

A feasibility study of virtualization for Submarine Combat System

Dong-Won Lee*, Byung-Ku Bae*, Kyu-Sung Cho*

*Senior Engineer, Hanwha Systems, Gumi, Korea

*Chief Engineer, Hanwha Systems, Gumi, Korea

*Chief Engineer, Hanwha Systems, Gumi, Korea

[Abstract]

In this paper, the virtual environment using rack server type HPC and 3U VPX server type HPC was applied and tested to the basic functions of the Jangbogo-III class submarine combat system developed for the first time in Korea. Based on this test results, the possibility of applying virtualization to the domestic submarine combat system to be developed in the future is confirmed. Existing studies have been limited to deriving applicable virtualization solutions through simple performance analysis of virtualization solutions or applying virtualization to some functions of the surface ship combat system, but in this paper, the application of virtualization is expanded to the submarine combat system through testing.

▶ **Key words:** Virtualization, Submarine Combat System, HPC, VPX

[요 약]

본 논문에서는 국내 최초로 개발된 장보고-III급 잠수함 전투체계의 기본 기능에 랙 서버형 HPC와 3U VPX 서버형 HPC를 이용한 가상화 환경을 적용하여 시험하였으며, 시험 결과를 바탕으로 향후 개발되는 국내 잠수함 전투체계에 대한 가상화 적용 가능성을 확인하였다. 기존의 연구들은 가상화 솔루션에 대한 단순 성능분석을 통하여 함정전투체계에 적용 가능한 가상화 솔루션을 도출하거나 수상함 전투체계 일부 기능에 가상화를 적용해 보는데 국한되었지만 본 논문에서는 시험을 통하여 가상화 적용 가능성을 잠수함 전투체계까지 확대하였다.

▶ **주제어:** 가상화, 잠수함전투체계, 고성능 컴퓨팅, VPX 보드

• First Author: Dong-Won Lee, Corresponding Author: Byung-Ku Bae, Kyu-Sung Cho

*Dong-Won Lee (dongwon0713.lee@hanwha.com), Hanwha Systems

*Byung-Ku Bae (byungku.bae@hanwha.com), Hanwha Systems

*Kyu-Sung Cho (kyusung.cho@hanwha.com), Hanwha Systems

• Received: 2022. 08. 19, Revised: 2022. 09. 06, Accepted: 2022. 09. 13.

I. Introduction

미 국방부 국방정보체계국은 RACE(Rapid Access Computing Environment)라는 PaaS(Platform as a Service) 형태의 클라우드 컴퓨팅 서비스를 구축하여 정보시스템의 중복구축으로 인한 자원의 낭비와 비용을 줄이고 보안성을 높였다. 또한 미 해군은 AEGIS 전투체계를 가상화 한 AEGIS Virtual Twin(vTwin)을 성공적으로 구축한 이후 잠수함 전투체계인 AN/BYG-1 역시 vTwin으로 구축하여 Block III Virginia-class 잠수함에 탑재하였다. 이는 미 국방 사업에 클라우드 및 가상화 컴퓨팅 기술 적용이 본격화 되고 있음을 의미하며 향후 우리나라 해군의 발전방향에도 시사점이 크다.[1-2]

대한민국 해군도 미래 해군의 모습을 결정짓는 핵심요소를 '4차 산업혁명 첨단기술 기반의 스마트해군 (SMART NAVY)'으로 정하고 스마트 해군 건설에 모든 역량을 집중하고 있다. 스마트 해군은 Fig 1. 과 같이 해군 기본 전투단위인 함정과 항공기에 최신 기술을 적용해 전투 성능을 극대화하는 '스마트 전투함정(Battleship)', 통합 전투력을 발휘할 수 있도록 함정/항공기/육상지휘소를 네트워크화해 운용 효과를 높이는 '스마트 작전운용(SMART Operations)', 국내외 협업체계를 구축해 비군사적 위협 대응능력을 강화하고 해양주권을 보호하는 '스마트 협력(SMART Cooperation)' 등 세 가지로 구성되어 있다.

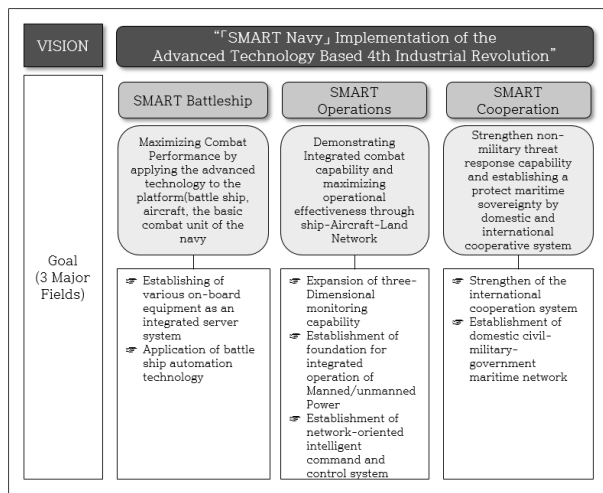


Fig. 1. Smart Vision Korean NAVY

스마트 전투함정은 해군의 기본 전투단위인 함정과 항공기 플랫폼에 첨단정보통신기술(ICT, Information and Communication Technologies)을 적용시켜 나가는 것을 말하며, 이를 기반으로 해군은 전투함정 내 각종 시스템

을 하나의 통제환경에서 운용할 수 있도록 통합함정컴퓨팅환경(TSCE, Total Ship Computing Environment)을 구축해 나가고 있다. 통합함정컴퓨팅 환경은 현재 구조적 기능적으로 분산된 통제실을 함정임무통제실(Ship Mission Center)로 통합하고 이곳에서 모든 기능을 통합적으로 운영할 수 있도록 하여 전투함정의 신속한 판단과 결심은 물론 효율적인 인력 운영과 공간 활용을 가능하게 한다. 또한 개방형 구조를 적용해 확장성을 용이하게 하여 함정 운용기간 중 기술발전 요소를 손쉽게 적용할 수 있도록 한다.[3-5]

통합함정컴퓨팅환경 구축을 위해서는 컴퓨팅 장비에 대한 물리적인 리소스를 통합하여 하드웨어가 점유하는 공간을 최소화하는 것이 중요하며, 특히 잠수함 전투체계의 경우 공간적인 제약 등으로 인하여 컴퓨팅 장비에 대한 물리적인 리소스의 통합이 가장 중요한 요소 중의 하나이다.

잠수함 전투체계에 첨단정보통신기술인 가상화를 적용하여 물리적인 리소스를 통합함으로써 하드웨어가 점유하는 공간을 최소화 하고, 전력 및 냉각 사용을 최소화하여 함내 생활공간 확보 및 작전지속능력을 극대화할 수 있다. 디젤 기관을 사용하는 디젤 잠수함의 경우 일정시간의 잠항 후에는 배터리 충전을 위하여 반드시 부상(스노클 항해)하여야 하며 이때 적으로부터 탐지될 가능성이 가장 높다. 전력 사용을 최소화할 경우 잠항지속 시간을 높일 수 있으며 그에 따라 작전지속능력도 극대화될 수 있다.[6-8]

기존의 연구들은 가상화 솔루션에 대한 단순 성능분석을 통하여 함정전투체계에 적용 가능한 가상화 솔루션을 도출하거나 수상함 전투체계 일부 기능에 가상화를 적용해 보는데 국한되었지만 본 논문에서는 시험을 통하여 가상화 적용 가능성을 잠수함 전투체계까지 확대하였다.[9]

본 논문에서는 센서에서 수신되는 데이터로부터 정보처리 및 전술화면 전시에 이르기까지의 장보고-III급 잠수함 전투체계 기본 기능에 랙 서버타입의 HPC(High Performance Computing) 및 3U VPX 서버타입의 HPC를 사용한 가상화 환경을 적용함으로써 향후 개발되는 차기 잠수함 전투체계에 대한 가상화 적용 가능성을 확인하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 첫째 가상화에 대한 개념 및 적용 가능한 가상화 솔루션에 대하여 설명하였다. 둘째 국방과학연구소 주관 연구개발 사업으로 한화시스템에서 시제품체로 참여하여 국내최초로 개발하여 전력화된 장보고-III급 잠수함 전투체계에 대한 특징을 살펴

보고, 셋째 장보고-III급 잠수함 전투체계 중 가상화를 적용 할 기능 및 구성품을 선정하고, 넷째 선정된 기능 및 구성품에 가상화를 적용하고 결과를 도출하였으며, 마지막으로 결론 및 추후 연구과제에 대하여 기술하였다.

II. Preliminaries

1. Related work

1.1 International trends

미 해군은 전투능력을 개선하고 해군력을 증가시키기 위하여 해군 함정에 최첨단 시스템을 적용하고 레거시 장비에 대한 지속적인 현대화를 진행하고 있다. x86 서버 및 레거시 시스템은 컴퓨팅 인프라 중 개별 용량의 일부에서만 동작하며 이러한 제약사항은 자원 활용에 대한 비효율성과 수명주기 간 유지비용을 증가시킨다. 가상화를 활용하여 컴퓨팅 하드웨어에 대한 제한 요소로 제거하고 수명 주기 비용을 줄이며 미래 전투시스템 개발을 간소화하고 전투성능 개선에 효과적으로 대응하기 위한 요구사항들은 AEGIS Virtual Twin(vTwin) 개발의 촉매 역할을 담당했다. AEGIS 전투체계를 가상화 한 AEGIS Virtual Twin(vTwin)는 가상화를 통해 소프트웨어에서 하드웨어를 분리함으로써 하드웨어에 대한 점유공간 감소, 유연성 및 적응성 향상, 소프트웨어 업데이트 기간을 획기적으로 단축하였다.[10]

Table 1. Benefits of Virtualization

Functional Area	Description	Cost/Schedule/Quality Impacts
Software Development and Integration	Increased competition and ability for 3rd Party development Improved ability for early integration Removes land-based test site throughput issues	Schedule Quality
Test and Evaluation	Ability to rapidly prototype in operationally realistic environment Improve data production/collection	Cost Schedule
Training	Improve/advanced feedback Advanced training opportunities	Cost Quality
Operations and Maintenance	Reduced maintenance Elimination of lifetime buys Ability to modernize computing infrastructure through attrition	Cost Quality

2. Virtualization

가상화란 하이퍼바이저(Hypervisor)라는 도구를 이용하여 물리적 컴퓨터 하드웨어를 보다 효율적으로 활용할 수 있도록 함으로써 하나의 물리적 서버에 가상머신(VM-Virtual Machine)을 생성하여 동시에 여러 운영체제와 어플리케이션(APP)을 실행 할 수 있도록 하는 소프트웨어 기술이다. 가상화 대상이 되는 컴퓨팅 자원은 CPU, Memory, Storage, Network을 포함하며, 이들로 구성된 서버나 장치들을 가상화 함으로써 높은 수준의 자원 사용율과 분산처리 능력을 제공할 수 있다.

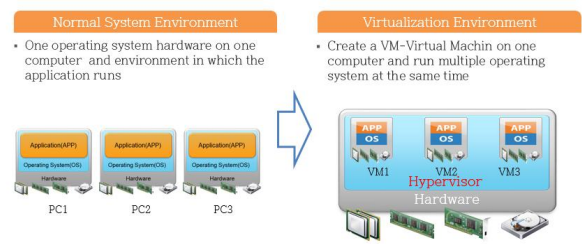


Fig. 2. Concept of Virtualization

가상화의 종류는 가상화 대상에 따라 서버가상화, 데스크톱 가상화, 네트워크 가상화 등이 있다. 서버 가상화는 한 대의 물리적인 서버를 여러 대의 가상머신으로 나누어 사용하는 기술이며, 데스크톱 가상화는 가상 데스크톱 인프라 시스템 기술로 사무실에서는 컴퓨터본체 없이 모니터, 키보드, 마우스만 존재하며 실제 컴퓨팅 연산처리는 데이터 센터의 서버에서 수행하며, 네트워크 가상화는 하나의 물리적 네트워크로 다수의 가상 네트워크를 형성하는 기술이다.

3. Selection of Virtualization Solution

하이퍼바이저를 사용하는 대표적인 가상화 도구에는 VMware, Xen, Hyper-V, KVM 등 4개 종류가 있으며 가상화 도구별 지원기능은 Table 2.과 같다.

Table 2. Available functions of each virtualization solution for applying to naval combat system

Support Function	VM ware	Hyper-V	Xen	KVM
Bare-metal architecture	0	0	0	0
Online Server Migration(vMotion)	0	0	0	0
Upgraded vMotion Compatibility	0	△	△	X
Storage Thin Provisioning	0	0	△	0

Online Storage Migration	0	X	X	X
High Availability	0	0	0	0
Non-Stop Service	0	X	X	X
Virtual Machine Snapshot	0	0	0	△
Built-in Backup Solution	0	△	X	X
Centralized Patch Management System	0	△	X	X
Built-in Firewall Solution	0	X	X	X
Provide Grouped Virtual Machine SLA	0	X	X	X
Management Console Scalability	0	0	0	0
Management Console Monitoring	0	△	0	0
Event-Based Notification System	0	△	△	△
Host Profile Function	0	X	X	X
Storage I/O Control	0	X	X	X

장보고-III급 잠수함 전투체계에서는 구성장비 간 통신을 위하여 OMG표준 DDS(Data Distribution Service) 미들웨어를 사용하며, 가상화 도구 별 DDS 메시지 전송 성능은 적용 할 가상화 도구 선택에 중요한 요소가 된다. 가상화 도구별 DDS 메시지 전송 성능은 아래와 같다.

Table 3. Performance of each virtualization solution

Division		VM ware	Hyper-V	Xen	KVM
DDS Message Response Time [us]		725.5	756.3	737.7	754.3
CPU	Nova Bench	399	288	356	362
	Pass Mark	5862	3819	5540	5502
MEM	Nova Bench	164	173	160	165
	Pass Mark	1870	1603	1695	1681
DISK	Nova Bench	13	11	11	13
	Pass Mark	693	1099	986	875
Through put	Prime 95	617.17	554.13	597.51	582.44
Network	Net Stress [KBps]	11525	11425	11409	11423
	netIO (TX) [KBps]	11494.4	9514.1	10544.5	11144.3
	netIO (RX) [KBps]	11454.9	9460.6	10476.2	11145.3

가상화 도구별 지원기능 및 DDS 메시지 전송 성능 분석결과 VMware가 다른 가상화 도구들에 비해 전반적으로 우수한 성능을 보였다. 상기의 결과를 기준으로 장보고-III급 잠수함 전투체계 가상화 적용가능성 확인을 위한 가상화 도구로 VMware를 선정하였다.[11-12]

4. Jangbogo-III Class Submarine Combat System

장보고-III급 잠수함 전투체계는 국방과학연구소 주관 연구개발 사업으로 한화시스템에서 시제품체로 참여하여 국내최초로 개발하여 전력화 되었다. 장보고-III급 잠수함 전투체계는 함정에 탑재된 센서체계, 무장체계, 통신체계 및 항해체계를 최적으로 연동·통합하여 효과적인 통제를 통해 전투성능을 극대화하는 특성을 가진 무기체계로서 총 39종의 함정탑재 장비들을 연동·통합하도록 개발하였다.[13-14]

장보고-III급 잠수함 전투체계 구성품은 센서체계, 항해체계, 통신체계 등 외부장비와의 연동(Interface)을 담당하는 연동장치, 다중 센서에서 제공되는 정보를 처리 및 관리하고 표적기동분석 등 잠수함 전투체계의 여러 핵심기능이 탑재된 정보처리장치, 다수의 센서로부터 정보 처리장치로 입력되어 실시간으로 처리된 전술정보를 전시 및 관리하고 각종 전술대응을 용이하게 하는 운용자 인터페이스 기능을 제공하는 다기능콘솔 등으로 구분되며, 각 구성품은 여러 대의 컴퓨터노드로 구성된다.

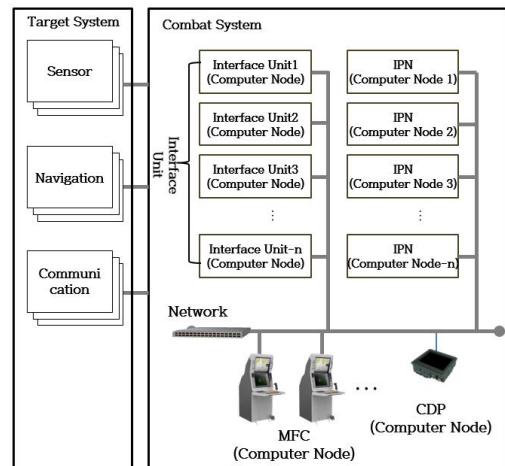


Fig. 3. Main components of Jangbogo-III class combat system

III. The Proposed Scheme



1. Selection of Function and Components for Virtualization application

잠수함 전투체계는 함 탑재센서 및 연동대상체계로부터 획득된 정보를 종합 처리하여 운용자에게 제공한다. 가상화 적용을 위한 기능 및 구성품 선정기준은 가상화 기반 환경에서도 연동대상체계로부터 수신한 정보를 전투체계 내부에서 정상처리하고 처리된 전술정보가 다기능콘솔에 정상전시 되는지 확인하기 위하여 전투체계 내부 전술정보 처리과정에서 반드시 필요한 기능 및 구성품으로 선정하였으며, 가상화 대상 구성품은 연동장치, 정보처리장치, 다기능콘솔, 항해센서제어장치 등이다. 장보고-III급 잠수함 전투체계를 가상화 환경에 탑재하여 기능적 관점 및 물리적 관점에서의 가상화 적용가능성을 확인하기 위하여 주요 구성품에 서버 가상화 및 데스크톱 가상화를 적용하였다. 서버 가상화는 연동장치, 정보처리장치, 다기능콘솔 및 항해센서제어장치에 적용하였으며, 데스크톱 가상화는 전시기능을 포함하는 다기능콘솔 및 항해센서제어장치에 적용하였다.[15]

2. Result of Virtualization application

장보고-III급 잠수함 전투체계에 대한 가상화 적용 가능성을 확인하기 위하여 가상화 도구는 VMware를 적용하였으며, HW는 랙 서버타입의 HPC와 3U VPX 서버타입의 HPC 등 두 종류를 적용하였다.

Table 4. HPC type for Virtualization

Category	Feature	Shape
Server Type	-High Performance/High efficiency -high scalability -Configuration flexibility	
Server Type	-Low Power,Low Noise -Resistance for Vibration -Shock and Moisture -Reduced size and weight	

2.1 Rack Server Type HPC Application

정보처리장치는 다수의 기능그룹으로 구성되며 각 기능그룹이 컴퓨터노드 1개씩을 사용한다. 다기능콘솔은 상/하단 전시처리장치인 두 개의 컴퓨터노드로 구성되며 각 노드에는 다수의 전술응용프로그램이 탑재된다. 연동장치는 다수의 컴퓨터노드로 구성되며 각 컴퓨터 노드에 연동대상체계에 대한 연동(Interface)을 담당하는 전술응용프로그램이 탑재된다.

시험과정에서는 연동대상체계 실장비를 사용할 수 없기 때문에 연동대상체계 실장비 데이터를 모의하는 시뮬레이터를 사용하였다. 가상화 환경 구성에서 가상화를 적용하기 전 전투체계 구성 및 컴퓨터 노드 수는 아래와 같다. 가상화 환경구성에서 가상화 적용 전 전투체계 내 컴퓨터 노드 수는 13개 이다.

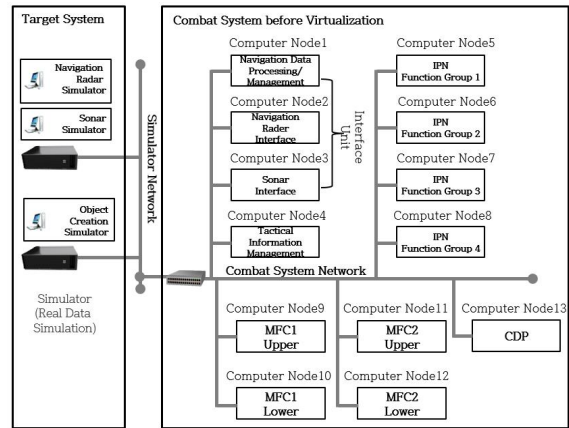


Fig. 4. Combat system configuration and number of computer node before virtualization

가상화 적용 후 전투체계 구성 및 컴퓨터 노드 수는 5개로 아래 그림과 같다.

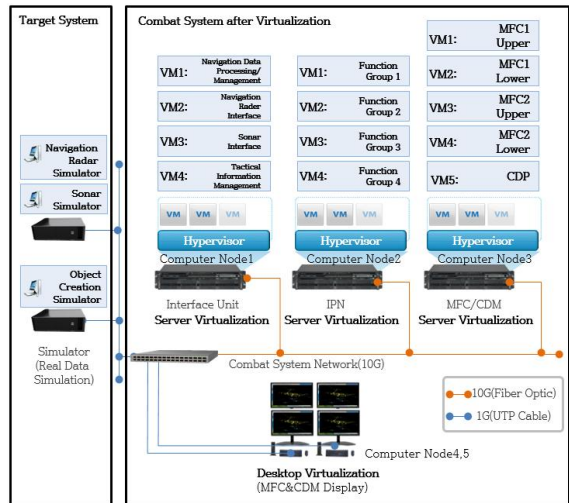


Fig. 5. Combat system configuration and number of computer node after virtualization (Rack server type)

컴퓨터 노드 수량이 기존 13개에서 5개로 감소하였다. 잠수함 전투체계에 가상화를 적용하여 물리적인 리소스를 통합함으로써 하드웨어가 점유하는 공간을 줄일 수 있다.[16-17]

가상화 적용 네트워크 구성환경은 아래와 같다.

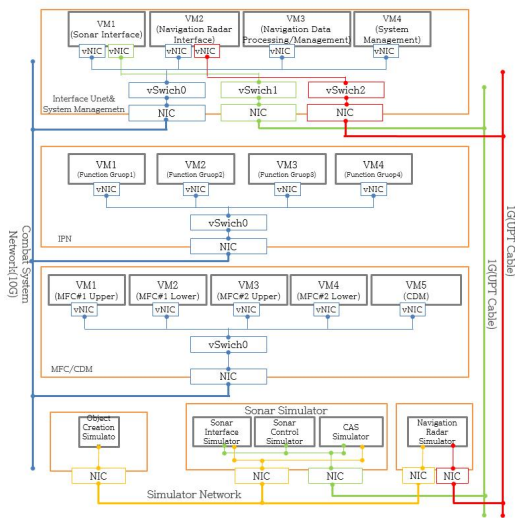


Fig. 6. Network configuration of virtualization(Rack server type)

가상화 네트워크는 크게 전투체계 네트워크와 시뮬레이터 네트워크로 구성되며, 전투체계 네트워크는 10Gbps 대역폭을 가지며 시뮬레이터 네트워크는 1Gbps 대역폭을 가지도록 구성하였다. 전투체계 네트워크와 시뮬레이터 네트워크가 공존하는 연동장치 HPC는 다수 개의 가상 네트워크스위치를 사용하여 네트워크를 분리하였으며, 전투체계 네트워크와 시뮬레이터 네트워크 상호 간 데이터의 영향이 없도록 구성하였다.[18]

가상화 구성 HW 및 SW 환경은 다음과 같다. 가상화 적용 HPC는 장보고-III급 잠수함 전투체계 컴퓨터 노드 core수를 고려하여 5개 이상의 VM을 생성 가능토록 선정하였으며, SW는 가상화 도구인 VMWare와 장보고-III급 전투체계에서 사용 중인 OS(운영체제)와 동일계열의 OS를 VM OS로 선정하였다.

Table 5. Virtualization application test environment (Rack server type)

Category		Contents
HW	Interface Module(HPC)	Mercury systems (Intel Xeon Gold 6140 2.3 GHz, 128GB)
	Information Processing Module(HPC)	DELL PowerEdge Server (Intel Xeon Gold 6142 2.6 GHz, 128GB)
	Console/Navigation Controller(HPC)	DELL PowerEdge Server (Intel Xeon Gold 6142 2.6 GHz, 128GB)
SW	Hypervisor	VMWare vSphere 6.7
	VM OS	Interface Module(& Information Processing Module: RTST Linux Console/Navigation Controller: Windows 7 Ultimate

가상화 적용 결과는 아래와 같다. VMWare ESXi Hypervisor에서 각 HPC에 구축된 가상시스템 정보를 확인할 수 있다.

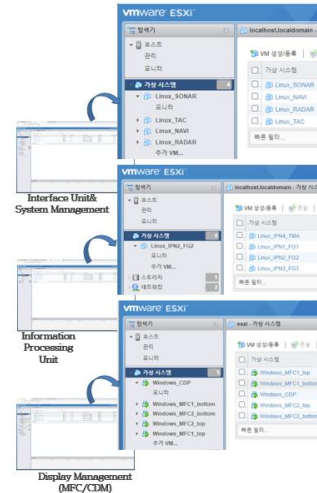


Fig. 7. Information of virtualization(VMWare ESXi Hypervisor)

장보고-III급 잠수함 전투체계 기본 기능에 가상화를 적용하여 운용시험 한 결과 정상 동작함을 확인하였다. 레이더표적 132개, 소나표적 32개를 생성하여 24시간이상 무중단 시험을 진행하였으며 해당시험에서도 정상 동작함을 확인하였다.

Table 6. Test items and results (Rack server type)

Test Item	Normal Operation
Sonar Data Display and Update	0
Navigation Data Display and Update	0
Target Data Display and Update	0
Situation Screen Display and Update	0
System Status Display and Update	0
24Hr Non-Stop Operation	0

다음은 장보고-III급 잠수함 전투체계에 가상화를 적용하여 시험한 모의전술화면 정보이다.

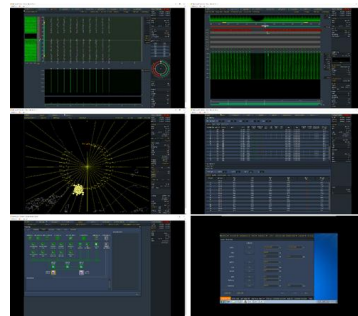


Fig. 8. Tactical situation mock display in virtual environment (Rack server type)

2.2 3U VPX Server Type HPC Application

3U VPX 서버타입 HPC는 크기가 작고 저전력 및 저소음의 특징을 가지는 장치로써 잠수함 전투체계에 적용 시 공간 활용 및 작전지속 능력 측면에서 많은 장점을 가질 수 있다. 장보고-III급 잠수함 전투체계 기본기능을 3U VPX 서버타입의 HPC 2장에 가상화 적용하여 정상동작하는지에 대한 시험을 진행하였으며, 3U VPX 서버타입의 HPC 가상화 적용 운용시험은 현실성 반영을 위하여 장보고-III급 잠수함 전투체계 유지보수를 위하여 운용중인 레퍼런스 시스템과 연동하여 운용시험을 진행하였다. 가상화 환경 구성에서 가상화를 적용하기 전 전투체계 구성 및 컴퓨터 노드 수는 아래와 같다. 전투체계 내 컴퓨터 노드 수는 모두 7개 이다.

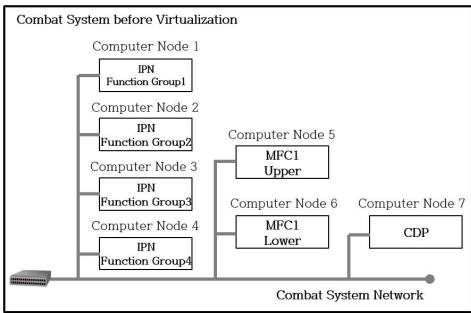


Fig. 9. Combat system configuration and number of computer node before virtualization

가상화 적용 후 전투체계 구성 및 컴퓨터 노드 수는 3개로 아래 그림과 같다.

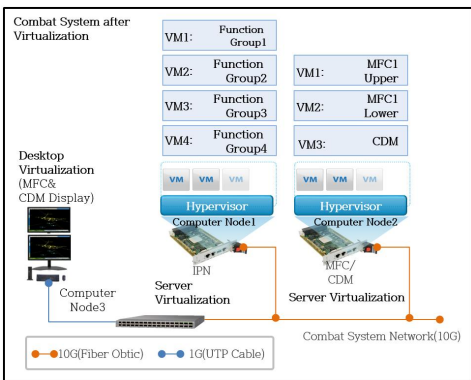


Fig. 10. Combat system configuration and number of computer node after virtualization (VPX server type)

가상화 적용 후 컴퓨터 노드 수량이 기존 7개에서 3개로 감소하였다.[15-16]

가상화 적용 네트워크 구성환경은 아래와 같다. 3U VPX 서버타입의 HPC 가상화 적용 운용시험은 현실성 반영을 위하여 장보고-III급 잠수함 전투체계 유지보수를

위하여 운용중인 레퍼런스 시스템과 연동하여 운용시험이 가능하도록 네트워크를 구성하였다.[16]

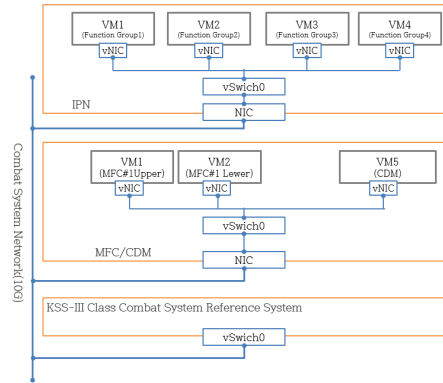


Fig. 11. Network configuration of virtualization (VPX server type)

3U VPX 서버타입의 HPC 가상화 적용 HW 및 SW 환경은 다음과 같다.

Table 7. Virtualization application test environment (VPX server type)

Category	Contents	
HW	Information Processing Module(HPC)	TR G4C/543-15 3U VPX SBC, 1.5GHz (Intel Xeon D-1559 Processor, 64 Gbytes DRAM)
	Console/Navigation controller(HPC)	TR G4C/543-15 3U VPX SBC, 1.5GHz (Intel Xeon D-1559 Processor, 64 Gbytes DRAM)
SW	Hypervisor	VMWare vSphere 6.7
	VM OS	Information Processing Module: RTST Linux Console/Navigation controller: Windows 7 Ultimate

3U VPX 서버타입의 HPC 가상화 적용 운용가능성 확인을 위한 시험구성 환경은 아래와 같다.

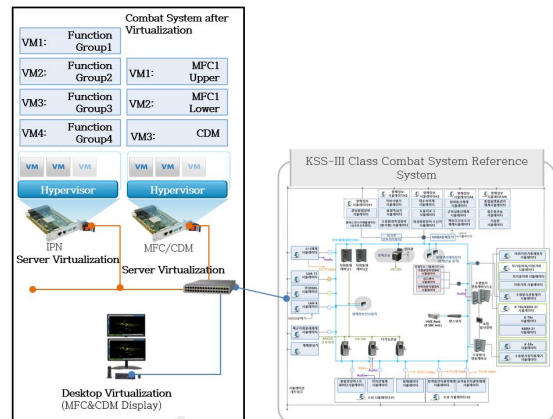


Fig. 12. Test configuration of virtualization

장보고-III급 잠수함 전투체계 기본 기능에 3U VPX 서버 타입의 HPC를 사용한 가상화 적용 운용시험 결과 정상 동작함을 확인하였다. 레이더표적 132개, 소나표적 32개를 생성하여 24시간이상 무중단 시험을 진행하였으며 해당시험에서도 정상 동작함을 확인하였다.

Table 8. Test items and results (VPX server type)

Test Item	Normal Operation
Sonar Data Display and Update	0
Navigation Data Display and Update	0
Target Data Display and Update	0
Situation Screen Display and Update	0
System Status Display and Update	0
24Hr Non-Stop Operation	0

아래는 장보고-III급 잠수함 전투체계 기본 기능에 3U VPX 서버 타입의 HPC를 사용한 가상화 적용 시험한 모의 전술화면 정보이다.

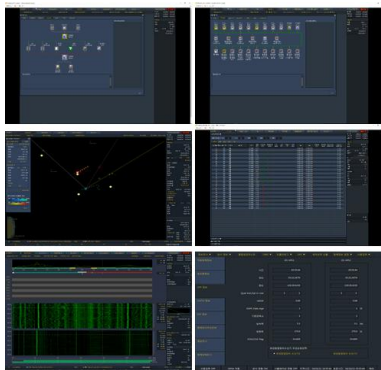


Fig. 13. Tactical situation mock display in virtual environment (VPX server type)

IV. Conclusions

본 논문에서는 장보고-III급 잠수함 전투체계 기본 기능에 랙 서버 타입의 HPC 및 3U VPX 서버 타입의 HPC를 사용한 가상화 적용 가능성을 확인하였으며, 가상화 적용 가능성 확인결과 랙 서버 타입의 HPC와 3U VPX 서버 타입의 HPC 모두 적용 가능함을 확인하였다. 주요장치에 가상화를 적용함으로써 컴퓨터 노드 수를 감소할 수 있었으며, 운용적 측면에서도 정상 운용됨을 확인하였다. 추후 개발되는 잠수함 전투체계에 가상화를 적용 할 경우 물리적인 리소스를 통합함으로써 하드웨어가 점유하는 공간을 최소화할 수 있으며, 하드웨어 수량 감소에 따른 전력 및 냉각 사용을 최소화하여 함내 생활공간 확보 및

작전지속능력을 극대화할 수 있을 것이다. 유사한 조건이라면 3U VPX 서버 타입의 HPC를 적용하는 것이 랙 서버 타입의 HPC를 적용하는 것 보다 물리적 리소스 통합에 따른 공간 최소화의 관점에서 보다 효율적일 것이다.

전투체계는 하나의 장비에 고장이 발생하더라도 이중화된 다른 장비에서 기능을 이양 받아 중단 없이 임무를 수행할 수 있는 생존성이 가장 중요한 요소 중 하나이며, 생존성은 임무수행 성공가능성과 직결된다. 향후에는 하나의 HPC에 여러 개의 VM으로 가상화 탑재된 SW에 문제가 발생하였을 경우 해당 기능을 이양 받아 임무수행을 성공할 수 있도록 가상화 환경에서의 SW 이중화 관리방안에 대한 연구를 진행할 예정이며, 또한 동일 환경에서 컨테이너 기반의 가상화 환경을 적용하여 VMWare 기반의 가상화와 성능을 비교하는 연구를 진행할 예정이다.

REFERENCES

- [1] Sunghyun Kim and Hyukjin Kwon, "Setup method of cloud computing for defense Informationization" Korea defense issue & analysis no.1378 of Korea Institute for Defense Analyses, pp.1-8, Nov 2011.
- [2] NEWPORT, RI, UNITED STATES, Story by Public Affairs Office, Submarine Combat Control System Virtual Twin(vTwin) achieves major milestones with live-fire demonstration, deployment of machine learning application, <https://www.dvidshub.net/news/385746>
- [3] Dong Sun Park, "'SMART Navy' grand voyage plan based on advanced technology of the 4th Industrial Revolution", BULLETIN OF THE SOCIETY OF NAVAL ARCHITECTS OF KOREA 57(1), pp. 7-10, Mar 2020.
- [4] REPUBLIC OF KOREA NAVY, "Naval Headquarters, 『2019 National Assembly National Defense Committee Audit』 Imprisonment", ROK NAVY NEWS RELEASE, Oct 2019.
- [5] Jaejin Lee and Hoseok Jang, "The 4th Business Revolution and SMART Navy : Concept of Promotion and Role of Our Army", 2019 SMART NAVY CONFERENCE SYMPOSIUM, pp. 1-4, ROKNA, Korea, Jun 2019.
- [6] Won Cheon Oh, "A Study on Integration of Ship Weapon Systems - Focusing on Submarine Weapon Systems-", Defense & Technology , (501), pp. 148-167, Nov 2020.
- [7] Seung Jin Baek, "Origin and Development of Submarine Combat System", Defense & Technology , (450), pp. 94-105, Aug 2016.
- [8] Seung Jin Baek, "Submarine Combat System : Evolution of Ability & Appearance of New Manufacturers", Defense & Technology , (484), pp. 118-126, Jun 2019.
- [9] Wonhyuk Yun, Jaekyung Ji, Youngdae Kim, "Virtualization of

- KSS-I PIP integrated combat management system using COTS virtualization solution", 2021 Korea Military Science and Technoloty Association Comprehensive Conference Symposium, pp. 1146-1147, Nov 2021. ISSN 2636-0659
- [10] Capt. A. M. Biehn, J. R. Clarke, J. J. Juster, T. E. Voth, "Weapon System Virtualization and Continuous Capability Delivery for US Navy Combat Systems", Conference Proceedings of EAAW, 2 - 3, pp. 1-9, July 2019, DOI: 10.24868/issn.2515-8171.2019.010
- [11] Jin Yong Im and Dong Seong Kim, "Performance Evaluation of Virtualization Solution for Next Generation Naval Combat System", Journal of the Institute of Electronics and Information Engineers 56(2), pp. 41-49, Feb 2019. DOI: 10.5573/ieie.2019.56.2.41
- [12] Im Jin Yong and Kim Dong Seong, "Message Transmission Performance Evaluation of Virtualization Solution for Next Generation Naval Combat System", Proceedings of Symposium of the Korean Institute of communications and Information Sciences, pp. 185-186, Feb 2016
- [13] Joo Hwan Shin, "Independently developed in Korea 3,000-ton Jangbogo-III Submarine Combat System Initial Operation Test Evaluation Completed", Defense & Technology (466), pp. 54-59, Dec 2017.
- [14] Se Hoon Cha and Jin Hyeon Ahn, "Dreaming of the revival of a maritime power. Dosan Ahn Chang-ho, the first medium-sized submarine built with domestic technology", Defense & Technology (511), pp. 38-45, Sep 2021.
- [15] SANGMIN KWON, "Case study on naval combat management system software development with virtualization technology", The Korean Institute of Information Scientists and Engineers, pp. 152-154, Jun 2016
- [16] Sang-Min Kwon and Seung-Mo Jung, "Virtualization based high efficiency naval combat management system design and performance analysis", Journal of the Korea Society of Computer and Information 23(11), pp. 9-15, Nov 2018. DOI: 10.9708/jksci.2018.23.11.009
- [17] Hong-Keu Jo, "Virtualization Environment Optimization Scheme for Naval Combat Systems", Department of IT Convergence Engineering, Graduate School Kumoh National Institute of Technology, pp. 1-42, Dec 2017.
- [18] Seong-Kyu Hwang, "Network separation construction method using network virtualization", Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering 24(8), pp. 1071-1076, Aug 2020. DOI:10.6109/jkiice.2020.24.8.1071

Authors



Dong-Won Lee received the B.S. degrees in Department of Electrical and Computer Engineering from Kyungpook National University, Korea, in 2009. He is currently a Senior Engineer in the Hanwha Systems.

He is interested in Virtualization and system engineering.



Byung-Ku Bae received the B.S. degrees in Electrical Engineering from Kumoh National Institute of Technology, Korea, in 1997. He is currently a Chief Engineer in the Hanwha Systems. He is interested in Virtualization

and system engineering.



Kyu-Sung Cho received the B.S. degrees in Urban Engineering from Yeungnam University, Korea, in 2000, M.S. degrees in Electriacal Engineering from Kyungpook National University, Korea, in 2014.

He is currently a Chief Engineer in the Hanwha Systems. He is interested in Virtualization and system engineering