

e-Navigation 사용성 평가를 위한 유효성 메트릭 정의 및 사례

정지은[†], 이서정^{**}

Definition and Case Study of Effectiveness Metrics for e-Navigation Usability Testing

Jieun Jung[†], Seojeong Lee^{**}

ABSTRACT

To achieve software quality and human-centred design for electronic ship navigation called e-navigation, an international guideline of software quality assurance and human-centred design was approved in 2015. Usability is a common goal of both software quality assurance and human-centred design as developing e-navigation system and software developments. Therefore, research is needed to evaluate the usability of e-navigation systems and software such as metrics that can use usability testing. This paper derives effectiveness metrics for e-Navigation usability testing based on international standards. The research method is to analyses and compares the effectiveness measurement and metrics in ISO 9241-11 for human-centered design and ISO/IEC 25022 and 25023 for software quality to find out measurements and metrics being defined commonly. The derived metrics are applied to Electronic Chart Display and Information System as a case study based on performance standard.

Key words: Usability Testing, Software Quality Assurance, Human-Centred Design, E-navigation

1. 서 론

국제해사기구(IMO, International Maritime Organization)는 인적과실에 의한 해양사고를 줄이고 해양 환경을 보호하고자 하는 목적으로 e-Navigation 전략을 추진해오고 있다. e-Navigation의 정의는 선박의 출항부터 입항에 이르는 전 과정의 안전과 보안, 해양 환경 보호와 관련된 서비스들을 강화하기

위하여 해양 정보를 전자적인 수단을 이용하여 수집, 통합, 교환, 전시 및 분석하는 것이다[1]. e-Navigation 전략 도입에 의해 항해 시스템과 소프트웨어의 사용도 및 의존도가 증가하고 있으며, 소프트웨어 품질의 중요성 또한 대두되고 있다. 해양사고는 인적과실에 의한 사고 발생률이 약 80%에 달하며 항해 시스템 및 소프트웨어의 개발에 인적요소를 고려하는 것이 필요하다[2]. 이러한 점을 바탕으로 e-Navi-

※ Corresponding Author : Seojeong Lee, Address: (49112) S631, College of Engineering(No. A1) Korea Maritime and Ocean University 727 Taejong-ro, Yeongdo-gu, Busan, Korea, TEL : +82-51-410-4578, FAX : +82-51-410-3986, E-mail : sjlee@kmou.ac.kr

Receipt date : Mar. 8, 2017, Revision date : Jun. 30, 2017
Approval date : Jul. 7, 2017

[†] Dept. of Computer Eng., Graduate School, Korea Maritime and Ocean University

(E-mail : jejung@kmou.ac.kr)

^{**} Div. of Marine Information Technology, Korea Maritime and Ocean University

※ This Research is an outcome of 'the New Product/Technology Development Projects with a Purchase Condition' project sponsored by the Small and Medium Business Administration (2016-2017). This Research is an outcome of 'Development of SW platform and system for ship safe navigation using meteorological, environmental and ship information based on IEC61162-450 standard' project sponsored by the National IT Industry Promotion Agency (2017).

gation 소프트웨어 품질 보증(SQA, Software Quality Assurance) 및 인간 중심 설계(HCD, Human-Centred Design) 가이드라인이 개발되었으며 IMO의 회람문서로 공식 승인되었다[3]. 이는 2018년부터 이행될 예정인 e-Navigation 기반 시스템 및 소프트웨어의 개발과 관리 실무에 SQA와 HCD를 적용하게 되는 것을 의미한다.

이처럼 곧 e-Navigation 기반 시스템 및 소프트웨어에 SQA와 HCD를 적용해야 하는 가운데 적용 결과를 평가할 수 있는 기준이나 프로세스, 매트릭 등 품질 평가와 관련된 연구가 부족한 실정이다. 이는 e-Navigation SQA 및 HCD 가이드라인의 개발이 비교적 최근이며, 선급에서 수행하는 선박 해양 소프트웨어 형식 승인이 소프트웨어 기능의 작동 유무만을 확인해온 점에 기인한다.

e-Navigation 시스템 및 소프트웨어의 개발에 SQA와 HCD를 공통으로 적용하는 것은 향상된 안전성과 좋은 품질, 특히 좋은 사용성을 갖는 시스템을 얻고자 함이다. 따라서 e-Navigation 시스템 및 소프트웨어의 품질 및 사용성을 적절하게 평가할 수 있는 기준이나 측정 매트릭 등 품질의 측정 및 평가와 관련된 연구가 필요하다.

사용성의 척도는 사용성 정의에 따라 유효성, 효율성, 만족도이다. 본 논문에서는 이러한 연구의 필요성에 따라 SQA와 HCD를 공통으로 적용한 e-Navigation 기반 소프트웨어의 사용성 중에서도 유효성을 측정할 수 있는 매트릭을 도출하고자 한다. HCD 관점의 유효성 매트릭은 구체적으로 제시되지 않고 측정 항목만을 제공하는 반면 SQA 관점의 유효성 매트릭은 측정 요소와 함수, 방법을 제시하며 이를 통해 정량적인 값을 측정할 수 있다. 따라서 HCD 관점의 유효성 매트릭을 기준으로 이를 측정할 수 있거나 혹은 대체할 수 있는 구체적인 SQA 관점의 유효성 매트릭을 찾는 비교 연구를 통하여 SQA와 HCD를 공통 적용한 e-Navigation 시스템 및 소프트웨어를 대상으로 유효성을 측정할 수 있는 매트릭을 도출한다.

2. 관련 연구

2.1 e-navigation SQA, HCD 및 UT

소프트웨어의 품질은 이해관계자들의 목시적인

요구와 규정을 만족하며 그에 따라 좋은 특성을 유지하는 것이다. SQA는 의도된 목적에 적합한 품질의 소프트웨어 제품을 개발하는 것을 보장할 수 있도록 하는 구체적이고 체계적인 일련의 활동을 의미한다[4]. 소프트웨어가 적합하고 좋은 품질을 갖는지 객관적으로 확인할 수 있는 방법은 각 품질 특성에 따른 매트릭을 이용하여 소프트웨어의 품질을 정량적으로 측정하고 이를 토대로 평가하는 것이다.

HCD는 시스템의 설계 및 개발에 인적요소 및 인간공학과 사용성 지식 및 기술을 적용하여 대화형 시스템을 사용하기 좋고 편리하게 만드는 것을 목표로 하는 시스템 개발 방법이다[5]. HCD를 적용하여 얻고자 하는 주요 목표는 사용성과 안전성이며 이는 유효성, 효율성, 만족도의 달성 및 위험의 감소를 통하여 얻을 수 있다.

HCD의 원칙은 사용성 평가(UT, Usability Testing)에 대한 피드백을 수집하는 것이다. UT는 안전하고 사용자의 요구를 만족하며 효과적이고 효율적인 시스템을 보장하기 위하여 반복적인 테스트를 통해 개발 라이프 사이클 과정 전반에서 설계 및 사용성에 대한 잠재적인 문제들을 찾아내고 해결할 수 있는 공학적인 활동이다. UT는 라이프 사이클의 모든 과정에서 반복적으로 수행되고 시스템의 다음 버전을 위한 데이터를 제공한다[3].

즉, e-Navigation 시스템 및 소프트웨어의 개발에 SQA 및 UT를 포함한 HCD를 적용하는 것은 좋은 사용성을 얻기 위함이다. 사용성을 평가하기 위해서는 사용성의 정량적인 수치화가 필요하며 이는 매트릭을 이용하여 얻을 수 있다. e-Navigation 기반의 항해 장비와 시스템 및 소프트웨어는 종류가 다양하다. 각 장비마다 성능 규격 및 표준이 존재하며 이를 고려한 구체적인 매트릭을 정의하여 사용성 평가를 진행해야 한다.

2.2 e-Navigation SQA 및 HCD 가이드라인

e-Navigation 전략이행계획에 따라 SQA 가이드라인, HCD 가이드라인, UT 가이드라인이 각각 개발된 이후 이 세 개의 가이드라인을 통합하는 것이 결정되었다. 통합된 가이드라인의 정식 문서번호 및 명칭은 IMO MSC.1/Circ.1512 'Guideline on Software Quality Assurance and Human Centred Design for e-navigation'이며 이는 IMO의 표준문서로 2015년

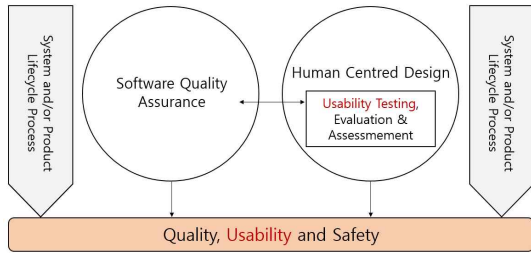


Fig. 1. Relationship between SQA and HCD.

승인되었다[3].

이 가이드라인은 e-Navigation 시스템 및 소프트웨어를 개발 및 관리하는 것에 SQA 및 UT를 포함한 HCD에 초점을 두고 접근하는 것을 권장한다. 가이드라인에서 제공하는 개발 프로세스는 소프트웨어 개발 프로세스와 시스템 개발 프로세스의 국제표준을 비교 및 분석하여 도출되었다[6]. 이 개발 프로세스를 거치는 동안 SQA 및 HCD를 고려하여 설계, 개발 및 관리된 시스템은 성능 및 안전성이 향상되며 시스템 유지보수 및 지원에 필요한 시간을 줄여준다.

Fig. 1은 SQA와 HCD의 관계를 나타낸다. e-Navigation 기반 시스템 및 소프트웨어의 개발 및 관리에 SQA와 HCD를 조합하여 얻고자 하는 특성 및 적용하면 품질과 사용성, 안전성이 좋은 시스템을 얻을 수 있음을 보여준다[7].

2.3 사용성과 유효성

사용성의 정의는 ‘소프트웨어 제품 및 시스템이 정해진 사용 환경에서 사용자의 목표를 달성하기 위해 사용될 때 유효성, 효율성, 만족도에 대한 정도’이다[8]. HCD를 적용한 사용성의 평가 요소는 사용성의 정의대로 유효성, 효율성, 만족도이고 SQA의 사용성 평가 요소는 소프트웨어 국제 표준의 사용 품질 모델에 의해 유효성, 효율성, 만족도, 무위험, 상황적 능력이다[8,9]. 이를 그림으로 표현하면 Fig. 2와 같다.

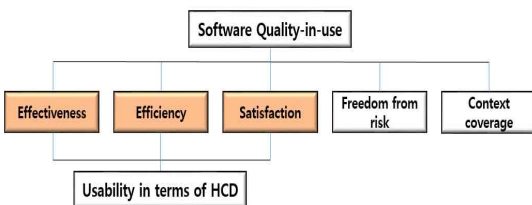


Fig. 2. Evaluation Factors of Usability in terms of SQA/HCD.

즉, HCD와 SQA의 사용성 평가 요소는 차이가 있으나 유효성, 효율성, 만족도는 HCD와 SQA를 공통으로 적용했을 때의 사용성 평가 요소이다. 본 논문에서는 그 중에서도 유효성 메트릭을 대상으로 연구하였다. 유효성의 정의는 사용자가 제품 및 시스템을 사용한 결과의 정확성 및 완전성이다[8].

3. e-Navigation 유효성 메트릭 연구

3.1 SQA의 유효성 메트릭

SQA 관점의 유효성 메트릭은 ISO/IEC 25022 문서에서 제공한다. ISO/IEC 25022는 ISO/IEC 9126에서 확장된 국제표준으로 모든 종류의 응용 프로그램을 위한 컴퓨터 시스템과 시스템의 일부를 구성하는 소프트웨어에 적용될 수 있으며 다양한 분야에서 활용되고 있다[10,11,12]. ISO/IEC 25022는 Table 1과 같이 메트릭 이름과 ID, 메트릭에 대한 설명, 메트릭 측정값을 산출하는 수식, 측정값을 얻는데 사용할 수 있는 방법 및 유형을 포함한다.

Table 1을 살펴보면 이 다섯 가지 메트릭은 사용자가 특정 환경에서 소프트웨어를 사용하면서 시도한 작업의 완료도, 목적 달성도, 발생한 오류의 수 및 빈도 등 주로 사용자 관점에서 유효성을 측정하는 것임을 알 수 있다. 사용성은 사용자 관점뿐만 아니라 제품 관점에서도 측정 및 평가될 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 소프트웨어 제품 품질 관점의 사용성 메트릭을 다루는 ISO/IEC 25023도 유효성 메트릭 도출에 참고했다.

3.2 HCD의 유효성 메트릭

HCD 관점의 유효성 메트릭은 관련 국제표준인 ISO 9241-11의 부속서 B에서 다루고 있다. 이는 Table 2와 같이 유효성을 두 가지 관점에서 측정할 수 있는 메트릭을 예제로 제공한다. ISO 9241-11 부속서 B에서 제공하는 두 가지 관점의 유효성 메트릭 중 첫 번째 관점은 사용성의 정의대로 사용자 목표를 달성함과 동시에 유효성을 얻는 지를 측정하는 것이다. 두 번째 관점은 사용성에 기여하는 제품의 특정한 속성에 대한 유효성을 측정하는 것이다[9].

Table 2의 유효성 메트릭을 살펴보면 구체적인 수식이나 측정 요소는 제공하지 않고 측정 항목만을 제공하여 메트릭을 구체적으로 적용하는 방법 및 측

Table 1. Effectiveness Metrics of ISO/IEC 25022

ID	Name	Description	Measurement function
Ef-1-G	Tasks completed	The proportion of the tasks that are completed correctly without assistance	$X=A/B$ A=Number of unique tasks completed B=Total number of unique tasks attempted
Ef-2-S	Objectives achieved	The proportion of the objectives of the task that are achieved correctly without assistance	$\{X = 1 - \sum A_i \mid X > 0\}$ A _i =Proportional value of each missing or incorrect objective in the task output (maximum value = 1)
Ef-3-G	Errors in a task	The number of errors made by the user during a task	$X=A$ A=Number of errors made by the user during a task
Ef-4-G	Tasks with errors	Proportion of tasks where errors were made by the user	$X=A/B$ A=Number of tasks with errors B=Total number of tasks
Ef-5-G	Task error intensity	Proportion of users making an error	$X=A/B$ A=Number of users making an error B=Total number of users performing the task

Table 2. Effectiveness Metrics of ISO 9241-11

Usability Objective	Effectiveness
Overall usability	Percentage of goals achieved
	Percentage of users successfully completing task
	Average accuracy of completed tasks
Meet needs of trained users	Number of power tasks performed trained users
Meet needs to walk up and use	Percentage of tasks completed successfully on first attempt
Meet needs for infrequent or intermittent use	Percentage of tasks completed successfully after a specified period of non-use
Minimization of support requirements	Number of references to documentation
	Number of calls to support
Learnability	Number of functions learned
	Percentage of users who manage to learn to criterion
Error tolerance	Percentage of errors corrected or reported by the system
	Numbers of user errors tolerated
UI legibility	Percentage of words read correctly at normal viewing distance

정 결과를 판단하는 기준이 모호함을 알 수 있다. 예를 들어, Table 2의 사용성 평가 대상이 '지원 요청의 최소화'인 경우의 유효성 메트릭은 '참고한 설명서의 수' 및 '지원을 요청한 횟수'이다. 이 값이 얼마여야 유효성이 좋은지, 또 얼마여야 유효성이 좋지 않은지를 판단하는 기준이 모호하다. HCD의 적용대상은 소프트웨어뿐만 아니라 하드웨어도 포함하여 그 범위가 매우 넓은 바, 구체적인 메트릭을 제공하지는 않는다. 그러나 HCD를 적용하여 개발한 제품에 대

해서는 사용성의 측정이 이루어져야 하므로 이를 보완하거나 대체할 수 있는 메트릭을 파악하여 사용하는 것이 요구된다.

3.3 SQA/HCD의 유효성 메트릭 매핑

본 절에서는 e-Navigation 유효성 측정에 사용할 수 있는 메트릭을 도출하고자 ISO/IEC 25022, 25023에서 제공하는 SQA의 유효성 메트릭과 ISO 9241-11에서 제공하는 HCD의 유효성 메트릭을 비교하여

HCD의 유효성 측정에 적용 가능한 SQA 유효성 메트릭을 분석한다. 비교는 HCD 관점에서 제공하는 유효성 메트릭을 측정할 수 있거나 혹은 대체할 수 있는 메트릭이 SQA 관점에서 제공하는 유효성 메트릭에 존재하는 경우를 표로 매핑하여 진행했으며 그 결과는 Table 3과 같다.

비교한 결과 Table 4와 같이 SQA와 HCD 측면에서 공통으로 사용할 수 있는 유효성 메트릭은 총 5개로 분석되었다. 즉, 이 5개의 메트릭이 e-Navigation 시스템 및 소프트웨어의 유효성 측정에 사용할 수 있는 공통 메트릭이 된다.

4. 유효성 메트릭의 적용 사례

3장에서 도출한 유효성 메트릭은 국제표준으로부터 얻은 것으로, 모든 종류의 응용프로그램을 위한 컴퓨터 시스템과 시스템의 일부를 구성하는 소프트웨어에 적용할 수 있는 일반적인 메트릭이다. 메트릭을 실무에서 사용하기 위해서는 유효성 측정 대상에 따른 사용 상황(Context of Use)에 맞추어 메트릭을 수정하여 적용해야 한다.

본 논문에서는 소프트웨어와 하드웨어가 결합된 선박의 핵심 항해 장비인 전자해도표시시스템(ECDIS,

Table 3. Effectiveness Metrics of SQA/HCD

Usability Objective	Measurement method of HCD in Table 2	Adaptable SQA metrics in Table 1 and ISO/IEC 25023[13]
Overall usability	Percentage of goals achieved	Ef-2-S Objectives achieved
	Percentage of users successfully completing task	Ef-1-G Tasks completed
	Average accuracy of completed task	Ef-4-G Tasks with errors
Meet needs of trained users	Number of power tasks performed	Ef-1-G Tasks completed
	Percentage of relevant functions used	N/A
Meet needs to walk up and use	Percentage of tasks completed successfully on first attempt	Ef-1-G Tasks completed
Meets needs for infrequent or intermittent use	Percentage of tasks completed successfully after a specified period of non-use	N/A
Minimization of support requirements	Number of references to documentation	ULe-1-G User guidance completeness
	Number of calls to support	
Learnability	Number of functions learned	N/A
	Percentage of users who manage to learn to criterion	N/A
Error tolerance	Percentage of errors corrected or reported by the system	UEp-2-S User entry error correction
UI legibility	Percentage of words read correctly at normal viewing distance	Ef-2-S Objectives achieved

Table 4. Common Effectiveness Metrics for e-Navigation S/W

Characteristics	Measurement ID	Measurement name
Effectiveness	Ef-2-S	Objectives achieved
	Ef-1-G	Tasks completed
	Ef-4-G	Tasks with errors
	ULe-1-G	User guidance completeness
	UEp-2-S	User entry error correction



Fig. 3. Electronic Chart Display and Information System,

Electronic Chart Display and Information System)을 대상으로 3장에서 얻은 유효성 매트릭을 적용해 본다. ECDIS는 Fig. 3과 같이 전자해도를 각종 항해 장비와 인터페이스 하여 화면 위에 종이해도와 동일한 모습으로 그 형상을 표시할 수 있는 시스템이다 [14]. 매트릭의 적용은 ECDIS의 기능 혹은 전체 제품 자체를 대상으로 하며 각 매트릭은 매트릭 이름, 매트릭을 사용하는 목적, 측정 계산식, 측정 변수, 측정 값의 범위, 측정의 최소 기준을 포함한다. 측정의 최소 기준은 ECDIS의 국제성능규격인 IEC 61174에서 다루는 ECDIS 기능의 동작과 성능에 관한 최소 요구 사항에 근거하였다[15].

4.1 대상 기능

ECDIS의 항로 계획 기능은 경위도, 속도 등을 직접 입력하거나 화면의 해도 위에 직접 변침점 및 코스 라인을 마우스 등으로 클릭하여 운항하고자 하는 항로를 계획할 수 있는 기능이다. 항로 계획 기능은 ECDIS의 주요 기능으로 이 기능에 대한 유효성 확보 여부를 검증할 필요가 있다. 특정 기능뿐만 아니라 사용자가 쓰는 제품 관점의 유효성 확보 여부 또한 검증할 필요가 있다.

4.2 매트릭 적용 결과

본 절에서는 Table 4에서 도출된 SQA와 HCD의 유효성 공통 매트릭을 항로 계획 기능에 적용한 결과 및 제품 관점의 유효성 매트릭 적용 결과를 보여준다.

4.2.1 목표 달성도(Objectives achieved)

항로 계획 기능의 목표달성도 매트릭은 ECDIS가 누락되거나 잘못된 값없이 모든 항로 계획을 출력할 수 있는지 여부를 측정하는 것이다. 이는 먼저 ECDIS가 산출 한 경로 계획 중 누락되었거나 부정확한 각 결과의 비율값을 더한 후, 그 값을 1에서 빼 값으로 계산된다. 이 값이 1에 가까울수록 유효성이 좋음을 의미한다. IEC 61174를 기반으로 도출한 항로 계획의 유효성 측정 시 참고해야 할 사항으로는 최소 10개 이상의 변침점을 가지고 시도한 항로 계획을 대상으로 측정해야 하는 점, 변침점 간의 직선/곡선을 번갈아가며 시도해야 하는 점이 있다. 자세한 수식과 측정 요소와 함수 및 최소 측정 기준을 포함한 매트릭 적용 결과는 Table 5와 같다.

4.2.2 작업 완료도(Tasks completed)

항로 계획 기능의 작업 완료도 매트릭은 어떤 도움 없이 항로 계획을 위한 작업을 모두 완료할 수 있는지를 측정하는 것이다. 이는 계획을 시도한 항로의 개수 대비 사용자의 요구대로 계획된 항로의 개수를 계산하여 측정할 수 있으며 값이 1에 가까울수록 항로 계획의 유효성이 좋음을 의미한다. 자세한 수식과 측정 요소와 함수 및 최소 측정 기준을 포함한 매트릭 적용 결과는 Table 6과 같다.

4.2.3 작업 중 오류 발생 비율(Tasks with errors)

항로 계획 기능의 작업 중 오류 발생 비율 매트릭은 항로 계획을 위한 작업의 정확도를 측정할 때 활용할 수 있다. 이는 항로 계획을 위한 전체 작업 수

Table 4. Common Effectiveness Metrics for e-Navigation S/W

Characteristics	Measurement ID	Measurement name
Effectiveness	Ef-2-S	Objectives achieved
	Ef-1-G	Tasks completed
	Ef-4-G	Tasks with errors
	ULe-1-G	User guidance completeness
	UEp-2-S	User entry error correction

Table 5. Objectives achieved for route planning function

Metric name	Objectives achieved
Purpose	Measure whether ECDIS can output all route plan without missing or incorrect value
Measurement function	$X=1-\sum A_i$ A_i = Proportional value of each missing or incorrect result among route plans output by ECDIS
Result value	($0 \leq X \leq 1$, The closer to 1 is better.)
Minimum standard of measurement	- Try to route planning with at least 10 way points - Including both linear and curvilinear connections between way points

Table 6. Tasks completed of route planning function

Metric name	Tasks completed
Purpose	Measure whether tasks for route planning that are completed correctly without assistance
Measurement function	$X=A/B$ A = Number of planned routes as requested by the user B = Number of routes that attempted the planning
Result value	($0 \leq X \leq 1$, The closer to 1 is better.)
Minimum standard of measurement	- Try to route planning with at least 10 way points - Including both linear and curvilinear connections between way points

대비 오류가 발생한 작업의 수를 계산하며 이 값이 0에 가까울수록 항로 계획을 위한 작업의 정확도가 높고 유효성이 좋을 것을 의미한다. 자세한 수식과 측정 요소와 함수 및 최소 측정 기준을 포함한 메트릭 적용 결과는 Table 7과 같다.

4.2.4 사용자 메뉴얼의 완벽도(User guidance completeness)

사용자 메뉴얼의 완벽도 메트릭은 사용자 메뉴얼이 ECDIS의 기능에 대한 완전한 설명을 포함하는지 여부를 측정하는 것이다. 이는 특정 기능을 대상으로 적용하는 것이 아닌 ECDIS 제품 자체 관점에서 유효성을 측정하는 메트릭이다. 사용자 메뉴얼의 완벽도

는 ECDIS에 구현된 전체 기능의 수 대비 ECDIS 사용자 메뉴얼 및 도움말 기능에 설명된 기능의 수로 계산할 수 있다. 측정값이 1에 가까울수록 사용자 메뉴얼이 완전하게 만들어졌음을 의미하며 메뉴얼이 완전할수록 정확한 기능 활용이 가능하므로 유효성이 좋다고 판단할 수 있다. 자세한 수식과 측정 요소와 함수 및 최소 측정 기준을 포함한 메트릭 적용 결과는 Table 8과 같다.

4.2.5 사용자 입력 오류 수정(User entry error correction)

사용자 입력 오류 수정 메트릭은 사용자의 입력 오류가 감지되었을 때 올바른 값을 제안해 주는지

Table 7. Tasks with errors for route planning function

Metric name	Tasks with errors
Purpose	Measure the accuracy of the function for route planning such as adding, deleting, positioning and changing of way point
Measurement function	$X=A/B$ A = Number of tasks with errors B = Total number of tasks used to complete route planning
Result value	($0 \leq X \leq 1$, The closer to 0 is better.)
Minimum standard of measurement	- Try to route planning with at least 10 way points - Including both linear and curvilinear connections between way points

Table 8. User guidance completeness for ECDIS

Metric name	User guidance completeness
Purpose	Measure whether the user guidance includes a full description of the function of ECDIS
Measurement function	$X=A/B$ A = Number of functions described in the ECDIS user guidance and help facility B = Total number of functions implemented in ECDIS
Result value	($0 \leq X \leq 1$, The closer to 1 is better.)
Minimum standard of measurement	User guidance should be provided with sufficient information to assist the installation, operation and understanding of ECDIS

Table 9. User entry error correction for route planning function

Metric name	User entry error correction
Purpose	Measure to what extent do detected user entry errors with an identifiable cause provide a suggested correct value during route planning
Measurement function	$X=A/B$ A = Number of entry errors which provide a suggested correct value B = Number of entry errors detected during route planning
Result value	($0 \leq X \leq 1$, The closer to 1 is better.)
Minimum standard of measurement	- Try to route planning with at least 10 way points - Including both linear and curvilinear connections between way points

측정하는 것이다. 이는 항로 계획 중 발생한 입력 오류의 수 대비 오류에 대한 올바른 값을 제공해주는 수로 계산할 수 있다. 측정값이 1에 가까울수록 오류의 수를 줄임으로써 항로 계획의 유효성이 좋다고 판단할 수 있다. 자세한 수식과 측정 요소와 함수 및 최소 측정 기준을 포함한 메트릭 적용 결과는 Table 9와 같다.

5. 결 론

본 논문에서는 SQA 및 HCD를 공통으로 적용하여 개발한 e-Navigation 소프트웨어 및 시스템의 사용성 평가에 이용할 수 있는 사용성의 유효성을 측정할 수 있는 메트릭을 국제 표준을 기반으로 분석 및 정의하였다. 메트릭 분석은 구체적이지 않은 HCD 관련 국제표준의 유효성 메트릭을 기준으로 이를 측정할 수 있거나 혹은 대체할 수 있는 SQA 관련 국제표준의 유효성 메트릭을 매핑시키는 방법을 사용했다. 매핑 결과 e-Navigation 사용성 평가를 위한 유효성 메트릭은 다섯 가지로 도출할 수 있었으며 이 다섯 가지 메트릭을 향해 핵심장비인 ECDIS를 대상으로 적용해보는 사례 연구를 진행하였다. 각 사례는

메트릭을 사용하는 목적, 측정 계산식, 측정 변수, 측정값의 범위 등을 ECDIS의 항로 기능에 맞추어 적용한 결과와 ECDIS 성능 규격에 관한 표준을 고려한 측정 시 최소 요구사항을 포함한다.

본 연구와 같은 과정으로 사용성의 평가 요소 중 유효성 외의 효율성, 만족도의 메트릭을 도출하면 e-Navigation 사용성 평가에 필요한 메트릭을 모두 도출할 수 있다. 이렇게 도출한 메트릭을 ECDIS 뿐만 아니라 여러 다른 항해 장비, 시스템 및 소프트웨어를 대상으로 사례 연구를 진행하여 각 장비에 맞추어진 사용성 메트릭을 얻을 수 있다. 이는 향후 e-Navigation 사용성 평가 절차 및 모델링 연구의 기반이 될 수 있다.

REFERENCE

- [1] IMO, *Development of an e-Navigation Strategy - Report of the Working Group*, IMO NAV 54/WP.6, 2008.
- [2] H. Kim, S. Na, and W. Ha, "A Case Study of Marine Accident Investigation and Analysis with Focus on Human Error," *Journal of*

Ergonomics Society of Korea, Vol. 30, No. 1, pp. 137-150, 2011.

[3] IMO, *Guideline on Software Quality Assurance and Human-Centred Design for e-Navigation*, IMO MSC.1/Circ.1512, 2015.

[4] IEEE, *IEEE Standard for Software Quality Assurance Processes*, IEEE Std 730-2014, 2014.

[5] ISO, *Ergonomics of Human-System Interaction-Part 210: Human-Centred Design for Interactive Systems*, ISO 9241-210, 2010.

[6] H. Kim and S. Lee, "A Study on Requirement Analysis Process for the Practical Guidance of e-Navigation SQA Guideline," *Journal of Digital Contents Society*, Vol. 16, No. 6, pp. 935-941, 2015.

[7] S. Lee, N. Lemon, and M. Lutzhoft, "Harmonizing Guidance for Future Ship Navigation Systems Developing Guideline for Software Quality and Human-Centered Design," *Journal of Sea Technology*, Vol. 56, No. 11, pp. 41-44, 2015.

[8] ISO, *Systems and Software Engineering - Systems and Software Quality Requirements and Evaluation-System and Software Quality Models*, ISO/IEC 25010, 2011.

[9] ISO, *Ergonomic Requirements for Office Work with Visual Display Terminals-Part 11: Guidance on Usability*, ISO 9241-11, 1998.

[10] ISO, *Systems and Software Engineering - Systems and Software Quality Requirements and Evaluation-Measurement of Quality in Use*, ISO/IEC 25022, 2014.

[11] H. Jung, "The Analysis of Software Fault and Application Method of Weight using the Testing Data," *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol. 14, No. 6, pp. 766-774, 2011.

[12] Y. Park and H. Byun, "Efficient Development and Quality Evaluation of Online Library System using Framework," *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol. 13, No. 5, pp. 627-640, 2010.

[13] ISO, *Systems and Software Engineering - Systems and Software Quality Requirements and Evaluation-Measurement of System and Software Product Quality*, ISO/IEC 25023, 2014.

[14] Y. Park, *A study on the Analysis of IMO Model Course 1.27 and Improvement of the ECDIS Training*, Master's Thesis of Korea Maritime and Ocean University, 2016.

[15] IEC, *Maritime Navigation and Radiocommunication Equipment and Systems - Electronic Chart Display and Information System-Operational and Performance Requirements, Methods of Testing and Required Test Results*, IEC 61174, 2015.



정 지 은

한국해양대학교 IT공학부 졸업
(2014, 공학사)
동대학원 컴퓨터공학과 석사과정
졸업(2017, 공학석사)
2017년 3월~현재 동대학원 컴퓨
터공학과 박사과정 재학

관심분야 : e-navigation 소프트웨어 품질 및 평가



이 서 정

숙명여자대학교 전산학과 졸업
(1989, 이학사)
동대학원 전산학과 석사과정 졸
업(1991, 이학석사)
동대학원 전산학과 박사과정 졸
업(1998, 이학박사)

1998년~2003년 동덕여자대학교 강의교수
2005년~현재 한국해양대학교 해사IT공학부 교수
2009년~현재 해양수산부 국제해사기구 정부대표단 활동
관심분야 : e-Navigation 소프트웨어 품질, 해양 소프트
웨어 기능안전성, 해양 소프트웨어 사용성 평가