



Received: 2026/07/01
Revised: 2026/07/13
Accepted: 2026/08/21
Published: 2026/09/30

***Corresponding Author:**

Hyeokchan Kwon

E-mail: hyeokchan91@hanwha.com

Abstract

전투체계는 다양한 장비와의 연동을 위하여 RS-422 통신과 전압 기반 입출력 신호를 사용한다. 본 논문에서는 이러한 인터페이스 신호를 Ethernet 데이터로 변환하기 위한 인터페이스 변환 장치를 제안한다. 제안한 장치는 RS-422 통신 변환과 전압 신호의 입력 감지 및 출력 제어 기능을 제공한다. 시험 결과, 제안한 장치는 인터페이스 신호를 정상적으로 처리하였으며, 전투체계 가상화 환경에 적용 가능성을 확인하였다.

Combat management systems utilize RS-422 communication and voltage-based input/output signals to interface with various equipment. This paper proposes an interface conversion device that converts interface signals into Ethernet data. The proposed device provides RS-422 communication conversion as well as input detection and output control functions for voltage-based signals. The experimental results verify that the proposed device successfully processes interface signals and can be applied to combat management system virtualization environments.

Keywords

전투체계(Combat Management System),
인터페이스 변환(Interface Conversion),
신호 변환(Signal Conversion),
통신 변환(Communication Conversion),
가상머신(Virtual Machine),
가상화 환경(Virtualization Environment)

해양 전투체계 가상화 적용을 위한 RS-422 및 전압 인터페이스 Ethernet 변환 장치 설계 및 구현

Design of an Ethernet Conversion Device for RS-422 and Voltage Interfaces for Combat Management System Virtualization Environments

권혁찬^{1*}, 유성범²

¹한화시스템 해양연구소 선임연구원

²한화시스템 해양연구소 연구원

Hyeokchan Kwon^{1*}, Seongbeom Yoo²

¹Senior engineer, Naval R&D Center, Hanwha Systems

²Engineer, Naval R&D Center, Hanwha Systems

1. 서론

최근 해양 전투체계는 센서, 무장통제장치, 항해장비 및 통신장비 등 다양한 장비와 연동하여 운용되며, 이를 위하여 RS-422 기반 직렬통신과 전압 기반 입출력 인터페이스를 사용한다. 이러한 인터페이스는 장비 상태 정보 전달, 제어 명령 전송 및 운용 상태 감시에 활용되며 전투체계 운용에 필수적인 요소이다.

전투체계의 개발 및 시험 과정에서는 다양한 장비와 인터페이스 신호를 검증해야 한다. 그러나 기존 시험 환경은 실제 장비와 인터페이스 보드를 직접 연결하여 구성하므로 시스템 규모가 증가할수록 구축 비용과 유지보수 비용이 증가한다. 또한 실제 장비 의존성이 높아 시험 환경 구성에 많은 시간과 비용이 소요된다[1].

최근에는 가상화 및 디지털 트윈 기술을 활용하여 실제 장비의 의존성을 줄이고 시험 환경의 효율성을 향상시키기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이를 위해서는 전투체계에서 사용되는 RS-422 통신 데이터와 전압 기반 인터페이스 신호를 네트워크 환경에서 처리할 수 있는 인터페이스 변환 기술이 필요하다[2].

본 연구에서는 전투체계 가상화 환경 적용을 위하여 RS-422 통신 데이터와 전압 기반 입출력 신호를 Ethernet 기반 UDP/IP 데이터로 변환할 수 있는 인터페이스 장치를 제안한다.

2. 본론

2.1 해양 전투체계 인터페이스 구성

해양 전투체계는 함정 내부의 다양한 장비를 연동하기 위하여 직렬 통신 인터페이스와 전압 기반 입출력 인터페이스를 사용한다. 전투체계에서 사용되는 인터페이스는 크게 RS-422 통신 인터페이스와 디지털 입출력 인터페이스로 구분된다. RS-422 인터페이스는 센서 및 항해장비와의 데이터 교환에 사용되며, 장비 간 신뢰성 있는 데이터 교환을 위하여 주로 적용되고 있다[3].

전압 기반 인터페이스는 장비 상태 감시 및 제어 명령 전달에 사용되며, 전투체계에서 사용되는 주요 전원 사양은 Table 1과 같다[4].

Table 1. Interface input/output signals configuration

Signal Type	Character
Digital Input	DC 24V
	DC 12V
	DC 5V
Digital Output	DC 24V
	DC 12V
	DC 5V
Communication Output	RS-422

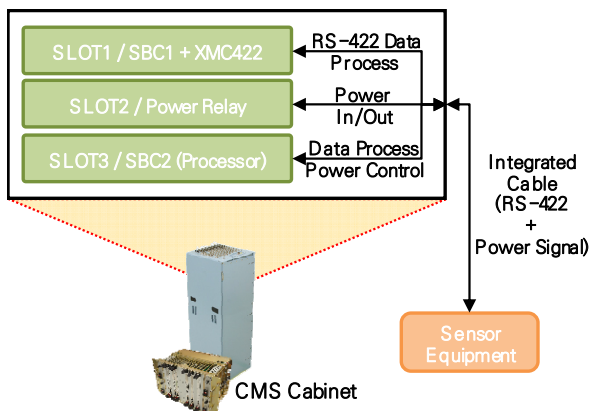


Fig. 1. Composition of the existing combat system

전투체계 시험 환경에서는 Fig. 1과 같이 이러한 인터페이스를 모두 구성해야 하므로 시스템 규모가 증가할수록 인터페이스 장비와 케이블 수량이 증가하여 시험 환경 구축이 복잡해진다.

2.2 해양 전투체계 인터페이스 구성

2.2.1 시스템 구조

가상화를 적용하기 위한 기존 구조는 Fig. 2와 같다.

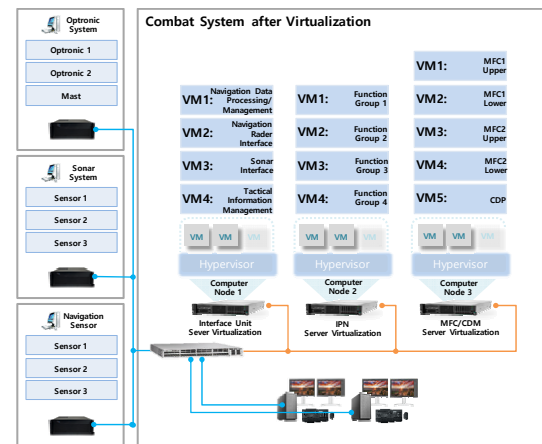


Fig. 2. Combat system configuration and number of computer node after Virtualization (rack server type) [5]

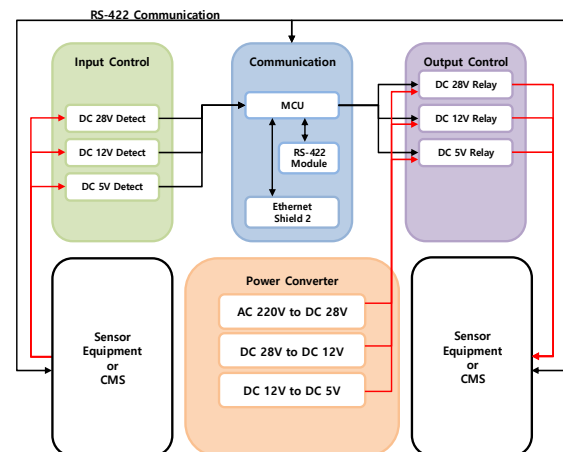


Fig. 3. Configuration of the proposed interface virtualization device

본 연구에서 제안하는 인터페이스 변환 장치는 전원부, 입력 감지부, 출력 제어부 및 통신부로 구성된다. Fig. 3는 제안하는 시스템의 전체 구조를 나타낸다. 제안 장치는 RS-422 통신 데이터와 전압 기반 인

터페이스 신호를 Ethernet 기반 데이터로 변환하여 전송한다. 또한 Ethernet 네트워크를 통해 수신된 제어 명령을 이용하여 전압 출력 및 RS-422 데이터 출력을 수행한다. 이를 통하여 기존 물리적 인터페이스를 네트워크 환경에서 활용할 수 있으며 전투체계 가상화 플랫폼과의 연동이 가능하다.

2.2.2 전원부

전원부는 인터페이스 변환 장치의 각 모듈에 안정적인 전원을 공급하기 위하여 설계하였다. 시험 환경에서는 외부 DC 24V power supply를 사용하여 시스템에 전원을 공급하였다. 입력된 DC 24V 전원은 LM2596 기반의 buck converter를 이용하여 DC 12V 또는 DC 5V로 변환하였다[6]. 생성된 DC 5V 전원은 Arduino Ethernet Shield 2, RS-422 통신 모듈, 입력 감지부 및 출력 제어부의 제어 회로에 공급된다.

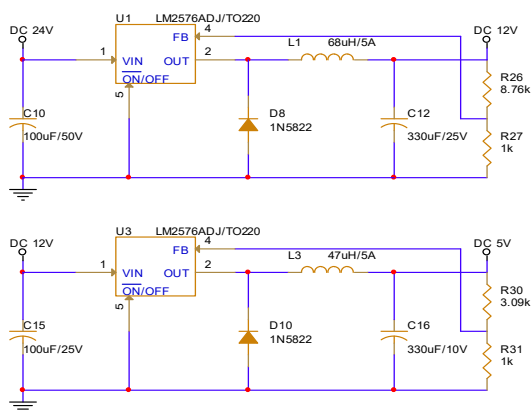


Fig. 4. Schematic diagram of DC/DC converters[6]

2.2.3 입력 감지부

입력 감지부는 전투체계에서 사용되는 DC 24V, 12V 및 DC 5V 신호의 상태를 감지하기 위하여 설계하였다. 입력 감지회로는 PC817 광절연 소자를 이용하여 구성하였다. 입력측과 출력측을 전기적으로 분리함으로써 외부 전압으로부터 MCU(micro control unit)를 보호하고 노이즈 유입을 최소화하였다[7]. 입력 전압이 인가되면 광절연 소자의 출력 상태가 변화하며 이를 통해 각 입력 채널의 전압 인가 여부를 판단할 수 있다.

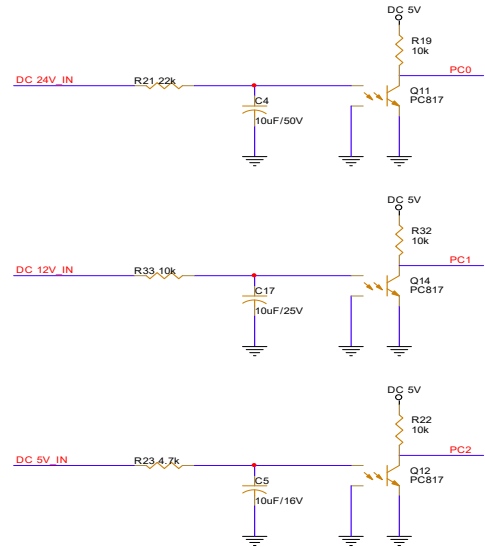


Fig. 5. Schematic diagram of the input detection circuit

2.2.4 출력 제어부

출력 제어부는 Ethernet 네트워크를 통해 수신된 제어 명령에 따라 전압 출력 신호를 생성하기 위하여 설계하였다. 출력 제어는 4채널 릴레이 모듈을 이용하여 구현하였다. 각 채널은 독립적으로 제어 가능하며 DC 24V, 12V 및 DC 5V 출력 신호를 생성할 수 있도록 구성하였다. 이를 통해 실제 전투체계 인터페이스와 유사한 시험 환경을 구현할 수 있다.

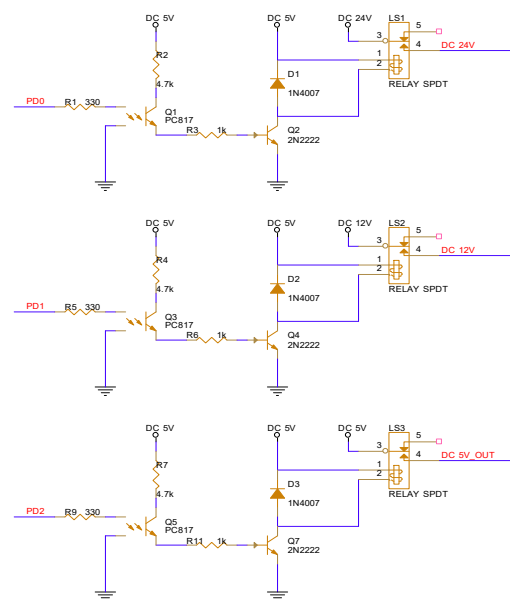


Fig. 6. Schematic diagram of the output control circuit

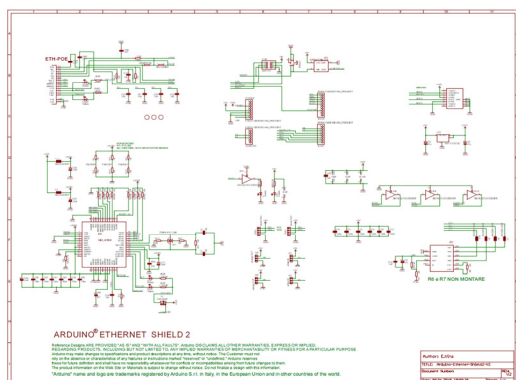


Fig. 7. Schematic diagram of the ethernet shield 2[8]

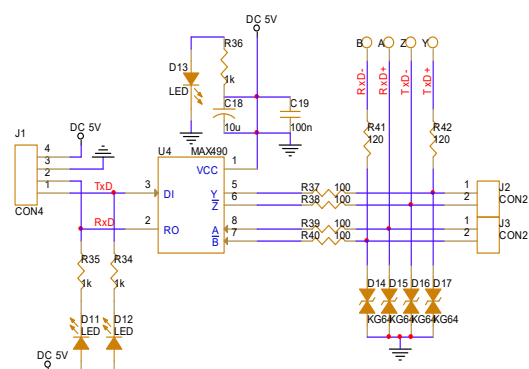


Fig. 8. Schematic diagram of the RS-422 communication circuit

Table 2. Communication specifications of the proposed system

Item	Specification
Serial interface	RS-422
Baudrate	9,600bps
Data format	8-N-1
Network interface	Ethernet
Protocol	UDP/IP
Device IP	192.33.11.101
Host IP	192.33.11.110
UDP port	5,000
Packet timeout	20ms

2.2.5 통신부

통신부는 RS-422 인터페이스와 Ethernet 인터페이스로 구성된다.

Ethernet 인터페이스는 Fig. 7과 같이 Arduino Ethernet Shield 2를 사용하여 구현하였으며 UDP/IP 프로토콜을 적용하였다.

RS-422 인터페이스는 Fig. 8과 같이 RS-422 to TTL 변환 모듈을 사용하여 구현하였다. 수신된 RS-422 데이터는 Ethernet 데이터로 변환되어 원격 호스트로 전송되며, 반대로 Ethernet을 통해 수신된 제어 명령은 RS-422 데이터로 변환되어 외부 장비로 전달된다. 통신 사양은 Table 2와 같다.

2.3. 구현 및 시험

2.3.1 프로토타입 구현

제안한 인터페이스 변환 장치의 기능 검증을 위하여 프로토타입을 제작하였다. 프로토타입은 Arduino Ethernet Shield 2, RS-422 통신 모듈, 입력 감지부, 출력제어부 및 전원부로 구성하였다. Fig. 9은 구현된 프로토타입을 나타낸다.

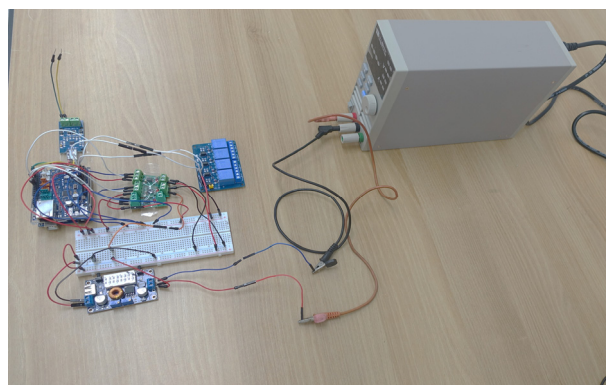


Fig. 9. Prototype of the proposed Ethernet interface conversion device

2.3.2 시험 환경

제안한 장치의 성능을 검증하기 위하여 전압 인터페이스 시험과 통신 인터페이스 시험을 수행하였다. 전압 인터페이스 시험은 DC 24V, 12V 및 DC 5V 신호에 대한 입력 감지 기능 및 출력 제어를 대상으로 수행하였으며, 통신 인터페이스 시험은 RS-422 데이터와 Ethernet 데이터 간 양방향 변환 기능을 대상으로 수행하였다.

Fig. 10은 제안한 장치의 기능 검증 및 가상화 환경 적용 가능성을 확인하기 위하여 구성한 시험 환경을 나타낸다. 시험 환경은 가상머신상에서 개발한 CMSCtrl 프로그램과 제안한 인터페이스 변환 장치

로 구성하였다. CMSCtrl의 환경 구성은 Table 3와 같다.

CMSCtrl 프로그램은 UDP/IP 통신을 이용하여 제어 장치와 연동되며 전압 인터페이스 상태 모니터링, 출력 제어 및 RS-422 통신 데이터 송수신 기능을 수행한다.

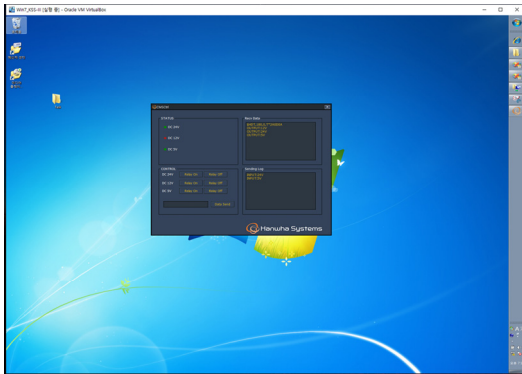


Fig. 10. CMSCtrl program on virtual box enviornment

Table 3. CMSCtrl program specifications of virtual box enviornment

Item	Specification
Host OS	Windows 10
Guest OS	Windows 7
Hypervisor	Oracle Vbox
IDE	visual studio 2008
Language	C / C++

2.3.3 전압 인터페이스 시험 결과

전압 인터페이스 기능 검증을 위하여 각 전압 채널에 대한 입력 감지 및 출력 제어 시험을 수행하였다. 시험 결과 모든 입력 채널에서 전압 인가 여부를 정상적으로 감지하였으며, 출력 제어 명령에 따라 각 전압 출력 채널이 정상적으로 동작함을 확인하였다. 시험 결과 값은 Table 4에 나타내었다.

Fig. 11은 CMSCtrl 프로그램을 이용한 전압 인터페이스 시험 결과를 나타낸다. 시험 당시 DC 24V 및 DC 5V 입력 신호가 인가된 상태를 구성하였으며, 출력 채널은 DC 24V, 12V 및 DC 5V가 모두 활성화된 상태로 설정하였다.

또한 Fig. 12와 같이 Wireshark를 이용하여 UDP 메시지의 송수신 여부를 확인하였으며, 프로토타입 회로에 적용된 LED 표시 상태를 함께 확인하여 전압

Table 4. Voltage interface test results

Signal Type	Character	UDP Messages
Digital Input	DC 24V Applied	INPUT_24V:ON
	DC 24V Not Applied	INPUT_24V:OFF
	DC 12V Applied	INPUT_12V:ON
	DC 12V Not Applied	INPUT_12V:OFF
	DC 5V Applied	INPUT_5V:ON
	DC 5V Not Applied	INPUT_5V:OFF
Digital Output	DC 24V Generated	OUTPUT_24V:ON
	DC 24V Not Generated	OUTPUT_24V:OFF
	DC 12V Generated	OUTPUT_12V:ON
	DC 12V Not Generated	OUTPUT_12V:OFF
	DC 5V Generated	OUTPUT_5V:ON
	DC 5V Not Generated	OUTPUT_5V:OFF



Fig. 11. CMSCtrl program status

3 0.000173	192.33.11.101	192.33.11.110	UDP	60 5000 → 5000 Len=11
84 a9 38 29 ab e9 de ad	be ef 11 01 08 00 45 00	..8).....E-		
00 27 00 01 40 00 80 11	63 af c0 21 0b 65 c0 21	..@...c-!-e-!		
0b 6e 13 88 13 88 00 13	95 f9 49 4e 50 55 54 5f	..n.....INPUT_		
35 56 3a 4f 4e 00 00 00	00 00 00 00	5V:ON.....		
4 0.001590	192.33.11.101	192.33.11.110	UDP	60 5000 → 5000 Len=12
84 a9 38 29 ab e9 de ad	be ef 11 01 08 00 45 00	..8).....E-		
00 28 00 02 40 00 80 11	63 ad c0 21 0b 65 c0 21	..@...c-!-e-!		
0b 6e 13 88 13 88 00 14	7b e0 49 4e 50 55 54 5f	..n.....INPUT_		
32 34 56 3a 4f 4e 00 00	00 00 00 00	24V:ON.....		
15 162.428807	192.33.11.110	192.33.11.101	UDP	51 49658 → 5000 Len=9
de ad be ef 11 01 84 a9	38 29 ab e9 08 00 45 00	8).....E-		
00 25 63 22 00 00 80 11	00 00 c0 21 0b 6e c0 21	..%c#.....-!-n-!		
0b 65 c1 fa 13 88 00 11	97 38 4f 55 54 5f 35 56	..e.....8OUT_5V		
3a 4f 4e		5V:ON.....		
24 233.531071	192.33.11.110	192.33.11.101	UDP	52 49658 → 5000 Len=1
de ad be ef 11 01 84 a9	38 29 ab e9 08 00 45 00	8).....E-		
00 26 63 23 00 00 80 11	00 00 c0 21 0b 6e c0 21	..&c#.....-!-n-!		
0b 65 c1 fa 13 88 00 12	97 39 4f 55 54 5f 31 32	..e.....9OUT_12		
56 3a 4f 4e		V:ON.....		
30 295.081447	192.33.11.110	192.33.11.101	UDP	52 49658 → 5000 Len=1
de ad be ef 11 01 84 a9	38 29 ab e9 08 00 45 00	8).....E-		
00 26 63 24 00 00 80 11	00 00 c0 21 0b 6e c0 21	..&c\$.....-!-n-!		
0b 65 c1 fa 13 88 00 12	97 39 4f 55 54 5f 32 34	..e.....9OUT_24		
56 3a 4f 4e		V:ON.....		

Fig. 12. UDP/IP communication verification results for voltage conversion captured using wireshark

인터페이스 동작을 검증하였다. 입력 감지부 및 출력 제어부의 LED 동작 상태는 Fig. 13에 나타내었다.

2.3.4 통신 인터페이스 시험 결과

RS-422 통신 데이터와 Ethernet 데이터 간 변환 기능을 검증하기 위하여 양방향 통신 시험을 수행하

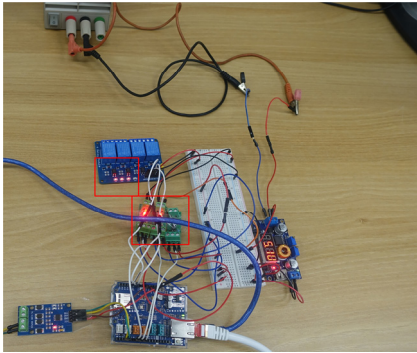


Fig. 13. Relay control and input voltage detection results based on UDP/IP communication

Table 5. Sequence of HDT message using NMEA 0183 format

Sign	Hex	Description
\$	24	start of sentence
HDT		sentence formater HDT = heading, true
xxx.x,T		Heading degree, true
*		checksum delimiter
hh	2A	checksum field
<CR><LF>	0D0A	end of sentence

였다. 시험 데이터는 NMEA 0183 기반 Heading 메시지를 사용하였으며, 메시지 구성은 Table 5에 나타내었다.

시험 결과 RS-422 인터페이스로 수신된 heading 데이터가 UDP 패킷으로 정상 변환되어 Ethernet 네트워크를 통해 전송됨을 확인하였다. 또한 Fig. 14과 같이 Ethernet 네트워크를 통해 수신된 제어 명령이 RS-422 인터페이스로 정상 변환되어 출력됨을 확인하였다.

시험에서 Heading 데이터는 180.0°와 127.5°를 순차적으로 전송하였으며, 송신데이터와 수신 데이터가 동일하게 유지됨을 확인하였다. 또한 RS-422와 Ethernet 간 양방향 데이터 변환 기능이 정상적으로 수행됨을 검증하였다.

12.701039	192.33.11.101	192.33.11.110	UDP	62.5000 → 5000 Len=26
28.798776	192.33.11.101	192.33.11.110	UDP	62.5000 → 5000 Len=26
84 a9 38 29 ab e9 de ad be ef 11 01 08 00 45 00	..8).....E-			
00 30 00 2a 40 00 00 11 63 7d c0 21 0b 65 c0 21	.0.*@... c)!·e·!			
0b 6e 13 88 13 88 00 1c 29 7b 24 48 44 54 2c 31	.n.....)({\$HDT,1			
38 30 2e 30 2c 54 2a 32 41 30 44 30 41 00	80.0,T*2 A0D0A-			
84 a9 38 29 ab e9 de ad be ef 11 01 08 00 45 00	..8).....E-			
00 30 00 2b 40 00 00 11 63 7c c0 21 0b 65 c0 21	.0.+@... c !·e·!			
0b 6e 13 88 13 88 00 1c 2f 6f 24 48 44 54 2c 31	.n...../o\$HDT,1			
32 37 2e 35 2c 54 2a 32 41 30 44 30 41 00	27.5,T*2 A0D0A-			

Fig. 14. UDP/IP communication verification results for serial conversion captured using wireshark

2.3.5 시험 결과 분석

시험 결과, 제안한 장치는 전압 기반 인터페이스 신호와 RS-422 통신 데이터를 Ethernet 환경에서 정상적으로 처리할 수 있음을 확인하였다.

또한 입력 감지 기능, 출력 제어 기능 및 RS-422/Ethernet 양방향 데이터 변환 기능이 모두 정상적으로 동작함을 확인하였다.

이를 통해 전투체계에서 사용되는 물리적 인터페이스를 네트워크 환경에서 처리할 수 있음을 검증하였다.

3. 결론

본 논문은 전투체계 가상화 환경 적용을 위한 RS-422 및 전압 인터페이스 Ethernet 변환 장치를 제안하였다.

제안한 장치는 RS-422 통신 데이터와 전압 기반 인터페이스 신호를 Ethernet 기반 데이터로 변환할 수 있도록 설계하였으며, 입력 감지 및 출력 제어 기능을 통합적으로 제공하도록 구현하였다.

프로토타입 제작 및 기능 시험 결과, 전압 인터페이스 입력 감지 기능과 출력 제어 기능이 정상적으로 동작하였으며 RS-422 통신 데이터와 Ethernet 데이터 간 양방향 변환 기능 또한 정상적으로 수행됨을 확인하였다.

향후에는 다양한 통신 프로토콜 및 전투체계 인터페이스를 지원하도록 기능을 확장하고 가상화 기반 전투체계 시험 환경과의 연계를 위한 연구를 지속적으로 수행할 예정이다.

4. 향후 방안

본 연구에서는 전투체계에서 사용되는 RS-422 통신 및 전압 기반 인터페이스를 Ethernet 환경에서 처리할 수 있는 기본적인 인터페이스 변환 장치를 구현하였다. 그러나 실제 전투체계에서는 RS-422 이외에도 다양한 통신 프로토콜과 인터페이스가 사용되므로 보다 폭넓은 적용을 위해서는 추가적인 연구가 필요하다.

또한 본 연구에서는 인터페이스 변환 기능의 구현과 동작 검증에 중점을 두었으나, 실제 함정 운용 환

경에서는 대용량 데이터 처리, 다중 장비 동시 연동 및 네트워크 장애 상황에 대한 안정성 검증이 요구된다. 따라서 향후에는 다양한 운용 환경을 고려한 성능 평가와 신뢰성 검증을 수행할 예정이다.

아울러 제안한 장치를 가상화 플랫폼과 연계하여 실제 전투체계와 동일한 시험 환경을 구축할 수 있도록 연구를 확장할 계획이다. 이를 통해 개발 초기 단계에서부터 시험 및 검증을 수행할 수 있는 효율적인 전투체계 개발 환경 구축에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

추가로 본 연구를 통해 개발된 RS-422-Ethernet 변환 장치는 범용 장비의 고정된 기능을 넘어 펌웨어 레벨에서 우리 체계에 최적화된 맞춤형 보안 래핑 기술을 적용함으로써 데이터의 기밀성과 무결성을 자체적으로 확보할 계획이다. 특히 K-RMF의 위협 관리 관점을 반영하여 전송 지연을 최소화한 경량 암호화 및 인증 기능을 단계적으로 구현함으로써, 외부 솔루션에 의존하지 않고 변환 장치 자체적으로 전송 데이터의 보안성을 강화하는 방향으로 발전시켜 나가 고자 한다.

참고문헌

[1] Jaeyoon Kim, 'Put Study of Defections and Alternatives

for RS-232 Communication in Combat management Systems,' in Proceedings of the 2022 Korean Institute of Military Science and Technology Conference, June 2022, pp. 1166-1167.

[2] Hyeokchan Kwon, MinHo Kim, Kyubaek Kim, & Youngkeun Go, 'A Study on Application Effect of Linked Signal Conversion System for the Virtualization on Submarine Combat System,' Journal of the KNST, VOL. 8, NO. 4, 2025, pp. 620-628.

[3] Dong-Ho Kam, 'Realization RS-422 Interlocking Signal Analysis Equipment,' in proceedings of the 2021 Fall Conference of Korea Academia-Industrial Cooperation Society, 2021, pp. 340-342.

[4] Jaeil Kim, 'A Study on the Design of Universal Power Supply for Maintenance,' in Proceedings of the 2021 Korean Institute of Military Science and Technology Conference, November 2021, pp. 1285-1286.

[5] Dong-Won Lee, Byung-Ku Bae, & Kyu-Sung Cho, 'A Feasibility Study of Virtualization for Submarine Combat System,' Journal of the Korean Society of Computer and Information, VOL. 27, NO. 9, 2022, pp. 121-129.

[6] Texas Instruments, LM2596-ADJ.

https://www.ti.com/product/ko-kr/LM2596?keyMatch=LM2596&tisearch=universal_serach&usecase=GPN-ALT (accessed 2026.06.04.)

[7] Yun Jae Yi & Yun Seop Yu, 'PSPICE Modeling Technique of Commercial ICs for LED Driver Design,' in Proceedings of the Institute of Electronics and Information Engineers 2010 Summer Conference, June 2010, pp. 1227-1230.

[8] Arduino Store, Arduino Ethernet Shield 2.

<https://store-usa.arduino.cc/products/arduino-ethernet-shield-2?queryID=undefined> (accessed 2026.06.04.)