

# 공군 전장 환경에서 효과적 주파수 관리를 위한 Spectrum COP 설계 제안

구 자 열\*

## A Proposal of Spectrum COP Design for Effective Frequency Management in Air Force's Battlefields Environment

Ja-yeul Koo\*

요 약

최근 제한된 주파수자원을 효율적으로 활용하기 위해 주파수 공유와 사용 자유화 방안에 대한 연구가 진행되고 있다. 전투요소의 충분한 상호운용성과 실시간 작전속도를 요구하는 네트워크 중심전이 현대전의 중요한 특징으로 부각되고 있는 가운데 무선통신환경에서 제한된 주파수자원의 효과적 관리방안이 군사적으로 연구되고 활용되고 있다. 본 논문에서는 공군 전장 환경에서 효과적 주파수 관리를 위한 주파수 공통상황도 설계를 제안한다. 공군의 주파수 공통상황도를 구축하기 위하여 요구사항을 분석하고 EA(Enterprise Architecture) 프레임워크를 사용하여 주파수 관리 모델을 설계한다. 설계 결과는 공군의 통합방공작전분석모델을 활용하여 그 실효성을 입증한다.

**Key Words** : Air Force, Spectrum, COP, NCW, EA

### ABSTRACT

Recently, several researches are focused on the frequency sharing and the liberalization of frequency use for utilizing the limited frequency resources efficiently. In military, as Network Centric Warfare(NCW), which requires significant mutual operability of battle elements and real-time operation speed, has come to the fore front as an important aspect of modern warfare, the methods to manage limited frequency resources in wireless communications environment efficiently has been studied and utilized. In this paper, we propose a Spectrum COP(Common Operation Picture) design suitable for the battlefields of air force. To construct the Spectrum COP of Air Force, we analyze the requirements and design the frequency management system by using EA(Enterprise Architecture) Framework. The simulation results of the proposed design proved the effectiveness by using EADSIM(Extended Air Defense Simulation) of Air Force.

### I. 서 론

국가적으로 주파수 관리는 무선통신기기의 발달

로 더욱 다양해지고 복잡하게 진화하고 있다. 1990년대부터 주파수 자원에 대한 수요가 증가함에 따라 주파수 자원 배분을 ‘먼저 요청하면 먼저 제공하

\* 주저자 겸 교신저자 : 공군사관학교 교육정보화실, 69234@naver.com, 정회원  
논문번호 : KICS2012-10-492, 접수일자 : 2012년 10월 13일, 최종논문접수일자 : 2012년 11월 21일

는' FCFS(First-Come First-Service)에서 투명성과 객관성을 보장하기 위하여 대가에 의한 할당방식인 시장기반방식으로 제도화하고 있다<sup>[1]</sup>. 최근에는 주파수의 용도 및 기술방식을 이용자가 자유로이 선택하도록 유연한 이용을 보장하는 주파수 이용 자유화(Spectrum Usage Liberalization)로 발전하고 있다<sup>[2,3]</sup>.

현대전의 양상은 종래의 플랫폼 중심전(PCW : Platform Centric Warfare)에서 최근 이라크전쟁, 아프간전쟁 등에서 보느바와 같이 네트워크 중심전(NCW : Network Centric Warfare)으로 진화하고 있다. 무선 네트워크의 확보가 전투력 향상과 직결되는 NCW 환경에서 주파수 관리의 중요성은 더욱 증대되고 있다. 무선 네트워킹과 무선 통신을 위해서는 주파수를 필수적으로 사용해야하기 때문에 제한적인 주파수 자원 사이에서 충돌 및 간섭이 발생하게 된다. 군에서는 할당된 주파수 자원으로 NCW 환경에서 각종 무기체계를 운용해야 하므로 주파수 자원을 효율적으로 통제하고 사용하기 위한 노력들이 다양하게 연구되고 활용되고 있다<sup>[4,5,6,7]</sup>.

전.평시 우리군은 2만여 파의 주파수를 군의 운용경험에 의한 최적주파수 선정 및 단순 DB에 의한 통계 프로그램으로 관리<sup>[8]</sup>하고 있어 복잡하고 다양하게 전개되는 현대전의 전장 환경에서 주파수 간섭 및 재배치 등 운용환경을 실시간으로 지원하는데 한계가 있다. 따라서 다양한 전장 환경에서 각종 무기체계의 효율적인 운용을 위해서는 적절한 소요 주파수를 실시간으로 분석, 예측하여 지원하는 주파수 상황도체계(Spectrum COP (Common Operation Picture))가 필요하다. 미군은 Spectrum X , CJSMP (Coalition Joint Spectrum Management and Planning Tool) 등의 Spectrum COP체계를 개발하여 전장에 활용 중에 있으며<sup>[6]</sup>, 한국군은 그 필요성을 인식하여 합참 Spectrum COP을 설계 연구하여 구축을 추진 중에 있으나 각 군의 전장 환경에서 적용하는데 한계가 있다.

공군의 전장 환경은 지상 및 해상의 2차원 공간보다 전파 차폐물이 없는 3차원 공중공간에서 작전을 수행해야 하므로 전파간섭이 많고, 고속으로 진행되는 전투기의 빠른 작전템포로 전파간섭 발생 시 작전승패에 치명적 요소로 작용하게 된다<sup>[4,9]</sup>. 따라서 공군은 타군에 비해 항공기, 관제센터 등 무기체계간 정보교환을 위한 무선전파 운영의 안전성 확보가 무엇보다 중요하다고 할 수 있다. 공군은 무기체계를 운영하기 위한 주파수 관리를 평시 사전

에 무기체계별로 주파수를 선정하여 임무명령 시 지원하고 있어 전시 대량의 무기체계가 동시에 운영되는 전장 환경에서 실시간으로 전파간섭을 예측하여 최적의 주파수를 임무에 배정하는 체계를 갖출 필요가 있다.

본 논문에서는 공군의 전장 환경에 적합한 주파수 관리를 위하여 Spectrum COP을 설계하였다. 공군의 전장 환경 특성과 작전운영절차에 적합하도록 Spectrum COP의 설계 요구사항을 정의하였으며, 작전운영절차와 주파수 관리를 연계한 주파수 관리 프로세스를 정립하였다. 주파수를 획득하여 관리하고 반납하는 전 과정을 군사업무를 명확히 하는데 효과적 설계기법인 Enterprise Architecture 프레임워크를 활용하여 공군 Spectrum COP을 설계하였다. 설계결과를 공군 전투모의분석체계인 EADSIM(Extended Air Defense Simulation)을 활용하여 작전 효과성을 입증하였다. 본 논문 연구결과로 작전템포가 빠른 공군 전장 환경에서 수작업에 의한 주파수 관리를 실시간으로 자동화된 주파수 관리가 가능한 체계로 전환함으로써 임무 전 전파간섭을 예측하여 최적의 주파수를 배정하는 등 공군작전의 성공에 기여할 수 있을 것이다.

본 연구는 2장에서 군의 Spectrum COP 관리 실태를 살펴보고, 3장에서는 공군의 Spectrum COP 설계 요구사항 분석 및 설계를 하였으며, 4장 전투 실험, 5장 결론 순으로 구성하였다.

## II. 군의 Spectrum 관리

### 2.1. 공군 전장 환경

공군의 전장운용 환경은 감시체계와 타격체계가 전술C<sup>4</sup>I (Command Control Communication and Computer Intelligence)체계로 연결되어 지휘통제를 하게 된다. 공중에서는 전파의 장애물이 거의 없는 open area이므로 무선통신 감쇄현상은 약하나 전파간섭이 많다고 볼 수 있다. 항공기에 의해 작전템포가 빠른 공군의 전장 환경은 주파수 간섭예측 및 할당 등의 주파수 관리를 실시간으로 신속하게 하지 않으면 작전실패의 확률이 높아진다.

공군의 작전수행 단계는 그림 1에서와 같이 단계적으로 흐름을 가지고 있다. 전략제대인 합참에서 전략목표가 하달되면 공군작전사령부는 관련 정보를 융합하고 전투수행결과를 평가하여 작전목표를 설정하며, 그에 따라 표적을 선정하고, 통합임무명령서로 임무계획을 수립하여 작전을 수행하는 4단계의

작전수행 흐름으로 이루어진다. 현재의 주파수 운용은 평시 운용경험에 의한 최적주파수를 선정하여 단순 DB관리 통계 프로그램에 의한 임무별 주파수를 수기식으로 할당하고 있어 실시간의 빠른 작전 템포를 지원하는데 한계가 있다.



그림 1. 공군작전 수행 단계  
Fig. 1. Air Force Operation Cycle

## 2.2. 주파수 관리 절차

공군의 전장 환경에서 무기체계 운용에 필요한 주파수를 요청하고 할당하는 절차는 그림 2와 같다. 먼저 무기체계 도입에 따라 소요 주파수를 공군본부에서 합참으로 요청하고(①), 합참은 전시에 모든 주파수 관리권한이 정보통신위원회에서 위임된 한·미 연합사의 합동 군 주파수 관리위원회(JMFC : Joint Military Frequency Committee)와 협조하여 주파수를 할당하며(②), 공군작전사령부에서는 무기체계 운용에 필요한 추가 주파수 요청을 합참/공본으로 요청/보고하고(③,⑤), 합참은 동일하게 JMFC와 협조하여 주파수를 할당(④)한다<sup>8)</sup>. 이러한 제반 업무처리가 현재 수기식으로 처리됨은 물론 합참 및 각 군에서 주파수 DB를 Excel형태로 관리함으로써 실시간 작전지원에 많은 제한을 가지고 있다. 또한, 공군작전사령부에서 예하 전술부대에 대하여 무기체계 운용에 필요한 주파수 할당도 수기식으로 운영되는 상태이다. 이러한 수기식 주파수 관리로 인하여 각 군에서 운용하는 무기체계 간 주파수 간섭현상도 발생하게 된다.

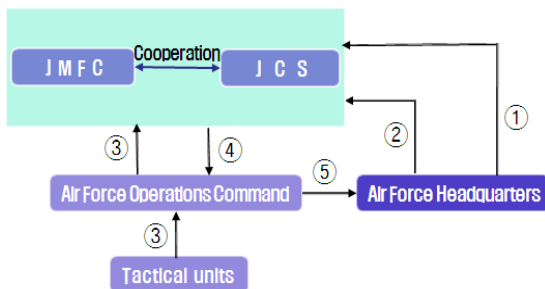


그림 2. 공군 주파수 관리절차  
Fig. 2. Air Force Spectrum Management Procedure

## 2.3. Spectrum COP

미래전은 정보통신, 센서, 유도항법 기술의 발전으로 제 전투요소 간 고도의 상호운용성과 실시간의 작전속도가 요구되는 네트워크 중심의 전장 환경이 이루어진다. NCW 환경에서 무선 네트워킹 및 무선 통신을 위하여 주파수 사용이 필수적인데, 전·평시 2만여 파를 사용하는 우리군의 주파수 관리체제가 수기식에 의존함으로써 혼·간섭 등 실시간으로 발생하는 주파수 사용의 문제들을 효과적으로 처리하기 힘들다. 따라서 한정된 주파수 자원으로 무기체계의 특성 및 전파환경에 대한 정보를 통합 관리하여 실시간으로 최적의 주파수를 지원하는 Spectrum COP체계가 필요하다.

군에서 사용하는 Spectrum COP체계는 네트워크 구성에 필요한 주파수를 예측하기 위하여 주파수를 DB화하여 전파 간섭을 분석하고 정보를 시각화하여 지휘관에게 제공하는 기능을 하게 된다. 또한 전장 환경에서 실시간 전파간섭을 측정 및 예측하여 능동적인 주파수를 할당하고, 연합 및 합동 작전 시 전장관리에 필요한 전파정보를 제공하는데 목적이 있다<sup>5)</sup>.

미국 국방부(Department of Defense)는 일찍이 전장에서 미국과 연합국의 무선통신장비들이 주파수들 간의 충돌이 증폭되는 문제를 인식하였다. 이러한 충돌은 눈에 보이지 않기 때문에 그 중요성을 망각하였으나, 적국을 포격하고 근접항공지원을 요구하는 상황에서는 매우 치명적인 문제로 대두되었다. 미국 국방부 예하 각 기관에서는 이러한 주파수 할당 및 충돌 등의 문제를 해결하기 위하여 Spectrum COP체계를 개발하여 전장에서 활용하고 있다<sup>5-7)</sup>.

대표적으로 Spectrum X 은 1993년부터 1999년까지 상무부의 전기통신정보청과 국방부의 합동주파수센터의 관리 감독 하에 국방정보체계연구소에서 개발하였다. Spectrum X 은 국방부와 연방 및 주정부, 연합세력 간의 주파수 운영 정보를 제공하는 GEMSIS(Global Electromagnetic Spectrum Information System)를 지원하게 된다. Spectrum X 은 그림 3에서와 같이 지휘관에게 아군과 적군의 주파수 상황인식을 위한 Spectrum COP을 제공함으로써 동시 다발적인 여러 임무들의 주파수 사용에 대한 요구조건을 명확하게 지원하며, 그 기능으로는 주파수 할당, 전파 간섭 분석, 전자전 지원, 주파수 엔지니어링 등이 있다.

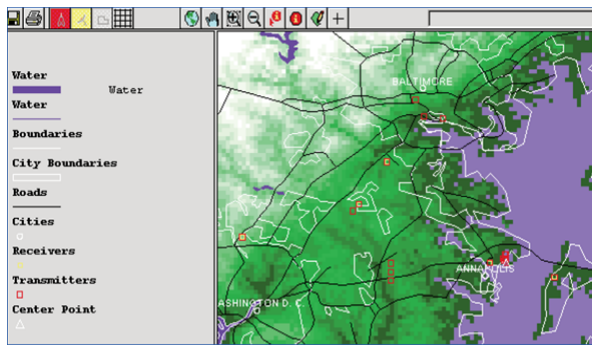


그림 3. 미군의 Spectrum X X I 화면  
Fig. 3. U.S. Military Spectrum X X I display

우리 군도 Spectrum COP의 중요성을 인식하여 합참에서 구축을 추진 중에 있다. 합참 Spectrum COP의 운영은 합참을 중심으로 우리 군의 모든 고정 및 이동 무선통신장비들을 자신이 속한 상위부대로 주파수 상황인식 정보를 보고하고, 하위부대로 주파수 운용지시를 하는 구조로 되어 있다. 따라서 수기식으로 주파수를 관리하고 운영하는 공군으로서 작전을 지휘하는 작전사령부를 중심으로 예하 각 전술부대들의 관리 주파수를 실시간적으로 자동화 연동하여 상급부대인 합참으로 주파수 관련 보고 및 지시를 처리하는 공군 Spectrum COP 체계의 필요성이 대두된다.

### Ⅲ. 공군 Spectrum COP 설계

#### 3.1. 설계 요구사항 분석

공군의 전장 환경에 적합한 Spectrum COP 체계를 설계하기 위하여 요구사항을 크게 7가지로 분석하였다. 공군 Spectrum COP은 첫째, 무기체계의 도입 시 주파수를 획득하고, 작전개시 후 공군 전장 환경에 적합하게 관리되어야 하며, 무기체계 폐기와 더불어 주파수도 회수 및 반납되어야 한다. 둘째로 공군의 전장 운용원칙과 작전수행단계를 지원하여야 한다. 작전사령부에서 중앙집권적으로 주파수를 통제하고 전술부대에서 분권적으로 주파수를 운용해야 하며, 작전수행단계별로 임무 주파수를 할당하고 운용 및 혼신 처리하여야 한다. 셋째로 기운용중인 전술C<sup>4</sup>I체계와 연동하여야 한다. 작전사령부 및 각 전술부대의 전술C<sup>4</sup>I체계와 연동하고, 기운용중인 부대 간 전술 네트워크를 활용해야 한다. 넷째, 합참의 합동 Spectrum COP과 연동하여야 한다. 다섯째, 수기식의 주파수 관리절차를 자동화 처리하여야 한다. 여섯째로 작전운영절차와 연계한 주파수 관리 프로세스를 설계하여 구축하여야 한다.

일곱째로 주파수 상황인식 공유를 위하여 주파수를 예측하고 DB화하여 전파 간섭을 분석하고, 정보를 시각화하여 지휘관에게 제공하는 기능을 갖추어야 한다. 이상으로 분석된 요구사항은 Spectrum COP 체계 설계에 반영되어야 한다.

설계 요구사항 중 핵심이 되는 무기체계 운영 시 필요한 주파수 관리 프로세스를 정립하면 그림 4와 같이 5개의 하부 프로세스에 의한 순환구조로 구성한다. 주파수 정보 수집 과정에서는 각 무기체계에서 사용 중이거나 센싱한 주파수 정보를 상위 계층으로 전달하여 취합한다. 정보의 중요도와 양에 따라 각급 부대에서 요구되는 수준으로 필터링하여 전송한다. 전파 분석 과정에서는 취합된 정보를 전파 모델링을 통해 분석하여 해당 주파수의 통달 거리를 파악한다. 주파수 현황 파악 과정에서는 분석된 전파 정보를 통해 아군과 적군의 주파수 정보를 파악하고, 주파수 간섭 및 충돌 등에 대해 분석한다. 관리 계획 수립 및 조율 과정에서는 현재 보유된 주파수 정보와 미래 예측되는 주파수 소요를 고려하여 주파수 사용에 대한 계획을 수립하는 과정이다. 마지막으로 주파수 관리 수행 과정은 계획된 주파수 사용을 통해 실제 무선 통신전자 장비에서 운용하고 이를 관리하는 과정을 나타낸다. 이러한 주파수 관리 프로세스를 통해서 동적으로 변화하는 주파수 상황에 대해 지속적으로 주파수 관리를 수행할 수 있다. 이를 위해 주파수 계획 수립 부대와 실제 수행하는 부대 간의 유기적 상호 협동이 필요하며, 각 프로세스는 순환구조로 작동하게 된다.

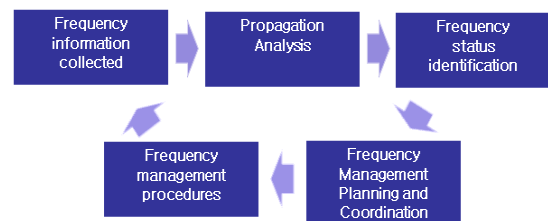


그림 4. Spectrum COP의 주파수 관리 프로세스  
Fig. 4. Spectrum Management Process of Spectrum COP

#### 3.2. Spectrum COP 설계

공군 전장 환경에 적합한 Spectrum COP 설계는 군사업무를 명확히 정의하여 효과적으로 설계할 수 있는 기법인 전사적 구조 설계기법인 Enterprise Architecture 프레임워크의 Operation View(OV)로 설계하였다. 그림 5는 OV-1 운용개념도로서 공군작전사령부를 중심으로 Spectrum COP 체계를 구축하여 합참, 공군본부, JMFC 및 예하부대와의

운용개념을 설명하고 있다. 각급 부대 및 기관의 주파수 관련 각 기능들에 따라 공군 작전사령부는 주파수 관리를 위한 관련 업무를 자동으로 처리하게 된다.



그림 5. OV-1 : 운용 개념도  
Fig. 5. OV-1 : Operation View

그림 6은 OV-2 운용노드 간 연결도로서 각급 부대 및 기관에서는 주파수 관리업무를 모듈화 하여 설계를 하였다. A1은 무기체계 도입 전 주파수 획득가능성을 검토하고, A2는 무기체계 도입에 따라 운영 주파수를 획득하며, A3은 주파수 관리 프로세스에 따라 주파수를 관리하고, A4는 무기체계 도태에 따라 운영 주파수를 회수 및 반납하는 업무이다. 공군작전사령부와 각급부대 및 기관은 A1부터 A4까지의 관리업무를 상호연동하게 된다.

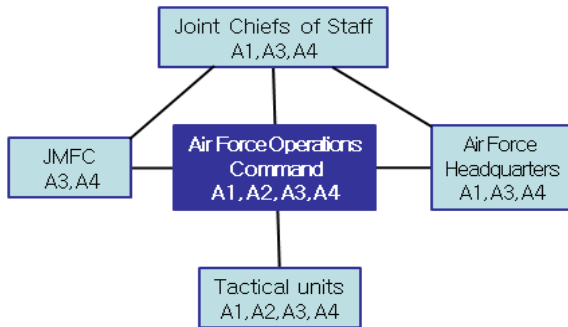


그림 6. OV-2 : 운용노드 연결도  
Fig. 6. OV-2 : Operational Node Link

공군 Spectrum COP에서 운용되는 각종 정보는 표 1의 OV-3 운용정보 교환 매트릭스로 각급 부대 및 기관 간 송수신하게 된다. 주파수 소요요청은 전파를 사용하는 무기체계 도입 전에 공군본부에서 합참으로 요청하게 된다. 각 세대간의 주파수 관련업무별 송신자/수신자 및 소요시간/요구수준을 명시하였다. 그림 7은 OV-4 조직관계도를 표현한다. 공군작전사령부에서는 합참 통제 하에 주파수 관련 업무를 처리하며, 합참은 공본 및 JMFC와 협조하여 업무를 처리한다.

표 1. OV-3 : 운용정보 교환 매트릭스  
Table 1. OV-3 : Operation Information Exchange Matrix

Information		The sender		The receiver		Required level		
Contents	Explanation	Media	Node	Action	Node	Action	Time	
Required requests	Weapons incoming before the request	KJCCS Doc.	Each group, DAPA	Required requests	JCS	Receive, review	70	50
Approved request to use	Request approval using the frequency	Doc.	Each group	Approved request to use	JCS	Receive, review	30	20
Frequency approval	Request frequency approval	Doc.	JCS, JMFC	Frequency approval	Each group	DB Save	1800	300
Frequency Allocation	Necessary frequency distribution	KJCCS Doc.	JCS, JMFC	Frequency Allocation	Each group, DAPA	Frequency use	20	10
Interference report	Mutual interference reported	KJCCS, Doc.	Operations Command	Notify interference	JCS	Frequency analysis	10	Instant
Interference measures	Analysis of interference control	KJCCS, Doc.	Operations Command	Propagation adjustment, control	JCS	Propagation adjustment, control	70	30
Operational survey	Survey frequency used	Doc.	Operations Command	Frequency-use surveys	JCS	DB Update	Year	Year
Propagation environment survey	Propagating density surveys	KJCCS, Doc.	Operations Command	Propagation environment survey	JCS	DB Save	random	random
Frequency return	Frequency collected and return	Doc.	Operations Command	Selection frequency identification	JCS	Collect, Reuse	Year	Year

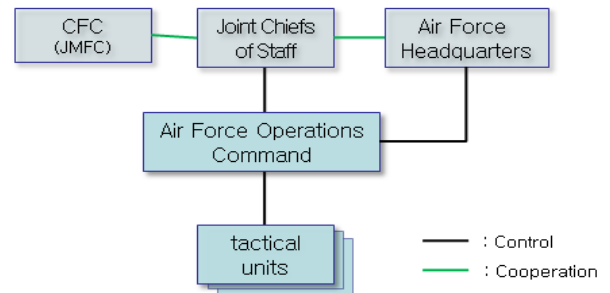


그림 7. OV-4 : 조직 관계도  
Fig. 7. OV-4 : Organization Relationship

그림 8은 OV-5 업무활동모델로서 도입 무기체계 주파수 소요, 주파수 혼/간섭 및 무기체계 도태 계획을 입력하여 주파수정책, 전파법, 국방부훈령 및 중장기무기체계기획서에 근거하여 주파수 분석시스템 및 전파환경 측정체계 등을 활용하여 공군 주파수 관리를 하게 된다. 주파수 관리결과 출력물은 중장기주파수획득계획, 군주파수목록, 주파수조정계획/시행서이다.

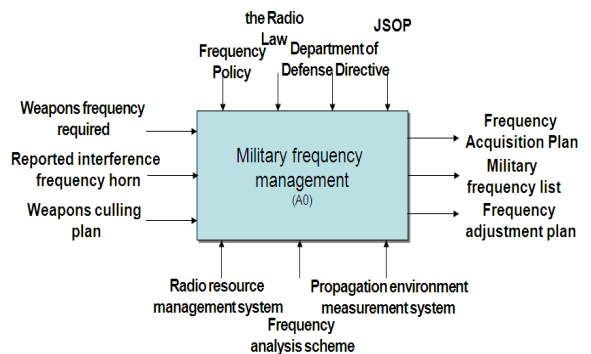


그림 8. OV-5 : 업무활동모델 1/3  
Fig. 8. OV-5 : Task Action Model 1/3

그림 9는 공군 주파수 관리를 수행하는 세부 기능들을 Top-Down 방식으로 주파수 관리업무를 모듈화 하였다. 각 관리업무의 세부기능으로는 주



파수 획득 가능성 검토업무는 주파수 소요를 식별하고 타 무기체계와의 상호 간섭을 확인하여 주파수 가용성을 검토한다. 주파수 획득업무는 주파수 기술제원과 군 주파수 공유방안 및 민간 주파수 중복여부를 검토하여 도입되는 무기체계의 운영 주파수를 획득한다. 주파수 할당 및 관리업무는 무기체계 주파수 관리 프로세스 수행단계로서 주파수 정보 수집 및 분석/조정하고 현황파악 및 계획 수립하여 무기체계 운영에 적합한 주파수를 할당 및 관리한다. 주파수 회수 및 반납은 무기체계 재사용 가능성을 확인하고 필요시 재사용하며 불 필요시 회수 및 반납한다. 그림 10은 각 관리업무의 입·출력물 및 관리자료·도구이며, 업무 간 중간 출력물을 설계하였다.

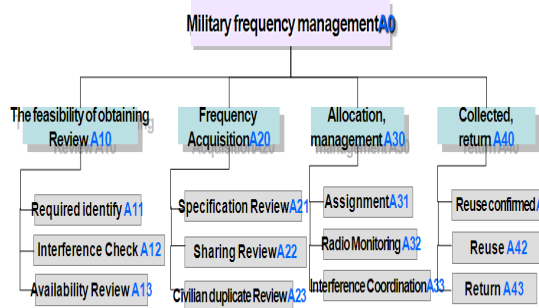


그림 9. OV-5 : 업무활동모델 2/3  
Fig. 9. OV-5 : Task Action Model 2/3

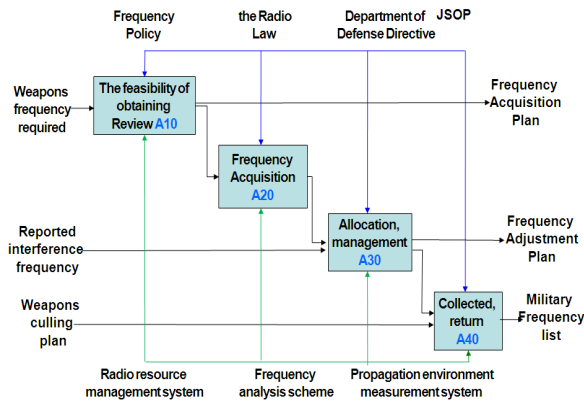


그림 10. OV-5 : 업무활동모델 3/3  
Fig. 10. OV-5 : Task Action Model 3/3

공군 Spectrum COP은 작전수행단계에 적합하게 운영되어야 하므로 그림 11에서 주파수 관리 프로세스들과 연동한다. 공군의 전장운용 원칙을 적용하여 작전사령부에서 중앙집권적으로 주파수를 통제·관리하고, 전술부대에서 분권적으로 주파수를 운영한다. 작전수행단계별 Spectrum COP체계에서 제공하는 기능은 작전목표 설정 시 전투평가단계에서 작전수행결과를 가지고 전파분석 및 현황을 파악하

며, 임무계획 수립단계에서는 주파수 관리계획 수립·조정과 관리를 수행하고, 작전수행단계에서는 정보를 수집한다.



그림 11. 작전수행단계별 업무활동 연관도  
Fig. 11. Task Action Relationship per Operation Cycle

공군 Spectrum COP체계는 기운용중인 공군 전술C<sup>4</sup>I체계를 활용한다. 공군은 작전사령부에서 전술C<sup>4</sup>I COP체계인 AFCCS(Air Force Command Control System)를 운영 중이며 이를 중심으로 예하 전술부대의 C<sup>4</sup>I체계와 연동되어 있다. Spectrum COP체계는 각급부대별로 C<sup>4</sup>I체계와 연동하며, 기운용중인 전술네트워크를 활용하여 각급부대 간 연동하도록 설계한다.

이상으로 공군의 전장 환경에 적합한 Spectrum COP체계의 설계를 제안하였다. 설계 요구사항 분석 및 주파수 관리 프로세스를 정립하였으며, 군사업무를 명확히 하는데 효과적 설계기법인 Enterprise Architecture 프레임워크를 활용하여 설계하였다. 현재 공군에서 운영 중인 전술C<sup>4</sup>I체계의 상황도(COP)에는 주파수를 포함하고 있지 않으며, 수기식으로 주파수를 관리하면서 임무할당 및 작전을 수행함으로써 무기체계 간 주파수 혼·간섭 문제 등이 내제되어 있다. 제안하는 Spectrum COP 체계를 구축하면 작전템포가 빠른 공군 전장 환경에서 수작업에 의한 주파수 관리를 실시간으로 자동화된 주파수 관리가 가능한 체계로 전환되고 전술C<sup>4</sup>I체계 상황도에 전시되어 임무 전 전파간섭을 예측하여 최적의 주파수를 배정하는 등을 지휘관이 확인 가능함으로 공군작전의 성공에 크게 기여할 수 있을 것이다.

#### IV. 실 험

공군은 항공차단작전, 근접지원작전, 공수작전 등 다양한 작전을 수행하고 있다. 그중에서 육·해·공

군이 합동으로 전장을 운용하는 근접지원작전 환경에서 전투실험을 하였다. 근접지원작전은 육·해군의 전투수행 시 공군력을 지원하는 작전형태로서 육·해군의 다양한 지상 무선통신체계와 항공기의 공중 공지통신체계 간 주파수 간섭현상이 발생하기 쉬운 환경으로 여러 작전형태에서의 전파운용환경을 포함한다 할 수 있다. 따라서 본 Spectrum COP 설계의 핵심인 주파수 관리 프로세스를 전투 실험하는데 적절하다고 볼 수 있다. 전투실험 도구로는 공군 전장 환경에서 전투모의분석을 위하여 운영 중인 공군본부의 EADSIM 체계를 활용하였다.

실험 시나리오는 지상에 무선통신장비를 가상으로 배치하여 주파수별 전파범위를 분석하고, 동일지역에서 임무를 수행할 항공기 탑재 공지통신장비의 임무 주파수를 지상 장비와 혼·간섭이 발생하지 않는 최적의 주파수로 선정한 모의 비행결과를 Spectrum COP으로 제시하였다. 작전지역은 북한과의 접경지역인 서북 내륙 및 해안지역으로 설정하였으며, 육·해군의 무선통신장비들을 표 2와 같이 가상 배치하였다. 표 3의 A, B, C는 지상에 배치된 통신장비의 가상 제원이며, D는 항공기에 탑재된 공지통신장비의 가상 제원이다. 지상에서 운영하는 주파수는 장비의 주파수범위 내 랜덤하게 선정하여 운영하였다. 실험은 3장에서 제안한 Spectrum COP 설계에서 핵심적인 주파수 관리 프로세스를 적용하여 전파분석, 현황과악, 주파수 계획수립 및 사전모의 과정으로 진행하였다.

표 2. 지상장비 배치좌표  
Table 2. Ground Placed Coordinates

Devices	Placement coordinates
Ground device A	37°28 ' 14.43 "N 126°44'49.46"S
	37°27 ' 57.79 "N 126°44 ' 40.59 " S
	37°33 ' 10.94 "N 126°42 ' 53.73 " S
	37°31 ' 10.84 "N 126°49 ' 34.04 " S
	37°34 ' 50.60 "N 126°39 ' 30.57 " S
Ground device B	37°34 ' 50.60 "N 126°39 ' 30.57 " S
	37°37 ' 1.7 "N 126°42 ' 30.80 " S
	37°31 ' 16.9 "N 126°40 ' 49.33 " S
	37°28 ' 19.43 "N 126°44'70.46"S
	37°33 ' 10.94 "N 126°42 ' 53.73 " S
Ground device C	37°27 ' 57.79 "N 126°44 ' 40.59 " S
	37°33 ' 10.94 "N 126°42 ' 53.73 " S
	37°31 ' 10.84 "N 126°49 ' 34.04 " S
	37°34 ' 50.60 "N 126°39 ' 30.57 " S
	37°37 ' 1.7 "N 126°42 ' 30.80 " S

표 3. 지상 배치 및 항공기 탑재 통신장비 제원  
Table 3. Ground Placement and Airborne Communication Equipment Specifications

	A	B	C	D
Antenna(°)	El.	360	360	360
	Az.	180	360	360
Ant. gain(dB)	11	13	13	11
Tx power(dBm)	42	39	50	100
Rx power(dBm)	-79	-80	-80	-100
Frequency(MHz)	230 ~400	230 ~290	235 ~286	225 ~400
Propagation range(km)	48	40	50	200

그림 12의 실험결과에서는 가상으로 배치된 육·해군 무선통신장비의 위치와 전파통달범위를 분석한 원들을 지도상에 전시하였으며, 같은 색의 원들은 동일 주파수를 운용하는 지상국간의 전파 송수신을 의미한다. 동일지역을 비행하게 될 항공기의 임무주파수를 선정하기 위해 사전 분석된 지·해상 무선통신장비의 전파통달범위와 혼·간섭이 발생하지 않는 주파수를 검토하여 최적의 주파수로 모의 비행한 결과를 붉은 선으로 전시하였으며, 지상 장비의 원들과 항공기의 비행경로 상에서 상호 혼·간섭을 발생치 않았다. 실험결과로서 근접지원작전에서 육·해군과 전파 간섭 및 충돌을 피하면서 성공적 작전수행을 보장할 수 있게 되었다. 이에 선정된 최적 주파수는 임무명령에 포함되어 작전을 수행하게 된다.

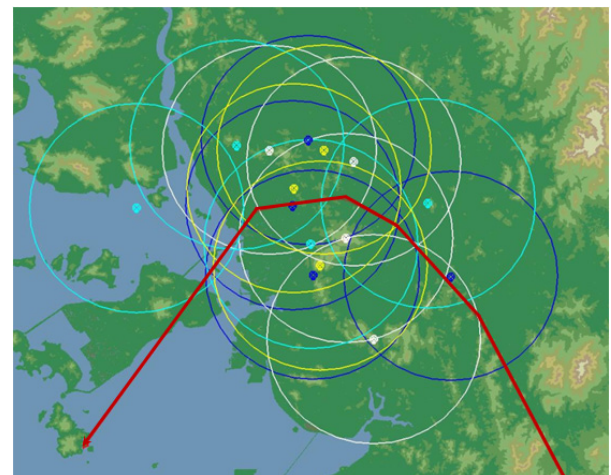


그림 12. 최적주파수 선정 항공기 비행도  
Fig. 12. Optimal Frequency Selected Aircraft Flight Track

이상의 실험결과는 기존 공군 전술C<sup>4</sup> I체계의 상황도(COP)에 없는 Spectrum COP을 지휘관 및 작전요원에게 그림 12와 같이 전파분석 및 모의실험

결과를 상황도로 보여줌으로써 육·해·공군이 혼재된 작전지역에서의 작전 성공률을 더욱 높일 수 있을 것이다.

## V. 결 론

네트워크 중심전(NCW)으로 전쟁양상이 변화하면서 체계적이고 효율적인 주파수 관리가 절실하게 되었다. 다양한 전장 환경에서 각종 무기 체계의 효율적인 운용을 위하여 적절한 소요 주파수를 실시간으로 분석, 예측하여 지원하는 주파수 상황도체계인 Spectrum COP 체계 구축이 필요하다.

본 논문에서는 공중공간에서 빠른 템포로 작전을 수행하는 공군의 전장 환경에 적합한 주파수 관리를 위하여 Spectrum COP을 설계하였다. 공군의 전장 환경 특성 및 주파수 관리 실태를 분석하여 설계 요구사항을 정의하였으며, Enterprise Architecture 프레임워크를 활용하여 공군 Spectrum COP을 설계하였고, 설계결과를 공군 전투모의분석 체계를 활용하여 작전 효과성을 입증하였다. 공군의 전장 환경에 주파수를 효과적으로 지원하기 위하여 수작업에 의한 주파수 관리를 체계적이고 실시간으로 자동화된 주파수 관리가 가능함으로써 작전성공률을 높일 수 있으리라 기대된다.

## References

- [1] Hung-No Yoon, "Recent trends of spectrum management and policy agenda", *Journal of Law & Regulation*, vol. 1, no. 1, pp. 107~116, May 2008
- [2] Jae-Chon Park, Je-Min Yang, and Goo-Sung Jung, "A proposal of interference management policy for introduction of spectrum usage liberalization", *The Korean Institute of Information Technology*, vol. 6, no. 2, pp. 108~117, Apr. 2008
- [3] Young-Kil Kwag and Kang-Woong Lee, "Policy study on efficient aeronautical frequency band allotment and management in the congested air traffic environments",

*The Journal of Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science*, vol. 23, no. 8, pp. 878~887, Aug. 2012

- [4] Hung-Su Lee, Jong-Suk Choi, and Huk-Jae Lee, "Efficient frequency management direction", *KICS Journal*, vol. 15, no. 10, pp. 20~30, Oct. 1998
- [5] MG Marilyn Quagliotti, "DoD spectrum summit way ahead for spectrum management", *DISA presentation*, Dec. 2006
- [6] "Spectrum XXI spectrum management in the 21st century", [http://www.disa.mil/jsc/pdf/SPECTRUMXXI\\_JSC.pdf](http://www.disa.mil/jsc/pdf/SPECTRUMXXI_JSC.pdf)
- [7] Randy Poe, Raymond Shaw, Harris Zebrowitz, William Kline, and William Heisey, "Optimal spectrum planning and management with Coalition Joint Spectrum Management Planning Tool (CJSMP)", *Military Communications Conference 2008*, San Diego, pp. 17~19, Nov. 2008
- [8] Headquarter of R.O.K. Air Force, "Frequency acquisition and management", *Air Force Regulation 7-5*, Mar. 2009
- [9] Headquarter of R.O.K. Air Force, "Air force basic manual", *Air Force Manual 0*, Aug. 2010

## 구 자 열 (Ja-yeul Koo)



자, 시스템공학

1984년 3월 공군사관학교 전자공학과 졸업  
1992년~1993년 국방대학교 전산학과 석사  
2009년~현재 이주대학교 NCW학과 박사과정  
<관심분야> 통신공학, 항공전