

# 장보고-II급 수중함 시운전평가 프로그램(HiSTEP<sup>®</sup>) 개발관련

김경환, 고석천, 권기환, 전재황, 정충연(현대중공업)

## 1. 서 론

한국해군의 차기 주력 잠수함 전력으로 활용될 장보고-II급 1번함 항해시운전(SAT)이 진행 중에 있다. 수중함의 항해시운전 과정의 계측 및 평가시스템으로 활용되고 있는 HiSTEP<sup>®</sup>의 개발과정에서 이슈가 되었던 것들과 연구 또는 노력의 결과로서 해결방안을 찾아낸 기술적 시사점들을 소개하고자 한다.

수중함의 항해시운전은 시운전 사양서에 표기된 내용을 기준으로 21개의 종목이 있고, 세부항목을 기준으로 하면 50여 개가 넘는다. 이것은 평면운동을 하는 수상함과 다른 수중함의 특성이 반영된 것이며, 함 조종성 관련 탑재장비의 운용특성에 따라 향후 변화될 가능성을 내포하고 있어 수년 내에 시운전 평가시스템을 또 다시 개발해야 할 필요성이 제기될 수 있다.

개발 초기에 이러한 함의 성능이나 특성을 현재 상태를 기준으로 파악하여 적절한 계측위치나 방법을 찾아내는 것이 필요하고, 이를 현장에서 확인하는 과정이 필수적이었다. 설계 과정에 참여하지 않고 건조만을 담당한 조선소의 입장에서 최적의 시운전 방안을 찾아낸다는 것은 생각보다 까다로운 작업이 되었다. 여러 가지 난관에도 불구하고 시운전 일정에 맞춰 HiSTEP<sup>®</sup> 프로그램을 완성하였으며, 현장에 설치하여 운용 중에 있다. 시운전 종목에 대한 사항은 현 시점에서 비밀로 분류되어 있기 때문에 구체적으로 적시하지 않음을 양해하시기 바란다.

## 2. 시스템 구성

전체 종목에 필요한 데이터의 종류와 특성을 합산하여 최종으로 계측될 데이터의 채널 수를 결정하고, 각 채널 별로 데이터의 계측원을 찾아내는 것이 필요하다. 기존의 계기에 영향을 주지 않은 방법을 사용하는 것은 기본이며, 좁은 공간에서의 배선방법과 탈·부착이 용이하도록 하는 방안 등도 고려되었다.

장보고-II급 수중함에는 항해자료관리체계(Navigation Data Management Center, NDMC)가 존재하고 있고 기관제어콘솔(Engineering Control console, ECC)에 주 기관이나 가동성능 관련 데이터가 집중되어있다. 함조종반(Submarine Steering Console, SSC)에서 나오는 타 각 정보를 더하면 가동성 데이터 대부분을 파악할 수 있게 된다. 이외에도 연료전지 전력특성이나 수중속도 교정장비(Reference Log)와 관련된 채널을 포함하여 총 26개의 채널을 구성하게 되었다.

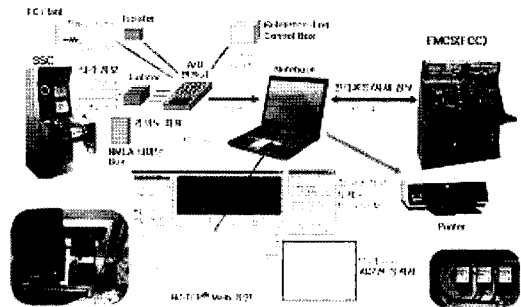


Fig. 1. HiSTEP<sup>®</sup> 시스템 구성

본 HiSTEP® 시스템을 구성하고 있는 장비는 노트북 컴퓨터, RS-422 변환기, A/D 변환기 및 각종 신호변환기(isolator) 등이다. 합 내의 ECC, SSC, NDMC 터미널 박스, 연료전지가 연계되어 있으며, 수중상태에서는 합 외에 설치된 수중속도교정기와도 연결되는 구조를 갖고 있다.

### 3. 프로그램 개발

프로그램 Coding작업이 실질적인 주된 업무인 것처럼 생각되지만, 실제로는 그 이상의 주변작업이 진행되었으며, 전체적인 workflow를 정리하면 Fig.2 와 같이 요약되어진다.

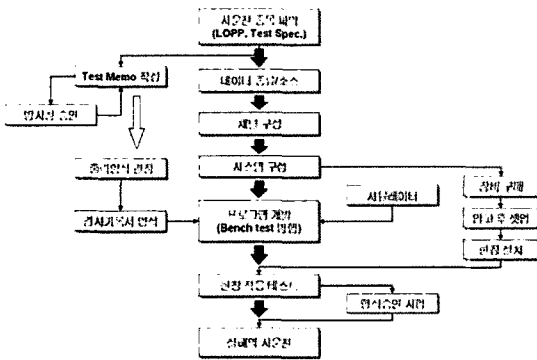


Fig. 2. HiSTEP® 시스템 개발 Workflow

#### 3.1 개발방향

본 프로그램의 개발방향은 다음과 같이 요약될 수 있다. 프로그램의 간소화를 도모하여 계측기능에 집중한다는 것과, 비주얼 효과를 높여 데이터의 생동감을 높이고 신뢰도를 극대화한다는 것이다. 프로그램의 간소화는 해석 및 평가기능을 분리하여 Microsoft사 엑셀 프로그램의 시트에 기능을 분산시키는 방법을 사용하였다. 데이터가 종목별로 준비된 엑셀시트에 전달되면 미리 내장된 매크로 프로그램이나 수식을 사용하여 시운전 평가를 수행하는 방식이다.

프로그램 개발도구로는 비주얼 베이직을 사용하여 개발작업이 상대적으로 편리하였고, 외형적으로

는 시각적 효과를 최대한 살리는데 주력하였다. 이와 같은 방법으로 계측 기능의 프로그램이 비교적 조기에 완성되고, 변화가 수반될 수 밖에 없는 해석 및 평가 기능의 프로그램은 후속작업으로 진행시켜 효율적이었다.

매 초마다 계측되어 저장되는 데이터가 조금이라도 손실되면, 전체적인 계측시스템의 신뢰도가 떨어지게 되므로 이점을 충분히 고려하고, 프로그램을 통해 구현할 수 있는 결과출력 형태는 현실적인 제한이 따른다고 판단하여 프로그램 간소화에 특별히 주목하였다.

#### 3.2 프로그램

항해시운전시 예상되는 데이터의 계측모드를 3단계로 분류하였는데, Monitoring -Logging -Marking(=measuring)으로 구분하였다. 통신설정이 완료되어 시리얼 포트가 열린 후, 모니터링 버튼을 누르면 주 화면에 보이는 디지털, LED, 아날로그 계기형 그리고 그래프 형태의 데이터가 계측 값에 따라 전시된다.

이 외에도 목적과 기능에 따라 여러 개의 창이 존재하며, 계측 및 수행단계에 따라 사용하도록 설계되어 있다.

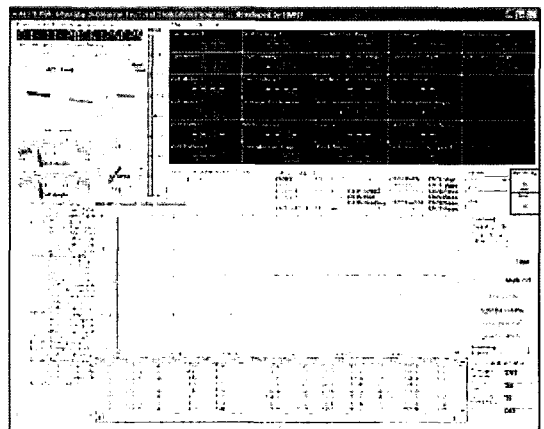


Fig. 3. HiSTEP® Main Screen 구성

### 3.3 Test Memo

계측된 결과는 해석 및 평가기능이 프로그래밍 되어 내장된 종목별 엑셀 템플릿에 출력되는데, 이 템플릿 시트는 함 내에서 시험 직후 시험감독관에 제출이 가능한 정도의 포맷을 갖추고 있다.

Fig. 4. Template 사례

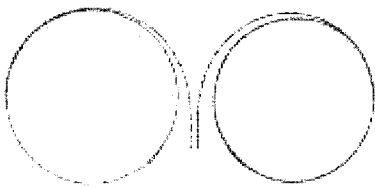


Fig. 5. 그래프 구성 사례 (수중 선회시험)

## 4. 통신관련 기술

HiSTEP® 프로그램의 데이터 계측과 밀접한 관련이 있는 통신환경의 특징은, ECC장비로부터 20개의 채널 데이터를 규정된 프로토콜을 이용하여 call and receive(one data-set after a call) 방식으로 이종 장비간 통신을 하며 데이터 형식이 암호화 된 점이다. 이것과 관련된 정보가 주어지지 않는다면, 계측에 관련된 프로그래밍은 불가능하게 된다.

### 4.1 3964R 소개

이종 장비간의 직렬(serial)통신을 원활하게 유지하고 질서를 확보하기 위한 방안 중 하나로써 Siemens가 프로토콜을 제정한 것이 3964R이고, Siemens가 제작한 장비는 이와 유사한 통신환경에 놓이게 된다.

구체적인 내용을 모두 나타내기에는 지면의 제한이 있어 flowchart 형식으로 정리하였으며, 개발과

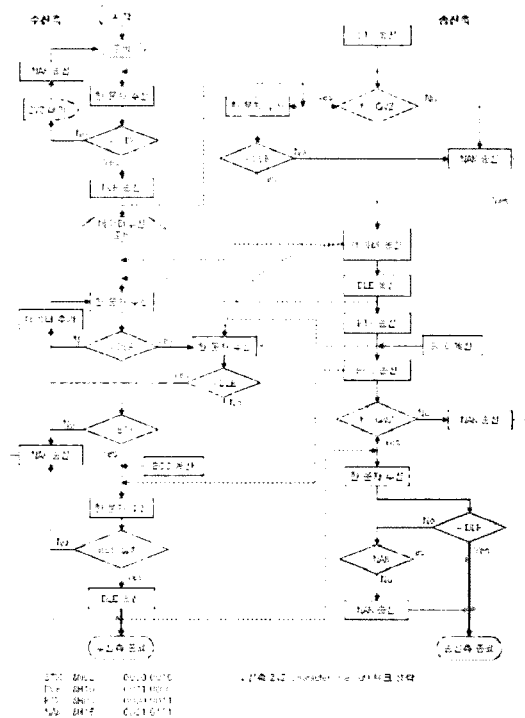


Fig. 6. 3964R 규정에 따른 Flowchart

정에서 이와 같은 규정에 맞도록 프로그래밍 작업이 진행되었다.

#### 4.2 데이터 프로토콜

2개의 바이트를 비트(bit) 단위로 나누면 65536개의 데이터를 나타낼 수 있고, 각 비트 단위 값이 의미하는 단위 물리량과 유효범위를 정하면 계측된 2 바이트 비트 값에 담겨진 물리량을 계산할 수 있다. 이런 방식의 프로토콜은 ASCII 형식의 프로토콜에 비해 데이터 전송 효율이 높다.

#### 4.3 통신 Logic

노트북 컴퓨터와 ECC간 직렬 데이터 통신과 6개의 아날로그 채널을 통해 입력되는 데이터를 매초 동시에 처리해야 하는 작업을 가능하게 하는 방법으로 시분할 방식을 선택하였다. 이 두 가지 데이터 형식에 대한 계측 중간에 에러가 발생하는 경우에도 즉각적인 원상 회복되어 데이터 계측작업이 계속되어야 하므로, 이 제한조건에 적합하도록 Logic을 구성하였다.

### 5. 위치 데이터 처리 기술

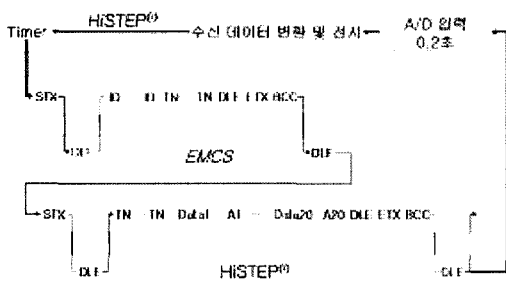


Fig. 7. HiSTEP® 데이터 취득 프로세스

함 내의 NMEA 터미널 박스에 연결하여 GPS 신호를 직렬통신 방식으로 계측하는데, 특별한 기술을 요하지는 않는다. 다만 함 내의 GPS 데이터는 일방 전송(one-way send) 방식이기 때문에, 계측 타이밍은 NDMC에 맞춰 수동적이 될 수 밖에 없다. 본 시

스템 구성에 있어, 앞서 기술된 통신 Logic에 추가하여 GPS 데이터 계측을 포함시키게 되면 당초의 데이터 연속성 확보가 불가능하다고 판단하여, GPS 데이터 계측은 별도의 프로그램으로 분리시켰다.

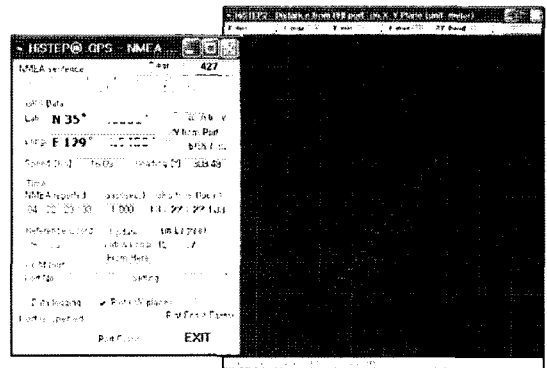


Fig. 8. GPS좌표 계측 프로그램

#### 5.1 프로그램 개발

수중함 내의 GPS 데이터 처리를 목적으로 프로그램을 개발하였고, 간단히 응용하여 수상함이나 일반상선의 속도시운전에 즉시 적용이 가능한 그래프 형식을 고안하였다.

#### 5.2 평면좌표 변환식

중위도 지방에 속하는 국내 yard에서는 GPS에서 계측된 위·경도 좌표를 지역의 1도 거리 값만으로 환산하여 직교평면 좌표에 나타내는 방식을 사용하는 것으로 알려져 있다. 이 방법이 중위도 지역에서 수 km 구역 내를 이동하는 상선이나 수상함에 사용하기에 충분한 정확도를 갖는 것은 분명하나, 그다지 복잡하지 않은 방법으로 보다 정확한 평면좌표 변환식을 유도하기를 시도하여 만족할 만한 결과를 얻었고, 앞서의 GPS 계측 프로그램에서 얻은 데이터를 평가하는데 활용하였다.

### 6. 결론

장보고-II급 수중함의 기동성능분야 항해시운전 수행 및 평가목적으로 성공적으로 개발된 HiSTEP®

$$\begin{aligned}
 -\Delta X &\cong R_2 \cdot \cot \phi \cdot \delta \psi - R_2 \cdot \cot \phi \cdot \sin \delta \psi \\
 &= R_2 \cdot \cot \phi \cdot (\delta \psi - \sin \delta \psi) \\
 \Delta Y &\cong R_2 \cdot \cot \phi \cdot (1 - \cos \delta \psi) \\
 \text{where } R_2 &= \sqrt{(R_E \cos \phi_1)^2 + (R_p \sin \phi_1)^2} \\
 \text{and } \delta \psi &= \sin \phi \cdot \delta \lambda
 \end{aligned}$$

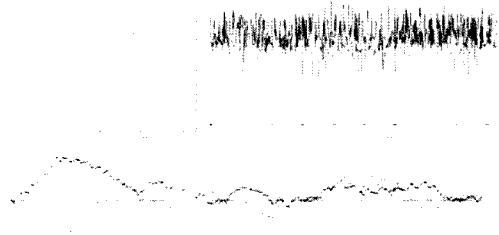
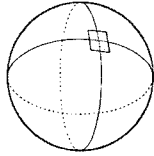


Fig. 10. GPS좌표 평면변환 응용 예

방식보다 더 정확한 데이터 평가를 목적으로 GPS 좌표의 평면변환 공식을 유도하여 활용하기도 하였다. 계측과 해석과정의 분리로 인하여 주 프로그램의 간소화를 추구하여 안정성을 높일 수 있었고, 사용자 수준에서도 데이터 평가과정의 점검 및 방법 수정이 가능한 장점을 갖추게 되었다.

Fig. 9. GPS좌표 평면변환 계산 예  
(左:극 지방, 右:울산)

을 활용하여 제1번함의 시운전이 진행 중이다. HiSTEP<sup>®</sup> 프로그램에는 스프레드 시트에 출력하는 방식을 이용한 시운전 데이터 처리방법이 시도되어 계측의 신뢰성을 높이고, 평가결과를 다양한 그래프 형태로 표시하는 것이 가능하게 되었다. 기존의

### 참고문헌

1. 김경환, 고석천, 권기환, 전제황, 정충연, “장보고-II급 시운전평가용 프로그램(HiSTEP<sup>®</sup>) 개발”, 한국군사과학기술학회 종합학술대회 Proceeding, 2007.
2. 김경환, 고석천, 권기환, “장보고-II급 시운전평가용 프로그램(HiSTEP<sup>®</sup>) 개발 -3964R을 중심으로-”, 시험평가기술 심포지엄 Proceeding, 2007. ⚓

김 경 환 | 현대중공업 선박해양연구소 수석연구원



- 1965년 1월생
- 1997년 서울대학교 조선해양공학 석사
- 관심분야 : 저항추진, 수중함실계, 선형의 수학적 표현, 프로그래밍
- 연 락 처 : 052-202-5493
- E-mail : ghkim@hhi.co.kr

고 석 천 | 현대중공업 선박해양연구소 선임연구원



- 1973년 3월생
- 1999년 서울대학교 조선해양공학 석사
- 관심분야 : 저항추진, Pod 추진장치, 프로 그래밍
- 연 락 처 : 052-202-3524
- E-mail : gscship@hhi.co.kr

**권 기 환** | 현대중공업 특수선사업부 잠수함설계부 과장



- 1971년 8월생
- 1997년 부산대학교 조선해양공학 학사
- 관심분야 : 수중함 설계 및 시운전
- 연 락 처 : 052-202-0879
- E-mail : submarine@hhi.co.kr

**전 재 황** | 현대중공업 특수선사업부 잠수함설계부 부장



- 1963년 8 월생
- 1986년 부산대학교 조선해양공학 학사
- 관심분야 : 수중함 설계
- 연 락 처 : 052-202-9871
- E-mail : jeonjh@hhi.co.kr

**정 충 연** | 현대중공업 조선사업본부 상무(갑)



- 1953년 7 월생
- 관심분야 : 수중함 설계
- 연 락 처 : 052-202-0059
- E-mail : cychong@hhi.co.kr