

합성환경 하에서의 수중운동체 HILS/MILS 구현 기법 연구

A Study on Implementation of an Underwater Vehicle HILS/MILS System in Synthetic Environment

남 경 원*
Nam, Kyung-Won

ABSTRACT

In this paper, development procedures of an Underwater Vehicle HILS/MILS System in SE(Synthetic Environment) are described. As this System is developed, we can obtain the more powerful tool which can be used to test and verify operational logics and algorithms of an Underwater Vehicle as well as its hardware in various tactical situations.

주요기술용어 : Underwater Vehicle(수중운동체), HILS(Hardware In the Loop Simulation), MILS(Man In the Loop Simulation), SE(Synthetic Environment, 합성환경)

1. 서 론

잠수함을 표적으로 수상함, 헬기, 항공기에서 운용되는 수중운동체는 표적과의 직접적인 충돌에 의해 기폭되는 충격신관을 사용하고 있으며, 적함을 효과적으로 무력화시키기 위한 유도제어 알고리즘을 채택하고 있다. 그러나, 기존의 수중운동체 HILS 시스템^{1,2}의 경우, 표적이 간단한 형상으로 표현되므로 실제적인 유도제어 알고리즘의 하드웨어적인 성능 검증에는 한계가 있을 수밖에 없었다. 따라서 이러한 한계를

극복하기 위하여 모델링/시뮬레이션(Modeling and Simulation) 기반의 가상현실(Virtual Reality) 기법을 적용한 HILS 기법^{3~5}의 도입이 요구되었으며, 그에 따라 HILS 상에서 합성환경을 제공해주기 위한 수중운동체 3차원 시뮬레이터⁶와 HILS 시스템간의 연동 필요성이 제기되었다.

또한 HILS 상에서, 표적함의 회피 기동은 수중운동체의 유도제어 알고리즘의 성능 검증뿐만 아니라 전반적인 체계 로직의 성능을 검증하기 위하여 매우 중요한 요소인데, 표적함의 회피 기동을 수식적으로 단순한 모델에 의해 표현한다는 것은 거의 불가능하므로 HILS 상에서 사람이 직접 표적함을 운용할 수 있

* 국방과학연구소 연구원

도록 하는 MILS 기법^[4]의 도입이 요구되었으며, 그에 따라 표적함 시뮬레이터^[7]와 HILS 시스템간의 연동 필요성도 제기되었다.

이러한 필요성에 의해서 합성환경 하에서의 수중운동체 HILS/MILS 시스템의 구현에 관한 연구가 진행되었으며, 본 논문에서는 이러한 관점의 연구 내용에 대해 기술하고자 한다.

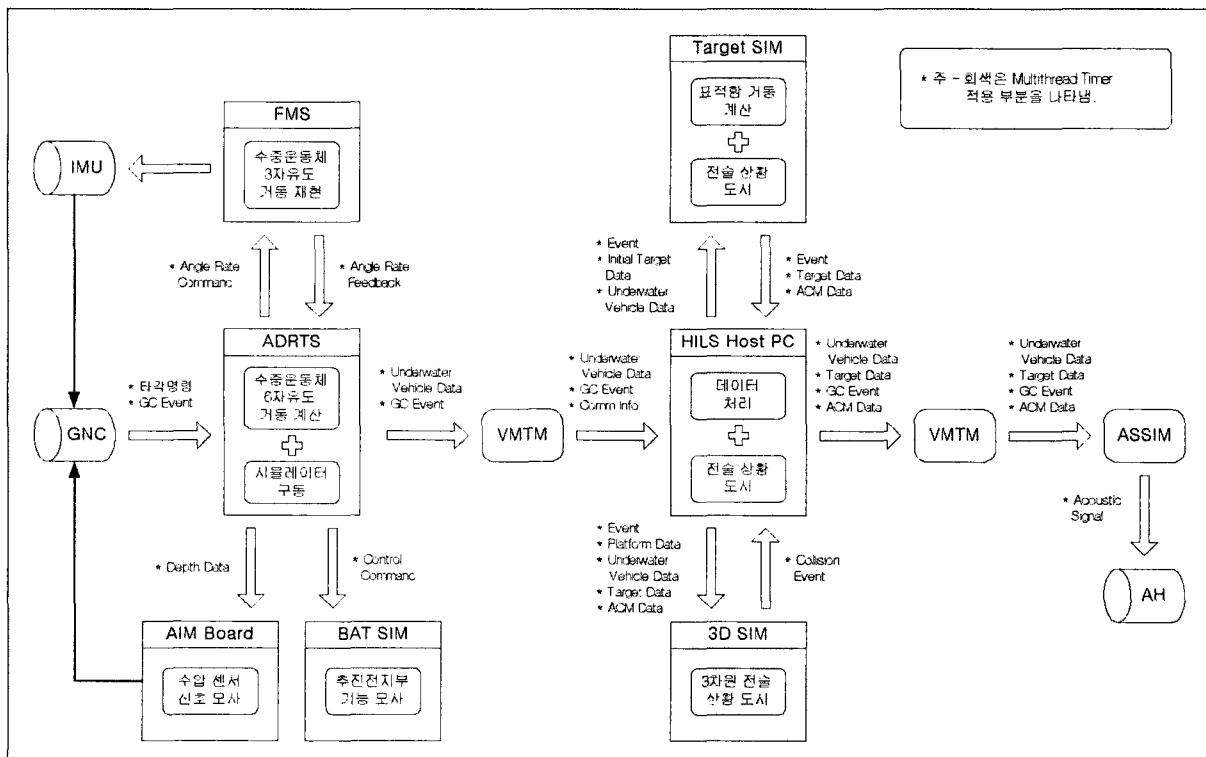
2. 수중운동체 HILS/MILS 시스템의 설계

2.1 시스템 구성

합성환경 하에서의 수중운동체 HILS/MILS를 구현하기 위한 시스템의 구성을 간략화하여 나타내면 그

림 1과 같다.(그림 1에서 각종 부 체계의 모니터링 시스템과 부가 장비 등은 생략하였다.)

수중운동체의 유도제어부(GNC, Guidance, Navigation and Control)로부터 타각 명령 및 이벤트 정보가 주전산기인 ADRTS(ADI Real Time Station)로 전송되면, ADRTS에서는 수신된 타각 명령과 이벤트 정보를 이용하여 수중운동체의 6자유도 운동 방정식을 계산한다. 계산된 주행정보를 이용하여 수중운동체의 관성측정장치(IMU, Inertial Measurement Unit)에 3자유도의 거동을 인가하기 위한 FMS (Flight Motion Simulator)와 추진전지부의 기능을 모사하기 위한 전지 시뮬레이터(BAT SIM), 유도제어부로 수압센서의 출력에 해당하는 아날로그 신호를 인가하기 위한 AIM(Analog Interface Module) 보드



[그림 1] 합성환경 하에서의 수중운동체 HILS/MILS 시스템의 간략화된 구성도

등을 제어하고 VMTM(VME Multi Transputer Module) 보드로 수중운동체의 주행에 관련된 정보를 전송하게 된다.

VMTM 보드는 ADRTS와 음향신호 시뮬레이터^[8](ASSIM, Acoustic Signal SIMulator) 및 HILS Host PC간의 통신을 담당하는 데, HILS Host PC에는 VMTM 보드와의 통신을 위하여 parsytec사의 BBK-PC 통신 카드가 장착되어 있으며, VMTM 보드와의 통신은 RS-422 방식의 LINK 통신이 사용된다.

BBK-PC 통신카드를 통해 HILS Host PC로 전송된 데이터는 통신 프로토콜에 따른 데이터 처리 과정을 거친 뒤 3가지 태스크(Task)로 나누어 실행된다. 이 3가지 태스크는 HILS Host PC의 시스템 부하를 고려하여 멀티쓰레드(Multi Thread) 방식으로 실행되도록 프로그램하였으며, 복잡한 멀티쓰레드 기법의 구현을 간편하게 하기 위하여 멀티쓰레드 타이머 컴포넌트를 자체 제작하였다.

멀티쓰레드 타이머로 수행되는 첫 번째 태스크는 HILS Host PC에서 표적함 시뮬레이터(Target SIM)로 수중운동체 정보와 초기 표적 정보를 전송하기 위한 TCP/IP 통신이고, 두 번째 태스크는 HILS Host PC에서 3차원 시뮬레이터(3D SIM)로 플랫폼, 수중운동체, 표적 정보 등을 전송하기 위한 TCP/IP 통신이다. 마지막으로 세 번째 태스크는 HILS 상의 각종 데이터 및 전술상황을 도시하기 위한 것이다. 각 태스크의 우선순위는 상황에 맞게 조정되도록 HILS Host PC의 운용 프로그램을 작성하였다.

표적함 시뮬레이터로부터 표적 정보가 수신되면, HILS Host PC는 음향신호 시뮬레이터의 표적 신호 생성에 필요한 데이터를 계산하기 위하여 APE 알고리즘을 실행한다. APE 알고리즘에 의해 계산된 데이

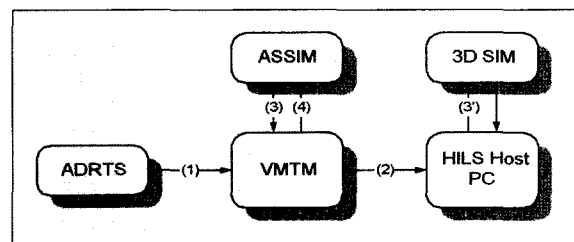
터는 VMTM 보드를 거쳐 음향신호 시뮬레이터로 전송되고, 음향신호 시뮬레이터에서는 수신된 데이터에 의한 표적 신호를 수중운동체의 음향탐지부(AH, Acoustic Head)로 인가하게 된다.

2.2 수중운동체 HILS/MILS를 위한 통신 구조 설계

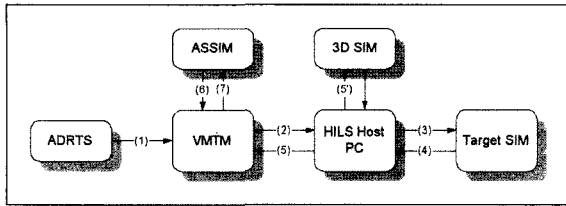
합성환경 하에서의 HILS/MILS 시스템을 구축하는데 있어서, 표적함 시뮬레이터를 연동하여 시뮬레이션하는 경우와 연동하지 않는 경우의 HILS 상의 데이터 흐름을 다르게 설계하였는데, 이것은 분산 시뮬레이션의 필요성에 따른 결과이다. 처음에는 HILS Host PC에 표적함 시뮬레이터의 기능을 포함시키려고 하였으나, HILS Host PC의 부하 문제와 표적함 관점의 전술상황을 도시하는 문제가 제기되어 독립적인 표적함 시뮬레이터를 구성하게 되었다.

먼저, HILS 시스템이 표적함 시뮬레이터와 연동하지 않는 경우의 데이터 흐름은 그림 2와 같다. 표적함 시뮬레이터와 연동하지 않을 경우에는 ADRTS에서 간단한 표적 모델식에 의한 표적 정보를 생성하여 VMTM 보드를 거쳐 음향신호 시뮬레이터로 전송하게 된다.

그리고, 표적함 시뮬레이터와 연동하여 HILS 시험을 수행하는 경우의 데이터 흐름은 그림 3과 같



[그림 2] 표적함 시뮬레이터와 연동하지 않는 경우의 데이터 흐름도



[그림 3] 표적함 시뮬레이터와 연동할 경우의 데이터 흐름도

다. ADRTS로부터 전송된 수중운동체 및 이벤트 정보는 VMTM 보드를 거쳐 HILS Host PC로 전달되고, HILS Host PC는 수신된 수중운동체 정보와 이벤트 정보를 표적함 시뮬레이터와 3차원 시뮬레이터로 멀티쓰레드 기법을 사용하여 거의 동시에 전송하게 된다.

HILS 시험이 시작되면 표적함 시뮬레이터에서는 표적함의 거동 계산이 독립적으로 수행되며, HILS Host PC로부터 수중운동체 및 이벤트 정보와 함께 표적함 정보에 대한 요청(Request)이 수신되면 현재 시점의 표적 정보를 HILS Host PC로 전송하게 된다. 즉, HILS Host PC와 표적함 시뮬레이터간의 통신 주도권은 HILS Host PC가 가진다. 또한 3차원 시뮬레이터와 HILS Host PC간의 통신 주도권도 HILS Host PC가 가지도록 구성하여, HILS Host PC가 이더넷(Ethernet) 통신 상의 감독자(Supervisor) 역할을 담당하도록 시스템을 구성하였다. 이것은 HILS Host PC 내의 전체 통신 구조의 효율성과 TCP/IP 통신 상호간의 deadlock의 발생을 방지하기 위한 것이다.

표적함 시뮬레이터로부터 표적 정보가 수신되면, HILS Host PC에서는 수신된 표적 정보와 이미 VMTM 보드로부터 수신되어 있던 수중운동체 및 이벤트 정보로써 APE 알고리즘을 실행하고, 그 결과값을 음향신호 시뮬레이터에서 필요로 하는 정보로 가공하여 다시 VMTM 보드로 전송하게 된다.

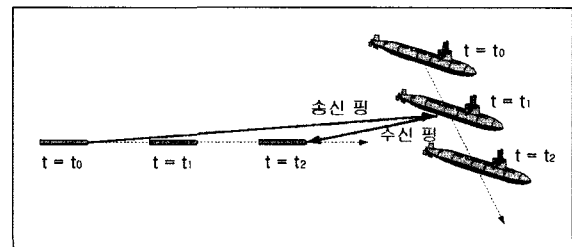
그리고, VMTM 보드와 음향신호 시뮬레이터간의 통신 주도권은 음향신호 시뮬레이터와 수중운동체의 음향탐지부 사이의 동기화를 위해서 음향신호 시뮬레이터가 가지도록 구성하였다. 즉, VMTM 보드는 음향신호 시뮬레이터로부터 요청이 수신되면 데이터를 전송하고, 요청이 없는 기간 동안은 VMTM 보드 내부의 버퍼에 데이터를 저장하도록 구성하였다.

2.3 표적 정보 생성을 위한 APE 알고리즘

2.3.1 APE 알고리즘의 필요성

능동 음향탐지 핑을 사용하는 수중운동체는 송신한 음파가 표적에 반향되어 돌아오는 것을 수신함으로써 표적을 탐지하게 되는 데, 수중에서의 음파 속도는 약 1500m/sec이므로 표적과의 상대거리가 1500m라고 가정하면 표적을 탐지하는 데 약 2초의 시간이 소요된다. 즉, 수중운동체의 핑 송신 시점($t = t_0$)과 송신된 핑이 표적에 도달하는 시점($t = t_1$), 그리고 표적에 반향된 핑이 수중운동체에 수신되는 시점($t = t_2$)은 각각 1초라는 긴 시간간격을 가지게 된다.(그림 4)

이러한 특성을 가진 표적신호를 HILS 상에서 수중운동체에 인가하기 위한 장비인 음향신호 시뮬레이터는 표적 신호를 합성하기 위하여 핑 송신 시점($t = t_0$)의 수중운동체 및 표적 정보, 핑이 표적에 도달하는 시점($t = t_1$)의 표적 정보, 그리고 표적에 반



[그림 4] 능동 핑에 의한 표적 탐지 과정

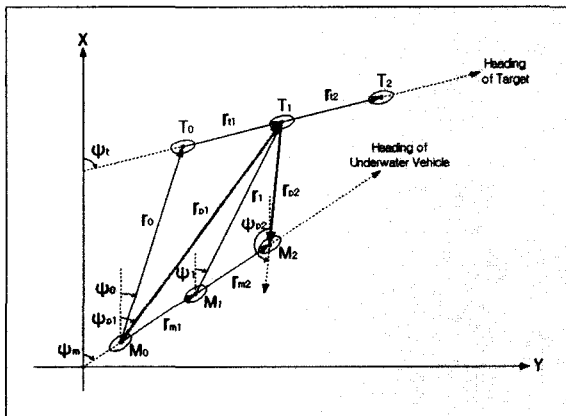
향된 핑이 수중운동체에 수신되는 시점($t = t_2$)의 수중운동체 정보를 필요로 한다.

그러나, HILS 상에서 음향신호 시뮬레이터가 표적 신호를 계산해야 하는 현재 시점이 $t = t_0$ 시점이 되므로 미래 시점인 $t = t_1$ 시점에서의 표적 정보와 $t = t_2$ 시점에서의 수중운동체 정보는 계산에 의해서 추정할 수밖에 없다.

따라서, 송신된 핑이 표적에 도달하는 시점($t = t_1$)의 표적 정보와 표적에 반향된 핑이 수중운동체에 수신되는 시점($t = t_2$)의 수중운동체 정보를 핑 송신 시점($t = t_0$)에서 계산하기 위한 APE(Active Ping Estimation) 알고리즘의 필요성이 제기되었다.

2.3.2 APE 알고리즘의 도출

수중운동체와 표적이 일정한 속도로 직진한다고 가정하면 수중운동체와 표적의 수평면 전술상황은 그림 5와 같이 선형벡터로 나타낼 수 있으며, APE 알고리즘에 의해 계산된 데이터는 매 통신 프레임마다 실시간으로 갱신되므로 이러한 가정은 충분한 타당성을 가진다. 그림 5에서의 벡터연산에 의하여 다음 식이



[그림 5] APE 알고리즘의 도식화

성립된다.

$$\mathbf{r}_{p1} = \mathbf{r}_0 + \mathbf{r}_{t1} \quad (1-1)$$

여기서,

\mathbf{r}_{p1} : $t = t_0$ 시점의 수중운동체 M_0 로부터 $t = t_1$ 시점의 표적 T_1 까지의 거리벡터 $\overrightarrow{M_0 T_1}$,

\mathbf{r}_0 : $t = t_0$ 시점의 수중운동체 M_0 로부터 표적 T_0 까지의 거리벡터 $\overrightarrow{M_0 T_0}$,

\mathbf{r}_{t1} : $t = t_0$ 시점의 표적 T_0 로부터 $t = t_1$ 시점의 표적 T_1 까지의 거리벡터 $\overrightarrow{T_0 T_1}$.

식 (1-1)의 벡터 성분을 $t = t_0$ 시점의 M_0 로부터 $t = t_1$ 시점의 T_1 에 도달하는 핑의 수평면 및 수직면에 대한 송신각 (ψ_{p1}, θ_{p1}), 수중에서의 음파전달 속력 v_p , $t = t_0$ 시점의 M_0 로부터 T_0 로의 수평면 및 수직면에 대한 방위각 (ψ_0, θ_0), $t = t_0$ 시점의 T_0 의 수평면 및 수직면에 대한 진행방향 (ψ_b, θ_b), $t = t_0$ 시점의 T_0 의 속력 v_t 로 표현하면

$$\begin{aligned} \mathbf{r}_{p1} &= r_{p1} \cos(\theta_{p1}) \cos(\psi_{p1}) \hat{x} \\ &\quad + r_{p1} \cos(\theta_{p1}) \sin(\psi_{p1}) \hat{y} + r_{p1} \sin(\theta_{p1}) \hat{z} \\ &= v_p \Delta t_{p1} \cos(\theta_{p1}) \cos(\psi_{p1}) \hat{x} \\ &\quad + v_p \Delta t_{p1} \cos(\theta_{p1}) \sin(\psi_{p1}) \hat{y} + v_p \Delta t_{p1} \sin(\theta_{p1}) \hat{z} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{r}_0 &= r_0 \cos(\theta_0) \cos(\psi_0) \hat{x} \\ &\quad + r_0 \cos(\theta_0) \sin(\psi_0) \hat{y} + r_0 \sin(\theta_0) \hat{z} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{r}_{t1} &= r_t \cos(\theta_t) \cos(\psi_t) \hat{x} \\ &\quad + r_t \cos(\theta_t) \sin(\psi_t) \hat{y} + r_t \sin(\theta_t) \hat{z} \\ &= v_t \Delta t_{t1} \cos(\theta_t) \cos(\psi_t) \hat{x} \\ &\quad + v_t \Delta t_{t1} \cos(\theta_t) \sin(\psi_t) \hat{y} + v_t \Delta t_{t1} \sin(\theta_t) \hat{z} \end{aligned}$$

이므로 식 (1-1)을 다시 정리하면 다음 식

$$v_p \Delta t_{p1} \cos(\theta_{p1}) \cos(\psi_{p1}) = r_0 \cos(\theta_0) \cos(\psi_0) + v_t \Delta t_{p1} \cos(\theta_t) \cos(\psi_t) \quad (1-2)$$

$$v_p \Delta t_{p1} \cos(\theta_{p1}) \sin(\psi_{p1}) = r_0 \cos(\theta_0) \sin(\psi_0) + v_t \Delta t_{p1} \cos(\theta_t) \sin(\psi_t) \quad (1-3)$$

$$v_p \Delta t_{p1} \sin(\theta_{p1}) = r_0 \sin(\theta_0) + v_t \Delta t_{p1} \sin(\theta_t) \quad (1-4)$$

와 같이 정리할 수 있다. 식 (1-2), (1-3), (1-4)를 다시 정리하면

$$\cos(\psi_{p1}) = \frac{r_0 \cos(\theta_0) \cos(\psi_0) + v_t \Delta t_{p1} \cos(\theta_t) \cos(\psi_t)}{v_p \Delta t_{p1} \cos(\theta_{p1})} \quad (1-5)$$

$$\sin(\psi_{p1}) = \frac{r_0 \cos(\theta_0) \sin(\psi_0) + v_t \Delta t_{p1} \cos(\theta_t) \sin(\psi_t)}{v_p \Delta t_{p1} \cos(\theta_{p1})} \quad (1-6)$$

$$\sin(\theta_{p1}) = \frac{r_0 \sin(\theta_0) + v_t \Delta t_{p1} \sin(\theta_t)}{v_p \Delta t_{p1}} \quad (1-7)$$

과 같다. 여기서, 삼각함수 방정식에 의해 $\cos^2(\psi_{p1}) + \sin^2(\psi_{p1}) = 1$ 이므로 식 (1-5), (1-6)을 정리하면

$$r_0^2 \cos^2(\theta_0) + v_t^2 \Delta t_{p1}^2 \cos^2(\theta_t) + 2r_0 v_t \Delta t_{p1} \cos(\theta_0) \cos(\theta_t) \cos(\psi_0 - \psi_t) = v_p^2 \Delta t_{p1}^2 \cos^2(\theta_{p1}) \quad (1-8)$$

과 같다. 또한 $\cos^2(\theta_{p1}) = 1 - \sin^2(\theta_{p1})$ 이므로 식 (1-7)과 식 (1-8)의 관계에서

$$(v_p^2 - v_t^2) \Delta t_{p1}^2 - 2r_0 v_t \Delta t_{p1} [\cos(\theta_0) \cos(\theta_t) \cos(\psi_0 - \psi_t) + \sin(\theta_0) \sin(\theta_t)] \Delta t_{p1} - r_0^2 = 0 \quad (1-9)$$

이 얻어진다. 위 식 (1-9)로부터 $t = t_0$ 시점의 M_0 에서 송신된 펄이 $t = t_1$ 시점의 T_1 에 도달하기까지의 시간 Δt_{p1} 을 구할 수 있다.

또한 그림 15에서 다음의 벡터연산이 성립된다.

$$\mathbf{r}_{m2} = \mathbf{r}_1 + \mathbf{r}_{p2} \quad (2-1)$$

여기서,

\mathbf{r}_{m2} : $t = t_1$ 시점의 M_1 으로부터 $t = t_2$ 시점의 M_2 까지의 거리벡터 $\overrightarrow{M_1 M_2}$,

\mathbf{r}_1 : $t = t_1$ 시점의 M_1 으로부터 T_1 까지의 거리벡터 $\overrightarrow{M_1 T_1}$,

\mathbf{r}_{p2} : $t = t_1$ 시점의 T_1 으로부터 $t = t_2$ 시점의 M_2 까지의 거리벡터 $\overrightarrow{T_1 M_2}$.

식 (2-1)의 벡터 성분을 $t = t_0$ 시점 M_0 의 수평면 및 수직면에 대한 진행방향 (ψ_m, θ_m) , $t = t_0$ 시점 M_0 의 속력 v_m , $t = t_1$ 시점 M_1 에서 표적 T_1 으로의 수평면 및 수직면에 대한 방위각 (ψ_1, θ_1) , $t = t_1$ 시점의 T_1 에 의해 반향된 펄이 $t = t_2$ 시점의 M_2 에 도달하는 수평면 및 수직면에 대한 수신각 (ψ_{p2}, θ_{p2}) , 수중에서의 음파전달 속력 v_p 로 표현하면

$$\begin{aligned} \mathbf{r}_{m2} &= r_{m2} \cos(\theta_m) \cos(\psi_m) \hat{\mathbf{x}} \\ &\quad + r_{m2} \cos(\theta_m) \sin(\psi_m) \hat{\mathbf{y}} + r_{m2} \sin(\theta_m) \hat{\mathbf{z}} \\ &= v_m \Delta t_{p2} \cos(\theta_m) \cos(\psi_m) \hat{\mathbf{x}} \\ &\quad + v_m \Delta t_{p2} \cos(\theta_m) \sin(\psi_m) \hat{\mathbf{y}} + v_m \Delta t_{p2} \sin(\theta_m) \hat{\mathbf{z}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{r}_1 &= r_1 \cos(\theta_1) \cos(\psi_1) \hat{\mathbf{x}} \\ &\quad + r_1 \cos(\theta_1) \sin(\psi_1) \hat{\mathbf{y}} + r_1 \sin(\theta_1) \hat{\mathbf{z}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{r}_{p2} &= r_{p2} \cos(\theta_{p2}) \cos(\psi_{p2}) \hat{\mathbf{x}} \\ &\quad + r_{p2} \cos(\theta_{p2}) \sin(\psi_{p2}) \hat{\mathbf{y}} + r_{p2} \sin(\theta_{p2}) \hat{\mathbf{z}} \\ &= v_p \Delta t_{p2} \cos(\theta_{p2}) \cos(\psi_{p2}) \hat{\mathbf{x}} \\ &\quad + v_p \Delta t_{p2} \cos(\theta_{p2}) \sin(\psi_{p2}) \hat{\mathbf{y}} + v_p \Delta t_{p2} \sin(\theta_{p2}) \hat{\mathbf{z}} \end{aligned}$$

이므로 식 (2-1)는 다음 식과 같이 정리할 수 있다.

$$v_m \Delta t_{p2} \cos(\theta_m) \cos(\psi_m) = r_1 \cos(\theta_1) \cos(\psi_1) + v_p \Delta t_{p2} \cos(\theta_{p2}) \cos(\psi_{p2}) \quad (2-2)$$

$$v_m \Delta t_{p2} \cos(\theta_m) \sin(\psi_m) = r_1 \cos(\theta_1) \sin(\psi_1) + v_p \Delta t_{p2} \cos(\theta_{p2}) \sin(\psi_{p2}) \quad (2-3)$$

$$v_m \Delta t_{p2} \sin(\theta_m) = r_1 \sin(\theta_1) + v_p \Delta t_{p2} \sin(\theta_{p2}) \quad (2-4)$$

여기서, $t = t_1$ 시점의 M_1 과 T_1 의 정보는 식 (1-9)에서 계산된 Δt_{p1} 과 $t = t_0$ 시점의 M_0 , T_0 의 정보로써 다음 식

$$\begin{bmatrix} M_{1x} \\ M_{1y} \\ M_{1z} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} M_{0x} \\ M_{0y} \\ M_{0z} \end{bmatrix} + \Delta t_{p1} \begin{bmatrix} \dot{M}_{0x} \\ \dot{M}_{0y} \\ \dot{M}_{0z} \end{bmatrix} \quad (2-5)$$

$$\begin{bmatrix} T_{1x} \\ T_{1y} \\ T_{1z} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} T_{0x} \\ T_{0y} \\ T_{0z} \end{bmatrix} + \Delta t_{p1} \begin{bmatrix} \dot{T}_{0x} \\ \dot{T}_{0y} \\ \dot{T}_{0z} \end{bmatrix} \quad (2-6)$$

$$\begin{bmatrix} T_{1\phi} \\ T_{1\theta} \\ T_{1\psi} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} T_{0\phi} \\ T_{0\theta} \\ T_{0\psi} \end{bmatrix} + \Delta t_{p1} \begin{bmatrix} \dot{T}_{0\phi} \\ \dot{T}_{0\theta} \\ \dot{T}_{0\psi} \end{bmatrix} \quad (2-7)$$

과 같이 구할 수 있고, ψ_1 도 M_1 과 T_1 의 관계에 의해 구할 수 있다. 따라서, 식 (2-2), (2-3), (2-4)를 다시 정리하면

$$\cos(\psi_{p2}) = \frac{v_m \Delta t_{p2} \cos(\theta_m) \cos(\psi_m) - r_1 \cos(\theta_1) \cos(\psi_1)}{v_p \Delta t_{p2} \cos(\theta_{p2})} \quad (2-8)$$

$$\sin(\psi_{p2}) = \frac{v_m \Delta t_{p2} \cos(\theta_m) \sin(\psi_m) - r_1 \cos(\theta_1) \sin(\psi_1)}{v_p \Delta t_{p2} \cos(\theta_{p2})} \quad (2-9)$$

$$\sin(\theta_{p2}) = \frac{v_m \Delta t_{p2} \sin(\theta_m) - r_1 \sin(\theta_1)}{v_p \Delta t_{p2}} \quad (2-10)$$

과 같다. 여기서, 삼각함수 방정식에 의해 $\cos^2(\psi_{p2}) + \sin^2(\psi_{p2}) = 1$ 이므로 식 (2-8), (2-9)를 다시 정리하면 다음 식과 같다.

$$v_m^2 \Delta t_{p2}^2 \cos^2(\theta_m) + r_1^2 \cos^2(\theta_1) - 2r_1 v_m \Delta t_{p2} \cos(\theta_m) \cos(\theta_1) \cos(\psi_1 - \psi_m) = v_p^2 \Delta t_{p2}^2 \cos^2(\theta_{p2}) \quad (2-11)$$

여기서, $\cos^2(\theta_{p1}) = 1 - \sin^2(\theta_{p1})$ 이므로 식 (2-10)과 식 (2-11)의 관계에서

$$(v_p^2 - v_m^2) \Delta t_{p2}^2 + 2r_1 v_m [\cos(\theta_m) \cos(\theta_1) \cos(\psi_1 - \psi_m) + \sin(\theta_m) \sin(\theta_1)] \Delta t_{p2} - r_1^2 = 0 \quad (2-12)$$

로 정리할 수 있으며, 위 식 (2-12)로부터 $t = t_1$ 시점의 T_1 에 의해 반향된 펄이 $t = t_2$ 시점의 M_2 에 도달하기까지의 시간 Δt_{p2} 를 구할 수 있다. 또한 Δt_{p2} 가 구해지면 식 (2-8), (2-9), (2-10)에 의해서 T_1 에서 M_2 로의 수평면에 대한 펄 수신각 ψ_{p2} 와 수직면에 대한 펄 수신각 θ_{p2} 도 구할 수 있으며, $t = t_2$ 시점의 M_2 정보는 다음 식

$$\begin{bmatrix} M_{2x} \\ M_{2y} \\ M_{2z} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} M_{0x} \\ M_{0y} \\ M_{0z} \end{bmatrix} + (\Delta t_{p1} + \Delta t_{p2}) \begin{bmatrix} \dot{M}_{0x} \\ \dot{M}_{0y} \\ \dot{M}_{0z} \end{bmatrix} \quad (2-13)$$

$$\begin{bmatrix} M_{2\phi} \\ M_{2\theta} \\ M_{2\psi} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} M_{0\phi} \\ M_{0\theta} \\ M_{0\psi} \end{bmatrix} + (\Delta t_{p1} + \Delta t_{p2}) \begin{bmatrix} \dot{\phi}_c \\ \dot{\theta}_c \\ \dot{\psi}_c \end{bmatrix} \quad (2-14)$$

와 같이 구할 수 있다.

표적 추적에 있어서 타각 명령에 의한 롤각의 변화를 무시할 수 있다고 가정하면

$$\dot{\phi}_c = \dot{M}_{0\phi} \quad (2-15)$$

와 같이 나타낼 수 있다. 그리고, 표적을 탐지하지 못하였을 경우의 $\dot{\theta}_c$ 와 $\dot{\phi}_c$ 는

$$\dot{\theta}_c = \dot{M}_{0\theta} \quad (2-16)$$

$$\dot{\phi}_c = \dot{M}_{0\psi} \quad (2-17)$$

와 같이 나타낼 수 있고, 표적을 탐지하였을 경우의 $\dot{\theta}_c$ 는 표적 추적을 위한 수직 타각 명령에 의한 자세각 변화율로서 다음과 같이 표현된다.

$$\dot{\theta}_c = K_\theta \theta_{rel} / PRI \quad (2-18)$$

여기서 K_θ 는 제어이득이며, θ_{rel} 는 수직면에서의 표적에 대한 수중운동체의 시선각을 나타내고, PRI (Pulse Repetition Interval)는 음향탐지 펄스의 반복주기를 나타낸다. 또한 표적을 탐지하였을 경우의 $\dot{\phi}_c$ 는 표적 추적을 위한 수평 타각 명령에 의한 자세각 변화율로서 다음과 같이 표현된다.

$$\dot{\phi}_c = K_\psi \psi_{rel} / PRI \quad (2-19)$$

여기서 K_ψ 는 제어이득이며, ψ_{rel} 은 수평면에서의 표적에 대한 수중운동체의 시선각을 나타낸다.

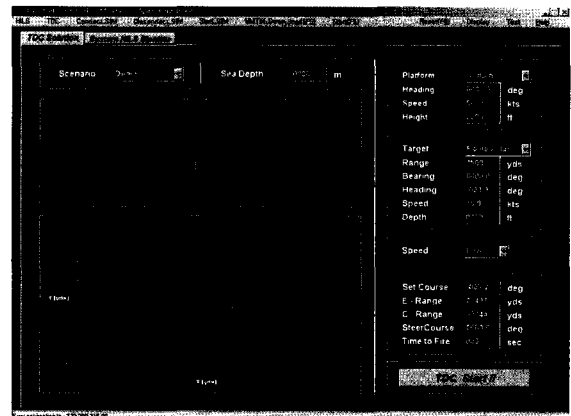
3. 수중운동체 HILS/MILS 시스템의 구현

3.1 수중운동체 HILS Host PC의 개발

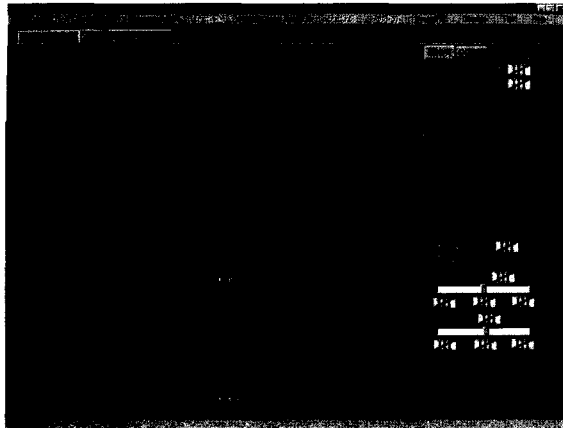
수중운동체 HILS Host PC^[9]는 HILS 상의 각종 모니터링 데이터와 2차원 전술상황을 도시하고, 3차원 시뮬레이터 및 표적함 시뮬레이터를 HILS 시스템과 연동하기 위한 목적으로 개발되었다. HILS Host PC의 운용 프로그램은 개발 기간, 개발자 편의성, 확장성, 상속성 등을 고려하여 객체지향 언어인 볼랜드(Borland)사의 델파이(Delphi)를 사용하여 개발하였다.

HILS Host PC의 기본 기능 중의 하나는 HILS 상의 각종 데이터를 실시간으로 획득하여 도시하는 것이다. HILS 상의 데이터를 실시간으로 도시하기 위한 HILS Host PC의 화면 구성은 3차원 시뮬레이터와 표적함 시뮬레이터의 초기 데이터를 설정하고 설정된 데이터에 의해 예측되는 전술상황을 나타내는 초기 설정 화면(그림 6)과 HILS 상의 전술상황을 도시하기 위한 전술상황 도시 화면(그림 7)으로 구성된다.

전술상황 도시 화면에는 플랫폼, 수중운동체, 표적의 수평, 수직면 궤적과 이벤트 정보 및 HILS 상의



[그림 6] HILS Host PC의 초기 설정 화면



[그림 7] HILS Host PC의 전술상황 도시 화면

통신상태에 관한 정보가 도시되고, 각각의 궤적은 메뉴에서의 선택에 의해서 추가, 삭제가 가능하도록 설계하였다. 그리고, 간단한 도형으로 플랫폼, 수중운동체, 표적의 위치와 침로(Heading), 피치(Pitch)를 나타낼 수 있는 기능과 음향탐지 평의 탐지 영역을 나타내는 기능 및 표적, 플랫폼, 해저지면과의 충돌 이벤트를 나타내는 기능을 추가하였다.

그리고, HILS 상의 중요 이벤트를 음성으로 출력하는 기능과 HILS 상의 데이터를 파일로 저장할 수 있는 기능을 포함하도록 하였으며, 음성 출력 기능은 다른 장비를 동작시키거나 모니터링 하는 경우에도 이벤트를 음성으로 들을 수 있기 때문에 여러 작업을 동시에 해야 하는 경우에 매우 유용하게 사용된다.

3.2 HILS Host PC와 3차원 시뮬레이터 및 표적함 시뮬레이터의 연동

3.2.1 이더넷(Ethernet) 통신

3차원 시뮬레이터와 표적함 시뮬레이터를 HILS Host PC와 연동시키기 위하여 선택된 통신 방식은 이더넷 통신이다. 이것은 이더넷 통신을 위한 소프트웨어의 확장성과 이식성, 그리고 거의 모든 시스템의

하드웨어와 운영체제에 적용 가능한 범용성 및 추가적인 통신 선로 구축과 통신 장비 구입에 따른 금전적, 시간적인 비용 절감 요소 등을 고려한 결과이다. 3차원 시뮬레이터와 표적함 시뮬레이터를 HILS Host PC와 연동시키는 작업에 있어서 고려된 이더넷 통신의 프로토콜은 UDP/IP(User Datagram Protocol/Internet Protocol)와 TCP/IP(Transmission Control Protocol/Internet Protocol)이며, 각각에 대한 장단점은 다음과 같다^[10,11].

UDP/IP는 기본적으로 통신 에러에 대한 적극적인 대책이 고려되지 않은 방식이므로 TCP/IP보다 신뢰성이 떨어지지만, 통신의 신뢰성을 높이기 위한 여러 가지 처리를 하지 않기 때문에 네트워크 상의 부하가 적고 통신 속도가 빠른 장점이 있다.

TCP/IP는 통신 데이터의 목적지 도달 여부를 보장하기 위한 여러 가지 처리과정으로 인해 네트워크 상의 점유율이 높아지는 단점이 있지만, 가상회선을 통한 신뢰성 있는 연결을 제공하고 네트워크 상태에 따라 전송 변수(Transmission Variables)를 조정하는 매커니즘을 포함하고 있어서 통신 성능의 최적화를 꾀할 수 있는 장점이 있다.

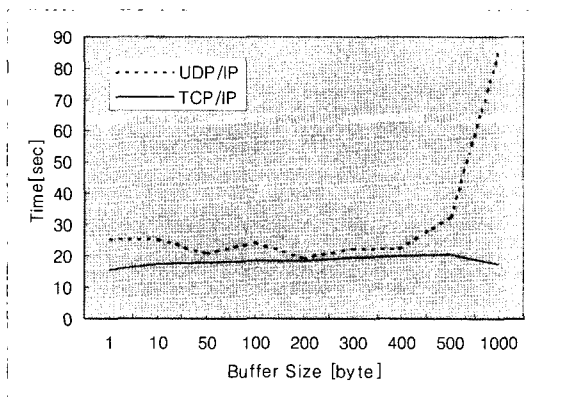
3.2.2 UDP/IP와 TCP/IP의 성능 비교

3차원 시뮬레이터와 표적함 시뮬레이터를 HILS Host PC와 연동시키기 위한 이더넷 통신의 프로토콜을 선정하기 위해서 UDP/IP와 TCP/IP에 대한 통신 성능 시험을 실시하였다. 통신 시험은 송신용 PC와 수신용 PC가 스위칭 허브(Switching Hub)를 통하여 당 연구소의 ATM(Asynchronous Transfer Mode) 장비에 접속되어 있는 상태에서 실시하였다.

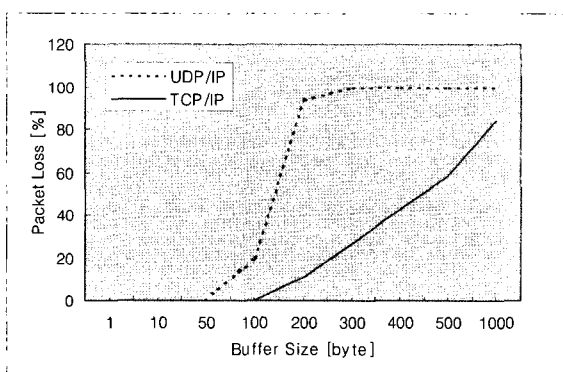
통신시험을 위해 작성된 시험용 프로그램은 부가적인 처리에 의한 시간지연을 배제하기 위하여 송신전

용 프로그램과 수신전용 프로그램을 따로 제작하였으며, 통신시험도 송신전용 프로그램에서 수신전용 프로그램으로 단방향 통신을 실시하였다. 통신시험의 조건은 통신성공 패킷(Packet) 수의 정확한 집계를 위하여 송수신 버퍼 수는 동일하게 가변시켰고, 송신횟수는 통신시간 측정을 용이하게 하기 위해서 100000번으로 충분히 크게 잡았다. 통신패킷의 전송은 중간에 다른 처리과정 없이 연속적으로 이루어지도록 구성하였다. 이러한 시험조건은 매우 가혹한 상황으로서 실제로는 거의 일어나기 어려운 조건이다.

UDP/IP와 TCP/IP의 통신시험 결과는 그림 8, 9와



[그림 8] UDP/IP와 TCP/IP의 통신 소요시간 비교



[그림 9] UDP/IP와 TCP/IP의 패킷 손실률 비교

같다.

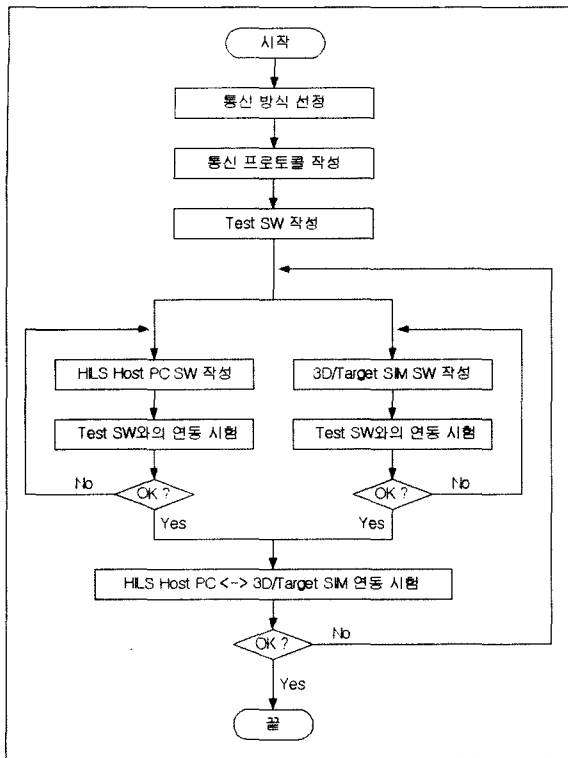
위 시험 결과에서 보는 바와 같이 UDP/IP는 통신선로 상의 데이터 양(Traffic)이 일정 수준 이상을 넘어서면 급격히 통신의 신뢰성이 떨어짐을 알 수 있다. 시험 조건이 가혹한 경우 TCP/IP 통신이 UDP/IP 통신과 유사하거나 오히려 더 빠른 전송 속도를 나타내고 있으며, 이러한 결과는 일반적으로 알려진 UDP/IP와 TCP/IP의 특성과는 약간 상이한 부분이다. 그리고, 패킷 손실률의 경우에는 TCP/IP 통신이 UDP/IP 통신에 비해서 월등히 높은 신뢰성을 나타내는 것을 알 수 있다.

그림 8, 9의 통신 시험 결과를 종합하여 HILS Host PC와 3차원 시뮬레이터 및 표적함 시뮬레이터 간의 이더넷 통신의 프로토콜을 TCP/IP로 선정하였으며, 이러한 결정은 UDP/IP를 적용하여 HILS Host PC의 프로그램 내에 추가적인 통신 에러 복구 대책을 수립하는 것보다 통신 에러에 대한 여러 가지 최적화된 대책이 반영되어 있는 TCP/IP 프로토콜을 적용하는 것이 안정성 측면이나 효율성 측면에서 훨씬 낫다고 판단하였기 때문이다.

3.2.3 HILS Host PC와 3차원 시뮬레이터 및 표적함 시뮬레이터의 연동 작업

HILS Host PC와 3차원 시뮬레이터 및 표적함 시뮬레이터간의 연동 작업은 그림 10과 같은 과정으로 진행하였다.

먼저, 앞 절에서 기술한 통신 시험을 통하여 통신 방식을 선정하고 통신 프로토콜을 작성하였으며, 작성된 통신 프로토콜을 기초로 하여 HILS Host PC와 각 시뮬레이터의 통신 기능을 모사할 수 있는 테스트 프로그램을 제작하였다. 제작된 테스트 프로그램과 HILS Host PC 및 각 시뮬레이터간의 연동 시험을



[그림 10] 연동 작업 흐름도

통하여 HLS Host PC 및 각 시뮬레이터의 통신 기능을 검증한 뒤에 최종적인 전체 연동 시험을 통하여 HLS Host PC와 3차원 시뮬레이터 및 표적함 시뮬레이터간의 연동 작업을 마무리하였다.

HLS Host PC와의 연동에 의한 3차원 시뮬레이터 및 표적함 시뮬레이터의 전술상황 도시 화면은 그림 11, 12와 같다.

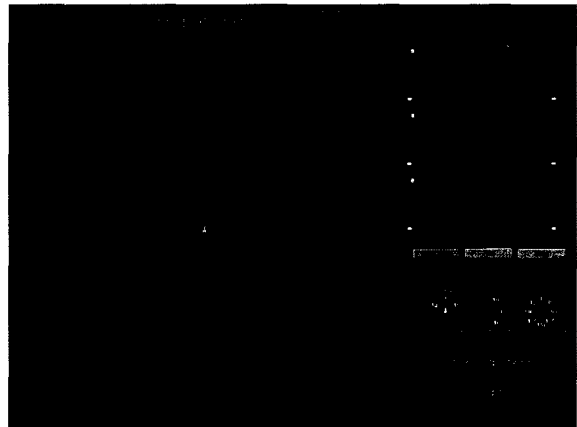
3.3 병렬처리 기법 적용

3.3.1 멀티쓰레드 타이머 제작

수중운동체 HLS/MILS 시스템을 구현하는 데 있어서, VMTM 보드와의 양방향 LINK 통신, 3차원 시뮬레이터와의 양방향 TCP/IP 통신, 표적함 시뮬레이터와의 양방향 TCP/IP 통신과 HLS 상의 각종 데



[그림 11] 3차원 시뮬레이터에서의 전술상황 도시 화면



[그림 12] 표적함 시뮬레이터에서의 전술상황 도시 화면

이터를 실시간으로 도시하는 작업은 HLS Host PC의 시스템에 많은 부하를 유발하여 실시간이 깨어질 수 있는 위험성이 있었다. 따라서, 이러한 HLS Host PC의 부하를 적절하게 관리하기 위하여, HLS Host PC에서 수행되는 작업의 성격을 분석하여 태스크 별로 분류하였으며, 각 태스크를 병렬로 처리할 수 있도록 멀티쓰레드 기법을 적용하였다.

HLS Host PC에서의 멀티쓰레드 기법 구현을 위

하여 델파이의 TThread 클래스를 이용하여 멀티쓰레드 타이머 컴포넌트를 자체 제작하였다. HILS Host PC에서 멀티쓰레드 타이머가 사용된 태스크는 그림 1에서 보는 바와 같이 HILS Host PC에서 표적함 시뮬레이터로의 TCP/IP 통신, HILS Host PC에서 3차원 시뮬레이터로의 TCP/IP 통신, 그리고 2차원 전술상황 도시부분이다.

3.3.2 멀티쓰레드 타이머 적용에 따른 통신

성능 시험

멀티쓰레드 타이머의 사용에 따른 실시간 처리 성능 개선 효과를 비교하기 위하여 다음 표 1과 같은 경우로 나누어 시험을 진행하였다. 3가지 태스크 중에서 가장 우선순위가 높아야 하는 것은 표적함 시뮬레이터와의 통신이다. 이것은 표적함 시뮬레이터로부터 수신된 표적정보를 VMTM 보드로부터 수신된 수중

운동체 정보와 함께 처리하여 음향신호 시뮬레이터로 전송할 데이터 및 3차원 시뮬레이터로 전송할 데이터, 2차원 전술상황 도시에 사용될 데이터를 생성하는 데 사용하기 때문이다. 3가지 태스크 중에서 2번째 우선순위를 가지는 태스크는 3차원 시뮬레이터로의 TCP/IP 통신이며, 사람이 보기에 어색하지 않기 위한 그래픽 화면의 최소 프레임 수는 초당 약 25~30 프레임 정도가 되므로 3차원 시뮬레이터와의 통신 주기는 최대 33msec 정도가 되면 큰 무리가 없다고 볼 수 있다. 그리고 마지막으로 3번째 우선순위를 가지는 태스크는 HILS 상의 수평면 및 수직면 전술상황을 도시하기 위한 것으로서 일반적으로 전체 전술상황을 도시하는 데에는 약 100msec 마다 갱신하여도 큰 무리가 없다고 할 수 있다.

HILS Host PC와 VMTM 보드와의 통신 주기는 ADRTS와 VMTM 보드의 양방향 LINK 통신, 표적

[표 1] 각 경우에 대한 멀티쓰레드 타이머의 우선순위

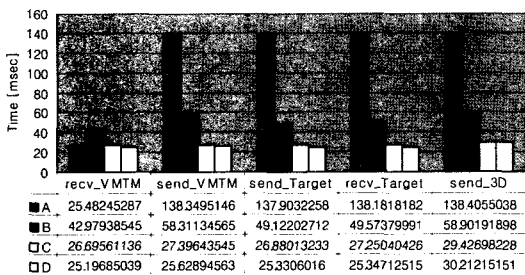
Case	Target SIM 통신	3D SIM 통신	2D Tactical Display	비 고
A	멀티쓰레드 타이머 사용 안함			
B	tpNormal	tpNormal	tpNormal	
C	tpHigher	tpNormal	tpLower	
D	tpHighest	tpNormal	tpLower	2차원 전술상황 도시상태 불량
E	tpHigher	×	tpNormal	
F	tpHigher	×	tpLower	2차원 전술상황 도시상태 불량
G	tpNormal	×	tpLower	
H	×	tpNormal	tpNormal	
I	×	tpNormal	tpLower	
J	×	tpHigher	tpNormal	
K	×	tpHigher	tpLower	2차원 전술상황 도시상태 불량

합 시뮬레이터와 HILS Host PC와의 양방향 TCP/IP 통신, 그리고 각 통신이 이루어지기까지 대기시간도 고려해야 하므로 약 30msec 이내로 조정하면 음향신호 시뮬레이터를 운용하는 데 큰 무리가 없다. 이러한 가정은 수중운동체와 표적의 동역학적인 특성을 고려하였을 때 30msec 동안 발생할 수 있는 수중운동체와 표적의 위치값 및 자세값 변화는 표적정보 계산에 큰 영향을 미치지 않을 정도의 작은 값이므로 충분한 타당성을 가진다.

표 1의 시험조건 A, B, C, D와 같이 멀티쓰레드 타이머의 우선순위를 변화시켜 HILS 시험을 수행하였을 경우의 각 통신 프레임의 소요시간을 도식화하여 비교하면 그림 13과 같다.

시험결과에서 보는 바와 같이 C와 D가 좋은 성능을 보이지만, D의 경우 표적함 시뮬레이터와의 통신을 담당하는 태스크가 시스템의 자원을 과도하게 점유하는 바람에 2차원 전술상황을 도시하는 태스크가 제대로 동작하지 못하는 결과를 초래하였다. 따라서 표적함 시뮬레이터와 3차원 시뮬레이터를 모두 연동하여 HILS 시험을 하는 경우의 멀티쓰레드 타이머의 우선순위는 C의 경우를 택하였다.

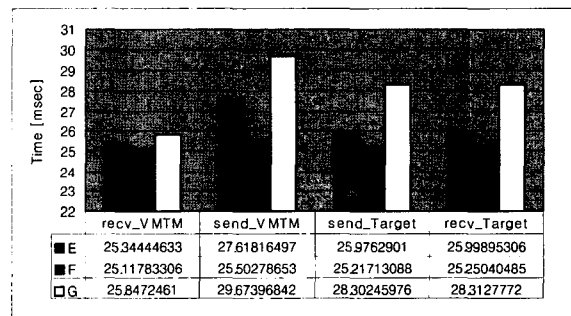
표 1의 조건 E, F, G에 대한 통신 소요시간 비교는



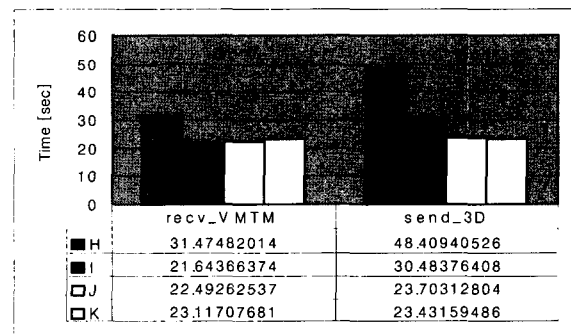
[그림 13] 표 1의 조건 A, B, C, D의 통신 프레임 소요시간 비교

그림 14와 같다. 시험결과에서 보는 바와 같이 조건 F가 가장 나은 성능을 보이지만 2차원 전술상황의 도시 상태가 불량하기 때문에 표적함 시뮬레이터만 연동하여 사용하는 경우에는 조건 E의 우선순위 상수를 적용하였다.

표 1의 조건 H, I, J, K에 대한 시험결과는 그림 15와 같다. 그림에서 보는 바와 같이 J와 K의 조건에서 매우 양호한 상태를 보이지만 조건 K의 경우에 2차원 전술상황의 도시상태가 불량하게 나타났다. 따라서 표적함 시뮬레이터를 연동하지 않고 3차원 시뮬레이터만을 연동하였을 경우에는 멀티쓰레드 타이머의 우선순위 상수로 표 1의 조건 J를 적용하였다.



[그림 14] 표 1의 조건 E, F, G의 통신 프레임 소요시간 비교



[그림 15] 표 1의 조건 H, I, J, K의 통신 프레임 소요시간 비교

[표 2] HILS Host PC에 적용된 멀티쓰레드 타이머의 우선순위

Case	Target SIM 통신	3D SIM 통신	2D Tactical Display
1	tpHigher	tpNormal	tpLower
2	tpHigher	×	tpNormal
3	×	tpHigher	tpNormal
4	×	×	tpNormal

이상의 시험 결과에 따라 채택된 멀티쓰레드 타이머의 우선순위는 표 2와 같고, 3차원 시뮬레이터와 표적함 시뮬레이터를 모두 연동하지 않을 경우에는 2차원 전술상황의 도시를 담당하는 멀티쓰레드 타이머의 우선순위를 tpNormal로 설정하였다. 그리고, 각각의 멀티쓰레드 타이머의 우선순위 상수는 각 시뮬레이터의 연동 상태에 따라서 자동으로 조정이 되도록 HILS Host PC의 프로그램을 구성하였다.

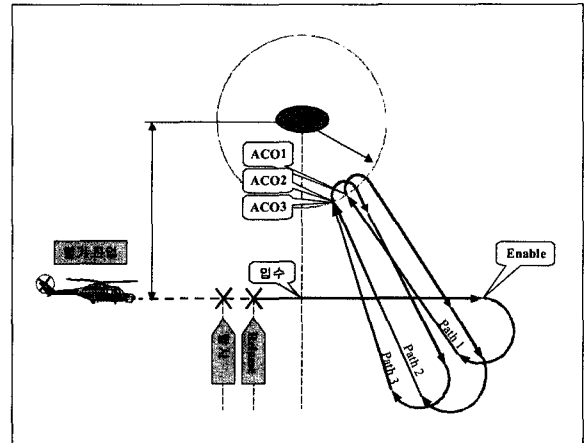
4. 시뮬레이션 및 실험

4.1 시험 시나리오

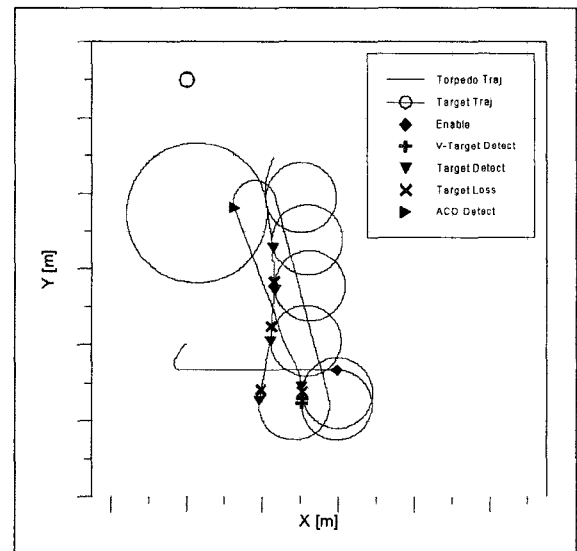
이상과 같은 과정을 통하여 구축된 수중운동체 HILS/MILS 시스템을 이용하여 앞 절에서 도출한 APE 알고리즘의 실효성을 검증하기 위한 HILS 시험의 시나리오는 그림 16과 같다. 발사 플랫폼은 대잠 헬기이며, 표적함의 역할은 모의표적기를 탑재한 당 연구소의 시험선이 담당한다.

4.2 HILS 결과 비교

APE 알고리즘의 실효성을 검증하기 위하여 APE



[그림 16] 시험 시나리오



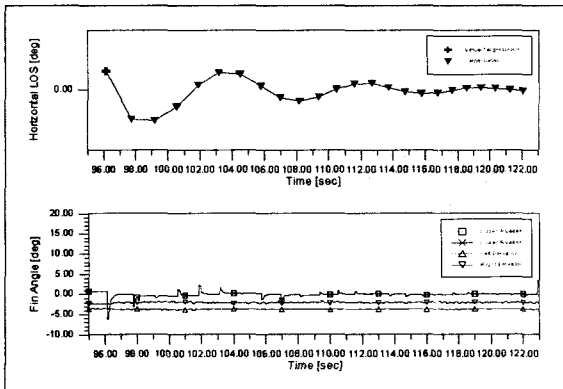
[그림 17] APE 알고리즘을 적용하지 않은 경우의 수평면 궤적

알고리즘을 적용하지 않은 경우와 적용한 경우에 대해서 수중운동체 HILS를 수행하였다.

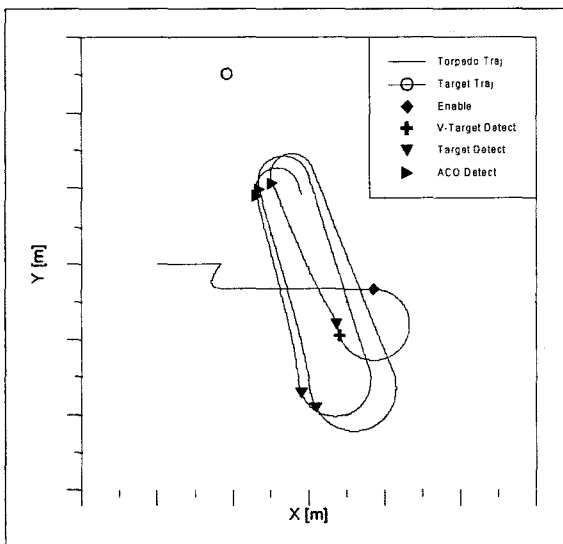
먼저, APE 알고리즘을 적용하지 않은 경우의 수평면 궤적은 그림 17과 같고, 표적 추적시의 수중운동체의 표적에 대한 시선각 및 타각 변화는 그림 18과 같다. HILS 결과에서 보는 바와 같이 첫 번째 표적 탐

색에서는 정상적인 표적 탐지가 이루어지지 않았으며, 두 번째 탐색에서 표적을 탐지하여 추적하는 형태를 나타내고 있다.

그러나, APE 알고리즘을 적용하지 않은 HILS 상황에서의 표적 정보 획득과정과 실제 상황에서의 표적 정보 획득과정에는 상당한 차이점이 존재하기 때문에, 표적 추적시의 수중운동체의 표적에 대한 시선



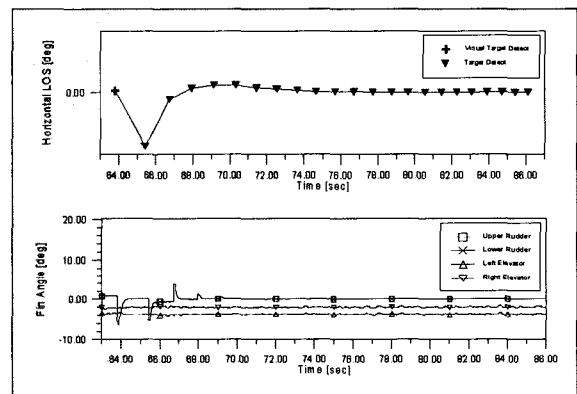
[그림 18] APE 알고리즘을 적용하지 않은 경우의 시선각 및 타각 변화



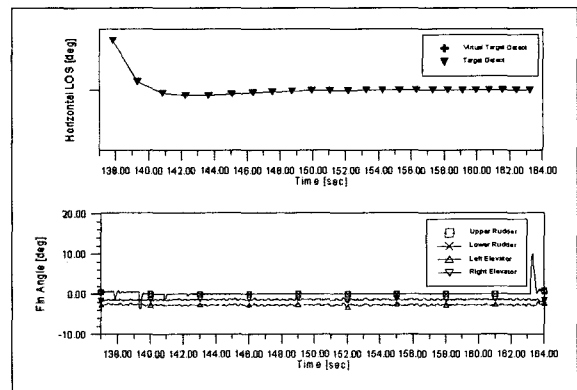
[그림 19] APE 알고리즘을 적용한 경우의 수평면 궤적

각이 불안정하게 진동함을 알 수 있으며(그림 18), 첫 번째 ACO(Attack Cut Off) 이후의 재탐색 단계에서는 정상적인 표적 탐지 및 추적이 전혀 이루어지지 않고 있음을 알 수 있다.

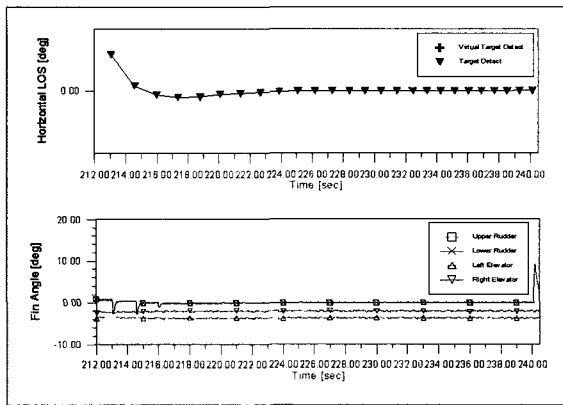
그리고, APE 알고리즘을 적용한 경우의 HILS 결과는 그림 19~22와 같다. HILS 결과에서 보는 바와 같이 표적 탐색 및 추적의 형태가 그림 16의 시나리오와 매우 유사하게 나타남을 알 수 있고(그림 19), 표적 추적시의 수중운동체의 표적에 대한 시선각도 매우 안정되어 있음을 알 수 있다.



[그림 20] APE 알고리즘을 적용한 경우의 시선각 및 타각 변화 (1)



[그림 21] APE 알고리즘을 적용한 경우의 시선각 및 타각 변화 (2)



[그림 22] APE 알고리즘을 적용한 경우의 시선각 및 타각 변화 (3)

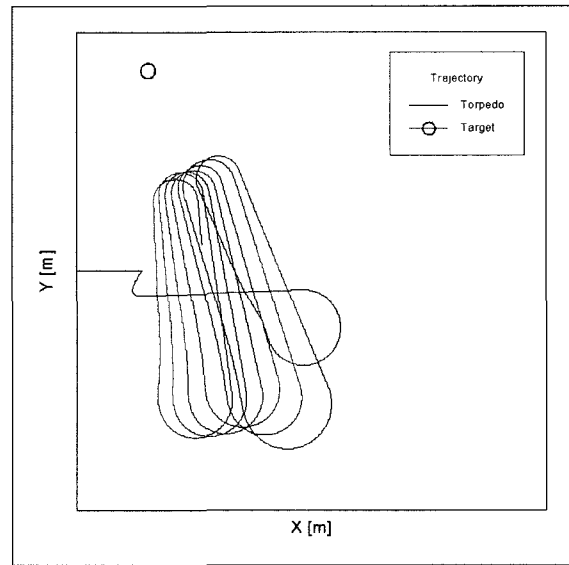
4.3 HILS 및 해상 시험 결과 비교

APE 알고리즘을 적용한 경우의 HILS 결과와 해상 시험 결과를 비교하면 그림 23, 24와 같다. 시험 시나리오는 그림 16의 시나리오에서 ACO 횡수만 7회로 조정되었다.

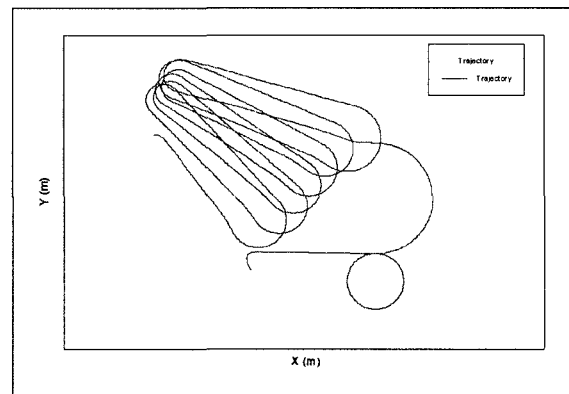
그림 23의 HILS 결과와 그림 24의 해상 발사시험 결과를 비교해 보면 표적 탐색에 이은 전체적인 추적 형태가 매우 유사하게 나타남을 알 수 있다.

그러나, 해상 발사시험 결과의 경우, 첫 번째 원형 탐색 단계에서 표적을 탐지하지 못하고 두 번째 원형 탐색 단계에서 표적을 탐지했기 때문에 초기의 주행 궤적이 약간 다르게 나타나고 있다. 이것은 발사 플랫폼에서 수중운동체를 발사한 위치가 원래 시나리오상의 위치보다 표적에서 멀리 떨어진 곳이었기 때문에 첫 번째 원형 탐색 단계의 PRI에 의한 핑이 도달하는 탐지 거리 밖에 표적이 위치해 있었기 때문이다.

그리고, 마지막에 주행 종료되는 위치가 다른 이유는 첫 번째 원형 탐색 단계에서 표적을 탐지하지 못하고 두 번째 원형 탐색 단계에서 표적을 탐지했기 때문에 그 만큼의 시간이 더 소요되어 7 번째 ACO 이벤트로 주행 종료된 것이 아니고 주행시간 종료 이



[그림 23] HILS 시험 결과



[그림 24] 해상 발사시험 결과

벤트로 수중운동체의 주행이 종료되었기 때문이다.

5. 결 론

본 연구에서는 합성환경 하에서의 수중운동체 HILS/MILS 구현을 위하여 전체 수중운동체 HILS/MILS 시스템을 구성하고, 3차원 시뮬레이터와 표적

함 시뮬레이터의 연동 여부를 고려하여 HILS/MILS 시스템의 통신 구조를 설계하였으며, 미래의 표적 정보와 수중운동체 정보를 계산하기 위한 APE 알고리즘을 도출하였다.

그리고, HILS 상의 전술상황을 실시간으로 도시하고, 3차원 시뮬레이터와 표적함 시뮬레이터를 수중운동체 HILS 시스템과 연동시키기 위한 수중운동체 HILS Host PC를 개발하였으며, TCP/IP 프로토콜을 이용한 3차원 시뮬레이터 및 표적함 시뮬레이터와의 연동 작업을 수행하였다.

또한 개발된 HILS Host PC의 실시간 처리 성능을 높이기 위하여 병렬처리 기법 중의 하나인 멀티쓰레드 기법을 이용한 멀티쓰레드 타이머 컴포넌트를 제작하였으며, 이를 통해 각종 통신을 수행하는 데 있어서 불필요한 대기시간을 줄일 수 있었고 각 태스크간의 우선순위에 따른 효율적인 태스크 관리가 가능하였다.

본 연구를 통하여 합성환경 하에서의 수중운동체 HILS/MILS 시스템을 구축할 수 있었으며, 그 결과로서 소프트웨어 시뮬레이션을 통해 개발된 각종 전술 상황에 대한 수중운동체의 운용 로직 및 알고리즘을 하드웨어적으로 검증할 수 있는 도구를 확보할 수 있게 되었다.

참 고 문 헌

[1] 최영철, “수중운동체 체계 HILS 시스템 구현”, 국방과학연구소 보고서, NWS-519-981125, 1997.
 [2] 남경원, 양종원, “수중운동체 체계 HILS 시스템

- ASSIM 연동 보고서”, 국방과학연구소 보고서, NSDC-519-010577, 2001.
 [3] L. Pollini and M. Innocenti, “A Synthetic Environment for Dynamic Systems Control and Distributed Simulation”, IEEE Control Systems Magazine, April 2000, pp.49~61.
 [4] R. Perry, J. McDermott, M. Speed, W. Austin, M. Foster, “Man In The Loop/ Hardware In The Loop Synthetic Battlespace Simulation”, AIAA 2000-4492.
 [5] Kenneth L. Dotson, G. Edward Roberts, “Synthetic Environment Tactical Integration Virtual Torpedo Project”, US NUWC Division, Newport, Rhode Island, 2000.
 [6] 남경원, 박영일, 박성운, 양종원, “수중운동체 3차원 시뮬레이터 개발 보고서”, 국방과학연구소 보고서, NSDC-519-010036, 2001.
 [7] 이심용, 나영인, 남경원, “HILS 시스템 연동 표적함 시뮬레이터 개발”, 국방과학연구소 보고서, NSDC-519-010416, 2001.
 [8] 한동훈, 신재범, 조운현, “수중운동체 체계 HILS를 위한 ASSIM의 설계 및 구현”, 국방과학연구소 보고서, NWS-519-980870, 1998.
 [9] 남경원, “수중운동체 HILS/MILS를 위한 Host PC 개발”, 국방과학연구소 보고서, NSDC-519-020285, 2002.
 [10] Pete Loshin, TCP/IP Clearly Explained, Second Edition, AP Professional, 2001.
 [11] B. Quinn, D. Shure, Windows Sockets Network Programming, Addison-Wesley, 1999.