 통계 분야에서 이용되는 표준편차를 이용하여 계산하도록 수정하였다.

종합 위험도를 계산하는 수정된 방법은 다음과 같다. 우선 Unit_ERAN 프로세스 결과들의 평균, 최댓값, 분산, 표준 편차를 구한다. 그 후, 구해진 표준 편차의 값이 일정 값 이상일 경우 어떠한 요소가 특별한 위험도를 지니고 있다고 판별하여 각 요소별 위험도에서 가장 높은 값을 종합 위험도로 결정하고, 그렇지 않을 경우 단순 평균값을 종합 위험도로 결정한다. 종합 위험도를 계산하기 위한 의사코드는 그림 8과 같다.

```

PROCEDURE AssessTotalEnvRisk(unit_Risks[n])
:BEGIN
for(i=0; i<n; i++) SumEnvRisk = SumEnvRisk + unitRisks[i];
maxRisk = max(unitRisks);
average = SumEnvRisk / n;

for(i=0; i<n; i++)
variance += (unitRisks[i] - average)²;
variance /= n;
deviation = sqrt(variance);
if(deviation > fitness_value)
TotalEnvRisk = maxRisk;
else
TotalEnvRisk = average;
:END
    
```

그림 8. Total_ERAN 프로세스의 의사 코드.
Fig. 8. Pseudo code of total risk assessment in ERAN.

3.3 공유 칠판 및 메타베이스 모듈 설계

공유 칠판(sharing board)은 개념적인 공간으로써 각 근원 지식들이 판단한 상황 인지 및 예측 결과를 3개의 리스트로 관리한다. 각 근원 지식은 다른 근원 지식의 정보에 접근할 수 없으며, 추론 엔진 모듈은 공유 칠판에 포스팅되어 있는 정보들을 이용해 종합적인 추론을 수행한다.

메타베이스(metabase)란 지식 베이스 상위의 지식이라는

개념으로 제안되었으며 지식 베이스들의 지식 베이스를 의미한다[14]. 이 논문에서는 근원 지식 내 각 전문가 시스템 간의 관계를 정의 해놓은 지식베이스를 의미하고, BNS를 위해 설계된 메타베이스를 표 1에서 보인다.

표 1에서 %는 변수를 의미하는데, 예를 들어 3번 규칙에서 본선의 진행 각도가 0도(%n)라고 가정했을 때, 충돌 위험도 평가의 결과로 'CRAN : Mary 선박(%othership) is 60(%n) and ECN : Mary 선박(%othership) is veering to ownship(%p)'일 경우엔 'Mary 선박(%othership) more danger'라는 출력을 가지게 된다. 규칙 4 ~ 6번의 'is not'은 충돌 위험도 평가의 경우 위험도가 40%이하일 때, 선박 경로 예측의 경우 본선에 영향 미치지 않을 때 선택된다. 규칙 1번은 타 선박의 변침이 존재하지 않고 충돌 위험도 평가의 결과가 본선에 영향을 미치는 상황을 의미하기 때문에 충돌 위험도 평가의 결과를 최종 충돌 위험도로 선택하는 상황을 의미한다.

표 1. 설계된 메타베이스.

Table 1. Designed metabase.

| No | IF | THEN |
|----|---|------------------------------|
| 1 | angle of ownship is %n and CRAN of %othership is %m and ECN none | CRAN |
| 2 | angle of ownship is %n and CRAN none and ECN none | safety |
| 3 | angle of ownship is %n and CRAN of %othership is %m and ECN of %othership is %p | %othership more danger |
| 4 | angle of ownship is %n and CRAN of %othership is %m and ECN of %othership is not %p | %othership less danger |
| 5 | angle of ownship is %n and CRAN of %othership is not %m and ECN of %othership is %p | careful %othership |
| 6 | angle of ownship is %n and CRAN of %othership is not %m and ECN of %othership is not %p | safety |

4. 항행 안전을 위한 블랙보드 시스템 구현 및 테스트

이 장에서는 3장에서 제안한 방법의 테스트 모델을 설계하고 구현한다. 또한 그 구현 결과의 검증을 위해서 두 개의 가정된 항행상황 시나리오에서 테스트 시스템 수행 결과를 보인다.

4.1 테스트를 위해 수정된 BNS 모델

테스트를 위한 BNS 모델은 3.1절에서 제안한 개념모델에서 전처리 프로세스가 실험 프레임(experimental frame) 모듈로 대체되어 설계된다. 실험 프레임 모듈은 항행 상황 생성기(generator) 프로세스와 결과 분석기(transducer) 프로세스를 포함한다. 항행 상황 생성기는 임의의 항행 상황을 생성하며, 결과 분석기는 항행 상황 생성기에서 만들어져 BNS 모듈로 입력된 항행 상황 데이터의 처리 시간 및 그 처리 결과를 분석한다. 실험 프레임은 테스트 시스템의

검증을 위해 추가되었으며, 나머지 모듈 및 프로세스는 기존 제안되었던 개념 모델과 동일하다. 테스트를 위해 수정된 BNS의 모델 구조는 그림 9와 같고, 항행 상황 생성기에서 생성되는 데이터의 상세 예시는 항행 상황 시나리오를 가정할 때 보인다.

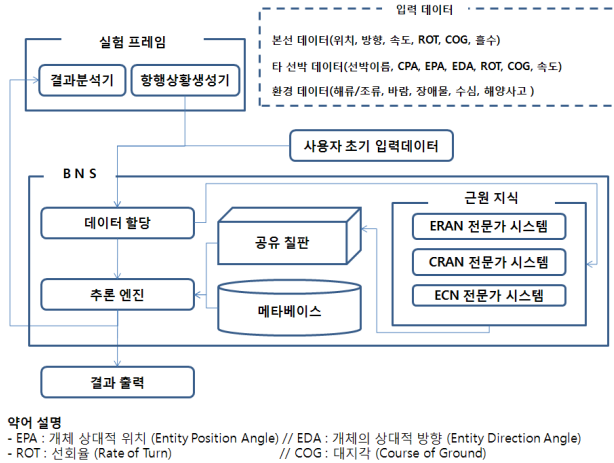


그림 9. 테스트를 위해 수정된 BNS 구조.
Fig. 9. Modification of the conceptual model for the test.

4.2 항행 상황 시나리오

이 연구에서는 테스트 시스템의 검증을 위해 두 개의 항행 상황 시나리오를 가정하였다. 두 시나리오 모두 연안 항행 상황에서 본선을 제외한 두 선박이 각각 다른 방향에서 본선의 항로를 향해 접근 중이며, 두 선박이나 본선이 방향을 바꾸지 않는 한 본선을 제외한 두 선박이 본선에게 위협이 되는 상황을 가정하였다. 점선으로 표시된 타 선박 모양은 과거 타 선박의 위치 및 항로 각도이다.

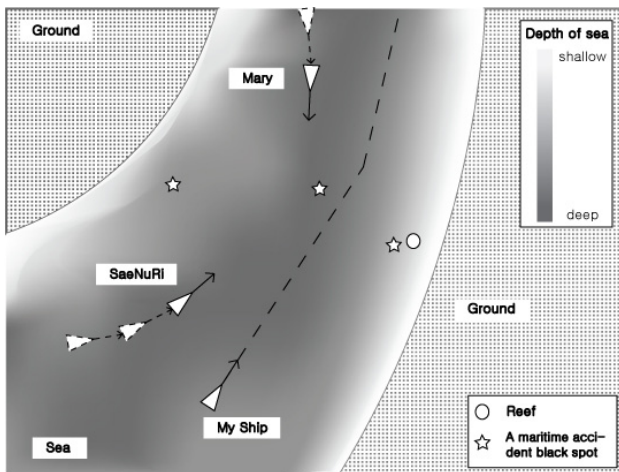


그림 10. 항행 상황 시나리오 1.
Fig. 10. The scenario 1 of navigation situation.

첫 번째 시나리오의 전처리 후 가정된 입력 데이터의 상세 내역의 일부를 표 2에서 보이며, 그 시나리오의 상황을 그림 10에서 보인다. 또한, 본선 인근 15km 이내에 별과 동그라미로 표시된 세 개의 해양사고 발생 지역과 본선 항로 우측 방향에 암초가 존재한다. 그리고 두 번째 시나리오의

가정된 입력 데이터 상세 내역의 일부는 표 3에서 보이고, 그림으로 표출한 두 번째 시나리오 상황은 그림 11에서 보인다. 가정된 입력 데이터는 실험 프레임 모듈의 항행 상황 생성기 프로세스로부터 출력된다.

표 2. 테스트를 위한 시나리오 1의 설정된 입력 값.
Table 2. Input of the scenario 1 for the test.

| Data | Detail |
|---------------------|---|
| Owner Ship | (POS : 0 , 0 / Direction : 0 , 0 / Speed:10nt/ROT:8°/COG:0°/ Draft:12,13m) |
| Other Ship | (ShipName:SaeNuRi/DCPA:0.1mile/TCPA:1080s/EPA:308.007°/EDA:15.687°/COG:15.687°/Speed:10nt) (ShipName:Mary/DCPA:0.2mile/TCPA:1120s/EPA:342.449°/EDA:147.867°/COG:147.867°/Speed:10nt) |
| Environmental Input | (Type:1/Time:20101102/Speed:2nt/EDA:10.779°) (Type:2/Time:20101102/Speed:8m/s/EDA:334.643°) : |

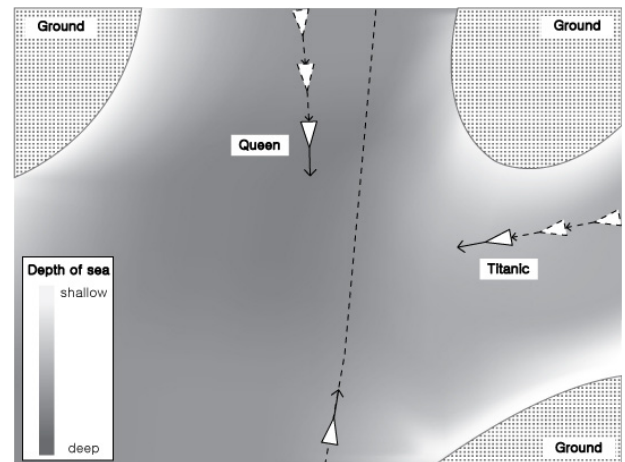


그림 11. 항행 상황 시나리오 2.
Fig. 11. The scenario 2 of navigation situation.

표 3. 테스트를 위한 시나리오 2의 설정된 입력 값.
Table 3. Input of the scenario 2 for the test.

| Data | Detail |
|---------------------|--|
| Owner Ship | (POS : 0 , 0 / Direction : 0 , 0 / Speed:20nt/ROT:8°/COG:0°/ Draft:12,13m) |
| Other Ship | (ShipName:Queen/DCPA:0.5mile/TCPA:900s/EPA:345.77°/EDA:168.3°/COG:168.3°/Speed:20nt) (ShipName:Titanic/DCPA:0.1mile/TCPA:900s/EPA:30.7°/EDA:250°/COG:250°/Speed:20nt) |
| Environmental Input | (Type:1/Time:20101216/Speed:3nt/EDA:180°) (Type:2/Time:20101216/Speed:10m/s/EDA:225°) : |

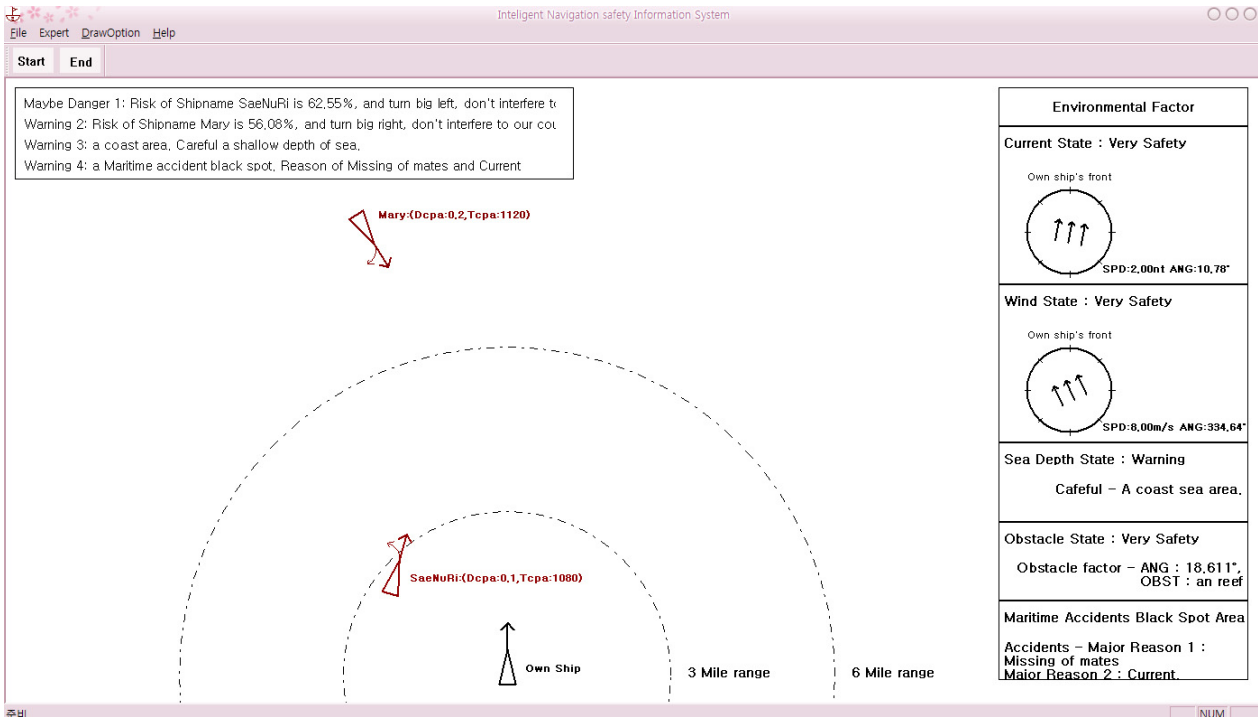


그림 12. 시나리오 1에서의 테스트 시스템 수행 결과.
Fig. 12. The execution result of the test in the scenario 1.

4.3 시나리오에서의 테스트 결과

두 개의 시나리오 중 시나리오 1에서의 테스트 시스템 수행결과가 그림 12에서 보이고, 시나리오 2에서의 테스트 시스템 수행결과가 그림 14에서 보인다.

그림 12에서 테스트 시스템은 시나리오 1에서 주변 요소들이 본선에게 미치는 위험도를 보인다. 테스트 시스템의 주요 메뉴는 Expert, DrawOption이 있는데 Expert 메뉴를 이용하여 각 단위 전문가 시스템에서의 판단 결과를 볼 수 있다. DrawOption 메뉴는 Overlay 기능 등 화면에 출력되는 레이더나 환경 요소, 타 선박 등 화면에 표시하려는 대상을 설정할 수 있다. 그림 12의 출력 화면 좌측 상단에는 각 단위 전문가 시스템으로부터 얻은 항행 안전 지식을 융합하여 결정된 종합적인 항행 위험도가 나타나 있으며, 출력화면의 우측에는 환경 위험도 평가 결과가 시각적으로 표시되어 있다.

그림 13은 위에서부터 차례대로 그림 12 상단의 Expert 메뉴에서 각각 시나리오 1 상황에서 충돌 위험도 평가 전문가 시스템, 경로 예측 전문가 시스템 그리고 환경 위험도 평가 시스템을 선택했을 때의 출력 결과이다.

그림 13의 (a)에서 충돌 위험도 평가 전문가 시스템은 SaeNuRi 선박과 Mary 선박의 EPA, EDA, TCPA, DCPA를 이용하여 각각 본선에게 미치는 위험도가 65.6%, 59.1%라는 결과를 계산해낸다. 그리고 그 충돌 위험도 중에서 가장 높은 65.6%를 본선의 최종 충돌 위험도로 결정하여 BNS의 공유 칠판에 포스팅한다. 그림 13의 (b)는 경로 예측 전문가 시스템의 결과를 보이는데, 몇 개의 과거 타 선박의 상태를 판단하여 해당 선박의 변침 정도를 판단한다. 그림 12에서 ECN 전문가 시스템은 SaeNuRi 선박이 현재 우현 방향으로 크게 회피 중이며, Mary 선박은 좌현 방향으로 크게 회피 중임을 과거 5개의 상태로부터 판단하였다.

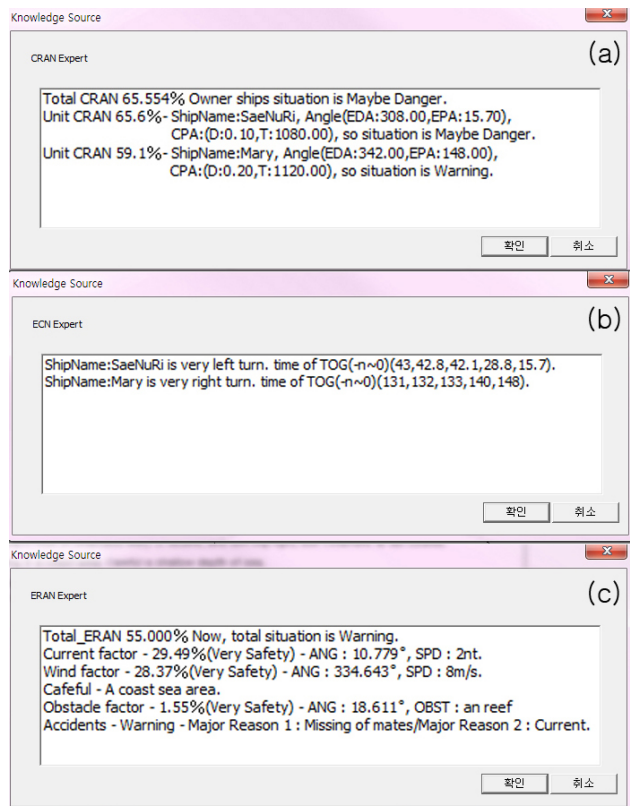


그림 13. 시나리오 1에서의 CRAN, ECN, ERAN 전문가 시스템 수행결과.
Fig. 13. Execution result of CRAN, ECN, ERAN in the scenario 1.

그림 13의 (c)는 환경 위험도 평가 전문가 시스템의 결과이며, 각 환경 요소별 위험도를 보이고 있다. 현재 해류, 조류 요소의 경우 현재 속도와 상대 각도를 통해 위험도를 판단하여 각각 29.49%와 28.37%라는 낮은 위험도를 지니는 안전한 상황(very safety)이라 판단되었다. 수심 요소는 연안 항행 상황이기 때문에 경고(careful) 상황으로 판단되었으며, 해상 장애물 요소는 1.5%라는 안전한 수치를 보이고 있으므로 현재 고려하지 않아도 되는 안전한(very safety) 요소이다. 마지막으로 본선 인근 10km 이내에서 과거 해양 사고가 발생했었으며, 그 주요 원인이 항해사의 실수와 해류, 조류에 의한 것임을 보이고 있다. 종합적인 본선 인근의 환경 요소 위험도 평가 결과는 55%의 경고(warning) 상황을 나타낸다.

각 근원지식이 그림 13의 판단결과를 공유 칠판에 포스팅 한 후, BNS 모듈의 추론 엔진 프로세스는 메타베이스를 이용해 공유 칠판에 있는 각 근원 지식으로부터의 정보들을 연결한다. 그림 12의 좌측 상단에서 그 연결된 결과를 보이는데 충돌 위험도 평가 전문가 시스템의 결과와 경로 예측 전문가 시스템의 지식을 융합한 결과로 SaeNuRi 선박의 현재 충돌 위험도는 65.55%이고 현재 급격한 변침 중이지만, 변침을 하고 난 후 SaeNuRi 선박과 본선의 충돌 위험도가 감소하기 때문에 3% 정도 낮아진 62.55%라는 충돌 위험도 결과를 보인다.

우측의 환경 위험도 평가 결과는 지금까지 항해사가 자연 환경 정보를 한눈에 알아보기가 어려웠던 것을 고려하여 시각적으로 볼 수 있도록 설계하였으며, 해류와 조류, 그리고 바람 요소의 경우 해당 요소의 위험도와 그 방향에 따라서 화살표의 크기가 변한다. 시나리오 1에서는 해류와 조류 요소, 바람요소가 안전한 요소이기 때문에 화살표의 크기가 작게 표출되었다.

작게 표출되었다.

그림 14는 시나리오 2에서 테스트 시스템의 수행 결과를 보인다. 그림 14의 수행 결과에서 위험도 평가 결과로 Queen 선박은 59.08%의 충돌 위험도를 지니고 Titanic 선박은 80.0%의 충돌 위험도를 지니는 위험한 상황임을 인지하였다. Titanic 선박은 CRAN 전문가 시스템의 결과로 75.0%의 충돌 위험도를 지니지만 ECN 전문가 시스템의 추론 결과 Titanic 선박이 변침 중이며 본선에게 영향을 미치는 방향으로 변침중이라는 결론이 포스팅되었기 때문에 종합적인 판단 결과 80.0%로 증가된 충돌 위험도를 나타내었다.

그림 14의 우측에서 시나리오 2의 환경 위험도 평가의 결과를 보이고 있는데, 항상 관찰할 수 있는 해류, 조류, 바람 요소를 제외한 저 수심 지역, 해상 장애물, 해양 사고 건수 요소의 경우 주변에 존재하지 않기 때문에 출력되지 않았다. 이 때문에 시나리오 1에서의 수행 결과와 약간의 차이를 보이고 있으며, 본선 주변에 해상 장애물과 해양 사고 발생 지역은 존재하지 않는다. 그리고 조류와 해류 요소는 어느 정도 위험(maybe danger)한 상황이며, 바람요소는 매우 안전(very safety)함을 나타낸다. 저 수심 요소는 시나리오 1에서의 수행 결과와 동일하게 연안 항행에 주의하라는 안내를 보이고 있다.

현재 선박의 항행에 이용되는 항행 장비에는 타 선박의 변침 여부가 나타나 있지 않다. 그러나 BNS는 타 선박의 현재 변침여부와 그 타 선박의 변침하는 방향이 앞으로 본선에게 미치는 영향도를 계산함으로써 항해사에게 보다 안전한 항행 정보를 제공한다.

그러나 실제로 아무리 잘 만들어진 시스템이라 하더라도 새로운 장비를 통해 선박의 선내에 적용이 될 경우, 결국 항해사의 기존 견시(見視) 업무를 가중시키는 역할을 할 뿐

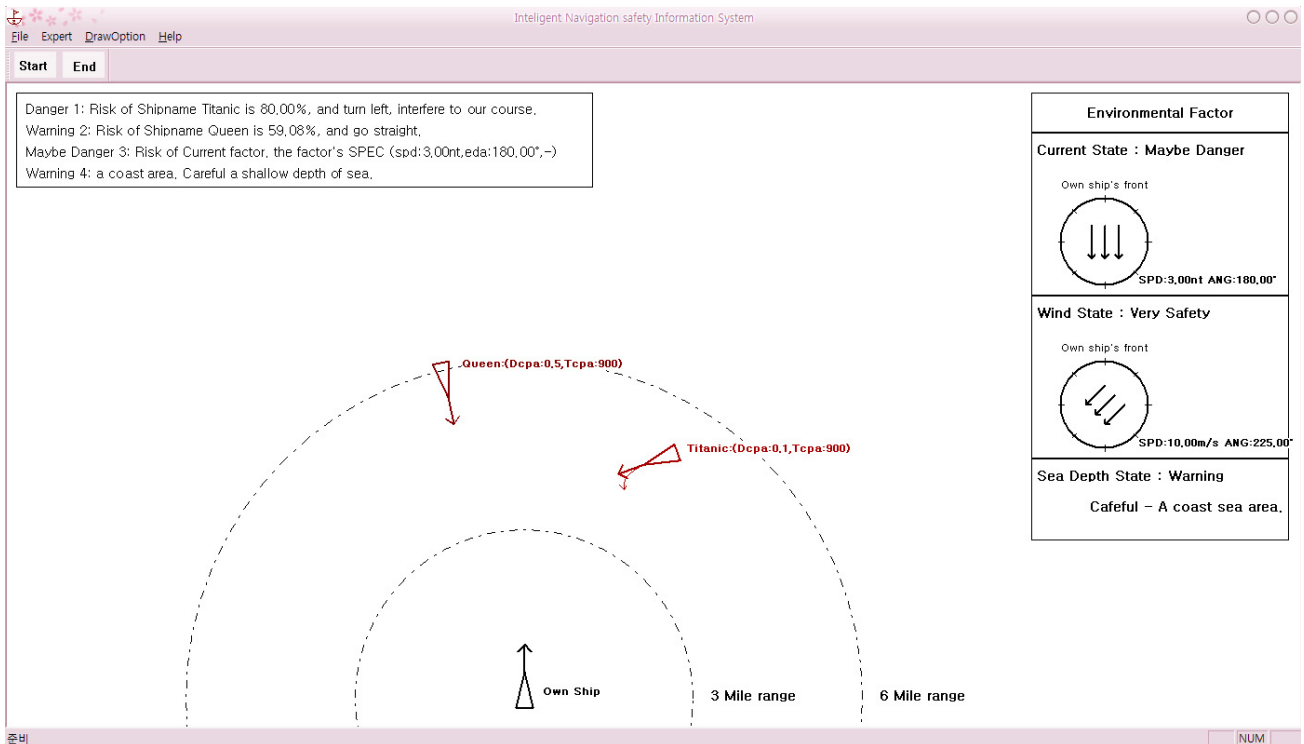


그림 14. 시나리오 2에서의 테스트 시스템 수행 결과.
Fig. 14. The execution result of the test in the scenario 2.

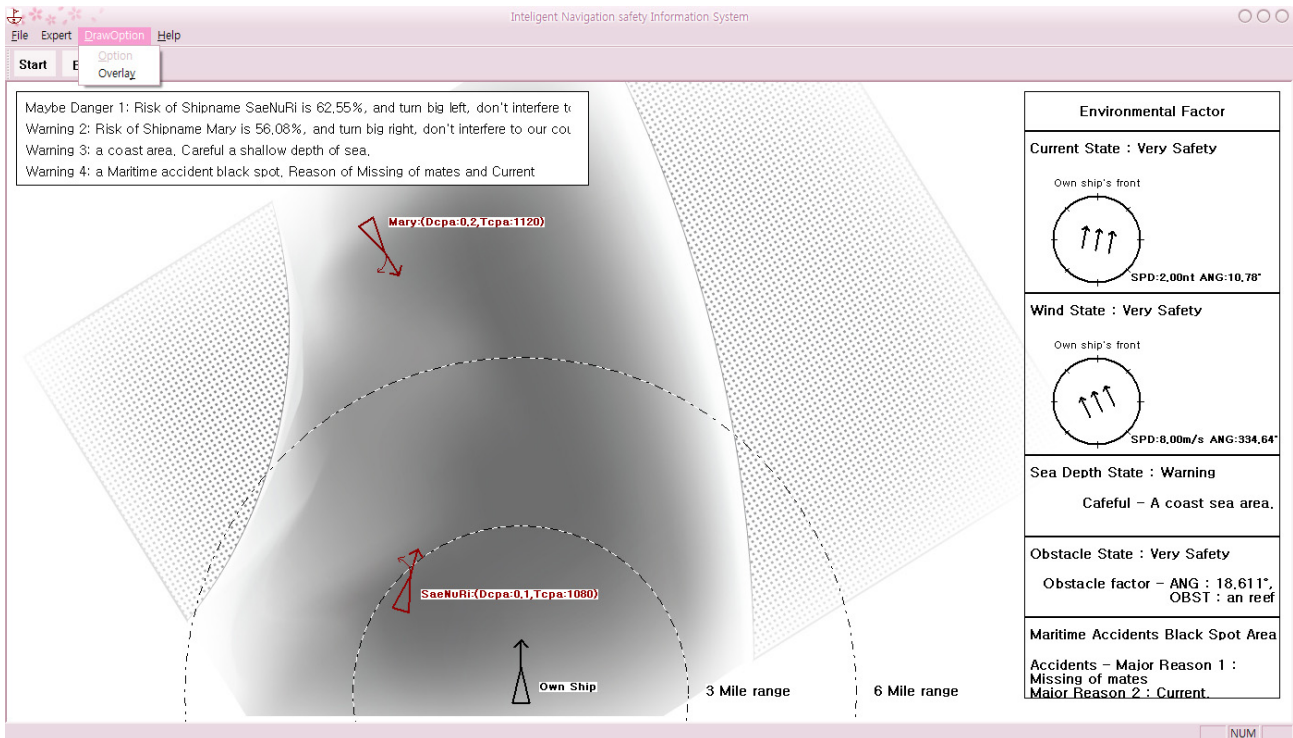


그림 15. 테스트 시스템의 오버레이 기능 활성화.
 Fig. 15. The execution result of the test using overlay option.

이다. 이 연구는 어떠한 추가적인 장비가 필요 없이 현재 항행 중인 선박에 존재하는 ECDIS 등의 해도 표출 시스템에 항행 안전 정보를 오버레이 할 수 있는 지능형 항행 안전 정보 시스템을 목표로 한다. 오버레이 기능이란 기존 ECDIS 화면에서 ARPA 레이다, AIS의 정보를 덮어씌워 볼 수 있는 기능으로, 하나의 장비에서 다양한 장비로부터 얻을 수 있는 정보를 한눈에 볼 수 있다. 이 기능은 항해사가 ECDIS라는 단 하나의 장비에서 본선과 타 선박 간의 관계를 한눈에 확인할 수 있는 중요한 기능이다.

그림 15는 오버레이 옵션을 통해 지능적으로 판단된 항행 안전정보가 현재 선박에 설치되어 있는 해도 표출 장비에 추가적으로 나타날 수 있음을 보이며, 그 결과에서 제안하는 시스템이 ECDIS 등의 기존 항행 장비에 추가적으로 구현되었을 때 기존보다 안전한 항행상황을 보장할 수 있음을 보인다.

그림 12와 그림 14의 제안한 시나리오에서의 테스트 시스템의 수행 결과는 6명의 목포해양대학교 항행 전문가의 시연 결과 4명이 BNS 테스트 시스템이 매우 유용하다고 응답하였으며, 두 명은 잘 모르겠다고 응답하였다. 두 명이 잘 모르겠다고 응답한 이유는 현재 충돌 위험도를 %로 계산하는 시스템이 선박에 적용이 되어 있지 않아서 해당 %의 기준을 알기 어렵기 때문이라고 하였다. 하지만 퍼지적 언어 표현인 ‘매우 위험’, ‘어느 정도 위험’, ‘경고’, ‘어느 정도 안전’, ‘매우 안전’의 경우는 유용하다고 응답하였다.

5. 결 론

이 논문에서는 정보 융합 기술을 기반으로 하는 지능형 항행 안전 정보 시스템을 제안하였으며, 분산 인공지능의 한 기법인 블랙보드 시스템을 이용하여 지능형 항행 안전

정보 시스템의 다양한 전문가 시스템으로부터 얻은 항행 안전 지식의 융합 방법을 제안하였다. 또한, 지능형 항행 안전 정보 시스템에 블랙 보드를 이용하는 것의 타당성을 보이기 위해서 제안한 방법을 이용한 테스트 시스템을 구현하였고, 두 개의 연안 항행 상황 시나리오를 가정하여 그 시나리오에서 테스트 시스템의 수행 결과를 보였다.

제안한 시스템은 현재 선박에 설치되어 있는 ECDIS 등 기존의 안전 항행 장비에 오버레이 되어 보다 나은 항행 안전상황을 만들 수 있다. 또한, 기존에 제안된 다른 여러 형태의 항행 안전 시스템들을 근원 지식에 추가적으로 보충하여 항해사에게 더욱더 안전한 항행상황을 제공할 수 있는 시스템으로서의 활용 가치가 있다.

추후 보다 정확한 항행 상황 시나리오의 생성과 근원 지식에 대한 추가적인 구현을 할 것이며, 테스트 시스템을 실제 항행 장비에 적용하여 제안하는 방법의 타당성을 보충할 예정이다. 그리고 보다 정확한 시스템의 검증을 위해 많은 항행 전문가의 의견을 설문지와 인터뷰를 통해 검증받을 필요가 있다.

참 고 문 헌

[1] 양원재, 금중수, "항해사의 피로도 평가모델에 관한 연구", 해양환경안전학회 춘계 학술대회 발표집, 2006 May 12, pp. 1-6, 2006.
 [2] 임정빈, 박성현, 박계각, 김철승, 양형선, 정재용, 임궁수, 정선철, 연안 통항로 해상교통 환경 평가 연구 용역, 국토해양부, 2008.
 [3] 김환수, "선박의 안전을 위한 최적 항로배치 및 항로

폭 결정에 관한 연구”, *해양안전학회지*, 제1권, 1호, pp. 9-25, 1995.

[4] 강일권, 김형석, 김민석, 김정창, 이아름, “72국제해상충돌방지규칙을 고려한 충돌위험도 결정 시스템”, *한국어업기술학회 논문지*, 제45권, 2호, pp. 106-113, 2009.

[5] 김영기, 박계각, 이미라, 김동균, “안전항해지원을 위한 항행정보 언어적 표현에 관한 고찰”, *한국지능시스템학회 추계학술대회 논문집*, 제19권, 2호, pp. 330-336, 2009.

[6] 안진형, “뉴로-퍼지 기법을 이용한 선박의 충돌 회피에 관한 연구”, 서울대학교 대학원 박사학위 논문, 2005.

[7] G.K. Park, J.L.R. Benedictos, C.S. Lee, and M.H. Wang, “Ontology-based fuzzy-CBR Support System for ship’s collision avoidance”, *Machine Learning and Cybernetics*, vol. 4, pp. 1845-1849, 2007.

[8] 김도연, 조대운, 이미라, 박계각, “정보융합 기술 기반의 지능형 항행안전정보 시스템”, *한국지능시스템학회 논문지*, 제20권, 2호, p. 226, 2010.

[9] 한상훈, 하덕주, 최종후, “데이터 퓨전: 개념, 문제, 대안”, *한국통계학회 추계학술대회 논문집*, 2004 Nov. 01, 2004.

[10] A.N. Steinberg, F.E. White, and C.L. Bowman, “Revisions to the JDL data fusion model”, *Sensor fusion: architectures, algorithms, and applications*, pp. 430-441, 1999.

[11] R.C. Luo and O.Y.C. Chou, “Multisensor fusion and integration: algorithms, applications, and future research directions”, *Mechatronics and Automation, ICMA 2007*, pp. 1986-1991, 2007.

[12] A. Klausner, A. Tengg, and B. Rinner, “Distributed multilevel data fusion for networked embedded systems”, *IEEE Journal on Selected Topics in Signal Processing*, vol. 2, no. 4, pp. 538-555, 2008.

[13] 안태기, 박기준, “전동차 사례기반 전문가 시스템”, *대한전기학회 하계 학술대회 논문집*, 2006 July 12, pp. 1085-1086, 2006.

[14] M. Negnevitsky, *Artificial intelligence second edition- a guide to intelligent system*, Addison-Wesley, 2005.

[15] D.D. Corkill, “Blackboard systems”, Blackboard Technology Group, 1991.

[16] 김도연, 이미라, 박계각, “항행 선박 주변 환경의 위험도 평가를 위한 퍼지 전문가 시스템”, *한국지능시스템학회 논문지*, 제20권, 4호, pp. 541-547, 2010.

저 자 소 개



김도연(Do-yeon Kim)

2009년 : 목포해양대학교 소프트웨어과 학사
 2011년 : 목포해양대학교 전자통신전공 석사
 2011년~현재 : 목포해양대학교 대학원 해양정보시스템학전공 박사과정

관심분야 : 지능형 항행 정보 시스템, 해양 안전, 인공지능
 E-mail : kimdoyeoun@mmu.ac.kr



이미라(Mira Yi)

1998년 : 성균관대학교 정보공학과 학사
 2000년 : 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터공학과 석사
 2005년 : 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터공학과 박사
 2005년~현재 : 목포해양대학교 해양전자통신공학부 조교수

관심분야 : 해양정보시스템, 인공지능, 이산사건 시스템 모델링
 E-mail : yimira@mmu.ac.kr