

## 시뮬레이션 기법을 적용한 선박 조종 신뢰성 향상 연구

최항섭, 박동호, 박진호, 진민정  
현대중공업(주) 기계전기연구소

### A Study for Reliability Improvement of Ship Maneuvering Applying Simulation

Hang-Soeb Choe, Dong-Ho Park, Jin-Ho Park, Min-Jung Jin  
Elector-Mechanical Research Institute, Hyundai Heavy Industries Co., Ltd.

**Abstract** - 국제해사기구(IMO: International Maritime Organization)의 선박 조종성능에 관한 기준이 발표되고, 최근 환경에 대한 관심이 지속적으로 증가하는 것과 더불어 항해 안전성, 특히 해난사고에 기인한 해양오염 방지에 관한 관심이 증가함에 따라 초기 설계단계에서부터 선박의 조종성능을 정확히 추정하는 것이 매우 중요하게 되었다. 본 논문에서는 선박 조종성능을 추정할 수 있도록 선박 고유 조종 운동 특성을 선박운항에 관련한 항해센서와 함께 선박 운항에 동일한 운전 조건으로 구성하고 HILS(Hardware In the Loop Simulation)을 적용하여 선박조종 신뢰성을 향상시킬 수 있는 방법을 제시한다.

Simulation을 위하여 통합항해시스템에 사용되는 항해정보와 관련된 IEC61162 통신규격, 항해장비와 관련된 데이터 형태를 <표1>와 같이 정리한다.

Item	Details	Source	IEC61162
Position	Position	GPS, Loran C	GLL, GGA
	COG	GPS	VTG
Time	UTC	GPS	ZDA
	Time Zone	GPS	ZDA
Speed	SOG	GPS, D-Log	VTG, VBW
	STW	Log/D-Log	VBW
Heading	True Heading	Gyro	HDT
	Rate of Turn	Gyro	ROT
	Turn Radius	ECDIS	.
Depth	Sounder Depth	Echo Sounder	DPT
...	...	...	...

<표 1> 항해장비 구성

**1. 서론**  
시스템의 설계에 CAE(Computer Aided Engineering) 기술의 활용은 비용절감과 개발기간의 단축이라는 점에서 매우 중요하며 구조해석, 동특성해석 등 많은 분야에서 이용되고 있고, 특히 자동차, 항공 분야의 설계 및 시뮬레이터를 이용한 시스템 개발에 있어서도 이러한 CAE는 활용되고 있다. 선박 분야에서도 선박조종 모델링 및 Simulation의 정확성 여부는 선박의 개발 기간과 비용을 저감 및 선박의 신뢰성을 향상시킬 수 있는 중요한 역할을 한다. 본 논문에서는 기존 선박조종의 문제점을 보완할 수 있는 HILS(Hardware In the Loop Simulation)를 적용하여 선박 조종성능을 추정하고, Autopilot를 연계하여 선박 조종성능 결과를 추정할 수 있도록 하여 조종성능의 신뢰성을 향상시킬 수 있는 방법을 제시한다.

#### 2.1.3 선박 조종성능 Simulator의 HILS 구성.

선박 조종성능 Simulator의 HILS 구성은 선박 조종운동 특성과 그 결과를 Simulation 할 수 있는 인터페이스와 통합항해시스템으로 나눈다. 선박 고유의 조종운동 특성 결과는 선박의 위치, 속도, 선수가 등이 있다. 선박의 위치 정보는 조종운동 특성 결과로 산출된 적교좌표 데이터를 선박위치 (Position)좌표로 변환하고, 위치 좌표 이외의 시간, 벡터 데이터를 고려한 선박의 속도, 선수가, 풍속/풍향, 방향타 등의 정보를 실제 항해시스템에서 사용되는 IEC61162 통신프로토콜을 기반으로 변환하며, 변환된 정보는 실제 항해장비의 입출력 정보를 Simulation한다. 모든 항해정보는 특성에 따라 통합항해시스템의 전자해도, 코닝에 필요한 정보로 입력되는 시간(ZDA), 위치(GGA), 속도(VBW, VTG), 선수가(HDT), 풍향/풍속(MWV), Depth(DPT), 방향타(RSA), 아날로그 입력 RPM(Revolution per Minute), 아날로그 입력 Thruster(XDR), Heading/Track Control Data(HTD), Heading/Track Control Command(HTC)를 Read Domain에 전송하고, 그 정보를 전자해도에 표시한다. 그리고 속도(VBW), 선수가(HDT), Heading/Track Control Data(HTD), Heading/Track Control Command(HTC)를 Write Domain으로 전송하여 Autopilot에 외부 통신(RS-422)으로 전송하여 실제 선박 조종성능을 Simulation할 수 있는 환경으로 구성된다.

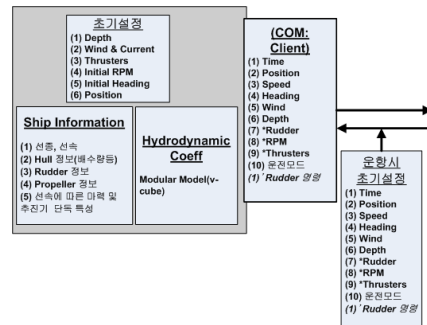
## 2. 본론

### 2.1 HILS(Hardware In the Loop Simulation) 적용

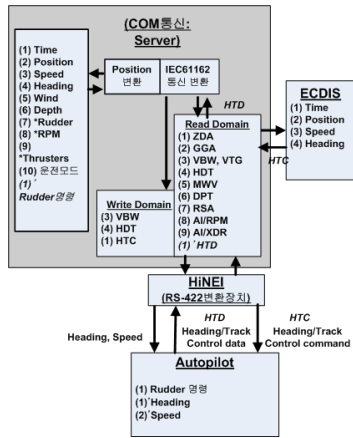
HILS(Hardware In the Loop Simulation)는 동역학적 Modelling이 힘든 부분을 시스템의 Loop상에 Hardware로 연결하여 Simulation을 수행하는 개념으로 개발된 것으로 실내시험에서 선박의 Model을 이용하여 실제 운항하는 시험하는 것과 같은 효과를 얻을 수 있다. 따라서 선박 조종운동 특성 및 Simulation을 적은 비용으로 처리할 수 있고, 동시에 전체 선박 조종을 실시간으로 운항하는 상태와 같은 운항을 시험 Simulation할 수 있게 되어 선박 조종의 신뢰성을 향상시킬 수 있다. 선박 조종에 있어서 신뢰성 확보는 매우 중요한 문제이다. 서브시스템만을 Modelling하여 서브시스템의 알고리즘 자체의 강인성이 충분히 검증되었다 하더라도 Simulation에 고려되지 않은 다른 인자에 의하여 시스템이 간섭을 받게 되면 선박은 심각한 위험에 처할 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 선박 Model을 이용하여 좀 더 정확한 Simulation을 수행하고 그 결과를 실제 운항시험을 통하여 검증하는 방법이 있으나, 앞에서 언급한 바와 같이 이러한 방법은 대단히 많은 비용과 시간이 소요된다. 이러한 문제를 궁극적으로 해결하고 개발, 시험 비용의 절감을 통한 전체 신뢰성을 향상시키기 위하여 HILS를 적용하였다.

#### 2.1.1 선박 조종 운동 특성

선박의 유체역학적 조종특성을 파악하고 조종운동을 Simulation 하기에 앞서 먼저 대상이 되는 선박의 Modeling이 필요하다. 선박 Mode 정보에는 선종, 선속 등을 포함하는 일반 정보(general information), 배수량, Lpp(length between perpendiculars) 등의 선체 정보(hull information), 타 정보(rudder information), 추진기 정보(propeller information), 선속에 따른 마력 및 추진기 단독 특성(speed/power performance & propeller open water characteristic) 그리고 RPM 정보가 있다. 또한 선박의 조종운동을 모사하기 위한 운동방정식으로 수학모형은 whole ship model(v-cube), modular model(v-cube) 및 modular model(-square)로 구성된다.



#### 2.1.2 항해장비 구성



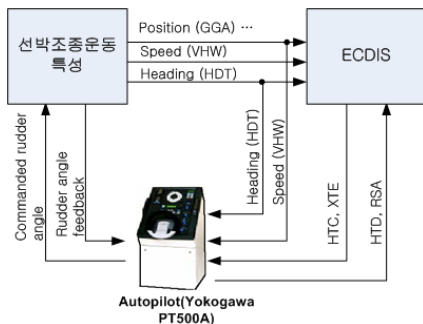
〈그림 1〉 선박 조종성능 Simulator의 HILS 적용 구성

2.2 Autopilot 연계 조종

선박의 운항은 목적지까지 보다 안전하고 신속하게 운송하는데 목적이 있겠으나 선박은 항상 유동적인 해양을 운항하기 때문에 풍랑, 풍속 등의 외란 상태나 선박 그 자체 특성에 따라서 선박의 안전성과 항해 상태에 큰 영향을 받을 수 있다. 이러한 선박운항 상의 제반 제약 조건을 고려하여 운항을 안전하게 할 수 있는 장비가 Autopilot이다. Autopilot은 설정한 목표방위에 대하여 자동적으로 Rudder를 제어하여 선박의 진로를 일정하게 유지하도록 되어있다. 본 논문에서는 Autopilot(Yokogawa PT500A)와 조종성능 시뮬레이터 및 통합항해시스템을 연계하여 실제 선박에서 동일한 조건으로 Simulation하여 Autopilot의 Rudder 제어를 추정하고, 해당 Parameter를 추정하는 과정을 설명한다.

2.2.1 HILS를 적용한 Autopilot 연계 구성

〈그림1〉의 HILS적용 구성과 같이 선박 운동특성의 결과를 Autopilot과 연계하기 위하여 〈그림2〉와 같이 구성한다. 선박 조종운동 특성에서 생성되는 선박의 위치(GGA)와 속도(VHW)와 선수각(HDT)를 Autopilot에 송신하며, 수신된 정보를 Autopilot는 Heading/Track Control Data(HTD)와 Rudder(RSA)정보를 ECDIS로 송신한다. 〈표2〉는 ECDIS와 Autopilot 간의 상호간 통신 특성을 설명하는 것이다.



〈그림 2〉 Autopilot 연계 구성

	ECDIS to Autopilot	Autopilot to ECDIS
Signal type	Serial	Serial
Signal speed	4800bps	4800bps
Signal Interval	HTC=2sec	RSA=1sec,HTD=2sec
Circuit	RS422	RS422

〈표 2〉 통신 특성

2.2.2 Autopilot 조종

선박조종 시뮬레이터를 이용하여 Autopilot의 Rudder를 제어 시험을 할 수 있다. Autopilot(Yokogawa PT500A)의 Rudder를 제어 Parameter는 아래 표〈표3〉과 〈표4〉와 같다. Manual Steering Mode인 경우 Autopilot의 Rudder를 수동 조종하여 선박 조종 시뮬레이터와 연계된 ECDIS와 Conning에 표현된 항해정보로 선박의 상태를 시험 및 특성을 추정할 수 있다. 또한 Heading Control Mode인 경우 선박 조종 시뮬레이터와 Autopilot를 연계하여 Autopilot의 Rudder 제어 Parameter를 유추할 수 있으며, 유추된 Parameter로 Heading Control 기능을 시험할 수 있고, 시험 결과를 토대로 Autopilot의 Parameter를 보정 할 수 있다.

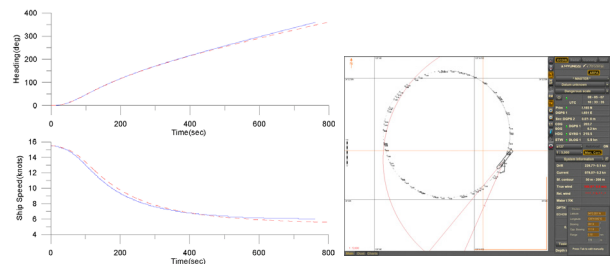
Ship's parameter	Ship Class A	Ship Class B	Ship Class C
Kind of ship	FERRY	CONTAINER	TANKER
Lpp	54.72m	198m	320m
Breath	10.20m	32.2m	58m
Displacement	950t	48,110t	296,860t
Navigation speed	14kt	19.2kt	10kt
...	...	...	...

〈표 3〉 Ship model

Control Parameter	Ship Class A	Ship Class B	Ship Class C
Navigation speed	14	19	10
Lpp	60	200	320
Initial setting of the ship's gain constant	0.16	0.08	0.02
...	...	...	...

〈표 4〉 Autopilot의 Control parameter

예를 들면, 실제 선박이 Ship Class C에 해당하지만 Navigation speed가 최대 10kn가 아니라면 제어를 위한 ship's gain constant 등의 parameter가 달라질 수 있고, Heading Control Mode에서 제어특성을 추정할 수 없다. 선박 조종성능 Simulator를 적용하면 Autopilot의 Rudder 제어를 실시간으로 확인할 수 있으며, 특성의 추이를 추정할 수 있으며, 또한, Manual Steering Mode로 조종성능 추정 방법인 Turning(선회)과 Zig-Zag 시험을 실제 운항과정처럼 시뮬레이션이 가능하다. 〈그림3〉은 초기 Full Speed, Rudder 방향을 우현 35도로 Turning(선회) 시험한 결과를 ECDIS 결과와 선박의 선수각과 속도로 표현한 것이다.



〈그림 3〉 Turning 시험

3. 결 론

본 논문에서는 HILS를 적용하여 선박 조종성능 시뮬레이터를 적용하여 선박의 조종운동 특성을 항해시스템과 함께 Simulation하였다. 국제선박 업계간의 기술경쟁 심화와 선주의 모델에 대한 다양한 요구를 만족시키기 위하여 선박 조종성능 Simulator 개발의 필요성이 강조된다. 따라서 선박 조종성능 Simulator는 개발 단계에서 단기간에 신뢰성을 확보하기 위해서는 HILS 시스템이 필수적이다. 선박 시스템의 지능화는 궁극적으로 선박의 안전과 편리성을 위한 것이며 기본적으로 선박 조종운동 제어를 통하여 가능하다. 그러나 향후에는 선박 시스템의 지능을 향상시키기 위한 선박의 정보 습득 능력이 매우 중요하게 될 것이다. 따라서 앞으로 선박시스템의 지능화에 있어서는 조종성능 시뮬레이션 기술을 기본으로 하여 통합항해시스템과 연계한 선박의 운항 중에 예측 할 수 있는 전체 시스템 통합 기술이 매우 중요하게 될 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] IEC 60092-101, Electrical installations in ships- Part 1: Definitions and general equipments.
- [2] IEC 60812, Failure Mode Evaluation Analysis.
- [3] IEC 60872-3, Electronic plotting aid(EPA) - Performance requirements - Methods of testing and required test results.
- [4] IEC 60936-1, Shipborne radar - Performance requirements - Methods of testing required test results
- [5] Meijing Li, Xiuheng Wu, "Simulation Calculation and Comprehensive Assessment on Ship Maneuverabilities in Wind, Wave, Current and Shallow Water", Proceeding of MARSIM & ICSM 90, pp. 403~412, 1990
- [6] IEC 61924 CD2, Maritime navigation and radiocommunication equipment and systems- Integrated Navigation System
- [7] 최항섭, IEC61924 규격을 적용한 항해데이터 검증 방법, 대한조선학회 춘계학술대회, 2006