

## I. 서 언

현대 사회는 과학과 기술이 급격하게 발전하고 있으며, 점점 더 고도의 정보화 사회로 발전되고 있다. 이는 무선이동통신 분야에서도 많은 변화를 가져왔는데 예전과는 달리 군사용으로만 국한되지 않고, 위성통신 서비스와 지상에서의 이동통신 서비스 등 많은 상용화 기술과 제품들이 등장하고 있는 것이 그 증거가 될 수 있다. 이미 세계 각국은 이를 지원하는 RF 핵심소자의 지속적 연구와 기술확보의 중요성을 깨닫고 집중지원과 투자가 이루어지고 있으며, 이 분야에는 경량, 소형, 고성능 등의 특성을 지닌 안테나 기술개발도 포함된다. 특히 기술이 발전함에 따라 다양한 종류의 무선통신 서비스가 등장하고 있으며, 이에 따라 각 서비스의 특성에 맞는 안테나 기술들이 필요하게 되었다. 그 대표적인 예로서 능동 안테나(Active Antenna), 초광대역(UWB: Ultra Wideband) 안테나와 소형 안테나 기술을 들 수 있다.

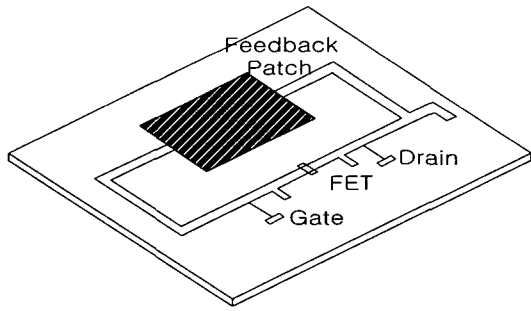
능동 안테나는 앞으로 이동국 또는 고정국, 그리고 기타 많은 분야에 사용될 수 있는 핵심기술로서 무선통신 시스템 전반의 소형화, 고효율화, 고성능화, 고기능화, 그리고 그에 따른 가격의 저렴화까지 이룰 수 있는 기술로 평가받고 있다. 또한 초광대역 안테나는 현재까지 군사용으로만 국한되었던 초광대역 시스템에 대한 규제가 제한적으로나마 완화되어 고속통신, 지능형 교통시스템(ITS), 홈네트워킹 등 수많은 응용분야에 사용될 수 있으므로 이에 따른 중요성과 관심이 지대하게 증가하고 있다. 소형 시스템에 대한 요구는 통신 초기부터 고품질의 통

신 서비스 제공과 더불어 추구해온 기술 목표이고 군사적, 상업적 목적에 의해 추구해온 단말기의 소형화는 현재 무선 PDA나 손목시계에 집적이 되고 있는 수준에 도달하였으며 현재 국내에서는 지능형 마이크로시스템 개발사업을 통하여 Micro PDA나 내시경에 이용될 극소형의 무선 통신 시스템을 개발하고 있다. 이런 소형 무선 시스템에서 시스템의 소형화에 가장 큰 걸림돌이 되는 것은 안테나이며 시스템의 소형화가 이루어질수록 안테나의 크기는 시스템 크기의 대부분을 차지하게 된다. 이에 따라 안테나의 소형화는 더욱더 중요해지고 있다.

따라서 본고에서는 이러한 능동 안테나, 초광대역 시스템 및 안테나와 소형 안테나에 대하여 살펴보고자 한다.

## II. 능동 안테나

능동 안테나는 1928년 처음 언급된 이후 1974년 Wheeler에 의해 소개되었으며<sup>[1]</sup> 초기에는 다이오드와 고주파 트랜지스터에 의해 소형화, 잡음지수 향상, 대역폭 확대 등의 발전을 가져왔다<sup>[2],[3]</sup>. 초기 능동 안테나는 LNA(Low Noise Amplifier)등의 증폭기를 안테나에 직접 결합하여 안테나의 빔 형성과 증폭기의 효율을 높이는 목적으로 연구가 진행되었다. 이후 능동 안테나에 관한 연구는 1980년대 후반부터 미국 UCLA의 T. Itoh와 UCSB의 R. A. York, 그리고 Texas A&M의 Kai Chang 등이 주도하여 현재까지 발진기형, 증폭기형, 주파수변환 믹서형 등의 여러 가지 형태로 발전시켜 오고있다<sup>[1]~[4]</sup>. 반도



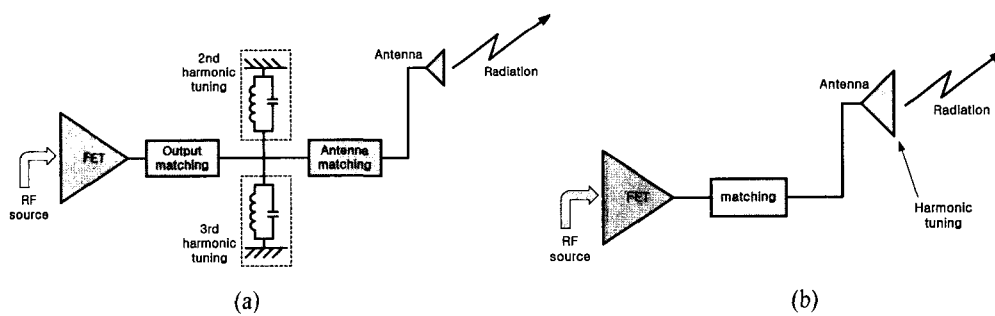
[그림 1] FET 집적 케환 능동 패치 안테나

체 소자(solid state device)와 안테나의 결합은 1988년 Texas A&M의 Kai Chang에 의해 처음으로 FET를 이용한 능동 마이크로스트립 패치 안테나가 제안되면서 소형, 박형의 마이크로스트립 안테나로의 전환이 이루어졌다. 이는 [그림 1]에서와 같이 패치 안테나가 FET 발전기 회로의 병렬 케환 소자로서의 역할과 방사체의 역할을 동시에 이루면서 가능성을 확인하였다.

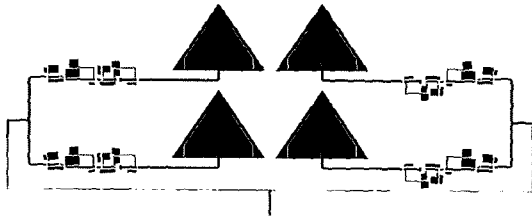
이후 능동 안테나는 무선통신 시스템 전반의 소형화, 고효율화, 그리고 집적화와 접목되면서 고성능화, 고기능화의 방향으로 발전하고 있다.

일반적으로 능동 안테나라 함은 능동소자와 수동소자의 단순한 결합을 의미하지만 능동집적 안테나는 능동소자와 수동소자의 결합을 통한 집적화된 새로운 독립적인 소자로서 인식될 수 있다<sup>[5]</sup>. 기존

의 일반적인 능동 안테나와 능동 집적안테나의 비교 및 특성을 살펴보면 다음과 같다. 먼저 [그림 2](a)에서 일반적인 능동 안테나를 나타내었다. 여기서 전력증폭기와 안테나는 각각 독립적인 소자로 동작하고 있다. 따라서 각각의 소자로 인한 전체 안테나의 크기가 크고, 이를 연결하는 정합회로가 각각 필요하기 때문에 집적화 되었다고 말할 수 없으며, 이로 인한 전체 안테나의 효율은 저하될 수밖에 없다. 따라서 집적화를 통해 안테나의 소형화를 이룸과 동시에 효율을 높일 수 있는 구조가 필요하다. 능동소자와 집적화된 안테나의 예를 [그림 2](b)에 나타내었다. [그림 2](b)에서 보인 능동 집적 안테나는 전력증폭기에서 발생하는 harmonic 성분들을 안테나부에서 억제하고 [그림 2](a)에서 보인 일반적인 능동 안테나에서 필요한 harmonic tuning 회로를 제거한 형태로 전체 시스템의 효율을 높이고 안테나의 소형화를 이룰 수 있는 구조이므로 하나의 집적화된 독립적인 능동 집적 안테나로 볼 수 있다<sup>[6]</sup>. 이러한 능동 집적 안테나는 가역성의 수동소자인 안테나와는 달리 비가역성 회로로 동작하며, 방사체로서의 기능 이외에 공진 주파수에서의 능동소자에 대한 임피던스 매칭 기능과 harmonic tuning 회로의 역할등을 동시에 수행할 수 있으며 전체시스템의 효율을 높이고 소형화할 수 있다. 대표적인 예로 안테나에 슬롯을 첨가해 reactive termination을 유도하



[그림 2] 일반적인 능동 안테나(a)와 능동집적 안테나(b)의 개념도



[그림 3] Harmonic tuning 회로를 제거한 능동 집적 안테나

여 harmonic tuning 회로를 제거한 능동 집적 안테나를 [그림 3]에 보였다<sup>[7]</sup>.

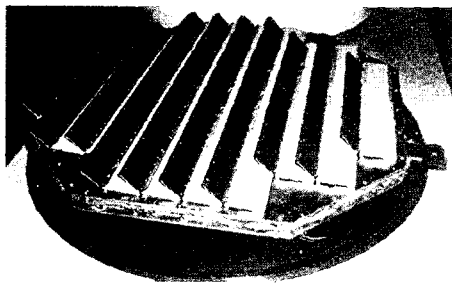
이러한 능동집적 안테나는 여러 형태를 가질 수 있으나, 본고에서는 최근에 실제로 많이 응용·상용화 되고 있는 형태인 active phased array, spatial combining 시스템, 그리고 retrodirective array에 대하여 살펴보겠다.

Active phased array는 1986년에 Stephan이 inter-injection-locked 발진기의 배열을 이용해 위상천이기 없이 beam steering의 실현 가능성<sup>[8]</sup>을 보여준 것을 필두로 active beam switching<sup>[9]</sup>, polarization control<sup>[10],[11]</sup>, 그리고 슬롯 라인 커플링을 이용한 위상배열 안테나에 관한 연구<sup>[12]</sup>등의 관련 연구가 활발히 진행중이다. 특히 한국전자통신연구원(ETRI)

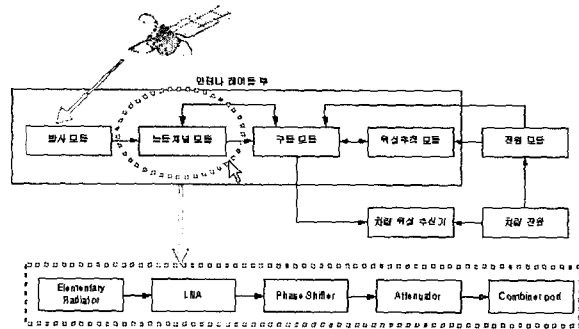
에서 DBS(Direct Broadcasting Satellite)로부터 움직이는 기차, 버스, 자동차 등에서 TV 프로그램을 수신할 수 있도록 능동 위상배열 안테나를 개발하였는데, 이는 능동소자를 이용한 위상천이기와 안테나의 빔을 조절하는 기계적인 제어부의 결합된 형태로 능동형 안테나의 개념을 이용하여 실제 시스템에 적용이 가능함을 보여준 연구 결과라 할 수 있다. [그림 4](a)와 [그림 4](b)는 각각 ETRI의 능동 위상배열안테나의 사진과 블록도이다<sup>[13]</sup>.

반도체소자형 능동집적안테나는 전력레벨이 제한되기 때문에 다양한 시스템 사양에 적용되지 못하였고, 이러한 단점을 보완하기 위해 spatial power combining에 관한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 특히 주파수가 높아짐에 따라 통신시스템에서의 마이크로파 급전선로나 연결소자에 의한 도체손실이나 정합손실 등이 증가하여 고효율이며 저가, 경량인 spatial power combining 시스템이 많은 주목을 받고 있다.

효율적인 W/G-M/S구조로 저손실 특성 spatial power combining 시스템의 대표적인 것으로는 grid type과 tray type이 있으며<sup>[14]</sup> 이를 [그림 5]에 각각 나타내었다. Grid type은 [그림 5](a)에 나타난 것처럼 입력 안테나(input feed horn), grid 송수신 모듈

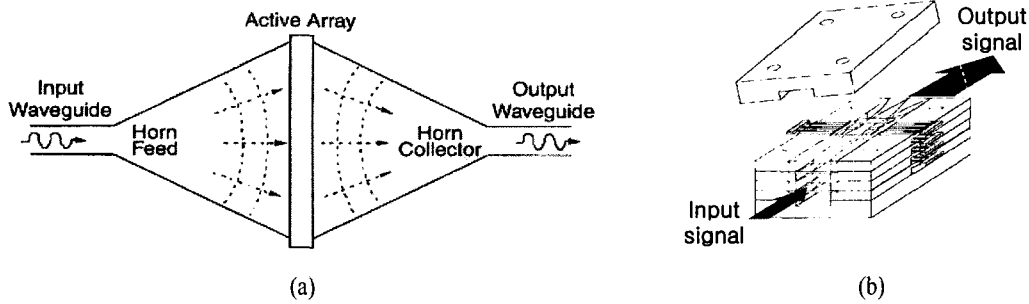


(a)



(b)

[그림 4] 능동 위상 배열 안테나(ETRI) (a)와 블록도 (b)

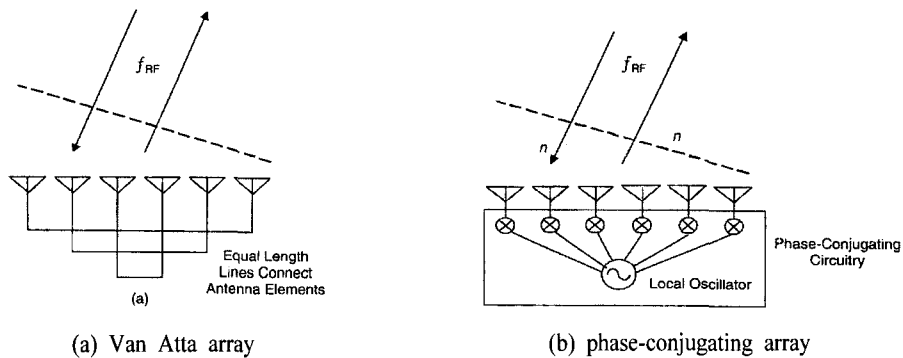


[그림 5] Grid type(a)과 tray type(b) spatial power combining 시스템

(active array), 그리고 출력 안테나(output collector horn)으로 구성되어 있으며 active array 부분이 grid type의 송수신 배열 안테나 시스템으로 송수신 마이크로스트립 안테나와 그 사이에 전력증폭기가 연결된 송수신 모듈이 grid 상에 평면 배열로 구성되어 있다. Grid type spatial power combining 시스템은 안테나 표면에서 broadside로 방사하며 array를 구성하는데 있어서 tray type보다 더 적은 수의 subarray를 사용하여 저가이며 제작이 간편하고 송수신 array 사이에 heat-conducting layer를 둬므로서 효율적인 heat sinking을 할 수 있다는 장점을 가지고 있다<sup>[15]~[17]</sup>. Tray type spatial power combining 시스템은 접지면을 입력신호의 진행 방향에 수직으로 삽입하여 입력신호의 scattering문제를 줄일 수 있으며

손실을 줄일 수 있는 장점이 있어 높은 전력을 얻을 수 있는 구조로 최근에 많이 연구되고 있다. 실제로 4개의 MMIC가 포함된 6개의 tray를 이용해 120 W 정도의 출력전력을 가지는 X-band용 증폭기가 구현되기도 하였다<sup>[18]</sup>.

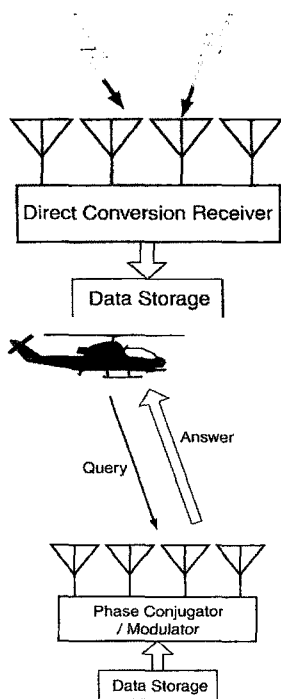
Retrodirective array는 임의 방향의 신호원에서 전달된 입력신호를 신호원의 위치에 대한 사전(prior) 지식없이 반사시킬 수 있는 배열 안테나로 종류에는 [그림 6](a)의 Van Atta array와 [그림 6](b)의 phase-conjugating array가 있다<sup>[19],[20]</sup>. Van Atta array에서는 하나의 소자에 대해 동일한 길이의 대칭하는 또 다른 conjugated 소자가 필요한데 이를 극복하고자 최근에는 LO(Local Oscillator)를 사용한 phase-conjugating array가 많이 사용되고 있다.



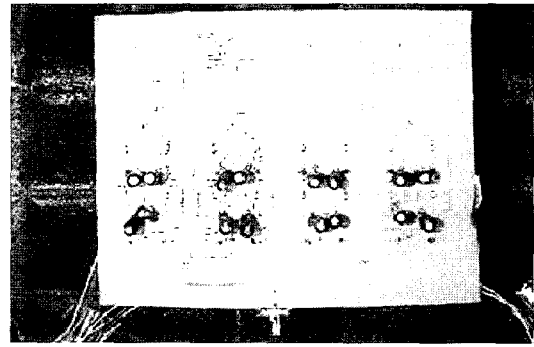
[그림 6] Retrodirective array의 종류

Retrodirective array는 현재 self-steering antenna, 레이더, 그리고 구조용 무선시스템 등에 많이 이용되고 있으며, 하나의 응용사례를 [그림 7]에서 보았다. [그림 7](a)에서의 배열은 단순한 direct conversion receiver로서의 역할밖에 할 수 없지만 [그림 7](b)에서 보인 능동형 retrodirective array는 외부의 임의 방향의 신호원에서 전달된 입력신호에 대해 새로운 정보가 합쳐진 신호로 다시 재전송할 수 있다. 이러한 능동형 retrodirective array는 가역성의 수동소자인 안테나와는 달리 비가역성 회로로 동작하며, 방사체로서의 기능 이외에 새로운 정보를 재전송할 수 있다. [그림 8]에서 능동형 retrodirective array의 한 예를 보았다<sup>[21]</sup>.

### Ⅲ. 초광대역 시스템 및 안테나 기술



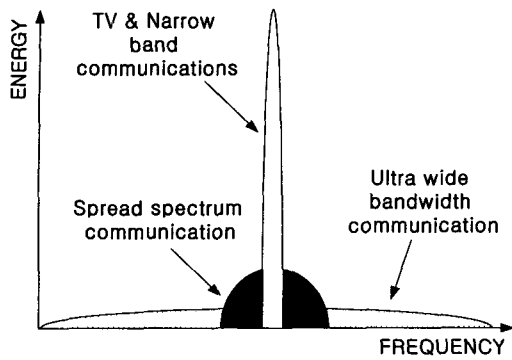
[그림 7] Direct conversion receiver와 retrodirective array의 개념



[그림 8] Balanced Quasi-optical FET Mixers를 이용한 retrodirective array

초광대역 기술은 주로 미국에서 군사목적으로 '60년대부터 '90년대에 걸쳐 보안성이 높은 통신 그리고 표면침투 레이더 등에 응용되어 왔다. 그러나 1989년이 되어서야 미 국방성에 의해 "Ultra Wide Band"라고 명명되었으며, 업체들이 군사 및 정부기관의 개발 프로젝트에 참여하는 것이 전부였으며 상업적인 목적으로는 사용되지 못하였다. 그러나 미국 연방통신위원회(FCC)가 '98년부터 관계규정을 준비하였으며, 지난 2월과 4월에 개정안이 공표되어 3.1 GHz~10.6 GHz 의 주파수 대역만을 사용하며 실내환경에서 거리 9 m 내의 인간 통신을 위해 사용하는 휴대형 단말기의 제한된 용도로나마 상용화가 허가되었다. 이것 외에, 관련업계는 이미 지난 1998년 공동 기술연구 단체인 초광대역 연구그룹(UWBWG)을 설립, 개발활동을 진행하고 있다. 이곳에는 전세계 업체들과 대학 연구소 540여곳이 참가하고 있으며, 초광대역 기술의 표준화도 활발히 추진하고 있다. 지난 1월에는 가전제품 간에 동영상 데이터를 송수신할 수 있는 새로운 무선 시스템 표준 규격제정을 위해 전담 연구그룹을 창설하기도 하였다<sup>[22]</sup>.

일반적으로 초광대역 시스템은 중심주파수를 기준으로 25 % 이상의 대역폭 또는 1.5 GHz 이상의



[그림 9] 초광대역 시스템의 스펙트럼 특성

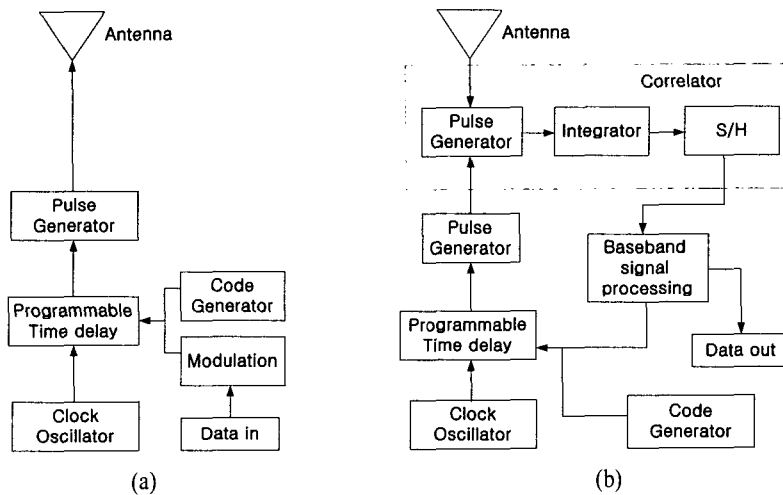
대역폭을 지니며, 1ns 보다 짧은 펄스를 사용하는 시스템으로 정의된다<sup>[23]</sup>. 초광대역 시스템은 하나의 비트 시간보다도 더 짧은 폭을 갖는 펄스를 사용하므로, [그림 6]에서 보인 것처럼 매우 넓은 주파수 범위에 걸쳐 전력 스펙트럼 밀도가 존재하게 된다.

[그림 9]에서 볼 수 있듯이 초광대역 통신의 스펙트럼 특성을 살펴보면 초광대역 시스템의 경우 매우 넓은 주파수 대역에 걸쳐 전력 스펙트럼 밀도가 존재하므로, 상대적으로 전력 스펙트럼 밀도가 낮고, 기존의 무선 통신 시스템에 간섭을 주지 않아

주파수 공유 측면에서 매우 유리함을 알 수 있다.

[그림 10]에서 초광대역 시스템의 송신단과 수신단 회로를 간략히 보였다. 대략적인 시스템의 구조를 살펴보면 다음과 같다. [그림 10](a)에서 변조기는 정보원의 정보신호에 따라 신호를 변조하여 변조된 신호를 발생시킨다. 변조된 신호는 코드 시간 변조기로 보내져 PN 코드에 의해 랜덤 시간 간격으로 디더링(dithering)되어 노이즈 레벨로 확산된다. 시간 코드 변조된 신호는 전기적인 한 주기 펄스를 발생시키는 회로로 보내진다. 이 펄스파는 안테나에 의해 전자기파로 변환되어 공중에 방사된다. [그림 10](b)의 수신단에서는 전송된 신호와 수신단 PN 코드 사이의 시간 동기를 찾은 후 상관기에 보내진다. 상관기는 전송된 신호와 PN코드 상관관계를 계산하여 신호를 복원한다. 상관기 출력 주파수는 베이스 밴드의 속도와 같으며, 복호기에 보내져 정보를 복구하게 된다.

이러한 초광대역 시스템에는 광대역 주파수 특성이 우수한 특수한 안테나를 사용하여야 한다<sup>[24]</sup>. 초광대역 시스템에 사용할 수 있는 안테나로 고려되는 것으로는 fat dipole 안테나, spiral 안테나, 대수



[그림 10] 초광대역 시스템 회로

주기(log-periodic) 안테나, 역F 안테나, 비발디(vivaldi) 안테나, 룬빅(rhombic) 안테나, 나비넥타이형(bow-tie) 안테나, 원뿔형(bicone) 안테나, 그리고 TEM-horn 안테나 등이 있다. 이들과 같은 초광대역 안테나는 대부분이 진행형파(traveling wave) 안테나로서, 공진형 안테나와는 다른 방사 메커니즘을 가지게 되고 보상구조(complementary structure)와 자기유사구조(self-similar structure)로 구성되어 광대역에서 낮은 VSWR값을 가져 임피던스 대역폭이 매우 크게 된다.

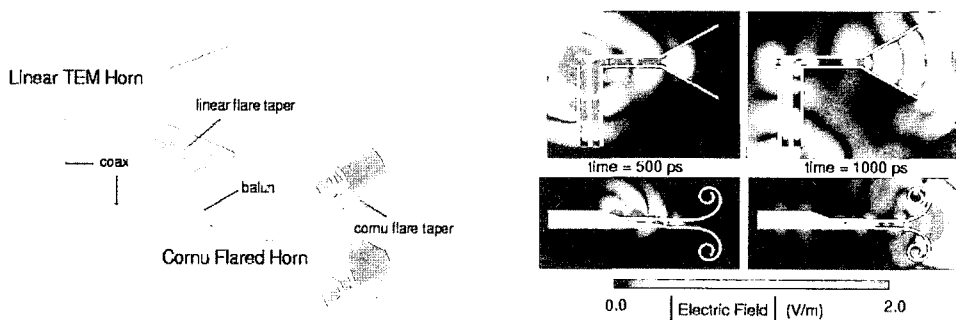
그러나 이러한 초광대역 임피던스 대역폭을 갖는 안테나의 대부분은 dispersive 하다는 특성을 갖는다. 즉, 입력이 impulse일 경우 시간에 따라 주파수가 매우 빠르게 변하는 'chirp' waveform이 형성되고, spectrum의 위상변화에 의해 펄스폭이 확장되게 된다. 이는 시간에 따라 주파수가 hyperbolic variation을 갖기 때문이며, 이 경우 높은 주파수가 먼저 방사를 하게 되고, 낮은 주파수는 그 후에 방사하게 된다<sup>[25]</sup>. 이처럼 impulse가 입력되었을 때 주파수에 따라 방사하는 시간 차이가 발생하게 되므로, 임피던스 대역폭은 초광대역 특성을 만족시킬 수 있지만 임펄스 통신용으로는 부적합하다는 특성을 지닌다. 일반적인 초광대역 안테나로 분류되는 것 중 이러한 dispersive한 특성을 지닌 안테나로는 나선형 안테나, 대수주기 안테나, 비발디 안테나 등이 있으

며 따라서 이러한 안테나는 임펄스 통신용으로는 쓰일 수 없다.

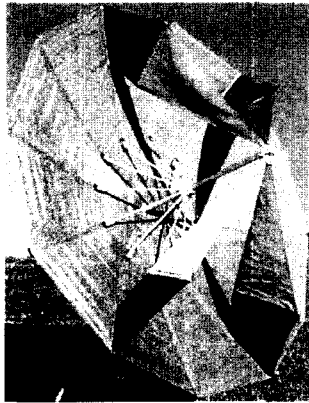
이에 반해 모든 주파수가 동시에 방사되는 non-dispersive 특성을 갖는 안테나로는 TEM-horn 안테나, 원뿔형 안테나 등이 있다. 이 중 TEM-horn 안테나의 특성을 살펴보면, TEM 모드의 진행형파가 방사된다. 또한 [그림 11]에서 알 수 있듯이, 마치 깔대기 모양처럼 벌어진 flare tapered 구조를 지닌다.

[그림 12]는 Farr Research, Inc.에서 개발한 또 다른 형태의 non-dispersive 초광대역 안테나이다. 본 안테나는 각각 시간축(time-domain)에서 보았을 때 FWHM(Full-Width Half-Width)가 70 ps와 34 ps인 펄스를 사용하며, 주파수축(frequency-domain)에서 보았을 때 150 MHz에서 12 GHz, 250 MHz에서 18 GHz로 6 octave 이상의 대역폭을 갖는다.

하지만 이러한 non-dispersive 특성을 지니는 안테나 역시 또 다른 문제점을 지니는데, 그것은 이런 넓은 대역폭에 걸쳐서 방사패턴이나 이득이 일정하지 않기 때문이다. 또한 위의 예로 제시된 초광대역 안테나는 그 크기 또한 문제가 될 수 있다. 보통 임펄스 통신용으로 사용되는 안테나는 위의 예처럼 대부분 혼안테나나 반사판 형태를 띠고 있으므로 그 크기는 보통 수십  $\lambda$  정도가 되며, 따라서 전체적인 시스템의 소형화에는 부적합하다. 이처럼 임피던스 정합, 이득, 그리고 방사패턴의 모든 분야에서 초



[그림 11] TEM-horn 안테나

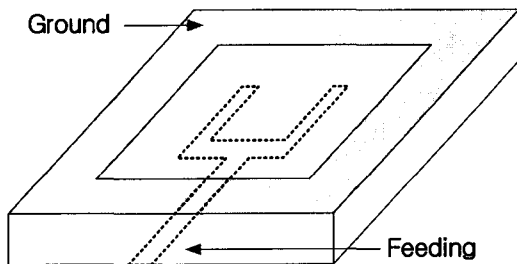


(a)



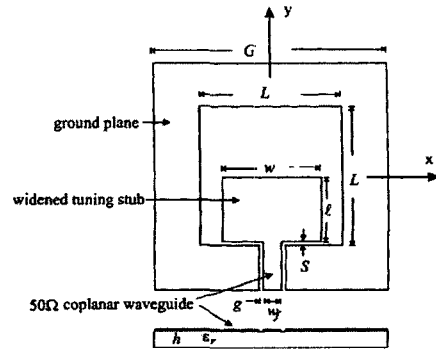
(b)

[그림 12] non-dispersive 초광대역 안테나



[그림 13] Wide-slot 평판형 안테나

광대역 특성을 만족하는 안테나의 설계 및 제작이 어렵다는 점도 초광대역 기술의 어려운 점이자 단



[그림 14] CPW 급전 square slot 안테나

점 중 하나로 꼽히고 있다. 이동통신에는 가능한 소형화된 안테나가 필요하다. 왜냐하면 위에서 보인 초광대역 안테나들은 상당히 큰 크기와 부피를 차지하기 때문에 이동통신용에는 부적합하다.

일반적으로 초광대역을 만족하면서도 크기 및 부피의 소형화에는 평판형 안테나 기술이 가장 근접한 것으로 기대되고 있다. 평판형이면서도 안테나의 부피를 많이 차지하지 않는 구조에는 [그림 13]과 [그림 14]에서 보인 wide slot 안테나와 MMIC와의 결합이 용이한 CPW 구조가 대표적이라 할 수 있다 [26],[27]. 이는 평판형 구조가 가지는 장점들을 충분히 살리면서도 초광대역 특성을 가져서 앞으로 이동통신의 많은 분야에 적용될 수 있을 것으로 기대된다.

#### IV. 소형 안테나

소형 안테나는 보통 전기적인 길이가  $\lambda/20$  이하의 길이를 갖는 안테나로서, 대개 높은 리액턴스와 낮은 방사저항을 지니며, 무지향성(omni-directional) 방사패턴을 지니고 높은 Q값으로 인하여 대역폭이 좁다는 특성을 지닌다. 이러한 소형 안테나는 최근 Bluetooth 등 RF를 이용한 저가, 소형 단말기의 확산으로 인하여 많은 연구가 진행되었으나 다른 안테나에 비해 접지면 크기에 따라 이득 및 공진 특성이

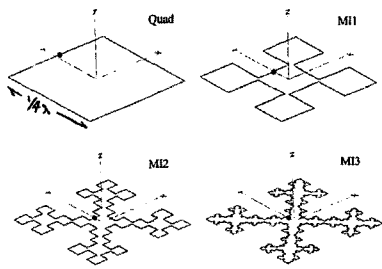


크게 좌우되고 단말기에 내장됨에 따라 그 특성이 주변 특성의 영향을 크게 받을 수 있기 때문에 범용의 소형 안테나에 관한 연구가 부족한 실정이다. 그러나 향후 공간 다이버시티를 이용한 시스템 성능 향상에 소형 안테나가 이용될 것으로 예상되므로 소형안테나에 관한 수요가 증가할 것으로 예상된다. 그러나 소형 안테나는 물리적 한계로 인하여 높은 대역폭과 낮은 이득에 대한 단점을 감수해야하는 한계점을 지닌다. 이 한계점을 정확히 인식하고 개발하기 위해서는 안테나의 구조에 관한 연구만이 아닌 안테나의 정확한 해석 및 측정방법, 소형화를 위한 mechanism 연구, 그리고 소형화에 따른 안테나의 다른 여러 요소들의 성능저하 최소화 등에 관한 연구에 대한 연구도 같이 수행되어야 하며 이로 인하여 소형안테나의 구현이 어려워진다.

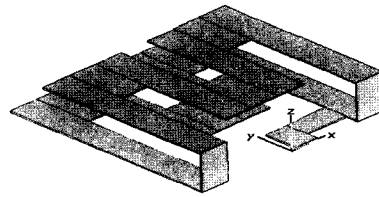
소형 안테나 연구는 프랙탈 안테나<sup>[28],[29]</sup>, 미엔더

라인 안테나<sup>[30]</sup>, 유전체 칩 안테나<sup>[31]</sup>, 역 F형 안테나<sup>[32],[33]</sup>에 관한 연구가 주류를 이루고 있으며 각각의 특징을 살펴보면 다음과 같다.

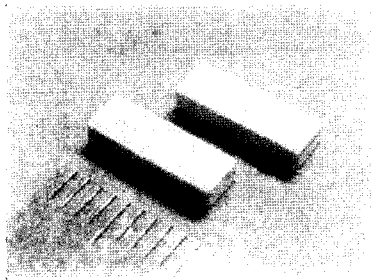
[그림 15](a)에서 볼 수 있듯이 프랙탈 안테나는 자기 닮음 특성을 갖는 프랙탈 구조를 이용한 안테나로 약 50%의 크기 감소 특성을 보이고 있다. [그림 15](b)에 보인 루프 칩 안테나는 중심 주파수 5.8 GHz인 1λ 루프 안테나를 미엔더 라인으로 유전체 상에 패턴을 입힌 것이다. 미엔더 루프 칩 안테나의 기본 안테나인 1λ 루프 안테나는 공진형 루프 안테나의 특성을 가지며 정현파에 가까운 전류 분포를 만들어낸다. 원형과 정사각형 루프는 첫 번째 공진점에서 동작하며 둘레 길이는 한파장보다 약간 크다. 정사각형 루프 안테나의 성능은 원형 루프와 비슷하다. 이때 정사각형 루프 안테나는 한 변이 1/4 파장을 갖는다. 이 안테나는 적당한 이득과 쉬운 임



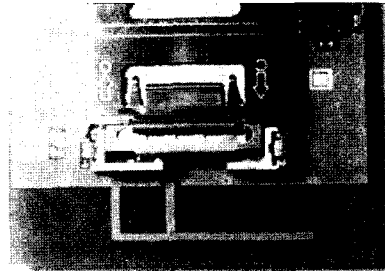
(a) 프랙탈 안테나



(b) 칩 루프 안테나



(c) 유전체 칩 안테나



(d) 역 F형 스트립 안테나

[그림 15] 소형 안테나의 종류

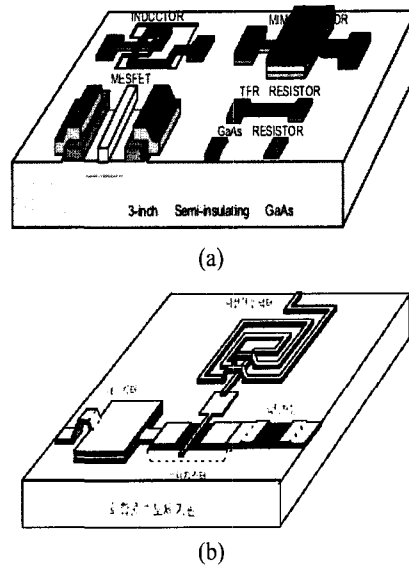
피턴스 정합 특성을 가지며 LTCC(Low Temperature Cofired Ceramic)칩 형태를 갖기 때문에 제작이 쉽고 시스템 설계자가 쉽게 이용할 수 있는 장점이 있다. [그림 15](c)의 유전체 안테나는 일본 Murata사에서 상용화한 CDA(Compact Chip Delectric Antenna)로서 칩 안테나의 특성인 고이득, 광대역, 동작 환경의 안정성, 소형, 저가의 특성을 만족한다. 유전체 칩 안테나는 유전체에 적당한 급전 방법으로 신호를 급전하면 유전체와 공기간의 유전을 불연속에 의해서 공진이 생성되는 방법을 취한다. 금속 피막 형태를 바꾸어 패턴을 조절할 수 있고 높은 유전율을 갖는 재질을 쓰기 때문에 소형화가 간편하나 손실이 큰 단점을 갖는다. [그림 15](d)에 보인 역 F형 스트립 안테나는 소형이며 임피던스 매칭이 용이한 특징을 가지고 있다. 크기는 파장의 약 1/4정도로 축소 가능하다. [그림 15](d)에서 보인 안테나의 크기는 다른 소형 안테나에 비해 큰 크기를 갖는다. 그러나 역 F형 안테나는 구조가 간단하기 때문에 독립적인 안테나보다는 단말기의 PCB 기판에 내장되는 방향으로 발달하고 있다.

지금까지 언급한 방법 이외에도 여러 가지 소형화 기술이 있으나 가장 상용화가 잘 되어 있는 소형 안테나는 CDA 형태의 안테나이며 최근 연구는 미앤더 라인구조를 독립적으로 이용하거나 미앤더 라인을 다른 구조에 응용하여 안테나를 소형화하면서도 제작이 단순한 안테나 개발이 이루어지고 있다. 또한 현재까지 많은 연구가 이루어지지 않은 5 GHz 대역 무선랜용 소형안테나에 관한 연구도 지속될 전망이다.

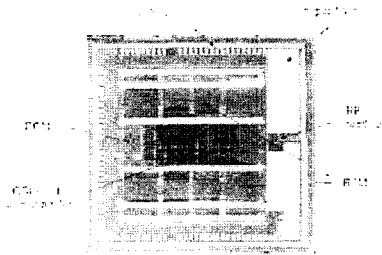
이러한 소형화 기법 이외에 MMIC(Monolithic Microwave Integrated Circuit) 기법을 소개할 필요가 있다. 이는 기존의 hybrid 기법에서 사용된 유전체 기판 대신 GaAs나 SiGe와 같은 반도체 기판을 사용한 기법으로, 능동 소자와 수동 소자를 동일 기판 상에 집적하여 구현시킬 수 있다는 장점을 지닌다.

또한 wire-bonding이 필요없게 되므로 기생성분에 의한 효과가 없으며, 또한 1 GHz 에서부터 300 GHz 까지의 고주파 응용이 가능하다. 또한 MMIC 기법은 비록 고가이지만, 대량생산을 통하여 생산단가의 저하와 신뢰도를 높일 수 있다는 장점이 있다. 또한 MMIC의 가장 큰 장점 중 하나는, 인덕터와 캐패시터를 집적화시킬 수 있으므로 가능하므로 전체적인 크기가 초소형화가 가능하다는 점이다.

[그림 16]은 MMIC 기법으로 동일기판 상에 구현된 능동 및 수동 소자와 그 회로를 나타낸 개형도이다. 이러한 능동 및 수동소자뿐만 아니라, 안테나 역시 동일기판 상에 구현할 수 있으며, 위에서 언급한 안테나의 소형화는 물론, 능동집적화된 능동형 안테나의 구현이 가능해진다. 또한 안테나 자체도 MMIC 기판 상에 집적시킬 수 있으므로, SOC(System On Chip)과 같이 하나의 칩으로 시스템을 구현할 수 있다. 이러한 SOC 기법으로 구현된 예로서 [그림 17]에 Smart Card Chip을 보였으며, 안테나 역시 하나의 칩으로 집적화가 되어 있음을 알 수



[그림 16] MMIC로 구현된 소자 및 회로



[그림 17] SOC 기술로 구현된 Smart Card Chip

있다<sup>[34]</sup>.

## V. 결 언

본 고에서는 차세대 이동 통신용 안테나에 관해 능동집적 안테나, 초광대역 안테나, 그리고 소형 안테나를 살펴보았다. 이상에서 볼 수 있듯이 앞으로의 이동통신에서는 경량, 소형, 고성능 등의 특성을 지닌 안테나 기술개발이 필수적인 만큼 능동집적 안테나, 초광대역 안테나와 소형 안테나에 대한 연구가 지속적으로 이루어져야 한다고 생각된다.

## 참 고 문 헌

[1] Jenshan Lin, Tatsuo Itoh, "Active Integrated Antennas", *IEEE Transactions on Microwave Theory Tech.*, vol. MTT-42, December 1994.  
 [2] R. A. York, Z. B. Popović, *Active and Quasi-Optical Arrays for Solid-State Power Combining*, John Wiley & Sons, 1997.  
 [3] Julio A. Navarro, Kai Chang, *Integrated Active Antennas and Spatial Power Combining*, John Wiley & Sons, 1996.  
 [4] R. A. York, "Nonlinear analysis of phase relationships in quasi-optical oscillator arrays", *IEEE Transactions on Microwave Theory Tech.*,

vol. MTT-41, October 1993.  
 [5] S. Nogi, Jenshan Lin and T. Itoh, "Mode analysis and stabilization of a spatial power combining array with strongly coupled oscillators", *IEEE Transactions on Microwave Theory and Tech.*, vol. 41, October 1993.  
 [6] Vesna Radisic, Yongxi Qian and Tatsuo Itoh, "Class F Power Amplifier Integrated with Circular Sector Microstrip Antenna", *IEEE MTT-S Digest*, 1997.  
 [7] 이병무, 전력증폭기를 결합한 IMT-2000 중계 기용 능동 집적 안테나에 관한 연구, 석사학위 논문, 연세대학교, 2000년.  
 [8] K. D. Stephan, "Inter-injection-locked oscillators for power combining and phased arrays", *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, vol. MTT-34, pp. 1017-1025, Oct. 1986.  
 [9] Siou Teck Chew, T. A. Itoh, "2×2 beam-switching active antenna array", *Microwave Symposium Digest, 1995, IEEE MTT-S International*, vol. 2, pp. 925-928, 1995.  
 [10] P. M. Haskins, J. S. Dahele, I. L. Morrow and P. S. Hall, "Active polarization-agile microstrip patch antennas", *Antennas and Propagation, 1995, Ninth International Conference on AP, 1995, Conf. Publ.*, vol. 1, no. 407, pp. 163-165, 1995.  
 [11] P. S. Hall, I. L. Morrow, P. M. Haskins and J. S. Dahele, "Phase control in injection locked microstrip active antennas", *Microwave Symposium Digest, IEEE MTT-S International*, vol. 2, pp. 1227-1230, 1994.  
 [12] T. Y. Lee, Y. J. Yoon and G. S. Jang, "A Study on Two-Dimensional Slotline Coupling Structure for Active Planar Array Antennas", *1998 IEEE*

- AP-S International Symposium, Atlanta*, vol. 3, pp. 1398-1400, 1998. 6.
- [13] 이동형 위성방송 수신시장 활성화를 위한 워크샵, 2001년 9월 25일.
- [14] York and Popovic, *Active and quasi-optical arrays for solid-state power combining*, Wiley & Sons, 1997.
- [15] Vesna Radisic, Yongxi Qian and Tatsuo Itoh, "Class F Power Amplifier Integrated with Circular Sector Microstrip Antenna", *IEEE MTT-S Digest*, pp. 687-690, 1997.
- [16] Vesna Radisic, Siou Teck Chew, Yongxi Qian and Tatsuo Itoh, "High-Efficiency Power Amplifier Integrated with Antenna", *IEEE Microwave and Guided Wave Letters*, vol. 7, no. 2, pp. 39-41, Feb. 1997.
- [17] 이병무, 권세웅, 김정일, 윤영중, "F급 전력증폭기를 위한 구형 Slot-loaded 패치 능동 안테나에 관한 연구", 한국통신학회, 1999년도 하계종합 학술발표회 논문집, pp. 1255-1258, 1999년.
- [18] M. P. DeLisio, R. A. York, "Quasi-optical and spatial power combining", *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, vol. 50, issue. 3, pp. 929-936, Mar. 2002.
- [19] Yongxi Qian and Tatsuo Itoh, "Progress in Active Integrated Antennas and Their Applications", *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, vol. 46, no 11, Nov. 1998.
- [20] *IEEE Microwave Magazine*, vol. 3, no. 1, Mar. 2002.
- [21] R. Y. Miyamoto, Y. Qian and T. Itoh, "A Retrodirective Array Using Balanced Quasi-optical FET Mixers with Conversion Gain", *1999 IEEE MTT-S International Microwave Symposium Digest*, Anaheim, CA, vol. 2, pp. 655-658, June 1999.
- [22] History of Ultra Wideband Communications and Radar: Part I, UWB Communications, *Microwave Journal*, January 2001.
- [23] 전자파기술(UWB 무선기술동향), vol. 13, 2002년 7월호.
- [24] 류충상, UWB의 동향과 발전 전망, 『전파』 통권 제104호, 2002년 1~2월호.
- [25] Warren L. Stutzman, Gary A. Thiele, *Antenna Theory and Design*, John Wiley & Sons, 1998.
- [26] Jia-Yi Sze, Kin-Lu Wong, "Bandwidth enhancement of a microstrip-line-fed printed wide-slot antenna", *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 7, July 2001.
- [27] Horng-Dean Chen, Wen-Shyang Chen, "A broadband CPW-fed square slot antenna", *Asia-Pacific Microwave Conference*, vol. 2, 2001.
- [28] D. H. Werner, P. I. Werner and K. H. Church, "Genetically engineered multiband fractal antennas", *Electronics Letters*, vol. 37, Sep. 2001.
- [29] C. P. Baliarda, J. Romeu and A. Cardama, "The Koch monopole: a small fractal antenna", *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 48, Nov. 2000.
- [30] 권중훈, 권세웅, 윤영중, 송인상, "5.8 GHz 무선 랜용 유전체 칩 미엔더 루프 안테나에 관한 연구", 마이크로파 및 전파 학술대회 논문집, 2002년 5월.
- [31] Murata, *M1 Type Surface Mount Compact for Bluetooth TM Systems*, Denpa Shinbun, July 2001.
- [32] Chatschik Bisdikian, "An exciting year ahead", *The official newsletter of the Bluetooth Special Interest Group*, no. 4, February 2000.
- [33] Xiaoxiao He, Xiaowei Zhu, "Planar inverted-F

antenna design for W-CDMA", *Asia-Pacific Microwave Conference*, 2001.

[34] Andre Abrial, Jacky Bouvier, Marc Renaudin and Pascal Vivet, "A New Contactless Smart

Card IC Using an On-Chip Antenna and an Asynchronous Microcontroller", *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, vol. 36, July 2001.

≡필자소개≡

윤 영 중



1981년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학사)  
1986년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학석사)  
1991년 12월: Georgia Inst. of Tech. 전기공학 (공학박사)  
1992년 3월~1993년 2월: 한국전자통신

연구소 선임연구원

1993년~현재: 연세대학교 전기전자공학과 교수

2002년 3월~현재: 연세대학교 전파통신연구소 소장

[주 관심분야] 마이크로파 소자, 안테나, 전파전파, 고온 초전도, EMI/EMC 등

황 광 선



2002년 2월: 연세대학교 전기공학과 (공학사)

2002년 3월~현재: 연세대학교 전기전자공학과 석사과정

[주 관심분야] 마이크로파 소자 및 안테나

김 형 락



2000년 2월: 순천향대학교 정보통신공학과 (공학사)

2000년 3월~2002년 2월: 연세대학교 전기전자공학과 (공학석사)

2002년 3월~현재: 연세대학교 전기전자공학과 박사과정

[주 관심분야] 마이크로파 능동소자 및

능동 안테나