

## I. 서론

1898년 6월 3일 Scottish 태생의 과학자인 W. Thomson(Lord Kelvin)경이 영국남부에 위치한 이탈리아 출생의 Marconi의 실험실을 찾아와 무선 전신을 상용화할 것을 주장하였고, Marconi는 그의 주장을 받아들여 나중에 Marconigram이라 알려진 무선전신·전화 서비스를 처음으로 상용화하였다<sup>[1]</sup>. 이러한 Marconi와 Kelvin 경의 일련의 실험과 무선전신·전화 서비스의 상용화 후 한 세기가 지난 지금 무선·이동통신은 여러 응용분야에서 급속한 발전을 이루어 왔고, 특히 CDMA의 상용화 성공은 이동통신의 호황세와 맞물려 개인 휴대통신 기기의 새로운 전환점을 마련하였다.

이동통신에서 개인 휴대통신(wireless, cellular, personal communications service, personal communication network, IMT-2000 등) 단말기는 신 모델의 사이클이 짧고 가입자 개개인 필요로 하는 기기이므로 앞으로 새로운 서비스의 부가에 따라 엄청난 시장수요가 예측된다. 이러한 개인 휴대단말기는 점차 소형화, 경량화, 다 기능화 되어지는 추세이며, 이에 따라 단말기의 시장 경쟁력을 확보하기 위하여 부품들의 고효율, 소형화, 저 전력화가 필수적이다. 이동통신 단말기부품 중에서도 안테나의 역할은 통화품질, 소형화 및 저 전력화를 결정하는 매우 중요한 부분으로서 새로운 형태의 이동통신 형태에 따라 적합한 새로운 안테나 개발이 필수적이다.

휴대용 단말기의 소형화 추세에 맞추어 부품의 소형화가 가속되어지고 있으나 안테나 부분은 단말기의 크기에 비해 상대적으로 소형화가 실현되고

있지 않다. 그 이유는 지금까지 많이 사용되어지는 monopole, sleeve, helical, whip 형 안테나들의 길이는 사용 주파수 파장의 1/2 정도( $\lambda/2$ ) 사이즈에 의존함으로써 소형화에 적합하지 않다는 것이다. 따라서 본고에서는 소형 안테나 기술, 소형 안테나 제작 시에 고려하여야 할 사항, EMC/EMI를 고려한 안테나 기술, 소형화에 따른 여러 가지 문제점 등을 중심으로 기술하며, 마지막으로 대량생산과 표면 실장이 유리하여 앞으로 많은 응용이 예상되어지는 소형 세라믹 칩 유전체 안테나 기술을 소개한다.

## II. Design Considerations of PCS Antenna

이동 통신 단말기의 안테나 설계 시에 고려하여야 할 중요한 사항으로는 먼저 무선접속방식의 표준안을 만족하며, 사용 주파수 및 채널 대역폭에 맞는 광대역 특성을 가져야하고 (~10%), 휴대하기에 편리하여야 하고, 송수신 전계 강도 및 셀 크기를 고려하여 안테나 이득이 0 dB 정도로 균일한 송수신 영역을 커버할 수 있어야 한다. 구체적으로 설계 및 제작 시에 다음사항을 고려하여야 한다.<sup>[2]</sup>

- ▷ 사용주파수대역에서 임피던스 매칭과 채널 대역폭을 수용할 수 있어야 함
- ▷ 접지면의 영향을 최소화 할 수 있어야 함
- ▷ 인체의 전자파 흡수를 최소화 할 수 있어야 함
- ▷ 사용자의 인체 영향 및 복사패턴, 송신기의 효율을 고려하여야 함
- ▷ 감쇠가 있을 경우에도 송신의 효율성과 수신 단 노이즈 특성을 최소로 유지할 수 있어야 함

- ▷ 도시지역에서의 전파 환경 및 경로에 대한 영향을 고려할 수 있는 diversity 개념
- ▷ 재료와 제작 공정 기법을 고려하여야 함
- ▷ 안테나와 주변회로들의 영향에 의한 intermodulation 문제
- ▷ Electromagnetic Compatibility(EMC) 문제
- ▷ 경제성과 신뢰성 문제

위에 언급한 사항들 이외에도 휴대단말기 안테나의 디자인 시에 고려하여야 할 사항으로는 먼저 안테나가 휴대폰의 본체에 실장 된다는 것과 또한 사용자의 손과 두부에 의한 감쇠와 방사패턴의 일그러짐의 영향, 사용자의 휴대폰 사용 각의 기울어짐으로 인해 생기는 기지국과의 편파 부정합(polarization mismatching) 문제, 전파의 다중경로에 의한 페이딩 등의 영향을 고려하여야 한다. 이러한 사항을 고려한 고효율 안테나는 수신 전계 강도가 낮은 지역에도 송수신을 가능하게 함과 동시에 단말기의 송·수신 소비 전력을 줄일 수 있으므로 안테나의 고효율은 안테나 디자인 시에 가장 중요한 사항이다.

안테나가 본체에 부착될 경우 사용되어지는 주파수 파장에 비해 본체가 전기적으로 비교적 작을 경우 본체 표면에서 유기 되어지는 전류가 복사패턴에 큰 영향을 미치며, 본체 또한 방사소자로서의 역할을 하기 때문에 omnidirectional 복사패턴을 유지하기 위해서는 안테나부분과 본체와는 서로 전기적으로 분리하는 것이 유리하다. Monopole 형태의 안테나일 경우, 단말기 본체의 전기적으로 유한한 접지면과 전기적으로 분리하기 위하여 balun, chokes 등을 사용하며, 이러한 소자들은 주파수 대역폭에 제약을 가져오며 단말기 본체의 높이를 증가시킬 수도 있다.

단말기 구조의 본체 및 사용자의 손과 두부 등에 의하여 안테나의 복사패턴이 일그러짐과 이로 인한 방사 효율의 저하를 들 수 있으며, 안테나가 적절히 차폐된 단말기 본체에서는 사용자의 손에 의한 감

쇠 영향을 최소화 할 수 있으나 인체의 두부와 상호 커플링하는 에너지를 최소화하기 위해서는 안테나의 복사패턴을 조절하지 않고서는 줄일 수가 없다. 복사패턴 또는 상호 결합에 의해 누수 되는 감쇠 영향은 안테나의 수신 대역폭을 넓게 하고 수신단의 잡음특성과 송신 효율을 저하시키는 요인이다.

다중전파 경로에 의한 페이딩의 영향을 고려한 안테나 디자인 기술도 필요하며, 이러한 페이딩 영향을 줄이기 위한 수신단에서의 diversity 기술로는 space diversity, field component diversity, polarization diversity, frequency diversity, directivity diversity로 나눌 수 있다. Space, polarization, directivity를 사용하는 diversity는 두 개 이상의 안테나를 사용하며, frequency 및 field diversity는 한 개의 안테나로 구현할 수 있다. 앞으로의 안테나는 종래에 사용되어지고 있는 안테나에 다이버서티 기능을 부가하며, 휴대하기 편리하고, 전자파 인체 영향을 최소화할 수 있는 등의 부가 가치적인 사항 등을 고려한 전반적이고 통합적인 시스템에서의 한 부분이라고 생각할 수 있다<sup>[3]</sup>.

### Ⅲ. PCS용 안테나 종류 및 구조

#### 3-1 Antenna Type

주로 L-Band 주파수 대역은 육상 이동통신에 주로 많이 사용되어지고, 전기적인 특성, 주파수대역, 셀 커버리지, 기계적인 모형 및 경제적인 비용 등에 따른 이러한 밴드에 적합한 안테나 특성을 선정하여야 한다. 이동통신용에 사용되어지는 안테나 구조로서는 안테나의 지향성(directivity)에 따라 다음과 같이 구분해 볼 수 있다<sup>[4]</sup>.

#### ◎ 저 이득 안테나 (Omnidirectional)

- ▷ Helical-single, bifilar and quadrifilar
- ▷ Log periodic planar and conical spirals
- ▷ Log-periodic dipole arrays (LPDAs)

- ▷ Lindenblad dipole arrays
- ▷ Patch radiators
- ▷ Simple cavities
- ▷ Slots /microstrips, combinations

◎ 중 이득 안테나 (Semi-directional)

- ▷ Yagi antennas
- ▷ Axial-mode helices
- ▷ Short backfire antennas
- ▷ Zig-zag antennas
- ▷ Dielectric rod antennas

고 이득을 요구하는 안테나는 주로 저 이득 방사 소자들(소자들)을 이용한 위상 배열 안테나의 형태로 구현할 수 있으며, 적용 배열형 및 스마트 안테나들과 함께 기지국용 안테나로 많이 쓰인다. 이동통신에 사용되어지는 휴대단말기의 안테나는 크게 외장형과 내장형으로 구분할 수 있다. 외장형으로는 sleeve, monopole, helical, whip 안테나 등이 주로 사용되어지고 있으며, 내장형 안테나로서는 최근 판상 역 F형 안테나, dual-L형 안테나, cavity back type 안테나, 마이크로 스트립 안테나, 칩 유전체 안테나 등을 들 수 있다.

상용 휴대 단말기에서 최적의 수신 영역을 커버하기 위하여 omnidirectional의 복사패턴을 가지는 안테나를 주로 사용하였으며, 주로 고정(non-retractable) 또는 수축(retractable) 형태의 외장형 안테나가 많이 사용되어지고 있다. 고정형으로는  $\lambda/4$  파장 길이의 monopole 안테나 또는 helical 형태의 안테나를 사용하며 수축형 안테나 보다 견고하고 제작이 용이 하나 전기적인 특성이 수축형에 비해 뒤떨어지며, 높은 SAR(specific absorption rates) 값을 진다. 반면, 수축형 안테나는 확장 시에  $\lambda/2$  정도의 전기적인 길이를 가지며 안테나의 특성도 고정정보다 우수하다. 수축형은 확장 시에 안테나의 전기적인 길이가 고정정보다 크므로 안테나에 유기 되는 전류가 사용자의 두부에서 더 떨어지는

효과로 인하여 전자파 에너지의 인체 흡수를 고정정보다 조금 줄일 수 있으나 여전히 인체에 흡수되는 SAR량이 크다.

사용자 근접 시 인체의 두부와 손에 의한 안테나의 원거리 복사패턴의 왜곡은 5~20 dB 정도의 복사패턴의 리플영향을 가져오며 이러한 영향은 수신 커버리지 영역에 큰 영향을 미치며 통화품질과 감쇠로 인한 송수신 효율을 저하시킨다<sup>[5]</sup>. 아울러 사용자의 근접 시 휴대용 단말기의 안테나에서 발생하는 전자장이 인체에 미치는 영향은 민감한 문제로서 안테나의 디자인 시에 반드시 고려해야 할 중요한 사항이다. 구체적인 예로서는 기존 안테나의 경우 안테나에 인가된 전력의 33~68 % 정도가 인체 두부와 손에서 흡수된다는 보고가 있다<sup>[6]~[8]</sup>. 이러한 단말기와 사용자의 근접 전계 간섭의 정도는 사용 주파수와 인체 각 부위 매질의 전기적 특성의 영향에 따라 달라지며 수치적인 계산과 인체 모형에 기인한 실험들이 활발히 진행되고 있다.

사용자의 두부 및 손에 의한 원거리 복사패턴의 왜곡을 줄이며 인체전자파 장애를 최소화 할 수 있는 안테나구조로서는 내장형 안테나가 유리하다. 내장형 안테나는 단말기의 뒤쪽 부분에 실장 됨으로 사용자의 인체에 흡수되어지는 전자파 에너지의 영향을 줄일 수 있다. 내장형 안테나는 구조에 따라서는 외장형 안테나의 성능을 그대로 유지하면서 소형, 경량화, 실장이 편리한 구조로 만들 수 있으므로 많은 응용이 예상된다<sup>[9]~[11]</sup>.

이동통신 단말기 내장형 안테나로서 다음과 같은 특성을 가져야 한다.

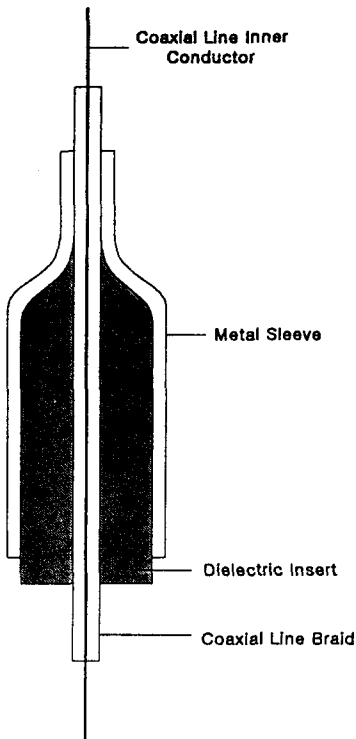
- ▷ 사용주파수 영역에서 production tolerance를 고려한 적절한 대역폭을 가져야 함
- ▷ 휴대용 단말기의 소형화에 따른 내장형 안테나 크기의 소형화
- ▷ 휴대단말기의 기울어짐에 따른 polarization의 독립성
- ▷ 인체의 전자파 장애를 최소화 할 수 있는 구조

- ▷ 간단하고 견고한 물리 구조를 가져야 함
- ▷ 안테나와 송·수신단과의 임피던스 매칭이 용이하여야 함
- ▷ 높은 방사효율과 isotropic 복사패턴을 가져야 함

### 3-2 PCS 용 안테나 구조

#### 1) Sleeve 안테나

휴대용 단말기에 많이 사용되었던 안테나로서 sleeve 안테나를 들 수 있으며 구조는 [그림 1]에 나타내었다. Sleeve 안테나의 방사원리는 동축케이블로 급전된 반 파장 비대칭형 다이폴 안테나의 동작원리와 비슷하여 복사 효율이 좋으며, 방위각으로(azimuth angle) 균일한 복사패턴을 가진다. [그림 1]에 보여주는 바와 같이 안테나의 윗부분은



[그림 1] Sleeve 안테나의 단면도

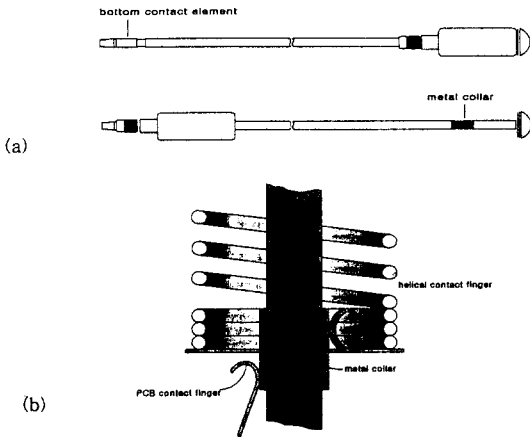
동축케이블의 내심을 그대로 사용하고 아랫부분은 반경이 큰 sleeve형 원통을 이용한다. 이러한 구조는 비대칭형 다이폴 안테나 구조로서 동축케이블의 내심은 비교적 반경이 작은 wire 안테나이므로 사용 주파수에 맞게 길이를 조정한다. 또한 sleeve 부분은 가능한 큰 반경을 사용하여 동작 주파수 영역에서 단말기의 본체로 전류가 흐르지 않도록 RF choke의 역할을 하여야 한다. 이러한 RF choke로서의 작용은 사용 주파수대역에서 동축케이블의 외심과 sleeve 원통내부로 구성된 전송선이 공진을 이룰 때 최대의 효과가 나타난다<sup>[3]</sup>.

Sleeve 안테나의 단점으로는 매우 협대역용이며, 공진 주파수 보다  $\pm 5\%$  정도 이탈한 주파수 영역에서는 sleeve 부분이 더 이상 RF choke 작용을 못하므로 sleeve 끝 부분의 전류가 coupling 영향으로 단말기 본체로 넘어가게 되고 이러한 단말기 본체의 전류는 복사패턴에 심한 왜곡을 일으킨다. Sleeve 부분이 공진을 일으키는 주파수 영역에서 안테나 이득은 반 파장 다이폴 안테나가 가지는 이득인 1.6 (2.1 dBi)과 비슷한 값을 가진다.

#### 2) Helical Antenna

Helical 안테나는 normal-mode로 작동할 시 복사패턴과 안테나 이득이 반 파장 다이폴의 성능과 유사하다. 그러므로 normal-mode로 작동하는 물리적인 치수로서 helical 안테나를 구현할 경우 다이폴 안테나와 같은 성능을 유지하며 물리적인 길이를 크게 단축할 수 있다. 하지만 helical 안테나는 반 파장 다이폴에 비해 길이를 크게 단축할 수 있는 반면 크기가 작아짐에 따라 단말기 본체에 누수되는 전류가 많으며, 단말기본체에 유입된 전류는 복사패턴을 왜곡시키며 또한 사용자의 손에 의한 감쇠를 많이 일으키며 복사효율을 저하시킨다.

또한 helical 안테나는 크기가 작으며 사용 시 안테나가 사용자의 두부에 인접함으로 두부에 의한 안테나 효율이 현격히 감쇠 함을 볼 수 있다. 실제의 경우 모노폴 helical 안테나는 물리적으로  $\lambda/12$



[그림 2] Helical 안테나의 수축 및 확장시의 모형(a)과 급전선 주변의 구조(b)

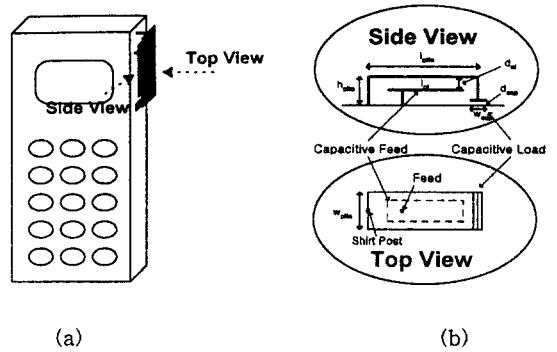
정도의 길이로 구현되지만 전기적인 특성  $\lambda/4$  정도의 다이폴 안테나의 특성을 가진다. Helical 안테나는 복사패턴의 왜곡과 RF 에너지의 감쇠 측면에서 볼 때 큰 이점이 없으나 휴대단말기에서 요구되어지는 소형화 측면에 부합함으로 많이 사용되어지고 있다<sup>[3]</sup>. Helical 안테나의 소형화에 따른 단점을 극복하고 장점을 살리기 위하여 switchable helical 안테나를 [그림 2]에 나타내었다.

Switchable helical 안테나는 수축된 경우에는 짧은 normal mode monofilar 나선형 안테나로 작용을 하고, 확장 시에는 선형 안테나로 작용한다. [그림 2]의 (b)는 급전선 부분에서 normal mode monofilar 나선형 안테나의 구조를 보여준다. 이 부분은 확장 시에는 선형 안테나와 서로 분리되는 switching 작용을 한다<sup>[12]</sup>.

### 3) 판상 역 F 안테나

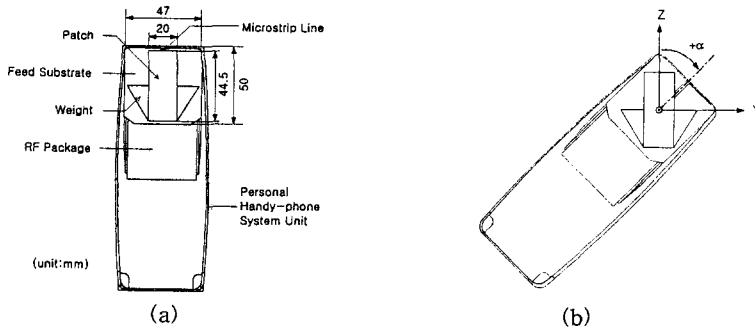
사용자의 두부 및 손에 의한 원거리 복사패턴의 왜곡을 줄이며 인체전자파 장애를 최소화 할 수 있는 안테나구조로서는 내장형 안테나가 유리하다. 내장형 안테나는 단말기의 뒤쪽 부분에 실장 됨으

로 사용자의 인체에 흡수되어지는 전자파 에너지의 영향을 줄일 수 있다. 판상 역 F형(planar inverted F) 안테나[그림 3]는 외장형 안테나의 수신감도 특성을 그대로 유지하면서 전자파 안정기준치의 1/10 정도로 감소시킨 내장형 안테나 구조이다. 내장형 안테나는 휴대하기 편리하고, 인체 전자파 영향을 최소화할 수 있다<sup>[13]</sup>.



[그림 3] 휴대단말기에 부착된 평판 역 F형 안테나(a)와 측면도와 평면도(b)

판상 역 F 안테나의 동작원리는 유전체 대신 공기로 채워진  $\lambda/4$  파장의 마이크로스트립 안테나로 볼 수 있으며 RF 단과의 임피던스 정합은 입력 프로브단의 위치 조정으로 이루어진다. 이러한 안테나는 피딩 구조의 영향으로 VSWR  $\leq 2$  범위영역으로 정의되어지는 안테나의 주파수 대역폭이 좁으며, 대역폭 증가를 위하여 부가적인 매칭용 소자들을 사용할 경우 방사 효율을 저하시키는 단점을 가진다. 판상 역 F 안테나가 가지는 장점을 유지하면서 대역폭을 대폭 개선시킨 구조로서는 radiation-coupled dual-L 형 안테나를 들 수 있다. 이러한 구조는 부가적인 임피던스 정합 회로가 필요치 않으며 판상 역 F 안테나 구조에 비해 50% 정도의 밴드폭 증가를 실현하였다<sup>[14]</sup>. 그러나 급전선 영역에서 기생성분이 많이 발생하며, 자동화 생산 공정과 실장(housing)이 곤란한 단점이 있다.



[그림 4] PHS에 장착된 회전가능한 마이크로스트립 패치 내장형 안테나.  
(a) upright. (b) Inclined.

#### 4) 회전 가능한 마이크로 스트립 안테나

기존 whip 형태의 안테나가 가지는 문제점으로 는 첫째 사용자의 휴대폰 사용 각의 기울어짐으로 인한 생기는 기지국과의 편파 부정합(polarization mismatching) 문제, 둘째 omnidirectional 복사패턴에 의한 사용자 인체 두부영역의 전자파 장해 문제, 셋째 사용자의 손과 두부에 의한 감쇠와 방사패턴의 일그러짐의 영향으로 방사 효율의 저하를 들 수 있으며, 마지막으로 사용 시 안테나를 밖으로 뽑아야하며 외장형이라 부러지기 쉬운 구조를 가진다. 회전 가능한 마이크로 스트립 내장형 안테나를 사용함으로써 이러한 whip 형태의 가지는 안테나의 성능을 그대로 유지한 채 단점을 최소화할 수 있는 구조를 [그림 4]에 나타내었다<sup>[15]</sup>.

[그림 4]에 보여주듯이 안테나를 단말기 본체의 뒷면에 실장 함으로 인체 두부영역으로의 복사패턴을 미리 10 dB 정도 낮게 함으로서 사용 시 인체 두부영역의 전자파 장해 문제를 최소화하였다. 또한 전기적인 coupled 방사소자 밀면에 무거운 추를 달 으로서 자연중력을 이용하여 사용 시 기울어짐에도 항상 수직을 향하게 함으로서 사용자의 휴대폰 사용각의 기울어짐으로 인한 생기는 기지국과의 편파 부정합(polarization mismatching) 문제를 해결하

였다. 이러한 구조는 임피던스 정합이 용이하고 내장형태이므로 사용 시에 취급하기 편리하다.

회전 가능한 마이크로 스트립 내장형 안테나는 기존 whip 안테나형태가 가지는 단점을 극복한 구조이면서 실제 PHS 시스템에 탑재 실험한 결과 성능 면에서 우수함이 입증되었으므로 실제 상용 PCS에 많은 응용이 예상되고 있다<sup>[15]</sup>.

#### 3-3 안테나와 회로의 Coupling 영향

휴대용 단말기용 안테나 크기가 소형화되어짐에 따라 단말기 본체와 사용자의 근접에 기인한 복사패턴의 왜곡뿐만 아니라, 안테나 실장 시에 인근 회로소자들 간의 상호 결합 영향으로 일어나는 주파수 편이와 복사패턴의 일그러짐을 고려하여야 한다.

안테나부분과 단말기내의 급전회로 및 기타회로들과 이상적으로 차폐가 되어진 경우에는 안테나의 특성이 단말기 본체내의 주변회로에 영향을 받지 않으나, 실제의 소형 휴대단말기의 경우 이러한 영향을 디자인 시에 고려하여야 한다. 방사 소자들과 입력 단 회로들 간의 상호 결합 영향으로 발생하는 전류 모드가 복사패턴에 영향을 미치며, 안테나 급전선 회로부분인 전송선 및 입력 단 임피던스 정합 회로는 차폐가 되어 있지 않은 부분이므로 방사소

자와 상호 결합을 하기 쉽기 때문에, 급전선 회로구조가 바로 입력 임피던스와 복사패턴에 영향을 미친다.

그러므로 이러한 상호 영향은 개개의 단말기 본체의 모양과 입력 단 회로구조에 따라서 달라지므로 해석적인 시뮬레이션보다는 error and try에 의한 실험적인 모델에 기인한 경우가 많다. 입력 단 근처에서의 조그만 한 물방울도 전체 안테나 성능에 큰 영향을 미치며 또한 안테나로서의 작용을 방해할 수 있기 때문에, 소형 단말기 안테나 제작 시에는 세심한 주의를 요한다. 또한 안테나와 급전부분의 접합 시에 두 금속사이에서 일어나는 junction의 영향으로 intermodulation 영향을 초래하는 경우도 있으므로 안테나와 급전부분의 두 금속물질에 대한 주의를 요한다<sup>[3],[9]</sup>

#### IV. 세라믹 칩 유전체 안테나

##### 4-1 개요

위에서 언급한 내장형 안테나로서 판상 역 F 안테나, dual L 안테나, 회전 가능한 마이크로스트립 안테나 등은 기존 외장형 안테나에 비해 많은 장점을 가지나 세트의 소형화에 여전히 적합하지 않고, 또한 그 구조상 자동 실장이 곤란하고 양산라인의 효율화에 곤란한 단점이 있다. 실제 판상 역 F 안테나의 경우 크기는 주로 동작 주파수에 의존함으로 소형화가 곤란하고 예로서 800 MHz에서는 크기가 20×20×5 mm 정도로 타 부품의 크기와 비교하여 압도적으로 크고 세트의 소형화에 큰 장애가 된다.

안테나의 크기가 작아지면 소형화에 적합하고 이동성에 유리하지만 안테나 측면에서는 크기가 작아지면 안테나의 이득과 대역폭이 감소하는 문제가 있다. 이러한 소형화의 문제를 해결하면서 고효율의 성능을 갖는 안테나로서 세라믹 칩 유전체 안테나(Ceramic Chip Dielectric Antenna)를 들 수 있다<sup>[16]</sup>.

국외적으로 유전체 세라믹을 이용한 칩형 안테나는, 일본의 무라타 기업에서 97년 처음 상품화에 성공한 이래, 표면실장할 수 있고, 소형화가 가능하며, 자동화 생산 공정 라인에 적합하고, 복사패턴이 인체 전자파 장애를 최소화할 수 있는 등 여러 가지 장점이 있어 최근 큰 관심을 불러일으키고 있으며 향후 대부분의 기존 안테나를 대체할 것으로 판단된다. 최근 무라타는 97년 개발한 PHS용 세라믹 칩 안테나 G-series의 성능을 그대로 유지하면서, 크기를 1/4로 소형화한 K-series를 발표하며 이 분야에서 독자적인 기술을 가지고 있다<sup>[17]</sup>.

Chip 유전체 안테나는 기존 내장형 안테나에 비해 대폭적인 소형화, 경량화를 실현하여 시장의 요구에 부응하는 종래의 chip 부품과 같은 자동실장 reflow가 가능한 SMD(surface mountable device) 안테나이다. 종래의 판상 역 F 안테나와 동등 또는 그 이상의 성능을 가지고 있으며 단말기의 초소형, 경량화, 고 기능화, cost down에 공헌할 수 있다.

##### 4-2 세라믹 칩 유전체 안테나가 가지는 장점

###### 1) 초소형, 초경량 내장 안테나

고주파 저 손실 유전체 재료를 사용하여 체적비와 중량을 종래의 안테나에 비해 현저히 줄일 수 있으며, 이로 인해 단말기의 초소형, 초경량화가 실현 가능하다.

###### 2) 자동실장이 가능한 SMD type

종래의 판상 역 F 안테나는 실장 시에 구조상 생산라인에서 자동화가 곤란하였다. 칩 유전체 안테나는 자동실장 reflow가 가능한 SMD type이기 때문에 실장 cost의 큰 절감을 가능케 하였다. 또 본체 기판 layout 설계가 용이하기 때문에 종래의 판상 역 F 안테나에 비해 기계 설계 기간을 크게 단축할 수가 있다.

3) 종래의 판상 역 F안테나와 **충등** 특성을 실현  
 안테나 디자인 기법과 적절한 전극 설계 배치기  
 술로 종래의 판상 역 F 안테나가 가지는 특성과 동  
 등 또는 우위의 특성을 실현시킬 수 있다.

4) 동작 주파수 변환이 용이

PCB 상에 주파수 변환 회로를 추가하여 동작 주  
 파수를 변환시킬 수 있다.

5) 저 가격

세라믹 재료의 조합으로부터 제품의 출하까지 자  
 동라인으로 대량생산이 가능하므로 저 가격을 실현  
 할 수 있다.

6) 고 신뢰성

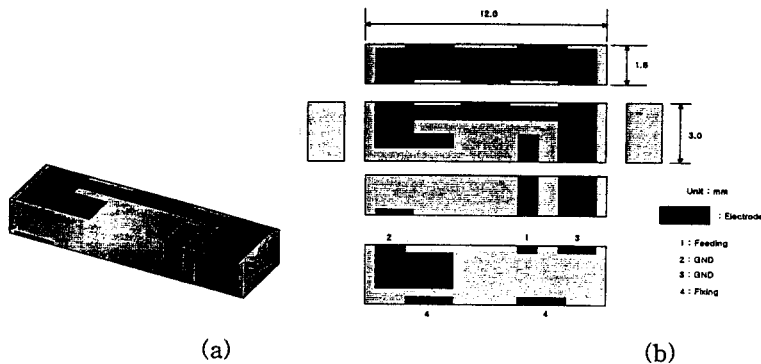
구조가 단순해서 급전, 내열, head shank, 충격  
 성, 내습성, 진동, 낙하시 충격 등의 신뢰성에 있어  
 서 우수하다.

4-3 세라믹 칩 안테나의 구조와 동작원리

칩 유전체 안테나의 기본적인 동작 원리를 소개  
 하고자 한다. [그림 5]의 칩 유전체 안테나의 등가  
 회로는 [그림 6]에 나타내었다. [그림 6]에서 급전  
 선 A지점으로부터 입력된 고주파 신호가 커플링 작

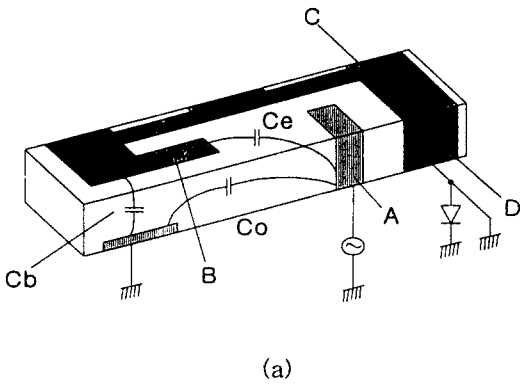
용의 기생성분  $C_e$ 에 의하여 전극 B인 영역과 결합  
 되고 다시 방사 전극 C부분에서 복사효과가 일어나  
 서 안테나로서의 역할을 하며 다시 D부분을 경유하  
 여 주파수 switching 회로에 접속된다. 세라믹 칩  
 유전체 안테나는 유전체의 파장 단축효과를 이용하  
 는 방법으로 방사전극 내에서의 전기적인 길이가  
 유전체내에서  $\lambda_g/4$  파장이 되도록 설계한다. 말하  
 자면, 유전체 장하형에 전송선로형 안테나이다. 일  
 반적으로 안테나의 공진주파수는  $f_0=1/(2\pi) \times$   
 $(LC)^{-1/2}$ 와 같이 주어지고 칩 유전체 안테나 [그림  
 6]의 등가회로에서 방사전극은 인덕턴스  $L_a$ 와 커패  
 시턴스  $C_e$  및  $C_b$ 의 두 개의 용량 성분을 구성된 LC  
 회로와 복사저항  $R_r$  값과 Ohmic loss  $R_L$ 로 구성되  
 어진다.

[그림 6] (a)의 D 부분은 switching용 외부 회로  
 를 접속하기 위한 전극으로 [그림 7] (a)에 보여주  
 고 있듯이 기판사이에 실장된 칩 유전체 안테나와  
 plant 사이에 다이오드가 연결되어져 있다. [그림  
 7]의 (b) 그림은 칩 유전체 안테나의 실장 시 주변  
 기판회로와 스위칭 다이오드와의 등가회로를 나타  
 내었다. 여기서 다이오드의 역할은 칩 유전체 안테  
 나의 전기장을 diode로 on/off 스위칭 함으로서 작  
 동 중심 주파수를 변화시킨다. 예를 들어 diode가  
 on일 때는 전기장이 단축되는 현상을 나타내고 그  
 효과로 주파수를 높이는 방향으로 switching이 가

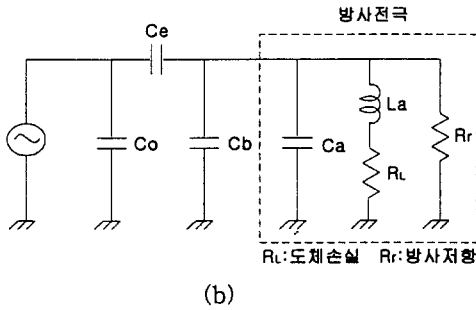


[그림 5] 세라믹 칩 유전체 안테나의 입체모형(a)과 안테나 각 부분의 평면도(b)





(a)

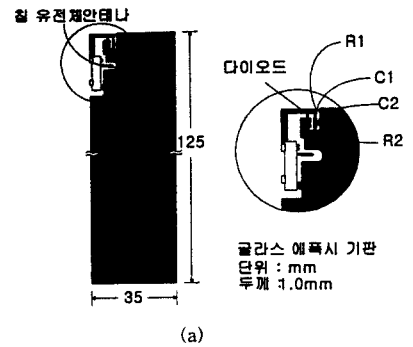


(b)

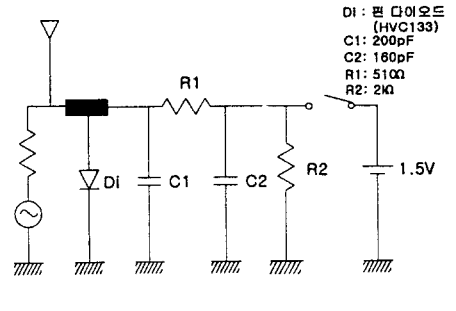
[그림 6] 세라믹 칩 유전체 안테나의 동작회로(a)과 동가회로(b)

능하다. 주파수의 shifting 값은 diode를 설치하는 위치를 변화시킴으로써 용이하게 제어 가능하다. 주파수 스위칭용의 외부회로 동가회로를 [그림 7]의 (b)에 나타내었다. 여기서 다이오드는 pin diode 또는 schottky diode를 사용할 수 있다. 이처럼 칩 유전체 안테나는 전극 패턴과 기판상의 diode의 위치를 변경하여 중심 주파수의 shifting을 쉽게 급속히 변경할 수 있다.

이러한 칩 유전체 안테나는 실장 시 부품의 배치, 수신기의 본체 및 특히 기판 주위 금속 부분들의 영향으로 주파수 편이가 일어나며 칩 유전체 안테나의 설계 시 미리 중심주파수의 편이를 offset하여 주파수 편이를 상쇄시킨 상태로 제작하는 것이기



(a)



(b)

[그림 7] 칩 유전체 안테나의 실장시 배치모형(a)과 동가회로(b)

때문에 set 실장 시에 원하는 주파수가 되도록 미리 보정해주어야 한다. 주파수의 shift 량은 set에 따라 다르기 때문에 set 개별 대응을 할 필요가 있다.

칩 유전체 안테나에 스위칭 다이오드를 연결하여 동작 주파수의 shifting 방법을 응용하여 송신대역과 수신대역의 주파수를 전기적으로 switching 하는 것으로 PCS, PHC, GSM 및 DCS 등의 단말기 내장형 안테나로서 사용할 수가 있다. 통신 단말기의 소형화는 매우 가속되고 있으나 안테나의 소형화는 실현되고 있지 않으므로 set의 크기에 비하여 안테나의 크기가 차지하는 부피는 상대적으로 크게 되고 있다. 칩 유전체 안테나를 이용함으로써 set의 소형화를 실현할 수 있으리라 예상된다.

또 사용하는 재료의 형상, 전극패턴을 폭넓은 주

파수에 대응하기 때문에 휴대용 단말기 안테나 이외에도 전파 beacon용 안테나, wireless LAN, 시스템 안테나 등 여러 분야에서 응용이 기대된다<sup>[17]</sup>~<sup>[19]</sup>.

#### 4-4 세라믹 칩 안테나의 재질

유전체 세라믹을 이용한 부품의 제조는 재료를 기본으로 하는 공정이라고 볼 수 있다. 그러나 재료의 특성은 내부 전극구조의 변화에 따라 상대적으로 선택의 범위가 넓다. 세라믹 칩 안테나용 유전체는 일반적으로 비유전율이 40미만이며 손실이 아주 작은 소재를 사용한다. 유전체 세라믹 소재 내에서 파장이 축소되는 현상을 이용한 부품의 소형화 가능성으로 최근 이동통신의 발달과 더불어 유전체 세라믹 부품의 중요성이 급속히 부각되었다. 세라

믹 칩 안테나에 실제 사용되어지는 유전체 재질 조성 식과 금속 도선 증착 기법의 한 예를 들면 아래와 같다<sup>[19]</sup>.

Ceramics : Sr(Ni<sub>1/3</sub>Nb<sub>2/3</sub>)O<sub>3</sub>(97 mol%)  
 -SrTiO<sub>3</sub>(3 mol%)](90 wt%)-GA44(10 wt%)  
 $\epsilon_r = 24.5, \tan \delta = 0.001$   
 (f=5 GHz, by resonator measurement)  
 Conductor : Ag-Pt Dupont QS-171, thick printing technique

대표적인 저 손실 유전체 세라믹의 종류를 다음에 나타내었다<sup>[20],[21]</sup>

세라믹 칩 유전체 안테나는 유전상수 6~30 정도의 저 손실 유전체 조성영역에서 구현된다. 안테나 관점에서는 세라믹 막대에 후막전극을 형성한 도체

유전율	세라믹 조성				유전율	Q · f (GHz)	f <sub>0</sub>	τ <sub>r</sub> ppm/°C	비고
<10	Glass-ceramic (Dupont)				7.8	# 0.15 %		9.8	# tan δ(10 MHz)
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>				9.8	360,000	9	-55	
20	MgTiO <sub>3</sub> -CaTiO <sub>3</sub>				21	56,000	7	0	
	(Mg <sub>0.95</sub> Ca <sub>0.05</sub> )TiO <sub>3</sub>				21	48,000		0	(3 GHz 측정)
25	Ba(Sn, Mg, Ta)O <sub>3</sub>				25	200,000		0	
	Ba(Mg <sub>1/3</sub> Ta <sub>2/3</sub> )O <sub>3</sub>				25	350,000	10	-4	Murata
30	Ba(Zn <sub>1/3</sub> Ta <sub>2/3</sub> )O <sub>3</sub>				30	168,000	12	0	
	Ba(Zn <sub>1/3</sub> Ta <sub>2/3</sub> )O <sub>3</sub> -(Ba, Sr)(Ga <sub>1/2</sub> Ta <sub>1/2</sub> )O <sub>3</sub>				30	190,000		0	
38	BaTi <sub>4</sub> O <sub>9</sub>				38	36,000	4	15	
	Ba <sub>2</sub> Ti <sub>9</sub> O <sub>20</sub>				40	36,000	4	5	
	BaTi <sub>4</sub> O <sub>9</sub> -<0.5 w% WO <sub>3</sub>				35	50,400	6	-0.5	
	(Sn <sub>0.2</sub> Zr <sub>0.8</sub> )TiO <sub>4</sub>				38	49,000	7	0	Hayashi
80	BaO	PbO	NdO <sub>3/2</sub>	TiO <sub>2</sub>					
	7	0	38	55	60	3,300		0	무라타,
	8	7	27	58	88	6,000		0	3 GHz 측정
	BaO-Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -Nd <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -TiO <sub>2</sub>				88	2,000	4	0	
	BaNd <sub>2</sub> Ti <sub>5</sub> O <sub>14</sub>				89	4,000	2	(-50)	

의 크기가 작아지면 안테나의 이득이 감소하는 문제가 있다. 이러한 어려움을 해결하면서 소형화 할 수 있는 핵심 기술로서 세라믹 소재의 물성을 고려한 전극 배치에 대한 정확한 설계 기법과 세라믹 칩 안테나 제작 기술이 시급하다. 이는 개방된 통신 시장에서 선진국과 대등한 수준의 기술 확보뿐만 아니라 우위를 점할 수 있는 경쟁력을 가진 휴대용 단말기 안테나 제작을 위해 꼭 필요한 기술이다.

#### IV. 결 론

지금까지 단말기용 안테나 디자인 시에 고려하여야 할 사항과 안테나 종류, EMC 최소화 안테나 및 세라믹 칩 유전체 안테나를 소개하였다. 국내 이동통신 휴대단말기의 부품산업 육성차원에서 보면, 국제적 경쟁력 내지는 기술 선도력이 매우 절실한 상태로서, 완제품에 접목될 수 있는 고유의 안테나 설계기술이 필요하다.

휴대단말기용 내장형 안테나로서 세라믹을 이용한 칩 유전체 안테나는 여러 가지 장점 때문에 앞으로 기존 안테나를 대체할 것으로 예상된다. 유전체 세라믹을 이용한 고주파부품에 대한 인식은 선진국에서도 90년대에 확대되기 시작한 비교적 신규 분야이다. 그리고 유전체 세라믹을 이용한 고주파부품은 국내 관련업체에서 이미 21세기 전략상품으로 육성하고 있거나, 집중할 예정인 분야이다. 이러한 국내의 조건에서 부품산업의 경쟁력을 확보하기 위해서는 외국의 지적재산권의 회피를 위한 안테나 고유모델의 개발, 성능의 획기적 개선, 신규제품의 개발 등의 적극적인 기술개발이 필요하다.

#### 감사의 글

바쁜 와중에도 본 기고의 그림 작성을 도와준 김병남, 문정익, 형창희 학생들에게 고마움을 표합니다.

#### 참고문헌

- [1] Andy D. Kucar, "Special issue on the mobile radio centennial", *Proceedings of the IEEE*, vol. 86, no. 7, pp. 1303-1306, July 1998.
- [2] James, J. R., "Mobile antenna systems -highlights of recent developments in personal communication equipment", *Micro-wave Filters and Antennas for Personal Communications, IEE Colloquium*, pp. 1-14, 1994.
- [3] Fujimoto, K. and J. R. James: *Mobile Antenna System Handbook*, Artech House, Norwood, 1994.
- [4] Colloins, B. S., "Antenna design in the band 1-2 GHz", *Material and Manufacturing Processes for Antennas, IEE Colloquium*, pp. 1-6, 1990.
- [5] Dilworth, I. J., "Antenna systems and techniques for personal communications", *Personal Communications: Circuits, Systems and Technology, IEE Colloquium*, pp. 1-4, 1993.
- [6] Wiart, J. and Mittra, R, "Power deposited in biological tissues from a hand-held mobile antenna", *IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium*, pp. 1104-1107, 1996.
- [7] Michal Okoniewski and Maria A. Stuchly, "A study of the handset antenna and human body interaction", *IEEE Trans, MTT*, vol. 44, pp. 1855-1864, 1996.
- [8] Michale A. Jansen, "EM interaction of handset antennas and human in personal communications", *Proc. of IEEE*, vol. 83, no. 1, pp7-17, Jan., 1995.
- [9] Fujimoto, K. and A Henderson, K Hir-

- asawa, and J. R. James: *Small Antennas* Research Studies Press, Letchworth, England, 1993.
- [10] J. Fuhl, P. Nowak and E. Bonek, "Improved internal antenna for hand-held terminals" *ELECTRONICS LETTERS* 27th Oct. 1994 vol. 30 no 22 pp. 1816-1818.
- [11] Matthias Geissler and Dirk Heberling, "An optimized antenna for mobile phones", *IEEE, Antennas and Propagation Society International Symposium*, vol. 1, pp. 118-121, 1998.
- [12] Stoiljkovic, V. Cockson, M. et al, "A low-cost portable antenna with a switching mechanism", *IEE Low cost antenna Technology Conference*, pp. 1-6, Feb. 1998.
- [13] Corbett R. Rowell and R. D. Murch, "A capacitively loaded PIFA for compact mobile telephone handsets", *IEEE Trans. on Antenna & Propagation*, vol. 45, pp. 837-842, 1997.
- [14] Rasinger, J., Scholtz, A.L et al, "A new enhanced-bandwidth internal antenna for portable communication systems", *Vehicular Technology Conference*, pp. 7-12, 1990.
- [15] Atsuya Ando, Yasunobu Honma, and Kenichi Kagoshima, "A novel electromagnetically coupled microstrip antenna with a rotatable patch for personal handy-phone system units", *IEEE Trans. AP*, vol. 46, pp. 794-797, 1998.
- [16] Tsuru Teruhisa et. al, "Antenna apparatus having chip antenna and capacitance generating device", *US Patent* No. 5,767,811 and No. 5,767,817, June 16, 1998, No. 5,764,197 and No. 5,764,198, June 9, 1998.
- [17] Japan, 電波新聞, 1998년 (平成10年) 7月9日 (木曜日).
- [18] Hiroaki Tanidokoro, Nozomi Konishi, Eiichiro Hirose, Yoshinori Shinohara, Hiroyuki Arai and Naohisa Goto, "1-wavelength loop type dielectric chip antennas", *IEEE, Antennas and Propagation Society International Symposium*, vol. 4, pp. 1950-1953, 1998.
- [19] Hidenao Matsushima, Eiichiro Hirose, Yoshinori Shinohara, Hiroyuki Arai and Naohisa Goto, "Electromagnetically coupled dielectric chip antenna", *IEEE, Antennas and Propagation Society International Symposium*, vol. 4, pp. 1954-1957, 1998.
- [20] Tsutomu Tsunooka, "Insulating Ceramic Materials for High Frequency and Their Evaluations", *New-Ceramics*, no. 9, pp. 37-43, 1996.
- [21] Takashi Okawa, Hideki Utaki, and Takahiro Takada, "The application of microwave ceramics", *ISAF 94 Proceedings of the 9th IEEE international symposium on applications of ferroelectrics*, pp. 367-71, 1995.

필자소개

한국정보통신대학원 대학교, 기초전자공학부 조교수