한국군사과학기술학회지 제14권 제6호, pp. 1091～1096, 2011년 12월

학술논문 정보기술 부문

전자전 ES 시스템의 수신기를 고려한 탐색대역 생성

A Search Band Implementation Considering the Receivers of the Electronic Warfare Support System

윤 인 복* 정 창 민**
In-Bok Yoon Chang-Min Jeong

Abstract

The main factors of radar signals used in electronic warfare are Radio Frequency(RF), Pulse Repetition Interval(PRI), Pulse Width(PW), Scan Parameter(SP) and so on. This radar signals may have some important information for the electronic warfare. So, there is a necessity for making a threat database to decide whether the radar signal is a threat or not. When the electronic support system collects some threat radar signals, it needs the search band to control the receivers and filter banks of the system. In this paper we propose search band implementation considering the type and center frequency of the receivers of the electronic support system.

Keywords : Search Band(탐색대역), Electronic Support System Receiver(전자전 지원 시스템 수신기), Filter Bank Operation Frequency(필터뱅크 운용 주파수), Electronic Support System(전자전 지원 시스템), Electronic Warfare(전자전)

1. 서 론

일반적으로 전자파를 통제하거나 적을 공격하기 위하여 전자파 및 전자파 에너지를 사용하는 군사 활동으로 정의되는 전자전(EW : Electronic War)은 크게 전자전 지원(ES : Electronic Support), 전자전 공격(EA : Electronic Attack), 전자전 보호(EP : Electronic Protection)로 나누어서 구분한다.

전자전 지원은 의도 및 비의도적으로 방사된 전자기 에너지 신호를 탐색, 수집 및 식별하고 위치확인을 하기위해 취해지는 제반활동으로 정의 되고 전자전 공격은 적의 전투능력을 저하, 무력화 또는 파괴하기 위해 인원, 장비 및 시설에 대해 전자기 및 지향성 에너지를 사용하는 제반활동이며 전자전 보호는 아군 또는 적의 전자전 운용에 의해 전투능력이 저하, 무력화 또는 파괴될 가능성이 있는 아군의 인원, 시설 및 장비를 보호하기 위해 취해지는 제반활동으로 정의 된다[1,2]. 또한 현대 전자전에서 전자전 지원 시스템의 역할은 식별된 위협정보를 데이터베이스화 하여 위협 라이브러리로 구축하는 역할을 하고 이렇게 구축된 위협 라이브러리는 다시 위협신호 식별 자료로서 활용되기도 한다[5].

일반적으로 전자전 지원 시스템에서 사용되는 탐색

† 2011년 7월 8일 접수～2011년 10월 21일 게재승인
* 삼성탈레스(주) 종합연구소(SIAT, samsung thales co., ltd)
** 국방과학연구소(ADD)
책임저자 : 윤인복(ibb31@naver.com)

대역은 시스템의 수신기와 유기적인 제어관계를 통해 수신기의 필터뱅크를 열고 닫는 역할을 해 줌으로서 적 위협으로부터 방사되는 레이다 신호를 수집할 때 필수적으로 사용하게 된다. 또한 시스템에 장착되는 수신기는 통상 대역별로 수신할 수 있도록 수신기를 다르게 적용한다. 이로 인해 적 레이다에서 방사되는 위협신호가 수신기와 수신기의 경계 주파수 사이에서 운용될 경우 수신기 하드웨어의 대역제한을 고려하지 않고 신호를 수집하게 되면 물리적으로 위협신호가 온전히 수집되기 어렵게 된다. 따라서 본 논문에서는 이러한 수신기 하드웨어의 대역제한을 고려한 탐색대역 설정방법을 제안하고자 한다.

2. 수신기와 탐색대역의 관계

탐색대역은 전자전 지원 시스템에 탑재되는 수신기를 제어하기 위해 전자전 시스템의 운용 대역을 수 MHz ~ 수백 MHz로 나눈 것으로 탐색중심 주파수 및 탐색 주파수 최소-최대값과 각종 임계치 등으로 구성된다. 또한 전자전 지원 시스템의 수신기 형태를 간략화하면 Fig. 1과 같이 도식화 할 수 있다. Fig. 1은 위협신호가 안테나로부터 대역 1부터 n까지의 수신기를 통해 수집되면 RF(Radio Frequency) 주파수 혼합기와 IF(Intermediate Frequency) 주파수 혼합기를 거쳐 신호처리가 되는 형태를 나타낸다.

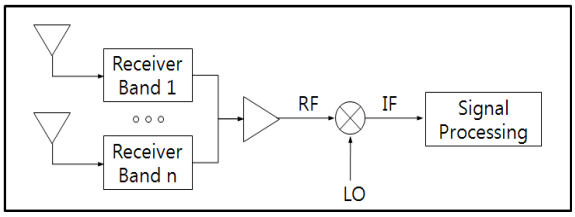

Fig. 1. 전자전 전자전 지원 시스템의 간략도

전자전 지원 시스템은 탐색주파수 최소-최대값을 통해 어느 대역을 열어서 신호를 수집할 것인지를 판단하고 Fig. 2와 같은 형상의 대역 내 필터뱅크를 제어한다. 또한 탐색 주파수 최소-최대값 사이의 주파수 중 대역별로 운용되는 필터뱅크 운용 주파수와 일치된 주파수로 탐색 중심주파수를 설정하고 탐색대역을 구성하는 각종 임계치를 통해 수집 신호들을 필터링하여 수집한다.

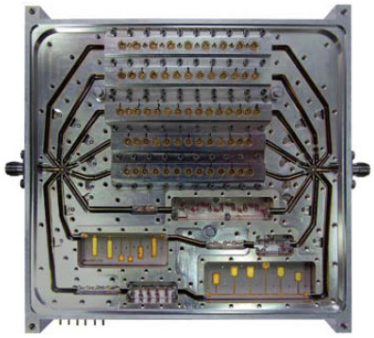

Fig. 2. 필터뱅크 형상[9]

필터뱅크 장비는 Fig. 2에서 보는 바와 같이 일반적으로 안테나로부터 수신된 신호들의 대역폭 바깥쪽의 신호요소들을 제거하는 역할을 하고 수신기 앞단 끝에 장착되어 운용된다.

3. 수신기를 고려하지 않은 탐색대역 생성의 문제점

시스템에 탑재되는 수신기의 대역 제한사항을 고려하지 않고 단순히 위협신호의 운영범위만을 고려하여 탐색대역을 생성하면[6] 몇 가지 형태의 문제점이 발생된다. 첫 번째, 탐색대역 범위가 시스템의 수신기 대역범위 제한에 걸칠 경우이다. 이러한 경우를 Fig. 3과 같이 도식화할 수 있다.

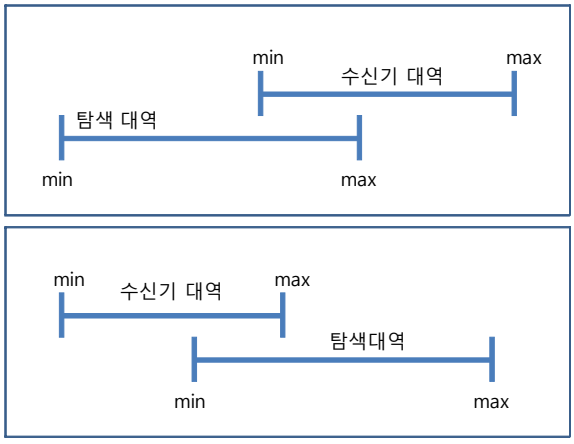

Fig. 3. 수신기대역과 탐색대역이 걸치는 형태

Fig. 3의 경우 탐색주파수 범위와 시스템의 수신기 대역범위의 차이로 인해 시스템 수신기는 탐색주파수

내의 모든 신호를 수신할 수 없게 되는 문제점이 발생된다. 두 번째는 고출력의 레이더 신호를 수신하기 위하여 수신기는 필터뱅크를 이용[7]하는데 이때, 광대역 및 협대역 필터뱅크의 운용 주파수와 생성된 탐색대역의 중심 주파수가 일치하지 않는 경우가 발생된다. 이 경우를 Fig. 4에서와 같이 도식화할 수 있다.

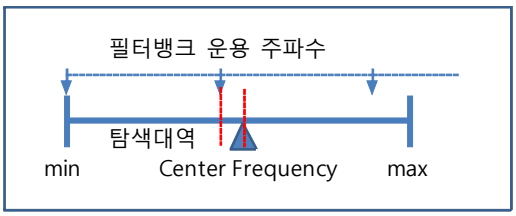

Fig. 4. 필터뱅크 운용 주파수와 탐색대역의 중심 주파수가 일치하지 않는 형태

4. 수신기를 고려한 탐색대역 생성

본 논문에서는 아래와 같은 규칙으로 하여 탐색대역을 생성한다.

1) 위협신호의 운용범위가 수신기의 경계주파수에 걸칠 경우는 수신기의 경계주파수를 기점으로 탐색대역을 나눈다.
2) 위협신호의 신호형태가 펄스(Pulse) 신호는 광대역 필터뱅크 대역을 사용하고 CW(Continuous Wave) 신호 또는 펄스 고정신호(Pulse fixed)는 협대역 필터뱅크 대역을 적용한다. 단, 펄스신호 중 고정신호는 협대역 필터를 사용하고 나머지 변조 신호는 변조범위 만큼 중첩시켜준다.
3) 위협신호 운용범위를 고려해서 필터뱅크 대역을 적용하고 탐색대역을 초벌생성 한다.
4) 생성된 초벌 탐색대역의 중심주파수를 적용된 필터뱅크의 운용 주파수와 일치하는 가장 가까 주파수로 중심주파수를 조정한다. 이 때, 중심주파수를 기준으로 조정된 탐색대역 주파수범위가 위협신호 운용범위를 포함하지 않으면 중심주파수를 조정하여 위협신호의 운용범위를 포함하도록 한다.
5) 실제 운용 주파수로 최종 탐색대역을 생성한다.

Fig. 5는 위협신호 운용범위가 수신기 대역의 물리적인 경계를 포함하여 운용되는 형태를 나타낸다. 이 경우가 바로 수신기 대역에 맞게 탐색대역을 나누어서 생성하는 것이다. 규칙 2)에서는 위협신호의 형태가 CW 신호 또는 펄스 고정신호인 경우 협대역 필터뱅크로 수집하여도 신호유입량이 충분하므로 협대역 필터뱅크 대역을 적용하고 또한 현대 전자전에서 사용되는 레이더의 급속한 기술발전으로 인해 신호의 변조형태가 다양하므로 펄스 신호인 경우 신호유입량을 늘려서 수집하기 위해 광대역 필터뱅크 대역을 적용한다. 규칙 3)에서 시스템에 사용되는 수신기는 광대역과 협대역의 각 대역별로 필터뱅크 대역을 세분화하여 운용하므로 위협신호의 운용가능 범위에 따라 필터뱅크 대역을 적용할 수 있도록 하는 것이다.

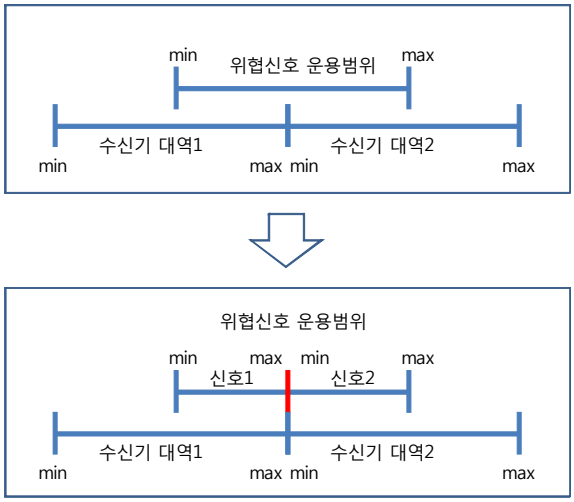

Fig. 5. 위협신호 운용범위가 수신기 대역에 걸치는 형태의 규칙

또한 위협신호가 주파수 변조신호인 경우 변조 범위만큼 필터뱅크 대역을 중첩시켜서 신호가 수집 될 수 있도록 한다. 이렇게 하는 이유는 필터뱅크 대역을 중첩하지 않고 신호를 수집할 경우 수집된 신호가 필터뱅크 대역별로 끊어지므로 수집된 신호를 분석 및 식별하기가 까다롭기 때문이다. 이것은 Fig. 6과 같이 도식화 된다. 이렇게 위협신호의 운용범위에 맞게 필터뱅크 대역을 적용하되 광대역과 협대역을 구분하여 설정되도록 한다.

규칙 4)는 필터뱅크를 적용하여 생성된 초벌 탐색대역의 대역별 중심주파수를 시스템의 필터뱅크 운용 주파수와 일치할 수 있도록 중심주파수를 조정해주는 것이다. 다음으로 규칙 5)에서 실제 위협신호의 운용

주파수를 적용한 탐색대역과 규칙 3)에서 설정된 필터뱅크 및 규칙 4)를 통해 조정된 중심주파수를 적용하여 최종 탐색대역을 생성하는 것이다.

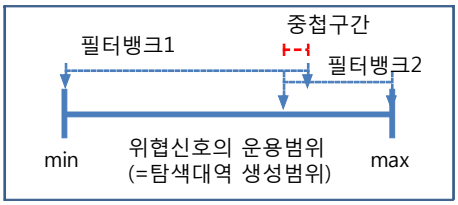

Fig. 6. 필터뱅크 대역 중첩적용

전자전 지원 시스템에서 수신기 대역범위와 위협신호의 운용범위를 고려하여 신호를 수집하기 위한 탐색대역 생성 알고리즘 순서도는 Fig. 7과 같다.

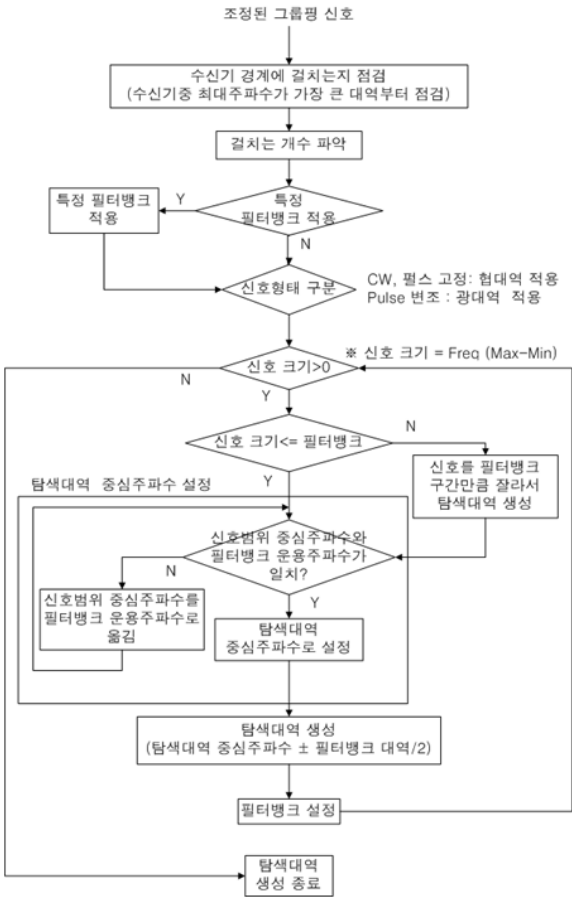

Fig. 7. 수신기와 필터뱅크 대역을 고려한 탐색대역 생성알고리즘 순서도

먼저 그룹핑 조정된 위협신호들이 각 위협신호의 운영가능범위와 수신기의 경계 주파수가 걸치는지 여부를 먼저 점검한다. 만일 걸치게 되면 몇 개의 수신기 경계가 걸치는지 파악하는 것부터 시작한다. 이를 그림으로 도식화 하면 Fig. 8과 같다.

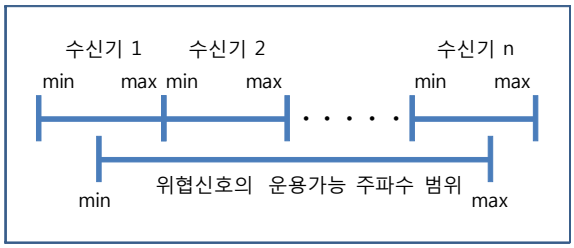

Fig. 8. 위협신호 운용범위의 최소주파수가 경계에 걸치는 수신기 개수 점검

다음으로 각 수신기별로 특정 필터뱅크가 적용될 수 있으므로 특정 필터뱅크 적용여부를 점검하고 신호형태별로 광대역과 협대역 필터뱅크를 구분하여 신호크기(Signal Size)가 0 보다 클 동안 루프를 돌게 된다.

루프에서는 위협신호의 주파수 운용범위 크기가 설정하고자 하는 필터뱅크 대역보다 큰지 여부를 판단해서 크면 위협신호의 최소 주파수부터 시작하여 필터뱅크 대역만큼씩 탐색대역으로 초벌 생성한다. 다음으로 각 생성된 초벌 탐색대역의 중심주파수를 필터뱅크의 운용 주파수와 일치되도록 중심주파수를 기준으로 필터뱅크 대역 범위의 반값을 더하고 빼는 방식으로 중심주파수를 조정하게 된다. 그러나 위협신호의 주파수 운용범위가 필터뱅크의 대역보다 작으면 그대로 초벌 탐색대역으로 생성해서 중심주파수를 필터뱅크의 운용 주파수로 일치시키는 조정 작업만 수행하고 중심주파수를 기준으로 필터뱅크 대역범위의 반값을 더하고 빼서 최종 탐색대역으로 생성하게 되는 것이다.

이렇게 위에서 서술한 탐색대역 생성 알고리즘을 통해 탐색대역을 생성하고 신호수집 시뮬레이션을 수행하였다. 시험을 위한 신호 데이터는 통상 전자전 대역[8]에서 사용되는 데이터로 선정하였고 임의의 위협 신호 100개와 함께 위협신호에 따른 탐색대역도 같이 생성하였다. 이렇게 생성된 탐색대역을 시스템이 운용시 신호가 수집되는 수집율을 측정한다. 이러한 과정을 100 회차 동안 반복하여 시험하고 측정하였다.

Fig. 9에서 시험데이터에 따른 탐색대역이 각 대역별로 분포되어 있는 것을 볼 수 있고 이에 따른 세부 탐색대역 정보를 Fig. 10에서 볼 수 있다.

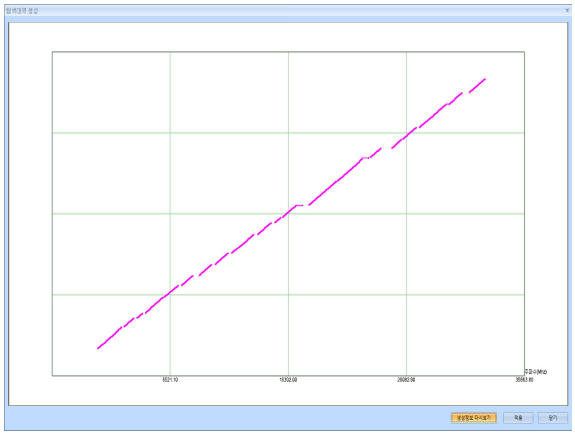

Fig. 9. 임의의 신호에 따른 탐색대역 생성결과 그래프

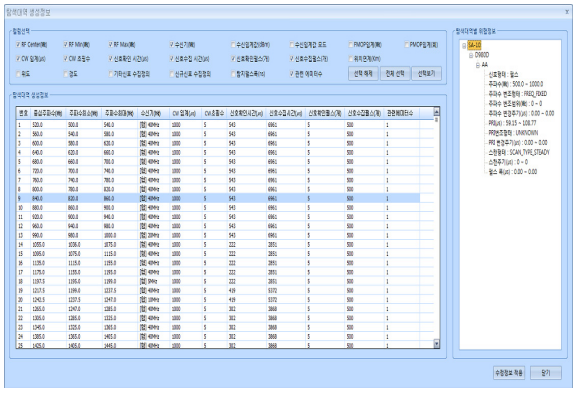

Fig. 10. 임의의 신호에 따른 탐색대역 생성결과 리스트

Fig. 11에서 보는 바와 같이 시뮬레이션 결과 본 논문에서 제안한 탐색대역으로 시스템을 운용 시 최대 92%의 수집율을 확인할 수 있었다.

이것은 Fig. 5와 같이 수신기 대역제한에 맞추어 탐색대역을 분할해 줌으로 실제 수신기가 원활하게 위협신호를 수집할 있도록 하였고 Fig. 4에 보는 바와 같이 탐색대역의 중심주파수를 실제 시스템에 탑재된 수신기의 운용 중심주파수로 조정해 줌으로 수신기가 정확하게 작동되도록 하였기 때문이다. 다만, 시스템이 탐색대역을 운용하는 방식이 순차적으로 순환되면서 탐색하는 방식을 적용하였기 때문에 저대역의 위협신호가 순간적으로 방사될 때 시스템이 고대역을 탐지하고 있으면 탐지하지 못하는 이유로 완벽한 수신율이 되지는 않았다.

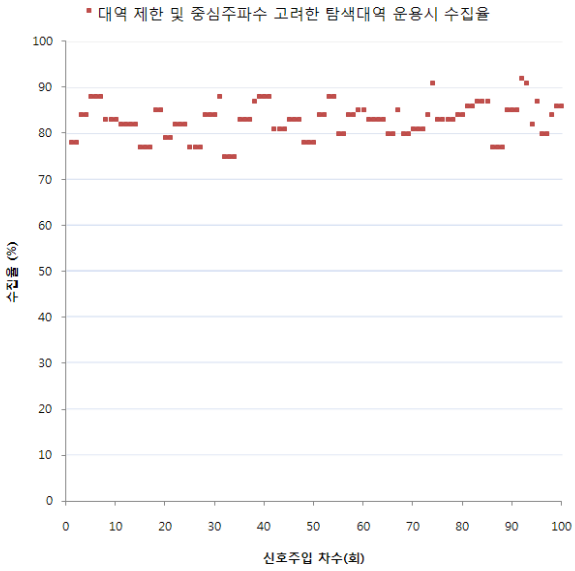

Fig. 11. 탐색대역 운용시 수집율 측정결과

5. 결 론

전자전 지원 시스템에 탑재되는 수신기는 장치의 특성상 수신대역에 제한이 있으며 적 위협신호를 탐지하고 수집할 때 이러한 대역 제한성을 고려하지 않으면 위협신호를 모두 수신하는 기능을 원활이 수행하기 어렵다. 시스템에 탑재된 수신기의 대역경계가 탐색 대역내에 포함되는 경우 시스템이 그 탐색대역을 별도로 처리하면서 수집을 해야 하므로 시스템의 수집성능이 떨어지는 것이다. 따라서 본 논문에서는 시스템에 탑재되는 수신기의 대역 제한성과 수신기 내 운용되는 중심주파수를 고려하여 적 위협신호를 수집하기 위한 탐색대역 알고리즘을 제안하고 탐색대역을 생성하였다. 그러나 최적의 탐색대역 알고리즘이 되기 위해서는 적 위협신호에 따라 탐색대역을 구성하는 각 파라메타 값들과 시스템의 탐색대역 운용 방법도 최적화되어야 한다. 따라서 향후 연구에서는 이러한 탐색대역 구성 파라메타 값들과 시스템의 탐색대역 운용방법을 최적화하여 불필요한 잡신호를 배제 하면서 적 위협신호를 빠르게 수집할 수 있도록 하는 지능형 탐색대역 생성 알고리즘 연구가 필요하다.

References

[1] 임중수, “전자전 방향탐지 기법”, 전자전 기술단기 강좌, p. 131, 2009.

[2] http://www.sew-lexicon.com/gloss_e.htm

[3] 국방과학연구소, “레이더 펄스의 분석방법”, 10-2005-0047209, 2005.

[4] K. S., Yoon, “Denoising Method for Weak-power Radar Signals using the Modified Sinc Wavelet”, Military Communications Conference, MILCOM 2009, IEEE, pp. 1～6, 2009.

[5] Hassan, H. E, “A New Algorithm for Radar Emitter Recognition”, Image and Signal Processing and Analysis, 2003. ISPA 2003. Proceedings of the 3rd International Symposium on 18～20 Sept. 2003, Vol. 2, pp. 1097～1101.

[6] 윤인복, 정창민, “전자전 ESM 시스템에서 탐색 대역 연구”, 2009 한국군사과학기술학회 종합학술대회, 2009.

[7] 한국전자통신연구원, “필터뱅크를 이용한 수신 장치 및 그 방법”, 10-2007-0121673.

[8] 이병남, 이광일, “항공용 전자정보 탐지기술 개발 동향”, 한국전자파학회지, 제19권, 제4호, pp. 43～51, 2008. 7.

[9] http://www.mpdigest.com/issue/Articles/2010/july/Narda/Default.asp