

해양분야에서 생태적 인터페이스 설계 (Ecological Interface Design) 방안

홍승권*

*한국교통대학교, 산업경영·안전공학부, 산업경영공학전공 교수

요 약 : 사용자 인터페이스를 설계하는 방법의 하나로써 생태적 인터페이스 설계(Ecological Interface Design) 방법이 제안되었고, 다양한 분야에서 이 방법을 활용하여 인터페이스를 설계하고 있다. 그러나 해양분야에서는 EID 사례가 많지 않았다. 따라서 본 연구에서는 생태적 인터페이스 설계의 절차를 살펴보고, 해양분야에서 수행한 몇 가지 EID의 사례를 소개하였다. 마지막으로 선박충돌을 예방하기 위한 EID의 가능성에 대해 제시하였다.

핵심용어 : 생태적 인터페이스 설계, 충돌방지, 다수 표적, SRK model, 작업영역분석

1. 서론

- 생태적 인터페이스 설계(Ecological Interface Design: EID) 제안(Rasmussen & Vicente, 1989)
 - 복잡한 인간-기계 시스템의 인터페이스를 디자인하기 위한 하나의 방법론
 - EID는 열 유압 공정제어 시스템(Thermal-Hydraulic Process Control Systems)의 인터페이스 설계를 위해 처음 활용(Vicente & Rasmussen 1990).
- 그 이후에 통신 시스템 (Kuo, 2001; Barns et al., 2003), 교통 시스템 (Moradi-Nadimian et al., 2002; Ho & Barns, 2003), 의료 시스템 (Sharp & Helmicki, 1998; Miller, 2004) 등 다양한 시스템들의 인터페이스를 설계하기 위해 활용.

해양분야에서 EID 활용가능성

- 해상의 항해시스템은 대표적으로 복잡한 인간-기계 시스템이고, 복잡한 사회기술 시스템 (Sociotechnical Systems).
- 타선의 선원들, 자선주위의 다양한 타선의 선원들, ARPA (Automatic Radar Plotting Aids) radar, ECDIS (Electronic Chart Display & Information System), AIS (Auto Identification System) 와 같은 자동화장비를 포함한 다양한 항해장비들, 다양한 항해규정 그리고 조류, 파도와 수심, 암초와 같은 환경적 요소들로 구성된 복잡한 시스템
- 따라서 해상의 항해시스템은 EID 방법론을 적용하여 인터페이스를 설계할 만한 시스템 (Lee, 1995; Hockey et. al., 2003).

생태학적 인터페이스 설계의 특성

- 생태적 인터페이스 설계는 복잡한 사회기술 시스템 (Sociotechnical Systems)이면서, 시간에 따라 동적으로 변화하는 시스템 (dynamic systems)의 실시간 인터페이스를 설계하는 하나의 설계 방법
- 작업 환경의 다양한 요인들의 복잡한 관계와 작업환경의 제약성 (Constraints)을 시스템의 사용자가 시각적으로 (다른 감각정보도 가능) 용이하게 식별할 수 있도록 인터페이스를 설계하려는 목적으로 개발된 인터페이스 설계방법
- EID의 장점
 - 시스템에서 예상 가능한 사건(Event)이 발생하였을 때, 뿐만 아니라 예상치 못한 사건이 발생하였을 때에도, 높은 사용자 수행도 (user performance)와 높은 시스템 신뢰도 (system reliability)를 기대.
 - 생태적 인터페이스는 사용자의 정신적인 작업부담(mental workload)을 줄여주고, 지적인 유추활동(knowledge-based reasoning)을 지원.

두 단계의 설계과정 (단계 1: 작업 영역분석)

- 작업영역 분석을 위해 가장 많이 사용되는 도구는 추상적 계층(abstraction hierarchy) 프레임워크
- 추상적 계층 프레임워크에 의해 분석하고자 하는 해당 시스템을 5단계의 계층으로 분석
- 기능목적(functional purpose), 추상기능(abstract function), 일반기능(generalized function), 물리적 기능(physical function) 그리고 물리적 형태(physical form).
- 계층간의 관계는 목적-수단의 관계를 나타내며, 작업영역 분석을 통해 환경요인들 간의 관계성을 파악할 수 있고, 작업영역의 제약성을 도출할 수 있음.

* 교신저자 : skhong@ut.ac.kr

두 단계의 설계과정

(단계 2: 인터페이스에 내용표현)

- 인터페이스에 어떠한 내용을 어떻게 표현할 것인가에 대한 설계단계다. 인터페이스에 표현되는 내용들은 작업영역분석에서 도출된 작업영역의 제약성 또는 환경요인들간의 관계성을 표현
- 그리고 이러한 내용들은 사용자의 인지능력 및 정신운동 (psychomotor) 능력의 한계를 고려한 인터페이스가 되어야 함.
- 따라서 Rasmussen (1983)의 SRK 모델을 활용
 - Skill based behavior
 - Rule based behavior
 - Knowledge based behavior
- 일반적으로 두 단계의 설계절차를 통한 EID를 설계하고 있지만, 많은 연구자들은 항상 두 단계를 절차에 추가적인 절차를 사용하기도 함.

Smart Glasses to support maritime pilots in harbor maneuvers (Ostendorp et al 2015)

- 작업영역분석
 - *Functional Purpose* is described.
 - *Abstract Function* : the underlying laws and principles that govern the goals of the system.
 - *Generalized Function level* : the identified processes
 - *Physical Function and the Physical Form* : physical components associated with the identified processes, its capabilities and its condition, location, and physical



AR main design for navigation in confined waters.

Tide prediction display based on EID (Morineau et al 2009)

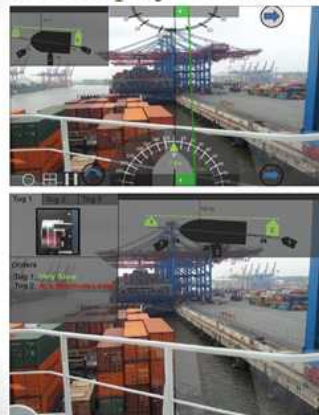
- 작업영역 분석 (Work Domain Analysis)
 - The monthly envelope of extreme water flows (F1: abstract function).
 - The daily evolution of sea level (F2: process)
 - Tidal range (F3: physical function)
 - Tide time (F4: physical function)
 - Water flow on the shore (F5: physical form)



유용성 검증

- Global mean number of errors,
- Mean response times
- Format preference rankings

AR Display for harbor maneuvers



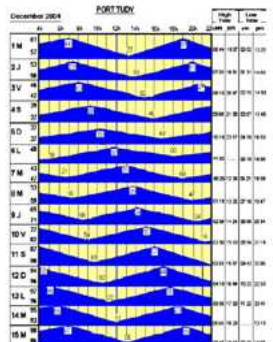
AR design for berthing.

AR design based on communication analysis.

The classical printed tide table

Date	High Tide		Low Tide	
	Meaning	Coef	Meaning	Coef
1.S	4:54	98	17:47	78
2.D	6:18	98	17:06	89
3.L	7:48	95	17:17	98
4.M	9:17	89	17:08	89
5.M	10:39	81	17:04	81
6.J	12:07	68	17:08	61
7.V	13:38	52	17:09	47
8.S	15:17	35	17:08	34
9.D	16:53	20	17:04	25
10.L	18:28	7	17:00	18
11.M	19:59	0	17:00	12
12.M	21:28	18	17:03	24
13.J	22:56	46	17:07	50
14.V	24:23	81	17:13	79
15.S	25:48	98	17:21	97

A non-classical tidal display: the Mare egraf



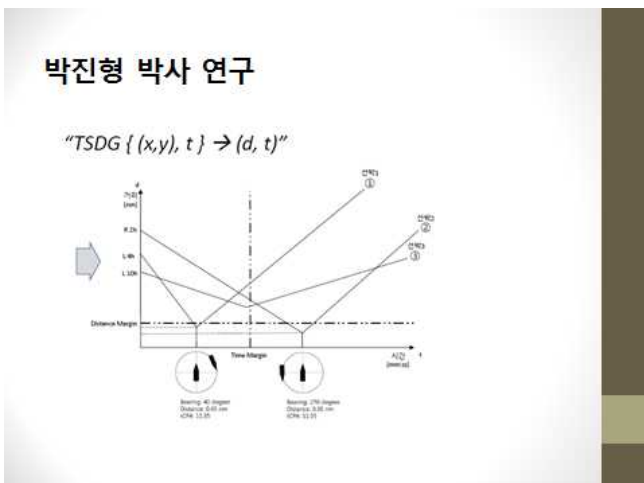
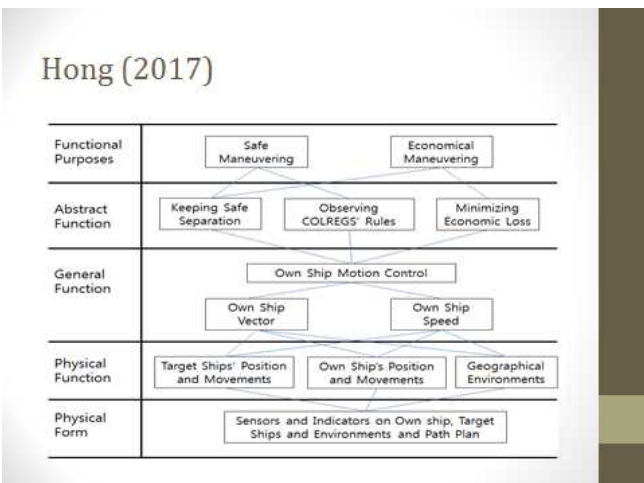
Sources	Petersen & Nielsen (2001)	Van Dam et al. (2006)
Goals of WDA	For maneuvering	For vessel traffic management
Functional Purpose	Vessel position, distance to other objects, and orientation (course)	Safe & efficient traffic flow, Protect environment, Maintain security
Abstraction Function (Vessel movement)	Movements from one place to another and turning (course change)	Vessel maneuverability & area capacity (resources), separation with traffic and ground (risk), limit path & time deviation (costs)
Generalized Function (Force exertion)	Controllable and uncontrollable force acting on the vessel	Description of traffic behavior and vessel motion in relation with time and space constraints of environment (capacity, slots, grounding & separation)
Physical Function (Force production)	Force production of rudder, main propeller, thrusters, tugs, hawsers, anchors (control devices), wind, current and hull (disturbances)	Navigation model: state of vessel, Water-space model: other vessels, slots, depth, Vessel performance model: speed and turn dynamics
Physical Form	Appearance and location of physical entities	-

Sources	Van Dam et. al. (2008)	Ibrahim (2013)	Higgins & Ibrahim (2014)
Goals of WDA	For airborne trajectory planning	For flight collision avoidance display	For flight collision avoidance system
Functional Purpose	• Safe, productive and efficient airspace travel	• Navigation, collision resolution (left turn, right turn)	• Detect potential violation separation, • Provide resolution guidance
Abstraction Function	• Spatial separation, • Destination approximation, • Path deviation minimization	• $F(x) = \beta, \phi, u$ • Physical laws of collision avoidance	• Protective zone • Physical laws of collision avoidance
Generalized Function	• Aircraft (loco)motion • Path control	• Relative velocity vector and trajectory (own-aircraft heading and speed vector, other aircraft heading and speed vector)	• Ownship vector relationship between ground velocity, air speed & heading (Ownship position relative to intruder; Ownship velocity relative to intruder)
Physical Function	• Lift, drag, visibility, destination position, ETA, aircraft information, terrain geography	• Speed, • Flight level • Heading	• Ownship heading, • Ownship air speed, • Ownship position, • Ownship ground velocity, • Intruder position, • Intruder ground velocity
Physical Form	• Air, wind, weather, destination, aircraft, terrain	• Heading indicator, speed indicator, ADS-B, Turn coordinator	• Ownship heading sensor, • Ownship air speed sensor, • Ownship position sensor, • Ownship velocity sensor, • Intruder position sensor, • Intruder velocity sensor

선박의 충돌 회피를 위한 EID

- CTA (Collision Threat Parameters Area) 등 고려한 충돌사고 예방 지원 시스템 (Lenert 1983, Szelepczynski & Szelepczynski 2015)

- 다수 선박의 충돌위험을 표시하고 있음
- 충돌회피 방법 (자선의 속도 및 방향)에 대한 정보 제공
- COLREG를 고려하고 있음.
- 시간적으로 더 급한 회피선박을 할 수 있음.



◆ 비행기 충돌방지 시스템에서의 EID 설계

- 기존에 비행기간의 이격거리를 유지하는 업무는 전적으로 비행 조종사의 공간 상황인식에 의존했음.
- 조종사의 판단을 지원하는 EID 설계

FCAS (Flight Collision Avoidance System) without EID FCAS with EID

향후과제 (새로운 EID에 고려할 사항)

- ECDIS에 표시 (다양한 정보를 표시해야함)
- 다수 선박의 충돌위험을 표시
- 시간적으로 더 급한 회피선박 표시
- 충돌회피방법 (자선의 속도 및 방향)에 대한 정보 표시
 - 할로이탈을 최소화
 - 속도조절보다는 방향조정을 우선
 - 회피동작 전에 예상결과 표시
 - COLREG를 고려한 충돌회피
- 항해사가 직관적으로 인지할 수 있도록 표시.
 - Skill-based behavior가 가능하도록 그래픽 및 문자정보 표시
 - 현재 항해사들의 위협인식과 항로결정 방법과의 일관성유지

후 기

본 논문은 해양수산부의 '해양안전사고 예방시스템 기반연구(2단계)' 과제의 연구결과임을 밝힌다.