

# 퍼지와 DEVS를 이용한 선박 충돌 위험 예측 모델 설계

이미라<sup>†</sup>

## Design of the Model for Predicting Ship Collision Risk using Fuzzy and DEVS

Mira Yi<sup>†</sup>

### ABSTRACT

Even though modernized marine navigation devices help navigators, marine accidents have been often occurred and ship collision is one of the main types of the accidents. Various studies on the assessment method of collision risk have been reported, and studies using fuzzy theory are remarkable for the reason that reflect linguistic and ambiguous criteria for real situations. In these studies, collision risks were assessed on the assumption that the current state of navigation ship would be maintained. However, navigators ignore or turn off frequent alarms caused by the devices predicting collision risk, because they think that they can avoid the collisions in the most of situations. This paper proposes a model of predicting ship collision risk considering the general patterns of collision avoidance, and the approach is based on fuzzy inference and discrete event system specification (DEVS) formalism.

**Keywords** : Ship Collision Risk, Prediction, Navigation Simulation, Fuzzy, DEVS

### 요약

선박에 현대화된 다양한 항해장비들이 설치됨에도 불구하고 여전히 해양사고가 자주 일어나는데, 이런 사고의 주요 형태 중 하나가 충돌 사고이다. 우리나라 해양사고의 약 1/4이 충돌에 의한 사고이고, 이 중 대부분이 인적오류가 원인인 것으로 알려져 있다. 따라서, 항해사의 의사결정을 도울 수 있는 지능적인 지원 도구가 필요한데, 이와 관련하여 충돌위험을 추정하는 다양한 방식들이 꾸준히 소개되어 왔으며 충돌위험 상황에 대해 사람에게 친숙한 언어적 표현을 반영하여 추론하기 위해 퍼지를 활용한 연구 결과들이 많다. 이런 기존 연구들의 충돌위험도는 현재시점에서 선박들의 속도나 방향 상태가 유지되는 것을 기준으로 충돌위험도를 추정한다. 그러나, 실제 선박에서는 충분히 피항 가능 상황임에도 불구하고 충돌 위험으로 판단 되어 잦은 경고를 울리는 시스템들에 대해 항해사들이 느끼는 불편함이 적지 않아 보조 장치들의 알람 기능을 꺼놓은 경우도 많은 것으로 알려져 있다. 이 연구는 선박들의 일반적인 피항 패턴을 반영한 가까운 미래 시점의 충돌위험도 예측에 관한 것으로서, 퍼지추론과 DEVS 형식론에 기반한 충돌 위험 예측 모델을 제안한다.

**주요어** : 선박 충돌 위험, 예측, 항해시물레이션, 퍼지, DEVS

이 연구는 목포해양대학교 교내연구비 지원으로 수행되었습니다.

**Received**: 13 December 2016, **Revised**: 25 December 2016,

**Accepted**: 25 December 2016

† **Corresponding Author**:

E-mail: yimira@mmu.ac.kr

Dept. of Computer Engineering,

Mokpo National Maritime University, Korea

## 1. 서론

최근의 현대화된 다양한 항해장비들로 인해 선박에 서는 항해사의 위험상황 인식에 도움이 될 수 있는 정보들을 획득 가능하다. 특히 이 중 전자해도표시장치 (ECDIS), 선박자동식별장치(AIS), 자동레이다플로팅

(ARPA) 레이더는 주변 선박과 수로에 관한 매우 유용한 정보들을 제공하고 있어 항해사들은 이들 장치에 대한 의존도가 높아지고 있다.

하지만, 유용한 도구들에도 불구하고 항해사들은 여전히 안전항행을 위한 의사결정에 어려움을 겪고 있으며, 많은 해양 사고가 항해사의 부주의에 의해 일어난다는 것은 이미 잘 알려져 있다. 우리나라 해양사고의 원인을 살펴보면, 사고의 23%가 충돌에 의한 사고이고 이 중 90%가 인적오류가 원인이다(Lee et al., 2011; Yang et al., 2004). 그러므로 항해사의 의사결정을 도울 수 있는 좀 더 지능적인 지원 도구는 여전히 필요하다.

실제로, 해상 항해사 입장에서 충돌사고의 위험 상황을 미리 알려주어 피항 할 수 있도록 도움을 주는 시스템은 유용하고, 육상의 관제사 입장에서도 충돌사고예방 기술 및 시스템을 필요로 한다(Kim. et al.,2011). 특히 선박별 충돌위험도를 예측하여 위험상황이 되기 10~15분 전에 알려주기를 바란다는 조사 결과가 있다(Kim. et al.,2011).

그 동안 선박의 충돌위험을 추정하여 미리 알려주기 위한 다양한 방식들이 꾸준히 소개되어 왔다. 이런 연구 중에는 퍼지를 활용한 결과들이 많은데, 이는 충돌위험 상황에 대해 위험에 대한 판단 경계가 모호하기도 하고, 사람에게 친숙한 언어적 표현을 반영하여 추론할 수 있기 때문이다. 예를 들어, 일본의 Hasegawa는 SAFES(Ship Auto-navigation Fuzzy Expert System) 시스템을 소개(Hasegawa et al., 1989) 한 후 지속적인 수정과정을 거쳐 개선시켜오고 있고(Hasegawa et al., 2012), 국내에서는 Hasegawa 기법을 기초로 다중 선박의 충돌위험도를 산출하여 위험도에 따라 색깔별로 전자해도 상에 표출하여 항해사가 직관적으로 인식하기 용이하도록 시스템을 개발한 연구결과가 있다(Son et al 2009).

이 연구들에서 충돌위험도는 현재시점에서의 충돌위험도를 추정한 것으로서, 선박들이 현재의 상태(속도, 방향 등)를 유지하는 것을 기준으로 한 것이다. 그러나, 선박들이 조우하는 상황에서 현 상태를 유지한다고 보장할 수 없으므로, 현 상태를 기준으로 위험상황을 알리는 것은 항해사에게 비현실적일 수 있다. 실제로 충분히 피항 가능 상황임에도 불구하고 충돌 위험으로 판단되어 잦은 경고를 울리는 경우 항해사들이 느끼는 불편함이 적지 않아 이에 보조 장치들의 알람 기능을 꺼놓는 경우가 많다고 알려져 있다. 따라서, 선박들의 일반적인 피항 패턴을 반영한 가까운 미래 시점의 충돌위험도 예측을 고려할 필요가 있다.

이 연구는 항해사와 관제사의 의사결정을 돕기 위해 선박들의 일반적인 피항 패턴을 반영한 가까운 미래 시점의 충돌위험 예측 기법을 제시하기 위한 것으로서, 퍼지와 DEVS형식론(Zeigler et al, 2000)의 접근 방법을 이용한 충돌예측 모델을 제안한다.

우선 2장에서 항행 선박의 항행안전정보시스템에 소개되었던 기존 시뮬레이션 개념과 퍼지 기반의 선박충돌 위험도 추정 관련 연구들을 소개하고, 3장에서 제안하는 선박충돌위험 예측 시뮬레이션 모델을 서술한다. 이어 4장에서 제안 모델에 대한 프로토타입 구현 결과를 보이고, 5장에서 결론 및 향후계획을 기술한다.

## 2. 기존 연구

### 2.1 항해상황예측 시뮬레이션과 DEVS

항해중인 선박이 다양한 항해 장비들을 통해 획득한 여러 유형의 선내외 안전 정보들을 통합하여 항행 상황의 판단 및 예측 할 수 있는 지능형 항행 안전 정보 시스템(INIS: Intelligent Navigation Safety Information System)가 소개된 바 있다(Kim. et al., 2010). Fig.1의 윗 부분은 INIS를 간략히 표현한 것이다. INIS는 전처리를 거친 항해 정보들을 네 단계의 융합 처리 - 선박 주변 객체들의 개체정제(1단계), 개체 간 관계를 통한 상황인식(2단계), 미래의 항해상황예측(3단계), 안전 항행을 위한 행동계획(4단계) - 가 이루어진다.

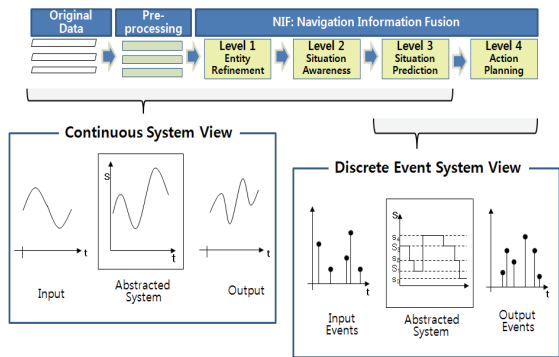


Fig. 1. INIS System and System View

한편, INIS에서 3단계의 상황 예측을 위한 이산 사건 시스템 관점의 해석의 필요성과 시뮬레이션을 위한 방안이 제안된 바 있다(Yi, 2010). Fig.1에서 보는 바와 같이,

개체정제와 상황인지 단계에서는 실시간으로 연속해서 들어오는 데이터들을 분석해야하므로 ‘연속시스템’ 관점의 분석이 필요하지만, 상황예측 단계에서는 항행 안전상 중요하게 상태를 변화시키는 사건 중심으로 분석 할 필요가 있기 때문에 ‘이산사건 시스템’ 관점의 분석이 필요하다.

이산적 관점에서 복잡한 시스템을 모델링 하기 위해서는 체계적인 접근 방법이 필요하며, DEVS(Discrete Event system Specification) 형식론은 연속적인 시간상에서 발생하는 이산 사건을 처리하는 시스템을 표현하기 위해 이론적으로 정립된 모델링 방법론이다. DEVS는 모델의 구조와 행동을 시뮬레이션 수행으로부터 추상화시키기 위하여 집합 이론을 바탕으로 정의한 모델링 방법으로서, 시스템을 계층적(hierarchical)이고 모듈화(modular)된 형태로 표현하기 용이하다.

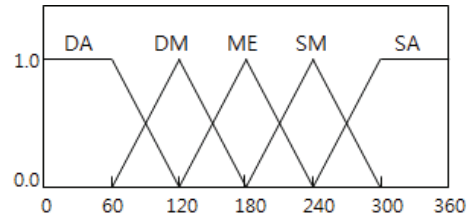
Yi는 이 중 3단계에서의 상황예측 시뮬레이션 방법에 관한 것으로서, 모델 베이스와 지식 베이스를 활용하는 접근 방법을 제시하였다(Yi, 2010). 하지만, 모델의 구체성이 떨어지고 타선박과 자선박의 모델을 달리하여 지나치게 자선박 중심의 전체 모델을 구성함으로써 선박 모델의 객관성이 결여되는 점이 있었다. 이 연구에서는 자선박이든 타선박이든 동일한 선박모델로 다루고, 선박 모델을 좀 더 구체적으로 정의한다.

2.2 퍼지 기반 선박 충돌 위험 추정

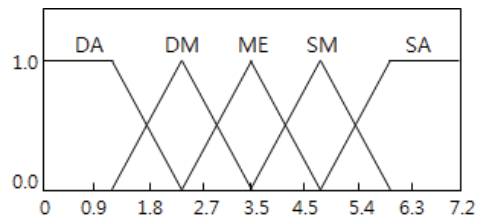
선박 충돌에서 많이 사용되는 Hasegawa 방식의 충돌 위험 추정을 위한 퍼지 추론은 Fig.2와 같은 소속함수와 퍼지규칙을 기반으로 한다(Hasegawa et al., 1989). 일반적으로 선박 간 속도와 방향에 따라 최근접점까지의 남은 시간인 TCPA(Time to Closest Point of Approach)와 최근접점에서의 두 선박 간의 거리인 DCPA(Distance at Closest Point of Approach)가 짧을수록 충돌위험은 커지는데, 이 두 값은 현대화된 항해장비들로 쉽게 획득 가능하다. 그림에서 SA, SM, ME, DM, DA는 위험정도를 다섯 단계로 각각 안전, 다소안전, 보통, 다소위험, 위험을 표현한 것이다. Fig.2에서 (a)는 초(sec.)단위의 TCPA 값의 위험정도에 대한 퍼지소속함수, (b)는 마일(mile)단위의 DCPA 값의 위험정도의 퍼지소속함수, (c)는 충돌 위험도 CR(Collision Risk)에 대한 퍼지소속함수이다. TCPA와 DCPA를 입력으로 하여 충돌위험도 CR을 추론하기 위한 퍼지규칙은 (d)와 같다.

예를 들어, 두 선박 간 TCPA가 162초이고, DCPA가

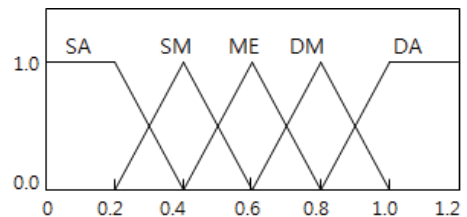
3.5마일이라고 가정해보면, 최근접시간에 따른 위험정도는 (DA:0.0, DM:0.3, ME:0.7, SM:0.0, SA:0.0)이고 최근접거리에 따른 위험정도는 (DA:0.0, DM:0.0, ME:1.0, SM:0.0, SA:0.0)이다. 맘다니형 추론 방식으로 추론하면 퍼지규칙에 따라 선박간 충돌위험정도는 (DA:0.0, DM:0.0, ME:0.0, SM:0.3, SA:0.7)이며 이를 통합하여 역퍼지화 하여 수치화하면 충돌위험도는 0.24이다.



(a) Membership Function for TCPA(s)



(b) Membership Function for DCPA(m)



(c) Membership Function for Collision-Risk

Collision Risk		TCPA				
		DA	DM	ME	SM	SA
DCPA	DA	DA	DM	ME	SM	SA
	DM	DM	ME	SM	SA	SA
	ME	ME	SM	SA	SA	SA
	SM	SM	SA	SA	SA	SA
	SA	SA	SA	SA	SA	SA

(d) Fuzzy Reasoning Table

Fig. 2. Fuzzy Inference of Ship Collision Risk (by Hasegawa)

### 3. 선박 충돌 위험 예측 모델 설계

이 장은 시뮬레이션 모듈과 퍼지추론 모듈의 연동을 기반으로 하는 선박 충돌 위험 예측 모델을 SCRIP(Ship Collision Risk Prediction)라는 이름으로 제안하고, SCRIP 모델의 구조와 핵심 구성요소인 선박 모델 Ship을 구체적으로 서술한다.

#### 3.1 SCRIP 모델

선박 충돌 위험도 예측을 위한 시뮬레이션 모델인 SCRIP 전체 구조는 Fig.3과 같다. 모델은 선박 객체들에 관한 입력을 받아 해당 객체에 대해 현재의 충돌위험도와 15분후의 충돌위험도를 시뮬레이션 하여 그 결과를 내보낸다.

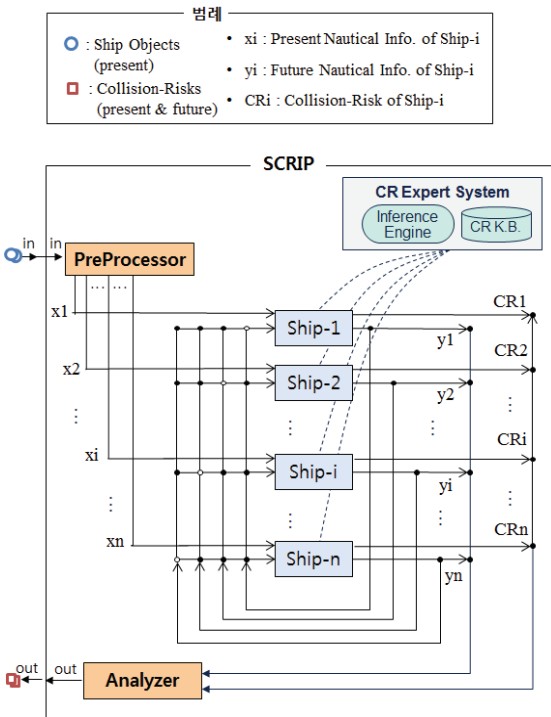


Fig. 3. Structure of SCRIP Model

SCRIP은 PreProcessor, Ship, Analyzer 세 종류의 서브 모델들로 구성된다. Ship-i는 Ship 모델의 i번째 선박을 의미하며, 항해 상황에 따라 동적으로 n개의 Ship 모델로 구성된다. PreProcessor 모델은 선박객체들의 정보를 입력 받아 Ship 모델에서 사용하기에 적절한 형태로

가공하여 내보내는 역할을 한다. Ship 모델은 시뮬레이션 대상이 되는 모든 개별 선박들과 연동이 되는데, 선박 모델 Ship-i는 자신 이외의 타 선박들과의 연관을 맺으며 변화되는 선박정보( $y_i$ )와 충돌위험도(CR $_i$ )를 예측한다. Ship-i 모델에서 출력되는 충돌위험도는 i선박 입장에서의 타선박별 충돌위험도와 통합 충돌위험도를 포함하고 있으며, 변화하는 선박정보와 충돌위험도 결과를 수집하여 전체의 충돌위험을 분석하는 역할은 Analyzer 모델이 담당한다. SCRIP을 구성하는 핵심인 Ship모델의 자세한 내용은 3.2절에서 설명한다.

한편, Ship 모델이 충돌위험도를 계산하기 위해 퍼지추론 기반의 충돌위험도 전문가시스템인 CR Expert System 모듈을 SCRIP 내의 구성요소로 한다. Fig.3에서 CR Expert System 모듈이 Ship 모델들과 점선으로 연결된 것은 이러한 연결 관계를 표현한 것이며, CR Expert System을 제외한 나머지 모델이 DEVS 모델들이다.

#### 3.2 Ship 모델

단일 선박을 표현하는 Ship 모델의 구조는 Fig.4와 같다. 모델의 상태변수 state는 Fig.5의 상태전이도에 표현된 네 가지 상태 - 정상운항(NORMAL), 회피운항(AVOIDING), 정상진로변경(N\_CHANGE), 회피진로변경(A\_CHANGE) - 중 하나를 갖게 된다. Ship 모델은 state 변수 외에 자선박의 정보인 MyShip, 자선박의 항로계획인 RoutePlan, 조우하는 타선박 정보인 TargetShips, 타선박과의 충돌위험도 T-CR, 통합충돌위험도 I-CR로 구성된다.

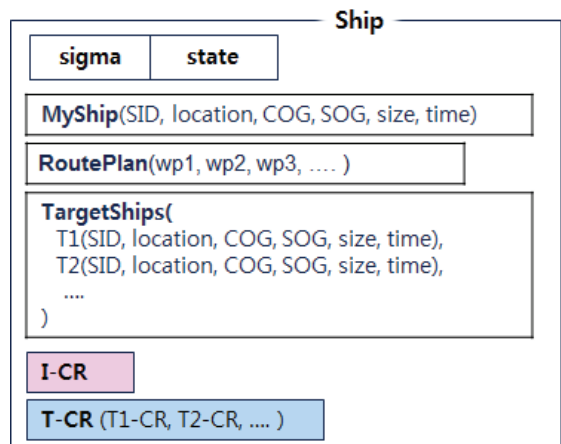


Fig. 4. Structure of Ship Model

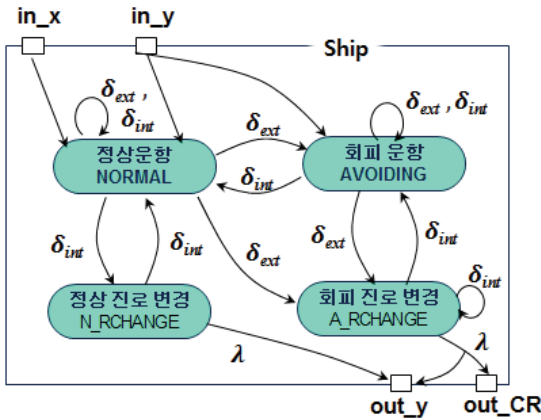


Fig. 5. State Transition Diagram of Ship Model

Ship 모델의 상태는 Fig.5와 같이 변화가 가능하다. 모델에는 네 개의 입출력 포트가 있는데, in\_x는 초기(t0) 자선박 정보가 들어오는 포트, in\_y는 시뮬레이션이 진행되면서(t0+Δt) 타선박의 진로변경이 발생할 때 해당 정보가 입력되는 포트, out\_y는 자선박의 진로변경이 일어날 때마다 선박정보가 출력되는 포트, out\_CR은 충돌위험도 변화 정보를 출력하기 위한 포트이다. 또,  $\delta_{ext}$ ,  $\delta_{int}$ ,  $\lambda$ 는 각각 외부 상태변이 함수, 내부 상태변이 함수, 출력 함수이다.

T-CR (개별선박 충돌위험도)	TCPA(최근접 시간)					
	DA	DM	ME	SM	SA	
DCPA (최근접거리)	DA	DA	DM	ME	SM	SA
	DM	DM	ME	SM	SA	SA
	ME	ME	SM	SA	SA	SA
	SM	SM	SA	SA	SA	SA
	SA	SA	SA	SA	SA	SA

(a) Fuzzy Reasoning Table for T-CR

Current I-CR (현재의 통합 충돌위험도)	T-CR(개별선박 충돌위험도)				
	DA	DM	ME	SM	S
Previous I-CR (이전의 통합 충돌위험도)	DA	DA	DA	DA	DA
	DM	DA	DA	DM	DM
	ME	DA	DM	DM	ME
	SM	DA	DM	ME	SM
	SA	DA	DM	ME	SM

(b) Fuzzy Reasoning Table for I-CR

Fig. 6. Fuzzy Reasoning Table for T-CR and I-CR

Ship 모델의 실행은 ‘정상운항’ 상태로 시작되며 in\_x 포트로 입력된 자선박 정보에 따라 운항계획에 맞춰 ‘정상진로변경’ 상태를 오가며 시뮬레이션이 진행된다. 그러다가 in\_y로 타선박 정보가 입력되면, 충돌위험을 추정하여 충돌 위험이 없는 경우 ‘정상운항’ 상태를 유지하고, 충돌위험이 있으면 ‘회피운항’ 또는 ‘회피진로변경’ 상태가 된다. ‘회피운항’은 충돌위험은 있지만 진로를 변경하지 않으면서 회피를 하는 것을 의미하고, ‘회피진로변경’은 진로변경을 하며 회피하는 것을 의미한다. 통상적으로 ‘회피운항’이 계속되는 선박은 유지선으로 불리고, ‘회피진로변경’이 필요한 선박은 피항선이라 불린다.

Ship 모델에서의 충돌위험도를 퍼지추론 방식으로 추정하기 위해 Fig.6와 같은 추론 규칙을 이용한다. 개별선박과의 충돌위험도 T-CR의 추론규칙 (a)는 Hasegawa 방식의 것을 그대로 활용하고, 통합충돌위험도 I-CR은 (b)의 규칙을 적용하여 퍼지추론에 의해 계산된다. 개별선박별 충돌위험도가 낮더라도 여러 선박과의 충돌위험이 겹치는 상황에서는 안전하게 회피할 가능성이 낮아 충돌위험이 높아지므로 이런 상황을 반영하기 위해 통합 충돌위험도가 필요하다.

모델 외부에서 입력이 들어왔을 때의 상태변화를 정의한 외부 상태변이 함수는 Fig.7의 의사코드와 같다. /\* 표시가 된 부분은 충돌위험도가 임계치를 넘어 위험상황인 경우 충돌회피를 위해 기존 진로를 유지해야 하는지 변경해야 하는지 판단이 필요한 부분이다. 이 판단은 국제해상충돌예방규칙(COLREGs 1972)을 기준으로 선박간 조우 각도에 따라 유지선이 될지 피항선이 될지 달라지는데, 이에 관해서는 관련 규정(IMO, 1972)과 이를 정리해놓은 기존 연구내용들(Yi, 2010; Kim et al 2011)을 이용하며 해당 판단 규칙은 표1과 같다.

Table 1. Collision Avoidance Rules between Ships (Yi, 2010)

IF	THEN
$112.5^\circ < \text{ang}(\text{MS}, \text{TS}) < 247.5^\circ$	MS: 진로유지 TS: MS 방해금지 및 회피
$0^\circ < \text{ang}(\text{MS}, \text{TS}) < 6^\circ$ $\parallel 354^\circ < \text{ang}(\text{MS}, \text{TS}) < 360^\circ$	MS: 우현 회피 TS: 우현 회피
$6^\circ < \text{ang}(\text{MS}, \text{TS}) < 112.5^\circ$	MS: 우현 횡단 TS: 진로 유지
$247.5^\circ < \text{ang}(\text{MS}, \text{TS}) < 354^\circ$	MS: 진로 유지 TS: 우현 횡단

\*  $\text{ang}(\text{MS}, \text{TS})$ : MS 선박을 기준으로 TS 선박의 상대 위치 각도

```

ship-external-transition (state s, time e, content x)
{
  if( x.port = 'in_x' )
  {
    MyShip = x.value;
    Calculate route_keep_time;
    hold-in(NORMAL, route_keep_time);
  }
  else if( x.port = 'in_y' )
  {
    Update MyShip.location;
    if( s=NORMAL or s=AVOIDING)
    {
      Assess T-CR related to x.value;
      Assess I-CR;
      if ( I-CR > threshold )
      {
        TargetShips. Add( x.value );
        if( need to change the route ) /*
        {
          Calculate route_change_time;
          hold-in( A_RCHANGE,
                  route_change_time);
        }
        else if( not need to change the route ) /*
        {
          Calculate route_keep_time;
          hold-in(AVOIDING,
                  route_keep_time);
        } }
      }
      else
      {
        Calculate route_keep_time;
        hold-in(NORMAL, route_keep_time);
      }
    }
    else if ( s = N_RCHANGE or
              s = A_RCHANGE )
      Continue;
  }
}

```

Fig. 7. Pseudo Code of External Transition Function for 'Ship'

모델의 내부상태변이는 Fig.8의 의사코드와 같이 실행된다. 정상운항(NORMAL) 일 때는 계획항로에 따라 정상진로변경(N\_RCHANGE)을 해가며 실행되고, 회피운항(AVOIDING)이거나 회피진로변경(A\_RCHANGE) 일 때는 충돌위험도를 재계산하여 추가의 '회피진로변경' 이 필요한지 아니면 '회피운항'상태로 변이하면 되는지 판단하며 상태 변화가 일어난다.

내부상태변이를 거치면서 진로변경이 있을 때마다 Fig.9의 출력함수에 의해 외부로 변환된 선박정보와 충돌 위험도를 내보낸다.

```

ship-internal-transition (state s)
{
  Update MyShip.location;
  if( phase = NORMAL )
  {
    Check RoutePlan;
    Calculate route_change_time;
    hold-in(N_RCHANGE, route_change_time);
  }
  else if( phase = A_RCHANGE or
           phase = AVOIDING )
  {
    Assess T-CR related to the TargetShips;
    Assess I-CR;
    if ( I-CR > threshold )
    {
      if( need to change the route ) /*
      {
        Calculate route_change_time;
        hold-in( A_RCHANGE,
                route_change_time);
      }
      else if( not need to change the route ) /*
      {
        Calculate route_keep_time;
        hold-in(AVOIDING,
                route_keep_time);
      } }
    }
    else
    {
      TargetShips.RemoveAll();
      Calculate route_keep_time;
      hold-in(NORMAL, route_keep_time);
    }
  }
  else if ( phase = N_RCHANGE )
  {
    Calculate route_keep_time;
    hold-in(NORMAL, route_keep_time);
  }
}

```

Fig. 8. Pseudo Code of Internal Transition Function for 'Ship'

```

ship-output (state s)
{
  if ( phase = N_RCHANGE )
    output( out_y, MyShip);
  else if ( phase = A_RCHANGE )
  {
    output( out_y, MyShip);
    output( out_CR, (I-CR, T-CR, TargetShips);
  }
}

```

Fig. 9. Pseudo Code of Output Function for 'Ship'

#### 4. 프로토타입 구현

이 장에서는 앞에서 제시한 충돌예측 모델에 대해 간단한 항해 상황을 가정하여 프로토타입을 구현한 예를 보인다.

프로토타입은 Windows7에서 VisualC++2010을 도구로 C++로 구현된 DEVS 환경인 DEVS-C++을 이용하였고, SCRIP모델 구성요소별 인터페이스 확인과 충돌위험도 계산을 위한 퍼지추론 모듈인 CR Expert System의 기능 확인을 위해 구현되었다.

항해 상황은 Fig.10와 같이 세 척(MS, TS1, TS2)의 선박이 조우하는 것을 가정하였다. MS를 기준으로 보면 두 선박과 조우하는데, 하나는 정면으로 조우하는 선박 TS1이고, 다른 하나는 우측 후방에서의 추월 선박 TS2이다. MS와 TS1 간은 서로 우회회피를 해야 하는 상황이고, MS와 TS2의 간에는 MS가 유지선이 되고 TS2가 우측으로 추월하는 피항선이 된다. 개별 선박별로는 위험도가 높지 않지만, 두 상황이 합쳐져 충돌위험도가 높아지는 상황이다.

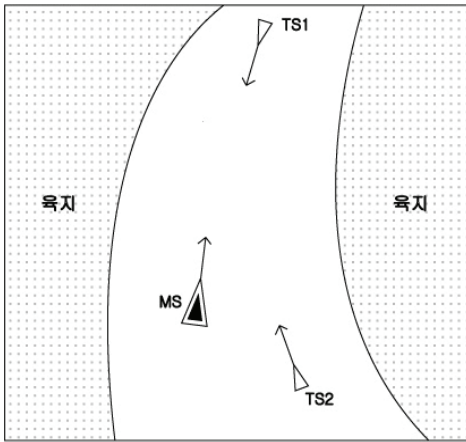


Fig. 10. Navigation Situation Example

앞의 상황을 가정하여 SCRIP모델을 실행시키려면 Ship 모델 세 개가 동적으로 생성되어야 하며 Fig.11은 세 선박의 정보를 입력하는 화면을 보이고 있다. Fig.10에서 MS, TS1, TS2가 Fig.11에서는 각각 ShipInfo-0, ShipInfo-1, ShipInfo-2라는 선박정보 이름으로 삽입되었다. Fig.12은 세 선박정보를 기준으로 생성된 세 선박모델 Ship-0, Ship-1, Ship-2이 연동되며 시뮬레이션이 실행되는 과정을 보이는 화면 예시이다. 선박들이 서로 간에 진로변경에 영향을 받으며 충돌위험도가 증가해가는

것을 확인할 수 있다.

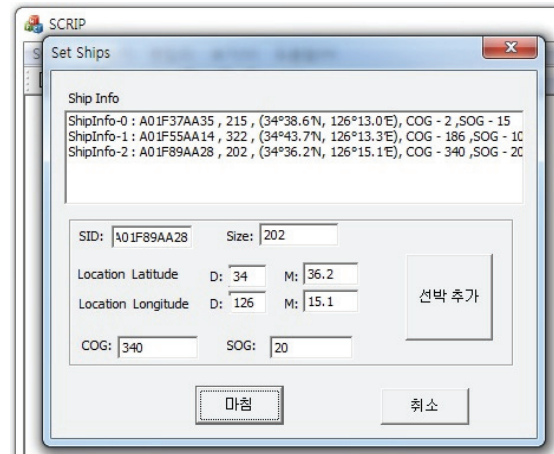


Fig. 11. Display Example of Setting Ship Information

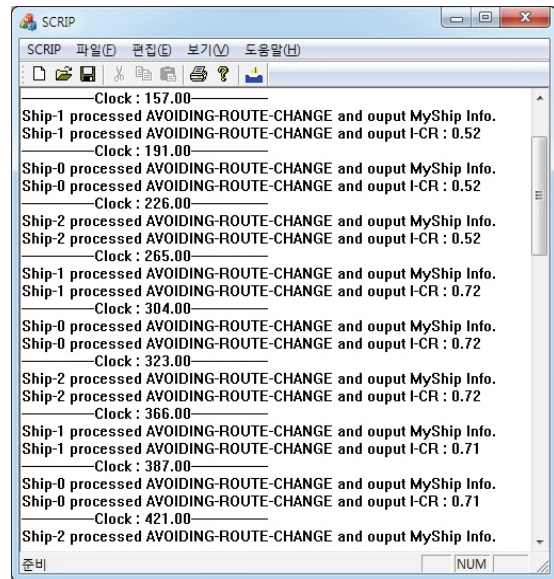


Fig. 12. Display Example of Running SCRIP Model

#### 5. 결론

이 연구는 항해사나 관제사의 의사결정에 도움을 주기 위하여 가까운 미래 시점의 충돌위험도 예측에 관한 것으로서, 기존의 충돌위험도 예측이 현재 시점의 선박정보가 유지되는 것을 가정한 것과 달리 교통규약의 피항 패턴을 가정한 선박정보의 변화를 반영하고자 한다는 점

에서 차이가 있다. 이를 위하여 퍼지추론과 시뮬레이션 기술을 이용하는 모델을 제안하였고, 프로토타입 구현으로 모델의 구조 및 퍼지추론 모듈의 기능을 확인하였다.

하지만, 충돌위험도 결과 값에 대한 검증이 되지 않았다. 이를 위해 향후 과제로서, 첫째 실제 AIS(선박식별장치) 데이터를 이용한 충돌위험 예측 값의 검증을 하고, 둘째 AIS 데이터 분석을 통해 실제로 선박들이 교통규약의 피항 패턴을 얼마나 준수하는 지를 파악하여 모델을 한 번 더 검증해야 한다.

한편, 최근에는 선박 상호간 항로계획 정보 및 충돌회피 의도 정보가 실시간으로 전달되는 기술이 연구되고 있는데, 제안한 모델에 이런 연구 결과를 반영한다면 좀 더 현실적인 예측이 될 수 있을 것으로 기대한다.

References

Kim, D.G., Jeong, J.S. and Park, G.K. (2011), "A Study on Ship Collision Avoidance Algorithm by COLREG", *Journal of Korean Institute of Intelligent Systems*, 21(2), 290-295  
 (김동균, 정중식, 박계각 (2011), 국제해상충돌예방규칙에 따른 충돌회피 알고리즘에 관한 연구, 한국지능시스템학회 논문지, 21(2), 290-295)

Kim, D.Y, Cho, D.W., Yi, M.R. and Park, G.K (2010), "Intelligent Navigation Safety Information System based on Information-Fusion Technology", *Journal of Korean Institute of Intelligent Systems*, 20(2), 226-233  
 (김도연, 조대운, 이미라, 박계각 (2010), "정보융합 기술 기반의 지능형 항행안전정보 시스템", 한국지능시스템학회 논문지, 20(2), 226-233)

Kim, H.J., Kim, S.Y., Son, N.S., O, J.Y. and Lee, M.J. (2011), "Analysis of User Requirements for the Decision-Making Support System for VTS Operator", *Proc. Of Spring 2011 Conf. On Navigation and Port Research*, 109-113  
 (김혜진, 김선영, 손남선, 오재용, 이문진 (2011), "관제사 의사결정 지원 시스템의 사용자 요구 분석을 위한 설문 분석", 한국항해항만학회 2011년도 춘계학술대회, 109-113)

Hasegawa, K. et al. (1989), "Ship Auto-navigation Fuzzy Expert System (SAFES)", *Journal of the Society of Naval Architecture of Japan*, Vol. 166.

Hasegawa, K. Fukuto, J., Miyake, R. and Yamazaki, M. (2012), "An Intelligent Ship Handling Simulator with Automatic Collision Avoidance Function of Target Ships", *International Navigation Simulator Lecturers' Conference (INSLC17)*, F23, 1-9

IMO (1972), Convention on the International Regulations for Preventing Collisions at Sea (COLREGs) <http://www.imo.org/en/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/COLREG.aspx>

Lee, S.J., Kim, H.S., Long, Z.J. and Lee, S.K. (2011), "A Study on the Korea Marine Accidents and the Countermeasures", *Journal of Navigation and Port Research*, 35(3), 205-211  
 (이성중, 김희수, 용전군, 이승건 (2011), 국내 해양사고 분석과 대책에 관한 연구, 한국항해항만학회논문지, 35(3), 205-211)

Son, N.S., Kim, S.Y. and Gong, I.Y. (2009), "Study on the Estimation of Collision Risk of Ship in Ship Handling Simulator using Fuzzy Algorithm and Environmental Stress Model", *Journal of Navigation and Port Research*, 33(1), 43-50  
 (손남선, 김선영, 공인영 (2009), 시뮬레이터 기반 퍼지알고리즘과 환경스트레스모델을 이용한 선박 충돌위험도 추정에 관한 연구, 한국항해항만학회지, 33(1), 43-50)

Yang, W.J., Kwon, S.J. and Keum, J.S. (2004), "An Analysis of Human Factor in Marine Accidents - Collision Accidents", *Proc. of Spring 2004 Conf. On Marine Environment & Safety*, 7-11  
 (양원재, 권석재, 금중수 (2004), 해양사고의 인적요인 분석에 관한 연구 - 선박충돌사고를 중심으로, 양환경안전학회 2004년도 춘계학술발표회, 7-11)

Yi, M.. (2010) "Study of Situation Prediction Simulation for Navigation Information System of Ship", *Journal of the Korea Society for Simulation*, 19(3), 127-135  
 (이미라 (2010), 선박의 항행정보시스템을 위한 상황예측 시뮬레이션 방안 연구, 한국시뮬레이션학회, 19(3), 127-135)

Zeigler, B. P., Preahofer, H. and Kim, T.G. (2000), *Theory of Modeling and Simulation*, Second Edition, Academic Press





**이 미 라** (yimira@mmu.ac.kr)

- 1998 성균관대학교 정보공학과 학사
- 2000 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터공학과 석사
- 2005 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터공학과 박사
- 현재 목포해양대학교 해양컴퓨터공학과 부교수

관심분야 : 모델링시뮬레이션, 인공지능, 항해안전시스템