

## 저고도 방공자동화체계의 운용아키텍처 개발

### (A Development of the Operational Architecture of a Low Altitude Air Defense Automation System)

손 헌 식(Hyun Sik Son)\*, 권 용 수(Yong Soo Kwon)\*\*

#### 초 록

본 연구는 시스템엔지니어링적 접근방법을 통한 저고도 방공자동화체계의 운용아키텍처 개발을 기술한다. 미래 전장은 단일전구 내에서 다수의 다양한 센서체계와 슈터체계가 각각의 그리드를 형성하고, 네트워크 기반 전장관리에 의해 지휘통제(C2: Command and Control)되는 신복합시스템 개념으로 변화하고 있다. 미래 위협은 UAV나 순항미사일 그리고 전술탄도미사일과 같이 전략적 효과가 큰 무인 항행체의 사용으로 특성화 될 수 있으며, 저고도 스텔스 순항미사일과 같은 새로운 위협이 등장하게 될 것이다. 이러한 미래 위협에 대한 저고도방공 운용개념 설정은 시스템엔지니어링 기반의 복합적이고 통합적인 접근방법이 요구된다. 이러한 관점에서 본 연구는 임무 및 미래 운용환경의 식별을 통해 운용시나리오를 작성하고 운용요구사항을 도출했으며, 컴퓨터지원 시스템엔지니어링도구인 CORE 5.0을 사용하여 네트워크기반의 저고도 방공자동화체계의 운용아키텍처를 제시했다.

#### Abstract

This paper describes a development of the operational architecture of a low altitude air defense automation system using a systems engineering approach. The future battlefield is changing to new system of systems that command and control by the network based BM/CAI. Also, it is composed of various sensors and shooters in an single theater. Future threats may be characterized as unmanned moving bodies that the strategic effect is great such as UAVs, cruise missiles or tactical ballistic missiles. New threats such as low altitude stealth cruise missiles may also appear. The implementation of a low altitude air defense against these future threats is required to complex and integrated approach based on systems engineering. In this view, this work established an operational scenario and derived operational requirements by identifying mission and future operational environments. It is presented the operational architecture of the low altitude air defense automation system by using the CORE 5.0.

**Keywords:** Systems Engineering, NCW(Network Centric Warfare), Air Defense Automation System, BM/CAI(Battle Management/CAI)

\* 공군 방공포병학교

\*\* 국방대학교 무기체계전공

## 1. 서 론

21세기 전장은 단일전구(single theater)라는 공간 내에서 다수의 다양한 센서체계와 슈터체계가 각각의 그리드를 형성하고, 네트워크기반 전장관리(battle management)에 의해 지휘통제되는 신복합시스템(new system of systems) 개념으로 변화하고 있다. 더욱이 컴퓨터 성능의 급격한 향상과 함께 통신 및 네트워크 기술의 발달로 인하여 정보획득시간의 단축뿐만 아니라 정보공유 수단이 크게 다양화되면서 정보량이 기하급수적으로 증가하고 있다. 정보기술은 전통적인 시간·공간 개념을 파괴하고, 전쟁방식을 이전의 양상과는 근본적으로 다른 네트워크 중심전(NCW: Network Centric Warfare)과 같은 새로운 전쟁형태로 발전시키고 있다.

또한, 미래 위협은 UAV(Unmanned Aerial Vehicle)나 순항미사일 그리고 전술탄도미사일과 같이 전략적 효과가 큰 무인항행체의 사용으로 특성화될 수 있다. 특히, 저고도 스텔스 순항미사일이나 전술탄도미사일 등과 같은 대량살상무기(WMD: Weapons of Mass Destruction)를 사용하여 인구밀집지역이나 전개된 전력과 지정학적 자산에 대해 공격을 하고자 할 것이다. 지상, 해상 및 공중의 모든 방어자산에 대한 완전한 통합이 보장되는 다층 네트워크기반의 방어체계만이 이러한 미래위협에 대한 성공적인 방공임무 수행을 보장할 수 있다. 방공작전은 본질상 합동개념이며 단일무기로는 전구작전요구사항을 만족시킬 수 없고, 동시간에 진행되는 다양한 합동전력의 통합적 운용이 요구된다[1]. 따라서 이러한 미래 전장위협에 효과적으로 대처하기 위해서는 사용 가능한 모든 요격체계, 조기경보/ 감시체계, 그리고 CAI체계가 연동된 복합시스템관점의 자동화전장관리체계의 구축이 필요하다. 이러한 미래 위협과 방공작전의 속성이 고려된 저고도방공 운용개념 설정은 시스템엔지니어링기반의 복합적이고 통합적인 접근방법이 요구된다.

이러한 관점에서 본 연구는 시스템엔지니어링적 접근방법을 통한 저고도 방공자동화체계 운용 아키텍처 개발 과정을 기술하고 있다. 임무와 미래 운용환경의 식별을 통해 운용시나리오를 작성하고 운용요구사항(operational requirements)을 도출했으며, 컴퓨터지원 시스템엔지니어링(CASE: Computer Aided Systems Engineering) 도구인 CORE 5.0을 사용하여 네트워크기반의 저고도 방공자동화체계 운용아키텍처를 제시하였다.

## 2. 저고도 방공자동화체계 운용환경 및 문제식별

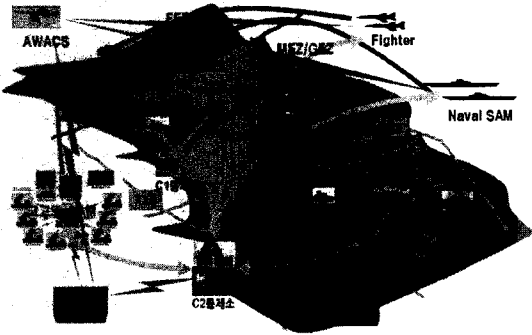
### 2.1 저고도 방공의 기본 개념

#### 2.1 저고도 방공의 기본 개념

대기권 내에서 적 항공기 혹은 적 유도탄이 공격을 감행해 올 때 공중공격의 효과를 무력하게 하거나 감소시키는 데 필요한 아축의 모든 군사적 활동을 방공이라 한다[2]. 저고도방공은 적의 공중공격으로부터 우군의 전투부대, 전투지원부대, 전투근무지원부대 및 주요 시설을 방호하여 전투력을 보존하고 자유로운 작전활동을 보장한다.

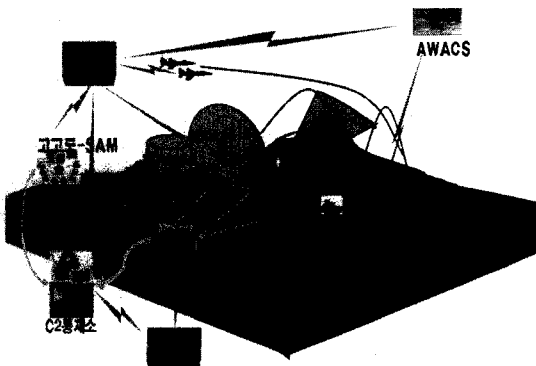
저고도방공은 지상군 이동부대 방어작전과 고정시설 방어작전으로 구분된다. 지상군 이동부대 방어작전은 군/사단급 부대에 배치되어 전선의 이동에 따라 방공전력도 이동하면서 적의 대공 위협으로부터 지상군 전력을 방호하는 작전이다. 이와 같은 이동부대 방어작전을 위한 저고도 방공자동화체계의 효과적 운용을 위해서는 데이터 링크 기반의 지휘통제 하에서 다양한 구경의 대공포, 휴대용-SAM, SHORAD(SHort Range Air Defense) 및 VSHORAD (Very SHORAD) 등과 같은 단거리 방공무기체계와 2D/3D 센서체계 등이 각각의 그리드를 형성하여야 한다. [그림

1]은 기동부대 방어작전에 대한 일반적인 개념을 나타내고 있다.



[그림 1] 기동부대 방어작전 개념

고정시설 방어작전은 주요 육상시설(비행장, 항만 및 기간시설 등) 주변에 배치되어 적의 대공위협으로부터 이들 시설물을 보호하는 임무를 수행한다. 육상시설 방공체계는 기존의 기동부대 방어작전의 슈터체계 이외에도 중고도/고고도 SAM 등과 같은 중장거리 유도무기가 포함될 수 있으며, 중앙방공통제소(MCRC: Master Control and Reporting Center) 등과 같은 JDN(Joint Data Network)이 저고도 방공자동화 체계인 ADC2A(Air Defense Command, Control & Alert)의 전장관리 기능을 지원하게 된다. 이동부대의 작전구역과 고정시설 방공체계 책임구역이 중첩될 경우 네트워크로 연결하여 합동운용을 실시한다.



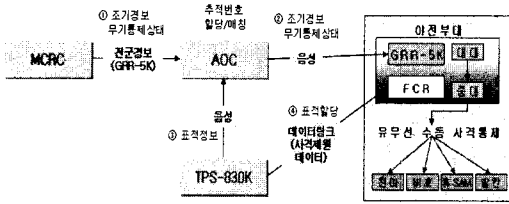
[그림 2] 고정시설 방어작전

## 2.2. 저고도 방공체계 운용실태

저고도 방공체계 운용은 수동방공운용과 제한된 수준의 자동방공운용으로 구분할 수 있다. 수동운용 저고도 방공작전은 유·무선망에 의한 방법과 사격통제제원수신기(FCR: Fire Control Data Receiver)에 의한 방법으로 구분된다. 유·무선망에 의한 방법은 방공운용통제소에서 전군 방공경보, 부대별 방공조기경보에 의해 수신된 표적제원을 방공진지에 전파하고 사격부대 지정, 표적할당 및 사격통제를 유무선망으로 하는 방법이다. 전군방공경보(GRR-5K)는 00분(전시 00분)간격으로 수신되나 지형차폐와 짧은 사거리를 갖고 실시간에 대응해야 하는 단거리 방공 무기체계에서는 경보전파 시간지연으로 정보 효율 가치가 떨어진다. FCR에 의한 방법은 FCR의 표적제원을 수신하여 위협 우선순위에 의거 사격을 실시하는 방법이다. 이를 위해 방공진지 내 선임자는(소대장, 부소대장) 사격통제제원수신기를 활용하여 사격통제할 수 있는 능력을 구비하여야 하며, 보유 방공무기의 성능과 방호목표 등을 고려하여 효과적인 사격통제가 가능토록 사전 준비하여야 한다.

또한, 야전부대 방공진지에 대한 제한 수준의 저고도 방공자동화체계는 운용방법에 따라 [그림 3]과 같이 다음의 2가지로 구분된다. 첫 번째 방법은 방공작전통제소(AOC: Air Defense Operation Center)에서 MCRC로 부터의 공중조기경보와 저고도 탐지레이더(TPS-830K)의 음성 표적정보를 접수하여 방공진지에 음성으로 경보전파, 표적할당 및 사격통제를 실시하는 것이다. 두 번째는 TPS-830K로부터 표적제원을 FCR로 수신하여 방공통제명령과 위협 우선순위에 의거 사격을 실시하는 방법이다. 두 가지 운용방법 모두 조기경보 표정판과 전술조치판에 표정한 후 표적할당 및 사격통제를 하는 수동화된 방공작전으로, 탐지 및 식별된 표적제원을 무선통신에

의해 다시 예하 부대로 전파한다. 다수 항적에 대한 동시전파 제한과 작전반응시간의 지연으로 실시간 경보전파 및 사격통제가 곤란하다.



[그림 3] 제한된 자동방공운용체계<sup>[2]</sup>

### 2.3 저고도 방공자동화체계 문제 식별

현재 사용되고 있는 저고도 방공자동화체계의 문제점은 크게 다음의 네 가지로 식별된다<sup>[3]</sup>.

첫째, 실시간 전장상황 전파 및 통제가 곤란하다. GRR-5K와 FCR에 의한 표적정보 수신시 수동 표정판에 표정하므로 시간이 과다하게 소요되고 표정병에 따라 표정능력이 상이 할 수 있으며 수동표정으로 인한 표정병의 표정오차 발생 가능성 상존한다. 또한 GRR-5K와 FCR에 의한 다수표적 수신시 개별 표적정보 수신시간이 과다하게 소요되며 종합적인 표적정보 도식 시간지연으로 인한 전장 가시화 미흡과 감시센서/무기체계 이동시 실시간 전시 곤란으로 지휘관 통제능력이 제한된다.

둘째, 통합전투력 발휘 시 제한사항이 발생한다. MCRC로부터 표적정보를 일방적으로 수신하기 때문에 단일표적에 대해 공군방공전력과 중복 공격 가능성이 존재한다. 이로 인해 결정적 시기에 전투력을 집중하는 것이 미흡하고 방공 작전통제소에서 서로 상이한 2개의 정보망(공군 MCRC에서 수신하는 정보와 저고도 탐지레이더로부터의 음성정보)으로부터 정보를 각각 수신함으로써 시간 차 등 여러 가지 제한요인이 발생된다. 이로 인하여 단일 표적을 서로 상이한 2개의 표적으로 오인하는 경우가 발생하게 된다.

셋째, 예비통신망이 미흡하다. 다수표적에 대한 음성통신 시 표적할당의 혼란으로 부정확한 표적할당의 가능성 존재하며 무선통신 불가시 예비 통신망이 없는 상황이 발생할 수도 있다.

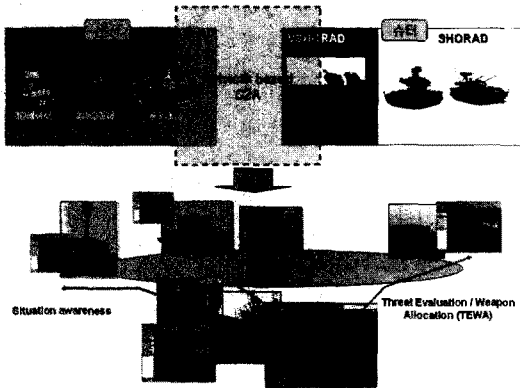
마지막으로, 분권화 작전능력이 미비하다. 전시상황 하에서 통신두절시 방공중대는 예하 슈터체계를 지휘통제할 수 있으나, 센서체계로부터의 정보를 획득할 수 없기 때문에 방공작전이 제한되고 인접 저고도 탐지레이더(TPS-830K)나 MCRC가 공격을 받아 임무수행이 불가능할 경우 저고도 침투표적에 대한 탐지와 조기경보용 데이터 제공이 어렵게 된다. 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위해서 저고도 방공자동화체계 구축이 요구되며 이해관계자 관점에서 운용환경에 초점이 맞추어져 있는 시스템엔지니어링 접근방법을 적용한 운용아키텍처 개발이 요구된다.

## 3. 네트워크기반 저고도방공자동화체계 운용아키텍처 개발

### 3.1 운용개념

저고도 방공자동화체계는 다양한 구경의 대공포, 휴대용-SAM 및 SHORAD 등의 단거리 방공무기와 같은 슈터체계와 3D/2D 레이더와 같은 센서체계를 하나의 정보그리드로 만들어 모든 전장상황을 공유하고 효율적으로 작전통제를 실시할 수 있다. 저고도 방공자동화체계는 센서인 레이더망과 MCRC로부터 수집된 정보를 융합 처리하여 방공에 필요한 전술조치를 취한다. 또한 제대별로 C2, C1, 반통제소와 같은 통제소로 구성되어지며 내부적으로 항적을 탐지 및 추적하는 2D/3D 레이더 그리고 대공포 및 SHORAD와 같은 타격체계와 연동이 되며 연동능력이 없는 휴대용 SAM과 연동하기 위해서는 별도의 반통제소를 필요로 한다. [그림 4]는 이러한 저고도 방공자동화체계의 운용개념을 나타

낸다. 센서와 슈터체계를 네트워크기반 저고도방공자동화체계로 연결하여 상위제대로부터 말단제대에 이르기까지 전장상황을 공유하며 위협항적에 대한 위협평가를 실시한 후 우선순위에 의거 슈터에 할당하는 기능을 수행한다.



[그림 4] ADC2A 운영개념도

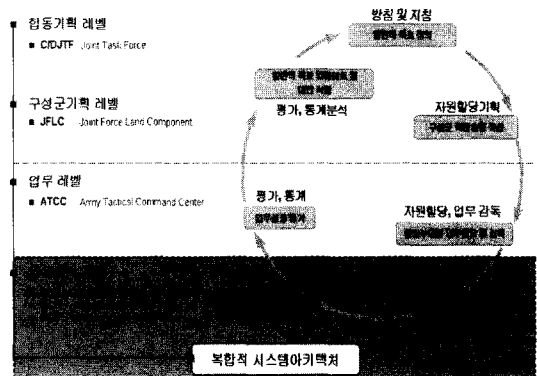
### 3.1.1 비전

저고도 방공자동화체계는 대공포, 휴대용-SAM, SHORAD와 VSHORAD(Very SHORAD) 등 다양한 방공무기의 효율적이며 효과적인 실시간 방공지휘통제 및 교전작전을 수행한다. 또한 합동방공작전을 위한 공중정보 전술데이터링크와 연동을 통해 실시간 작전상황정보를 공유할 수 있는 네트워크기반의 미래 공중방어를 추구한다.

### 3.1.2 임무

저고도 방공자동화체계의 임무요구사항(mission requirements)은 저고도 방공작전단계로부터 도출된다. 일반적으로 저고도 방공작전 단계는 [그림 5]와 같이 하나의 시스템을 이루어 반복 순환적으로 임무레벨별 부여된 임무를 수행하게 된다. 여기서 연구 대상체계인 저고도 방공자동화체계의 방공전장관리시스템은 임무실시레벨에 해당한다. 그러나, 저고도 방공의 궁극적 임무목표는 합동기획 레벨에서의 작전을 수행할 수 있도록 하는데 있으며, 네트워크기반 하에서

타군의 방공관련 자산과의 완전한 상호운용성(interoperability) 능력과 함께 실시간 교전능력을 갖도록 하는 것이다. 저고도 방공자동화체계의 임무요구사항은 실시간 표적 정보융합, 추적관리 및 전파, 최적 표적할당 기능 수행 및 저고도방공 작전개념상 기동화 작전수행이 가능하도록 무선통신을 기본으로 사용해야 한다. 또한, 군단급 제대를 기본으로 구축하되, 통합방공작전 관점에서 상호운용성이 보장되어야 한다.

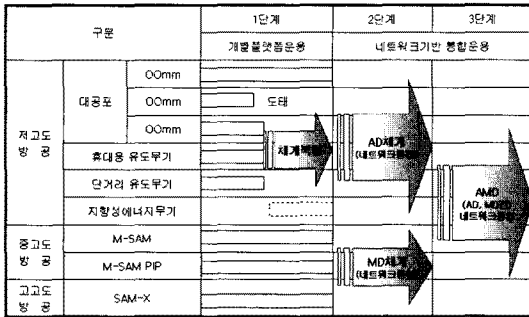


[그림 5] 방공작전 단계<sup>[4]</sup>

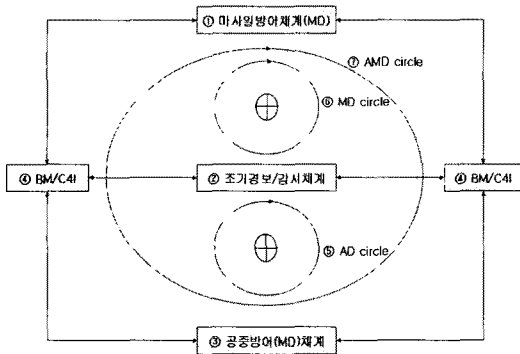
### 3.1.3 미래전장 운용환경

미래 전장환경에서 무기체계는 네트워크기반으로 CAISR과 정밀유도무기가 서로 결합된 신복합시스템 형태로 발전되고 있다. 더욱이 네트워크에 의한 정보획득 능력과 실시간 공유영역의 확대로 전투 작전반경과 기동시간의 비약적인 발전은 전장에 있어 공간과 시간 개념에 대한 근본적인 변화를 가져오고 있으며, 네트워크 중심 전장 운용으로의 전환과 다양한 전력요소간의 통합적인 운용이 요구된다. 방공자동화체계는 공중 및 순항미사일 위협에 대한 동시대응체계, 전방향 동시교전능력에 따른 센서체계의 복합 다기능화, 그리고 [그림 6]과 동일 플랫폼 무기를 통합하여 지휘통제기능을 공유할 수 있는 체계복합 방공무기로 발전할 것이다. 항공기나 순항미사일 등과 같은 공중위협(ABT: Air

Breathing Threats)을 대상으로 하는 저고도방공(AD: Air Defense)과 탄도미사일방어(MD: Missile Defense)로 분리되어 각각의 BM/C4I 네트워크망에 의해 운용되지만, 장기적으로는 [그림 7]과 같이 AD와 MD의 네트워크내의 모든 방어자산이 하나로 통합되는 단일 방공자동화체계로 발전하게 될 것이다.



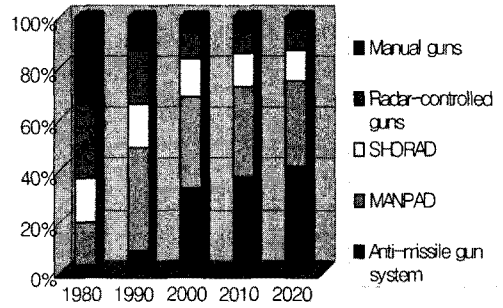
[그림 6] 방공무기체계 발전전망



[그림 7] 네트워크 기반 저고도 방어 개념<sup>[5]</sup>

[그림 8]은 1980년부터 2020년까지의 저고도방공체계의 상대적 중요성을 도표로 나타낸 것이다. SHORAD와 MANPAD의 운용비율이 각각 15%와 35%정도였으나 2000년 이후는 거의 현상유지를 나타내고 있다. 운용비율이 1990년대 10% 미만이었던 복합대공무기체계는 2000년대에는 30% 이상으로 급증하여, MANPAD와 함께 저고도방공무기의 핵심수단으로 운용되고 있다. 복합체계는 대공포와 미사일의 장단점 및 상

호 보완성을 극대화시킴으로써 작전반응시간 단축, 요격확률 증대, 교전지속성 증대, 그리고 운용요원 및 부수장비 감소에 따른 운용비용 감소 면에서 큰 이점을 나타낸다[6].

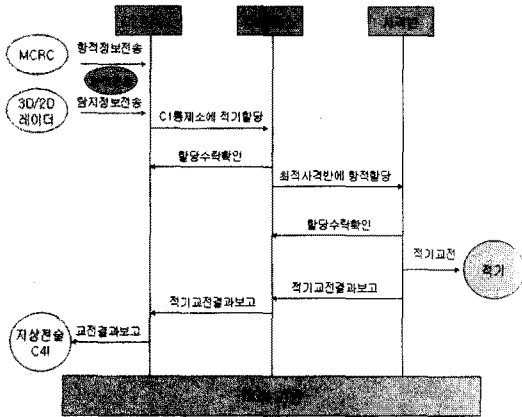


[그림 8] 미래 저고도 공중방어체계의 운용개념 변화<sup>[7]</sup>

### 3.1.4 운용시나리오

방공자동화체계는 전시 C2통제소에서 MCRC와 연동된 2D/3D 레이더로부터의 탐지정보를 융합하여 전장감시와 지휘통제 임무를 수행한다. 여기서는 편의상 일반적인 방공작전 통제시나리오만을 기술한다. ① C2통제소 책임구역내로 적기가 진입해오면 C2통제소 전술장교는 최적의 C1통제소를 선정하여 C1에 적기를 할당하고 조기경보를 발송한다. ② C1통제소는 할당받은 적기에 대한 수락메시지를 C2통제소로 보내고 이후 최적의 사격반을 선정하여 할당한다. ③ 적기를 할당받은 사격반은 적기의 속도, 거리 등을 고려하여 교전할 수 있는 자체 준비를 하고 할당받은 항적에 대해 집중 감시를 수행한다. ④ 항적이 자체 탐지레이더나 육안으로 탐지되면 항적 추적을 실시하여 교전을 실시한다. ⑤ 교전을 실시한 사격반은 교전결과를 C1통제소에 보고하고 C1통제소는 이를 다시 C2통제소로 보고한다. ⑥ C2통제소는 교전에 따른 최종결과를 지상전술C4I에 보고를 한다. [그림 9]는 이러한

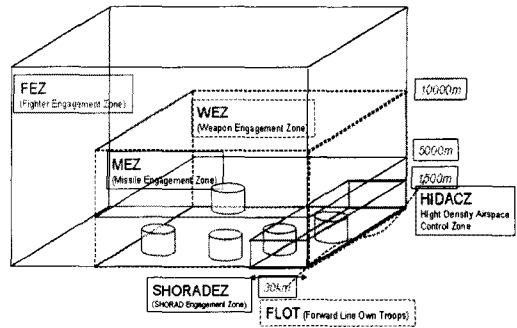
항공 운용시나리오에 대한 일반적인 시퀀스적 절차를 나타낸다.



[그림 9] 항공 운용시나리오 입력력도

### 3.1.5 운용요구사항

항공무기는 다층방어 개념에서 공군의 원거리 및 중·고고도 방공무기(전투기, 중·고고도 SAM 등), 육군의 저고도 국지 및 기동 방공무기(대공포, 휴대용-SAM, SHORAD, VSHORAD 등)로 이루어진다. 따라서 공군작전사령부와 육군작전사령부 간에는 링크체계가 구축되어 공역 통제명령(ACO: Airspace Control Order), 공중 이동통제/식별 및 무기통제지휘 등의 임무를 협조해야 한다. 특히 최전선지역은 고강도 공중통제지역(HIDACZ: High Density Airspace Control Zone) 및 무기교전이 이루어지는 지역(WEZ: Weapon Engagement Zone)이므로 공중 상황 관리/통제/식별을 집중적으로 실시해야 한다. 이를 고도 및 거리관점에서 [그림 10]과 같이 나타냈다. FLOT(Forward Line Own Troops) 인접지역은 HIDACZ으로 집중관리가 필요하고 거리/고도별로 SHORADEZ(SHORAD Engagement Zone), 미사일교전지역(MEZ: Missile Engagement Zone) 및 전투기교전지역(FEZ: Fighter Engagement Zone)으로 구분된다.



[그림 10] 고도/거리관점에서의 방공개념

ADC2A체계는 3D 및 2D 레이더에 의해 주로 항적 정보가 제공되고 개별 탐지는 SHORAD와 대공포에 탑재되어 있는 탐지레이더를 통해 기능이 수행된다. 또한 탐지레이더를 통해 획득된 표적정보는 MCRC로부터 내려 받은 정보와 융합되어 전파된다. 자료/음성 통신장치는 획득프로그램의 일부로서 동시에 구축되며 이러한 ADC2A체계 기능을 보장하기 위해 요구되는 주요 운용요구사항은 아래와 같다.

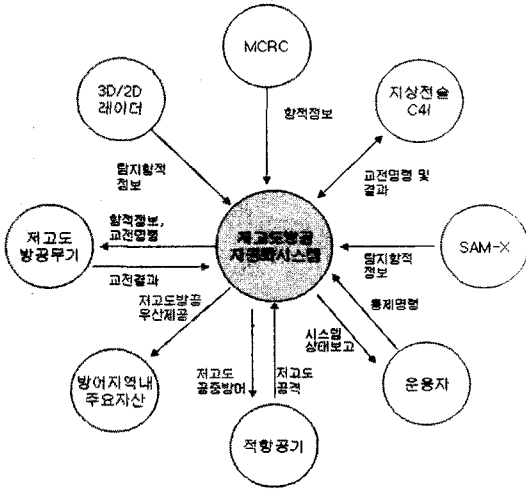
- a. 지역방공과 국지방공을 동시 수행해야 한다.
- b. 항공기, 헬기, 무인기 및 순항미사일 등에 대응할 수 있어야 한다.
- c. 실시간으로 상황인식을 해야 한다.
- d. 실시간으로 공중상황을 수집하고 야군부대에 게 전파해야 한다.
- e. 야군부대가 표적을 큐잉(cueing)할 수 있을 정도의 정확성을 제공받을 수 있는 공중감시능력을 구비해야 한다.
- f. 자신에게 가장 위협이 되는 항적을 식별하고 이와 교전하기 위해 최적무기체계를 선정하여 할당하는 등의 화력조정능력을 구비해야 한다.
- g. C2통제기 기능 마비시 C1통제기는 C2통제기의 임무를 대신 수행해야 한다.
- h. 공군 및 해군 등 외부 지원체계와 인터페이스를 구축해야 한다.
- i. 통신망은 주/예비로 구성해야 한다.

...



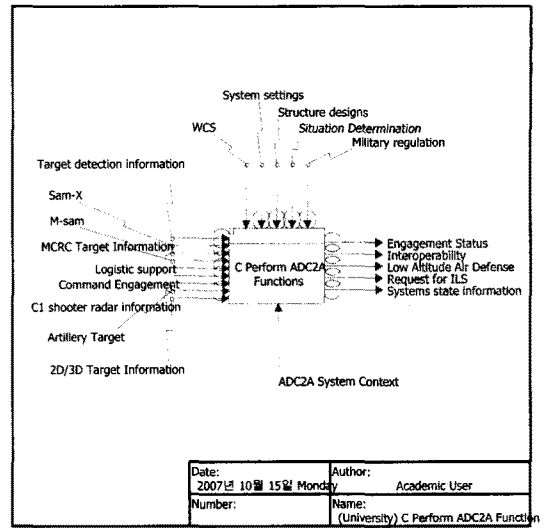


는 [그림 14]와 같다. 그림에서 개발 대상시스템은 음영으로 표시된 C2통제소, C1통제소 및 FU이며, 기타요소는 지원시스템(enabling system)을 나타낸다.



[그림 13] 콘텍스트도

[그림 15]는 저고도 방공자동화체계에 대한 최상위레벨로 IDEF0를 이용하여 외부 지원시스템과의 관계를 나타내고 있다. 저고도 방공자동화체계의 IDEF0는 MCRC 정보 및 교전명령 등 9개 입력요소와 교전결과 및 시스템상태정보 등 5개의 출력요소로 구성된다. IDEF0도의 지원메커니즘은 7개 외부시스템과 저고도 방공자동화체계가며 통제요소는 시스템환경, 군규정, 무기 통제상태, 상황판단결과 로 가정했다.

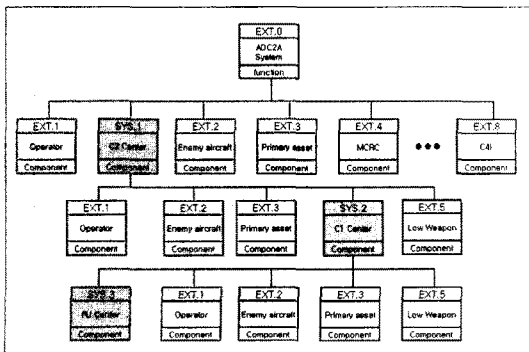


[그림 15] 시스템기능도

### 3.2 CORE를 이용한 운용아키텍처 개발

임무요구사항 정의로부터 시작된 아키텍처 개발은 CASE 도구를 사용하여 요구사항을 입력하고 이를 바탕으로 기능아키텍처, 물리아키텍처 및 운용아키텍처를 순차적으로 작성했다. [그림 16]의 점선부분은 본 연구에서 CASE 도구인 CORE 프로그램을 이용한 부분이다. 입력된 요구사항을 충족시키는데 필요한 53개 기능성(functionalities)을 기능아키텍처 계층구조로 전환하였으며, ER, N2, IDEF0, EFFBD 및 DFD 등을 사용하여 각각의 할당된 기능을 나타냈다. 여기서는 이들 가운데 편의 상 저고도 방공자동화체계 및 C2통제소에 대한 IDEF0, FFD, EFFBD 만을 나타냈다.

기능아키텍처에 따라 모든 기능이 수행되도록 물리아키텍처 계층구조로 나타냈으며, 물리아키텍처 계층구조로 식별된 구성품은 링크를 통하여 물리적 블록선도로 표현했다. 이러한 일련의 종합적 과정을 통하여 최종으로 저고도 방공자동화체계 운용아키텍처를 개발하였다.



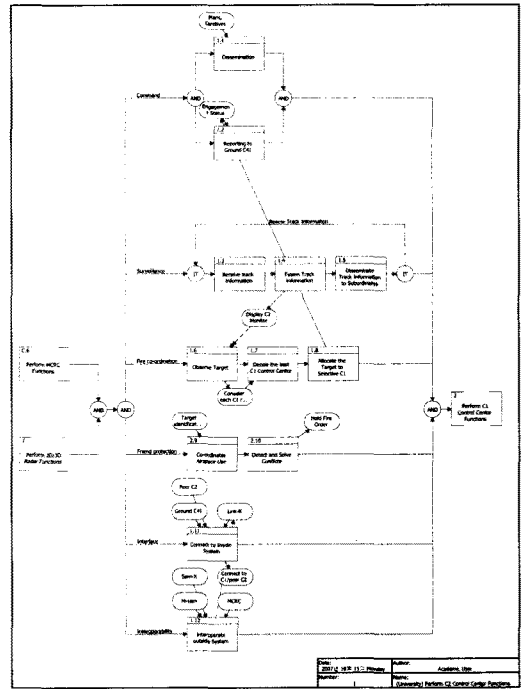
[그림 14] ADC2A 계층구조



이를 다시예하 C1 통제소와 반통제소를 거쳐 말단 슈터까지 융합정보를 분배하는 감시 기능 흐름을 나타냈다. 교전과 관련된 기능흐름은 다음과 같다. 지상전술 C4I로부터의 위협항적에 대한 교전명령을 C2통제소가 수신하여 C1통제소와 반통제소에 전파한다. C1통제소에서는 C1통제소와 연결되어있는 SHORAD와 같은 단거리 유도무기 등에 교전명령을 내린 후 예하 슈터로부터의 교전결과를 접수한다. 이를 다시 C2통제소에 보고한 후 C2통제소는 최종적으로 지상전술 C4I에 보고하는 기능을 수행한다.

[그림 20]은 저고도 방공자동화체계의 핵심요소인 C2통제소에 대한 EFFBD를 나타낸다. C2통제소는 지휘, 감시, 우군기보호, 화력조정 기능을 수행하며 내·외부체계간의 상호운용성을 보장하기 위해 다양한 인터페이스 환경을 가지고 있다. 감시기능은 MCRC와 자체 보유하고 있는 3D 및 2D 레이더로부터 항적정보를 수신하여 이를 단일 항적으로 융합한다. 이러한 융합된 정보는 항적에 대한 위치, 고도, 속도, 식별 등 다양한 정보를 지니고 있으며 이를 예하 C1통제소에 전파하여 모든 구성원들이 전장상황인식을 할 수 있도록 해주는 역할을 수행한다.

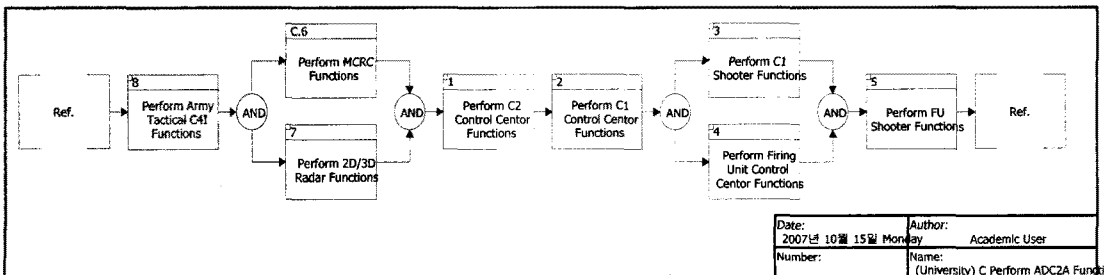
이러한 거동모델의 기능 수행에 대한 논리적 오류여부에 대한 검증은 CORE에 내장되어 있는 시뮬레이터 기능을 사용했다. [그림 17]의 최상위레벨 기능 'Perform ADC2A Functions'에 대해 검증시뮬레이터를 동작시켰으며 개발된 거



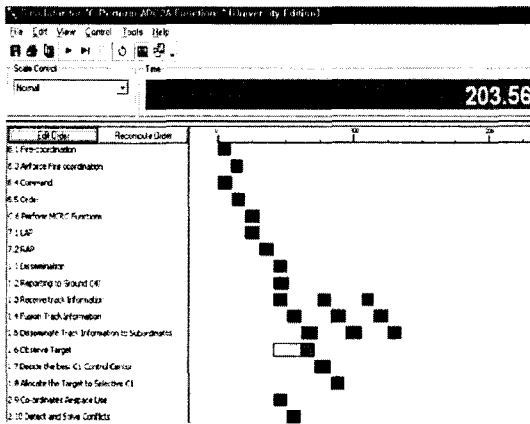
[그림 20] C2통제소 EFFBD

동모델이 논리적 오류 없이 208.56초 만에 정상적으로 작동하고 있음을 확인했다.

[그림 21]은 개발된 모델에 대한 검증 시뮬레이터 화면을 나타낸다. 왼쪽 창은 'Perform ADC2A Functions' 기능 수행을 위한 저고도 방공자동화체계의 대상시스템 및 외부시스템의 순차적 기능이며, 오른쪽 창 상부의 203.56은 전체 기능에 대한 수행 시간을 나타낸다. 그러나, 그림에서는 편의를 위해 전체 기능 중의 일부인 상위 17개 기능에 대한 수행만을 나타냈다.



[그림 19] 시스템 기능흐름블록선도

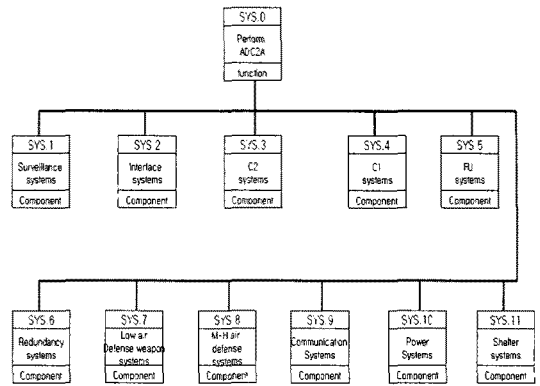


[그림 21] 시스템 기능흐름블럭선도 검증

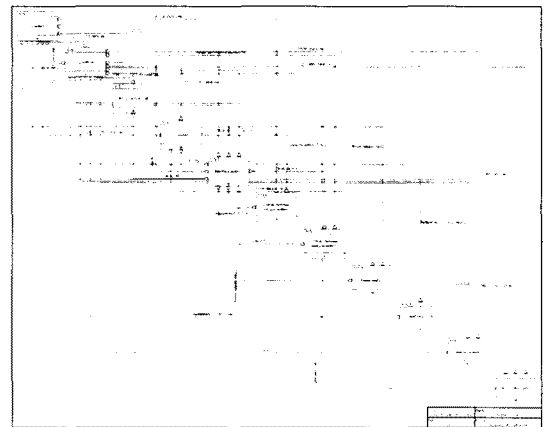
### 3.2.2 물리아키텍처

저고도 방공자동화체계의 기능아키텍처 53개 기능은 이를 수행하기 위한 물리적 구성을 필요로 한다. 물리아키텍처는 기능아키텍처의 53개 기능을 수행하기 위한 함수관계가 성립하도록 구성하였다. 본 연구에서는 기능아키텍처의 각 기능과 1:1 대응되는 11개의 하부시스템으로 [그림 22]와 같은 계층구조로 구성하였다.

11개 기능을 수행할 11개 구성품을 계층구조 상에서 식별한 후 이를 바탕으로 구성품 간의 연결을 통해 상호관계를 나타내는 저고도 방공 자동화체계 구성품의 물리적 블록선도를 [그림 23]과 같이 구성했다. 그림에서와 같이 C2통제소는 공군 MCRC와 Link-K 또는 TADIL-B를 통해 연결되고 3D/2D 레이더와는 개발 예정인 TICN을 활용한 자체 데이터링크 망을 사용하여 연결된다. 또한 지상전술 C4I와는 Link-K를 통해 연결되고 예하통제소인 C1통제소와는 TMMR(Tactical Multiband Multirole Radio)을 사용한 자체 데이터링크 망을 통해 연결된다. 또한 C2 통제소는 MCRC로부터 각종 명령사항을 수신한 후 이를 다시 예하 통제소로 전파하는 기능을 수행하고 예하통제소로부터의 결과를 수신하여 이를 다시 지상 전술 C4I로 보고하는 기능을 수행한다.



[그림 22] 물리계층구조

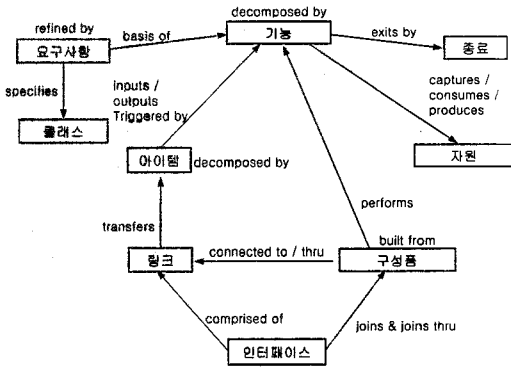


[그림 23] 물리적 블록선도

### 3.2.3 운용아키텍처

운용아키텍처는 기능아키텍처와 물리아키텍처의 관계 설정을 통해 도출했다. 저고도 방공자동화체계 운용아키텍처는 기능아키텍처의 계층구조를 물리아키텍처의 하부시스템 및 구성품 할당, 도출된 입력과 출력요소, 인터페이스와 링크 간의 관계 설정 등을 포함한 시스템 개념설계에 대한 전반적인 설명을 나타낸다. 운용아키텍처는 CORE 도구를 사용했으며 [그림 24]와 같은 과정을 통하여 개발되었다. 운용아키텍처 개발은 (i) 하부시스템에 기능 및 요구사항을 할당하는 활동, (ii) 기능과 통제구조를 정의하고 분석하는 활동, (iii) 성능 및 위험분석을 실시하는 활

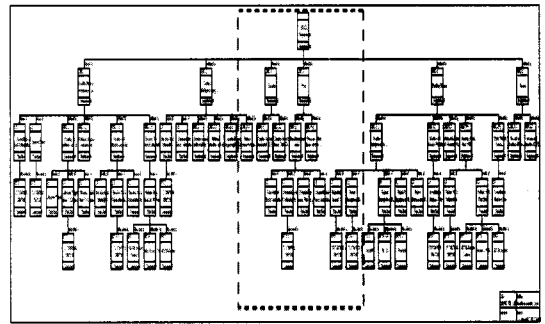
동, (iv) 아키텍처를 문서화하고 승인을 얻는 활동, (v) 하부시스템 규격에 대한 문서화의 5개 단계적 활동을 통해 이루어졌다[8].



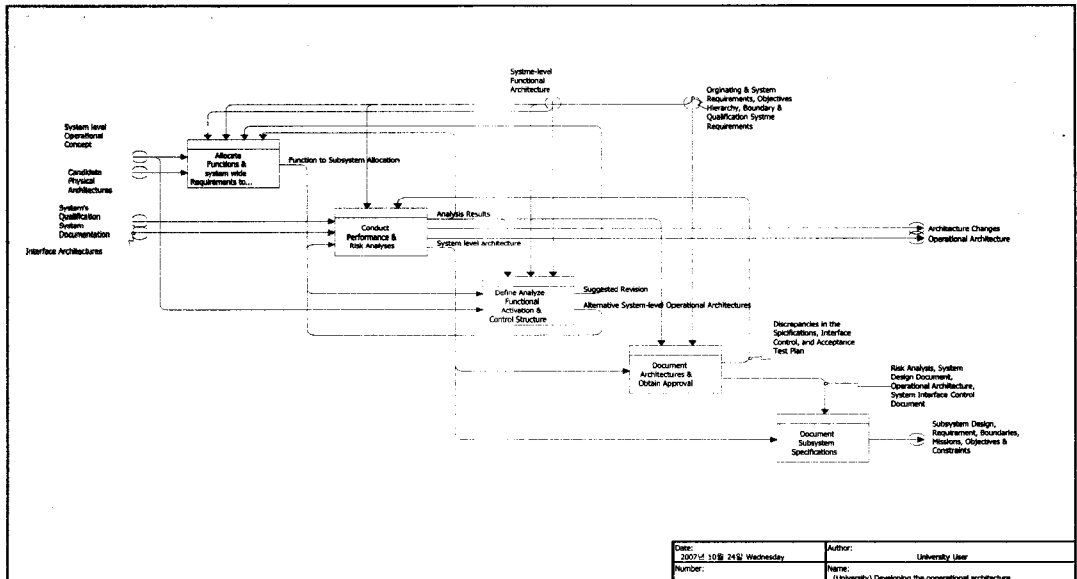
[그림 24] 운용아키텍처 개발과정

[그림 25]는 이러한 운용아키텍처 개발 5개 활동을 IDEFO로 나타낸 것이다. 운용아키텍처를 개발하는데 필요한 직접적인 입력요소는 물리아키텍처, 시스템레벨 운용개념, 인터페이스 아키텍처 및 시스템관련 문서 등이 있으며, 통제요소는 시스템요구사항, 목적계층구조, 경계 및 검증

시스템요구사항(boundary & qualification system requirements)과 시스템레벨 기능아키텍처 등이 있다. 앞에서 나타낸 기능아키텍처와 물리아키텍처 개발은 운용아키텍처개발과 별개의 것이 아닌 운용아키텍처 개발의 일부로서 필수적이다. [그림 26]은 이러한 과정을 통해 개발된 저고도방공자동화체계 운용아키텍처로, 기능을 구성품에 할당 시 기능과 물리아키텍처 간의 전체적인 추적성을 나타낸다. [그림 27]은 [그림 26]의 점선부분을 확대하여 나타낸 일부이다.



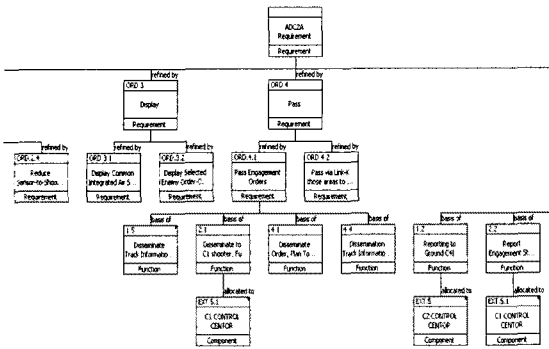
[그림 26] 운용아키텍처



[그림 25] 운용아키텍처 개발 IDEFO

## 참고문헌

- [1] 권용수, “탄도미사일과 방어체계”, 참고서지, 국방대학교, 2003, p.141.
- [2] 육군본부, 방공운용, “야전교범 36-1”, 2007. 11, p.3-22, 부3-2.
- [3] 손현식, “네트워크기반 저고도 방공자동화체계 운용개념에 관한 연구”, 석사학위 논문, 국방대학교, 2007. 12, pp.10-11.
- [4] TRS, “Korea Air Defense Command Control And Alert C2 System”, Presentation Material, 2006. 12. p.5
- [5] 권용수, 함용운, 김하철, “공중·미사일방어의 네트워크중심 전장관리체계 발전방안”, 한국 군사과학기술학회 제9권 제4호, 2006. 12, p.52
- [6] 이영봉, “미래 공중위협에 대한 대응방안”, 공군방공포병학교, '00방공포병, 2000. 9, p.112.
- [7] “Air Defence-Our Answer to the Present and Future Threat”, Oerlikon Contraves AG., OC2079Ae, 1997.
- [8] Dennis M. Buede, “The Engineering Design of Systems”, John Wiley & Son, Inc., 2000, p.246.



[그림 27] 운용아키텍처(추적도 일부)

## 4. 결론

미래 전장은 네트워크기반 전장관리에 의해 지휘통제되는 신복합시스템 개념으로 변화하고 있다. 또한 미래 위협은 UAV나 순항미사일 그리고 전술탄도미사일과 같이 전략적 효과가 큰 무인항행체의 사용으로 특성화될 수 있다. 이러한 미래 위협에 대해 효과적으로 대처하기 위해서는 네트워크 기반의 신복합시스템 하에서의 저고도 방공자동화체계 정립이 필요하다.

이러한 관점에서 본 연구는 저고도 방공자동화체계에 대한 개념연구 수준에서 시스템엔지니어링 접근방법을 적용하여 운용시나리오를 작성하고 운용요구사항을 도출했으며, CORE 5.0을 사용하여 저고도 방공자동화체계 운용아키텍처 과정을 제시했다.

## ■ 저자 소개 ■

손 현 식 (E-mail : hyunsik@nate.com)

- 1999 공군사관학교 전자공학과 졸업(학사)
- 2007 국방대학교 무기체계전공 졸업(석사)
- 현재 공군 OO학교 공군 대위
- 관심분야 시스템엔지니어링, NCW
- 주요논문 네트워크기반 저고도 방공자동화체계 운용개념에 관한 연구(2007, 석사학위 논문)

권 용 수 (E-mail : yskwon@kndu.ac.kr)

- 1980 해군사관학교 전기공학과 졸업(학사)
- 1983 서울대학교 전기공학과 졸업(학사)
- 1986 서울대학교 전기공학과 졸업(석사)
- 1993 영국 맨체스터대학교 전기공학과(박사)
- 현재 국방대학교 무기체계전공 교수
- 관심분야 시스템엔지니어링, 유도무기, 공중·미사일방어체계

<주요저서 / 논문>

- 시스템엔지니어링핸드북(2006, 시스템체계공학원)
- 新 시스템엔지니어링입문(2007, 아이워크북)
- 국방연구개발사업의 시스템엔지니어링 적용사례(2006, 한국군사과학기술학회지)
- 공중·미사일방어의 네트워크중심 전장관리체계 발전방안(2006, 한국군사과학기술학회지)
- 함정탐재 유도무기에 대한 OMS/MP 템플릿 개발(2007, 한국국방경영분석학회지)
- 육군 방공자동화체계 운용개념 정립 및 개발방안 연구(2007, 용역과제)