

이동통신은 공간을 매개체로 하여 전파를 통해 통화로가 형성되는 통신방식을 취함에 따라 공간상에 존재하는 수 많은 물질에 의한 페이딩 및 무수한 전파로부터 간섭을 받을 가능성을 항상 내재하고 있다.

FM을 이용한 아날로그 이동통신의 경우 비의도성 전파의 간섭은 통화시에 클릭음과 같은 불쾌한음을 동반하지만, 디지털 시스템의 전파간섭은 전파의 페이딩 현상과 함께 결합되어 BURST BIT ERROR의 발생 등 보다 심각한 문제를 야기시킬 수 있다.

본 고에서는 자동차의 점화잡음이 이동통신 시스템의 성능에 미치는 영향을 분석하기 위한 선행단계로서 점화잡음 자체에 대한 특성 분석을 실시하였다.

본 고에서 실시한 잡음 파라미터들에 대한 분석을 종합해보면 자동차의 점화잡음 특성은 고주파보다 저주파에 집중되어 분포하고 있으며 자동차의 수가 증가할수록 완만하게 증가하는 특성을 보이고 있다.

또한 잡음 파라미터들의 곡선의 모양은 주파수에 독립적이며 자동차의 수에 의존하는 특성을 보이고 있으며 진폭특성은 주파수와 자동차 수에 의존하는 함수임을 알 수 있다.

I. 서 론

이동통신은 공간을 매개체로 하여 전파를 통해 통화로가 형성되는 통신방식을 취함에 따라 공간상에 존재하는 수많은 물질에 의한 페이딩 및 무수한 전파로부터 간섭을 받을 가능성을 항상 내재하고

있다. 따라서 이동통신의 통화품질은 전파의 페이딩 및 단말기가 통화로를 형성하는 장소의 환경잡음 특성에 따라 통화자가 느끼는 통화품질의 정도는 차이를 보일 수 있다. 전파의 페이딩에 대처하기 위한 일반적인 방법은 다이버시티를 이용하는 방법이나 자동차 잡음 등 비의도성 전파간섭 신호는 수신단에서 복조하고자하는 신호 자체에 포함되어 있는 것처럼 작용하여 다이버시티에 의해 효과적으로 제거할 수 없다.

아날로그 FM을 이용한 이동통신의 경우 비의도성 전파의 간섭은 통화시에 클릭음과 같은 불쾌한음을 동반하지만, 디지털 시스템의 전파간섭은 전파의 페이딩 현상과 함께 결합되어 Burst Bit Error의 발생 등 보다 심각한 문제를 야기시킬 수 있다.

따라서 무선통신이 처해있는 환경잡음에 대한 이해는 통신 서비스 품질향상을 위한 필수적인 요인으로 대두되고 있다. 통신 시스템의 설계자 및 운용자가 잡음을 분석하는 목적은 크게 두 가지로 축약하여 볼 수 있다. 첫째가 잡음원의 분석을 통해 잡음을 제거할 수 있는 기술의 개발 목적이며, 두번째는 잡음환경에서 통신 시스템의 성능 예측을 위해서이다.

잡음은 잡음원에 따라 크게 3가지로 분류하고 있다. 첫째는 수신 시스템 자체의 잡음으로 시스템의 대역폭과 온도에 비례하는 열잡음(Thermal Noise)이고, 둘째는 자연잡음(Natural Noise)으로 자연계의 현상으로 인하여 발생하며 확률통계적 특성이 가우시안 분포를 띄고 있으며 주파수가 높을수록 진폭이 급격히 감소하는 특징을 띄고 있어 이동통신이 사용하고 있는 주파수대역에서는 거의 무시할 수 있을 정도이다. 셋째는 인공잡음(Man Ma-

de Noise)으로 각종 전기전자기기 및 자동차로부터 임펄스의 형태로 광대역의 주파수 대역을 점유하며 큰 진폭 특성을 갖고 빈번하게 발생되고 있다.

본 고에서는 인공잡음의 여러 가지 잡음원 중에서 현대생활과 밀접하게 연관되어 있는 자동차의 점화잡음이 이동통신 시스템에 미치는 영향을 분석하기 위하여 무선호출 주파수대인 160 MHz 및 300 MHz와 이동전화 주파수대인 900 MHz 대역에서 자동차의 수에 따른 점화잡음을 측정하고 확률통계적 분석을 실시하였다.

II. 점화잡음의 측정

자동차 점화잡음만의 정확한 측정을 위해서는 주변의 다른 잡음이 없는 Open Site나 전자파 무반사실을 이용하여야하나 현실적인 제약으로 인하여 중앙연구원내 잔디밭에서 인접기기의 영향을 최소화하여 측정하였다. 수신기로는 광대역 안테나(30~1,000 MHz)인 BI-LOG 안테나와 스펙트럼 애널리저를 이용하여 자동차가 없을 때의 Background 잡음 및 차량의 수가 1, 2, 4대일 때의 점화잡음을 162 MHz, 300 MHz, 890 MHz에서 각각 측정하였다.

또한 스펙트럼 애널리저의 GP-IB Interface를 이용하여 측정된 잡음 데이터가 컴퓨터에 저장되도록 하였다.

또 [그림 1]에 나타난 바와 같이 자동차 개개의

점화잡음의 영향을 최대화하기 위해 수신안테나를 중심으로 반지름 3 m의 반원 위에 자동차를 위치시키고 수신 안테나의 높이를 1 m로 측정하였다.

자동차 잡음의 주파수에 따른 시간 영역의 특성을 측정하기 위해 <표 1>과 같이 스펙트럼 애널리저를 Zero Span으로 설정하고 수신기의 대역폭은 점화잡음이 이동통신 시스템에 주는 영향을 파악하기 위해 이동통신 대역폭인 30 kHz로하여 각 주파수에서 잡음을 측정하였다.



[그림 1] 자동차 점화잡음 측정장면

III. 점화잡음의 분석

자동차의 점화잡음은 자동차의 종류 및 조건에 따라 각기 다른 확률분포를 가지며, 도로에서 자동차내의 수신기에 영향을 미치는 간섭 조건 또한 주

<표 1> 측정장비 및 측정조건

구 분	측정조건	비 고
안테나	162 MHz, 300 MHz, 890 MHz	30~1,000 MHz 광대역 안테나
	측정거리 : 3 m 안테나 높이 : 1 m	
스펙트럼 애널리저	Sweep Time : 3초	100 kHz~26.5 GHz 수신 가능
	대역폭 : 30 kHz	
	Zero Span	

변 자동차의 분포 조건 등에 따라 매순간 시간별로 다르게 나타나는 비정체(Non-Stationary) 특성 및 광대역 특성으로 인하여 점화잡음의 정확한 모델링은 매우 어려운 일이다.

따라서 잡음 분석에 있어 일반적인 방법은 주파수와 시간영역에서 잡음 신호의 변화를 관측하고 관측된 잡음신호에 대해 적절한 잡음 파라미터를 선정하여 잡음의 확률통계적인 특성을 분석하는 것이다.

잡음 분석 파라미터는 매우 다양하며 개개 파라미터들의 특성에 따라 측정 방법 및 확률통계적 분석방법이 다를 수 있다.

통신 시스템에 대한 잡음 영향 평가에 있어 적절한 잡음 파라미터는 Spaulding 등이 행한 바와 같이 진폭확률분포(APD: Amplitude Probability Distribution), 잡음진폭분포(NAD: Noise Amplitude Distribution) 및 평균교차율(ACR: Average Crossing Rate) 등이다.

그러나 위의 파라미터들 중 하나의 파라미터 분석으로는 잡음의 정확한 특성을 분석할 수 없기 때문에 여러 개의 잡음 파라미터를 분석하여 잡음의 정확한 특성을 파악하고 있다.

진폭확률분포는 식 (1)과 같이 시간영역측정에서 수집된 데이터로부터 임의의 임계레벨을 넘어서는 펄스들의 총 시간을 전체시간으로 나눈 값으로 표현된다.

$$Prob[A > L] = P(L) = \frac{1}{T} \sum_{k=1}^n Dt_k \quad (1)$$

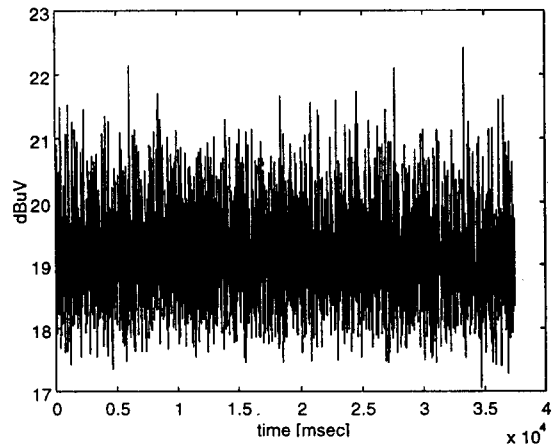
그러나 진폭확률분포는 잡음이 특정진폭을 넘는 시간에 대한 정보를 알려주지만 그 이상의 자세한 정보는 알 수 없다. 진폭확률분포와는 상호보완적인 잡음진폭분포 파라미터를 같이 분석하여야 잡음에 대한 보다 정확한 정보를 얻을 수 있다.

잡음진폭분포는 일정시간 T 동안 특정 진폭레벨을 초과하는 펄스들에 대한 정보로 일정시간 동안

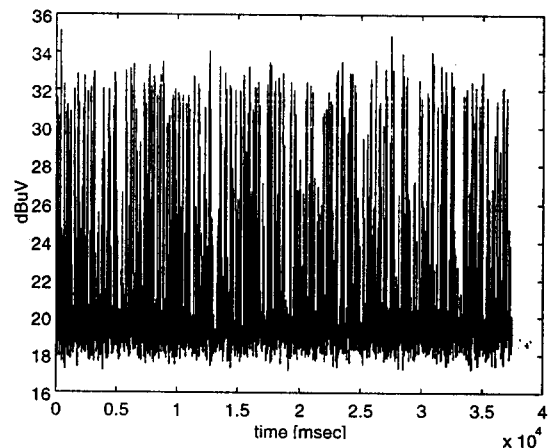
얼마나 많은 펄스들이 그 레벨을 초과하는지에 대한 정보를 알려준다. 잡음진폭분포는 확률분포가 아니며 잡음 자체에 대한 정보로서 통신 시스템에서 잡음의 상황을 고찰하는 형태로 잡음으로부터 정보를 추출하는 방법이다.

또한 진폭확률분포, 잡음진폭분포와 더불어 수신된 잡음의 평균교차율을 분석하여 잡음에 대한 보다 자세한 정보를 추출하고 있다.

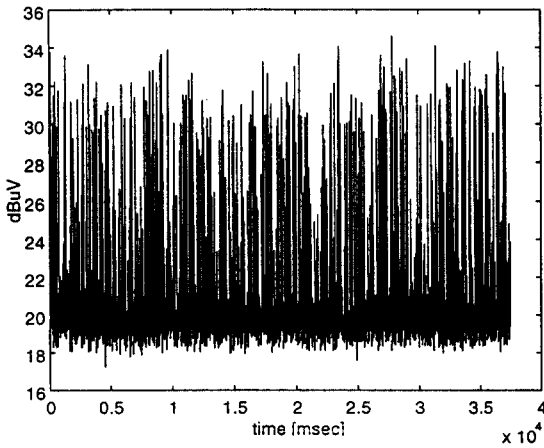
평균교차율은 임의의 시간 T 동안에 특정 진폭레벨을 양의 기울기 방향으로 몇 번 교차하는가에



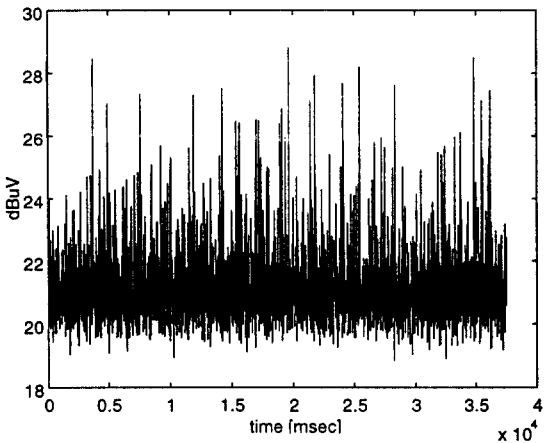
[그림 2] (a) 측정장소의 주변잡음 예(162 MHz)



[그림 2] (b) 자동차 1대의 점화잡음 예(162 MHz)



[그림 2] (c) 자동차 1대의 점화잡음 예(300 MHz)



[그림 2] (d) 자동차 1대의 점화잡음 예(890 MHz)

대한 정보를 제공한다. 이는 시간에 대한 교차회수를 알려줌으로써 임펄스성 잡음의 발생빈도를 파악할 수 있으며 또한 측정된 잡음이 주기적인 반복성 및 이산적인 특성을 갖는지에 대한 정보를 얻을 수 있다.

본 고에서는 위에서 언급한 3가지 잡음 파라미터로 측정장소의 주변잡음 및 자동차 대수에 따른 잡음의 시간 영역 측정을 통해 얻어진 각각 20,000개

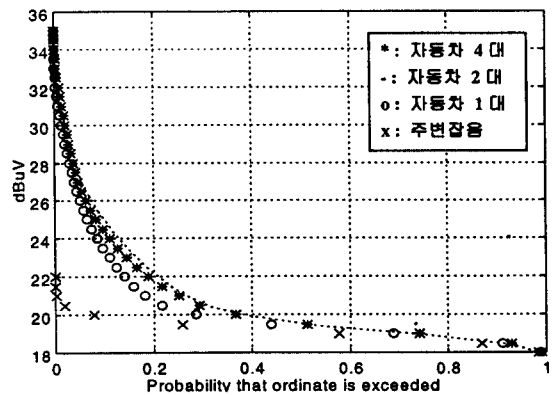
의 샘플 데이터를 이용하여 잡음 분석을 시도하였다.

[그림 2]에 측정 예로 162 MHz에 대한 주변잡음 및 자동차 1대의 점화잡음을 주파수별로 각각 나타내었다.

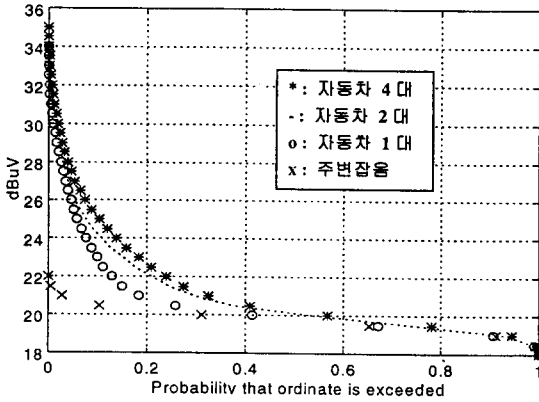
[그림 2]에서 보는 바와 같이 자동차의 점화잡음이 임펄스성을 띄고 주변잡음에 비해 높은 진폭특성을 갖고 있으며 주파수가 높을수록 임펄스 간격 및 진폭이 감소함을 알 수 있어 자동차의 점화잡음이 주파수에 의존하여 분포하고 있음을 알 수 있다.

3-1 진폭확률분포 (APD) 분석

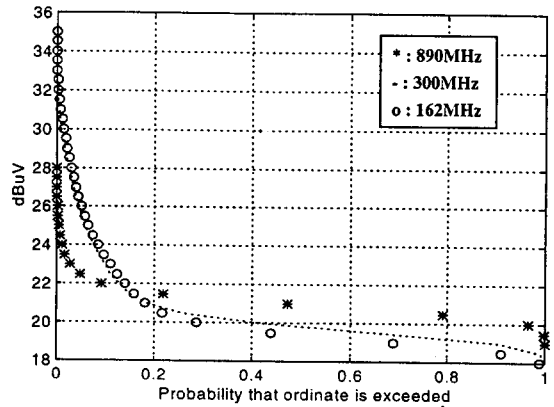
[그림 3, 4]에 162 MHz, 300 MHz, 890 MHz의 주파수에서 자동차 대수 변화에 따른 진폭확률분포의 변화를 나타내었다. 자동차의 점화잡음에 대한 진폭확률분포의 특징은 확률이 거의 0.4인 점을 경계로 하여 그 이하의 영역에서는 주변잡음과 거의 비슷한 특징을 보이고 있으나 0.4인 점 이상의 영역에서는 진폭특성이 급격히 증가하며 자동차 대수가 증가할수록 높은 진폭확률을 나타내고 있다. 그러나 890 MHz의 분포는 주변잡음 및 자동차 대수의 변화에 따라 큰 변화를 나타내고 있지않아 점화잡음의 고주파 성분이 감소하고 있음을 알 수 있다.



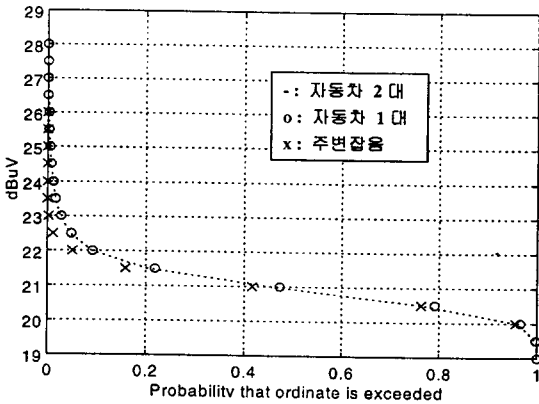
[그림 3] (a) 162 MHz에서 자동차 대수 변화에 따른 APD 곡선



[그림 3] (b) 300 MHz에서 자동차 대수 변화에 따른 APD 곡선



[그림 4] 주파수에 따른 APD 곡선



[그림 3] (c) 890 MHz에서 자동차 대수 변화에 따른 APD 곡선

점화잡음의 주파수 특성은 [그림 4]에 나타난 바와같이 주파수가 증가할수록 곡선의 기울기가 급격해지고 있어 점화잡음이 고주파에서 보다 저주파에 더 집중되어 있음을 알 수 있다.

그리고 진폭확률분포로부터 점화잡음의 통계평균을 구할 수 있으며 이를 통해 랜덤잡음이 정체적(stationary)인지 비정체적(non-stationary)인지를 판단할 수 있다.

통계평균 v 는 식 (2)와 같이 표현될 수 있다.

$$v = \int_0^{\infty} vp(v)dv \quad (2)$$

$p(v)$ 는 v 의 확률분포함수이다.

또 $p(v) = \frac{d}{dv} CDF(v)$ 이고 이산적으로 추출된 표본에 대해서 식 (3), (4)를 만족하므로

$$dCDF(v) = CDF(v_{i+1}) - CDF(v_i) \quad (3)$$

$$\Delta v = v_{i+1} - v_i$$

$$\bar{v} = v_i + \frac{1}{2} \Delta v \quad (4)$$

식 (2)는 식 (5)와 같이 표현될 수 있다.

$$V = \sum_{i=1}^{N-1} \bar{v}_i \Delta CDF(V_i) \quad (5)$$

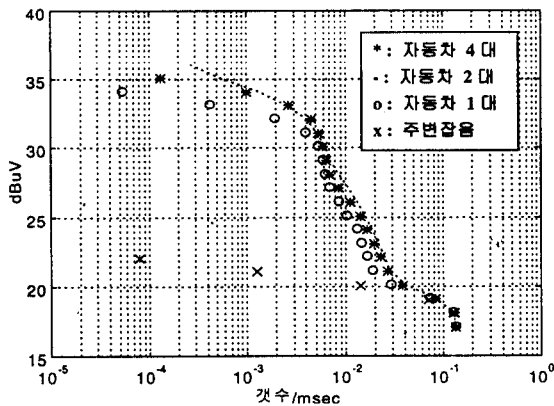
또 $CDF(V) = \text{Prob}(v \leq V) = 1 - \text{Prob}(v > V)$ 이므로 $CDF(V) = 1 - APD(V)$ 이다. 그러므로 통계평균 v 는 식 (6)에 의해 구할 수 있다.

$$V = \sum_{i=1}^{N-1} \bar{v}_i [1 - \Delta APD(V_i)] \quad (6)$$

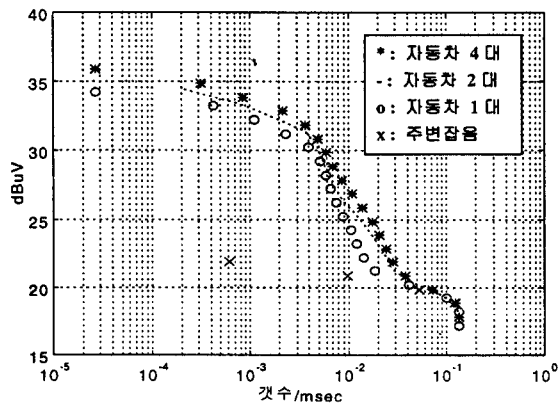
3-2 잡음진폭분포(NAD) 분석

또 [그림 5, 6]에 162 MHz, 300 MHz, 890 MHz의 주파수에서 자동차 대수 변화에 따른 잡음 진폭분포의 변화를 나타내었다.

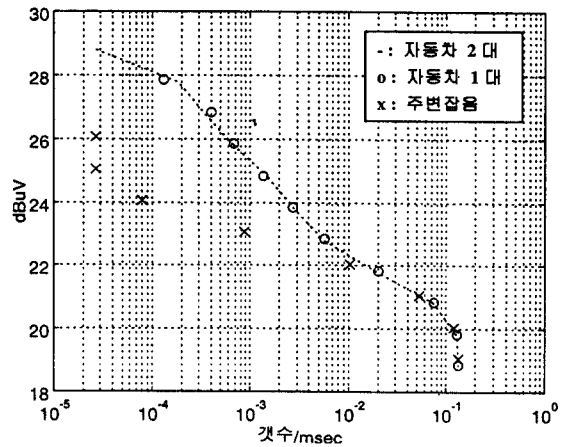
그림에서와 같이 주변잡음에 비해 점화잡음에 의한 msec당 펄스의 갯수는 급격히 증가하며 곡선의 기울기 또한 급격해진다. 그러나 자동차의 대수 증가에 따라서는 거의 비슷한 기울기를 보이고 있다. 곡선의 기울기는 주파수가 증가할수록 점점 완만해지는 특성을 보이며 890 MHz에서는 주변잡음과



[그림 5] (a) 162 MHz에서 자동차 수 변화에 따른 NAD 곡선

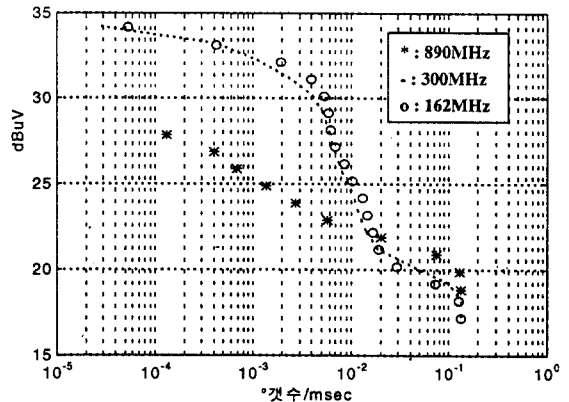


[그림 5] (b) 300 MHz에서 자동차 대수 변화에 따른 NAD 곡선



[그림 5] (c) 890 MHz에서 자동차 대수 변화에 따른 NAD 곡선

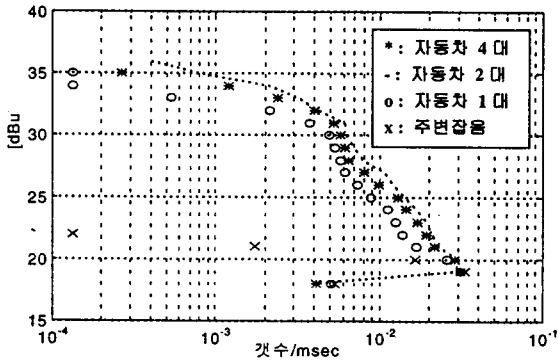
비슷한 기울기를 보이고 있어 자동차로부터 발생된 임펄스 잡음이 주파수가 높아질수록 그 숫자에 있어서도 감소하고 있음을 알 수 있다.



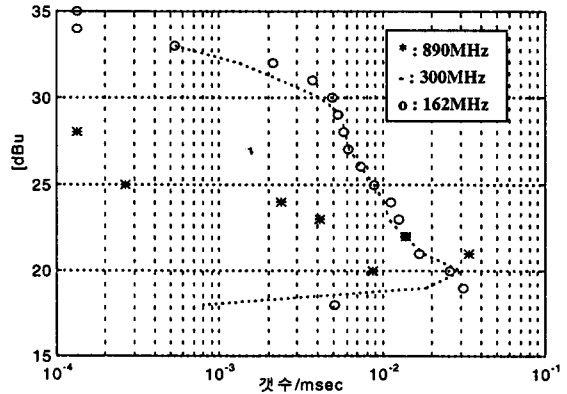
[그림 6] 주파수 변화에 따른 NAD 곡선

3-3 평균교차율(ACR) 분석

[그림 7, 8]에는 자동차 대수 변화 및 주파수에 따른 잡음의 평균교차율을 나타내었다. 평균교차율은 진폭레벨이 약 20 dBuV 이하의 영역에서는 주변잡음과 비슷한 특성을 보이고 있으나 그 이상의



[그림 7] (a) 162 MHz에서 자동차 대수 변화에 따른 ACR 곡선



[그림 8] 주파수 변화에 따른 ACR 곡선

영역에서는 급격히 증가하는 추세를 보이며 자동차 대수의 증가에 따라 다소 높은 진폭특성을 보이고 있다. 또한 주파수가 증가함에 따라 곡선의 기울기가 완만해지는 특성을 보이고 있다. 162 MHz, 300 MHz에서 곡선의 기울기 변화가 크게 나타나지 않고 890 MHz에서 훨씬 큰 폭으로 변하고 있음을 알 수 있다.

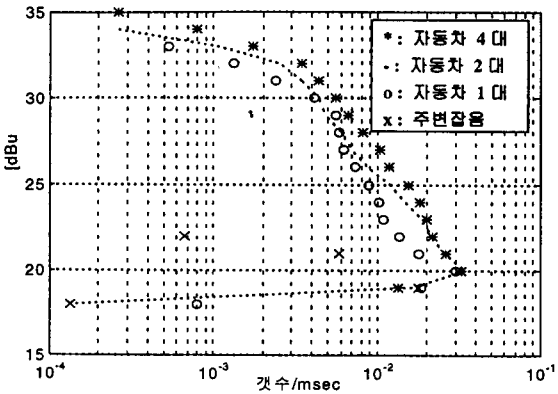
IV. 결 론

각각의 잡음파라미터들에 대한 분석을 종합하여 보면 자동차의 점화잡음 특성은 고주파보다 저주파에 집중되어 분포하고 있으며 자동차의 수가 증가할수록 완만하게 증가하는 특성을 보이고 있다.

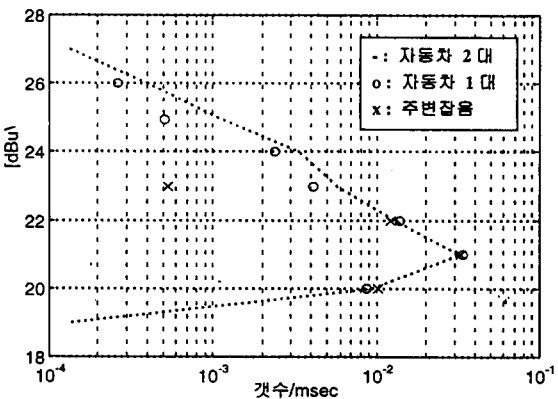
또한 잡음 파라미터들의 곡선의 모양은 주파수에 독립적이며 자동차의 수에 의존하는 특성을 보이고 있으며 진폭특성은 주파수와 자동차 수에 의존하는 함수임을 알 수 있다.

본 고에서는 자동차의 점화잡음이 이동통신 시스템의 성능에 미치는 영향을 분석하기 위한 선행단계로서 점화잡음 자체에 대한 특성 분석을 실시하였다.

잡음 분석의 최종적인 목적은 잡음에 대한 정확한 모델링에 있으며 이를 바탕으로 이동통신 시스



[그림 7] (b) 300 MHz에서 자동차 대수 변화에 따른 ACR 곡선



[그림 7] (c) 890 MHz에서 자동차 대수 변화에 따른 ACR 곡선

템의 성능분석을 보다 정확하게 할 수 있을 것이다.

본 고에서는 무수히 많은 인공잡음 중에서 특히 이동통신과 밀접한 자동차의 점화잡음에 대한 1차적인 분석만을 시도하였으나 향후 인공잡음의 모델링을 위한 확률통계적인 방법론 및 이동통신의 전파환경에 대한 연구를 계속하여 인공잡음 일반에 대한 정확한 잡음 모델 구현을 실현하고자 한다.

참고문헌

- [1] 이은기, 강찬구, 고성선. "Man Made Noise의 측정 및 분석에 관한 연구", *KMT Technology*, 1996. 10.
- [2] Spaulding, Arthur D., "Voice Communication System Performance in Presence of Automotive Ignition Noise", *IEEE TRANS. ON EMC*, 1982. 8.
- [3] Schulz, R. B., "APD Measurements of V-8 Ignition Emanations", *IEEE TRANS. ON EMC*, 1974. 5.
- [4] Hsu, H. P., Storwick, R. M., Schlick, D. C., and Maxam, G. L., "Measured Amplitude Distribution of Automotive Ignition Noise", *IEEE TRANS. ON EMC*, 1974. 5.
- [5] Sheikh, A. U. H., "Ignition Interference in Land Mobile Environments : Measurements, Characterization and Models", *IEEE*, 1984.
- [6] Parsons, J. D., *The Mobile Radio Propagation Channel*, Halsted Press, 1992.
- [7] Edward, N., Skomal, Albert, A., Smith, Jr., *Measuring The Radio Frequency Environment*, Van Nostrand, 1985.
- [8] 차균현, 통신시스템, 동명사, 1986.
- [9] 전파연구소, 도시권 전파환경 분포조사 및 분석 연구, 1996. 2.

== 저자소개 ==

- 1987년 2월 : 고려대학교 전자공학과 (공학사)
- 1990년 8월 : 고려대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
- 1992년 2월~현재 : SK Telecom 중앙연구원 전파기술그룹 간섭제어팀 선임연구원
- [주관심분야] 무선통신, 전파전파

