

항공용 전자정보 탐지기술 개발 동향

이 병 남 · 이 광 일

국방과학연구소

I. 서 론

전자전(EW: Electronic Warfare)이란 적이 사용하는 전자파를 탐지하거나 역 이용하여 적의 군사 작전 효과를 저하시키고, 아군의 전자파 사용은 적으로부터 방해받지 않도록 보호하는 제반 군사 행위를 말한다. 전자파를 사용하는 무기에는 지상의 통신 장비로부터 각종 레이더나 미사일에 이르기까지 그 종류가 매우 다양하고 운용 주파수 대역이 매우 광범위하다는 특징을 갖고 있다. 또한, 넓은 의미에서의 전자전은 전자파 신호뿐만 아니라 적외선과 레이저 신호 등을 사용하는 무기들도 포함시키는 것이 일반적이다.

전자전에 사용되는 수신기는 응용 분야에 따라 몇 가지 형태의 수신기로 분류할 수 있는데, 주요 수신기 종류에는 레이더 경보 수신기(RWR: Radar Warning Receiver), 전자지원(ES: Electronic Support) 수신기 및 전자정보(ELINT: Electronic Intelligence) 수신기 등이 있다. 레이더 경보 수신기는 적의 추적 레이더를 탐지하여 위협 상황을 경보하기 위한 수신기로서 빠른 탐지 및 식별 능력을 갖추어야 한다. 전자지원 수신기는 전자전에서 가장 보편적으로 사용되는 수신기로서 탐색 및 추적 레이더 등 다양한 위협을 탐지하여 필요시 전자 공격(EA: Electronic Attack) 임무를 수행하도록 지원할 수 있어야 한다.

본 고에서 다루고자 하는 전자 정보 수신기는 주로 정찰 임무를 담당하는 수신기로서 빠른 탐지보다는 정확도가 높고 원거리 탐지가 가능한 고감도 수신 기능을 가지며 정밀 신호 분석이 가능하여야 한다. 특히 레이더 경보 수신기와 전자 지원 수신기는 이미 식별된 정보를 토대로 위협의 활동 여부를 판단하기 위한 목적으로 운용되지만, 전자정보 수신기는 식별된 위협뿐만 아니라 미 식별된 신규위협에 대해서도 새로운 위협정보를 생성하고 위협의 위치까지도 찾아내야 하는 고유의 기능을 가져야 한다.

전자 정보 수신기는 통상적으로 전자전 대역 관점에서 C밴드부터 J밴드 또는 K밴드까지의 위협을 탐지할 수 있도록 구현되는데, <표 1>은 주파수에 따른 레이더 대역과 전자전 대역의 구분 및 밴드 명칭상의 차이를 나타낸 것이다. 한편, 레이더 위협의 경우, 탐색 레이더는 주로 H밴드 아래쪽에 분포하며 추적 레이더는 I/J밴드에 밀집되어 있고, K밴드에는 단거리용 추적 레이더와 근접 신관 종류 등이 분포해 있다.

전자 정보 수집 장비는 육상, 해상, 항공용 등 다양한 장비들이 사용되고 있는데, 그 중에서도 항공용 장비는 전파 가시 거리가 멀기 때문에 가장 널리 운용되어 왔으며, 최근에는 무인기 및 위성 탑재용 전자 정보 센서 체계들도 개발되고 있다. 대표적인 항공용 전자 정보 수집 체계인 미국의 U-2R 및 RC-

<표 1> 레이더 및 전자전 주파수 대역 구분

레이더 대역	UHF	L	S		C		X		Ku		K		Ka
전자전 대역	C	D	E	F	G	H	I	J			K		
주파수(GHz)	0.5	1	2	3	4	6	8	10	12.4	18	20	26.5	40

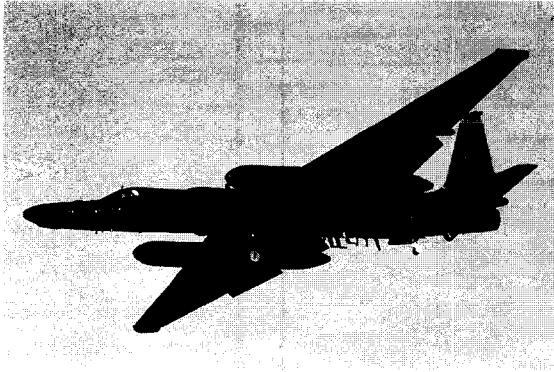
12는 [그림 1]과 같고, 독일의 무인기형 전자 정보 수집체계 Euro Hawk 및 중국의 위성 탑재형 전자 정보 수집 체계 Shenzhou는 [그림 2]와 같다.

현재 국내에는 다양한 종류의 전자 정보 수집 체계들이 운용 중에 있으나, 대부분 국외에서 도입한 것들로서 국내 독자적인 전자 정보 수집 체계 연구 개발이 절실히 필요한 시점이다. 국방과학연구소는 최신의 전자전 장비와 다양한 종류의 전자전 수신기를 개발한 경험을 보유하고 있어, 최근 들어 항공용 전자 정보 수집 체계 개발을 중점적으로 추진하고 있다.

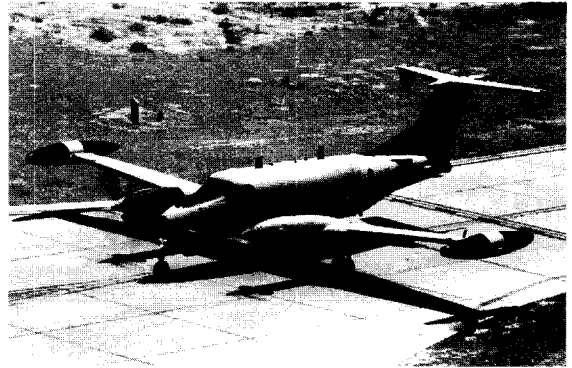
이를 바탕으로 향후 국내에서도 무인기 및 위성 탑재형 전자 정보 수집 체계를 개발이 이루어져야 할 것으로 사료되며, 본 고에서는 이러한 체계 개발의 기반이 되는 항공용 전자 정보 탐지 기술과 관련된 주요 핵심 기술에 대한 기술 소개 및 개발 동향 등을 살펴보고자 한다.

## II. 본 론

전자 정보 탐지 기술은 레이더 출현 및 발전과 더

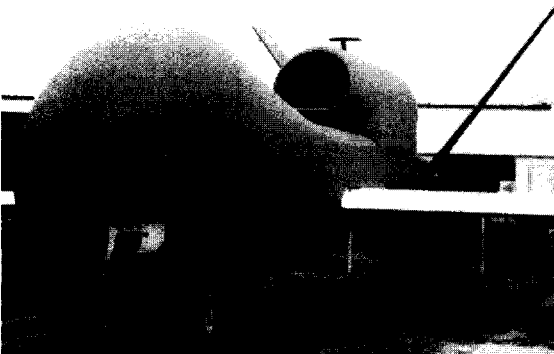


(a) U-2R 체계

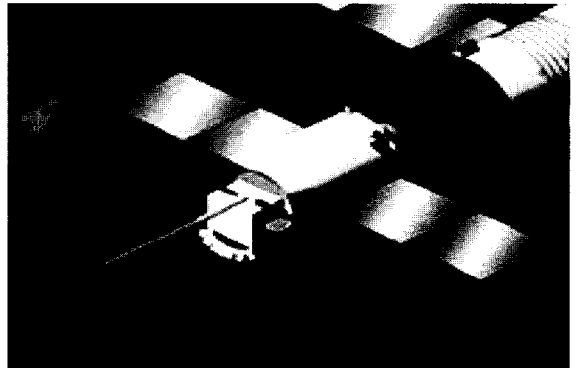


(b) RC-12 체계

[그림 1] 항공용 전자 정보 수집 체계



(a) Euro Hawk 체계



(b) Shenzhou 체계

[그림 2] 무인기 및 위성 탑재형 전자 정보 수집 체계

불어 위협정보를 수집하기 위한 목적으로 기술 개발 및 성능 향상이 이루어지고 있으며, 최근에는 저피탐(LPI: Low Probability of Intercept) 레이더들이 등장함에 따라 고속의 디지털 처리 기술로 위협을 탐지하도록 개발되고 있다. 본 장에서는 항공용 전자 정보 수집 장비에 적용 가능한 전자전 수신기들의 종류와 주요 특징을 소개하고, 특히 전자 정보 탐지 기술 중에서도 최근 기술 개발이 활발히 진행되고 있는 디지털 수신기 설계 기술 및 고정밀 방향 탐지 및 위치 탐지 기술에 대하여 소개하고자 한다.

### 2-1 전자전 수신기 종류

전자 정보 수집 장비는 위협 정보를 식별하기 위하여 위협 레이더가 갖는 주파수, 펄스 폭(PW: Pulse Width), 펄스세기(PA: Pulse Amplitude), 펄스 반복 주기(PRI: Pulse Repetition Interval), 도래 방위, 위협 위치, 안테나 스캔 정보, 인트라 펄스 정보 등을 측정하거나 분석할 수 있어야 한다. 이러한 위협 체원 측정에는 신호 수신기가 사용되며, 다양한 종류의 수신기들이 전자 정보 수집 장비에 적용 가능하다. 대표적인 수신기에는 크리스털 비디오(Crystal Video) 수신기, 슈퍼헤테로다인(Superheterodyne) 수신기, 순시 주파수 측정(IFM: Instantaneous Frequency Measurement) 수신기, 채널화(Channelized) 수신기, 마이크로 스캔(Microscan) 수신기 및 브래그셀(Bragg Cell) 수신기 등이 있다.

크리스털 비디오 수신기와 슈퍼헤테로다인 수신

기는 매우 고전적인 수신기들이며, 순시 주파수 측정 수신기와 채널화 수신기는 최근까지도 가장 광범위하게 사용되어 온 수신기들이다. 반면에 마이크로 스캔 수신기 및 브래그셀 수신기는 이론적인 원리는 잘 알려져 있으나, 적용 사례는 극히 적은 수신기들이다. 본 고에서는 각각의 수신기가 갖는 특징만을 <표 2>와 같이 간략히 비교 정리하였다.

전자전 수신기들은 <표 2>에 나타난 바와 같은 특징들을 갖고 있어 요구되는 목적에 따라 가장 적합한 수신 방식이나 몇 가지가 혼합된 방식의 수신기 구조를 선택하여 구현하여야 한다. 전자 정보 수신기의 경우 주파수 분해능과 수신감도 등이 중요한 설계요소로 볼 수 있는데, 슈퍼헤테로다인 수신기가 가장 널리 사용되고 있으며, 채널화 수신기 및 마이크로 스캔 수신기 등도 간헐적으로 사용되고 있다. 최근에는 프로세서 및 디지털 신호처리 기술이 발달함에 따라 기존의 이러한 수신기 구조를 탈피하여 고주파 신호를 중간주파수(IF: Intermediate Frequency)로 변환하고 디지털화하여 각종 위협 변수를 측정하는 디지털 수신기 기술이 활발히 개발되고 있다. 다음 절에서는 디지털 수신기 설계 기술의 개발 동향에 대해 알아보하고자 한다.

### 2-2 디지털 수신기 설계 기술

전자정보 수집 장비는 레이더 신호에 대해 주파수, 도착 시간, 펄스폭, 신호 세기, 펄스내 변조 특성 등을 측정하여 펄스 상세 정보(PDW: Pulse Descriptor

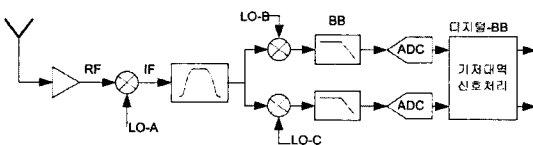
<표 2> 전자정보 수신기별 주요 특징 비교

구 분	채널화	마이크로스캔	브래그셀	IFM	크리스털	슈퍼헷
순시대역폭	Good	Good	Good	Excellent	Excellent	Poor
동시신호 처리	Good	Good	Good	Poor	Poor	Poor
주파수 분해능	Good	Good	Good	Good	Poor	Excellent
수신감도	Good	Good	Fair to good	Fair to good	Good	Excellent
동적범위	Good	Fair to good	Fair	Fair to good	Fair	Excellent

Word)를 생성한다. 그리고 수집된 펄스 상세 정보를 주파수, 펄스폭, 신호 세기 등을 기준으로 그룹화 시키고 각 그룹 안의 펄스들 간의 시간 관계와 주파수 관계를 분석하여 펄스열의 특성 정보를 추출하게 된다. 기존의 전자전 장비는 아날로그 수신기를 사용하는 구조였으나, 최근에는 고속 신호 변환 기술 및 디지털 신호 처리 기술 등이 발전함에 따라 디지털 수신기로 대체되고 있는 추세이다. 디지털 수신기는 아날로그 수신기에 비해 유연성과 확장성이 좋고 경제적이며 대량 생산이 가능하다는 장점이 있다. 또한, 측정된 고속 샘플링 데이터에 대한 하드웨어적 저장이가 가능하므로 펄스내 변조 특성 분석을 가능케 하고 보다 정확한 신호 분석을 할 수 있게 된다.

대용량 데이터의 실시간 처리가 요구되지 않는 분야에서는 소프트웨어 기반의 DSP(Digital Signal Processor)를 흔히 사용하지만, 전자전 장비는  $\mu s$  이하의 고속 실시간 신호 처리가 요구되므로 DSP보다는 높은 게이트 밀도와 스위칭 속도를 갖는 FPGA(Field Programmable Gate Array)를 사용하고 있다. 그런데 FPGA를 사용하게 되면 신호처리 타이밍, 데이터 표현방식 변환, 고속 신호처리를 위한 파이프라이닝 방법 등을 추가적으로 고려하여야 한다. 한편, 디지털 수신기는 신호의 디지털 변환 위치와 디지털 신호처리 범위에 따라 크게 1세대와 2세대로 구분되는데, 가장 기초적인 1세대 디지털 수신기 구조는 [그림 3]과 같다.

1세대 디지털 수신기는 아날로그 주파수 합성기를 사용하고 있어, 하이브리드 형태의 디지털 수신기라고도 불린다. 아날로그 소자에 의해 변환된 기



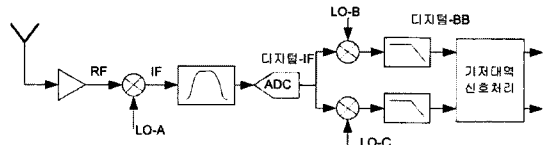
[그림 3] 1세대 디지털 수신기 구조

저대역(Baseband)의 신호를 양자화하고 그 값을 디지털로 신호처리하므로, 비교적 낮은 데이터 변환 속도와 신호 처리 속도로 구현이 가능하며 국내에서도 개발된 바가 있다.

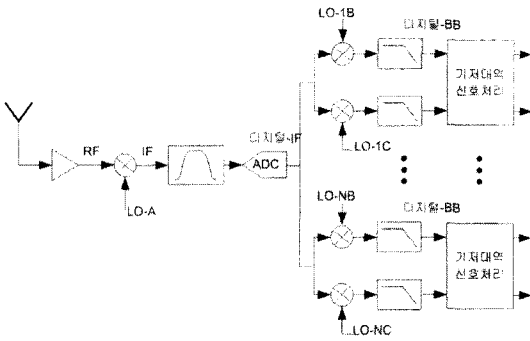
2세대 디지털 수신기는 [그림 4]와 같은 구조로서 국내 개발이 진행 중이며, 기존의 아날로그 주파수 변환부인 IF 단에서 고속 디지털 변환을 통해 데이터를 양자화하고 DDC(Digital Down Converter)를 사용하여 기저대역으로 변환하는 방식이다. 이 방식은 1세대 방식과 비교해 고속의 디지털 변환 회로와 주파수 변환 회로가 요구되지만, 아날로그 회로에서의 I-Q(In Phase- Quadrature Phase) 신호간 불균형 문제를 해결할 수 있다는 장점이 있다.

그런데, 이러한 디지털 수신 기술은 데이터 변환 속도가 빨라지고 고속 신호 처리가 가능해짐에 따라 점차로 순시 주파수 대역폭을 넓혀가고 있는 추세이다. 순시 주파수 대역폭을 500 MHz 이상으로 광대역화 하기 위해서는 GHz 수준의 데이터 변환 속도가 요구되며, FPGA를 사용한 데이터 직접 처리도 매우 어려워진다. 따라서 고속으로 입력되는 신호를 처리하기 위해서는 광대역을 여러 개의 협대역으로 다시 분할하고 협대역 신호를 각각의 신호 처리기가 담당 처리하는 디지털 채널화 수신기를 사용하여야 한다. 디지털 채널화 수신기는 일반적인 아날로그 채널화 수신기 개념을 유사하게 디지털 수신기로 구현한 것으로서, 1세대 디지털 채널화 수신기는 [그림 5]와 같은 구조를 갖는다.

1세대 디지털 채널화 수신기 역시 IF 신호를 양자화하고 디지털 IF 신호를 각각의 채널로 분리해야



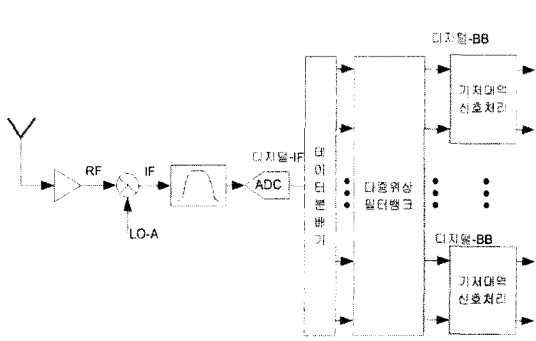
[그림 4] 2세대 디지털 수신기 구조



[그림 5] 1세대 디지털 채널화 수신기 구조

하며, 이를 위해 각 채널별로 별도의 DDC와 디지털 필터를 구현해야 한다. 채널의 분리도 향상을 위해서는 수백 단 이상의 디지털 필터가 각 채널별로 요구되며, 채널수가 증가할 경우 FPGA에서 제공하기 어려운 수준의 게이트 양이 필요하게 된다. 2세대 디지털 채널화 수신기는 [그림 6]과 같은 구조를 갖는데, 채널화를 위해 다중 위상 필터 뱅크(Polyphase Filter-bank)를 사용하고 있다.

다중 위상 필터 뱅크는 하나의 필터 내부를 여러 개의 세부 필터로 구성하고 데이터 분배기(Commutator)를 통해 고속 샘플링된 데이터를 세부 필터에 분배함으로써 저속의 데이터 처리율을 갖도록 변환하게 된다. 각각의 세부 필터를 통과한 신호는 실시간 FFT를 통해 모두 기저대역으로 변환되며, I, Q 신호로 분리된다.



[그림 6] 2세대 디지털 채널화 수신기 구조

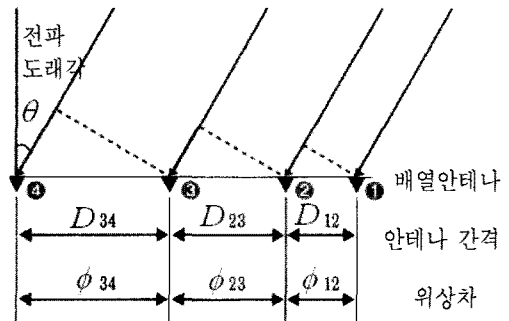
호로 분리된다. 이 때 생성된 각 채널의 I, Q 신호는 각 채널에 존재하는 신호의 제원을 측정하는데 사용된다. 결국, 하나의 필터와 FFT로 전체 대역의 채널화를 구현할 수 있어 채널화 수신기 구성에 필요한 디지털 소자의 양을 대폭 줄일 수 있게 된다.

이와 같은 디지털 수신기는 FPGA의 사용과 디지털 신호처리에 의한 유연성과 확장성으로 인해 향후 다양한 종류의 전자전 장비에 적용이 확대될 것으로 예상된다. 세계적으로도 수신기의 설계 추세는 디지털 신호처리에 기반한 SDR(Software Defined Radio)로 진행되고 있어 디지털 수신기의 개발은 필수적이라 할 수 있다.

### 2-3 고정밀 방향 탐지 및 위치 탐지 기술

전자전에서의 방향 탐지(이하 ‘방탐’) 장치는 정밀도를 높이기 위해 일반적으로 배열 안테나 구조와 멀티 베이스라인 인터페로미터 기법을 사용하고 있다. 멀티 베이스라인 인터페로미터 구조는 [그림 7]과 같은데, 가장 긴 안테나 간(안테나 1-4 사이)의 위상차를 측정하여 고분해능과 고정확도를 얻을 수 있고, 나머지 안테나 간격들의 위상차로부터 모호성을 해결할 수 있는 방법이다.

멀티 베이스라인 인터페로미터 구조 설계에서 가장 중요한 점은 모호성 제거 알고리즘을 고려한 안



[그림 7] 멀티 베이스라인 인터페로미터 구조

테나 배열 간격의 설정이다. 모호성 제거를 위한 안테나 배열 간격 설정을 위해서는 예측되는 위상차 측정 오차를 고려하여 방탐 정확도를 만족하도록 안테나 최장 이격거리(분해능 결정)를 선정하고 방위각 탐지 범위에서 모호성 발생 확률이 최소가 되도록 이론적 해석을 통해 나머지 안테나들 간의 이격거리를 결정하여야 한다.

본 고에서는 3개의 안테나를 사용한 이중 베이스라인 인터페로미터 구조([그림 7]에서 4번 안테나가 없는 경우)를 예로 들어 설계기법을 살펴보고자 한다. 위상차( $\phi_{12}$ ,  $\phi_{23}$ ) 방정식은 식 (1) 및 (2)로 표현되고  $\phi_{12}$ 와  $\phi_{23}$ 는 식 (3)과 같이 선형적 관계를 갖는데, 여기서  $\lambda$ 는 파장,  $k_1$  및  $k_2$ 는 상수이다. 식 (3)에서 볼 때 이격거리비( $\frac{D_{23}}{D_{12}}$ )가 크면 선형관계식에서 기울기가 커져 분해능은 좋아지지만 조건을 만족시키기 위한  $k_1$  및  $k_2$  조합의 수가 다수 존재하여 모호성 발생 확률이 높아지게 된다.

[그림 8]은  $120^\circ(\pm 60^\circ)$  방위각 범위에 대한  $\phi_{12}$ 대

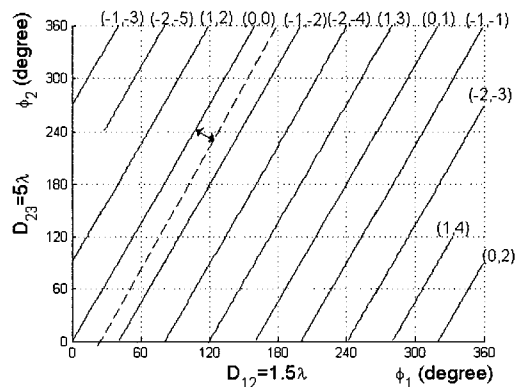
$$\phi_{12} = \frac{2\pi D_{12}}{\lambda} \sin(\theta) \pm 2k_1\pi \quad (1)$$

$$\phi_{23} = \frac{2\pi D_{23}}{\lambda} \sin(\theta) \pm 2k_2\pi \quad (2)$$

$$\phi_{23} = \frac{D_{23}}{D_{12}} \phi_{12} \mp 2\pi \left( k_1 \frac{D_{23}}{D_{12}} - k_2 \right) \quad (3)$$

$\phi_{23}$ 의 선형관계식을 표현한 것으로서,  $D_{23}$ 이  $5\lambda$ 로 설정된 경우 최소 모호성이 발생하는  $D_{12}$ 를 계산하면  $1.5\lambda$ 로 산출된다. 여기서 실선과 점선과의 벡터 거리는 최대 허용 위상차 측정오차로서  $17.2^\circ$ 가 된다. 위상차 측정 오차를 고려한 이격거리  $D_{23}$ 별 최소 모호성이 발생하는  $D_{12}$ 를 계산한 결과는 <표 3>과 같다.

또한, [그림 7]과 같이 안테나 4개를 사용한 삼중 인터페로미터 구조도 유사하게 안테나 최장 이격거리  $D_{34}$ 를 선정하고 모호성 발생 확률이 최소가 되는 나머지 안테나 이격거리를 선정하면 <표 4>와 같은 결과를 얻을 수 있다. <표 3>과 <표 4>에서 해상도는



[그림 8]  $120^\circ$ 방위각에 대한  $\phi_{12}$ 대  $\phi_{23}$ 의 선형 관계

<표 3> 2중 베이스라인 인터페로미터 구조의 최적 안테나 이격비

90도 방위각					120도 방위각				
이격비( $\lambda$ )		해상도(도)		허용위상 오차(도)	이격비( $\lambda$ )		해상도(도)		허용위상 오차(도)
$D_{12}$	$D_{23}$	Max	Min		$D_{12}$	$D_{23}$	Max	Min	
1.5	2	15.7	11.2	36	1.5	2	15.7	8	36
1.9	2.5	19.7	14.1	34.4	2	2.5	20.1	10.2	28.1
2.4	3	24.1	17.2	28.1	2.5	3	24.5	12.5	23
2.8	3.5	28.2	20.1	28.1	2	3.5	25.3	12.9	22.3
1.5	4	26.8	19.1	21.1	1.5	4	26.8	13.6	21.1
1.7	4.5	30.2	21.6	18.7	1.7	4.5	30.2	15.3	18.7
2.8	5	36	25.7	18.8	1.5	5	32.8	16.6	17.2

방위각 1° 범위가 갖는 위상차를 나타내는데, 측정 가능한 위상차가 클수록 위상오차의 영향을 덜 받게 되어 방탐 정확도가 좋아진다. 이와 같이 멀티 베이스라인 인터페로미터 구조는 3~4개의 안테나만 사용하여도 방위각 120° 범위에서 1° RMS 이하의 고정밀 방탐이 가능하므로 많은 전자 정보 장비에 적용되고 있다.

최근 들어 정밀 방탐을 위해 각광받는 방법 중의 하나가 시간차 비교에 의한 방탐 기법인 TDOA(Time Difference of Arrival) 방식이다. TDOA 방식은 기본적으로 2개의 안테나를 이용한 단일 인터페로미터 방탐 방식과 동일한 구조를 사용하되 안테나간의 위상차 대신 신호수신 시간차 정보로부터 신호원의 도래방위를 얻게 되며, 시간차( $\Delta T_{12}$ )는 식 (4)와 같이 표현된다.

$$\Delta T_{12} = \frac{D_{12}}{c} \sin(\theta) = 3.33D_{12} \sin(\theta) \text{ (nS)} \quad (4)$$

여기서  $c$ 는 광속이고  $D_{12}$ 는 안테나간 이격거리(m)이다. 이 방식은 인터페로미터 방식과 비교해 볼 때

위상차 대신 시간차 측정회로(디지털타이저)를 사용함으로써 모호성이 없고 이격거리를 매우 길게 할 경우 분해능(해상도)을 높일 수 있어 고정밀 방탐을 가능케 한다. 특히 최근에 수 GHz 수준의 초고속 정밀 디지털타이저가 개발됨에 따라 TDOA 기술 개발이 더욱 활발해지고 있다. 다만 식 (4)를 통해 계산해 보면 TDOA 방식으로 인터페로미터 방식과 유사한 분해능을 얻기 위해서는 최근의 디지털 수신 기술을 적용하여도 안테나 간격이 최소 수십 m 이상이 요구되어 플랫폼 구조에 크게 제한을 받게 된다.

따라서 최근까지는 항공용의 경우 2대의 항공기를 이용하여 TDOA 방식을 구현하는 방법이 유효하게 적용되고 있다. 즉, 각각의 항공기에 안테나와 초고속 디지털 수신기를 장착하고 항공기간에는 실시간 데이터 링크로 연동하여 각각의 항공기에서 측정된 시간차 정보를 비교하여 방위를 계산하게 된다. 이 경우 항공기를 수 km 이상 이격 운용하게 되므로 매우 정밀한 방탐이 가능해진다.

마지막으로 위치 탐지 기술에 대하여 살펴보자. 방

<표 4> 3중 베이스라인 인터페로미터 구조의 최적 안테나 이격비

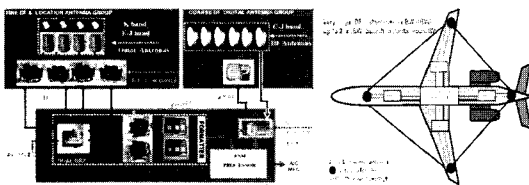
90도 방위각						120도 방위각					
이격비( $\lambda$ )			해상도(도)		허용위상 오차(도)	이격비( $\lambda$ )			해상도(도)		허용위상 오차(도)
$D_{12}$	$D_{23}$	$D_{34}$	Max	Min		$D_{12}$	$D_{23}$	$D_{34}$	Max	Min	
2.3	2.8	4	33.9	24.1	47.5	2.3	2.8	4	33.9	17.2	47.5
2.6	3.2	4.5	38.3	27.3	49.2	1.5	2	4.5	32.3	16.4	46.3
2.8	3.5	5	42.1	30.0	48.0	1.7	2.2	5	35.9	18.2	43.8
1.8	2.4	5.5	39.3	28.0	44.1	2.5	3.5	5.5	43.8	22.2	39.9
2.1	2.7	6	43.3	30.9	43.9	1.5	3.5	6	44.6	22.6	40.2
2.1	2.8	6.5	46.3	33.0	40.6	1.6	2.1	6.5	44.0	22.3	40.4
1.5	2.1	7	46.8	33.4	40.4	1.7	2.2	7	47.3	24.0	38.8
2.7	3.3	7.5	54.2	38.6	39.6	2.7	3.2	7.5	53.9	27.3	37.3
1.9	2.5	8	53.9	38.5	39.3	1.5	2	8	52.6	26.7	38.7
2.1	2.7	8.5	57.5	41.7	39.4	1.6	2.1	8.5	55.9	28.3	38.4
2.1	2.8	9	60.6	43.2	37.3	1.7	2.2	9	59.1	30.0	36.4

탐 정보는 신호원의 도래 방위만을 알 수 있어 신호원의 위치를 탐지하기 위해서는 여러 개의 방탐 정보를 이용하여 위치를 추정하여야 한다. 항공용 위치 탐지 기술은 단일 항공기가 이동하며 여러 위치에서 방탐을 수행한 후 위치를 탐지하는 방법과 여러 항공기의 방탐 결과를 동시에 이용하여 위치를 탐지하는 방법이 있다.

단일 항공기를 이용할 경우에 적용되는 위치 탐지 알고리즘에는 Maximum Likelihood Estimate, Stansfield algorithm, Brown's method 등이 있으며, 정확한 위치를 추정하기 위해서는 신호원을 기준으로 항공기가 계속적으로 이동하며 방탐을 수행하여야 하므로 장시간이 소요되는 단점이 있다. 여러 대의 항공기를 이용하면 위치 탐지 시간은 짧아지지만 항공기 소요 대수가 많이 필요하고 데이터 링크를 통한 실시간 데이터 동기 등이 어렵다는 문제가 있다. 이밖에도 단일 항공기에 몇 개의 안테나를 장착하고 TDOA와 FDOA(Frequency Difference of Arrival) 방식을 동시에 적용하여 위치를 찾아내는 방법들도 개발되어 있는데, [그림 9]는 이러한 대표적인 예로서 이태리의 ELT-800 체계를 나타낸 것이다. 어쨌든 최근에는 방탐 정확도와 위치 탐지 정확도를 높이기 위해 디지털 수신 회로와 TDOA 및 FDOA 기법 등을 복합적으로 적용하는 방법들이 많이 연구되고 있다.

### III. 결 론

현대전은 전자전을 기초로 한 소프트 킬 방법을



[그림 9] ELT-800 체계 구조

중요한 수단으로 사용하고 있고, 향후 네트워크 중심전(NCW: Network Centric Warfare) 상황 하에서는 현재보다도 전자전의 활용도가 더욱 높아질 것으로 예상된다. 즉, 네트워크 중심전은 각종 센서로부터 탐지 및 수집된 정보를 기반으로 수행되므로, 위협 정보 획득을 위한 항공용 전자 정보 탐지 기술 및 세부 핵심 기술의 개발이 매우 중요하다고 할 수 있다.

본고는 항공용 전자 정보 탐지 기술 및 개발 동향 등을 중심으로 민수 분야에서는 다소 생소한 전자전에 관하여 소개하였다. 세부 내용으로서 전자전 수신기와 관련 핵심 기술인 디지털 수신기 설계 기술, 방탐 및 위치 탐지 기술 등의 이론적 배경과 기술 동향에 대하여 살펴보았다. 한편, 전자 정보 탐지의 핵심 기술인 디지털 수신 기술과 고정밀 방탐 기술 등은 민수 분야 등에도 공통 적용이 가능한 분야일 것으로 판단된다.

최근 들어 선진국들은 디지털 기술을 기반으로 한 전자 정보 탐지 기술 개발에 많은 노력을 기울이고 있어 전자 정보 탐지 기술 선진화를 위한 국내 연구 개발도 절실히 요구되는 시점이다. 현재 국내에서도 다양한 연구 개발이 진행되고 있으므로 가까운 미래에 선진국 수준의 고정밀 전자 정보 탐지 기술 확보가 가능할 것으로 예상된다.

### 참 고 문 헌

- [1] James Bao-Yen Tsui, *Microwave Receivers with Electronic Warfare Applications*, John Wiley & Sons, Inc., 1986.
- [2] August Golden JR., *Radar Electronic Warfare*, American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc., 1987.
- [3] [http://area51specialprojects.com/u2\\_pilots.html](http://area51specialprojects.com/u2_pilots.html)
- [4] <http://www.fas.org/irp/program/collect/guardrail.htm>
- [5] <http://www.spyflight.co.uk/ags.htm>



- [6] <http://www.spacedai.y.com/news/china-03zd.html>
- [7] Richard G. Wiley, *ELINT, The Interception and Analysis of Radar Signals*, Artech House, 2006.
- [8] F. J. Harris, C. Dick and M. Rice, "Digital receivers and transmitters using polyphase filter banks for wireless communications", *IEEE Trans. Microwave Theory & Tech.*, vol. 151, no. 4, pp 1395-1412, Apr. 2003.
- [9] F. J. Harris, *Multirate Signal Processing for Communication Systems*, Prentice Hall, 2006.
- [10] Stephen E. Lipsky, *Microwave Passive Direction Finding*, John Wiley & Sons, Inc., 1987.

≡ 필자소개 ≡

이 병 남



1987년 2월: 충남대학교 전자공학과 (공학사)

1989년 2월: 충남대학교 전자공학과 (공학석사)

2001년 3월 ~ 현재: 충남대학교 전파공학과 박사과정

1989년 2월 ~ 현재: 국방과학연구소 전자

전체계개발단 항공전자전실장

[주 관심분야] 초고주파 회로설계, 전자전/방탐 시스템

이 광 일



1980년 2월: 현양대학교 전자공학과 (공학사)

1990년 8월: 충남대학교 전자공학과 (공학석사)

2003년 8월: 충남대학교 전자공학과 (공학박사)

1979년 12월 ~ 현재: 국방과학연구소 전자

전체계개발단장

[주 관심분야] 초고주파 회로설계, 전자전/재밍 시스템