

요 약

레이더(Radio Detection and Ranging)는 전파를 방사하여 그 반사파에 의해 목표의 존재 유무, 거리, 상태 등을 확인하기 위한 무선장치를 말한다. 이와 같은 특성의 레이더를 사용하면 인간의 눈이나 감각으로 확인할 수 없는 여러 가지 정보들을 원거리에서 감지할 수 있으며 그 결과를 파악하여 대처할 수 있도록 해준다. 이러한 다양한 정보를 센싱하는 레이더 기능을 구현하기 위해서는 많은 정보를 포함할 수 있는 광대역 주파수 이용과 많은 반복 펄스의 송수신신호를 필요로 하게 되며 이러한 초광대역 주파수 특성의 극단 임펄스를 이용한 레이더 센싱 기술이 디지털 신호처리와 RF 기술 발전에 따라 급속한 기술발전이 이루어지고 있으며 응용 범위도 다양한 분야로 확장되고 있다. 본고에서는 이러한 새로운 레이더 방식으로 부각되고 있는 UWB 레이더의 국내외 기술동향을 소개하고자 한다.

I. 서 론

레이더(Radio Detection and Ranging)는 19세기 헬쯔의 제안과 마르코니에 의한 무선통신 기술에 의해 시스템이 탄생되었다. 특히 전쟁과 더불어 레이더 기술의 필요성은 계속해서 발전해 왔으며 1935년 표적까지의 거리만을 측정하는 최초의 레이더가 영국 남부 해안에 설치되었고 점차 표적 방향도 동시에 측정할 수 있는 레이더 운용이 본격화되므로서 표적을 탐지하고 사람 눈을 대신한 기술적

발전이 2차 세계대전을 계기로 급격하게 이루어졌다.

레이더는 사용 전파형식에 따라 지속파 레이더(CW radar)와 펄스레이더로 분류되고, 기본 형태는 임의의 발진기에서 발생하는 전자파를 방사하는 송신안테나와 이를 수신하는 수신안테나, 그리고 수신기 등으로 구성되어 있다. 기본원리는 물체를 탐지하기 위해 송신된 신호의 일부가 목표물에 부딪혀 전 방향으로 재 방사하게 되는데 이 신호들 중 일부를 수신안테나로 수신하여 변화된 신호의 크기, 위상, 주파수 등의 정보를 통해 대상물체의 정보를 파악하게 된다. 펄스레이더는 펄스의 송수신 시간차를 계산하여 위치 및 상대 속도 등을 탐지하며 CW 레이더는 송수신 주파수차를 통해 거리계산을 하게 된다. 여기서 반사파의 반송주파수편이(도플러 효과)를 측정하여 이동하는 물체의 상대속도를 측정하거나 반사파 방향을 지향성이 높은 안테나를 통해 수신하여 대상물체의 방향성을 측정한다.

레이더에서의 이러한 탐지정보는 전형적인 무선통신기술에서와 같이 사용 반송파의 주파수 대역에 실리게 되는데 통상 지금까지의 레이더들은 반송주파수의 10 %를 넘지 않는 협대역 정현파 반송주파수를 사용함으로써 탐지범위 해상도나 특성정보 추출이 매우 제한적이었으나 비선형적인 임펄스 신호를 사용하는 UWB 레이더는 탐지대상 정보를 광대역 주파수 성분에 포함하고 있는 상대적으로 많은 펄스신호를 송수신할 수 있어 탐지범위의 측정정도를 높이고 탐지대상의 물체종류와 형태를 주파수특성에 의해 판별할 수 있으며 기후조건에 따른 정

〈표 1〉 레이더의 주요 응용분야

주요 응용 분야	
Surveillance	Proximity Fuses
Search and Track	Altimeter
Fire Control	Terrain Avoidance
Navigation	Weather Mapping
Missile Guidance	Space

보치리와 레이더시스템의 탐지각도 등의 유연성을 기할 수 있어 레이더의 응용 범위를 확장할 수 있는 기술적 계기가 되고 있다. 〈표 1〉에는 주로 이용되는 레이더의 응용분야를 나타내었다.

본고에서는 최근 다양한 응용분야를 목표로 활발한 기술개발 추세에 있는 UWB의 기술동향을 소개하고자 한다.

II. UWB 기술의 개요

2-1 UWB의 기술정의

UWB(Ultra Wide Band)란 아직까지 정의되어 있지 않은 용어로 여러 책에서 다양한 용어로 혼용되어 사용되고 있다. 협대역(Narrowband)이나 광대역(Wideband)이란 용어가 그 응용분야(통신이나 레이더)에 따라 다르게 적용되는 것과 마찬가지로 UWB 용어 역시 그 용도에 따라 "impulse", "time domain", "nonsinusoidal", "baseband", "video pulse", "ultra high resolution", "carrier free", "super wide band" 등 다양하게 사용되고 있다. 1990년 DARPA (Defense Advanced Research Project Agency's)의 보고서에 따르면 UWB는 극도로 작은 전력 스펙트럼 밀도를 가져야 하고, 그 대역폭(percent bandwidth)은 중심주파수의 25 %를 넘어야 한다고 정의하였다. 이때 대역폭은 다른 용어로 "fractional BW" 또는 "proportional BW"로도 불리며 식 (1)과 같이 정의된다.

$$\%BW = \frac{2(f_H - f_L)}{(f_H + f_L)} \quad (1)$$

협대역은 1 % 이내, 광대역이 1~25 % 이내인 것에 비하면 상당히 넓은 대역을 가지는 것을 알 수 있다. UWB는 기존의 주파수 개념에서 벗어나 광대역 주파수 대역을 가지며, 이는 아주 짧은 신호의 주기를 가지는 임펄스 신호이고 이때 신호의 주기는 수십 pico-second에서 수 nano-second의 값을 가지게 된다. 기존의 협대역 시스템과 구분을 명확히 하면, 대부분의 협대역 시스템은 베이스밴드 신호를 고주파의 캐리어 신호에 실어서 정보를 전송하는데 반해 UWB 시스템은 캐리어와 베이스밴드 신호가 합성되어 있는 것이라고 할 수 있다. UWB 통신장치는 예전에 사용하던 모르스 부호를 초고속 스위칭과 변조 기술에 의해 만들어질 수 있으며, 이러한 UWB 시스템은 아주 짧은 신호 주기를 가지게 해 줌으로서 기존의 연속파 통신 시스템에 비해 저전력 소모특성, 침투(penetration) 특성의 우수성, 우수한 스펙트럼 효율, 다중채널 구성의 용이성, 잡음에 대한 감내성(immunity), 비용의 절감 효과 등 다양한 장점을 가지고 있다.

이와 같은 장점 때문에 UWB를 이용한 통신 시스템은 이미 미국이나 일본, 러시아 등 기술 선진국에서는 국방 기술로 비밀리에 연구가 진행되어져 왔고 대부분 상용화에 근접하는 기술 수준을 보유하고 있다.

2-2 UWB의 기술의 역사

UWB 응용시스템의 개발은 이미 오래 전부터 진행되어 왔다. 기존의 연속파 시스템이 비밀유지에 치명적인 단점을 가지고 있다는 것을 인식한 후 대역확산기법이나 다른 광대역화 기술 등을 이용하며 보완해 나갔으나 시스템의 복잡성이나 구성의 어려움 등을 인식하고 새로운 시스템의 개발에 대한 필

요성이 대두되었기 때문이다.

최초의 UWB 기술에 접근한 사람은 1950년대 말 미국 Lincoln 연구소의 Sperry 박사이다. 그는 UWB의 특성분석을 통해 기존 마이크로파 시스템에서의 적용 여부에 대해 연구하였다. 그 후 미국에서는 본격적으로 UWB 기술에 대한 연구가 진행되기 시작하였다. 1963년 G. Gross 박사는 시간영역에서 임펄스 특성을 해석하는데 성공하였다. 그 후 2년 뒤 G. Gross 박사와 Sperry 박사는 공동으로 UWB 기술에 대한 연구를 시작하기로 하고 연구센터를 설립하였다. 1972년 Robbins 박사는 최초로 단일 UWB 검출기에 대한 미국 특허를 취득하였고 이듬해 G. Gross 박사는 UWB 무선 통신 시스템에 대한 미국 특허를 취득하였다. 1974년 Morey 박사는 UWB 기술을 이용한 지반탐사레이더(GPR) 기술의 특허를 취득하였다. 1978년에는 G. Gross 박사 연구팀에서 마침내 최초의 UWB 통신 시스템을 이용한 통신 시험을 성공적으로 수행하였다. 1984년 G. Gross 박사와 Fontana 박사가 공동으로 UWB 공동 연구소를 설립하였다. 이 공동 연구소는 추후 Multi Spectral Inc.로 변경되어 현재까지 미국 내에서 UWB 기술에 관한 가장 많은 특허와 기술력을 보유한 회사로 자리잡고 있다. 1986년에는 이 연구소에서 최초의 필드 테스트에 성공하는 성과를 얻게 되었다. 1990년 미국 DARPA에서는 “Assessment of Ultra-Wideband Radar”라는 주제의 보고서를 발간하였으며, 같은 해 미국 통신연구위원회에서 임펄스 기술에 대한 평가 작업에 착수하였고, 1998년 UWB Working Group이 창설되어 해마다 워크샵 및 공동 연구회를 개최하고 임펄스 기술의 상용화를 위한 표준화 작업을 진행하고 있다. 그로부터 2년 뒤 미국의 FCC(Federal Communication Community)에서 2~10 GHz의 광대역 UWB 통신 채널과 3.1 GHz 대역의 협대역 채널에 대한 기술심의를 진행하였고 2002년 2월 14일 세계 최초로 제한적인 주파수 사용 허가를 해주었

다. 2002년 5월에는 제1회 국제 전기전자통신학회(IEEE) 주관으로 미국 볼티모어에서 컨퍼런스가 개최되었다. 군사기술을 제외하고 세계적으로 상용화 시스템을 제공하지는 못하고 있기 때문에 UWB 기술에 대한 본격적인 연구는 지금부터라고 해도 과언이 아닐 것이다.

국내에서는 한국전기연구원(KERI)에서 고출력 임펄스 발생기 및 UWB 안테나에 대한 연구를 1998년부터 수행하여 기본적인 임펄스 전송시험 및 환경영향평가 등을 수행해오고 있으며, 현재 UWB 기술을 이용한 지반탐사레이더 과제를 수행 중에 있다. 최근에는 한국전자통신연구원(ETRI), 전자부품연구원(KETI) 등의 국책연구소를 비롯해 연세대학교, 광운대학교, 경북대학교 등의 학계와 Microline Co., Ltd, 등의 업계에서도 제한적으로 연구가 이루어지고 있으며, 대기업을 중심으로 많은 업체들이 내부적으로 기술에 대한 검토 작업의 진행 및 신규 과제로의 추진을 준비 중에 있다.

Ⅲ. UWB 레이더 기술개요

3-1 UWB 레이더의 특성

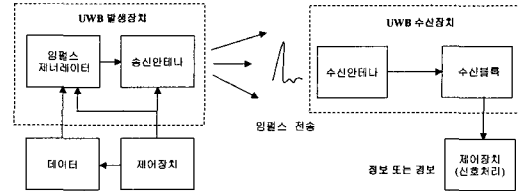
일반적으로 레이더는 가능한 많은 신호를 수신할수록 탐사해상도를 높이고 다양한 정보를 추출할 수 있게 된다. UWB 레이더에서도 펄스의 크기가 매우 짧을수록 많은 정보를 포함할 수 있게 된다. 이러한 장점은 현재의 일반적 레이더의 제한적 특성을 개선할 수 있다. <표 2>는 현재의 레이더 시스템의 성능을 제한하는 제한적 원인을 나타내었다.

상기에 언급된 바와 같이 이와 같은 문제점들은 대부분 UWB 기술의 적용으로 극복될 수 있다. 기존에 사용되는 펄스 레이더에 비해 UWB 레이더(임펄스 레이더)가 가지는 장점은 크게 다음의 9가지로 요약된다.

<표 2> 현재 레이더의 성능 제한원인

성능파라미터	제한사항
탐지거리	평균유효방사전력, 목표물응답, 전파매질, 그리고 클러터에 의해 특성이 좌우된다.
평균방사전력	안테나 이득, 전송전력, 듀티(duty) 비에 의해 특성이 결정된다.
목표물 응답	목표물의 크기에 좌우되며, 현재의 기술로는 목표물의 크기가 제한된다.
목표물 확인	공진(resonant) 기법을 이용해 정밀한 확인이 가능하지만 1 GHz 이상의 대역폭과 저주파 특성이 필요하다.
전파 (propagation)	매질에 따라 성능이 결정되며 근본적으로 광대역 특성이 필요하다.
클러터(clutter) 억압	도플러 레이더나 MTI에서는 신호의 위상이 중요한 파라미터이며 현재의 발전기술로는 성능이 제한적이다.
속도측정	목표물의 관찰 시간에 좌우되는데, 현재의 기술로는 모호성이 크다.
거리측정	신호의 대역폭에 좌우되는데, 현재의 기술로는 대역폭이 제한되고 있다.

1. 측정된 목표물에 대한 정밀도가 향상된다.
2. 목표물에 대한 종류와 형태를 구분하기 쉽다.
3. 비나 눈, 안개 등의 자연적인 환경에 대한 영향이 줄어든다.
4. 안테나 패턴에서의 측정오차를 보상하여 목표물에 대한 관찰을 보다 개선할 수 있다.
5. 목표물에 대한 검출확률과 검출된 목표물에 대한 지속적인 관찰성능이 개선된다.
6. 방사된 신호의 특성을 변화시켜 아주 좁은 안테나 패턴을 만들 수 있다.
7. 다른 외부 기기로부터의 협대역 전자파나 잡음에 대해 보다 우수한 감내성을 가진다.
8. 레이더의 "Dead Zone"을 줄여준다.
9. 레이더의 비화(秘話)성이 높아 상대방이 검출하기 어렵다.



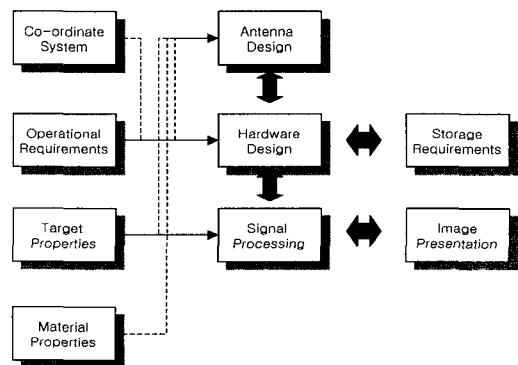
[그림 1] UWB 레이더 시스템 하드웨어

3-2 UWB 레이더 구성

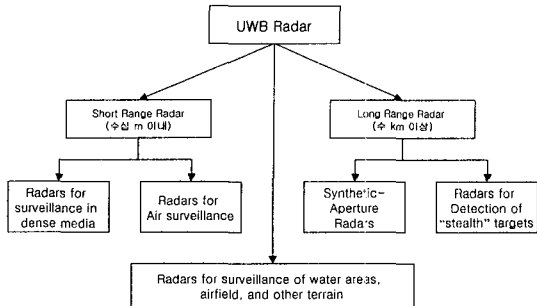
[그림 1]에는 기본적인 UWB 레이더의 하드웨어적 시스템을 나타내었다. 송·수신 안테나는 동일한 것을 사용하는 것이 대부분이지만 특별한 목적으로 두 개를 분리하여 사용하기도 한다.

UWB 레이더의 기능적 관계와 시스템 구현은 [그림 2]에 나타내었다. 일반적인 레이더 시스템과 같이 시스템 구성장치가 송신부와 수신부로 기능이 구분되며 이러한 기능을 담당하는 각 장치는 고(高)지향성 초광대역 안테나, 임펄스 신호 발생기, 임펄스 검출기, 고속의 A/D 변환기, 신호처리기 등으로 구성된다.

UWB 레이더의 시스템 구성은 광대역 반송주파수에 실려 있는 임펄스성의 주파수 신호처리를 위해서는 현재의 저속의 A/D처리 보드사용을 위한 실시간적 신호처리 알고리즘 등의 구현 때문에 기존



[그림 2] UWB 레이더의 기능구성



[그림 3] UWB 레이더의 응용범위

레이더 시스템보다 신호처리 시스템이 복잡한 구성을 가지게 되며, 대부분의 RF 부분이 초광대역 RF 회로 취급이 가능한 초고주파 회로를 요구하게 된다. 따라서 UWB 레이더의 핵심기술은 송신단에서는 안정적으로 극단의 상승시간과 고출력 특성을 가지는 임펄스 발생장치와 이를 손실 없이 송수신할 수 있는 초광대역 안테나, 그리고 초광대역 송수신기가 기존의 협대역 RF 무선통신기술 영역에서 접근시 어려운 기술적 난제를 가지고 있다.

[그림 3]에는 UWB 레이더의 응용범위를 나타내었는데, 레이더의 탐사거리와 전파매질, 신호처리방법 등으로 구분하여 분류하였다. 초광대역 전자파 신호가 통과하는 매질환경에 따라 공중 및 벽투과 레이더 그리고 지중 및 수중 탐사레이더 등이 있으며 탐사 물질의 주파수 응답특성에 따른 신호처리가 가능하여 스텔스 물체들을 탐지할 수 있다.

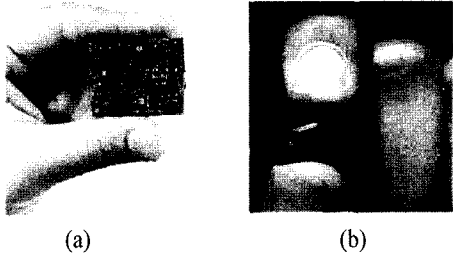
3-3 임펄스 발생기

임펄스 발생기는 임펄스의 상승폭이 수십 pico-second에서 수 nano-second의 값을 가지도록 설계되어야 하며 통신용으로는 수십 μW ~ mW 의 저출력을, 레이더용으로는 수 W ~ MW 이상에 이르는 고출력을 필요로 한다. 이를 구현하기 위해서는 초고속 스위칭 기술의 적용이 필요하며, 저출력용으로는 기존에 많이 사용되고 있는 일반 스위칭용 TR을 사용

하여 1 ns 정도의 상승폭을 가지고 첨두전압 400 V 이내의 임펄스 발생기를 제작하는데 적용되고 있다. 이와 같은 임펄스 발생기는 소출력 레이더 장치나 저속의 통신 장치를 실험하는데는 큰 어려움이 없다. 하지만 레이더에 가장 많이 적용되는 kV 이상의 고출력 장치에는 기존의 소자를 사용해서 쉽게 구현되지 않는다. 미국에서는 GaAs 기술에 TEF(Trap Enhanced Field) 기술을 적용하여 극도로 높은 전자장을 발생시킬 수 있도록 소자를 구현하였다. 또다른 시도로는 GaAs 기술에 광 스위칭 기술을 접목하여 GaAs PCSS (Photo-Conductive Semiconductor Switch)를 구성하였고 이 소자로는 수십 kV의 첨두 전압을 얻을 수 있다. 그밖에 플라즈마 현상(Gas Switching)을 이용한 EMBL(EnantioMorphic Blumlein)이나 다이오드 스위칭 소자 등을 개발하고 있다. 러시아에서는 실리콘 다이오드 기술을 발전시킨 DSRD(Drift Step Recovery Diode) 소자를 개발하여 수십 kV의 첨두 전압을 가지고 고속의 스위칭이 가능한 임펄스 발생장치를 개발하고 있다. 이는 TR을 사용하는 것보다 가격이 저렴하고 제조가 쉬우며 여러 가지 형태로 구현이 가능하다는 장점이 있다.

[그림 4]의 (a)에는 미국의 국립 연구소 LLNL (Lawrence Livermore National Laboratory)에서 1993년 MIR(Micropower Impulse Radar)라는 명으로 발표된 소출력 임펄스 발생장치이다. 중심주파수가 1.95 GHz이고 대역폭은 약 500 MHz 정도이다. 평균 출력전력은 약 1 μW 로 5 V, 8 mA의 전원으로 구동되는 특징을 지녔다.

이와 같은 임펄스 발생장치는 주로 통신용이나 근거리 레이더용으로 많이 적용되는데, 통신용으로 적용하기에는 PRF가 2 MHz 정도밖에 되지 않아 고속의 데이터 전송은 할 수가 없다. LLNL에서는 이 장치를 이용하여 침입탐지레이더, 비파괴검사(철근탐지), 플라스틱 지뢰 탐지 레이더, 인체 골절 검사용 레이더 등에 응용개발을 추진하고 있다.

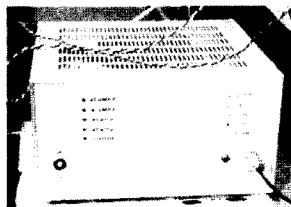


[그림 4] 소출력 임펄스 발생장치
 (a) LLNL에서 개발된 MIR
 (b) Time Domain사의 Chipset

[그림 4]의 (b)에는 미국 Time Domain사(TDC)의 UWB 칩셋(Chipset)을 나타내고 있다. TDC의 칩셋은 크게 정밀 타이밍 회로, 코릴레이터(correlator) 회로, 베이스밴드 신호처리 및 시스템 제어회로로 구성되며, 구현에 적용된 기술은 SiGe Bipolar와 CMOS 기술을 혼용하였다.

TDC에서는 1999년 최초의 UWB T1 칩셋(PulsON 100 : 0.5 μm 기술 적용) 개발이후 현재 T2 칩셋 (PulsON 200 : 0.35 μm 기술 적용)을 개발하여 상품화에 박차를 가하고 있다.

[그림 5]에는 수백 V~수 kV의 첨두 전압을 가지는 대출력 임펄스 발생장치를 나타내었다. 이와 같은 대출력 임펄스 발생장치는 대부분 레이더 장치에 적용되어 수십~수천 km의 영역을 탐지하는데 사용되며 특별한 경우로 EMP(Electromagnetic Pulse)파를 생성하여 전략적 목적으로 사용되기도 한다. 펄스의 첨두 전력(평균전력은 첨두 전력의 절



[그림 5] 대출력 임펄스 발생장치

반)이 크면 클수록 펄스의 충·방전 시간이 길어짐에 따라 펄스반복주파수(PRF)는 낮아지게 되는데, 이는 레이더의 탐지거리를 제한하는 한 요인이 된다. PRF는 목표물이 탐지될 것으로 예상되는 최대 탐지거리에 의해 결정되므로 PRF를 결정하는 것은 레이더의 탐지거리와 오동작을 방지하는데 중요한 역할을 하게 된다.

3-4 UWB 안테나

레이더에 사용되는 안테나는 대부분 아주 좁은 빔폭을 요구한다. 주로 펜슬빔($2\sim 3^\circ$)이나 니들빔($0.1\sim 1^\circ$)의 좁은 빔폭을 이용하게 되는데, 이는 목표물의 방향에 대한 정밀도를 향상시키기 위해 적용된다. 또한 UWB 안테나는 초광대역 신호를 방사하기 때문에 에너지 손실을 줄이기 위해서는 안테나가 자체적으로 초광대역 특성을 가져야 하는데, 안테나가 물리적으로 협대역 특성을 가지기 때문에 구현이 상당히 어렵다.

<표 3>에는 기존의 협대역 신호와 UWB 신호에 대한 안테나의 특성을 나타낸 것이다. 상기의 두 조건을 동시에 만족하기는 상당히 어려운 문제이다. 이를 해결하기 위해 현재 Spiral, PAN Dipole, 그리

<표 3> 안테나 특성 비교

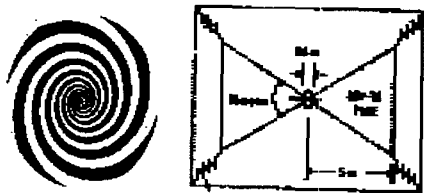
Parameter	Signal	
	Narrowband	UWB
방사	안테나의 모든 개구면	안테나 개구면의 중심 또는 종단
시간영역에서의 안테나 패턴	전류의 형태로부터 유도된다.	전류의 형태가 반복된다.
안테나 패턴의 크기	각 좌표계에 좌우된다.	각 좌표계, 시간에 좌우된다.
안테나 패턴	각 좌표계에 좌우된다.	각 좌표계, 시간 그리고 전류의 형태에 좌우된다.
측면방사	부엽(side lobe) 발생	균일하게 감쇄됨.

고 Bow-Tie형 안테나들이 적용되고 있다. 이들 안테나의 출력과 빔폭을 개선한 것이 혼 안테나의 변형된 형태인 Rigid Horn 안테나와 파라볼릭 안테나의 변형이다. 이들은 모두 고출력, 고 지향성의 특징을 가지고 있어 레이더 응용에 적합한 구조이다. 또한 여러 주파수의 Horn 안테나를 겹쳐 구성된 Folded Horn 안테나 역시 비슷한 특성을 가지고 있다.

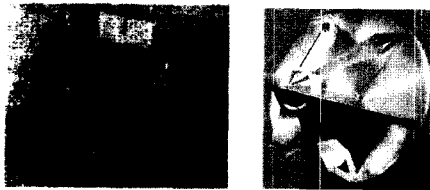
향후 임펄스 기술이 발전함에 따라 안테나의 형태도 많은 변화가 있겠지만 물리적인 구조상 우수한 특성을 얻기 위해서는 많은 노력과 연구가 뒷받침되어야 할 것이다.

3-5 UWB 수신기

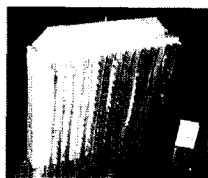
수신기 종류에는 여러 가지가 있지만 기술적으로



(a) Spiral & Bow-Tie 안테나

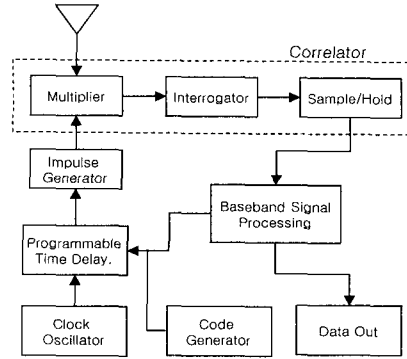


(b) Ridged Horn & Modified Parabolic 안테나

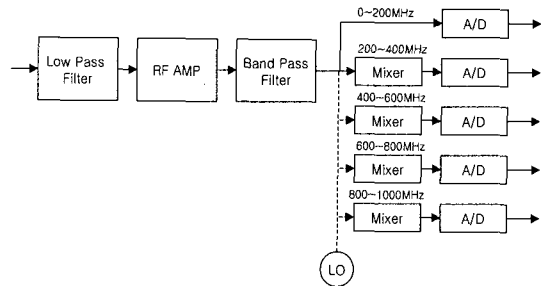


(c) Folded Horn 안테나

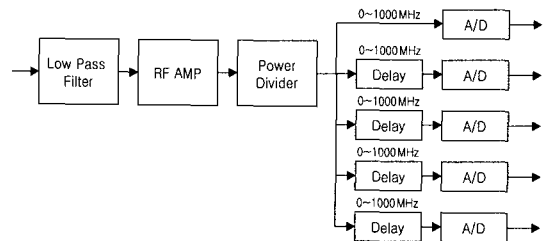
[그림 6] UWB 안테나의 종류



(a) TDC TI 수신기 전체 블럭도



(b) 연속과 방식의 광대역 수신기



(c) UWB 방식의 광대역 수신기

[그림 7] 기존 방식과 UWB 수신방식의 비교

가장 발전된 구성은 디지털 수신기이다. 1960년대에는 크리스탈-비데오 방식의 단순한 수신기에서 현재 가장 많이 적용되고 있는 슈퍼헤테로다인 수신기까지 많은 발전이 이루어져 왔다. 하지만 UWB 신호를 수신하기 위해서는 디지털 수신기의 적용이 필수적이다.

최근 학술적이거나 실용적으로 많은 연구가 이루어지고 있는 SDR(Software Defined Radio)기술의 가장 핵심이 되는 부분도 역시 디지털 수신기에 있다고 해도 과언이 아니다. [그림 7]의 (a)에는 TDC의 TI 수신기의 전체 블록도를 나타내었다. 그림에서와 같이 수신기에서 가장 중요한 부분은 상관기(correlator)이며 이는 송신기와의 동기를 맞추기 위한 필수적인 기술이다. 또 다른 방법으로 [그림 7]의 (b)와 (c)에 나타낸 것과 같이 연속파 방식의 광대역 신호는 적절히 분배된 대역통과 필터를 거쳐 A/D 변환기에서 변환 가능하도록 대역을 제한해 주지만, UWB 방식은 시간적인 지연을 이용해 시간영역에서의 해결방법을 취하게 된다. 이때 시간 지연을 적절히 제공하지 못하면 정확한 신호를 복원하기가 어렵게 된다.

기본적으로 디지털 수신기는 광대역 아날로그 고주파신호를 디지털화해서 컴퓨터로 처리하므로 고감도이면서도 동시에 수신할 수 있는 주파수 대역폭이 매우 넓다. 디지털 자료를 처리할 수 있는 소프트웨어는 대부분의 필터나 복조도 기능적으로 시뮬레이션 할 수 있기 때문에, 디지털화 된 신호들에 대해 최적의 필터, 복조, 검출 후 처리가 가능하다. 하지만 구현에 있어서 가장 문제가 되는 것이 고속의 A/D 변환기이다.

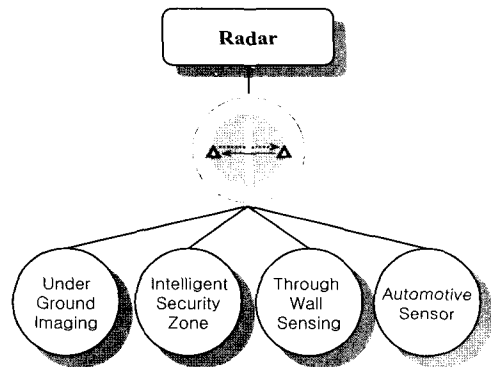
디지털화 하려는 신호의 최고주파수 사이클당 샘플 두 개는 있어야 컴퓨터에 적절한 신호를 제공할 수 있다. 기술 수준은 나날이 진보하고 있지만, 디지털화 할 수 있는 최고주파수와 제공 가능한 최고 해상도에 대한 제한은 아직까지 문제점으로 남겨져 있다.

IV. UWB 레이더의 응용

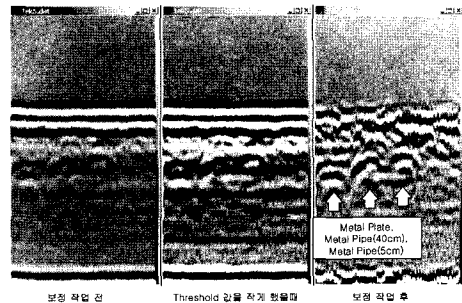
UWB 레이더 기술 다양한 분야에 응용이 가능하며 기존의 사용되는 레이더 장치를 대체하여 대부분 적용이 가능하다.

[그림 8]에는 UWB 기술을 이용한 다양한 응용분야를 나타내고 있으며 크게 지반탐사, 지능형 보안, 벽면 투과형, 차량용 레이더 등이 있으며, 이 중에서 지반탐사분야와 지능형 보안레이더는 가장 광범위하게 연구되고 있다.

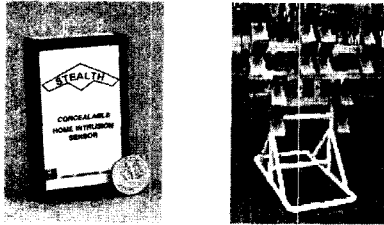
[그림 9]에는 한국전기연구소와 (주)마이크로라인에서 개발중인 UWB 지반탐사용 레이더(GPR)의 실험결과이며 땅속 1~2 m에 매장된 목표물들을 GUI(Graphic User Interface) 상에서 쉽게 확인할 수 있음을 알 수 있다. 이 기술을 적용하면 건축물들에 대한 안전진단과 함께 지반에 매장된 시설물들을 효과적으로 관리할 수 있으며, 사회 구조가 복잡·다양화됨에 따라 개인 또는 가정용 보안에 대한 시장 수요가 발생하고 있어 그와 관련된 센서로 적외



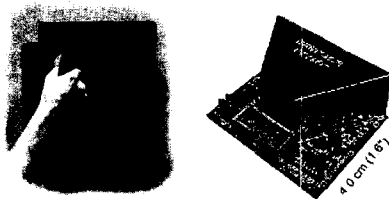
[그림 8] UWB 레이더의 응용분야



[그림 9] UWB 레이더의 응용분야



(a) NDT & Intrusion Sensor



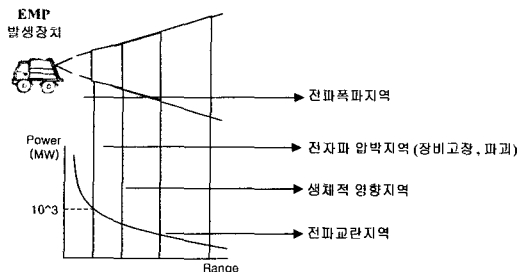
(b) Through Wall Imaging & Motion Sensor

[그림 10] 초출력 UWB 응용 레이더 기기

선 감지거나 영상감지기 등이 많이 적용되고 있다.

이 분야에 초출력 UWB 레이더 기술을 적용한다면 개인 또는 업무용 보안 시스템에 보다 효과적으로 대체할 수 있게 된다. [그림 10]에는 다양한 초출력 UWB 레이더 응용 기기들을 나타내었으며 이 제품들은 미국의 Multi spectral, Time Domain, Xstream spectrum 등의 군수·민수 업체들을 통해 초기 제품들이 개발되었고, 최근에는 McEwan, Farr Research 등의 업체들이 관련 제품들을 상용화하고 있다.

특수한 목적으로 현대전의 필수 구성요소인 전자전을 원활히 수행하기 위한 다양한 노력들도 시도



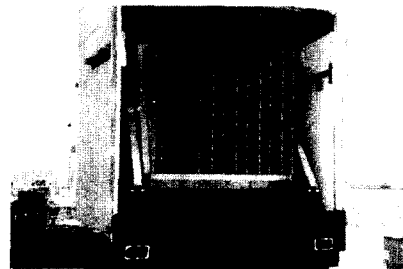
[그림 11] 임펄스 출력에 따른 환경 영향

되고 있다. 그 중 가장 활발한 분야는 원자폭탄이 폭발할 때 발생하는 EMP(Electromagnetic Pulse) 파를 인위적으로 발생하여 적의 전자 시스템(레이더, 전자유도장치 등)을 무력화시키는 장치를 개발하는 것이며, [그림 11]에 EMP파의 출력에 따른 전자기기의 영향을 나타내었다.

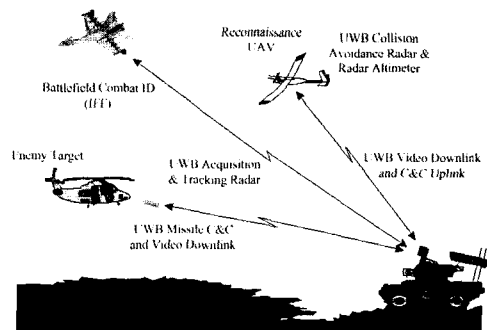
[그림 11]에서 고출력 임펄스는 다양한 형태의 영향을 줄 수 있으며 특히 적의 레이더 장비나 전자장비의 파괴, 일시적인 교란 또는 충격을 주어 오동작을 유발할 수 있다.

이 장치는 초고출력(수십 MW~수백 GW)의 UWB 기술을 적용하여 구현 가능하며, 군사 강국인 미국이나 이스라엘 등에서는 오래 전부터 연구되고 있는 분야이다.

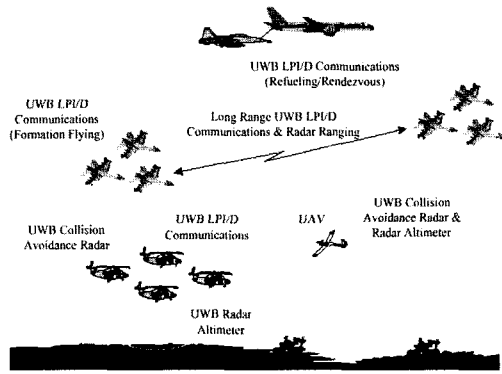
[그림 12]의 (a)에는 미국에서 개발된 EMP 장치용 안테나이며, 이 장치는 고출력 EMP파를 발생시



(a) EMP 출력용 배열안테나



(b) UWB에 의한 지휘 통제 시스템



(c) 전략적 용도의 UWB 레이더

[그림 12] UWB 레이더의 전략적 응용

켜 배열안테나를 통해 집적화하여 특정 방향으로 방사시켜 적의 통신망이나 전자장비 등을 무력화시키게 된다.

이밖에도 [그림 12]의 (b)의 UWB 레이더와 통신장치를 이용한 지휘통제장치의 개발, (c)의 UWB 레이더를 이용한 원거리 초정밀 목표물 탐지 및 UAV (Unmanned Air Vehicle)등과 같이 적의 통신교란을 피하면서 아군의 통신 및 정보교류를 원활히 하고 정밀하게 적을 탐지 있는 최첨단 기술들이 연구·개발되고 있기도 하다.

UWB 레이더 기술은 기존에 적용되던 레이더 분야에 공통적으로 적용이 가능할 뿐만 아니라 보다 경제적이고 우수한 특성을 가지고 있어 앞으로 많은 분야에서 적용 연구가 이루어질 것이다.

V. 결 론

UWB 레이더는 기존의 펄스 레이더나 연속파 레이더가 가지는 제한적 성능을 개선할 수 있는 기술로 평가받고 있다. 최근 UWB 무선 송수신 기술의 관심도가 급증하고 있어 무선통신기술과 함께 기존

의 레이더응용 분야 이외에도 다양한 응용분야 기술개발이 기대되고 있는 기술이다.

그러나 기존의 RF영역에서 바라본 초광대역 신호 취급기술은 아직 미흡한 수준에 있으며, 특히 실용화에 제한적 요인인 경제성이나 전파법규 등의 실용화 장애 요소 등도 극복해야 되는 초기 또는 개발 진입단계에 있는 기술분야이기도 하다. 따라서 고출력 임펄스 발생기, 초광대역 고지향성 안테나, 초광대역 수신장치, 영상처리기법, UWB 전파특성 모델, 신호 식별 알고리즘, 소자의 소형화, 초광대역 소자(모듈) 기술 등의 확보는 UWB 레이더기술의 핵심기술이며 UWB 무선통신기술과 함께 다양한 기술수요를 기다리고 있는 초광대역 기술 응용분야의 공통적 과제이기도 하다.

참 고 문 헌

- [1] James D. Talor, P. E., *Ultra-Wideband Radar Technology*, CRC Press LLC, 2001.
- [2] James D. Talor, P. E., *Introduction to Ultra-Wideband Radar System*, CRC Press LLC, 1995
- [3] D. J. Daniels, *Surface Penetrating Radar*, IEE, 1996.
- [4] Merrill I. Skolnik, *Introduction to Radar Systems*, 2nd Edition McGraw-Hill, 2000.
- [5] Igor I. Immoreev, "Features of Ultra-Wideband Signals' Radiation", *IEEE Conference on Ultra Wideband Systems and Technologies*, pp. 345-349, 2002.
- [6] Igor I. Immoreev and James D. Talor, "Future of Radars", *IEEE Conference on Ultra Wideband Systems and Technologies*, pp. 197-199, 2002.
- [7] L. Y. Astanin and A. A. Kostylev, *Ultra-wide band Radar Measurements*, IEE Press, 1997.

[8] 김관호, 이원태, 이재조, 유동욱, 윤동기, “임펄스 무선통신 응용기술 연구”, 한국전기연구원, 2000.

[9] Bruce Noel, *Ultra-Wideband Radar*, CRC

Press, 1991.

[10] Lawrence Carin and Leopold B. Felsen, *Ultra-Wideband, Short-Pulse Electromagnetics 1~3*, Plenum Press, 1995.

≡ 필자소개 ≡

김 관 호



1978년 2월: 숭전대학교 전자공학과 (공학사)

1980년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학석사)

1980년~1983년: 한국전력공사

1983년~현재: 한국전기연구원 책임연구원

[주 관심분야] 무선통신, 전력선통신, 무선전력전송, UWB 레이더 및 응용기기, 무선통신 시스템설계