

수중 운동체의 육상 모의시험을 위한 실시간 HILS 시스템 구현

박영일¹ · 최영철¹ · 조규갑² · 이만형³

¹국방과학연구소 / ²부산대학교 산업공학과 / ³부산대학교 기계공학부

Imprementation of Real Time HILS System for Ground Test of Underwater Vehicle

Yeong-Il Park¹ · Young-Chul Choi¹ · Kyu-Kab Cho² · Man-Hyung Lee³

To minimize a real world test of underwater guided vehicle, it is necessary to perform a test on ground by using closed loop test techniques. This paper describes implementation of HILS(Hardware In the Loop Simulation) system for ground test and test methodologies for performance evaluation of a guided weapon. HILS system uses a real time distributed computer and a real time processing technique. Ground test results of underwater vehicle are presented for moving and stationary targets by using HILS system.

1. 서론

복잡하고 정밀한 수중 운동체를 효율적으로 개발하기 위해서는 체계 전체에 대한 종합 육상 모의시험이 필요하다. 실사시험 전에 폐회로 시험 기법을 이용한 HILS(Hardware In the Loop Simulation)를 통해 육상 모의시험을 수행함으로써 체계의 하드웨어 및 소프트웨어를 검증하고 실사시험에서의 위험요소를 제거하고 신뢰도를 증가할 수 있다. 실제로 선진 군사 기술을 보유하고 있는 일부 국가에서는 높은 정밀도 및 신뢰도를 가진 수중 운동체를 개발할 때 비 파괴적인 육상 모의시험을 반복 수행하여 설계변수의 최적화와 개발비용의 절감 및 개발기간의 단축효과를 얻고 있다(Harold *et al.*, 1974; 박영일 등, 1995).

본 논문에서 검토한 수중 운동체는 항공기 또는 수상함에서 투하 또는 발사되어 수중에서 자체 추진력을 가지고 운동하며, 관성측정기를 통해 자세를 감지하여 방향타와 승강타를 이용하여 자세를 제어하고, 음향신호를 이용하여 대상 표적을 탐지하여 추적하는 운동체로서, 각각의 CPU를 내장하고 있는 구성부들이 복잡하게 상호 작용하는 분산처리 시스템이며 운동체의 동 특성을 고려한 계산주기(Frame time)를 가지고 실시간으로 입력되는 다양한 수중 환경에 따라 작동하는 실시간 시스템이다. 이러한 운동체에 대한 실시간 HILS 시험은 실제 하드웨어와 이에 내장된 소프트웨어를 점검하기 위한 시뮬레이

션이므로 운동체와 연동되는 입출력 정보들의 실시간 처리가 필수적으로 요구된다. 다양한 수중 환경의 고려와 수중 운동의 재현이 필요하고 시험대상체와의 통신 및 결과 출력 등의 다양한 처리를 계산 주기 내에 처리하기 위해서는 적절한 분산처리 수행에 관한 연구가 필요하다.

본 논문에서는 운동체의 육상 모의시험을 위한 실시간 HILS 시스템의 구현과 이를 통한 육상 모의시험과 결과 분석을 수행하였다. 분산처리 시스템의 구조분석 및 구성방법에 대한 연구를 통하여 하드웨어, 인터페이스 및 소프트웨어를 구성하여 HILS 시스템을 구현하였으며, HILS 시스템에 대한 자체 기능점검 시험과 이를 이용하여 가동하는 표적과 정지된 표적에 대해서 수중 운동체의 표적 추적 성능 시험을 수행하였다.

2. 분산처리시스템의 구현

분산처리 시스템이란 주처리 소자(Main Processing Element)와 서로 상호 작용하는 여러 개의 노드(컴퓨터, 프로세서 등)들을 상호 연결하여 주어진 일을 각 노드에 알맞게 나누어서 수행하는 시스템을 말하며 크게 Tightly coupled 시스템과 Loosely coupled 시스템으로 나눌 수 있다. 최근 컴퓨터 시스템은 여러 노드에서 데이터를 분산 처리하는 경향으로 가고 있으며 분산처리 시스템은 중앙 집중 시스템보다 시스템을 조종하기 어려운 단점이 있으나 많은 장점으로 인하여 널리 사용되고 있다

(George and Jean, 1988; Joel, 1988; Weitzman, 1980).

분산처리 시스템에서 요구되는 소프트웨어는 분산처리를 가능하게 하는 운영체제, 분산처리 시스템에 알맞게 사용자 프로그램을 컴파일하는 컴파일러, 그리고 유틸리티 등이며, 분산처리 시스템 구현 접근방법으로는 독립적으로 운영되는 컴퓨터를 상호 접속하는 접근방법과 다중프로세서로 구성된 분산처리 시스템을 이용한 구현방법으로 크게 구분할 수 있다. 본 논문에서의 시험 대상 운동체와 다양한 수중 환경 입출력 정보들이 실시간으로 운용되어야 하는 HILS 시스템을 구현하기 위해서는 시험 전체를 관장하는 컴퓨터 외에 수중 환경에 대한 입출력을 담당하는 컴퓨터들을 상호 연결하는 다중 컴퓨터를 이용한 분산처리 시스템의 구성이 필수적으로 요구되므로 여기서는 Tightly coupled 시스템인 두 번째 방법을 적용하였다. HILS 관장 컴퓨터는 수중 환경 입출력 컴퓨터와의 인터페이스, 운동체와의 인터페이스, 그리고 운용에 필요한 소프트웨어의 실행 등을 실시간으로 처리하기 위한 고속의 프로세서의 사용이 필요하다. 육상 모의시험을 위한 HILS 시스템에서는 다중프로세서로 구성된 전산기를 주 전산기로 사용하고 운동체에 대해 수중 환경 입출력을 담당하는 보조 장치를 주 전산기를 중심으로 Star 구조를 갖도록 하는 분산처리 시스템으로 구성하였다.

3. 실시간 HILS 시스템 구현

3.1 다중프로세서를 이용한 주전산기 구성

분산처리를 위한 주 전산기는 <그림 1>과 같이 주 프로그램의 실시간 수행 기능을 가지는 CE-3 프로세서, 각종 보조 장치와의 통신을 담당하는 다양한 인터페이스 프로세서, 그리고 프로세서들 간의 통신 및 외부 LAN과의 통신을 담당하는 통신 프로세서들로 구성된다. 80Mbps의 전송속도를 가지는 VME 버스를 사용하고 있으며 실시간 및 다중처리, 그리고 외부 기기와의 다양한 I/O 인터페이스를 제공한다.

CE-3 프로세서에서는 운동체의 공기중 및 수중에서의 운동과 표적의 운동을 계산하고, 인터페이스 제어를 수행한다. VIC1 프로세서는 외부 장비와의 8채널 RS422 인터페이스를 제공하며 VIC2 프로세서는 운동재현기(Flight Motion Simulator : FMS) 제어를 위한 DR11 인터페이스를 제공한다. 그리고 SP040 프로세서에서는 8 채널 12 비트 아날로그 인터페이스를 제공하며 VMTM에서는 8채널의 422 LINK 인터페이스를 제공한다. VIM 프로세서는 외부 LAN을 통해서 보조 전산기와의 인터페이스를 제공하며 보조 전산기를 통하여 주 전산기의 프로그램 다운로드, HILS 진행 상황의 제어, 그리고 시험 데이터들에 대한 실시간 전송을 수행한다. COP 프로세서는 VME 버스를 제어하여 프로세서들간의 통신을 제어한다.

프로그램 개발 환경으로는 실시간 제어 및 실행 제어 루틴

을 COSIM Tool을 이용하여 각 프로세서의 실행 및 프로세서 간 데이터 전달 등을 제어한다. 이러한 제어를 통하여 각 프로세서에서 수행되는 프로그램의 병렬 다중처리가 가능하다.

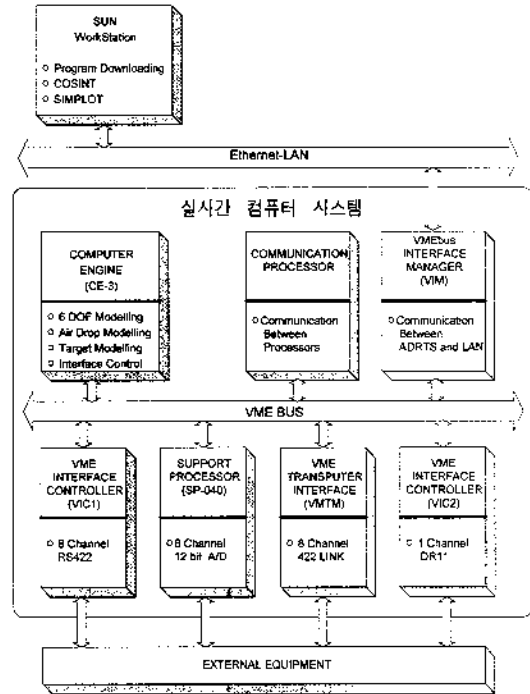


그림 1. 실시간 컴퓨터 시스템 구성도.

또한 육상 모의시험의 수행, 중지, 모니터링 데이터의 선정 등은 COSINT Tool을 통하여 menu-driven 방식으로 상호 대화식 제어가 가능하며 시뮬레이션 수행 결과는 SIMPLOT Tool을 통하여 실시간 데이터 도시 및 저장이 가능하다.

3.2 실시간 다중처리 스케줄러

실시간 다중 스케줄러(Scheduler)의 기능은 각 프로세서에서 수행되는 Task들을 정의하고, 시간간격을 유지하며, 각종 모델링의 실시간 실행제어와 프로세서들 간의 통신 제어 및 외부 시험장비와의 다양한 입출력 수행 제어와 같은 프로세서들의 실시간 실행제어의 기능을 가진다. <그림 2>에서는 실시간 다중처리 스케줄러의 구성을 나타내고 있다. 다중처리 스케줄러는 프로세서 내의 프로그램 블록의 실행을 제어하는 simexe 프로그램과 각 프로세서 간의 자료전달 및 전체 프로세서의 실시간 실행을 제어하는 cosim 프로그램에 의해 다중처리 스케줄러를 구성하는 프로그램들이 실행된다. 이러한 개념은 각 프로세서 레벨의 내부 실행 제어와 실시간 계산 체계의 외부 실행 제어로서, 먼저 운동체의 공기중 및 수중 궤적 계산, 표적 기동 계산 등의 프로그램을 블록 구조 형태로 프로그래밍한다. 실시간 실행제어 루틴인 simexe는 타이머와 클록 루틴을 사용하여 외부 실행제어와 내부 실행제어에 따라 블록을 호출

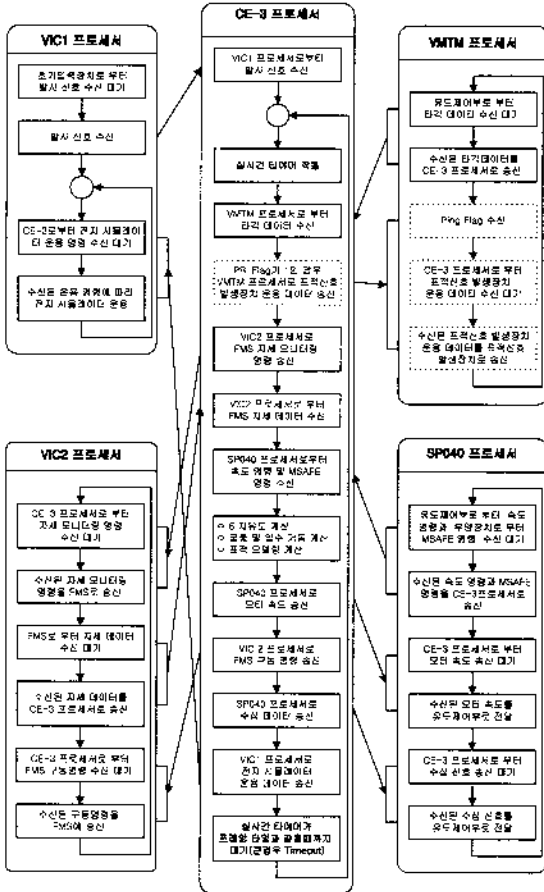


그림 2. 다중처리 스케줄러의 구성.

하여 실행을 수행한다. 다음으로 cosim 프로그램에 의한 실행은 시뮬레이션의 계산주기 내에서 각 프로세서의 주어진 기능이 정의되어 수행되며 프로세서 간 자료 전달 및 프로세서의 동작시작, 대기 등의 명령을 이용하여 시스템의 실행을 제어한다.

스케줄러 설계시 다중 프로세서 시스템에서 발생할 수 있는 실시간 비동기화 문제가 발생되지 않도록 주 프로세서인 CE-3 프로세서를 기준 시각으로 하여 프로세서 간 시간동기를 맞추었고 프로세서 간의 데이터 통신은 동기식 자료 전송방법을 적용하여 모델 간의 데이터 종속성과 일치성이 유지 되도록 하였다. 그리고 각 프로세서에서 수행되는 스케줄러 루틴을 프로세서 간 통신 루틴, 아날로그/디지털 보드 제어 및 입출력 루틴 등으로 모듈화함으로써 스케줄러의 구성 수정이 용이하며 유지성이 보장되도록 설계하였다. 아울러 CE-3 프로세서와 입출력 프로세서의 수행을 병렬화하여 입출력 수행에 따른 오버헤드 시간이 최소화 되도록 설계하였다.

3.3 하드웨어 구성

운동체의 육상 모의시험을 위한 HILS 시스템의 하드웨어는 시험을 관장하는 주 전산기와 보조 전산기, 운동체의 수중 운동 재현을 위한 운동재현기, 운동체의 발사절차를 제어하는

초기입력장치, 운동체에 수중 환경을 고려한 음향신호와 시험시 소요되는 여러 가지정보호를 입력할 수 있는 보조 장치, 그리고 운동체의 동작상태를 모니터링하는 모니터링 컴퓨터들로 구성된다(최영철, 1997).

주 전산기는 운동체와 표적의 거동 계산, 피 시험체와의 통신, 그리고 보조 장치와의 통신 및 제어를 다중프로세서에서 실시간으로 처리한다. 보조 전산기로는 워크스테이션을 사용하였으며 사용자의 프로그래밍 작업 및 주 전산기와의 프로그래밍 다운로딩과 실시간 그래픽 처리를 수행한다.

FMS는 수중에서의 운동체의 회전운동을 육상에서 재현하여 운동체에 인가함으로써 운동체 내부에 장착된 관성측정기가 모사된 운동을 감지할 수 있도록 한다. 초기입력장치는 운동체에 대해 발사전 전원 공급 기능, 발사에 필요한 초기값 입력 기능, 운동체에 대한 발사절차 제어 기능 등을 수행한다.

표적신호 발생장치는 표적의 위치 및 방위각에 따라 표적신호를 모사하여 운동체의 신호처리부에 입력하며, 전지 시뮬레이터는 실제 전지를 대신하여 운동체에 소요되는 전원을 발사절차에 따라 공급하는 역할을 담당한다.

육상 모의시험을 위한 보조 장비로서 운동체의 신호처리부와 유도제어부의 프로그램 다운로드 및 모니터링을 수행하는 신호처리부 및 유도제어부 모니터링 컴퓨터, 훈련탄두부의 데이터를 모니터링하는 훈련탄두부 모니터링 컴퓨터, 그리고 자세제어반을 모니터링하는 자세제어반 모니터링 컴퓨터 등이 사용된다.

3.4 인터페이스 구성

주 전산기와 관련된 인터페이스는 장비들의 특성에 맞추어 다양한 인터페이스 방식들이 사용되고 있는데 주 전산기와는 LAN 인터페이스, FMS와는 16 비트 병렬 통신 방식을 사용하는 DR11 인터페이스, 그리고 표적신호 발생장치와는 LINK 인터페이스 방식이 사용된다. 또한 초기입력장치, 전지 시뮬레이터와는 RS422 Async 인터페이스 방식을 사용하고 운동체의 구성부와 모니터링 컴퓨터 사이의 통신은 LINK 통신방식이 사용된다.

3.5 프로그램 구성

주 프로그램은 HILS 운용을 관장하는 부분으로서 실시간 운용부, 운동체의 공기중 및 입수 궤적 계산부, 수중에서의 운동 방정식 계산부, 표적 기동 계산부 등으로 구성되어 있다. 실시간 운용 프로그램은 HILS 운용시 보조 장치들의 초기화를 수행하고 실시간 운용에 따른 보조 장치들의 입출력 데이터를 제어하며 시험이 종료되면 보조 장치들에 대한 종료화 루틴을 수행한다.

공기중 및 입수 궤적 계산부는 운동체가 발사된 후 공기중 운동 궤적과 입수 후 추진력이 생성될 때까지의 입수 궤적을

계산해 준다. 표적 기동 계산부는 표적에 대한 정보를 계산하여 표적신호 발생장치에 전달하여 운동체에 대한 표적의 상대 위치, 상대각도 및 상대속도 등의 정보에 따른 신호를 운동체의 신호처리부로 인가한다.

운동방정식 계산부는 운동체 각각 정보에 의해 운동체의 자세 및 위치를 계산하며, 운동체의 수중 운동을 재현하기 위한 FMS 구동명령을 생성한다.

인터페이스 처리 프로그램은 DR11, RS422 Async, LINK 등의 인터페이스 방식에 의한 모든 통신 관련 작업 - 통신 디바이스 제어 및 데이터 송수신 처리 - 을 처리한다. 이 프로그램은 운동체 및 보조 장치로부터 시험에 필요한 모든 정보를 수신하고 운동체의 운용에 필요한 수중 환경 입력을 위해 각종 보조 장치에서 필요한 정보를 송신한다.

FMS 구동 처리부는 계산된 운동체의 자세각 값에 따라 FMS를 구동하고 감지된 궤환값을 HILS의 주 프로그램으로 송신한다. 또한, 주 프로그램 내의 운용 명령에 따라 FMS 초기화 및 종료 루틴을 수행한다.

화면출력 처리부는 시험의 진행 상황 및 실시간 분석을 위한 소프트웨어로 운동체와 표적의 궤적을 도시하며 그 외 시험의 분석을 위해 필요한 여러 가지 정보들을 도시한다.

4. 육상 모의시험

실제 육상 모의시험에 앞서 시험의 결과에 중대한 영향을 미치는 FMS의 추종 성능을 확인하기 위해서 운동체의 기동형태에 따른 FMS의 성능을 검토하였다. 또한, 표적 탐지 및 추적시 신호처리부의 능동 음향 신호가 발생하는 시간간격(Ping Repetition Interval : PRI)동안의 표적과 운동체의 궤적을 보다 정밀하게 추정하여 표적신호 발생장치에 표적과 운동체의 위치 및 자세정보를 입력함으로써 운동체 및 표적의 기동으로 인해 야기되는 궤적상의 오차를 최소화시켰다.

4.1 FMS 추종 성능 시험

주어진 구동명령에 따른 FMS의 추종 성능이 떨어질 경우 관성측정기로부터 측정된 데이터와 실제 운동체의 수중 운동은 일치하지 않으며 HILS의 결과에 대한 신뢰도가 떨어지게 된다. 추종 성능 평가는 입력되는 각속도 명령을 FMS가 실시간으로 정확하게 재현해 주는가에 대한 점검으로 입력 명령인 각속도 구동 명령과 FMS에서 궤환된 각속도 출력값을 비교 분석한다.

본 논문에서는 2가지의 설정값에 대한 추종 성능 시험을 수행하였으며 2축 FMS를 사용하여 피치 및 요오 축에 대한 FMS 추종 성능을 분석하였다. 발사 후 3초까지는 공기중 및 입수 궤적을 나타내고 나머지 구간에서는 운동체의 수면 입수 후 수중에서의 궤적을 나타낸다.

<표 1>의 설정값 1에 대한 FMS 구동 명령 및 궤환값을 <그

림 3>과 <그림 4>에 나타내었다. 피치의 경우에는 발사 후 약 7초까지 설정 심도로 이동하면서 2회에 걸쳐 최대 $230^{\circ}/\text{sec}$ 정도의 구동 명령이 발생하나 FMS 궤환값으로부터 구동 명령에 따른 양호한 추종 성능을 확인하였고, 요오의 경우에도 발사 후 3초에서 7초 사이에 설정 침로로 이동하기 위해 $+25^{\circ}/\text{sec}$ 에서 $-15^{\circ}/\text{sec}$ 의 구동 명령이 반복하여 발생하나 FMS 궤환값은 구동 명령을 잘 추종함을 확인하였다.

표 1. 기동 시나리오

항목	설정값 1	설정값 2
초기 고도	10 m	10m
설정 심도	40 m	60m
설정 침로	10 deg	40 deg
주행 시간	30 초	30 초

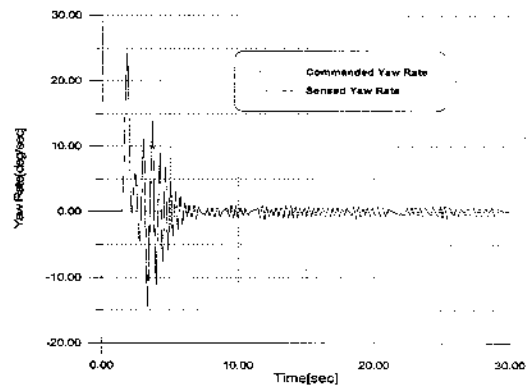


그림 3. 설정값 1에 대한 요오 각속도 추종 성능.

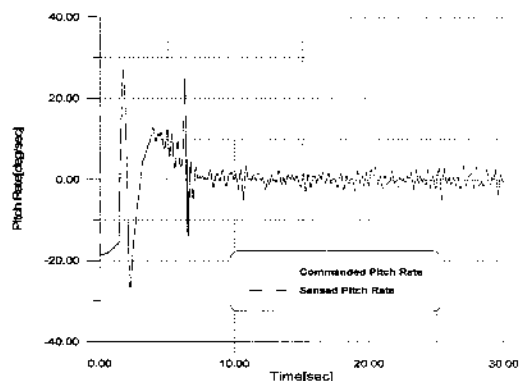


그림 4. 설정값 1에 대한 피치 각속도 추종 성능.

<표 1>의 설정값 2에 대한 FMS 구동 명령 및 궤환값은 <그림 5>와 <그림 6>과 같다. 피치의 경우에는 발사 후 약 20초까지 설정 심도로 이동하면서 5회에 걸쳐 최대 $230^{\circ}/\text{sec}$ 정도의 과도한 구동 명령이 발생하나 FMS 궤환값은 구동 명령과

거의 일치함을 알 수 있고, 요오의 경우에도 발사 후 3초에서 8 초 사이에 설정 침로로 이동하기 위해 $-50^{\circ}/\text{sec}$ 에서 $+30^{\circ}/\text{sec}$ 의 과다 구동 명령이 반복하여 발생하나 FMS 제한값으로부터 구동 명령에 대한 양호한 추종 성능을 확인하였다.

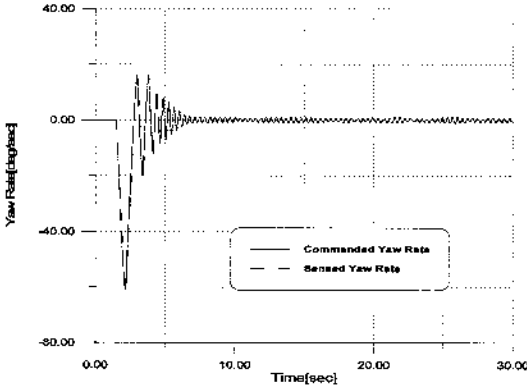


그림 5. 설정값 2에 대한 요오 각속도 추종 성능.

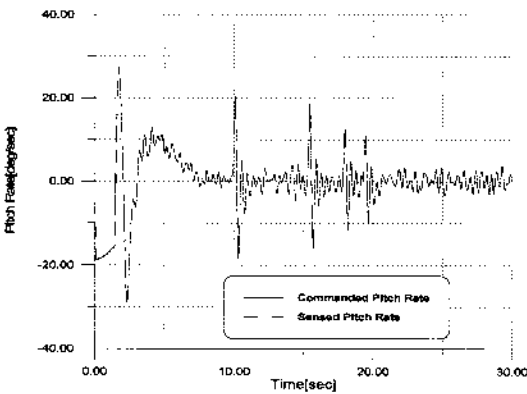


그림 6. 설정값 2에 대한 피치 각속도 추종 성능.

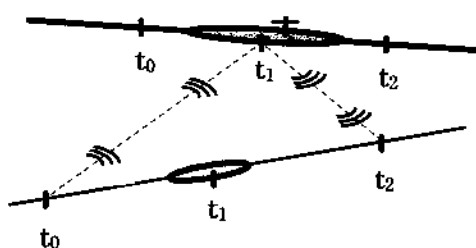


그림 7. 운동체 및 표적의 기동과 음향 전달.

4.2 운동체 및 표적 기동 추정

운동체 및 표적의 기동과 이에 따른 음향 정보 전달과정은

<그림 7>에서 나타내었다.

이러한 정보 중 t_1 과 t_2 는 미래의 정보로서 주 전산기에서 유도 제어부의 유도 로직과 t_0 시점에서의 운동체 및 표적 정보를 이용하여 추정함으로써 보다 정밀한 육상 모의시험이 가능하게 된다.

표적 추적시 운동체의 유도제어부에서는 신호처리부로부터 탐지한 표적의 수직 및 수평 상대각과 상대거리를 전송 받고 PRI를 설정하게 되고, 표적 추적을 위한 각속도 명령을 상대 각과 PRI의 함수로 계산하여 구동장치에 구동 명령을 보낸다. 운동체의 요오와 피치 각속도 명령 $\dot{\psi}_c, \dot{\theta}_c$ 은 식 (1)과 같다.

$$\begin{aligned} \dot{\psi}_c &= G_{\psi} \times \psi_{rel} / PRI \\ \dot{\theta}_c &= G_{\theta} \times \theta_{rel} / PRI \end{aligned} \quad (1)$$

여기서 ψ_{rel}, θ_{rel} 는 운동체와 표적간의 수평면과 수직면에서의 상대각을 나타내며, G_{ψ}, G_{θ} 는 각각의 이득값이다.

HLS 시스템에서는 유도제어부로부터 전송되는 PRI 정보, t_0 시점에서의 운동체와 표적의 정보를 이용하여 기동을 예측하게 된다. 먼저 t_0 시점에서의 표적과의 상대 거리를 이용하여 시간 t_1 과 t_2 는 식 (2)와 같다.

$$\begin{aligned} t_1 &= R_{rel} / 1500 \\ t_2 &= 2 \times t_1 \end{aligned} \quad (2)$$

여기서 R_{rel} 은 운동체와 표적간의 거리이다. t_1 시간에서의 표적 정보 추정은 t_0 시점에서 표적 기동 모델링의 계산주기를 t_1 으로 하여 생성하고, t_2 시간에서의 운동체의 정보 추정은 t_0 시점에서의 운동체의 위치 및 자세 정보를 이용하여 생성하게 된다. t_2 시점에서의 운동체의 위치 및 자세는 t_0 시점에서 위치 P_{t0} 와 속도 V_{t0} 에 의해 각 축에 대해서 식 (3)과 같이 계산된다.

$$\begin{aligned} P_{x_{t_2}} &= P_{x_{t_0}} + V_{x_{t_0}} \times t_2 \\ P_{y_{t_2}} &= P_{y_{t_0}} + V_{y_{t_0}} \times t_2 \\ P_{z_{t_2}} &= P_{z_{t_0}} + V_{z_{t_0}} \times t_2 \end{aligned} \quad (3)$$

t_2 시점에서의 운동체의 자세 ψ_{t_2}, θ_{t_2} 는 t_0 시점에서의 자세 ψ_{t_0}, θ_{t_0} 와 계산된 각속도 명령 $\dot{\psi}_{ct_0}, \dot{\theta}_{ct_0}$ 에 의해 식 (4)와 같이 계산된다.

$$\begin{aligned} \psi_{t_2} &= \psi_{t_0} + \dot{\psi}_{ct_0} \times t_2 \\ \theta_{t_2} &= \theta_{t_0} + \dot{\theta}_{ct_0} \times t_2 \end{aligned} \quad (4)$$

추정 데이터를 사용하지 않은 경우와 사용한 경우에 대한 시험을 수행하고 시험 결과를 <그림 8>과 <그림 9>에 도시하였다. 운동체의 설정 침로는 0도이며 표적은 수평면으로 45도로 기동하였다.

위의 결과를 통해 추정데이터를 사용할 경우 표적 추적단계에서 안정된 주행궤적을 나타냄을 확인하였다.

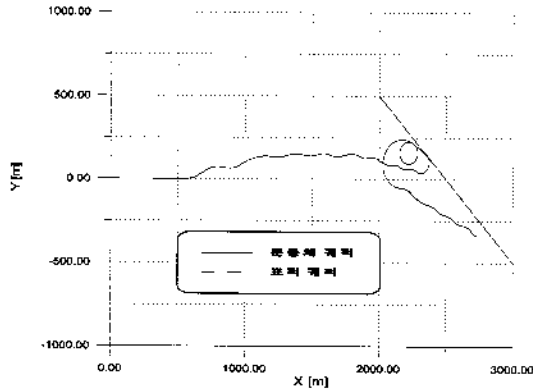


그림 8. 추정데이터를 사용하지 않은 경우 주행 궤적.

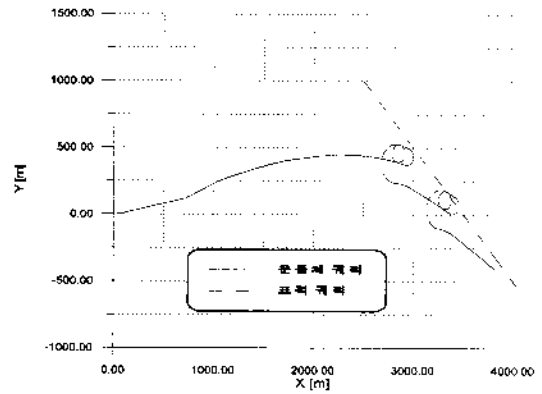


그림 10. 기동 표적에 대한 주행 궤적.

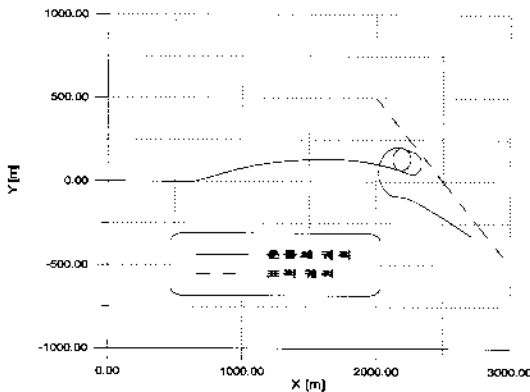


그림 9. 추정데이터를 사용한 경우 주행 궤적.

2) 설정 심도 및 설정 침로 유지 성능

<그림 11>에서는 발사에서 탐색 시작 시점까지의 심도 데이터를 나타내었으며 그림에서 심도는 발사 후 공기중 및 입수 기동에 의해 심도 변화를 가지며 추진력이 발생된 후 설정 심도로 이동하였다. 설정 심도 도달 후 탐색 시작 전까지 설정 심도를 유지하였다.

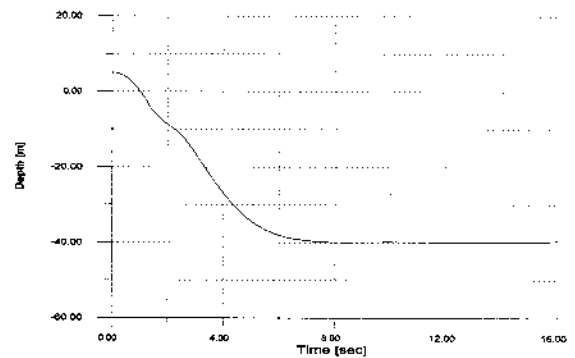


그림 11. 기동 표적에 대한 심도.

4.3 육상 모의시험

육상 모의시험은 기동 표적과 정지 표적에 대해 시험을 수행하였다.

4.3.1 기동 표적

표적이 기동하는 경우 중 접근하는 표적에 대한 모의시험을 수행하였다. 운동체의 설정 침로는 +10도, 설정 심도는 40m, 공격중단(Attack Cutoff : ACO) 거리는 300m, 그리고 ACO 횟수는 2회로 설정하였다. 표적은 수평면으로 -45도 기동을 하는 시나리오이다.

1) 주행 궤적

기동 표적에 대한 운동체 및 표적의 궤적은 <그림 10>과 같다. 발사 후 설정 침로로 이동하여 주행하다가 탐색이 시작된 후 표적을 탐지하여 표적 추적 단계로 전환되었고, 첫 번째 ACO에 의해 표적을 상실하고 표적 추적 단계로 들어가며 표적에 대한 재탐색을 수행하였다.

표적을 재 탐지하여 표적 추적이 들어간 후 두 번째 ACO에 의해 표적 탐지 로직에 들어가고 표적을 세 번째 탐지한 후 표적 추적을 수행하다가 세 번째 ACO에 의해 주행이 종료된다.

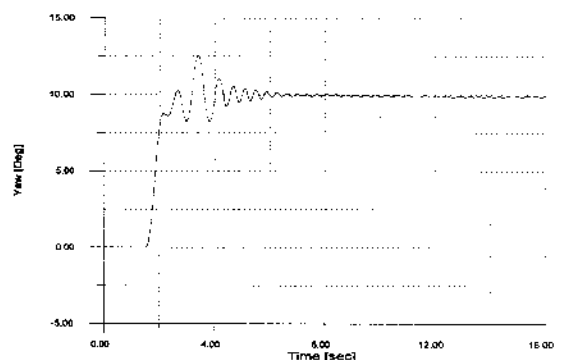


그림 12. 기동 표적에 대한 침로.

<그림 12>에서는 발사에서 탐색 시작 시점까지의 침로 데이터를 나타내었으며 그림에서 침로는 입수 후 추진력이 발생된 후 설정 침로로 이동하며 탐색 시작 전까지 설정 침로를 유지하였다.

4.3.2 정지 표적

정지 표적에 대한 모의시험을 수행하였다. 운동체의 설정 침로는 0도, 설정 심도는 40m, ACO 거리는 300m, 그리고 ACO 횡수는 2회로 설정하였다. 표적은 X-거리 3000m, Y-거리 300m, Z-거리 40m에 고정된 표적이다.

1) 주행 궤적

정지 표적에 대한 운동체의 궤적은 <그림 13>과 같다. 발사 후 설정 침로로 이동하여 주행하다가 탐색 시작 후 표적을

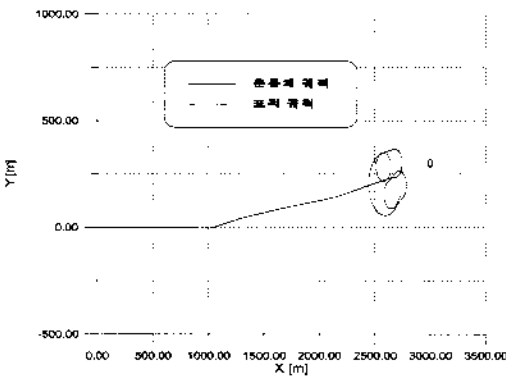


그림 13. 정지 표적에 대한 침로.

탐지하여 표적 추적 단계로 전환되었고, 첫 번째 ACO에 의해 표적 상실에 의한 표적 탐색 단계로 전환된다. 다시 표적을 탐지하여 추적에 들어가고 두 번째 ACO 로직을 수행한 후에 다시 탐색 로직에 들어가고 표적을 재 탐지한 후 표적 추적을 수행하다가 세 번째 ACO에 의해 주행이 종료된다.

2) 설정 심도 및 설정 침로 유지 성능

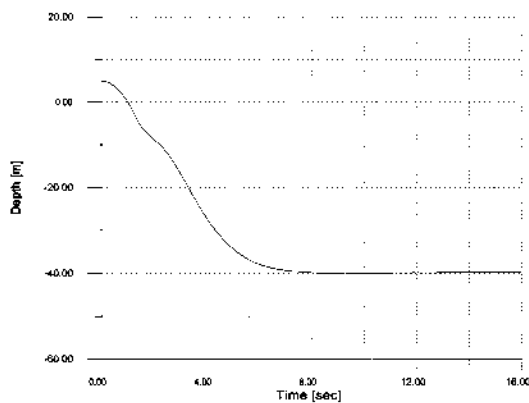


그림 14. 정지 표적에 대한 심도.

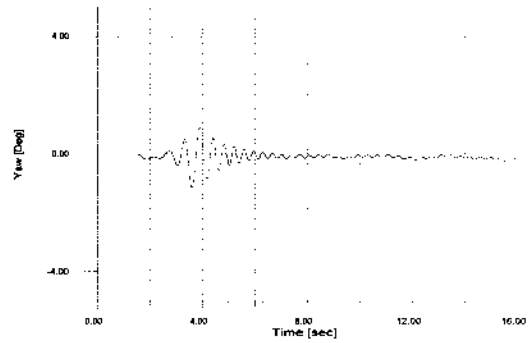


그림 15. 정지 표적에 대한 침로.

<그림 14>에서는 발사에서 탐색 시작 시점까지의 심도 데이터를 나타내었으며 마찬가지로 기동표적의 경우와 같은 초기기동을 나타낸다. <그림 15>에서는 발사에서 탐색 시작 시점까지의 침로 데이터를 나타내었으며 그림에서 침로는 입수 후 추진력이 발생하는 시점부터 설정 침로인 0도를 유지하며, 설정 침로 도달 후 탐색 시작 시점 전까지 설정 침로를 유지하였다.

5. 결론

고찰대상의 수중 운동체는 CPU가 내장된 여러 구성부들로 구성되어 있는 실시간 분산처리 시스템이다. 이러한 체계에 대한 실시간 HILS 시험을 수행하기 위해서는 다양한 인터페이스를 가진 실시간 분산처리 시스템의 개발이 요구된다.

본 논문에서는 수중 운동체에 대한 육상 모의시험을 위해서 분산 처리 및 HILS 기법에 대한 적용성 연구를 통해 실시간 처리가 가능한 HILS 시스템의 구현하였다.

또한, HILS 시스템의 기능 점검 시험을 통해 육상 모의시험을 위한 적합성을 알아보았으며, 기동 표적 및 정지 표적에 대한 종합 육상 모의시험을 수행하였고 시험 결과 분석을 통해 운동체에 대한 하드웨어 및 소프트웨어를 검증하였다.

참고문헌

박영일, 홍성명 (1995), 수중 운동체 HILS 및 자동시험 시스템 개발 (I), 국방과학연구소, NWS-519-950377.
 이원, 명노직 (1994), 수중 운동체의 유도제어 HILS 시스템 개발 및 시험 분석, 국방과학연구소, NWS-519-940974.
 최영철 (1997), 실시간 분산처리를 이용한 수중 운동체 HILS 시스템 설계 연구, 국방과학연구소, NWS-519-971269.
 Contraves Goerz Corporation (1982), *An Overview Hardware In the Loop Simulation Facilities*, P-12510, Nov.

- Frangos, C. (1990), Control system analysis of a hardware-in-the-loop simulation, *IEEE Transactions on Aerospace and Electronics Systems*, 26(4), July.
- George, F. C. and Jean, D. (1988), *Distributed System: Concepts and Design*, ADDISON-WESLEY Publishing Company.
- Harold, L. P., Charles, M. W. Jr. and Larmon, S. I. (1974), Hardware-in-the-loop simulation: A guidance system optimization tool, *ALAA Mechanics and Control of Flight Conference*, 1-7, Aug.
- IEEE. ANSI/IEEE Std. 1014-1987 : VMEbus, IE.
- Joel, M. C. (1988), *An Introduction to Distributed and Parallel Computing*, Prentice-Hall.
- Pledger, A. C. (1988), *Real Time Weapon Simulation*, UDT, Oct.
- SIM System Documentation* (1995), ADI.
- Weitzman, C. (1980), *Distributed Micro/Mimicomputer Systems: Structure, Implementation, and Application*, Prentice-Hall.