

S-100 기반 차세대 ECDIS의 기능/성능 요구사항 변화 및 사용성 향상을 위한 실증 시나리오 연구

김민우, 이진호, 황현후

한국정보통신기술협회

{mwkim, jhlee, hhh}@tta.or.kr

A Study on Demonstration Scenarios for Functional/Performance Requirement Changes and Usability Enhancement in Advanced S-100 Based ECDIS

Min Woo Kim, Jin Ho Lee, Hyeon Hoo Hwang

Telecommunications Technology Association

요 약

국제수로기구(IHO, International Hydrographic Organization)에서 제정한 S-100 표준의 도입에 따라, 본 연구는 차세대 전자해도 표시 장치(ECDIS)의 기능 및 성능 요구사항 변화와 사용성 향상 방안을 탐구하고자 한다. ECDIS는 S-100 표준으로의 전환을 앞두고 있으며, 이에 따라 관련 기술의 경쟁력 확보가 중요한 과제로 부각되고 있다. 그러나 S-100의 복잡한 기능 변화는 운항자에게 낯선 인터페이스와 사용성 저하 문제를 야기할 가능성이 있어, 기술 상용화 과정에서 어려움이 발생할 수 있다. 이에 본 연구에서는 S-100 기반 차세대 ECDIS의 기능 및 성능 요구사항 변화를 분석하고, 이를 통해 확보해야 할 사용 실적(Track Record)과 사용자 친숙도 향상을 위한 구체적인 실증 시나리오를 제시하는 것을 목적으로 한다.

1. 서 론

ECDIS(Electronic Chart Display and Information System)는 선박 항해에서 전자해도 기반의 상황 인지와 항로 계획 및 모니터링을 수행하는 핵심 장비로, 도입부터 현재까지 S-57/ENC(Electronic Navigational Chart) 체계를 중심으로 안전 항해에 필수적인 기능을 제공해 왔다.[1] 그러나, 기존 체계는 정적 중심 정보와 제한된 데이터로 인해 해저 및 해상 위험 상황을 실시간으로 감지하기 어려우며 관제 시스템과 항로 계획/모니터링 연계 기능도 미흡한 한계를 보인다. 또한, 기상, 조류, 수위 등 해양환경 정보가 분산되어 제공됨으로써 항해 과정에서 이를 통합적으로 활용하기 어려운 문제도 존재한다.[2] 이러한 문제는 항해 중 시간 및 공간적 불일치로 운항자의 상황 인식을 저하시켜 안전 운항에 영향을 미치는 요인으로 작용한다. 이에 따라, 업계 전반에서는 S-100 시리즈를 기반으로 단계적 도입을 위한 연구가 진행되고 있다.[3] S-100 시리즈는 기존 S-57 체계를 보완한 차세대 해양 데이터 표준으로, 다양한 해양 및 항법 정보를 통합적으로 관리하고 표현할 수 있는 데이터 중심의 통합 프레임워크를 지향하고 있다.[4] 따라서, ECDIS는 정적 해도 중심의 단일 정보 처리에서 벗어나, 다양한 해양 정보를 실시간으로 통합 및 표현하는 방향으로 발전하고 있으며, 이러한 변화는 시스템의 기능과 성능 및 사용성 전반에서 개선을 요구하고 있다.[5] 이에 본 연구는 S-100 기반 차세대 ECDIS의 기능/성능 요구사항 변화를 반영하여 사용 실적(Track Record)을 누적하고, 사용자 친숙도 향상을 위한 실증 시나리오를 제안함으로써 차세대 ECDIS의 사용성 향상 방안을 연구한다.

2. 요구사항 변화

차세대 ECDIS는 S-100 데이터 프레임워크를 기반으로 설계된다. S-100은 기존 S-57의 정적 정보 중심의 한계를 넘어, 다양한 해양·항해 정보를 실시간으로 융합·제공하는 것을 목표로 한다. 이러한 전환은 ECDIS의 데이터 구조뿐만 아니라 기능, 성능, 정보 표현 방식 전반의 근본적인 재정의의 요구한다. 이에 본 연구는 IHO S-시리즈 표준 (IHO S-series Standards)에서 제공하는 S-100의 핵심 표준 중 S-101, S-102, S-104, S-111, S-124, S-412, S-421을 중심으로 차세대 ECDIS의 주요 요구사항 변화를 분석한다.

| 표준 | 핵심 내용 |
|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| S-101 (Electronic Navigational Chart) | 동적 정보 중첩을 위한 기본 도면(Base Layer) 역할, 통합 표시 기반 마련 |
| S-102 (Bathymetric Surface) | 고정밀 수심 정보로 선박 홀수와 결합하여 정밀 좌초 위험 분석 |
| S-104 (Water Level Information for Surface Navigation) | 실시간 조석·수위 변화를 반영하여 실제 수심 기반의 안전 항해 지원 |
| S-111 (Surface Currents) | 실시간 해수 유속/유향 정보로 정밀 조항 및 경제적 항로 계획 지원 |
| S-124 (Navigational Warnings) | 텍스트 기반 경보를 그래픽 심볼로 시각화하여 위험 정보의 직관성 향상 |
| S-412 (Weather and Wave Hazards) | 파랑, 바람 등 위험 기상 정보를 해도에 중첩하여 선제적 위험 관리 지원 |
| S-421 (Route Plan based on S-100) | 선박-육상 간 암호화된 항로 계획을 교환하여 데이터 무결성 및 관제 효율성 확보 |

표 1. S-100 기반 주요 표준의 기능 및 역할 요약

이러한 S-100 도입은 기존 ECDIS가 수행하던 핵심 기능 전반에 걸쳐 근본적인 변화를 요구한다. 정적 데이터 중심의 정보 처리에서 벗어나 다양한 동적 데이터를 실시간으로 융합하고 시각화하는 방향으로 발전하고 있으며, 주요 기능별 요구사항 변화는 아래 표 2와 같다.

| 요구사항 | 기존 | 요구사항 | 설명 |
|----------------------------------|-----------------|----------------------|------------------------|
| Water Level | 정적 조석 정보 | 동적 수위 정보 연동(S-100) | 동적 데이터를 활용한 실시간성 확보 |
| Alert Management System | 개별 장비 중심의 정보 체계 | 중앙 집중식 통합 관리(CAM) | 통합적 관리 체계로의 전환 |
| Maritime Safety Information | 특정 통신 채널로 수신 한정 | 다중 통신 채널(EGC 등) 수용 | 수신 채널의 다양화 및 확장 |
| Safety Contour/Depth Display | 정적 등심선 수동 설정 | 동적 안전 등심선 자동 생성 및 연동 | 안전 등심선 통한 의사결정 지원 |
| Marine Environmental Integration | 정적·독립적 정보 활용 | 동적 환경 정보 통합 표시 | 다양한 동적 외부 정보의 통합 및 시각화 |

표 2. 차세대 ECDIS의 주요 요구사항

표에서 제시된 각 기능의 요구사항 변화를 구체적으로 살펴보면 다음과 같다. 첫째, 데이터의 동적 실시간성이 강화된다. 정적인 조석 정보는 Water Level(S-104)을 통해 실시간 수위 정보로 대체되고, 독립적인 해양 환경 정보는 Marine Environmental Integration(S-111, S-412)을 통해 동적으로 통합 및 시각화된다. 둘째, 시스템의 자동화 및 통합 관리가 이루어진다. Safety Contour는 S-102 정밀 수심 데이터로 자동 생성되며, 분산되어 있던 Alert Management System은 중앙 집중식(CAM)으로 통합된다. 끝으로, 정보의 상호운용성이 확대된다. Maritime Safety Information(S-124)은 다채널 수신이 가능해지고, 이를 통해 수립된 항로 계획(S-421)은 선박과 육상 간 안전한 교환이 가능해진다.

3. 실증 시나리오 연구

앞서 2장에서 살펴본 S-100 기반 차세대 ECDIS의 기능/성능 요구사항 변화는 시스템의 기술적 향상을 의미하지만, 이러한 발전이 실제 운항 환경에서 사용성 향상으로 직결되기 위해서는 사용자 관점의 검증이 필요하다. 이는 서론에서 밝힌 바와 같이, 새로운 기능에 대한 사용 실적(Track Record)을 누적하고 사용자 친숙도를 높여 최종적으로 항해 안전에 기여하기 위한 핵심 과정이다. 이에 본 연구는 앞서 분석한 주요 요구사항 변화를 바탕으로, 사용성 향상 방안을 구체화하기 위한 실증 시나리오를 설계하여 제안하고자 한다. 제안하는 시나리오는 각 기능이 운항자에게 직관적으로 인지되고 효율적으로 활용되는지를 검증함으로써, 차세대 ECDIS의 성공적인 도입과 안착을 위한 실질적인 기반 마련에 목적이 있다. 주요 기능별 상세 실증 시나리오는 다음과 같다.

| 실증 항목 | 실증 시나리오 |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Water Level | <ul style="list-style-type: none">• (시각적 직관성) 수위 변화가 해도 상의 등심선 및 색상 단계로 즉시 반영되어, 항해사가 알은 수역과 같은 수역을 한눈에 구분할 수 있는가?• (수위 경고 전달의 명확성) 수위 데이터 이상이나 위험 상황이 발생했을 때, 경보가 즉각적이고 명확하게 제시되어 항해사의 대응이 용이한가?• (정보 일관성 및 이해성) 동적 수위 데이터와 기존 실험 정보가 충돌 없이 표시되어, 항해사가 혼동 없이 신뢰할 수 있는 정보로 의사결정을 내릴 수 있는가?• (작업 효율성) 기존 정적 수심 기반 대비, 동적 수위 반영 후 항해사가 의사결정 시간을 단축하고 안전 판단을 더 빠르게 수행할 수 있는가?• (상황 인식 지원) 항해사가 수위 변화를 예측·추적 가능하게 인식하여, 항후 항로 선택이나 위험 회피 판단 시 유용하게 활용될 수 있는가? |

| | |
|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Alert Management System | <ul style="list-style-type: none">• (시각적 직관성) 다수 장비 정보가 CAM 시스템에 통합 표시될 때, 우선순위(Alarm, Warning, Caution)가 색상·아이콘으로 명확히 구분되는가?• (경보 전달 및 인지성) 경보 발생 시 시각적·음향 알림이 동기화되어 운항자에게 즉각 전달되고, 동시에 인지·반응하기 용이한가?• (정보 일관성 및 이해성) CAM 인터페이스를 통해 ECDIS 경보가 중복 없이 BAMS 화면에 표시되어, 운항자가 혼동 없이 신뢰성 있는 정보를 기반으로 의사결정을 내릴 수 있는가?• (작업 효율성) 경보 발생 시 ACK(승인) 또는 NACK(거부) 절차를 직관적으로 수행할 수 있는 인터페이스가 제공되는가?• (상태 추적성) 경보 로그가 시간순으로 기록되고 확인/미확인 상태가 표시되어, 운항자가 처리 현황을 명확히 추적할 수 있는가?• (자동 해제 조건) 경보 원인이 해소되면 시스템이 이를 자동 감지하여 불필요한 경보 지속이 발생하지 않는가? |
| Maritime Safety Information | <ul style="list-style-type: none">• (시각적 직관성) 수신된 MSI가 해도 상 해당 위치에 오버레이로 표시되어, 항해사가 위험 해역을 한눈에 식별할 수 있는가?• (우선순위 인지 용이성) Distress / Urgency / Safety 수준이 색상·심률·정렬 방식으로 구분되어, 항해사가 가장 중요한 정보를 즉시 인식할 수 있는가?• (검색·필터 효율) 특정 해역 또는 기간을 선택하여 필요한 MSI만 빠르게 조회·확인할 수 있는가?• (상황 인식 지원) 유효 기간이 지난 MSI가 화면에서 자동 제거되고, 최신 정보만 유지되어 항해사가 혼동 없이 상황을 인식할 수 있는가?• (표시 자동성 관리) 다수의 MSI가 겹칠 경우 자동 그룹화·우선순위 정렬을 통해 화면 혼잡이 줄어들고, 항해사가 필요한 정보를 명확히 확인할 수 있는가? |
| Navigational Safety | <ul style="list-style-type: none">• (시각적 직관성) 선박 홀수·안전 수심을 반영한 안전 윤곽이 자동 계산·강조 표시되어, 항해사가 안전 수역과 위험 수역을 직관적으로 구분할 수 있는가?• (동적 반영성) 홀수나 안전 수심 값을 변경했을 때, 지면 없이 안전 범위가 재설정·재표시되어 의사결정이 급기지 않는가?• (기본값 인식 용이성) 사용자가 안전 범위를 지정하지 않은 경우, 시스템 기본값(예: 30 m)이 자동 적용·표시되어 항해사가 이를 명확히 인식할 수 있는가?• (경보 연동 명확성) 선박 계획이 안전 범위를 침범할 경우, 합병 경보가 즉시 발생하고 CAM/BAMS를 통해 일관되게 통합 표시되는가?• (표시 자동성 관리) 안전 범위가 수심 운영 등심선·동적 수위(S-104)·조류(S-111) 등 다른 레이어와 중첩될 때, 일관된 우선순위 규칙을 적용해 가독성 저하나 심볼 충돌 없이 표현되는가?• (동적 반영성) 안전 윤곽이 S-102 고해상도 수심 데이터를 기반으로 생성되며, S-104 수위 적용 시 즉시 보정되어 동적 안전 범위로 갱신되는가?• (설정 가시성 및 조작 용이성) 안전 윤곽 및 수심 설정 값이 화면에 상시 표시되어, 항해사가 최소한의 조작으로 변경·초기화할 수 있는가? |
| Marine Environmental Integration | <ul style="list-style-type: none">• (시각적 직관성) 환경 데이터가 위치·영역 기반 오버레이로 직관적으로 표시되는가?• (백터/그래픽 표현 명확성) 파랑·풍향·조류 백터가 화살표 또는 스트림라인과 함께 명확히 표현되는가?• (가독성 유지) S-111(표층류), S-104(동적 수위) 등과 중첩 시 우선순위·투명도 규칙으로 심볼 충돌 없이 보이는가?• (예보 시간 명확성) 기상·해양 데이터의 기준 시각이 화면에 일관되게 표시되어, 항해사가 최신 기상 정보를 실시간으로 인식할 수 있는가?• (세부 정보 접근성) 특정 해역 클릭 시 해당 시점의 상세 값(예: Hs/Hp/Dtr, 풍속/풍향 등)이 팝업/패널로 제공되는가?• (사용자 제어 용이성) 각 레이어 선택/해제 우선순위 조정이 즉시 반영되는가? |

그림 1. 시뮬레이션 기반 사용성 향상 시나리오

4. 결론

본 논문은 기존 S-57 체계의 한계를 보완하기 위해 S-100 시리즈 기반의 요구사항을 분석하고, 사용성 향상을 위한 사용자 중심의 실증 시나리오를 제안하였다. 이는 단순히 기능적 요구사항을 분석하는 것을 넘어, 차세대 ECDIS의 기능과 성능이 실제 사용자 환경에서 어떻게 수용 및 활용될 수 있는지를 연구하는 데 목적이 있다. 이를 통해, 향후 시스템의 사용 실적(Track Record)을 확보하고 사용자 친숙도를 높임으로써 안전 운항과 운영 효율 향상에 기여할 수 있을 것이다.

ACKNOWLEDGMENT

본 논문은 2025년도 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(20220544, 실험역 성능검증 기반기술 개발).

참 고 문 헌

[1] Weintrit, A. The Electronic Chart Display and Information System (ECDIS): Operational Handbook. CRC Press, 2009.

[2] Rutkowski, G. “ECDIS Limitations and Safety Settings for VLCC Route Planning.” TransNav, 12(3), 2018.

[3] Lee, S. & Kim, H. “IHO S-100 Data Model and Product Specifications.” TransNav, 18(2), 2024.

[4] Lee, S. et al. “S-100 Product Specifications from an Implementation Viewpoint.” J. Navigation, 75(5), 2022.

[5] Giglio, D., Palma, V., & Tei, A. “Operational and Economic Impact of S-100 and e-Navigation.” Case Stud. Transport Policy, 19, 2025.