

휴대전화의 불요파

정 옥 현

LG 정보통신 책임연구원

I. 서 론

최근 정보통신 기술의 급격한 발달로 사람들의 정보통신 기기 사용 역시 엄청난 비율로 증가함에 따라 우리는 그 정보통신 기기에서 발생하는 전자파에 무방비로 노출되어 있다. 따라서 전자, 통신 기기 업종에 종사하고 있는 많은 기업이 이 전자파의 실체와 유해를 밝히기 위해 불요파 기술에 관한 연구를 활발히 하고 있으며 전용 연구센터를 만드는 기업도 생겨나고 있다. 또한 제품 개발 경쟁의 가속화와 규제의 강화로 인해 전자파 적합성(EMC: Electromagnetic Compatibility) 대책마련을 위한 시간과 비용이 점차 무시할 수 없게 되어, 전자파 적합성(EMC) 문제 해결방안을 설계의 원류인 기술개발 단계에서 찾으려는 움직임이 일고 있다.

흔히 전자파라 함은 전자파 적합성(EMC: Electromagnetic Compatibility)을 의미하는데 이는 전자파 방해(EMI: Electromagnetic Interference)와 전자파 내성(EMS: Electromagnetic Susceptibility)으로 구분할 수 있다. 전자는 다른 시스템에 미치는 영향을 말하고 후자는 다른 시스템의 전자파 방해(EMI)로부터 정상 동작할 수 있는 능력을 뜻한다. 따라서 전자파 적합성(EMC) 대책이란 불요파 방사를 억제하는 것과 내성을 강화시키는 두 측면에서 고려되어야 한다.

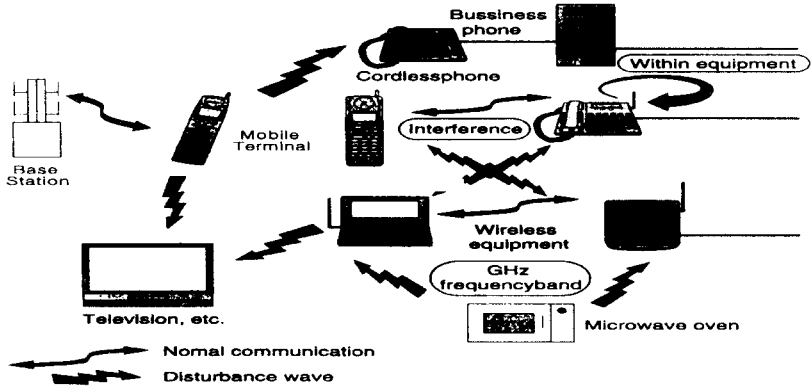
전자파란 전기장과 자기장의 상호작용에 의해 발생하는 신호로 주파수에 따라 극저주파, 저주파, 고주파, 마이크로파, 적외선, 가시광선, 자외선 등 비전리 전자파와 엑스선, 감마선 등 아주 큰 에너

지를 가지는 전리전자파로 구분된다. 전자파는 그 존재가 맥스웰에 의해 처음 예언되고, 헤르츠의 존재증명을 거쳐 예언 후 약 30년 뒤 마르코니가 무선전신으로 통신을 실현함으로써 인간에게 문명과 정보화 세계를 맛보게 해 주었다. 방송, 통신수단은 물론 재난방지나 구급을 위한 공익사업과 검사 및 치료를 위한 의료분야 등 광범위한 분야에 걸쳐 응용됨으로써 우리 생활에 없어서는 안될 자원이 되고 있다.

이 문명의 이기 뒷면에는 전자파의 해악도 숨어 있었는데, 현대 사회에서는 이 해악이 더 많이 홍보되어 전자파란 나쁜 것으로만 오인하는 듯이 보인다. 전자파를 이용하는 모든 전자기기들은 타 시스템과의 상호작용을 일으키게 되는데 이로 인해 오동작 및 기기 고장과 그 기기 자체의 특성 저하를 일으키는 물론 전자파에 직접 노출되는 경우 인체의 신경조직이나 세포에 영향을 끼쳐 체온상승, 스트레스, 신경흥분 등 건강상의 문제를 유발하기도 하는 것이다. 이는 정보통신 기기에 사용된 주파수 성분 이외의 다른 신호들, 즉 의도하지 않은 전자파인 불요파는 물론이고 사용된 주파수에 대한 인체의 최대 노출량에 의해서도 문제를 야기시킨다.

따라서 점차 우리의 생태 환경 못지않게 이 "전자파 환경"의 중요성이 대두되고 각 국가에서는 독자적 혹은 연합으로 전자파 규제에 대한 강도를 더해가고 있다. 아래 <표 1, 2>는 대표적 기관의 인체보호 기준인 최대허용 노출량(MPE: Maximum Permissible Exposure)에 대해 보이고 있다.

또한 FCC는 1997년 1월 1일부터 강제규제를 시



[그림 1] 이동단말기와 주변 전자통신기기의 전파 영향

<표 1> 국제 방사선 방호협회(IRPA : International Radio Protection Association)

주파수(MHz)	전계강도(V/m)	자계강도(A/m)	전력밀도(mW/cm ³)
0.1~1	87	$0.23/\sqrt{f}$	-
1~10	$87/\sqrt{f}$	0.23	-
10~400	27.5	$0.073/\sqrt{f}$	0.2
400~2000	$1.375/\sqrt{f}$	0.0037	$\sqrt{f}/2000$
2000~300000	61	0.16	1

<표 2> 미국 국가 규격협회(ANSI : American National Standard Institute)

주파수(MHz)	전계강도(V/m)	자계강도(A/m)	전력밀도 E,H (mW/cm ³)	평균시간 (MIN)	
				H ²	E ²
0.003 ~ 0.1	614	163	100, 1000000	6	6
0.1 ~ 1.34	614	16.3 f	100, 10000/f ²	6	6
1.34 ~ 3.0	823.8/f	16.3 f	180, 10000/f ²	F20/0.3	6
3.0 ~ 30	823.8/f	16.3 f	180/f ² , 10000/f ²	30	6
30 ~ 100	27.5	$158.3/f^{1.668}$	$0.2, 94000/f^{3.336}$	30	$0.0636 f^{1.337}$
100 ~ 300	27.5	0.0729	0.2	30	30
300 ~ 3000	-	-	f/1,500	30	-
3000 ~ 15000	-	-	f/1,500	90,000/f	-
15000 ~ 300,000	-	-	10	$616,000/f^{1.2}$	-

〈표 3〉 미연방통신 위원회(FCC)의 고주파기기에 방사 EMI 규제

주파수(MHz)	방사전계강도(uV)
30~88	100이하
88~216	150이하
216~960	200이하
960 이상	500이하

작했는데 0.1 MHz~6 GHz대역에서 모형인체에의 비에너지 흡수율(SAR: Specific Absorption Rate)이 1.6 W/kg을 넘지 않아야 한다고 규정하고 있다.

본 고에서는 전자파의 인체에의 유해문제는 논하지 않고 다른 전자장비에 영향을 줄 수 있는 불요파, 그 중에서도 이동전화 단말기의 무선(RF: Radio Frequency)부와 기저대역(Baseband)부에서 발생하는 불요파의 원인과 종류, 감소대책, 측정방법에 대해서 알아보기로 한다.

II. 본 론

2-1 이동전화 단말기의 불요파 발생 원인

이동전화 단말기에서 발생할 수 있는 불요파는 발생원인을 크게 두 가지로 나눌 수 있는데 그 하나가 순수 부품에 의한 것이고 나머지는 PCB 설계 및 레이아웃(Layout)에 의한 것이다. 부품에 의한 원인은 또한 두 가지로 크게 생각할 수 있는데 회로에서 사용하는 RF 발진기(Oscillator), 제어부의 클럭(Clock) 발진기 및 부품 내부의 분주 체배기와 비선형 소자들로 인한 고조파 및 상호변조 신호 성분이다.

우선 발진기에 대해 알아보자

발진기란 특정한 주파수를 발생시킬 수 있는 공진기에 전압과 전류라는 임의의 동력을 가해 공진

기가 지속적으로 원하는 신호를 발생시키도록 회로를 불안정한 발진상태로 만들어 주는 것이므로 그 자체가 모든 주파수 성분의 근본 원인이 되는 것이다. 따라서 발진기 자체 주파수 선정이 무엇보다 중요한 설계 조건이 된다. 일반적으로 이동전화 단말기에서는 고주파를 위한 신호원인 RF 전압 제어 발진기(VCO: Voltage Controlled Oscillator)와 중간주파수를 위한 IF 전압 제어 발진기, 그리고 시스템에서 요구하는 주파수 안정도를 유지하기 위한 기준 신호원인 온도보상 수정발진기(TCXO: Temperature Compensated Crystal Oscillator)의 세가지 발진기를 사용한다. 이 신호를 자체가 안테나를 통해 방사되어 타 시스템에 영향을 줄 수 있음은 물론이다. 또한 이 신호원들의 주파수는 모두 IF라는 중간주파수의 의해 결정되는데 이동전화 단말기의 수신시 특성에 영향을 주는 Half-IF, 1/3 IF, 1/4 IF 불요파를 발생하므로 설계시 주파수 결정이 중요하다. 이는 2장에서 다시 다루겠다.

다음으로 비선형소자에 의한 발생을 알아보자.

비선형 소자란 모든 신호가 동일한 특성을 갖고 증폭되거나 혼합되지 않고 원하는 신호의 고조파 성분마다 다른 특성 기율기를 가지게 되는 소자를 의미한다. 이로 인해 어느 정도 이상의 레벨에서는 원하지 않는 2차, 3차 등 고조파들로 인한 특성저하가 심각하게 된다. 특히 전력증폭기의 비선형성으로 인해 발생한 3차, 5차 등의 고조파성분에 의해 인접채널에 누설되는 전력이 많아지고 이는 바로 옆 혹은 그 다음 옆 채널을 사용하는 사용자에게 잡음으로서의 역할을 한다.

마지막으로 PCB 설계와 레이아웃에 의한 원인이 있는데 이동전화 단말기는 아주 작은 공간에 높은 주파수의 신호를 사용해야 하므로 조밀하게 밀집된 부품들에 방사(Radiating)된 고주파 성분의 신호가 쉽게 입력되어 영향을 줄 수 있다. 그리고 PCB의 다른 신호패턴(Pattern)이나 접지(Ground)

로도 유기되어 불요파의 원인이 되기도 한다. PCB 레이아웃 시의 유의점은 3장 대책에서 논하겠다.

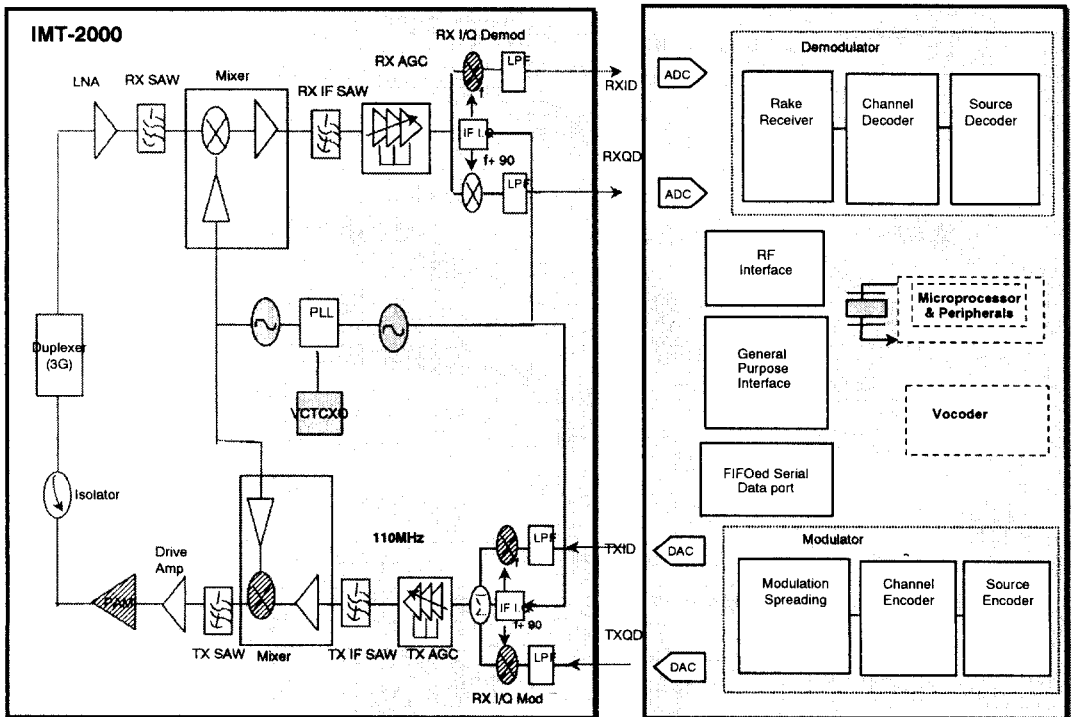
2-2 이동전화 단말기내의 불요파

대부분의 이동전화 단말기의 구성도는 거의 비슷하며 신호원인 발진기와 주파수 변환장치, 증폭기가 주 구성 회로이다. 그 구성을 간단히 [그림 2]에 보였다.

이동전화 단말기내에서 발생 가능한 불요파는 발진기 자체의 고조파성분, 주파수 혼합기(Mixer)에서 발생하는 다양한 주파수 성분, 증폭기에서 상호변조 성분에 의해 발생하는 신호, CPU 클럭의 고조파 성분 및 제어부 회로의 부품내 분주기 또는 체배기에서 발생하는 신호이다(그림에서 음영

부분이 발진소자이고 빗금친 부분이 혼합기이다). 이 중 발진기나 혼합기에 의한 주파수 신호와 그 고조파들이 EMI 문제를 야기시키고, 상호변조에 의한 스프리어스(Spurious)는 대부분 EMS에 영향을 준다. 단말기 내부에는 굉장히 다양한 주파수의 불요파들이 발생하는데 아래 <표 4>에 정리하였다.

송신 주파수 혼합기(Mixer)에 의해서 생긴 불요파들과 전력증폭기의 상호변조 특성에 의해 생긴 불요파들이 송신신호에 잡음으로 자체 송신신호 특성을 저하시키거나 타 시스템에 영향을 주게 된다. 마찬가지로 수신기에서도 역시 잡음으로 역할을 해 수신 신호대 잡음비(SNR: Signal to Noise Ratio)을 떨어뜨리게 된다.



[그림 2] 이동전화 단말기의 일반적인 Block Diagram

〈표 4〉 이동전화 단말기내에서 발생 가능한 불요파

종 류	성 분	주 파 수	검 토 사 항
송신 Spurious	* RFVCO와 송신변조파의 혼합성분	$mf_{L.O} \pm nf_{TXIF}$	고조파제거 필터 필요
수신 Spurious (송신 OFF)	* 이미지(Image) 주파수 * Half-IF * 1/3 IF * 1/4 IF * CPU 클럭의 고조파 성분	$f_S = f_{L.O} - f_{IF}$ $ 2f_{L.O} - 2f_S = f_{IF}$ $ 3f_{L.O} - 3f_S = f_{IF}$ $ 4f_{L.O} - 4f_S = f_{IF}$ f_{cpu}	
수신 Spurious (송신ON)	* RF VCO와 송신의 혼합에 의한 의사 IF * Half-IF 의사 IF * Half-IF 스프리어스 * 3차 Intermodulation * 5차 Intermodulation	$ pf_{L.O} \pm qf_{TX} = f_{IF}$ $ f_{TX} - f_S = f_{IF}$ $ 2f_{TX} - 2f_S = f_{IF}$ $ 2f_{L.O} - f_{TX} - f_S = f_{IF}$ $2f_S - f_{TX} = f_{RX}$ $2f_{TX} - f_S = f_{RX}$ $3f_S - 2f_{TX} = f_{RX}$ $3f_{TX} - f_S = f_{RX}$ $3f_S - 2f_{TX} = f_{L.O} - f_{IF} = f_{RX}$	
상호변조	* 2차 Intermodulation * 3,4,5차 Intermodulation	$ f_{S1} - f_{S2} = f_{IF}$ $ f_{S1} + f_{S2} - f_{S3} = f_{RX}$	

* f_S : 송신 spurious 또는 상호변조 성분 주파수
 $f_{L.O}$: Local Oscillation 주파수
 f_{IF} : IF 주파수

f_{TX} : 송신 주파수
 f_{RX} : 수신 주파수
 m,n,l,p,q : 각 발진기의 고조파 차수

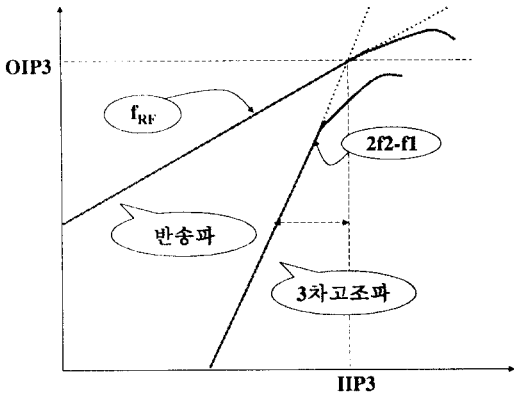
2-3 이동전화 단말기내의 불요파의 감소대책

전자통신기기에 대한 소비자 요구가 다양한 데이터를 좀 더 빠른 시간에 더 작고 가벼운 단말기를 이용하여 서비스 받고자 하는 쪽으로 강해지고 있다. 하지만 전자파 공해에 대한 규제는 점점 엄격해지고 있는데 소비자 요구의 추세에 따라 단말기 자체는 점차 전자파를 포함한 모든 종류의 잡음에 무방비인 상태로 설계되기 쉽다. 따라서 설계 단계에서의 불요파 억제에 대한 고려가 굉장히 중요한 인자가 되고 있다.

이동 전화 단말기의 불요파 감소대책은 단말기 시스템의 주파수 측면과 회로 설계시 고려할 점, PCB 설계시 유의점 그리고 부품선정의 측면으로

나누어 정리할 수 있다.

첫번째로 주파수 측면을 보자. 〈표 3〉에서 볼 수 있듯이 IF 주파수를 어떤 주파수로 하느냐에 따라 발생 불요파의 주파수가 결정되므로 이동 전화 단말기에서 적당한 IF 주파수를 선정하는 것이 가장 중요한 설계 요건이다. 단말기에서 허용하는 규격과 타 시스템의 주파수를 고려하여 IF 주파수를 선정하여야 한다. 그리고 전체 시스템에 사용되는 발진기는 최소화 할수록 좋으므로 RF 전압제어 발진기는 송수신에 공용으로 사용할 수 있도록 송수신 IF 주파수는 송수신 RF 주파수의 이격주파수만큼 차이가 나게 된다. 또한 IF에 사용되는 부품의 성능 구현과 필터(Filter)의 감쇄(Skirt) 특성 구현 정도, 크기도 고려하여 현실성 있게 주파수를



[그림 3] 반송파와 3차 고조파

선정 하여야 한다.

다음으로 회로 설계시 고려해야 할 점을 살펴보자. 우선 부품의 선형성 확보를 들 수 있겠다. 특히 송신부의 최종단이면서 높은 이득과 출력 특성을 갖는 송신 전력 증폭기의 경우 비선형 영역에서 동작하게 되면 원하는 반송파보다 고조파 성분이 더 활성화 되어 많은 불요파를 발생시킨다.

전력증폭기의 출력단에서 본 송신 신호는 다음과 같이 식 (1)로 나타낼 수 있고,

$$y(t) = F(s^{\wedge}(t)) = \sum_{i=0}^{\infty} a_{2i+1} s^{\wedge(2i+1)} \quad (1)$$

여기서 Even Term은 최소한 f_{RF} 이상 떨어져 있으므로 무시하고, Odd Term만 고려하는데 그중 3차 혼변조(IM: Intermodulation)에 의한 왜곡(Distortion)은 옆 채널(Adjacent Channel)에, 5차 혼변조에 의한 왜곡은 다음 옆 채널(Alternative Channel)의 주파수 스펙트럼(Spectrum)에 영향을 준다.

3차 상호변조와 출력과의 관계는 식 (2)와 같이 정의할 수 있다.

$$IP3 =$$

$$-5 \log \left[\frac{P_{IM3}(f1, f2)B^3}{P_o^3[(3B-f1)^3 - (3B-f2)^3]} \right] + 22.2 \text{ (dBm)} \quad (2)$$

* B: 대역폭, $f_1, f_2: f_o \pm \text{offset}$ 대역 주파수

디지털 통신에서 인접채널 전력비(ACPR: Adjacent Channel Power Ratio)는 3차 혼변조 규격보다 최소 6 dB 좋고 IP3(3rd order Intercept Point)는 위식에 의해 구할 수 있으므로 송신 증폭기의 IP3를 이에 따라 설계하여 비선형성으로 인한 불요파 발생을 최소화 한다. 5차 혼변조의 경우 3차 혼변조보다 30 dB 이상 낮으므로 특별히 고려해 주지 않더라도 규격을 만족하며, Alternative Channel ACPR은 단말기에서 발생하는 기저 잡음(Noise Floor)에 의해 더 영향을 받으므로 전압제어 발진기의 위상잡음(Phase Noise)과 증폭기의 SNR비를 개선해 기저 잡음(Noise Floor)를 최소로 설계한다.

현 CDMA PCS 단말기의 경우, 3차 혼변조에 의한 ACPR 규격이 42 dBc이므로 이를 기준으로 계산해 보면 IP3는 출력보다 약 11 dB 높아야 규격을 만족하게 된다

수신기의 경우는 입출력 신호의 크기가 아주 작기 때문에 EMI 측면에서 보면 소자의 아이솔레이션(Isolation) 특성을 좋게 해 회로에서 발생한 불요파들이 거꾸로 수신 초단에 나타나 안테나로 방사되는 것을 방지해야 한다. 그리고 EMS 측면에서는 송신기와 마찬가지로 선형성 확보가 중요하다. 수신기의 경우 외부 간섭신호가 대역외이더라도 소자의 비선형성으로 인해 발생한 상호변조 불요파 신호들이 대역내에 존재하게 되어 수신감도를 저하시키게 되므로 제 3 고조파 차단특성이 좋게 설계를 해야 하는데 아래의 식 (3)에 의거해 수신단의 IP3를 설계한다.

$$P_s = S - 2(IP3 - S) \quad (3)$$

여기서 P_s 는 불요파 전력, S 는 간섭신호 전력을 나타낸다.

선형성 확보의 중요한 대책으로는 회로간의 정합(Matching)을 들 수 있다. 각각의 능동 소자나 필터류의 경우 정확히 $50\ \Omega$ 이 아니기 때문에 임피던스 정합을 소홀히 할 경우 반사파들이 발생해 방사(Radiating) 되면서 다른 블럭으로 인가되어 불요파를 발생하게 된다. 모든 발진기는 각기 차폐(Shielding)를 해 주어 이 역시 방사되는 전력의 양을 최소로 해 줄 필요가 있다.

다음으로 PCB 설계에서 발생하는 불요파 문제를 최소화 하는 방안에 대해 알아보자. EMI의 원인은 크게 잡음원(Noise Source)과 전달경로 그리고 피해장치의 세 가지로 구분할 수 있는데 PCB 설계상에서 발생하는 EMI문제는 전달경로에 대한 부분이다. 즉 PCB 레이아웃에 따른 문제인 것이다. 신호전달 패턴에서 흐르는 전류의 세기에 따라 방사되는 전파가 생기게 되고 이 신호들이 불요파를 발생시키게 된다. 이동전화 단말기의 크기가 워낙 작고, 사용주파수나 전송 데이터는 점점 높아지기 때문에 회로 설계시 발생하는 불요파와 PCB상에서 방사되거나 전도되는 불요파를 최소화할 수 있는 Layout 기술이 중요하다. 기본적으로 고려해야 할 사항은 다음과 같다.

신호선은 길이가 길수록 방사되는 파형이 증가할 뿐 아니라 신호의 왜곡 가능성도 커지므로 최대한 짧게, 가능한 한 굵게 한다. 극단적으로 모든 패턴은 안테나의 역할을 한다고 생각하면 된다. 그리고 동일한 성분의 신호선을 나란히 두어 서로 영향을 끼치지 않게 해야 하며 두 신호선 사이에는 반드시 접지선을 둔다. 또한 패턴이 페루프로 형성되지 않게 하고 발진기류는 가능한 한 PCB의 가운데에 배치하고 종단이 개방되어 안테나 역할을 하지 않도록 하며 신호형태가 계속 바뀌는 신호선과는 가능한 한 멀리 둔다. Via hole은 그 자

체만으로 수 nH의 인덕턴스를 가지므로 부품의 Pin에서 최대한 옆에 위치하도록 하고 그 수량은 최소로 한다. 또한 디지털(Digital), 아날로그(Analog) 접지를 분리하여 상호간에 잡음원으로 작용하지 않도록 하고 다층기판에서는 층별로 전원과 접지층, 신호층으로 신호선을 구분한다.

그 외에 불요파 방사를 억제하는 방법으로 불요파 제거 부품을 사용하기도 하는데 가장 흔히 사용되는 부품이 바로 필터이다. 증폭기나 혼합기 등 불요파를 발생할 수 있는 능동 회로 다음에는 반드시 필터를 사용하여 원하는 반송파 이외의 신호는 최대한 통과를 억제시켜 준다. 앞 [그림 2]를 보면 단말기의 기본 구성이 이처럼 능동소자, 여파기의 순으로 반복됨을 볼 수 있다. 또 클럭 신호라인에 잡음제거 필터를 삽입하거나 모든 케이블(Cable)은 차폐된 케이블을 사용해 방사된 신호파가 다른 부품으로 인가되어 불요파를 발생하는 것을 최소화 한다. 그리고 부품의 리드(lead)에서의 기생(parasitic)값을 최소화하기 위해 길이가 짧은 TSOP(Thin Small Outline Package)나 CSP(Chip Size Package)인 부품을 사용하고 더 나아가 BGA(Ball Grid Array)의 부품을 도입하기도 한다. 여러가지 베어칩(Bare Chip)과 주변부품을 하나의 칩에 올리는 멀티칩 모듈(MCM: Multi Chip Module)이 소개되어 칩간의 연결라인이 외부에 노출되지 않아 불요파 방사를 억제하는데 효과를 보고 있다.

또한 단말기 전체적으로 차폐를 철저히 하여 불요파가 단말기 외부로 방사되는 것을 방지한다. 발진기, 전력증폭기 등은 표면 실장형 패키지를 사용하고, 그렇지 못한 경우 회로 주변에 금속 차폐 케이스(Metal Shielding Case)를 만들어 불요파 방사를 억제한다. 그리고 하우징(Housing)과 PCB는 핑거(Finger)나 도전성 물질로 균일하게 접촉되도록 하면 EMI와 EMS를 동시에 개선하는 효과를 본

다. 이 때 하우징은 도전성 코팅(Coating)을 해 내부 PCB의 접지면과 동일한 전위를 가지도록 한다.

마지막으로 안테나를 살펴 보자. 안테나는 그 목적이 전파를 방사하는 것이기 때문에 불요파 방사를 억제하는 것은 아니고, 방사되는 불요파의 패턴이나 그 영향을 최소로 하는 것이 중요하다. 안테나와 내부 회로 기관과의 접점부위를 금도금하고, 임피던스 매칭을 통해 원하지 않는 주파수 대역의 신호들이 더 증폭되는 것을 방지한다. 그리고 안테나를 단말기에서 사용하는 주파수에서만 최대의 이득을 가지도록 대역 특성을 갖게 설계하고, 폴더 형태의 이동전화 단말기의 경우 안테나의 위치를 폴더 중간에 위치하게 하거나 혹은 마이크가 있는 아래쪽에 두는 디자인을 도입하거나 내부안테나만 사용하는 등 인체에의 영향을 줄이기 위한 방법도 많이 시도되고 있다.

2-4 측 정

불요파의 측정환경으로는 외부전파는 차단하고 내부전파는 흡수해 주며 자유공간과 같은 감쇄특성을 가져야 하기 때문에 무반사실에서 측정을 한다. 또 시험용 안테나는 각국의 규제규격에 그 기준이 명기되어 있는데 형태는 대부분 다이폴(Dipole) 안테나이다.

불요파의 측정은 EMI의 경우 측정기기에 시험용 안테나를 장착하고 턴테이블을 360° 회전시키면서 스펙트럼 분석기와 전계 강도 측정기로 수신되는 신호를 측정하게 되는데 이는 무반사실에서 뿐 아니라 개방된 공간(Open site)에서도 행해진다. 반대로 EMS는 대부분 무반사실에서 신호발생기나 파동(Surge) 발생기로 불요파를 발생시킨 후 단말기의 성능을 확인하여 측정한다.

국내에서는 공식 측정기관으로 정보통신부 산하 전파연구소가 있다.

Ⅲ. 결 론

제품 개발 경쟁의 가속화로 이동전화 단말기가 점차 소형화, 경량화되고 규제의 강화로 인해 전자파 적합성(EMC) 대책마련을 위한 시간과 비용도 점차 무시할 수 없게 되었다. 따라서 전자파 적합성(EMC) 문제는 설계의 원류인 기술개발 단계에서 그 해결방안을 찾아야 한다. 본 고에서는 이동전화 단말기에서 발생하는 불요파와 감소대책을 설계자의 관점에서 알아보았다.

그리고 최근 이동전화 단말기의 반송파가 다른 전자통신기기나 인체에 미치는 영향에 대해서도 국내외적으로 연구가 활발히 진행되고 있다. 향후에는 불요파의 영향뿐 아니라 이런 연구 결과들을 단말기에 적용할 수 있는 방안을 모색해야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 국외 EMS 규제 동향 연구, 한국전자통신연구원
- [2] 국가 표준 전자파 장애 및 내성 시험장 소개와 연구 활용 방안, 박정규 외, 정보통신부 전파연구소
- [3] 노이즈 대책 기술교육, 전자기술개발연구소
- [4] 노이즈 방지와 대책, 정혜선 저, 성안당
- [5] 전기, 전자기상의 EMI 방지 대책 및 활용, 과학기술정보 연구소
- [6] Tom Van Doren, *Grounding and Shielding of Electronic Systems*, Professor of Electrical Engineering Electromagnetic Compatibility Laboratory University of Missouri - Rolla, 1998.
- [7] Conference Proceedings, *RF EMC/ESD In-*

ternational, January 29~February 1, 1995,
San Diego Convention Center, San Diego,
California

- [8] C. R. Paul, *Introduction to Electromagnetic Compatibility*. New York: Wiley, 1992, CH. 2.
- [9] H. W. Ott, *Noise Reduction Techniques in Electronic Systems*, 2nd ed. New York:

Wiley, 1988, ch. 11.

- [10] "Electromagnetic Compatibility of Mobile Radio Communications", *NTT DoCoMo Technical Journal* vol. 5, no. 4.
- [11] "Technology Trend and Overview of EMC Engineering", *NEC Technical Journal*, vol. 51, no. 6, 1998.

≡필자소개≡

정 옥 현

1982년 2월: 서강대학교 전자공학과(공학사)

1985년 2월: 서강대학교 대학원 전자공학과(공학석사)

1996년 8월: 서강대학교 대학원 전자공학과(공학박사)

1985년 1월~1987년 1월: 금성전기 연구원

1987년 1월~1994년 12월: 금성통신 선임연구원

1995년 1월~1998년 12월: LG전자 책임연구원

1999년 1월~현재: LG정보통신 책임연구원

[주 관심분야] 휴대단말기 방사패턴과 인체의 상호영향

