

# Virtualization based high efficiency naval combat management system design and performance analysis

Sang-Min Kwon\*, Seung-Mo Jung\*

## Abstract

The Ministry of National Defense announced 'Defense Reform 2.0' that aims to strengthen the country's security for decrease of regional uncertainties, growing requirements for advanced technologies, and a need for more efficiency in the Republic of Korea(RoK) Armed Forces this year. It said RoK Armed Forces have to change efficiently in preparation for rapid decline in military service resources as demographic cliff turning into reality, and the rapid evolution of the "battlefield environment" caused by developments in military science and technologies. RoK Navy combat Management System(CMS) made by domestic proprietary technology since 2000s and development centered on Agency for Defense Development require design changes for added requirements. So in this paper, I propose method of design a low cost and high efficiency navy CMS architecture based on high performance server and virtualization technology. And I create a test environment for analysis performance and compare the performance of proposed navy CMS and existing navy CMS.

▶ Keyword: Naval combat management system, Virtualization, High efficiency, Performance analysis

## I. Introduction

함정 전투체계(Naval Combat Management System/CMS)란 공중, 해상 및 수중으로부터의 복합적 상황에 대응하기 위하여 함정이 보유한 모든 센서, 무장 등을 최대한 효율적으로 통제/분배하는 자동화 체계이다. 국내 함정 전투체계는 1980년대 함정 전투체계 기술협력생산을 시발점으로 1990년대 공동기술 개발을 거쳐 2000년대 초부터 최초 국내 독자 연구개발로 완성한 유도탄고속함(PKG. 일명 검독수리-A급) 전투체계를 시작으로 현 개발중인 중형 잠수함(KSS-III. 일명 장보고-3급) 전투체계까지의 개발 경험으로 한층 향상된 기술기반을 구축하고 있다.

초기 함정 전투체계는 해군이 요구하는 기능, 성능, 안정성, 생존성, 가용성, 확장성 등의 요구사항을 만족시키는 것에 중점을 두고 설계하였다. 반면에 차기 함정 전투체계에서는 기존 요구사항 만족은 물론이고 전투체계의 효율률 상승, 체계중량 감소, 공간 절감, 운용성 및 보안성 향상 등을 고려한 설계가 필요하다. 하지만 초기 함정 전투체계의 설계로는 추가적인 요구사

항을 만족시키기에는 어려움이 있다. 이를 해결하기 위해 관련된 연구가 활발히 진행되고 있고 그중 제한된 자원의 효율적인 운용을 위한 클라우드 컴퓨팅 기술의 적용이 주목받고 있다.

미 국방부 국방정보체계국은 RACE(Rapid Access Computing Environment)라는 PaaS(Platform as a Service) 형태의 클라우드 컴퓨팅 서비스를 구축하여 정보시스템의 중복 구축으로 인한 자원의 낭비와 비용을 줄이고, 보안성을 높였다. 우리나라 군 역시 국방통합데이터센터를 설립하여 일부 시스템을 대상으로 IaaS(Infrastructure as a Service) 형태의 클라우드 컴퓨팅 서비스를 제공하고 있다. 클라우드 컴퓨팅은 인터넷 기반 컴퓨팅의 일종으로 인터넷에 연결된 다른 컴퓨터로 정보를 처리하는 기술로 하드웨어 가상화 기술을 기반으로 한다 [1-2].

본 논문에서는 함정 전투체계에 클라우드 컴퓨팅 방법의 기반 기술인 가상화 기술을 적용하여 설계하는 방법을 제시하였다. 또한, 기존 연구들에서 부족했던 성능 측정을 위해 시험환

• First Author: Sang-Min Kwon, Corresponding Author: Sang-Min Kwon  
\*Sang-Min Kwon (zhanggo20@gmail.com), SW Team(Naval), Hanwha Systems Co.  
\*Seung-Mo Jung (seungmo1025@naver.com), SW Team(Naval), Hanwha Systems Co.  
• Received: 2018. 09. 06, Revised: 2018. 10. 15, Accepted: 2018. 10. 24.

경을 구성하여 제안한 방법에 대한 가능성을 입증하였다. 이로 인해 기존 함정 전투체계 보다 높은 확장성을 가지고 경량화한 고효율 함정 전투체계를 설계하는데 그 목적을 가진다.[3-5]

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 기존 함정 전투체계의 구성 및 가상화 기술 등 개발에 기반이 되는 기술에 대해 설명하였고, 3절에서는 가상화 기술을 적용한 함정 전투체계의 구성 및 시뮬레이션, SW 설계 및 구현 등 개발방법에 대해 설명하였다. 그리고 4절에서는 기존 함정 전투체계와 가상화 기술을 적용한 함정 전투체계의 성능분석을 통해 제안한 방법에 대한 가능성을 입증하였다. 마지막 5절에서는 결론 및 추후 연구과제로 이 논문을 마무리 하였다.

## II. Preliminaries

### 1. Naval combat management system architecture

함정 전투체계는 인간의 두뇌와 같은 역할을 수행한다. 함정에 탑재된 레이더, 소나와 같은 센서, 함포, 유도탄과 같은 무장과 기타 장비들을 통합해 작전에 필요한 모든 정보를 종합적으로 수집, 전술상황평가·지휘결심·위협평가·무기할당·교전 등의 기능을 효율적으로 수행할 수 있도록 지원하는 일련의 자동화된 무기체계를 함정 전투체계라고 한다. 현재 함정 전투체계는 Fig. 1. 과 같이 지휘무장통제체계(Combat Fire Command System/CFCS), 센서, 무장 및 데이터링크로 구성되며 함정의 임무와 특성에 따라 다양한 구성이 가능하다. 이 가운데에서 다양한 체계를 통합해 최대의 성능을 발휘할 수 있도록 하는 핵심적인 역할은 CFCS가 수행한다. CFCS는 데이터를 처리하는 단일기관컴퓨터(Single Board Computer/SBC)가 내장된 정보처리장치(Information Processing Node/IPN), 운용자의 명령을 입력 받고 전술상황을 전시하는 다기능콘솔(Multi Function Console/MFC), 센서 및 무장을 연동시키는 연동단(Interface Control Unit/ICU), 연동되는 체계 상호 간 데이터를 전송하는 전투체계 통합 네트워크, 레이더비디오 및 TV/IR비디오를 분배·전송하는 영상분배장치(Radar Tv Video Distributor Unit/RTVDU) 그리고 각종 전시기 등으로 구성된다. 이들 중에서도 정보처리장치는 함정 전투체계의 핵심장비로 각종 무장 및 센서, 데이터링크 장비로부터 들어오는 정보를 처리하는 역할을 수행한다.

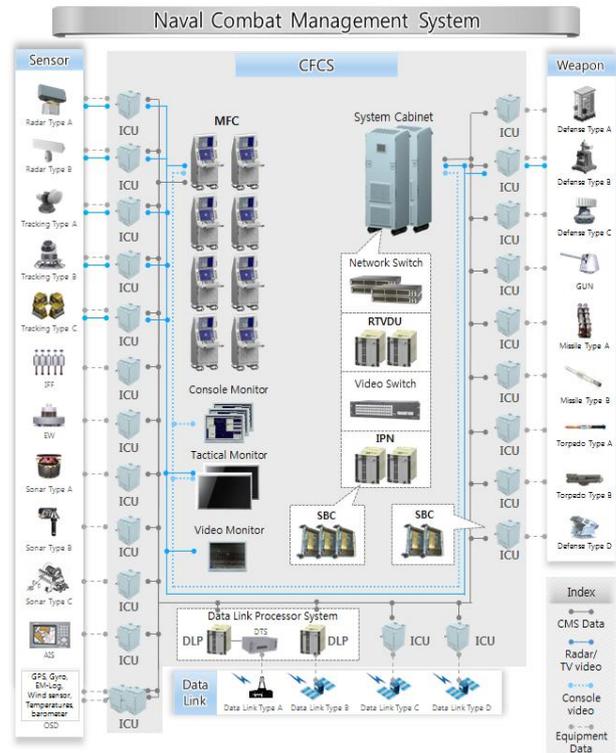


Fig. 1. Naval CMS architecture

현재 함정 전투체계는 군이 요구하는 생존성, 가용성 요구사항을 만족시키기 위하여 다수의 SBC로 구성된 다수의 정보처리장치, 연동단 및 영상분배장치로 구성되어 있다. 함기준센서 연동단 및 정보처리장치가 장착된 시스템캐비닛을 복수로 구성함으로써 작전수행 중 적함의 공격에 의해 일부 구성장비의 운용능력을 상실하더라도 전투체계의 핵심 기능을 유지할 수 있도록 부분 이중화 설계가 적용되어 있다. 또한, SBC의 CPU, 메모리 및 저장장치의 가용성을 일정 수준 이상 확보함으로써 전투체계의 안정성과 확장성을 고려하여 구성되어 있다.

하지만 위와 같은 구성은 다수의 구성장비로 인해 체계중량이 무거워지고, 함정의 공간을 많이 차지하는 문제점이 있다. 또한 다수의 구성장비가 다수의 격실에 설치됨으로 운용성, 정비성 및 보안상 관리의 어려움이 있다. 여러 문제점 중 가장 개선해야 할 부분은 각 구성장비의 가용성 요구사항을 만족시키다 보니 함정 전투체계 전체의 효율률을 높이기 어렵다는 점이다. 본 논문에서는 기존 요구사항을 만족시키면서 위와 같은 문제점을 해결하기 위해 가상화 기술을 적용한 함정 전투체계를 구성하여 성능을 검증해보고자 한다.

### 2. Virtualization technology

가상화(Virtualization)는 컴퓨터에서 컴퓨터 리소스의 추상화를 일컫는 광범위한 용어로 컴퓨터 하드웨어 시스템과 그 위에서 돌고 있는 애플리케이션 사이에 추상적인 층을 추가하는 기술을 말한다. 가상화의 핵심 기술인 하이퍼바이저(Hypervisor)의 목적은 하나의 하드웨어 위에 여러 OS를 구동

하는 것이다. 하이퍼바이저의 구동 위치에 따라 type1(bare-metal 또는 native)과 type2(hosted)로 구분된다.

본 논문에서 제안하는 차기 함정 전투체계는 Fig. 2.와 같이 host OS 대신 하이퍼바이저가 하드웨어를 컨트롤하는 type1을 사용한다. host OS와 guest OS 사이에서 하이퍼바이저가 구동하는 type2보다 type1이 host OS를 거치지 않고 직접 하드웨어를 컨트롤하므로 더 좋은 성능을 나타낸다.

본 논문에서는 여러 type1 가상화 tool 중에서 가장 좋은 벤치마크 성능과 다양한 지원기능을 제공하는 VMware사의 tool 을 사용한다. 벤치마크 성능 분석을 위하여 NovaBench, PassMark를 사용하여 CPU, RAM, DISK, 2D Graphics 및 Memory의 성능을 수치화한 결과를 종합적으로 비교하여 선택 하였다. 여러 tool 중 VMware사 tool에서만 제공하는 무중단 서비스(Fault Tolerance) 기능은 전장이라는 특수한 환경에서 운용되는 함정 전투체계의 특수성을 고려했을 경우 가장 중요한 기능이다. 호스트와 게스트 사이에 문제가 발생할 경우 함정 전투체계의 전체적인 성능이 하락하며 함정의 전투력을 계속 유지하기 위해서는 이러한 문제를 빠르게 복구해야 한다[6-8].

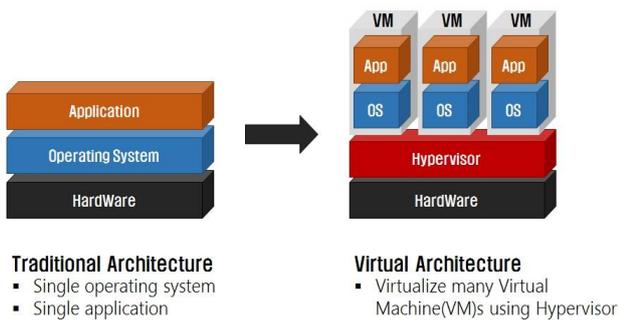


Fig. 2. Type1 virtual architecture

현재 많은 IT기업들이 서버 가상화를 통해 하나의 컴퓨터에서 동시에 1개 이상의 운영체제를 가동시키고 있다. 대부분의 서버는 단지 용량의 10~15%만 사용하는데, 가상화는 이런 서버의 효율률(utilization rate)을 70% 그 이상으로 올릴 수 있다. 높은 수준의 효율률은 같은 분량의 업무처리에서 요구하는 컴퓨터 수를 줄여준다[9]. 또한, 비용 측면에서 하드웨어 비용 절감, 관리 및 운영비용 절감, 전력/쿨링비용 절감, 상면 공간 절감 등 TCO(Total Cost of Ownership)관점에서의 이점을 제공한다[10].

본 논문에서 제안하는 차기 함정 전투체계는 위와 같은 가상화 기술의 장점에 주목하였다. 현재 전투체계 구성장비를 통합하여 경량화하고 고효율률을 확보할 수 있다. 또한 구성장비의 수가 줄어들므로 해서 개발비용 절감과 정비성 및 확장성을 향상시킬 수 있다. 가상화 tool에서 제공하는 보안 기능을 사용할 수 있고, 관리자 권한으로 모든 가상머신을 일괄 관리 및 통제할 수 있어 군이 요구하는 보안처리의 편의성과 보안성을 모두 개선할 수 있는 장점을 가진다.

### III. The Proposed Scheme

#### 1. Virtualization based naval combat management system architecture

가상화 기반 함정 전투체계를 Fig. 3.과 같이 설계하였다. 기존 함정 전투체계 구성장비 중 ICU는 센서, 무장 및 데이터링크 장비의 메시지를 전투체계 통합 네트워크 메시지로 변환하는 연동처리 모듈과 원시표적 획득/처리, 장비통제 및 상태정보처리 등을 담당하는 정보처리 모듈로 구현되어 있다. 모든 ICU의 연동처리 모듈을 통합연동단(Integrated ICU)으로 통합하여 구성하였고, 나머지 정보처리 모듈은 통합정보처리장치(Integrated IPN)로 통합하여 구성하였다. 또한 정보처리장치, 영상처리장치 및 데이터링크처리기도 통합정보처리장치로 통합하여 구성하였다.

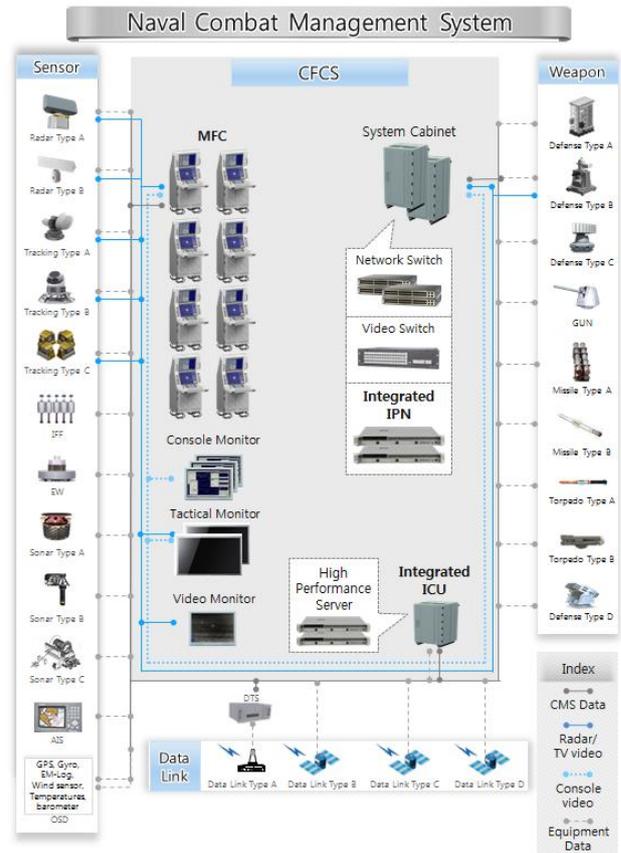


Fig. 3. Virtualization based naval CMS architecture

함정 전투체계 SW는 노드 간 데이터 송수신을 위해 통신 미들웨어인 DDS(Distributed Data Service)를 사용하기 때문에 SW수정 없이 실행 노드만 변경하는 것이 가능하여 기존 함정 전투체계 SW를 100% 재사용할 수 있다. 통합연동단, 통합정보처리장치는 고성능 서버로 구성하고, 서버 내부를 다수의 가상머신(Virtual Machine/VM)으로 구성한다. VM은 기존 구성장비에서 사용하는 OS로 구성하여 SW 포팅 없이 기존 SW를

그대로 사용할 수 있다. 가상 네트워크를 추가하여 기존과 동일한 인터페이스로 CMS 구성장비 간 통신할 수 있도록 구성하였다. 효율률이 떨어지는 모듈들을 하나의 VM으로 통합하여 가용성 요구사항을 만족시키면서 Fig. 1.의 구성 대비 구성장비의 개수를 획기적으로 줄여서 설계하였다.

2. Simulation for survivability requirement

가상화 기반 함정 전투체계를 통합연동단, 통합정보처리장치(이하 통합장비)로 구성하면서 가장 고민했던 점은 생존성 요구사항을 만족시키는 부분이다. 기존 함정 전투체계는 SBC로 구성된 다수의 구성장비가 다수의 격실에 설치됨으로 적함의 공격에 의해 일부 구성장비의 운용능력을 상실하더라도 함정 전투체계 전체 운용성을 일정 수준 유지한다. 하지만 가상화 기반 함정 전투체계의 통합장비는 여러 구성장비를 하나의 장비로 통합하였기 때문에 해당 장비가 운용능력을 상실하였을 때 함정 전투체계 운용성이 크게 떨어지는 단점이 존재한다. 본 논문에서는 위와 같은 단점을 극복하기 위해 X개의 통합장비를 구성한다고 가정하고 적함의 공격을 시뮬레이션 해서 생존률을 수치화 하여 기존 함정 전투체계와 비교해보고자 한다.

$$CMS \text{ survivability coefficient} : X = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^m \left( r_1 + r_2 + \dots + \frac{tr_1 + tr_2 + tr_1}{1} + \dots + r_m \right)$$

$r_m$  : each of room's survivability coefficient  
 $tr_i$  : each of multiplexed equipment room's survivability coefficient

Fig. 4. Formula of calculating CMS survivability coefficient

시뮬레이션에 사용한 생존률 계산 공식은 Fig. 4.와 같다. 총 격실은 10개로 가정한다. 기존 전투체계의 장비는 5개(m+1)의 격실에 나누어 탑재되며 ICU격실 2개, 이중화가 적용된 IPN격실 2개, DLP격실 1개로 구성한다. ICU가 비가용 상태가 될 경우 해당 ICU의 센서 또는 무장의 사용이 불가능하고, DLP가 비가용 상태가 될 경우 아군 함정 간의 표적 및 데이터 정보의 송수신이 불가능하다. IPN이 비가용 상태가 될 경우 함정 전투체계의 기능을 대부분 상실한다. 각 격실의 생존률 수치는 구성장비의 중요도를 고려하여 IPN, ICU, DLP 순으로 50, 20, 10으로 정의하고 총합은  $20 + 20 + (50 + 50) / 2 + 10 = 100$ 이 된다. 가상화 기반 함정 전투체계의 통합장비는 1개의 격실을 사용하며 장비가 1개이므로 생존률 수치는 100으로 계산한다. 자함(自艦)이 적함(敵艦)으로 인해 50발(n)을 피격된다고 가정하고 각 격실은 3발 피격 시, 해당 격실의 생존률 수치를 0으로 계산한다. 피격되는 격실은 프로그래밍을 통해 난수를 발생하여서 시뮬레이션을 실시하였다. 가상화 기반 함정 전투체계의 통합장비 개수를 1~3개로 변경하면서 나타낸 결과값(x)은 Table 1.과 같다.

Table 1. Result of CMS survivability coefficient simulation

	Basic CMS	Virtualization based CMS number of integrated equipment		
		1	2	3
survivability coefficient(%)	55	57.2	81.2	86.4

시뮬레이션 결과 가상화 기반 함정 전투체계의 통합장비가 1개일 경우, 기존 함정 전투체계의 생존률과 유사하게 나타나고, 2개 이상으로 구성할 경우 더 높은 결과값을 보였다. 통합장비가 1개일 경우 결과값은 기존 함정 전투체계와 유사하게 나타났으나, 통합장비가 설치된 격실이 피격되어 비가용 상태가 되었을 경우 복구 전까지 함정 전투체계의 기능을 대부분 손실하게 된다. 따라서 통합장비 이중화 또는 다중화를 통한 failover 기능을 적용하여 기존 함정 전투체계보다 높은 생존성을 확보할 수 있도록 구성하는 것이 필수이다.

3. Software design and implementation for redundancy of integrated equipment

통합장비 이중화를 위해서는 VM의 상태정보를 관리하고 구동 및 오류 발생 시 복구를 위한 SW의 설계 및 구현이 필요하다. 본 논문에서는 시험을 위하여 Active-Standby 방식으로 통합장비를 관리하는 VM Manager라는 SW를 구현하였다. VMWare사 vCenter에서 제공하는 서버의 상태정보 및 가상머신 상태정보를 수신하여 Fig. 5.와 같이 이중화된 통합정보처리장치, 통합연동단 중 먼저 부팅되는 서버를 Active로 동작하고 늦게 부팅되는 서버를 Standby로 동작하도록 하였다[7]. 또한 서버 또는 VM에 오류가 발생할 경우, Active-Standby상태를 전환하여 함정 전투체계 이중화 조건을 만족시켰다. 오류가 발생한 서버 또는 VM은 VM Manager를 통해 복구 단계를 거쳐 Standby상태로 전환시키도록 하였다.

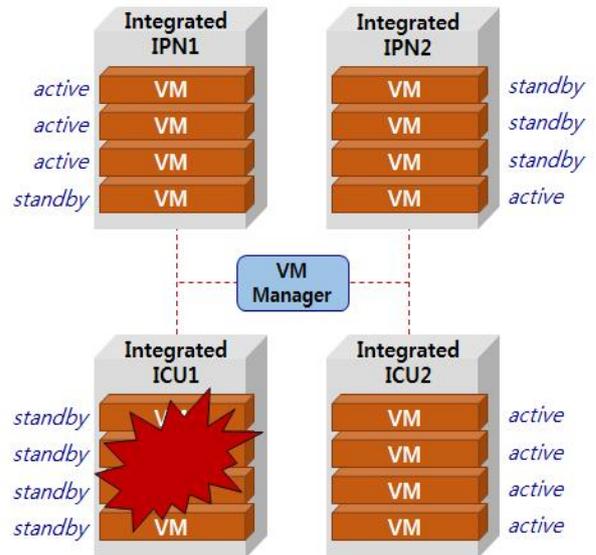


Fig. 5. Redundancy method of Integrated equipment

통합장비 이중화 SW는 윈도우즈 기반 C++ 언어로 구현했으며 클래스 다이어그램은 Fig. 6.와 같다. 메인 함수를 가지고 있는 CMain 클래스, 서버 및 VM의 상태정보를 관리하는 CVMStatusMgr 클래스, 서버 및 VM의 Active-Standby 동작을 처리하는 CVMProcess 클래스, 현재 서버 및 VM의 상태정보를 전시해주는 CVMDisp 클래스 및 서버 및 VM과 통신을 위한 CCommMgr, CUdpComm 클래스로 구성되어 있다. 클래스 상세설명은 Table 2.와 같다.

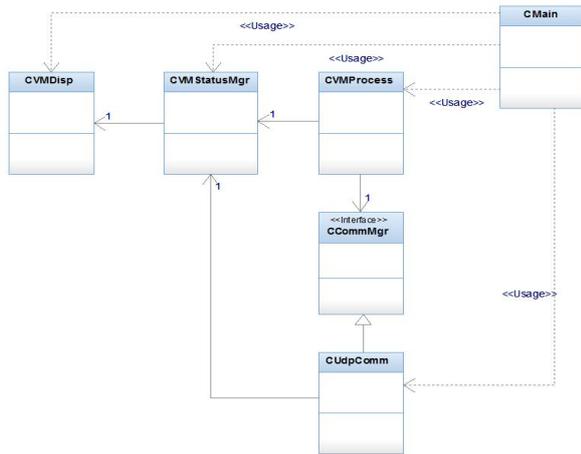


Fig. 6. VM Manager class diagram

Table 2. VM Manager class description

Class Name	Description
CMain	Object management main class.
CVMProcess	Management active-standby status class. execute failover function.
CVMStatusMgr	Server, VM status management class
CVMDisp	Server, VM status display class. Show active-standby status, operation status, CMS SW status and failover status.
CCommMgr	Communications Interface class using message queue.
CUdpComm	UDP Interface class for communication to VM by real-time.

## IV. Test

### 1. Test environment configuration

시험을 위하여 Fig. 7.와 같이 2개의 테스트 세트를 구축하였다. 전자는 SBC를 사용하여 ICU, IPN 및 RTVDU의 함정 전투체계 SW를 실행하였다. 후자는 고성능 서버를 사용하여 통합장비의 함정 전투체계 SW를 실행하고, 데스크탑을 사용하여 3.3절에서 구현한 VM Manager SW를 실행하였다. 두 테스트 세트 동일하게 센서, 무장 및 데이터링크 시뮬레이터는 함정 전투체계 육상시험체계(Landing Based Test System/LBTS)에서 사용하는 시뮬레이

터를 활용하였고, 데스크탑을 사용하여 MFC의 함정 전투체계 SW를 실행하였다. 시험환경 구축에 사용한 SBC와 고성능 서버의 스펙 및 시험환경의 세부정보는 Table 3.와 같다[11-12]. 가상화 적용 고성능 서버의 VM 구성은 Fig. 8.과 같이 구성하였다. 기존 함정 전투체계 SW 재사용을 위해서 기존 함정 전투체계와 동일한 개수의 VM을 생성하였고, 이중화를 위해서 2개의 서버를 짝을 이뤄 동일한 VM으로 구성하였다. 내부는 VM 통제를 위한 네트워크, 비디오 네트워크 및 전투체계 데이터 네트워크를 가상 스위치를 통해서 구분하여 구성하였다.

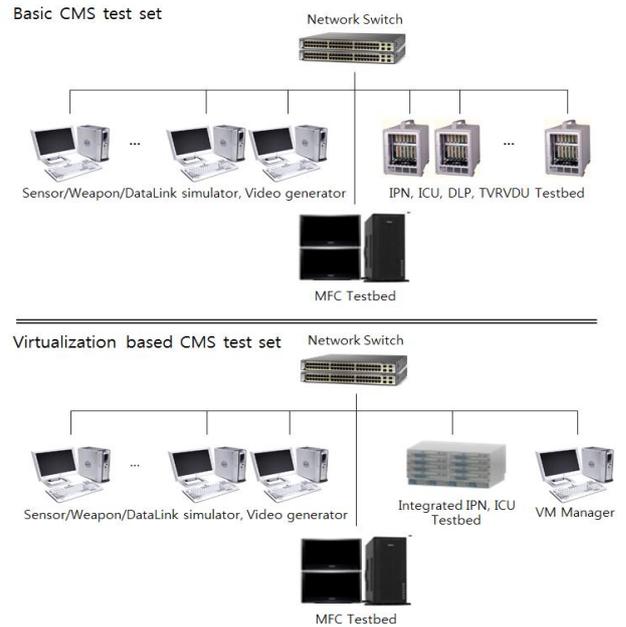


Fig. 7. Test environment

Table 3. Specification of test environment

	Basic CMS test set	Virtualization based CMS test set
Type	Single board computer	High performance server
CPU	intel Core i7-610 @ 2.53GHz	intel Xeon E5-2697 v3 @ 2.60 GHz
passmark CPU benchmark	1969	21488
Memory	4GB	48GB
HW components	ICU x 10 DLP x 2 IPN x 4 RTVDU x 2	Server x 4
Detail	ICU SBC x 10 DLP SBC x 2 IPN SBC x 16 RTVDU SBC x 2	Server VM x 2 ICU VM x 20 DLP VM x 4 IPN VM x 16 RTVDU VM x 4
Duplicated equipment	IPN, OSD ICU	All equipment

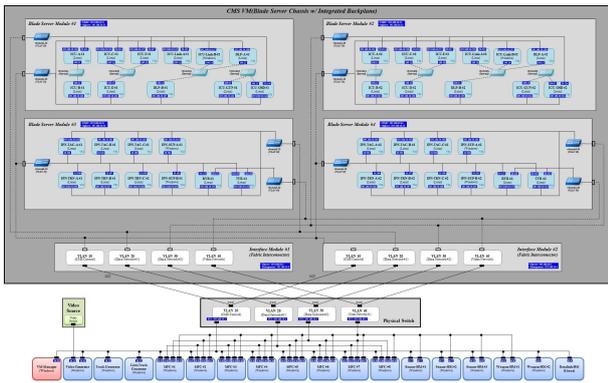


Fig. 8. Server Virtualization Architecture

### 2. Test result and analysis

시험은 Fig. 9.와 같이 함정 전투체계의 부하를 많이 차지하는 다수의 표적에 대한 동시교전, 1000개의 표적처리 및 전술 모드/훈련모드 동시 운영 상황을 모의하여서 SBC와 통합장비 각각의 CPU와 Memory의 사용률을 1시간 동안 기록하였다. 각 테스트 케이스의 상세정보는 Table 4.와 같다.

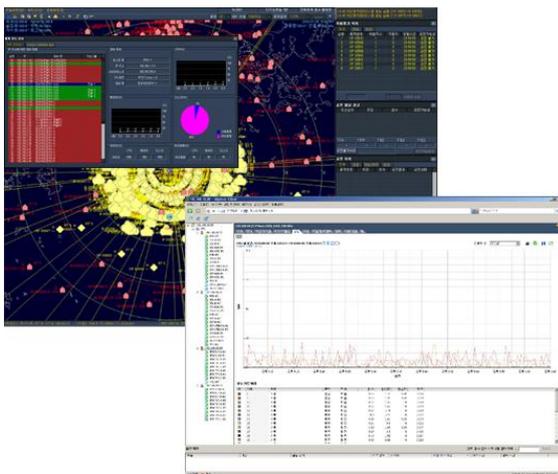


Fig. 9. Performance analysis screen

Table 4. Test case description

No	Test Case	Description
1	Multiple engagement	<ul style="list-style-type: none"> <li>All sensor, weapon online</li> <li>Make 10 tracks include air, surface and submarine type</li> <li>Allocate 3 warfare channels at the same time</li> </ul>
2	1000 tracks management	<ul style="list-style-type: none"> <li>All sensor, weapon online</li> <li>Make 100 sensor tracks, 200 manual tracks and 700 network tracks</li> </ul>
3	Operation tactical/training mode	<ul style="list-style-type: none"> <li>Operate 2nd test case at tactical mode and operate training mode additionally</li> <li>Make 100 simulator tracks at training mode</li> <li>All sensor, weapon simulator online</li> </ul>

시험결과는 Fig. 10.과 같이 동시교전 상황에서 ICU의 CPU와 Memory의 사용률이 최초 부팅 후 대기상태보다 높게 측정되었고, 표적처리 상황에서는 IPN의 CPU 사용률이 전술모드/훈련모드

동시 운영 상황에서는 IPN의 Memory 사용률이 각각 높게 측정되었다. 통합ICU의 CPU 사용률은 기존대비 120~133% 높게 측정되었는데, 이중화를 한 점을 감안 하면 기존대비 33~40% 사용률이 감소하였다. 통합IPN의 CPU 사용률은 기존대비 45% 감소한 것으로 결과가 나왔다. Memory 사용률은 통합ICU, IPN 모두 기존대비 20~34% 감소한 것으로 결과가 나왔다. 가상화 기반 함정 전투체계 테스트 세트의 CPU 벤치마크 수치가 기존 함정 전투체계 테스트 세트 대비 45% 증가하였고 Memory 크기가 60% 증가하였는데, CPU 사용률은 벤치마크 수치와 유사하게 감소한 결과가 나왔고 Memory 사용률은 예상보다는 조금 높은 수치이지만 역시 감소한 결과가 나왔다.

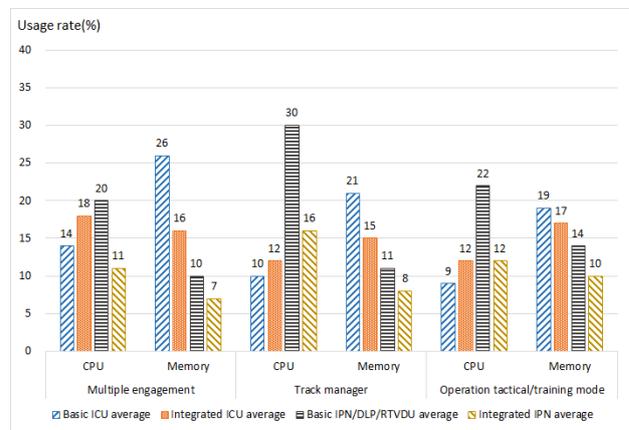


Fig. 10. Analysis result graph

Memory 사용량의 감소폭이 적은 이유는 가상화 서버에 할당된 VM의 OS에서 시스템 관리를 위해 사용하는 메모리 증가로 인한 오버헤드가 발생하였기 때문이다[15]. CPU에서 발생한 오버헤드는 type 1 가상화의 특성상 Memory 보다 크지 않아 시험결과에 큰 영향을 미치지 않는았으나, VM의 개수가 많은 통합ICU에서는 통합IPN 보다 CPU 사용량 감소폭이 5~12% 적게 나타났다. 함정 전투체계 SW에서 사용하는 네트워크 데이터의 사용률은 최대 10Mbps 내외로 대역폭 1Gbps의 1% 정도로 작기 때문에 가상화 tool 사용으로 인한 오버헤드로 인한 손실에 큰 영향을 받지 않아 측정하지 않았고, 기능시험으로 진행하였다.

가상화 기반 함정 전투체계 테스트 세트에 사용한 VM의 총 개수는 46개로 시험결과 CPU의 최대 사용률이 20%미만이라는 점을 감안 하였을 때 가용성 요구사항의 약 200% 여유도를 가진다. 이는 물리적인 변경 없이 VM의 추가만으로 90여개 SBC의 처리능력을 활용할 수 있다는 의미로 확장성 측면으로 기존 함정 전투체계와 비교해서 대단한 장점을 가진다.

### V. Conclusions

본 논문에서는 기존 함정 전투체계 보다 고효율 함정 전투체

계를 설계하기 위해 클라우드 컴퓨팅 방법의 기반 기술인 가상화 기술을 적용하여 설계하는 방법을 제시하였다. 또한, 기존 논문들에서 부족했던 성능 측정을 위해 고성능 서버를 활용한 시험환경을 구성하여 기존 합정 전투체계와의 성능을 비교 분석하였다. 그 결과 가상화 기반 합정 전투체계가 기존 합정 전투체계의 단점을 보완하면서 더 좋은 성능을 보이는 것을 확인하였다.

합정 전투체계를 개발함에 있어 많은 제약사항이 존재한다. 제한된 개발기간과 비용 및 인력, 군에서 제공하는 코딩규칙과 강력한 신뢰성 규칙, 장비 교체 및 증가에 따른 환경시험 등을 단계적으로 통과해야 한다. 그만큼 변경요소가 발생하면 많은 시간과 노력이 필요하다. 만약, 논문에서 제시한 방법을 합정 전투체계에 적용하게 되면 추가적인 요구사항과 변화요소에 대해서 유연하게 대처할 수 있는 장점을 가진다. 앞으로 본 논문에서 제시한 방법을 차기 합정 전투체계 제안에 활용할 수 있도록 지속적으로 연구를 해나갈 예정이다.

## REFERENCES

- [1] Gudon Jeong “Research on setup method of national defense cloud computing operating environment” Security Management Institute, <http://www.smi.re.kr>, Oct 2016.
- [2] 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, Nov 2011.
- [3] Sangmin Kwon, “Research on software development method of virtual machine based naval combat management system” Korea Computer Congress of KIISE, pp.152-154, Apr 2016.
- [4] Junho Eum and Sangyoon Oh, “Cloud Computing Model to Naval Shipboard Computing System for its High Availability and Optimization” Journal of KIISE : Computing Practices and Letters 20(4), pp. 219-223, Apr 2014.
- [5] Duckkyung Kim, Dongju Min and Dongseong Kim, “Design and Implementation of Naval Combat System Using Virtualization Technology” Proceedings of Symposium of the Korean Institute of communications and Information Sciences, pp. 177-178, Jan 2016.
- [6] Vmware, “Virtualization Essentials”, <http://vmware.com>.
- [7] Jinyong Im and Dongseong Kim, “Performance Evaluation of Commercial Virtualization Scheme for Next Generation Naval Combat System” Proceedings of Symposium of the Korean Institute of communications and Information Sciences, pp. 368-369, Jun 2016.
- [8] Kihong Lee, Dongwoo Lee and Youngik Eom, “A Study on Trend for Hardware-assisted Virtualization Technology” academic presentation of Korea Information Science Society, pp.1316-1318, Jun 2013.
- [9] Laudon, Kenneth C and Jane P, “Management Information Systems 12/E: Managing the Digital Firm, CHAPTER 5, 212P” Pearson Education Asia. ISBN-10 : 027375453X / ISBN-13 : 9780273754534.
- [10] Hyeonjun Jung, “Virtualization technology trends and key issues” KISDI Vol. 25, No. 5, Feb 2013.
- [11] <https://www.passmark.com>
- [12] Namju Jang, “A Study on the High Performance Processor to select for Developing the naval Combat System” Fall conference of The Institute of Electronics and Information Engineers, pp. 598-600, Nov 2016.
- [13] KyoungHaing Lee and Dongsoo Han, “A Study on the Application Model of High Availability of shipboard Combat Systems” journal of The Korea Society For Simulation Vol. 24, No. 4, pp. 119-125, Dec 2015.
- [14] Koorack Park, “The study of a high Availability system using Virtualization” journal of Korea Knowledge Information Technology Society Vol. 4, No. 3, pp. 53-60, Sep 2009.
- [15] Vmware, “VMware vSphere Online Library”, <http://vmware.com>.

## Authors



Virtualization.

Sang-Min Kwon received the B.S. degrees in Computer Engineering from Dong-A University, Korea, in 2010. He is currently working in Hanwha Systems Co. from 2010. He is interested in Combat System Software, System Engineering, and



Seung-Mo Jung received the B.S. degrees in Electronic Engineering from Gangneung National University, Korea, in 2006. the M.S. degree in Electronic, Electrical, Control and Instrumentation Engineering from Hanyang University, Korea, in 2010.

He is currently working in Hanwha Systems Co. from 2010. He is interested in Embedded Software, Combat System Software, and Model Driven Development.