

휴대폰 전자파 감쇄기 개발

손태호* · 김성복**

*순천향대 전기전자공학부

** (주) 닛시 텔레콤

I. 서 론

휴대폰은 어느 곳 어느 때라도 정보의 전달이 가능할 수 있도록 개발된 정보통신 미디어의 일종이다. 우리나라에서의 휴대폰 사용은 폭발적인 수요에 의해 가히 급성장하고 있다. 현재까지의 휴대폰을 분류하면 송신 입장에서 볼 때 824~849 MHz 주파수대역의 셀룰러 휴대폰전화와 1,750~1,780 MHz대의 PCS가 있다. 또한 주파수 914 MHz의 가정용 무선전화인 CT1(Cordless Telephone)에 공중성을 부여 하므로써 휴대폰 역할을 할 수 있게 발전해 나가고 있으며, 2000년대 초에 출시될 IMT-2000은 2,000 MHz 주파수 대역(1,920~1,980 MHz)의 사용이 확정된 상태이다.

이러한 휴대폰의 급증된 사용과 더불어 나타나는 현상이 휴대폰에 대한 인체의 유해성 시비이다. 휴대폰을 사용할 때 휴대폰 내부의 고주파 회로에 의해서 증폭된 신호가 안테나를 통하여 전자파로 바뀌고 안테나에 바로 인접한 인체 두뇌에 영향을 주게 된다. 전자파에 따른 두뇌 및 부근 생체의 영향에 대한 연구는 현재 활발히 연구되고 가끔씩 보고는 되고 있지만 정확한 과학적 증거가 어려워 결론이 쉽게 나고 있지 않은 상태이다. 그러나 분명한 사실은 정상조직의 이상화와 암조직의 발생이 전자파와 매우 유관하다는 사실이 이미 많은 국내외 과학자들로 부터 발표된 바 있다. 이러한 발표에도 불구하고 휴대폰 생산업체에서는 적절한 대책을 세우지 않고 있는 이유는 눈에 보이지 않은 전자파에 대한 무감각과 뜨거움이나 가려움 등의 1차적인 감각 작용이 나타나지 않기 때문에 사용자에게 의한 거부감이 없기

때문으로 판단하고 있다.

전자파의 유해성 시비에 대한 문제는 안테나로부터 복사된 전자파 중 인체 두뇌 쪽으로 향하는 전자파를 감쇄시키면 자연히 해결될 것이다. 이는 휴대폰의 통화에는 별로 지장을 주지 않는다. 그 이유는 어차피 두뇌 쪽으로 향하는 전자파는 인체에 의해 상당량 차단 혹은 간섭을 받기 때문이다. 본 고에서는 이번에 개발되어 생산하고 있는 전자파 감쇄기인 강 유전체 칩에 대해 나타내고자 한다. 이 감쇄기는 커러게이트(corrugate) 구조의 도체와 강 유전체를 이용하여 만든 칩의 형태이며, 이의 원리와 특성 및 유용성 등에 대해 알아보기로 한다.

II. 휴대폰 안테나의 복사

휴대폰 안테나는 헤리컬 안테나와 1/4파장 접지 안테나를 함께 적용하여 사용하고 있다. 안테나의 복사임피던스와 휴대폰 출력단 임피던스가 같지 않기 때문에 발생하는 반사파를 막기 위하여 정합 회로를 적용하고 있다. 접지 안테나는 보통 사용할 때 빼내는 방법으로 작동이 된다. 휴대폰 안테나를 끼운 상태에서는 휴대폰은 헤리컬 안테나에 의해 동작되고 있다. 이때 헤리컬 안테나의 직경이 파장에 비해 매우 작기 때문에 안테나에 의한 복사특성은 미소다이폴(infinitesimal dipole)과 같은 수평방향으로는 전방향성, 수직방향으로는 8자 지향성(directivity) 특성을 가지고 있다. 그러므로 말은 헤리컬 안테나이지만 미소다이폴의 성격을 띄고 있으므로 1/4파장 접지 안테나와 마찬가지로 급전

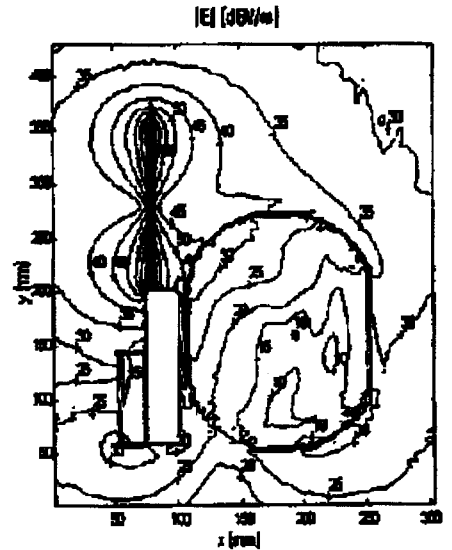
되는 하단부의 전류분포가 가장 강하다고 볼 수 있다.

휴대폰은 음성 혹은 데이터정보를 디지털 부호화하고 이를 대역확산(spread spectrum) 방식인 코드분할 다중화(CDMA)시켜 위상변이방식(PSK)으로 통신하는 방식을 채택하고 있다. 휴대폰 통신의 마지막 단계에서는 디지털신호를 증폭하여 안테나를 통하여 송출하게 된다. 안테나에는 이러한 증폭된 신호의 전류가 정재파전류(standing wave current) 형태로 발생하게 되며, 이 전류에 의해 자파(magnetic field)가 발생하고 발생된 자파에 의해 전파(electric field)가 발생하여 전파와 자파가 함께 공존하는 전자파(electromagnetic field)가 만들어진다. 안테나에 의해 발생된 전자파는 에너지 즉, 전력을 가지고 안테나 모양이나 구조에 따라 진행 방향별로 크기가 달라지는 소위 지향특성을 보이게 된다.

휴대폰 안테나의 근처에서는 아주 강한 전계 성분을 띤 전자파가 발생되고 있다. 이는 휴대폰 안테나가 전계근원(electric source) 혹은 전압근원으로 분류되는 high impedance source이기 때문이다. 이는 안테나에 가까울수록 전계가 자계에 비해 매우 강해지며, 안테나로부터 어느 거리 떨어진 원거리영역부터는 전계와 자계의 비가 $120\pi(377)$ ohms을 유지하기 때문에 우리가 말하는 자유공간의 임피던스 377 옴이 유지되는 것이다. 이러한 강전계 분포도 전류분포에 따라 안테나 하단부가 가장 강하게 나타나고 있다.

Ⅲ. 휴대폰 전자파의 유해성 문제

휴대폰에 의해 복사되는 전자파가 인체에 미치는 영향의 연구는 아직 연구중에 있는 과제이다. 이 문제는 자칫 무선통신 산업화에 악영향을 미칠 수 있는 민감한 문제이기 때문에 쉽사리 결정되어



[그림 1] 휴대폰에 의한 인체두뇌 전계분포

서는 안되며, 확실한 공학적 이론의 근거에 의해 발표되어야 한다. 여기에서는 가급적 객관적인 관점에서 이 문제를 간단히 다루기로 한다.

현재까지 국내는 물론 선진국에서 발표되고 있는 것은 휴대폰 안테나에 의해 복사되는 전자파가 인체 부분별로 받는 전계의 세기 혹은 유기되는 전류의 크기를 정확히 계산하는 연구가 진행되고 있다. 이 연구는 인체에 흡수되는 척도를 나타내는 SAR (Specific Absorption Rates)을 계산하는데 필수적이기 때문에 계산하기 위한 여러 가지 수학적 모델에 의한 결과가 발표되어 현재 거의 정확한 결과를 얻는 수준에 이르고 있다.

또 다른 연구는 전자파가 어떠한 이유로 인체에 혈구세포를 파괴한다든가 암세포를 유발시킨다는 가 하는 등의 유해성 사유를 밝히는 연구이다. 이 연구는 수학적, 공학적 모델을 만드는 것이 거의 불가능하기 때문에 많은 임상실험에 의한 소견으로 발표되고 있다. 즉, 매우 민감한 문제이면서도 공학적으로 볼 때는 근거가 희박한 하나의 학설과

같은 연구로 보기가 쉽다. 이 때문에 아직껏 통신사업자 혹은 공학자들이 휴대폰에 의한 유해성 시비를 부인하고 있는 이유 중에 하나가 바로 이러한 이유에 의한 것으로 볼 수 있다. 그러나 공학적 이론근거가 없다고 하여 간과할 수는 없는 일이다. 현재 우리에게 없어서는 안되는 의학이나 생물학 등 상당 부분이 이러한 임상적 결과에 의해 현재 치료되고 있고 연구하고 있기 때문이다.

휴대폰 안테나 근처의 강 전계는 인체의 두뇌에 직접 침투하여 뇌조직을 이루고 있는 물질 원자의 핵과 전자를 분극(polarization)시키고 AC에 의해 흔들게 한다. 강한 전계에너지가 인체 뇌조직으로 전달되어 뇌 조직의 단백질을 변형시키게 한다. 이는 이미 전자파가 세포를 고정(fixation)시킨다는 많은 연구 결과에 의한 것을 근거로 하고 있다. 즉 뇌조직의 정상 조직을 일부 변형 조직으로 만드는 것이다. 이러한 변형 조직중에는 암 조직이 있으며, 이를 유발시키는 물질은 유독성 화학물질 뿐만 아니라 전자파에 의해서도 유발될 수 있다고 말할 수 있다. 휴대폰의 출력이 비록 1 W 이하일지라도 안테나 근처 특히, 안테나 하단부에는 매우 강한 전계가 형성되고 이 부분이 두뇌 부분과 바로 인접하기 때문에 유해성 시비의 대상이 되고 있는 것이다.

IV. 전자파 감쇄 칩의 개발

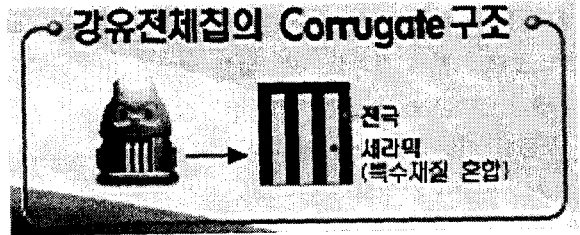
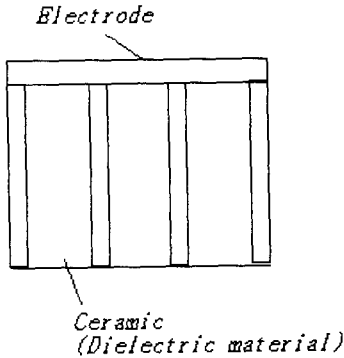
위와 같은 전자파의 인체에 대한 유해성 시비를 제거하기 위해서는 여러 가지 방법이 있을 수 있다. 휴대폰의 송신 출력을 줄이면 상당한 효과가 있을 것 같으나 이는 통화품질의 약화는 물론 더 많은 기지국의 설치 등의 문제를 내포하고 있다. 또한 안테나의 지향이 인체 머리쪽을 향하지 않는 현재 휴대폰 안테나와 다른 종류인 마이크로스트립 안테나, 역F 안테나, 유전체 안테나 등 여러 가

지 안테나에 대한 연구가 진행되고 있으나 문제는 지금의 안테나보다 고가이면서도 성능이 많이 뒤떨어지기 때문에 대체되지 못하고 있는 실정이다.

따라서 머리쪽을 향하는 전자파를 막아주므로써 유해성 시비를 막을 수 있는 최선의 방법은 감쇄기를 채택하는 방법이라 할 수 있다. 휴대폰은 감쇄기가 없을 경우에도 인체 머리에 의해 그 방향으로로는 통화의 지장을 받고 있다. 머리방향으로는 통화의 지장을 일부 초래받고 있으면서도 인체의 유해성 시비의 근원이 되고 있으므로 감쇄기를 이용하여 이를 감쇄시키면 통화품질의 저하는 거의 없으면서도 유해성 시비는 제거할 수 있다.

기존의 감쇄기를 보면 전자파의 근원지인 안테나와 무관한 장소에 부착하는 것이 있는데 두뇌에 크게 영향을 주는 부분에 대한 감쇄작용을 하는지 의문스럽다. 또한, 선진국에서 나온 원통형의 안테나 부착하는 감쇄기는 전방향으로 감쇄를 일으켜 통화품질의 저하를 초래하게 된다. 이러한 관점에서 본 연구자는 벤처기업인 (주)넷시텔레콤과 더불어 산학협동으로 감쇄기 개발에 착수하였고 현재는 생산하여 시판에 들어갔다. 또한 본 감쇄기를 국내는 물론 미국 및 일본 등의 선진국에 특허출원 중에 있다.

감쇄의 기본 원리는 [그림 2]와 같은 커러게이트(corrugate) 구조의 사용에 있다. 커러게이트 도 파관이나 안테나는 광대역 특성을 요구하는 위성통신 및 전파망원경 등에 적용되는 것으로, 구조를 적절히 변경하면 위의 적용과는 반대 특성인 감쇄를 가지게 된다. 그러나 휴대폰의 파장이 길기 때문에 커러게이트의 크기가 커져 휴대폰 장착형 감쇄기로서의 사용이 불가능하므로 강유전체를 이용하여 구조의 크기를 줄인 칩(chip)을 개발한 것이다. 인체 유해성 시비는 감쇄 정도가 클수록 줄어들 것이나 큰 감쇄를 위해서는 치수가 크게 되므로 휴대폰에 장착하기가 어려워진다. 그러나 전자



[그림 2] 커러게이트 구조



[그림 3] 모형에 장착한 감쇄기의 부착 모습

파에 의해 생체의 고정은 특정 범위의 threshold가 있기 때문에 그 이하로 감쇄시키면 고정이 되지 않기 때문에 굳이 많이 감쇄시킬 필요는 없는 것이다. 이는 물이 끓을 때 손가락이 데이지만, 데이는 것을 막기 위해 물을 차갑게 까지 할 필요는 없는 것과 같은 이치이다. 커러게이트의 치수와 강 유전체의 재질 및 감쇄치 등 세부적인 데이터는 거론하지 않기로 한다.

감쇄 칩의 장착은 안테나에서 정재파 전류분포가 가장 강한 부분에 위치토록 하는데 이를 위해서 장착물이 필요하다. 따라서 [그림 3]과 같이 동

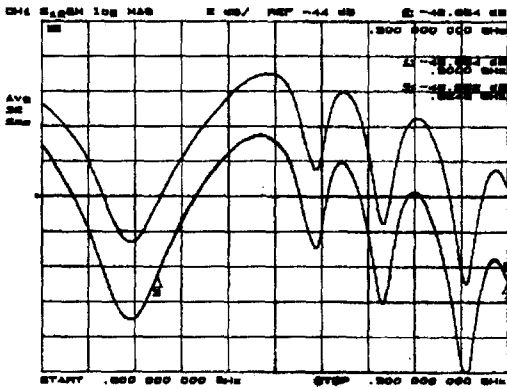
물 모형의 캐리터 장착물 내부에 칩을 넣고 모형을 안테나에 끼우는 방법을 채택하였다.

V. 감쇄기의 측정결과

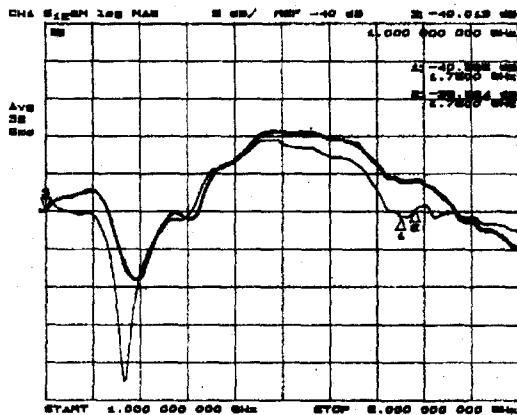
휴대폰을 사용할 때 사용자의 피폭이 심한 측면 머리부분은 휴대폰 안테나의 근거리영역(near-field region)에 위치하므로 감쇄기의 감쇄효과 측정은 근거리영역 측정법으로 측정하여야 한다. 즉, 원거리패턴 측정방식으로는 안되며, near field probe 등 특수한 치구를 이용하여 network analyzer로 측정할 수 있다. 이때 특히 주의하여야 할 점은 미소한 신호에 의한 측정이기 때문에 기지국으로부터의 잡음 등 외부 잡음이 적은 환경에서 측정하도록 하여야 한다.

[그림 4]는 AMPS 등 아나로그방식 및 TDMA, CDMA의 디지털방식의 셀룰라 휴대전화 주파수대역인 824~849 MHz와 가정용 무선전화 CT1(Cordless Telephone 1) 주파수인 914 MHz에서 감쇄기의 감쇄특성을 측정된 결과이다. 그림에서 보듯이 이 대역에서 3.6~5 dB의 감쇄특성을 가지므로서 머리쪽으로 향하는 전자파 에너지를 57~70% 감쇄시킴을 알려주고 있다.

[그림 5]는 셀룰라 칩과는 다른 크기의 칩을 적용



[그림 4] 셀룰라휴대폰 및 가정용 무선전화 대역에서의 감쇄 특성



[그림 5] PCS 대역에서의 감쇄 특성

하여 PCS대역인 1,750~1,780 MHz에서 감쇄가 일어나고 있음을 보여주고 있다. 감쇄는 4~5 dB로서 전자파에너지의 60~70% 감쇄를 나타내고 있다.

VI. 결 론

휴대폰에서 발생하는 전자파를 감쇄시키는 유전체 칩을 개발하여 개발의 배경과 함께 설명하였다.

휴대폰의 출력이 비록 수백 mW 정도로 작다고 하더라도 안테나 근처에 발생되는 강한 AC 전계는 근거리에서 있는 인체 두뇌에 대해 영향을 주기 때문에 충분히 유해성 시비의 논란 여지가 있다고 볼 수 있다.

휴대폰 안테나로부터 인체 두뇌쪽을 향하는 전자파를 감쇄시켜 이러한 유해성 시비를 없앨 수 있는 감쇄기를 벤처기업과의 산학협동 프로그램으로 개발하였으며, 이의 효과를 실험적으로 입증하였다. 셀룰라 휴대폰용 및 PCS용 감쇄기를 양산하여 실험한 결과는 셀룰라대역에서 3.6~5 dB(57~70%) 감쇄특성과 PCS대역에서 4~5 dB(60~70%) 감쇄특성을 보이므로서 유해성 문제를 충분히 제거할 수 있으리라 판단하고 있다. 또한, 인체 머리쪽으로 향하는 전자파만 감쇄시키고 다른 방향으로 감쇄를 일으키지 않기 때문에 휴대폰 통화품질에는 그다지 지장을 주지 않는다. 지금 형태의 휴대폰에는 외부 장착형의 감쇄기를 장착하지만, 향후 본 칩을 휴대폰 내부 안테나 급전부 위치에 장착하면 휴대폰 생산에서부터 유해성 문제를 근본적으로 해결할 수 있으리라 생각한다.

참 고 문 헌

- [1] B. M. Thomas, G. L. James and K. J. Greene, "Design of Wide-Band Corrugated Conical Horn for Cassegrain Antenna", *IEEE Trans*, vol. AP-34, pp. 750-757, June, 1986.
- [2] P. J. B. Clarricoats and P. K. Sah a, "Propagation and Radiation Behaviour of Corrugated Feeds", *part 1, Proc. Inst. Elec. Eng.* vol. 118, pp. 1171-1186, Sept., 1971.
- [3] M. J. Gans, "Cross polarization in reflector type beam waveguides and antennas" *Bell*

- Syst. Tech. J.*, vol. 55, no. 3, pp. 288-316, 1975.
- [4] M. J. Grans and R. A. Semplak, "Some Far-Field studies of on Offset LAUCHER", *BSTJ*, pp. 1319-1340, Sept., 1975.
- [5] Taeho Son, "Multimode Gaussian Beam Analysis for the Beam Waveguide Systems", *digest of APMC '95*, vol. 2, pp. 540-544, Oct., 1995.
- [6] R. K. Chugh and H. Schwarz, "Design and Analysis of 32 meter Beam-Waveguide Antenna", Tech. Report 2 for DTA, VERTEX Co. Ltd., 1978.
- [7] 백경훈, 고옥희, 손태호 "Ka밴드 빔웨이브가이드 시스템 급전용 커루게이트 혼안테나 설계", 한국통신학회 하계종합학술대회 논문집, pp. 177-181, July, 1996.
- [8] 손태호, "100 GHz대 밀리미터파 컬러게이트 혼 안테나 설계", 마이크로파 및 밀리미터파 workshop 논문집, pp. 59-67, Aug., 1997.
- [9] M. A. Jensen, Y. Rahmat-Samii, "EM Interaction of Handset Antenna and a Human in Personal Communications", *Proceeding of the IEEE*, vol. 83, no. 1, Jan., 1995.
- [10] Kacarska M., Olooska-Gagoska L., Loskovska S., Greev L., "Visualization of Induced Current and SAR in Human's Head in Cellular Telecommunications", *Proceeding of IEEE Antenna and Propagation*, p. 40_9, pdf, July, 1999.
- [11] W. T. Chen and H. R. Chuang, "Numerical Computation of Human Interaction with Arbitrarily Oriented Superquadric Loop Antenna in Personal Communications", *IEEE Trans. on Antenna and Propagation*, vol. 46, no. 6, pp. 821-828, June, 1998.
- [12] M. Ferdjallah, F. X. Bostics and R. E. Barr, "Potentials and Current Density Distributions Cranial Electrotherapy Stimulation(CES) in a Four-Concentric-Spheres Models", *IEEE Trans. on Biomedical Engineering*, vol. 43, no. 9, pp. 939-943, Sept., 1996.

≡필자소개≡

손 태 호

1975년 3월~1990년 2월: 한양대학교 전자통신공학과(공학사, 공학석사, 공학박사)
 1978년 10월~1987년 2월: LG정밀(주) 중앙연구소 근무(선임연구원)
 1992년 8월~1994년 6월: 한국표준과학연구원 전파천문대 객원연구원
 1990년 1월~1990년 12월: 한국통신학회 총무간사
 1995년 8월~1996년 4월: 정보통신연구관리단 연구개발사업 전문위원
 1990년 3월~현재: 순천향대학교 공과대학 전기전자공학부 교수

김 성 복

1975년 3월~1979년 2월: 한양대학교 공과대학 전자통신과(공학사)
 1981년 7월~1985년 4월: (주)금성사(현 LG전자) 중앙연구소 연구원
 1985년 4월~1988년 11월: (주)마이크로닉스 시스템 이사
 1988년 12월~1996년 12월: (주)대한정보기기 이사
 1997년 1월~1999년 3월: (주)아람정보통신 상무이사
 1999년 4월~현재: (주)넷시 텔레콤 상무이사