

인위적인 전자파 잡음의 측정 및 통계적 모형

Measurements and Statistical Modeling of Man-made Noise

김종호* · 우종우** · 백락준** · 윤현보**

Jong-Ho Kim* · Jong-Woo Woo** · Rack-Jun Baek** · Hyun-Bo Yoon**

요 약

개인 휴대통신 주파수 대역에서 인위적인 전자파 잡음을 공통단자를 가지는 평면 배열 3축 안테나를 사용하여 측정하였고, 이 데이터를 통계 확률적인 방법을 이용하여 모델링을 하였다. 측정된 APD 곡선의 변수를 합성근사화 알고리즘을 이용하여 빠른 시간 내에 계산이 가능하게 하였다. 진폭확률분포에 관한 모형변수의 계산결과는 전자파 환경의 데이터 베이스의 저장용량을 감소시킬 수 있으며, 또한 송·수신기의 출력 및 감도의 마진 결정에 기초적인 자료로 이용이 가능할 것이다.

Abstract

Man-made noise in PCS frequency range are measured using the three axis antenna with common port and the measured data are statistically treated for modeling. The can optimal parameters of the measured APD curves can be calculated fast by using the Composite Approximation Algorithm. The calculated APD parameters can reduce the EM-environments Data Base memory and also be applied to determine the output and sensitivity margin of the transmitter and the receiver.

I. 서 론

자연공간상에 존재하고 있는 원하지 않는 전자파는 무선통신의 interference 문제에 있어 매우 중요한 부분을 차지하고 있다.

자연잡음의 경우는 지구상에 존재하는 잡음레벨의 기본적인 제한(fundamental limits)으로 송수신 시스템 설계에서 필연적으로 고려되어야 할 사항이며, 인공잡음의 경우는 과학의 발달과 정보사회의 발전에 따라 점차적으로 레벨 및 점유대역폭

이 확장되어가고 있다. 이러한 인공잡음은 통신에 중요한 간섭요인이 될 뿐만 아니라, 과학, 의료, 측정장비 및 디지털 장비에 EMI 현상을 유발시킬 수 있게 된다.

인위적인 잡음원은 주로 고압 송전선, 변·발전소, 통신용 송신시설, 차량 등으로 그 중 가장 심각한 문제를 야기시킬 수 있는 잡음원으로는 자동차의 점화 계통에서 발생하는 점화잡음을 들 수 있으며, 이 잡음은 무선 통신 시스템에 막대한 영향을 초래할 수 있다.^{[1]~[4]}

이러한 인위적인 전자파 잡음이 개인 휴대통신

*한국전자통신연구원(ETRI)

**동국대학교 전자공학과(Dept. of Electronic Eng., Dongguk University)

· 논문 번호 : 971020-074

· 수정완료일자 : 1998년 1월 22일

전파환경에 미치는 영향을 예측하고자 한다면, 잡음의 크기 및 분포 상태 등이 어느 정도인가를 측정 분석하여 모형화되어야 한다. [5], [6]

본 연구에서는 개인 휴대통신 주파수 대역에서 발생하는 인위적인 전자파 잡음을 평면 배열된 3축 구조에 공통단자를 갖도록 제작한 안테나를 사용하여, 개인 휴대통신이 사용하고 있는 주파수 대역인 1,700~2,000 MHz에서의 인위적인 잡음을 측정하고, 그 중 1,850 MHz에서 통계확률치리를 위한 측정을 수행하였다. 측정된 데이터를 진폭확률분포 (APD : Amplitude Probability Distribution)로 처리하여 표현하였으며, 개인 휴대통신 주파수 대역에서 발생하는 인위적인 잡음을 A, B, C급 잡음으로 분류하고 확률 통계방법을 이용하여 모델링하였다.

II. 전자파 잡음 자동 측정 시스템 구현

2-1 측정용 안테나

임의의 전자파 잡음원이 발생시키고 있는 잡음은 편파특성이 일정하지 않고(non-polarization), 전자계 강도와 위상이 불확정적이며(non-pattern), 에너지의 진행방향과 전계 및 자계가 비직교성을 나타내며, 또한 측정되는 신호 특성이 비의도성 잡음이기 때문에 시간과 주파수에 따라 많은 변화를 하는 특성을 가지고 있다.

이러한 전자파 잡음에 대한 정량적인 평가를 위해서는 일반적인 수직 또는 수평편파 특성으로 고정된 안테나로는 특정 방향과 위치 및 편파 방향과 주파수에서 고정된 상태로만이 사용이 가능하게 된다.

이러한 단점을 보완하고, X, Y, Z축의 편파에 따른 전자파 잡음의 효율적인 측정을 위하여 안테나를 평면에 3축으로 배열하고 다시 각각의 출력을 묶어 3축에서 합성된 잡음의 측정이 가능하도록 구성하였다.

그림 1과 2에서 알 수 있듯이 측정용 안테나는 다

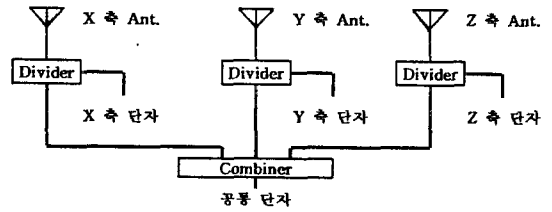


그림 1. 안테나 구조도

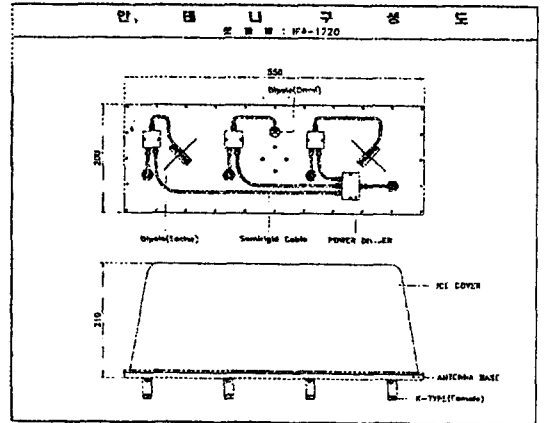


그림 2. 안테나 구성도

이폴 형태의 안테나 3개를 X, Y, Z축으로 직교하게 배열시켜 X, Y, Z 방향의 전계 성분을 동일 위치에서 동시에 혹은 순차적으로 측정할 수 있는 등방성 probe이다. 각각의 안테나 소자는 50 Ω의 임피던스를 가지고 있다. 또한 측정용 안테나의 각각의 축에 분배기를 장착하여 각 축에 유기되는 전자파를 분배하여 X, Y, Z축 단자로 연결이 되어 있으며, 분배된 또다른 X, Y, Z축 성분의 전자파를 다시 합성기로 받아 X, Y, Z축에서 유기되는 전자파의 벡터적인 합성치를 얻어낼 수 있는 단자를 구성하였다. 이 때 각 단자에서 분배에 의해서 생기는 손실치는 데이터 처리과정에서 보정하였다. 측정시에는 스펙트럼 분석기를 4대 설치하여 같은 시간에 측정을 하면, 각 축에 있어서의 전계강도가 측정되고, 공통단자에서는 벡터적인 합성치가 나오게 된다. 그러나 인위적인 잡음은 임펄스의 형태를 띄고

있으며, 완전히 같은 시간에 측정이 이루어지지 않는다면 각 축의 전계의 값은 같은 시간의 잡음에 대한 자료가 될 수 없다. 그렇기 때문에 대부분의 측정을 X, Y, Z축의 벡터적인 합성치를 갖는 공통단자의 출력을 측정하였다.

안테나의 구조 및 구성도를 그림 1과 2에 나타내었으며, 그림 3에는 3축을 합성한 공통단자의 반사손실과 입력임피던스를 나타내고 있다. 편파면에 따른 각 안테나의 수신량 및 격리도의 비교와 공통단자에서의 합성치의 크기를 측정을 통하여 확인하였으며, 편파면의 방향에 따른 각 단의 수신량을 측정하여 각단의 안테나에 수신되는 양과 각 단과의 편파에 따른 격리도를 측정된 결과를 표 1에 나타내었다.

2-2 측정용 시스템

전자파 잡음 측정 시스템의 구성도를 그림 4에

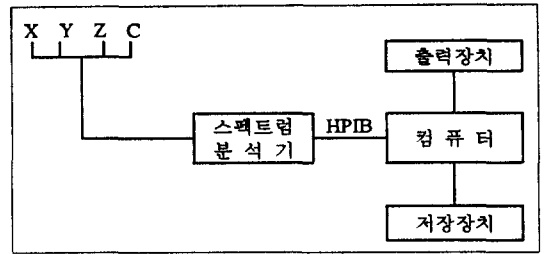
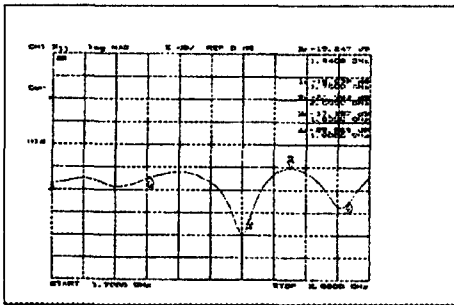


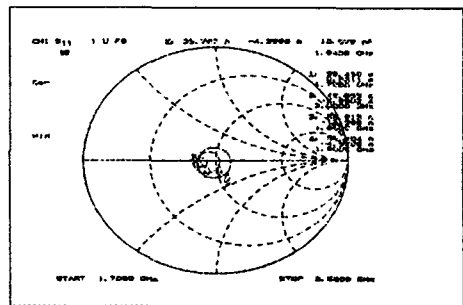
그림 4. 전자파 잡음 측정시스템의 구성도

나타내었다.

스펙트럼 분석기와 컴퓨터는 인터페이스 카드인 HP-IB를 사용하여 컴퓨터에서 스펙트럼 분석기를 자동으로 제어하고 측정 데이터의 처리 및 저장을 하도록 구성하였다.[7],[8]



(a) 반사계수



(b) 입력 임피던스

그림 3. 공통단자의 반사계수 및 입력 임피던스

표 1. 편파면에 따른 수신량의 비교

(단위 : dBm)

편파면 \ 수신축	X축	Y축	Z축	공통단자	계산치	격리도
X축	-62.61	-79.89	-79.84	-62.42	-62.61	17.28 dB
Y축	-79.96	-62.48	-79.22	-62.16	-62.48	17.48 dB
Z축	-79.22	-80.64	-62.82	-62.51	-62.82	17.82 dB

III. 개인 휴대통신 주파수 대역에서의 전자파 잡음 측정

개인 휴대통신 주파수 대역에서 발생하는 인위적인 전자파 잡음을 X, Y, Z 방향 및 공동단자를 가지고 있는 3축과 연결된 그림 4의 측정시스템을 사용하여 측정하였다. 각각의 측정데이터는 100회의 반복측정을 하여 주파수별 최대, 최소 값을 나타내었다.

인위적인 잡음의 대상은 첫 번째로 차량을 대상으로 하였으며, 두 번째는 여러 가지 잡음원이 될 수 있는 상황을 대상으로 하여 측정하였다.

차량을 대상으로 한 경우는 1) 차량이 한 대인 경우(1,500 cc), 2) 차량이 두 대인 경우(정면, 측면 배치), 3) 차량밀집 통행지역인 경우(서행, 출발), 4) 발전기, 5) 공단지역으로 분류하여 측정하였으며, 여러가지 잡음원이 될 수 있는 경우는 1) 전산실 (PC, 터미널), 2) 사무실, 3) 실험실로 분류하여 1,700~2,000 MHz 주파수 대역에서의 인위적인 잡음을 측정하였다.

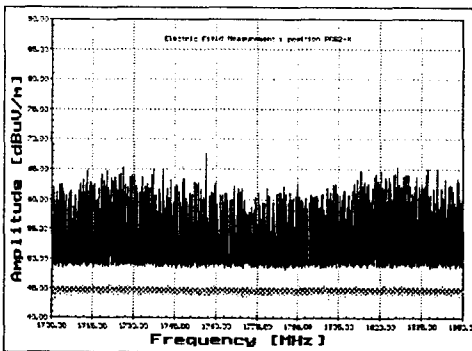
3-1 자동차 점화계통에서 발생하는 점화잡음 측정

차량을 대상으로 한 경우는 1) 차량이 한 대인 경우(1,500 cc), 2) 차량이 두 대인 경우(정면, 측면 배치), 3) 차량밀집 통행지역인 경우(서행, 출발), 4) 발전기로 분류하여 측정하였으며, 측정된 결과를 최대값과 최소값으로 분류하여 그림 5-8에 각각 나타내었다.

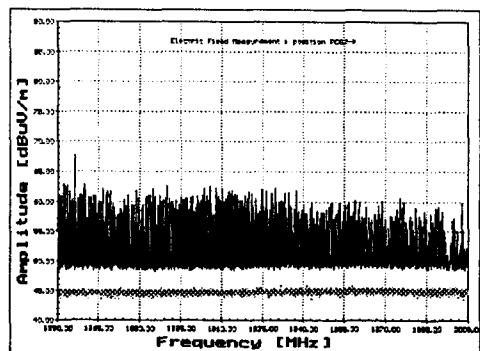
위의 4가지의 경우에 대한 측정은 1, 3, 4번의 경우는 이용자가 차량의 외부에서 사용을 하는 경우 즉 보행자의 경우라 할 수 있으며, 2번의 경우는 차량이 밀집되어 운행될 때 차량의 탑승자가 사용할 경우라 할 수 있다.

특히 사용자가 차량에 탑승하고 있는 경우에 차량의 위치에 따른 측정시에는 차량이 밀집되어 움직이고 있는 상황을 만들기 위해서는 차량에 탑승하여 측정을 수행하면 되나, 실질적으로 차량에 모든 측정장비와 전원 등을 장착하여 측정하는 데는 많은 어려움이 따르게 된다. 또한 차량의 상태를 인위적으로 만들어 내는 것은 쉽지 않다. 그렇기 때문에 차량의 위치에 따른 최악의 경우를 만들 수 있으면서 정지상태에서 측정이 가능한 상황을 만들어 측정하였다.

이용자가 자동차에 탑승하여 사용하는 경우에 대한 상황은 다시 두 가지의 상황으로 분리되어질 수 있다. 그 두 가지의 상황은 정지 상황과 동적 상황으로 구별될 수 있는데, 첫 번째로 동적 상황은 이



(a) 1,700 - 1,850 MHz



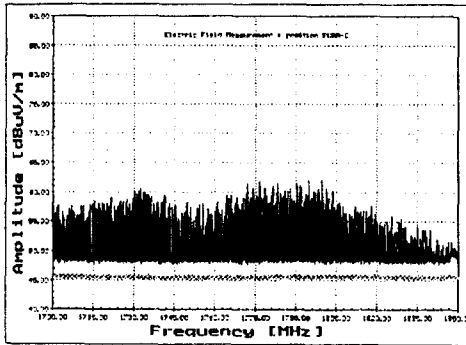
(b) 1,850 - 2,000 MHz

그림 5. 차량이 한 대인 경우의 ignition noise 측정결과

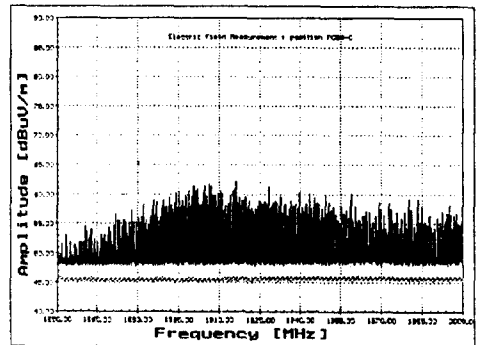
용자가 탄 자동차와 잡음을 내는 다른 자동차와의 속도 차이가 있을 경우이다. 그러나 이 경우는 차량이 근거리로 근접되는 시간이 굉장히 짧게 되므로, 이 경우보다는 정지 상황이 좀더 최악의 상황을 유발시킬 수 있게 된다. 두 번째로 정지 상황인 경우는 차량이 많을 때 대부분의 차량이 서행 운전을 하게 되며 이 때 이용자가 타고 있는 자동차와 잡음을 내는 자동차가 거의 같은 속도로 주행하게 된다. 이 때 두 차량의 상대적인 속도는 0이라 할 수 있다. 그렇다면 이런 정지상태를 위한 측정은 차량을 정지시킨 후 여러 가지의 차량 배치를 하게 되면 차량 밀집지역의 상황과 같은 경우로 볼 수 있게 된다.

그래서 본 연구에서는 차량을 정면배치와 측면배치를 하여 측정하였다.

그림 5에는 차량이 한 대인 경우에 발생하는 점화잡음의 전계강도를 1,700~1,850 MHz와 1,850~2,000 MHz로 나누어서 그림으로 표현하였으며, 이때 그림의 진한 부분은 측정시 발생한 점화잡음의 최대값을 나타내고 있으며, 흐린 부분은 최소값을 표현하고 있다. 그림 6에는 차량이 두 대일 때 발생하는 점화잡음의 측정결과이며, 그림 7은 도로에서 차량이 운행중일 때의 점화잡음을 측정한 결과이다. 그리고 그림 8은 오토바이와 같이 엔진이 노출되어 있는 발전기에서 발생하는 점화잡음을 측

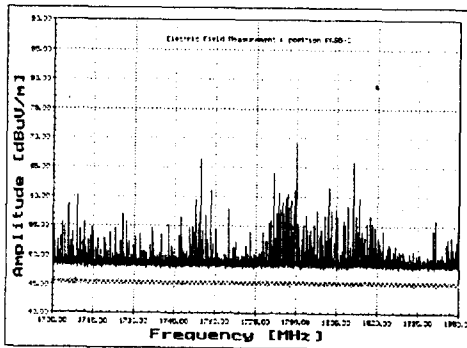


(a) 1,700 - 1,850 MHz

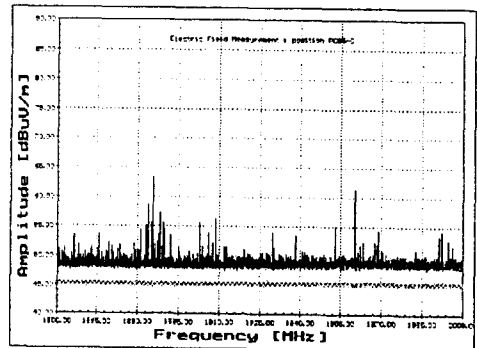


(b) 1,850 - 2,000 MHz

그림 6. 자동차가 두 대인 경우

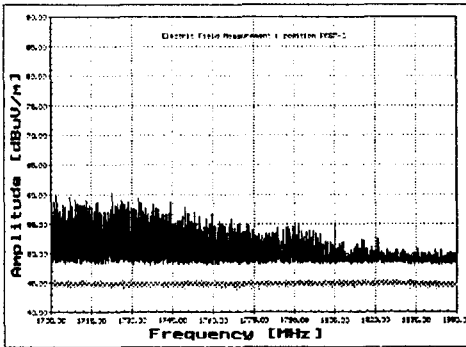


(a) 1,700 - 1,850 MHz

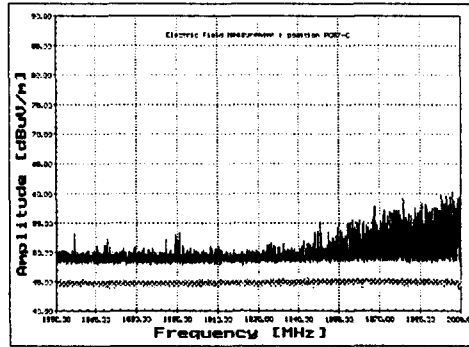


(b) 1,850 - 2,000 MHz

그림 7. 도로주변에서의 측정결과

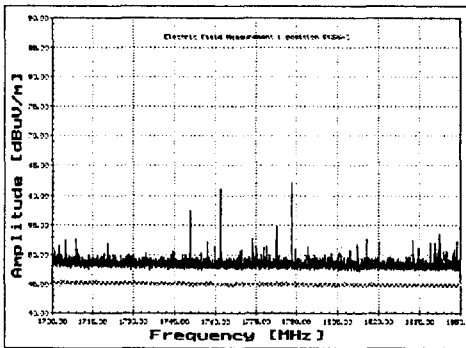


(a) 1,700 - 1,850 MHz

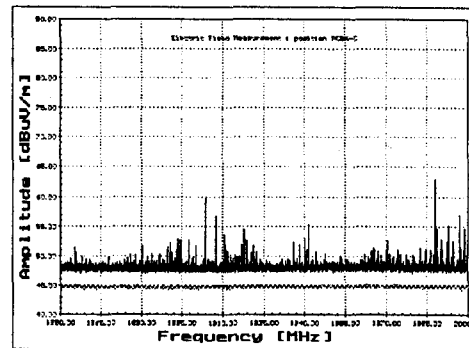


(b) 1,850 - 2,000 MHz

그림 8. 발전기의 ignition noise 측정결과



(a) 1,700 - 1,850 MHz



(b) 1,850 - 2,000 MHz

그림 9. 구로공단에서의 측정결과

정한 결과를 나타내고 있다.

3-2 인위적인 전자파 잡음 측정

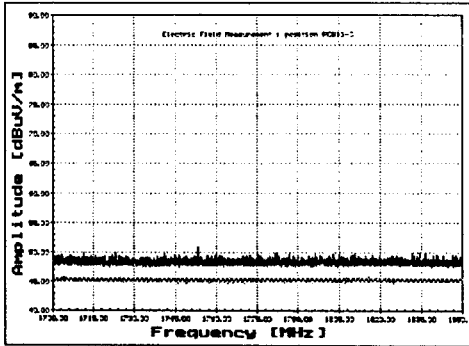
두 번째로 여러가지 잡음원이 될 수 있는 1) 전산실(PC, 터미널), 2) 사무실, 3) 실험실, 4) 공단지역으로 분류하여 1,700~2,000 MHz 주파수 대역에서의 인위적인 잡음을 측정하였다.

이때 그림 9는 구로공단 내에서 고압이 흐르는 변전소와 도로가 인접되어 있는 곳에서의 인위적인 잡음을 측정된 결과이며, 그림 10은 모니터 및 컴퓨터가 놓여져 있는 전산실과 실험기자재가 놓여 있는 실험실, 그리고 여러 가지의 사무기기가 놓여 있는 사무실에서 측정된 결과 중에서 측정치가 높은 전산실에서 측정된 결과를 나타내었다.

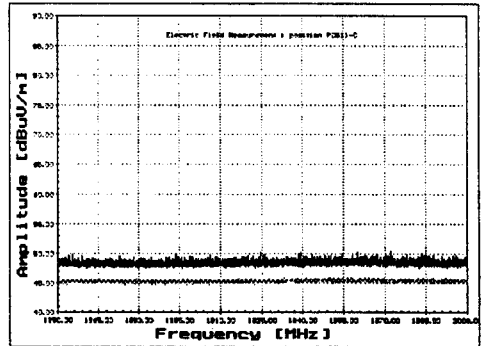
터가 놓여져 있는 전산실과 실험기자재가 놓여 있는 실험실, 그리고 여러 가지의 사무기기가 놓여 있는 사무실에서 측정된 결과 중에서 측정치가 높은 전산실에서 측정된 결과를 나타내었다.

3-3 잡음 측정 결과

개인 휴대통신 주파수 대역에서 발생하는 인위적인 전자파 잡음을 공동단자를 가지고 있는 3축 안테나로 100회의 반복측정을 하여 주파수별 최대, 최소값을 나타내었다.



(a) 1,700 - 1,850 MHz



(b) 1,850 - 2,000 MHz

그림 10. 전산실(PC, 터미널)에서의 측정결과

표 2. 측정된 데이터의 평균값 (단위 : dB μ V/m)

측정장소	평균값	측정장소	평균값
1,500 cc(차량 A)	62	1,500 cc(차량 B)	54
차량 2대(정면)	58	차량 2대(측면)	54
동대입구	53	도 로 변	52
구로공단	52	발 전 기	56
전산실(PC)	48	전산실(터미널)	51
사 무 실	51	실 험 실	48

차량의 경우와 여러 가지 잡음원의 경우의 측정된 데이터의 각 경우에 따른 평균값을 표 2에 나타내었다.

IV. 측정 데이터의 확률처리

대표적인 임펄스성 인공잡음은 자동차의 점화계통과 고압시설 등에서 발생되고 있으며, 이 잡음은 아날로그 시스템에서 점차적으로 디지털 시스템으로 전환되어 가는 통신 시스템에 막대한 성능 저하를 유발시킬 수 있다. 또한, 디지털 신호에 대한 임펄스성 잡음의 영향은 다중경로 페이딩과 결합하여 중대한 비트 에러를 유발시켜 통화의 품질을 악화시키기도 한다.^[2]

임펄스성 잡음의 모형은 Middleton^[9], Spaulding^[10], Nakai^{[11]~[14]} 등에 의해 확률적으로 모형화되었다. Middleton의 경우 잡음의 점유 대역폭과 수신기 수신 대역폭 사이의 관계에서 잡음의 종류를 A급, B급, C급으로 분류하여, 각각의 진폭확률분포 곡선을 통계-물리적인 이론에 의한 해석방법을 통해 A급 잡음은 3개, B급 잡음은 6개의 변수로 표현되는 모형을 제시하였다.

본 연구에서는 Middleton 모형의 최적 변수를 빠른 시간에 추출할 수 있는 합성근사화방법을 이용하여 변수를 추출하였다.

4-1 잡음의 통계적 모형

전자파 잡음은 협대역 수신기(narrow-band receiver)에 대하여 3가지(A급, B급, C급 잡음) 특성으로 분류된다.^[6]

A급, B급 잡음의 확률분포 함수는 다음과 같다.

$$\hat{F}_1(ir)_{A+G} \doteq e^{-A \cdot A} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{A_{\alpha, A}^m}{m} \exp \left[- \left\{ \frac{m(\hat{B}_{0A})^2}{2} + \sigma_G^2 \right\} \frac{r^2}{2} \cdot \{1+0(r^t)\} \right] \quad (1)$$

$$\hat{F}_I(ir)_{(B+G)-I} \doteq \exp\left[-b_1 \alpha A_{\infty,B} r^\alpha - \Delta\sigma_G^2 \frac{r^2}{2}\right] \quad (2)$$

$$\hat{F}_I(ir)_{(B+G)-II} \doteq e^{-A_\alpha \cdot B} \exp\left[A_{\infty,B} e^{-b_2 r^2/2} - \sigma_G^2 \frac{r^2}{2}\right] \cdot [1 + O(r^\alpha, r^4)] \quad (3)$$

여기서, 첨자 G 는 가우스 잡음 성분, A 및 B 는 각각 A 및 B급 잡음을 나타내며, I, II는 B급 잡음에서의 영역분류를 나타낸다. 또한 $A_{\infty,A}$, $A_{\infty,B}$ 는 각각 A, B급 잡음에 대한 임펄스 지수를 나타내며, $\hat{B}_{\alpha,A}$, $\hat{B}_{\alpha,B}$ 는 각각 A, B급 잡음에 대한 잡음 포락선의 형태를 나타낸다. σ_G^2 은 가우스 잡음의 편차를 나타내며, $O()$ 는 오차함수, b_α 는 하중 모멘트, α 는 공간 밀도 전달변수를 나타낸다.

A급 잡음에 대한 특성 함수를 정규화하여, Confluent Hypergeometric 함수 ${}_1F_1(1, 2, -x) = \frac{1-e^{-x}}{x}$ 를 사용하여 적분하면 진폭확률분포함수 $P_I(\epsilon > \epsilon_0)_A$ 는

$$P_I(\epsilon > \epsilon_0)_A = 1 - e^{-A_\alpha} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{A_A^m}{m} \frac{\epsilon_0^2}{2\hat{\sigma}_{mA}^2} \cdot {}_1F_1\left[1, 2, \frac{-\epsilon_0^2}{2\hat{\sigma}_{mA}^2}\right] = e^{-A_\alpha} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{A_A^m}{m} \exp\left[-\frac{\epsilon_0^2}{2\hat{\sigma}_{mA}^2}\right] \quad (4)$$

로 된다.

B급 잡음은 두 개의 영역 I과 II로 분류되며, 각 영역의 특성함수는 식 (2)와 식 (3)과 같으며, 이 식들에서 $A_{\infty,B}$ 를 유한기간 동안의 임펄스지수 A_B 로 근사화시킨 후 정규화하여 특성 함수들을 B급 잡음의 영역 I과 영역 II에 대한 확률분포함수 $P_I(\epsilon > \epsilon_0)_B$ 를 얻을 수 있다.

$$P_I(\epsilon > \epsilon_0)_B = 1 - \hat{\epsilon}_0^2 \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n A_A^n}{n} \cdot \Gamma\left(1 + \frac{\alpha n}{2}\right) {}_1F_1\left(1 + \frac{\alpha n}{2}, 2, -\hat{\epsilon}_0^2\right) \quad (5)$$

여기서 $\hat{\epsilon}_0 \equiv \epsilon_0 \frac{N_I}{2G_B}$, $\hat{A}_\alpha \equiv \frac{A_\alpha G_B^2}{2^\alpha}$ 이며, N_I 는 Scaler Factor, G_B 는 잡음원의 파형을 나타낸다.

영역 I에서 $\epsilon_0 > \epsilon_B$ 경우에 대한 확률분포함수 $P_I(\hat{\epsilon} > \hat{\epsilon}_0)_{B-I}$ 는 아래와 같다.

$$\hat{P}_I(\hat{\epsilon} > \hat{\epsilon}_0)_{B-I} \cong \sum_n \hat{A}_\alpha \frac{(-1)^n A_A^n}{n} \frac{\Gamma\left(1 + \frac{\alpha}{2}\right)}{\Gamma\left(1 - \frac{\alpha n}{2}\right)} \cdot \hat{\epsilon}_0^{-n\alpha} \left[1 + \frac{1 + (\alpha n/2)(\alpha n)}{2\hat{\epsilon}_0^2} + \dots\right]_{\text{for } \hat{\epsilon}_0^2 > 1} \quad (6)$$

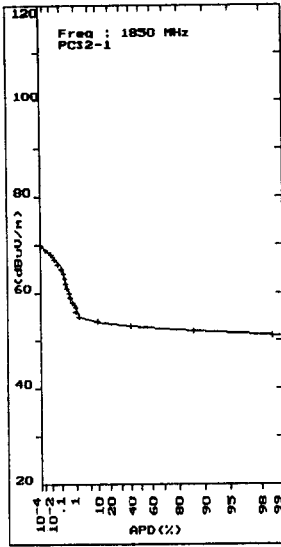
또한, 영역 II에 대해서는 $\epsilon_0 > \epsilon_B$ 경우에 대한 확률분포함수 $P_I(\hat{\epsilon} > \hat{\epsilon}_0)_{B-II}$ 를 얻을 수 있다.

$$\hat{P}_I(\hat{\epsilon} > \hat{\epsilon}_0)_{B-II} \cong \frac{e^{A_B}}{4G_B^2} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{\hat{A}_B^m}{m} \exp\left[\frac{-\epsilon_0^2 \hat{\sigma}_{mB}^2}{2}\right]_{\text{for } \epsilon_0 > \epsilon_B} \quad (7)$$

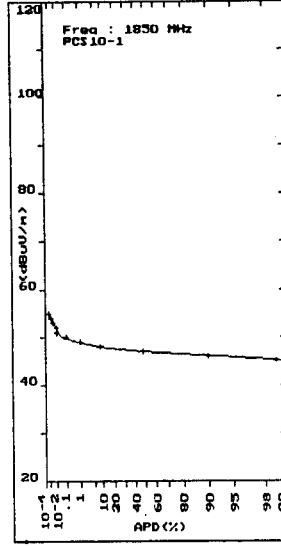
여기서 $\hat{\sigma}_{mB}$ 는 B급 잡음에서 가우스 성분의 편차이다.

4-2 진폭확률곡선의 측정

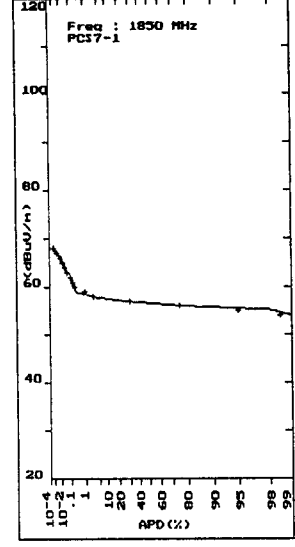
자동차 및 인위적인 잡음원의 확률분포를 구하기 위하여 그림 4의 측정시스템을 사용하여 잡음레벨을 측정하였다. 측정 주파수는 개인 휴대통신 대역인 1,850 MHz에서 수행하였으며, 1,000,000번 측정하여 얻은 데이터로 APD 곡선을 도시하였다. 그



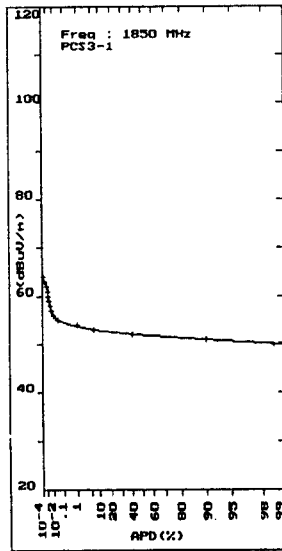
(a) 1,500 cc 자동차



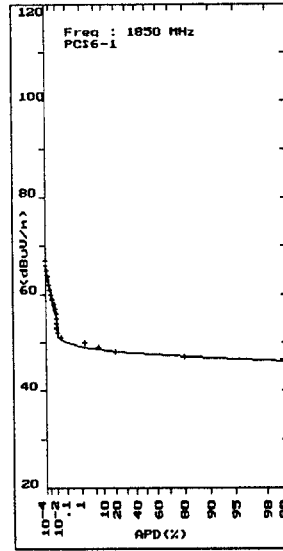
(b) 차량 2 대



(c) 발전기



(d) 차량밀집지역



(e) 구로공단

+++ 측정치

— 계산치

그림 11. 복원된 확률분포곡선과 측정된 확률분포곡선의 비교(주파수 1,850 MHz)

표 3. 측정상황에 따른 진폭확률분포의 최대값 및 존재확률

측정상황	차량 1대	차량 2대 (정면배치)	차량밀집지역 (서행)	구로공단	발전기
최 대 값	70 dB μ V/m	55 dB μ V/m	64 dB μ V/m	67 dB μ V/m	68 dB μ V/m
존재확률	0.0001 %	0.0001 %	0.0001 %	0.0001 %	0.001 %

표 4. 추출된 A급 잡음 파라미터

파라미터	기호	차량 1대(1,500 cc)
임펄스 지수	A_A	0.00013
가우스-임펄스 비	Γ'_A	0.11
편 차	Ω_{2A}	0.051

림 11에 자동차의 점화계통에서 발생하는 전자파 잡음을 주파수 1,850 MHz에서 10^6 번 측정하여 얻은 데이터를 APD 곡선으로 나타냈으며, 표 3에는 진폭확률분포의 최대치의 존재확률을 나타내었다.

4-3 진폭확률곡선 모형의 변수추출

A급 잡음의 경우 3개의 변수를 식 (4)에 의하여 구할 수 있으며, B급 잡음의 확률분포함수는 영역 I ($\epsilon_B \geq \epsilon_0$)과 영역 II ($\epsilon_B \leq \epsilon_0$)는 굴곡점 ϵ_B 를 중심으로 구분된다. [5], [6]

영역 I과 영역 II에 대한 근사화 확률분포함수 P_{I-1} 과 P_{I-2} 는 식 (2), (6)과 식 (7)로부터 각각 얻을 수 있다.

추정된 인위적인 전자파 잡음을 A, B급에 따라

구한 각각의 변수를 표 4에 보였다.

4-4 잡음모형과 실측결과의 비교

최적 추출된 변수를 사용하여 시뮬레이션한 AP-D 곡선과 실측곡선을 그림 11에서 비교하였다. 각 그림에서 측정치는 +로 나타내었으며, 시뮬레이션 값은 실선으로 나타내었다.

전자파 잡음의 확률분포함수의 변수추출방법은 A급 잡음인 경우 10^6 개의 측정치를 모두 저장하지 않고도 원래의 곡선을 3개의 변수만으로 복원이 가능하며, B급 잡음인 경우 6개의 변수만으로 복원이 가능하기 때문에 측정 데이터의 양을 줄일 수 있다.

또한 측정시스템의 자동화와 측정값의 실시간 (real time) 처리로 기존의 방법에 비하여 처리하는 과정이 단축되었으며, 또한 측정 후 바로 실측 APD 곡선을 얻을 수 있는 장점을 가지고 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 개인 휴대통신 주파수 대역의 인위적인 잡음을 측정하기 위하여 측정시스템을 설계

표 5. 추출된 B급 잡음 파라미터

파라미터	기호	차량 2대(정면)	동대입구	구로공단	발전기
공간밀도전달 변수	α	1.2	1.54	1.16	1.23
실효임펄스 지수	\hat{A}_α	0.000087	0.00009	0.0001	0.000088
임펄스 지수	A_B	8×10^{-5}	4×10^{-5}	4×10^{-5}	8×10^{-5}
가우스-임펄스 비	Γ'_B	8.0	8.4	8.4	8.2
영역 I, II 교차점	ϵ_B	53 dB	63 dB	57 dB	67 dB
Scale factor	N_i	5.4 dB	4.6 dB	7.2 dB	6.5 dB

하고, 안테나의 구조를 편파면에 따른 인위적인 잡음 측정시의 오차를 개선하기 위하여 안테나를 3축으로 배열하고, 다시 각각의 출력을 합성하여 출력하는 공통단자를 구성함으로써 잡음의 편파 특성에 영향을 받지 않도록 설계하여 좀더 정밀한 측정을 할 수 있도록 시스템의 성능을 향상시켰다.

이 측정시스템을 이용하여 1,700~2,000 MHz 주파수 대역에서 상황에 따른 ignition noise의 측정과 전산실, 실험실 및 사무실에서의 인위적인 잡음 측정을 수행한 결과, 자동차의 점화계통에서 발생하는 점화잡음은 약 50~65 dB μ V/m 정도의 잡음레벨을 가지고 있었으며, 사무실, 전산실, 실험실 등에서의 크기는 측정시스템이 가지는 잡음레벨에서 약 2 내지 3 dB 정도 높은 정도의 크기로 존재하고 있었다.

그리고 개인 휴대통신 주파수 대역에서의 한 주파수(1,850 MHz)를 선택하여 진폭확률을 측정하고, 이 데이터를 이용하여 개인 휴대통신 주파수 대역에서의 잡음이 존재할 크기에 따른 확률을 표현하였으며, A급, B급, C급의 통계확률적 모델링 기법을 이용하여 모형화하였으며, 합성근사화 알고리즘을 사용하여 추출한 파라미터를 이용하여 복원하였다.

1,850 MHz에서 잡음이 최대로 존재할 확률은 배기량이 1,500 cc(차량 1)일 때 70 dB μ V/m에 존재 확률은 0.0001 %이고, 차량밀집지역에서 64 dB μ V/m에 존재 확률은 0.0001 %이며, 구로공단에서 67 dB μ V/m에 존재 확률은 0.0001 %이며, 발전기에서 68 dB μ V/m에 존재 확률은 0.001 %이며, 차량이 2대인 경우 55 dB μ V/m에 존재 확률은 0.0001 %이며(정면배치), 차량이 2대인 경우 55 dB μ V/m에 존재 확률은 0.001 %(측면배치)으로 측정되었다.

따라서 본 연구는 개인 휴대통신 기지국의 출력량 결정과 수신측의 마진을 결정하여 원활한 통화 품질을 유지하기 위한 기초적인 데이터로의 활용이 가능하며, 도심에서 가장 큰 인위적인 잡음원인 차량에서 발생하는 점화 잡음(ignition noise)과 전

산실, 사무실, 실험실 등을 분석 모형화함으로써 통신시스템이나, 개인 휴대통신에 미치는 영향의 예측과 시스템의 안정화를 위한 기초자료로 이용이 가능하리라 생각된다.

참고 문헌

- [1] 윤현보, "자기부상 열차에서의 EMI/EMC 연구", 한국기계연구원 연구보고서, 1990.
- [2] 윤현보, "전자파환경 조사 및 잡음 발생원에 대한 연구", 한국무선국관리사업단 연구보고서, 1992.
- [3] 윤현보, "국내의 전자파환경 실태조사, 한국무선국관리사업단 연구보고서, 1993.
- [4] 윤현보, "디지털 이동전화 주파수 대역의 인위적 잡음의 측정 및 모형화 연구", 한국전자통신연구소 연구보고서, 1996.
- [5] 심환우, 윤현보, 백락준, 우종우, "도시전철에서 발생한 전자파 잡음의 측정 및 통계적 모형", 한국전자파학회 논문지, 6(4), pp. 37-47, 1995.
- [6] 김종호, 윤현보, 백락준, 우종우, "자동차 점화계통에서 발생된 전자파 잡음의 측정 및 통계적 모형", 한국전자파학회 논문지, 8(4), pp. 390-402, 1997.
- [7] D. Apostolakis, Dr. P. Constantinou, "Man made noise measurements and modeling", *ICUPC '93*, pp. 585-589, 1993.
- [8] V. P. Arafiles, L. L. Turner, "RFI/EMI Automated measurement system(REAMS)", *IEEE 1991 Inter. Sympo. on EMC*, pp. 446-451, Aug. 1991.
- [9] D. Middleton, "Statistical-physical models of electromagnetic interference", *IEEE Trans. Electromagnetic Compatibility*, vol. EMC-19, pp. 106-127, 1977.
- [10] A. D. Spaulding, "The determination of received noise levels from vehicular

traffic statistics”, *IEEE NTC Report*, 72 CHO 601-5-NTC, 1972.

- [11] T. Nakai, “Measurement and analysis of impulsive noise from bullet train”, *IEEE Trans. on EMC*, vol. EMC-28, no. 4, pp. 193-203, Nov. 1986.
- [12] T. Nakai and Z. Kawasaki, “On impulsive noise from Shinkansen”, *IEEE Trans. on EMC*, vol. EMC-25, no. 4, pp. 396-404, Nov. 1983.
- [13] T. Nakai, “Automotive noise from a mo-

torway : Part I, Measurement”, *IEEE Trans. Electromagnetic Compatibility*, vol. EMC-26, pp. 169-174, 1984.

- [14] T. Nakai, “Automotive noise from a motorway : Part II, Analysis”, *IEEE Trans. Electromagnetic Compatibility*, vol. EMC-26, pp. 175-182, 1984.
- [15] E. N. Skomal, “Man-made noise in the M/W frequency range : an RFI problem area identified and analyzed”, *Microwave J.*, pp. 44-47, January, 1975.

김 종 호

현재 : 한국전자통신연구원
전파신호처리연구실 선임연구원

백 락 준

1985년 : 동국대학교 전자공학과(공학사)
1987년 : 동국대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
1990년~현재 : (주)에이스 테크놀로지 중앙연구소장
1994년~현재 : 동국대학교 대학원 전자공학과(박사과정)

우 중 우

1991년 : 동국대학교 전자공학과(공학사)
1993년 : 동국대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
1994년~현재 : 동국대학교 전자공학과(박사과정)

윤 현 보

1979년~현재 : 동국대학교 전자공학과 교수