

主 題

# UWB 안테나 기술

금오공과대학교 전자공학부 이 영 훈

차 례

- I. 서론
- II. UWB 안테나의 특성
- III. UWB 안테나
- IV. 결론

## I. 서론

최근의 이동 무선통신기술은 IMT-2000 통신, 4세대 이동통신과 같은 광대역 디지털 이동통신 시스템 개발에 심혈을 기울이고 있으며, 이에 대한 기술의 표준화가 진행 중에 있고, 조만간에 상용화가 이루어 질 것이다.

또한 원거리 무선통신과 더불어 근거리 무선 통신기술인 LAN(Local Area Network), UWB(Ultra Wide Band), PAN(Personal Area Network), Home-LAN 등 근거리 통신분야가 급속한 발전이 예상된다. 따라서 무선용 기술의 부가가치의 중요성과 그 파급효과가 매우 큼으로 많은 선진국에서는 이 분야에 대한 개발을 집중하고 있다.

특히 근거리 무선통신 기술인 UWB 기술은 미국에서 군사목적으로 보안성이 높은 통신, 표면침투 레이더 등에 적용하여 왔다. 1989년에 미

국 국방성은 이에 관한 기술을 “Ultra Wide Band”라고 명명하였으며, 군사 및 정부기관을 위해서만 사용하였으며, 상업적인 목적을 위해서는 사용하지 못하였다. 그러나 미국 연방통신위원회(FCC)는 1998년부터 관계규정을 준비하여 최근에 사용주파수는 3.1Ghz~10.6Ghz의 주파수 대역만 사용하고, 실내환경에서 거리 9m 이내에서만 무선통신을 구현하도록 상용화를 허가하였다. 이와 아울러 대학, 산업체, 연구소가 초 광대역 연구 그룹(UWBWG)을 설립하여 초광대역에 대한 표준화를 활발히 추진하고 있으며, Home LAN을 위한 연구도 활발히 진행하고 있다.[12,13]

일반적으로 UWB 시스템은 대역폭이 25%이상, 1.5Ghz 이상의 대역폭, 1ns보다 짧은 펄스를 사용하는 시스템으로 정의하고 있다. 이러한 UWB 시스템은 하나의 비트 시간보다도 더 짧은 폭을 갖는 펄스를 사용하므로 매우 넓은 주파수에 걸쳐 전력스펙트럼 밀도가 존재함으로 상대적으로 낮은 전력스펙트럼을 갖으며, 기존의 무선

통신시스템에 간섭을 주지 않으므로 주파수 공유 측면에서 매우 유리함을 알 수 있다.[3~9]

이러한 UWB 시스템은 주파수 대역폭이 넓으므로 신호의 원활한 송수신을 위하여 광대역 특성을 지닌 안테나를 사용하여야 한다. 특히 UWB 안테나에 입력된 펄스 신호는 광대역 특성을 갖고 있기 때문에 안테나에서 주파수 특성에 의해서 전송속도가 지연됨으로 인하여 펄스에 분산효과(dispersive effect)가 발생할 수 있다. 그러므로 UWB 시스템은 적용하는 대상에 따라서 대역폭이 변화하므로 분산효과가 없는 안테나를 적절하게 적용하여야 할 것이다. 이에 따라서 초 광대역 안테나는 분산효과가 없고, 소형화, 안테나의 특성을 개선하는 방향에 관한 연구의 중요성이 증대되고 있다.[12,13] 따라서 본 연구에서는 이러한 UWB 시스템에 적용할 수 있는 안테나 특성과 안테나 요소 기술에 관하여 살펴보고자한다.

## II. UWB 안테나의 특성

### 1. UWB 안테나의 필요조건[1,2]

일반적으로 안테나의 특성을 결정하는 이득, 빔 폭, 대역폭 등에 대한 정의와 수식은 특정 주파수 즉 파장의 함수를 이용하여 표현한다. 일반적으로 안테나에서 광대역이라는 것은 이득과 빔 폭의 특성에 의하여 정의되지만 안테나의 동작되는 면에서 볼 때 좁의 의미에서 보면 주파수를 통하여 표현된다. 레이다는 송신부의 밴드폭은 수%에 불과하지만, ESM(Electronic Support Measure)과 FHCS (Frequency Hopping Communication System)와 같은 수신기의 대역폭은 아주 광대역이어야 한다.

UWB 레이다에서 송신부와 수신부의 밴드폭

은 앞에서 설명한 것과 다르게 동시에 같은 광대역 특성을 가져야한다.

UWB 시스템에서의 밴드폭은

$$BW(\text{bandwidth}) = 200 \cdot \frac{f_h - f_l}{f_h + f_l} \% \quad (1)$$

이며, 여기서  $f_l$  과  $f_h$  는 가장 낮은 주파수와 높은 주파수를 말한다.

UWB 안테나의 동작범위는 펄스의 특성에 의하여 표현될 수 있다. 펄스의 상승시간(rise time)은 가장 높은 주파수를 말하며, 펄스의 길이는 중간주파수를 말하며, ps(picoseconds)단위로 상승시간과 펄스폭의 크기를 이용하여 펄스의 주파수들을 표현하면

$$f_h = \frac{500}{\text{Risetime}} \text{ Ghz} \quad (2)$$

$$f_l = \frac{500}{\text{Pulse-length}} \text{ Ghz} \quad (3)$$

$$\text{여기서 } f_m = \sqrt{f_h \cdot f_l} \text{ Ghz 이다.} \quad (4)$$

안테나의 관점에서 볼때 UWB 시스템은 주파수대역폭은 6:1 이상이어야 한다. 위의 식으로부터 펄스폭과 상승시간을 고려한 낮은 주파수는 약 1Ghz이며, 상위주파수는 10Ghz이다.

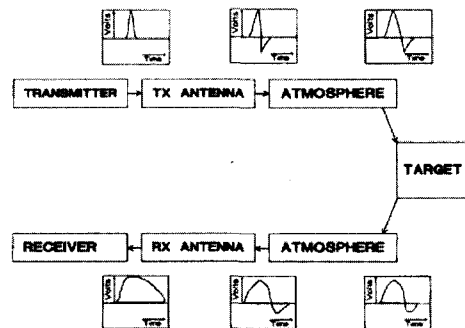


그림 1. UWB 레이다의 송수신단의 펄스 모양

그림 1은 UWB 레이더의 경우에 송신부에서 생성한 펄스가 대기중을 통과한 후에 목표물에서 반사된 신호를 수신부에서 수신된 신호의 펄스는 수신부에서 생성된 신호형태와 같지 않음을 보여 주고 있다. 따라서 신호의 전달 경로에서 신호의 형태가 조금씩 변화가 발생되므로 최종 수신단에서의 신호의 형태는 크게 변화하게 된다. 만약에 송신된 신호가 전달 경로에서 왜곡이 없으면 수신된 신호는 주파수에 따른 진폭과 위상의 변화가 없다. 그러나 안테나와 대기중에서의 신호의 분산으로 인하여 주파수에 따른 신호의 위상과 크기가 일정하지 않기 때문에 펄스 신호 변화가 발생된다.

따라서 UWB 안테나를 설계하는 방법은 UWB 시스템에 적용된 전달함수 혹은 임펄스를 통하여 안테나에 의한 신호의 왜곡을 방지하며, 아울러 여러 형태의 안테나에 적당한 임펄스 및 전달함수를 적용하는 방법을 통하여 UWB 시스템에 적용될 수 있는 안테나 특성을 추출하여 안테나를 설계하는 방법을 적용하여야 할 것이다.

## 2. UWB 안테나의 설계 파라미터[1,2]

### 1) Electrical Boresight

Electrical boresight는 레이더에서 목표물과 이루는 각을 말하며, 또한 협대역 시스템에서는 안테나로부터 가장 큰 신호가 발생하는 축을 말한다. 예를들면 기본 모드로 급전되는 혼 안테나의 경우에 Electrical Boresight는 혼의 축을 말하며, 배열 안테나의 경우는 방사패턴이 위상과 크기가 가장 대칭인 축을 말한다. 이와 같이 Electrical boresight는 UWB 안테나에서 펄스 진폭, 펄스 모양, 시간지연이 대칭인 축을 의미한다.

### 2) 송수신 안테나의 전달함수

송신 안테나에서의 주파수 함수로 표현하면 전달함수는 공간상의 P 점에서 전계의 진폭에

대한 안테나에 입력된 복소 진폭의 비율로 표현된다. 이것을 시간함수로 표현하면 임펄스 응답은 공간상의 P 점에서 전계의 응답에 대한 입력된 단위 델타함수의 비로서 표현된다.

수신안테나는 주파수 함수로 표현하면 안테나 출력단에서 복소진폭에 대한 공간상의 P 점에서 전계의 진폭에 대한 비율로 표현된다. 이것을 시간함수로 표현하면 임펄스 응답은 공간상의 P 점에서 델타 함수로 방사된 전자기파에 대한 수신단 안테나의 출력단에서의 응답이다.

그러므로 UWB 시스템에서 송수신 안테나의 전달함수는 같지가 않다. 왜냐하면 안테나는 주파수 함수로서 표현되기 때문에 UWB 시스템에서의 안테나의 이득은 주파수 전달함수와 전달함수의 복소 공액함수의 곱으로 표현된다. 수신안테나의 이득은 안테나의 실효 면적이 주파수에 따라서 일정하다고 가정하면 안테나의 실효면적에 비례한다. 따라서 송신 안테나를 같은 안테나를 사용한다면 송신안테나의 이득은 주파수의 곱에 비례한다 즉, 이것은 송신안테나의 전달함수는 수신안테나의 전달함수를 시간에 대하여 미분함으로써 구할 수 있다. 다르게 표현하면 수신안테나의 전달함수는 방사된 전자계를 시간에 대하여 적분함으로서 구할 수 있다. 이러한 표현하는 이유는 신호의 하모닉 성분을 포함하고 있기 때문에 가능하다. 그러나 UWB 시스템에서 송수신 안테나는 자체의 주파수에 대한 전달함수를 가지고 있으므로 안테나의 신호에 대한 전달함수를 정확한 모델링을 기반으로 하는 설계기술이 필요하다.

### 3) 방사패턴

안테나는 그림 2의 구조에서 Aperture를 이루고 있는 각 요소를 소형 안테나로 가정하고, 동시에 펄스를 방사하면 원역장(Far Field)에서 이상적인 프로브로 수신하면 펄스의 모양은 송신한

프로브와 같다. 그러나 근역장(Near Field)에서는 시간 지연은 모든 요소에서 일정하게 발생한다. 따라서 펄스의 폭은 증가되고, 진폭의 크기는 감소되며, 반면에 전체적인 전력은 변화하지 않는다. 이러한 펄스에 의한 안테나의 3dB 빔폭은

$$HPBW=2.0 \cdot \sin^{-1}\left[\frac{2.0 \cdot c \cdot T}{D}\right] \text{ radians}$$

이며, 여기서 c는 빛의 속도, T는 펄스폭, D는 안테나 Aperture 크기이다.

따라서 하나의 펄스가 안테나에서 송신하면 근역장에서 수신 전력의 피크는 Boresight로부터 점점 감소하게 된다. 연속적인 펄스 신호가 송신되면 펄스의 폭은 점점더 증가하게 되고 방사패턴의 부엽의 크기는 증가하게 된다.

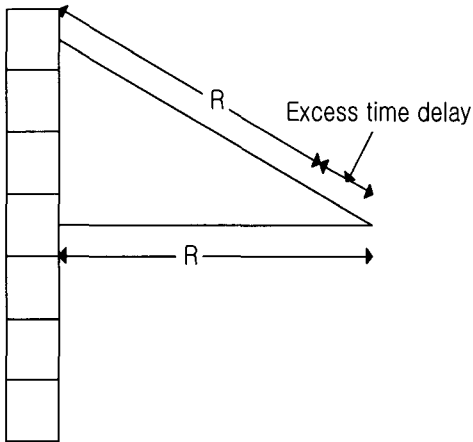


그림 2. 선형 Aperture 안테나의 구조

4) 편파(Polarization)

UWB시스템을 레이더에 적용할 경우에 펄스 신호가 목표물에서 반사파는 편파가 변화되기 때문에 목표물로부터 신호를 수신할 경우에 수신안테나의 편파에 대한 정의가 설정되어야 한다. 따라서 UWB 레이더에서는 사용하는 주파수 대역에서 일정한 편파 특성, 즉 원형편파 보다는 선

형편파를 사용함으로 선형편파 특성을 갖는 안테나를 설계하여야한다.

5) UWB 안테나 설계

UWB 레이더는 특히 전체 시스템과의 완전한 조화를 이루어야 한다. 예를들면 펄스는 최적의 출력 신호를 얻을 수 있도록 안테나 전달함수와 최적의 조화를 이룰 수 있도록 선정하여야한다. 수신기는 최적의 성능을 갖는 송신 안테나와 달리 다른 전달함수를 가지고 있는 수신안테나에 유연하게 동작하여야 한다.

UWB 레이더의 궁극적인 역할은 목표물로부터 반사된 복잡한 펄스를 이용하여 목표물의 형태를 파악하는 것이다. 따라서 결국 펄스의 구조는 송신부나 수신부에서 아주 중요한 파라미터이다. 넓은 대역폭을 갖는 안테나는 오랫동안 사용되어 오고 있지만, 이에 관련된 시스템들은 UWB의 궁극적인 사용목적에 비하여 아주 다르게 사용되어왔다. 예를 들면 ESM에 사용된 안테나는 광대역 특성을 가지고 있지만, ESM의 목적은 펄스의 도래각에 따라서 좁은 대역폭을 갖는 펄스를 감지하는 것이다. 그러므로 ESM시스템에서는 안테나의 전달함수는 그렇게 중요한 파라미터가 아니며, 따라서 UWB 시스템이 아닌 것이다.

따라서 안테나의 전달함수는 이득에 따른 안테나 성능, 삽입손실을 고려한 전송선로와 안테나의 성능, 전송선로에 의한 안테나의 위상특성, 펄스에 의한 안테나 성능에 의해서 영향을 받는다.

그러므로 UWB 시스템의 안테나 설계에서 안테나의 전달함수, 펄스 신호의 형태등을 고려하여 안테나를 설계하여야 하며, 사용되는 대역의 특성과 안테나의 분산효과등을 고려하여 최적의 특성을 갖을 수 있도록 안테나를 설계하여야한다.

표 1. UWB 안테나의 특성

구분	Loded Dipole	Becone	TEM Horn	Notch	Ridged Horn	Spiral	LPDA
상위주파수(GHz)	40	60	60	40	60	40	15
하위주파수(Mhz)	1	100	100	100	500	100	50
Bandwidth	10:1	5:1	12:1	10:1	6:1	40:1	6:1
Gain(dBi)	2.15	15.0	15.0	10.0	18.0	2.0	15.0
Dispersive	No	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes
Use for TX	No	Yes	Yes	Possible	Yes	Possible	Yes

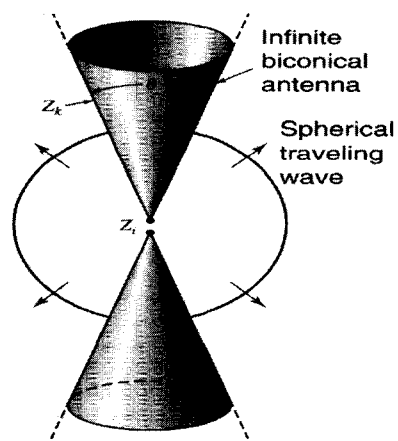
### III. UWB 안테나

#### 1. UWB 레이더 안테나[1,2,13,14]

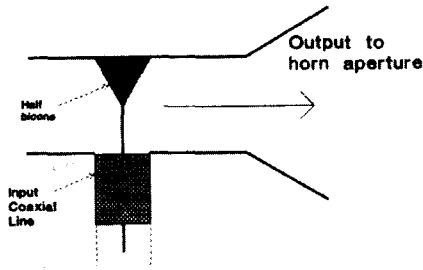
UWB 레이더에 적용할 수 있는 안테나는 두 가지 부류로 나눌 수 있다. 다이폴, 대수주기 안테나 그리고 스피어럴 안테나와 같은 선형 안테나와 혼과 같은 개구면(Aperture) 안테나, Becone 과 같은 선형안테나와 파장에 비하여 매우 작거나 매우 큰 개구면 안테나의 혼합형 안테나로 분류할 수 있다. 이러한 안테나의 일반적인 특성은 표 1과 같다. 표 1에서 보면 안테나의 대역폭은 UWB 사용대역에 충분히 적용할 수가 있고, 이들의 안테나는 송신신호의 지연이 되는 분산특성을 고려하여 송신부의 안테나로 적용 가능한 지도 제시하였다.

부하 다이폴 끝단에 인덕턴스와 커패시터를 부착하게 되면 이 안테나는 진행파형 안테나이다. Loaded 다이폴 안테나에 펄스가 인가되면 첫 번째 펄스는 다이폴의 중심에서 방사되고, 두 번째 펄스와 세 번째 펄스는 다이폴의 양 끝단을 통해서 방사된다. 송신측 안테나로 사용하는 경

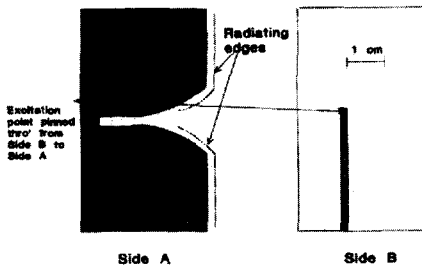
우에 펄스의 폭이 매우 아주 매우 작다면 다이폴 안테나에서 분산효과가 나타나지 않으며 입력된 신호와 전송된 신호와 같다. 그리고 펄스폭이 넓으면 안테나의 방사특성은 매우 복잡하다. 따라서 펄스의 폭에 대한 조건은 다이폴의 크기와 다이폴에서 펄스의 진행속도에 의하여 결정된다. 이러한 다이폴 안테나의 밴드폭은 10:1이며, 주파수는 0.25-2.5Ghz이고, 펄스의 송신과 수신에서 분산효과가 발생하지 않는다.



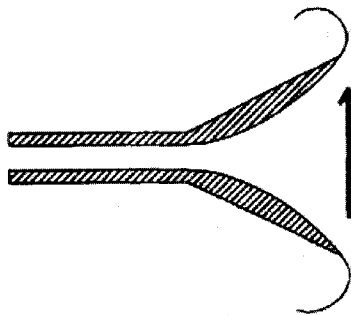
(a) Becone 안테나



(b) TEM 혼 안테나



(c) Notch 안테나



(d) Ridged 혼 안테나

그림 3. UWB안테나

Bicone 안테나는 그림 3(a)이며, Aperture 크기가  $0.6 \lambda_0$ 보다 적으면 양 쪽의 conical 은 다이폴과 같이 동작하고,  $0.6 \lambda_0$ 보다 크면 혼 안테나와 같이 동작한다. UWB Bicone 안테나는 TEM 파를 방사하며, 수신안테나로 사용할 때 전달함수는 주파수에 대하여 일정하며, 따라서 수신된 펄스는 송신된 펄스와 같다. 반면에 송신 안테나

로 사용할 경우에 전달함수는 주파수에 따라서 선형적으로 증가한다.

TEM 혼 안테나는 그림 3(b)이며, 주파수에 따라서 파의 속도는 일정하므로 광대역 펄스의 송수신에서 널리 사용된다. 따라서 송신 안테나로 적용하면 주파수특성은 선형적으로 증가하고, 수신안테나로 사용하면 주파수 특성은 일정하다. 따라서 수신안테나로 사용하면 분산효과는 발생하지 않는다.

Notch 안테나는 그림 3(c)이며, 슬롯선로와 스트립 선로에 의해서 급전되며, 앞면을 통하여 방사된다. 이 안테나는 진행파형 안테나이므로 안테나에서 분산 특성은 없다. 방사특성은 전형적인 표면파에 의해서 방사되며, 일정한 이득특성을 나타낸다.

Ridged horn 안테나는 그림 3(d)이며, 안테나는 일반적인 혼 안테나와 같이 동작하고, 안테나의 edge의 ridge는 안테나의 대역폭을 증가시킨다. 이러한 안테나는 ESM 안테나로 사용할 수 있고, 특히 배열로 사용하는 경우에 상호 간섭에 의한 효과를 현저히 줄일 수 있다. 또한 Spiral 과 LPDA 안테나는 Ridged 안테나와 같이 ESM 안테나로도 널리 사용되고 있다.

## 2. 이중 편파를 갖는 UWB 안테나

그림4는 4개의 방사체를 이용하여 직교편파를 구현할 수 있는 안테나이다. 이 안테나는 접지면을 형성하는 중앙에 있는 원뿔을 기준으로 4개의 방사체를 대칭으로 배치하였다. 방사체는 서지 임피던스와 방사특성을 결정한다. 서지 임피던스에 의하여 안테나의 길이는 결정되고, 편파와 전자기파는 각 방사체의 상대적인 위상차에 의해서 결정된다. 안테나의 크기는 세로 16인치, 높이 25인치이다. 방사체에 의한 안테나의 방사패턴은 TEM 혼과 같다. 아울러 광대역 특성을 갖으며, 최소의 위상분산, 비 공진구조, 편파의 이중성,

모노펄스 트래킹 등 다양한 특성을 가지고 있다. 이 안테나는 0.5-18GHz에서 동작하고, 이득은 사용대역에서 약 20dB, 빔폭은 19°이다. 이 안테나는 주로 군사목적으로 사용하고 있으며, 현재 St earth 비행기에 장착하여 사용되고 있다.[11]

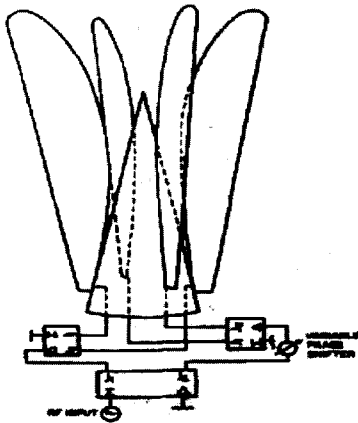


그림 4. 이중편파 안테나 구조도

### 3. Printed 유전체 UWB 안테나

일반적으로 Printed 유전체 안테나는 낮은 교차편파 특성과 광대역 특성을 갖는 안테나를 구현하는 것은 매우 불가능하다. 그림5에서와 같이 4개 영역의 유전체로 구성되며 접지면 위에 두꺼운 유전체에 프린트 안테나가 있고, 뒷면에 교차편파로 인한 안테나의 성능의 저하를 방지하기 위하여 printed grating을 형성하여 광대역특성을 가지고 있고 매우 작은 펄스에도 적용할 수 있는 안테나이다.

교차 편파의 방사를 줄이기 위해서 다이폴은 strip grating과 서로 수직이 되도록 놓았다. 그러므로 스트립의  $TE_y$  성분은 방사되고, 반면에  $TM_y$  성분은 맨 상층부에 있는 격자에 의해서 반사된다. 격자의 스트립 폭과 간격, 안테나와 격자 간의 간격, 유전체 층의 두께 등은 교차 편파 감쇠정도, 펄스왜곡, 격자의 공진조건에 의한 특

성에 의해서 안테나의 성능을 결정한다. 그러므로 격자의 적당한 간격을 유지함으로써 격자의 공진을 피할 수 있다.[2]

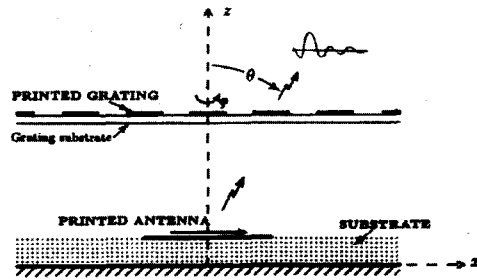


그림 5. Printed 유전체 UWB 안테나

### 4. Cornu Flared Horn 안테나

그림6은 급전선과 방사부 사이에 inline balun과 tapered flared horn으로 구성된 안테나이다. 발룬과 horn 안테나는 입력신호와 출력신호의 형태가 거의 같은 안테나이다. 즉 안테나에 의한 분산효과를 거의 제거할 수 있는 장점이 있으며 방사특성은 혼 안테나와 같은 특성을 가지고 있다. 혼 안테나 부분의 Cornu의 길이가 약 한파장 정도이면 안테나의 전송모드는 TEM이며, 분산 특성이 없다.[12,13]

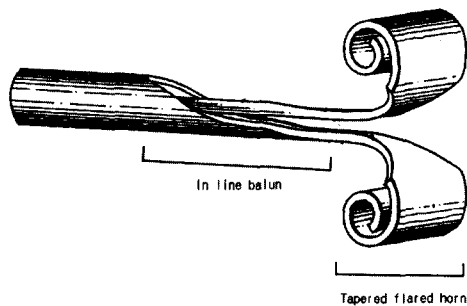


그림 6. Tapered Flared 혼 안테나 구조

### 5. 개구면에 Fin을 부착한 혼 안테나

그림7은 혼 안테나의 개구면에 Fin구조, 저항과 Ridge를 이용하여 UWB 안테나를 구현한 것

이다. Fin 구조는 UWB 대역에서 임펄스 신호를 송수신할 수 있도록 혼 안테나의 Cavity 내부에 형성하였다. 여기서 Fin과 Ridge는 도선 혹은 도체판을 이용하였으며, Fin은 한쪽면을 급전점에 연결하였고, 한쪽은 저항을 삽입하여 개구면의 한면에 연결하였다. Ridge는 안테나의 특성을 얻을 수 있도록 하기 위해서 Cavity 내부에 부착하였다. 여기서 저항은 펄스를 송신하였을 경우에 Fin 구조에 잔류하는 에너지를 흡수하여 안테나가 진동과 형태로 동작하도록 한다. 이 저항은 약 50옴이며, 손실이 있는 유전체 혹은 자성체를 이용한다. Ridge는 안테나를 광대역 특성을 갖도록 하며, 임피던스 매칭용으로 사용된다. [13]

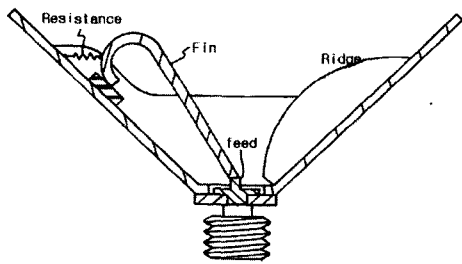


그림 7. 개구면에 Fin을 부착한 혼 안테나 구조

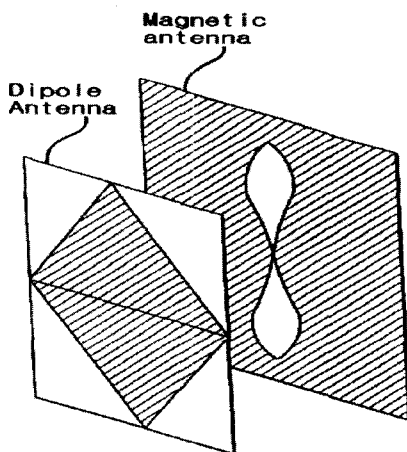


그림 8. UWB Magnetic 안테나

## 6. UWB Magnetic 안테나[13]

그림 8은 UWB 다이폴 안테나와 magnetic 안테나를 사용하여 이들 안테나의 교차편과 특성을 이용하여 송수신 안테나로 사용할 수 있다. 여기서 자성체 안테나는 나뭇잎 모양의 형태를 가지고 있고, 다이폴 안테나는 광대역 특성을 갖는 안테나이다. 이들 안테나를 가까이 놓으면 교차편파 패턴을 형성할 수 있다. 이때 안테나의 판의 크기는  $\lambda_g/2 \times \lambda_g/4$ 이다. 안테나의 밴드폭은 나뭇잎 모양의 형태, 도체판의 두께, 슬롯의 길이에 의해서 결정된다. Magnetic 안테나는 다이폴 안테나의 반사판으로 대체되며, 이들의 간격은 0.44파장이다.[10,12]

## IV. 결 론

최근 무선을 이용한 근거리 통신 방식은 여러 가지 방법을 통하여 제시되고 있다. 그 중에서 UWB를 이용한 실내 무선 LAN구현에 관하여 국내외적으로 많은 연구가 진행되고 있는 실정이다. 본고에서는 UWB 안테나의 특성과 UWB 안테나에 관하여 살펴보았다. UWB 안테나의 필요 조건을 살펴보았으며, 이를 통하여 UWB 안테나의 설계 파라미터에 관하여 기술하였으며, 마지막으로 UWB 안테나의 종류에 관하여 살펴보았다.

UWB 안테나는 시스템과 매우 밀접한 관계를 가지고 있으며, 특히 사용되는 펄스의 형태, 사용되는 주파수, 펄스 파워등에 관계해서 안테나를 적용시켜야한다. 이러한 조건을 만족시키기 위해서 다양한 형태의 안테나에 관하여 제시되고 있으며, 현재는 UWB 안테나의 소형화에 관하여 연구를 진행하고 있는 상황이다. 따라서 본고에서 제시한 연구결과를 바탕으로 아주 효율이 우



수하고, 소형이면서 경제적인 안테나 개발에 관한 연구개발이 필요하다.

### 참고문헌

- [1] James D. Talyer, Introduction to Ultra-wideband Radar System, CRC Press, 1995
- [2] H.L. Bertoni, Ultra-wideband, Short-pulse Electromagnetics, Plenum Press, 1993
- [3] 윤영중 외, “차세대 이동통신을 위한 안테나”, 전자파기술, Vol.13, NO.4, pp47-59, 2002,10
- [4] 조영기 외, “UWB 안테나 기술동향”, 전자파기술, Vol.13, NO.3, pp24-31, 2002,7
- [5] Albert K. Y. Lai, “A Novel Antenna for Ultra-Wide band Application”, IEEE Antenna Prop., Vol.40, NO.7, pp. 755-760, July, 1992
- [6] Eckhard Vollmer, J.H. Hinkin, “Synthesis Method for Broadband Tapered Wire Antenna and its Experimental Verification”, IEEE Antenna Prop., Vol.37, NO.8, pp. 959-965, Aug.1989.
- [7] Ramakrishna Janaswamy, “Analysis of the Tapered Slot Antenna”, IEEE Antenna Prop., Vol.35, NO.9, pp.1058-1065, Aug.1987.
- [8] Jooshin, Danieal H. Schaubert, “A Parameter Study of Stripline Fed Vivaldi Notch-Antenna Array”, IEEE Antenna Prop., Vol.35, NO.9, pp.1058-1065, Aug.1987.
- [9] Narayan Prasad Agrwell, K.P. RAY, “Wide-band Planar Monopole Antenna”, IEEE Antenna Prop., Vol.46, NO.2, pp.294-297, Feb. 1998.
- [10] Mark Andrew Barnes, “Ultra-wide band Magnetic Antenna, US Patent, us6400329, Jun., 2002
- [11] John W. McCorkle, “Planar Ultra-wide Band Antenna with Integrated Electronics”, US Patent, us6351246, Feb., 2002
- [12] Mark Kragalott “Inline Coaxial Balun-fed Ultrawideband Cornu Flared Horn Antenna”, , US Patent, us5973653, Oct., 1999
- [13] Erwin T. Rosenbury, “Low Cost Impulse Compatible Wideband Antenna”, , US Patent, us6348898, Feb., 2002
- [13] 한국전파진흥협회, UWB 기술세미나, 2002,11
- [14] 연세대 전파통신연구소, 차세대 통신기술 Workshop, 2002,10



### 이 영 훈

1986년 2월 : 광운대학교 전자공학과 졸업(공학사)

1998년 8월 : 연세대학교 대학원 전자공학과 졸업 (공학석사)

1995년 2월 : 연세대학교 대학원 전자공학과 졸업 (공학박사)

1995년3월-2002년2월 : 호남대학교 전파공학과 부교수  
2002년3월-현재 : 금오공과대학교 전자공학부 전파공학전공 조교수

관심분야 : 단말기용 RF 수동 및 능동부품, 안테나, 전자장 수치해석 등