정보융합 기술 기반의 지능형 항행안전정보 시스템

Intelligent Navigation Safety Information System based on Information-Fusion Technology

김도연* · 조대운* · 이미라** · 박계각**

Do-yeon Kim, Dae-woon Jo, Mi-ra Yi and Gaei-kark Park

목포해양대학교 해양전자통신공학부*

E-mail: {kimdoyeoun, happyid, yimira}@mmu.ac.kr

목포해양대학교 해상운송시스템학부**

E-mail: gkpark@mmu.ac.kr

요 약

다양한 데이터들로부터 현재 상황의 인식을 돕는 정보융합기술 연구는 국방관련 상황인식에서 시작됐으며, 최근 다른 분야의 문제해결에 적용하는 시도가 진행 되고 있다. 해양 분야에서는 항해중인 선박이 다양한 항행 장비들을 통한 여러 유형의 선내·외 안전 정보를 전달받고, 이러한 정보들로 항해관련 안전상황의 인식 및 예측을 하게 된다. 하지만 지나치게 많은 정보가 빠르게 전달됨으로써 사람이 모든 정보를 판단하는 일이 쉽지 않고, 종종 매체 간 정보가 불일치하는 경우가 발생한다. 이 연구는 선박의 안전항행 상황을 진단하고 예측하기 위한 정보융합기술을 어떻게 적용 할 수 있는지 그 개념을 소개하고, 특정 상황 시나리오의 정보 융합 예를 통해 지능형 항행 안전 정보 시스템의 실현 가능성을 보인다.

키워드 : 정보 융합, 항행 안전, JDL 모델, 상황 인지, 상황 예측

Abstract

The study of information fusion technology, which merges various types of data to recognize a situation more exactly, has begun in the area of national defense. Recently, the concept of information fusion is getting applied to other fields, and we are interested in maritime safety. In navigation, officers receive data about inside and outside of ship from several devices in bridge, and use it to recognize and predict the safety situation. However, too much and fast updated data might even fatigue mates, and there is the problem of inconsistency among data from several types of devices. This paper introduce how can use information fusion technology for the situation awareness and prediction of navigation safety, and show the realization possibility of Intelligent Navigation Safety Information System through an information fusion example in a specific situation scenario.

Key Words : Information fusion, Navigation safety, JDL Model, Situation awareness, Situation prediction

1. 서 론

사람은 중요한 결정이나 판단을 할 때 그 상황에서 얻을 수 있는 여러 가지 정보를 바탕으로 현재의 상황을 인식하고 새로운 결과를 이끌어 낸다. 하지만 여러 최첨단 매체의 등장과 점점 방대해지는 정보 환경에서 습득하는 모든 정보를 이해하고 그 정보를 바탕으로 상황을 예측한다는 것은 점점 더 어려워지고 있다.

해양 분야에서 항해중인 선박은 레이더, GPS, AIS(Automatic Identification System), 각종 음성 통신 장비 등을 이용하여 항해에 필요한 정보를 전달 받고, 이러한 정보들을 이용하여 항해사는 항행안전상황을 인식 및 예측한다. 이 때, 다양한 유형의 많은 정보를 적은 인원이 빠르게 처리해야 하기 때문에 정확한 안전상황의 인식 및 예측이 쉽지 않다. 물론 최근 레이더에 기본적으로 내장된 ARPA(Automatic Radar Plotting Aids) 기능과 전자해도 기반의 ECDIS(Electronic Chart Display and Information System) 시스템은 항해사에게 타선박과 항로에 관련된 많은 정보를 제공하지만 상황에 대한 판단과 예측은 전부 항해사의 몫으로 남는다. 만약 컴퓨터가 이러한 항해사의 의사결정을 도울 수 있다면 많은 정보를 빠르고 안전하게 처리할 수 있을 것이다.

컴퓨터가 어떠한 상황을 인지·예측 하려한다면 인간과 마찬가지로 여러 정보를 판단하고 그 정보를 융합하여 컴퓨터 자신의 인지·예측 값을 결정하게 된다.

접수일자 : 2009년 11월 30일

완료일자 : 2010년 3월 9일

+교신저자

본 연구는 국토해양부 소관 연구개발사업의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

본 논문은 본 학회 2009년도 추계학술대회에서 선정된 우수논문입니다.

정보 융합이란 같은 모집단에서 나온 서로 다른 표본들을 포함하는 데이터 집합을 결합하는 기법 또는 처리 과정을 의미한다[1]. 즉, 정보 융합은 여러 데이터를 통한 상황의 인지 및 예측을 가능하게 하는 기술이다.

다양한 데이터들로부터 현재 상황의 인식을 돕는 정보 융합 기술 연구는 국방 관련 상황 인식에서 시작 되었으며, 대표적인 모델로 JDL, OODA 모델 등이 있으며, 최근에는 다른 분야의 문제 해결에서도 적용하는 시도가 진행 되고 있다[2][3].

이전에도 항행 안전 정보 융합에 대한 연구가 외국에서 소개된 바 있다. 이전 연구[4]의 경우 선박 정보와 정보융합 모델 간의 관계에 대한 정의와 JDL 정보융합모델의 개념 소개에 그쳐 실제 항행중인 선박에 적용하기에는 많은 어려움이 따른다.

우리는 지능형 안전 정보 융합 시스템의 전체적인 구조를 설계하고, 항행 상황 시나리오를 통한 항행정보융합 모듈의 상세 설계와 구현 예를 통하여 지능형 항행 안전 정보 시스템의 실현 가능성을 보일 것이다.

이 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서는 정보 융합 기술 및 적용 분야들을 소개하고 3장에서는 지능형 항행 안전 정보 시스템의 전체적인 구조를 제안 한다. 4장에서는 실제 항행 전문가의 도움을 받아 가정한 항행 상황 시나리오를 설명하며 5장과 6장에서는 항행정보융합 모듈의 설계 및 구현 예를 보이고 마지막으로 7장에서 결론을 맺는다.

2. 정보 융합 기술

현재 유용하게 사용되는 정보 융합 기술은 여러 가지가 있다. 그중에서 몇 가지를 소개하자면 근래에 국방에서 사용되었던 JDL모델이나 OODA모델이 있으며, 다중 센서 모델인 Multi Sensor Integration 모델이나 순차적 데이터 융합기법인 Water-Fall 모델 등이 있다.

JDL(Joint Directors of Laboratories)모델[5][6]은 양방향성 자료 흐름도를 가지는 순차적인 레벨관계로 나타난다. 이 모델은 적용할 시스템의 상황에 따라서 하나의 단계로 통합되어도 무관하다. 순차적인 레벨로 나누어 설명하는 이유는 모델의 데이터 처리 순서를 개념적으로 표현하기 위함이다.

JDL 모델은 4개의 레벨을 포함하게 되는데(그림 1) 1 레벨은 다중 센서나 다른 초기 데이터로부터의 데이터를 결합시켜 'track'이라는 집합을 만들어내고 시스템은 'track'을 이용해 객체의 특징을 판단한다. 'track'은 추가가 가능한 집합이며, 이 특징은 객체의 유일성을 보장할 수 있다. 복잡한 다중 객체의 경우 MHT(Multiple-Hypothesis Tracking)라는 강력한 알고리즘을 통해 각 객체에 대한 'track'을 생성한다. 2 레벨은 인간 의사결정의 모방을 돕기 위한 의미있는 정보를 제공한다. 의사결정을 위한 몇 가지의 알고리즘을 이용하여, 이전 증거로부터 상황에 대한 조건부 확률을 결정한다. 여기에서 상황이란 객체와 자신(Object to myself), 객체와 객체(object to object) 간의 관계를 의미한다. 3 레벨은 현재 상황에 대한 예측에서 군사 행동을 위한 기회와 위협에 관한 추론을 이끌어낸다. 4 레벨은 정보 융합 과정을 감시하고, 원하지 않는 결과 값을 개량하도록 센서 자원의 조작을 통해 프로세스 최적화를 시도한다. 이것은 의사결정 이론의 관점에서 사람이 행하는 행동과 유사하다.

JDL 모델이 처음 제시된 이후, 많은 개선과 변화가 있었다. 레벨의 역할이 조금씩 달라지기도 하고 추가된 레벨도 있다. 종종, 0 레벨과 5 레벨을 포함한 JDL 모델이 있는데, 이 경우 0 레벨에서는 전처리 과정 후의 시그널/화소단위의 정보융합이 일어나게 된다[4]. 이 과정은 로봇 시각 처리 등에 사용될 수 있다. 5 레벨은 사람과 컴퓨터간의 상호작용을 정의한 부분으로 GUI(Graphic User Interface)환경에 해당하는 부분이다. 이 두 레벨은 목적에 따라서 포함되기도 한다.

JDL 모델은 기상 예보 시스템(A.W.O.), 임베디드 시스템에서의 정보융합 등 여러 분야에서 이용된다.[4][9]

그림 1. JDL 모델(1992년 버전)
Fig. 1. JDL Model(by 1992 version)

OODA(Observe-Orient-Decide-Act)모델[7]은 관찰, 상황판단, 결정, 실행의 4가지 상태를 가지며 각 상태는 순차적으로 일어나지만 원하는 목표치가 결정되지 않는다면 피드백을 통해 목표치를 달성할 때 까지 순환한다. 이 모델은 비행사들이 비행기와 비행 환경을 감지하고 행동하는데 유용하게 이용되었으며, 기업의 업무 처리에도 이용되었다. Orient라는 단어는 국방관련에 사용되며, 기업의 업무처리 같은 부문에서는 interpret라는 단어로 변형해서 쓰인다.

Multi Sensor Integration 모델[8][9]은 여러 개의 센서에서 들어오는 데이터를 Karman-filter 이론을 이용하여 정보를 융합한다. 생체 인식을 이용한 보안이나 센서를 통해 장애물을 피하는 로봇 보행법등에 사용되었다.

Water-Fall 모델[9]은 이름에서부터 알 수 있듯이 폭포수처럼 위에서 아래로 흐르는 하향식 개발 방법론으로 순차적 접근을 통한 개발을 진행하는 방법이다. 미국 국방성(United States Department of Defense)이나 NASA에 고용된 대규모 소프트웨어 개발 하우스에 의해 널리 사용되었으며, 그 외에 다수의 대규모 정부 프로젝트에서 사용되었다.

이 밖에도 각종 인공지능 기술들이 사용되는데 그 중에서도 인간의 뉴런을 모방해 패턴인식 등에 자주 사용되고 있는 **인공 신경망**, 전문가의 의견을 대신해서 조언해 줄 수 있는 **전문가 시스템**, 사용될 분야와 관련된 지식 활동과 경험을 통해서 축적한 전문 지식 그리고 문제 해결에 필요한 사실과 규칙 등이 저장되어 있는 **지식 베이스(KB)**[10], 이전의 실험적인 데이터를 토대로 어떠한 사건이 발생 하였을 때 그것이 속할 그룹을 예측해 보는데 사용 되는 **Bayesian 결정 이론**, 확신의 정도가 구간으로 표현되는 **Dempster-Shafer의 증거추론 이론**, 인간의 애매한 표현 방법을 나내낼 수 있는 **퍼지 기법**[4] 등 많은 기술들이 정보 융합에 사용된다.

3. 지능형 항행 안전 정보 시스템의 구조 설계

이 장에서는 JDL 정보융합 모델을 기반으로 한 지능형 항행안전정보 시스템의 구조를 제안한다. 이 논문에서 제안하는 시스템에 JDL 모델만을 참고하는 이유는 위 모델이 정보 융합을 통한 판단 레벨을 계층화하여 정의하고 해당 계층별로 필요한 기술들을 명시함으로써 타 정보융합 모델들을 모두 포함하기 때문이다. 그리고 JDL 모델 내 적용된 기존의 기술보다 개선된 기술이 개발되었을 때 기존 기술과의 대체가 쉽고, 개념적인 모델의 수행 순서가 순차적이며 누구나 쉽게 이해할 수 있기 때문에 JDL 모델을 선택하였다.

그림 2. 지능형 항행 안전 정보 시스템의 구조
Fig. 2. Structure of Intelligent Navigation Safety Information System

제안한 지능형 항행 안전 정보 융합 시스템의 구조는 크게 초기 데이터 모듈과 전처리 모듈, 그리고 항행정보융합 모듈을 가진다(그림 2).

초기 데이터들은 전처리 과정을 거쳐 항행정보융합 모듈이 이해 할 수 있는 수준의 정보로 처리되고, 그 데이터들을 이용해 항행정보융합 모듈은 현재의 항행 상황을 인지·예측한다. 그 후 자선박이 취해야 할 행동에 대한 계획을 세워 항해사의 의사결정을 보조 하게 된다.

3.1 초기데이터(Original Data)

각각의 장치가 여러 가지 수단을 이용하여(ex, 센서, 무선통신, 위성) 현재 상황에 대한 정보를 수집하는 과정이다. 이 계층에서 각 장치로부터 얻는 데이터는 가공되어있지 않은 초기 단계의 아날로그 정보를 포함한다.

3.2 전처리(Pre-processing)

초기 데이터들을 해석한다. 즉, 항행정보융합 모듈이 이해 할 수 있도록 데이터의 특징을 추출하여 다음 계층으로 전달하는 작업을 수행한다. 영상인식, 자연어 처리, 데이터 마이닝, 텍스트마이닝 기법 등이 이용된다.

3.3 항행 정보 융합(Navigation Information Fusion : NIF)

실질적으로 정보 융합이 일어나는 부분이며, 이 계층에서는 전처리 되어있는 데이터들을 해석하여 현재의 상황을 인

지하고 인지된 상황들을 분석해 가까운 시점의 상황을 예측할 수 있다. 위험 상황이라면 사용자에게 앞으로 취해야 할 행동에 대한 권고를 할 수 있다. 이 모듈은 정보를 융합하기 위한 세 개의 단계와 계획을 위한 한 개의 단계를 가지고 있다. 각 단계는 순차적으로 일어나며, 모든 이전 단계에게 피드백을 줄 수 있다.

• 1 레벨 : 개체 정제(Entity Refinement)

1 레벨은 전처리 되어있는 데이터들을 분석하여 개체를 정의하고, 개체에 해당하지 않는 정보를 걸러낸다. 개체가 아닌 정보를 걸러내기 위한 기술로는 SNF(Strongest Neighbour Filter)와 NNF(Nearest Neighbour Filter)[4]가 있는데 SNF는 각 정보에 대한 확신도를 판단해 확신도가 높은 정보만 추려내고, NNF는 서로간의 연관성이 높은 정보만 추려낸다. 이 두 필터링을 이용한 후 남은 정보들은 개체를 위한 의미있는 정보라고 판단되게 된다. 그 후 인공지능망은 각 장치의 신뢰도와 해당 정보에 대한 확신도를 이용해 보다 정확한 개체에 대한 정보를 제공한다.

• 2 레벨 : 상황인지(Situation Awareness)

2 레벨은 1 레벨에서 판단된 개체들 간의 관계를 정의한다. 개체들 간의 관계란 자선박과 타 개체간의 관계, 타 개체들 간의 관계를 뜻한다. 이 단계는 상황의 인지를 위해 칼만 필터, Dempster-Shaper 증거이론, 베이시안 결정론, 전문가 시스템 등의 기술들이 사용된다. 입력 데이터는 이전 레벨로부터 받은 데이터, 전처리 후의 초기 데이터까지 사용한다.

만약 현재의 상황을 판단할 근거가 부족하면 판단을 보류하고 1 레벨에 해당 개체의 특정 키워드를 중점으로 수집하라는 피드백을 주게 된다.

• 3 레벨 : 상황 예측(Situation Prediction)

3 레벨은 1 레벨에서 판단된 개체에 대한 정보와 2 레벨에서 결정된 현재 상황의 인지 정보를 가지고 해당 개체가 항행중인 자선박에 끼칠 영향과 앞으로의 대처 방법에 대한 결정을 하게 된다. 보다 정확한 예측과 상황 판단을 위해 칼만 필터와 CF전문가 시스템[6]이 사용되며 이 시스템들의 상위 시스템으로 블랙보드 시스템[5]이 존재하게 된다.

각 예측 시스템에서 도출한 어떠한 예측 값은 하나의 의견이 되어 블랙보드 시스템은 여러 의견들 중 가장 신뢰할 수 있는 결과 값을 선택하게 된다. 그리고 이 결과 값은 1 레벨과 2 레벨에 피드백이 되어 다음 초기 데이터의 입력이 있을 때 선택된 예측 결과의 신뢰도를 높일 수 있는 정보를 집중적으로 요구할 수 있다.

3 레벨 역시 상황 예측을 위한 근거가 부족하다면 판단을 보류하고 2 레벨과 1 레벨에게 해당 상황 예측을 위한 정보수집요구 피드백을 주게 된다.

• 4 레벨 : 행동 계획(Action Planning)

4 레벨은 3 레벨의 예측 결과를 판단해 사용자에게 권고해야 할 만한 상황의 안내와 앞으로 사용자가 취해야 할 행동을 계획한다. 이 단계의 결과로써 지능형 항행 안전 정보 시스템의 사용자는 현재 상황에 대한 컴퓨터의 예측 결과와 앞으로 취해야 할 행동을 조언 받는다.

4. 항행 상황 시나리오

이 장에서는 항행정보융합 모듈의 이해를 돕기 위해 항행 상황 시나리오를 작성하였다. 항행 상황의 배경이 되는 장소는 항행 전문가의 의견에 따라서 위험 협수로로 알려진

목포 인근의 장죽수도이며, 자선박이 순천에서 출발해 진도 근처의 장죽수도를 거쳐 목포로 들어오는 항로에서 벌어지는 두 개의 항행 상황을 가정한다.

항행 상황 시나리오 1에서 자선박의 속도는 15노트 (1knot = 1.81km/h)로 항로를 따라 항행중이며 3마일, 6마일 범위로 ARPA레이더의 범위를 설정 후 주변을 탐색중이지만 자선박의 항행에 영향을 끼치는 요소는 없다. 선박1과 선박2는 자선박의 방향을 향해 항행중인 상황이다(그림 3).

항행 상황 시나리오 2는 시나리오 1상황에서 조금 후 6마일 범위에서 탐색이 된 두 선박이 위험하다고 판단하여 통신요청을 했지만 응답이 없었고, 자선박은 항해사의 판단에 따라 계속 항로를 유지한 후 10분 후 접하게 되는 상황이다. 가장 상황에서 두 선박을 피해 우현 변침 시 저수심 지역으로 진입하고 좌현 변침이나 기존 항로 유지 시 충돌의 위험이 존재하는 상황이다(그림 4).

그림 3. 항행 상황 시나리오 1
Fig. 3. Navigation situation scenario 1

그림 4. 항행 상황 시나리오 2
Fig. 4. Navigation situation scenario 2

선박에서 각 장치로부터 입력받는 초기 데이터들은 대부분 아날로그 수준의 입력 값이며 종종 정보 수준의 데이터가 존재한다. 정보 수준의 데이터의 경우 항행정보융합 모듈에서 바로 해석하기에 문제가 없지만 아날로그 데이터의 경우 1 레벨에서 바로 해석하기 어렵다. 때문에 설계를 위해 모든 데이터는 수치화 되어 들어온다고 가정한다.

화상정보는 선내 안전상황에 대한 판단만을 하므로 해당 시나리오에는 고려하지 않는다.

표 1은 전처리 후 데이터의 형식을 정의했으며 표 2, 3은 가정된 상황에서 자선박이 받게 되는 전처리 후 데이터이다.

표 1. 전처리 후 데이터 형식 정의

Table 1. Data types of pre-processing output

구분	입력 형식	장치	데이터 형식
타개체	수치	ARPA Radar	입력시간, 개체번호, 현재절대위치, 현재상대위치, 현재속도, DCPA, TCPA
타개체	수치	AIS	입력시간, 선박이름, 콜싸인, 현재절대위치, 선박속도, 변침각, 목적지
타개체	텍스트	VHF, MF, HF	입력시간, 콜싸인, 언제, 어디서, 무엇을, 어떻게, 왜
자선박	수치	전자해도	입력시간, 해도정보
자선박	수치	GPS 등	현재시간, 절대위치, 현재선속, 방위, 선박의 폭, 선박의 길이, 필요 최소 수심, 변침시간

표 2. 시나리오 1의 입력 데이터

Table 2. Input data of Scenario 1

구분	입력 형식	장비이름	데이터
타개체	수치	ARPA Radar	201001300310, 1, 34.19.0'N -126.8.0'E, 4.9, 0, 1.5, 720
타개체	수치	AIS	NULL
자선박	수치	전자해도	201001300310, chart
자선박	수치	GPS 등	201001300310, 34.18.2'N-126.16.1'E, 15, 270, 20, 100, 12, 30

표 3. 시나리오 2의 입력 데이터

Table 3. Input data of Scenario 2

구분	입력 형식	장치	데이터
타개체	수치	ARPA Radar	201001300320, 2, 34.19.4'N -126.05.8'E, 4.8, 10, 0.6, 3 20
타개체	수치	ARPA Radar	201001300320, 3, 34.19.9'N -126.05.9'E, 5.2, 20, 0.6, 3 10
타개체	수치	AIS	201001300320, 궤속호, QR 2AA, 34.19.9'N-126.05.9'E, 20, 136, 순천
자선박	수치	전자해도	201001300310, chart
자선박	수치	GPS 등	201001300320, 34.18.2'N-126.16.1'E, 15, 270, 20, 10 0, 12, 30

5. 항행 정보 융합 모듈의 상세 설계 예

이 논문에서 제안하는 항행정보융합 모듈을 상세히 설계하고 위에서 소개한 시나리오에 대한 정보 융합 결과를 보임으로써 해당 모듈의 실현 가능성을 보이고자 한다.

5.1 설계의 범위

서론에 언급했던 레이더의 ARPA 결과 값은 객체에 대한 정체와 인지가 일부 이루어진 형태이다. 이는 1레벨의 대부분, 2, 3레벨의 일부를 포함하는 범위를 가지므로 우리의 연구에서는 1레벨은 제외하고 2레벨과 3레벨의 나머지 일부를 설계하는 것으로 한다.

5.2 상황 인지와 예측을 위한 데이터 정의

상황 인지, 예측을 위하여 이전 과정에서 얻게 되는 모든 데이터들을 일정한 규칙으로 정리할 필요가 있다.

모든 개체 정보들은 1레벨에서 분류되어 하나의 데이터 타입 형태로 내보내지고 그 데이터 타입은 다양한 입력장치들로부터 개체의 속성이 정확하게 정의되어있다고 가정하며 그 데이터 타입의 이름을 entity 라고 한다.

entity 데이터 타입으로 분류 되지 않는 해도정보의 저수심 지역 및 육지, 섬 등 자선박 항로 인근의 위험 지역에 대한 정보가 정확하게 정의된 하나의 데이터 타입 형태를 가정하며 이름은 navigation_risk로 한다.

2레벨이 시작되기 전 자선박을 포함한 모든 개체의 예상 이동경로가 정의되어야 자선박과 개체 간, 개체들 간의 관계가 명확히 정의될 수 있고 이를 계산하기 위해 칼만 필터가 사용된다. 하지만 가정한 entity 데이터 타입이 자선박과 개체간의 예측 이동경로를 모두 포함한 형태이기 때문에 타개체간의 관계만을 정의한다.

타개체 간의 관계를 정의하기위해 위에서 가정한 entity 데이터 타입을 이용하게 되는데 이로부터 타개체간의 관계가 정의된 related_entities 데이터 타입을 가정한다.

entity, navigation_risk 그리고 related_entities의 데이터 타입의 형태는 표 4와 같다.

표 4. 상황 인지와 예측을 위한 데이터 타입

Table 4. Data types for situation awareness and prediction

생성 단계	클래스 이름	의미	요소
1레벨	entity	자선박 제외 주변 타개체	선박여부, 고정 물표여부, 현재위치, 상대거리, DCPA(최근접거리), TCPA(최근접시간), 거리, 개체각(선박기준), 상세정보(선박 고정물표)
1레벨	navigation_risk	자선박의 항로인근 위험지역 정보	항로위치, 현재 자선박과의 거리, 위험물위치
2레벨	related_entities	타개체	개체간 거리, 개체간 거리의 변화량, 선체각 차이, 선체각 차이의 변화량, 자선박기준 상대각, 자선박기준 상대각의 변화량

5.3 상황 인지를 위한 지식베이스 설계

상황 인지에 대한 의견을 수립하기 위해 상황을 판단할 수 있는 여러 가지 기술 중 결과 값이 명확하게 정의되는 CF전문가 시스템을 사용하며 이는 추후 다른 인지 기술들과 결합 될 수 있다.

전문가 시스템의 각 규칙들은 5.2절에서 정의한 entity, navigation_risk, related_entities 데이터 타입으로부터 생성된 변수들을 사용한다. 규칙들은 상황인지에 대한 전문가 시스템의 의견들 중에서 타당한 의견에 대해 확신도를 높이고 일정 확신도 이상의 의견들만 신뢰성 있는 정보로 판단한다. 상황 인지 의견들의 목록과 데이터 타입이 끼치는 영향도는 표 5에 나타나있다.

표 5. 상황 인지 의견 목록

Table 5. Situation awareness opinions

의견 번호	의견 내용	데이터 타입의 의견 영향도		
		Entity	Related_entities	Nav_risk
S1	특이사항 없음	high	high	low
S2	자선박이 타개체(선박제외)에 의해 영향받음	high	low	mid
S3	자선박이 타선박에 의해 영향받음	high	mid	mid
S4	타선박간에 어떠한 상황이 존재	mid	high	low
S5	타개체와 타선박간(두 개체중 중에 하나는 선박이 아님) 어떠한 상황이 존재	high	high	mid
S6	항로 이탈시 위험요소 존재	low	low	high

표 6은 실제로 데이터 타입에 따라 인지 의견들이 어떻게 선택되는지에 대한 모습을 보이고 있는데 이는 표 5에서 나타난 대략적인 영향도를 상세하게 나타낸 것이다.

표 6. 상황 인지 관련 데이터와 의견 관계

Table 6. Relation between data and opinion of situation awareness

데이터 타입의 존재 유무			선택 의견
Entity	Related_entities	Navigation_risk	
NULL	NULL	NULL	S1
NULL	NULL	NOT_NULL	S1,S6
NOT_NULL	NULL	NULL	S2,S3
NOT_NULL	NULL	NOT_NULL	S2,S3, S6
NOT_NULL	NOT_NULL	NULL	S2,S3, S4,S5
NOT_NULL	NOT_NULL	NOT_NULL	S6

Rule. 1. IF ALL_value is NULL THEN situation opinion is S1 (cf 1.)	
Rule. 2. IF ENTITY is NULL THEN situation opinion is not S2,S3,S4,S5 (cf .8)	
Rule. 2.1 IF ENTITY is NULL AND NAV_RISK is not NULL THEN situation opinion is not S2,S3,S4,S5 (cf .8)	
THEN situation opinion is S1, S6 (cf .8)	
⋮	
Rule. 3. ...	
⋮	
Rule. 3.3.3 IF ENTITY is not NULL AND REL_ENTITIES is not NULL AND NAV_RISK is not NULL THEN situation opinion is S2,S3,S4,S5,S6 (cf .7)	
Rule. 3.3.3.1 IF ENTITY is not NULL AND REL_ENTITIES is not NULL AND NAV_RISK is not NULL AND ENTITY is Ship THEN situation opinion is S2,S4 (cf .5)	
THEN situation opinion is not S3,S5 (cf .5)	
⋮	

그림 5. 상황인지 지식 베이스의 일부

Fig. 5. Part of knowledge base for situation awareness

그림 5는 상황인지를 위한 지식베이스 규칙의 일부이다. 예를 들어, Rule 2에서 Entity 데이터 타입을 판단해 데이터의 개수가 하나도 없다면 현재 자선박 인근에 자선박에게 영향을 끼칠 개체의 수가 하나도 없다고 판단할 수 있다. 그 후 확신도 0.8을 가지고 “현재 상황은 타개체에 의해 영향 받지 않고 타개체간의 관계 또한 없다”는 의견을 제안하는데 이는 인지 의견 S2~S5의 확신도를 감소시킨다.

위의 결과에서 타개체간의 관계가 없더라도 “아무런 변동사항이 없다”는 의견(S1)이나 “자선박 항로 인근에 위험

물 존재”(S6) 의견은 입력 데이터가 정확하지 않기 때문에 우선 보류하게 된다. 그 후 Rule 2.1에서 navigation_risk 데이터 타입을 판단해 데이터가 한 개 이상 존재한다면 0.8의 확신도를 가지고 “현재 자선박에게 영향을 끼치는 개체 요소는 없지만 자선박의 항로 근처엔 위험 지역이 존재한다.”라는 상황 인지 의견을 제시하게 된다. 이는 인지 의견 S1과 S6의 확신도를 증가시키고 인지 의견 S2~S5의 확신도를 감소시킨다.

규칙 뒤에 붙은 ‘(cf 숫자)’는 해당 인지 의견 선택에 대해 전문가가 미리 정의한 확신도이다. cf는 certainty factors의 약자이며 확신 인자라는 말로 불리기도 한다[10].

5.4 상황 예측을 위한 지식베이스 설계

상황 예측을 위한 전문가 시스템은 상황인지 결과에 종속성을 지니며 입력 값으로는 entity, navigation_risk, related_entities 세 개의 데이터 타입에 의해 생성된 변수를 받고, 추가로 이전 단계의 상황인지 의견 확신도가 필요하다.

표 7. 상황 예측 의견 목록의 일부

Table 7. Part of the list of situation prediction opinion

의견 번호	상황 예측 의견
S2-1	위험 상황, 항로 유지 권장
S2-2	위험 상황, 우현 변침 권장
S2-3	위험 상황, 좌현 변침 권장
S2-4	경고 상황, 전방 주시 권장
S2-5	경고 상황, 좌현 주시 권장
S2-6	경고 상황, 우현 주시 권장
S2-7	일반 상황, 해당 개체 감시 권장
⋮	⋮
S4-1	타개체 간의 추월 상황 존재
⋮	⋮
S6-2	항로의 좌측에 위험요소가 많음

상황 예측 전문가 시스템은 이전 단계의 인지된 상황에서 가까운 미래를 판단해 항해사에게 최적의 조언을 해줄 수 있다.

상황 예측에 대한 의견 목록과 그에 따른 지식베이스규칙들은 상황 인지의 지식베이스, 의견의 형태와 크게 달라지지 않으며 판단할 요소가 복합적으로 늘어나는 수준인데다가 너무 많으므로 여기에선 그 중 상황인지 의견 2번에 종속된 예측 의견 목록만 간단하게 소개한다.

목록은 아래 표 7과 같다. 단, 상황 예측 단계에서는 상황 인지 결과가 안전 상황인 경우에 대한 평가는 하지 않기 때문에 상황 인지 의견 S1에게 종속된 예측 의견은 존재하지 않는다.

6. 항행 정보 융합 모듈의 구현 결과 예

구현 결과는 위에서 소개한 시나리오를 바탕으로 하였으며 시나리오 1에 대한 실행 결과, 시나리오 2에 대한 실행 결과 두 가지로 구분된다. 시나리오 1에 대한 실행 결과는 그림 6과 같고, 시나리오 2에 대한 실행 결과는 그림 7과 같다.

< 상황 인지 결과 >

의견 S2, 확신도 0.65
의견 S3, 확신도 0.5
의견 S6, 확신도 0.5

< 상황 예측 결과 >

의견 S2-4, 확신도 : 0.5
경고 상황, 1번 개체(타입: 등대) 전방 주시 필요
의견 S2-5, 확신도 : 0.5
경고 상황, 1번 개체(타입: 등대) 좌현 주시 필요
의견 S2-7, 확신도 : 0.6 [*]
일반 상황, 1번 개체(타입: 등대) 주의 요
의견 S6-1, 확신도 : 0.4
항로 우현 방향 위험요소가 많음
의견 S6-2, 확신도 : 0.2
항로 좌현 방향 위험요소가 많음

그림 6. 시나리오 1의 입력 데이터에 대한 실행 결과

Fig. 6. Execution result of scenario 1

실행결과에서 보이듯이 설계한 시나리오에 대한 적절한 상황의 인지와 상황의 예측이 이루어지는 모습을 볼 수 있다. 확신도 옆에 있는 [*] 기호는 해당 결과에서 가장 신뢰성 있는 정보를 뜻한다. 신뢰도에 따라서 *의 개수가 증가한다.

< 상황 인지 결과 >

의견 S2, 확신도 0.5
의견 S3, 확신도 0.845
의견 S4, 확신도 0.65
의견 S5, 확신도 0.5
의견 S6, 확신도 0.5

< 상황 예측 결과 >

의견 S3-1, 확신도 : 0.832 [*]
위험 상황, 항로 유지 권장, 2, 3번 개체와 통신 필요
의견 S3-2, 확신도 : 0.17496
위험 상황, 우현 회피 권장, 2, 3번 개체와 통신 필요
의견 S3-3, 확신도 : 0.864 [*]
위험 상황, 좌현 회피 권장, 2, 3번 개체와 통신 필요
의견 S3-4, 확신도 : 0.6
경고 상황, 전방 주시, 2, 3번 개체 감시 권장
의견 S3-5, 확신도 : 0.6
경고 상황, 좌현 주시, 2, 3번 개체 감시 권장
의견 S3-6, 확신도 : 0.912 [***]
경고 상황, 우현 주시, 2, 3번 개체 감시 권장
의견 S3-7, 확신도 : 0.6
일반 상황, 2, 3번 개체 주의 요망
의견 S4-1, 확신도 : 0.895 [*]
개체 2, 3번 간 “추월 상황”가(이) 존재
의견 S4-2, 확신도 : 0.35
개체 2, 3번 간 “교차 상황”가(이) 존재
의견 S6-1, 확신도 : 0.8 [*]
항로 우현 방향 위험요소가 많음
의견 S6-2, 확신도 : 0.2
항로 좌현 방향 위험요소가 많음

그림 7. 시나리오 2의 입력 데이터에 대한 실행 결과

Fig. 7. Execution result of scenario 2

7. 결 론

이 논문에서는 JDL 모델을 이용한 지능형 항행안전정보 시스템의 구조를 설계함으로써 다양한 기기로부터 들어오는 항행 안전에 관련한 여러 데이터들을 종합적으로 처리할 수 있게 되었다. 또한 항행 전문가의 의견을 반영하여 발생 가능한 항행 상황 시나리오를 작성하고 항행정보융합 모듈에 대한 상세 설계와 구현 예를 보임으로써 제안한 모듈에 대한 실현 가능성을 확인하였다.

향후에는 이 논문에서 상세 설계한 전문가 시스템의 지식베이스를 좀 더 다양한 항행 환경에 맞도록 확장하고, 일부 제외된 정보융합기술들을 추가로 적용할 예정이다. 또 항행정보융합 모듈의 ‘4레벨 행동 계획’ 단계를 구체화 시킬 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 한상훈, 하덕주, 최종후, “데이터 퓨전: 개념, 문제, 대안,” 한국 통계 학회, 추계 학술대회 논문집, 2004.
- [2] 박성원, 권지웅, 최진영, “데이터 퓨전을 이용한 열 굴영상 인식 및 인증에 관한 연구” 한국지능시스템학회, pp. 302~306 (5 pages), 2001.
- [3] 이동혁, 이경무, 이상욱, “광학 영상과 Lidar 의 정보 융합에 의한 신뢰성 있는 구조물 검출”, 방송공학회논문지, 2008.
- [4] T. Neumann, “Multisensor Data Fusion in the decision process on the bridge of the vessel,” *Gdynia Maritime University*, Gdynia, Poland. 2007.
- [5] AN Steinberg, FE White, CL Bowman, “Revisions to the JDL Data Fusion Model,” *Dtic.mil*, 1999.
- [6] BP Hunn, “The Human Factors of Sensor Fusion” *arl.army.mil*, 2008
- [7] Tim Grant and Bas Kooter, “Comparing OODA & other models as Operational View C2 Architecture.” *RNM Academy - ICCRTS2005*, Jun, 2005.
- [8] Luo, R.C. Ying Chih Chou Chen, O. “Multisensor Fusion and Integration: Algorithms, Applications, and Future Research Directions,” *Mechatronics and Automation*, 2007. ICMA 2007.
- [9] A Klausner, A Tengg, B Rinner, “Distributed multilevel data fusion for networked embedded systems,” *IEEE Journal on Selected Topics in Signal Processing*, 2008.
- [10] Michael Negnevitsky, *Artificial Intelligence Second edition - A Guide to Intelligent System*, Addison-Wesley, 2005.

저 자 소 개

김도연 (Do-yeon Kim)

2009년 : 목포해양대학교 소프트웨어과 학사
2009년~현재 : 동 대학원 해양 전자 정보
통신 전공 석사과정

관심분야 : 해양 안전, 시뮬레이션, 가상현실

E-mail : kimdoyeoun@mmu.ac.kr

조대운 (Dae-woon Jo)

2009년 : 목포해양대학교 소프트웨어과 학사
2009년~현재 : 동 대학원 해양 전자 정보
통신 전공 석사과정

관심분야 : 해양 안전, 인공지능

E-mail : happyid@mmu.ac.kr

이미라 (Mi-ra Yi)

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

관심분야 : 해양정보시스템, 인공지능, 이산사건 시스템 모델링

E-mail : yimira@mmu.ac.kr

박계각 (Gaei-Kark Park)

한국지능시스템학회 논문지 2009년도 19권 2호 참조