

도시 전자파 잡음 스펙트럼의 통계적 분석에 관한 연구

Statistical Analysis of Radio Frequency Noise Spectrum in Urban Areas

이 중근

Joong-Geun Rhee

요약

주파수 30 MHz~18 GHz에서의 무선 주파수 도시잡음 측정이 1994년과 1995년에 걸쳐, 전국 21개 도시에서 실시되었다. 각각의 지역에 대해 계절별, 또한 주·야로 실시된 측정 데이터를 분석하였으며, 그 분석 방법으로 APD, NAD, ACR 등과 같은 통계적 분석 방법을 선택하였다. GUI(Graphical User Interface) 프로그램을 이용한 컴퓨터 분석 결과, 봄, 여름, 겨울의 도시 잡음은 약간의 차이를 보이는 반면, 가을에는 다른 계절에 비해 다소 높게 나타났으며, 또한 야간의 잡음레벨이 주간보다 높게 나타나는 것을 확인할 수 있었다.

Abstract

Measurements of the RF(Radio Frequency) noise spectrum from 30 MHz to 18 GHz have been conducted at 21 urban areas in Korea in 1994 and 1995. Statistical analysis of the data measured seasonally, day and night, at each different point has been performed. The results of the computer analysis on APD, NAD, and ACR[1] using GUI(Graphical User Interface) program show that the radio noise environments vary little in spring, summer, and winter, while the noise level increases a little in fall. In addition, the noise level of the night time shows a little higher than that of the day time.

I. 서 론

우리나라에서는 그 동안 정보통신 산업의 급격한 발전과 과거 수십년 동안 전자·전기 기기 등의 사용증가에 따라, RF 잡음레벨에 커다란 증가가 있었으며, 최근 1994년과 1995년에 걸쳐, 인공잡음에 대한 측정이 전국 21개 도시에서 실시되었다. 전파환경에 대한 연구는 각 나라마다 자국의 전파환경

에 대한 조사를 실시한 바 있거나 진행중에 있다. 우리나라에서도 이에 대한 연구가 진행되어 왔으며 [1][2][3], 가까운 일본에서도 1970년부터 잡음의 경년 변화에 대한 연구를 VHF대(50 MHz, 100 MHz, 200 MHz), MF대(0.5 MHz, 1 MHz, 1.5 MHz), UHF대(400 MHz, 600 MHz, 850 MHz)로 나누어 지속적으로 전국에 걸쳐 해 왔으며 [4], 공항, 항만, 사무실 밀집 지역 등 특정 장소에 대한 연구도 많이 진행되어왔다.

*한양대학교 전자공학과(E.E. Dept. Han Yang Univ.)

「본 연구는 전파연구소의 연구비 지원에 의한 것임」.

· 논문 번호 : 970225-012

· 수정완료일자 : 1997년 4월 29일

도시잡음은 인공잡음이라고도 하며 주로 전기모터, 네온사인, 전원선, 그리고 의료 기기 등에 의해 발생되기 때문에, 인공잡음에 대한 연구는 교외, 시골보다는 도시에서 더 중요하리라 판단된다. 도시에서 30 MHz 이상 주파수의 인공잡음은, 4 GHz 이상에서는 거의 무시되는 수신기 잡음이나 우주잡음 등 다른 모든 잡음보다 우세하다^{[5],[6],[7]}.

본 연구에서는 30 MHz~18 GHz 주파수 대역의 스펙트럼을 조사하기 위하여 21개 도시를 선정하여 계절별, 시간대별로 주파수 스펙트럼을 측정·분석하였고, 측정 자동화를 위해 인터페이스 프로그램을 개발하였다

II. 분석 이론

시간 영역에서 측정된 데이터에 대해서 통계적 분석과 평균값 비교가 이루어졌으며^[1], 분석에 사용된 기법은 진폭확률 분포(APD), 잡음진폭 분포(NAD), 평균 교차율(ACR)이 사용되었다. APD와 NAD는 상호 보완적이며, 시간당 펄스수와 평균 점유 시간을 알 수 있다.

2-1 APD(Amplitude Probability Distribution)

APD는 특정 레벨에서 그 레벨을 초과하는 전체

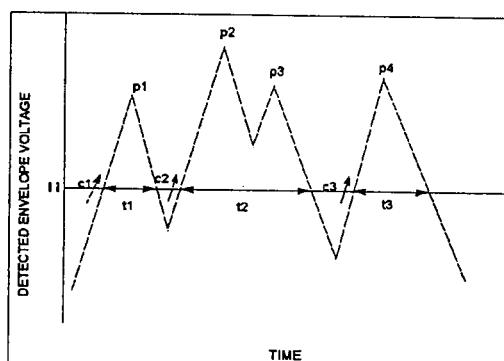


그림 1. 인공 잡음의 전형적인 잡음 포락선.

시간을 구하기 위해 그 레벨 이상의 각각 지연시간 Δt_k 의 총합을 구한 것으로, 보통 백분율로 나타낸다. 이를 수식으로 나타내면 식 (1)과 같으며^{[6],[8]}, 분석 결과의 한 예를 그림 10에 나타내었다.

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

여기서 T 는 전체 측정시간이며, 그림 1은 전형적인 잡음의 포락선을 보인 것이다.

2-2 NAD(Noise Amplitude Distribution)

NAD는 주어진 전계강도 레벨을 초과하는 시간당 펄스들의 총합이고, 식 (2)와 같이 나타낸다^{[6],[8]}. 여기서 T 는 전체시간을, p_k 는 특정레벨 이상에서의 펄스를 나타낸다.

$$\text{NUM}[A > L] = \frac{\sum_{k=0}^n p_k}{T} \quad (2)$$

NAD 분석결과의 한 예를 그림 11에 나타내었다.

2-3 ACR(Average Crossing Rate)

ACR은 주어진 레벨을 단위 시간당 양의 방향으로 교차하는 펄스들의 합을 나타내며, 식 (3)으로 나타낸다^{[6],[8]}. 여기서 T 는 전체시간을 나타내며 C_k 는 양(+)의 방향으로 교차하는 펄스들의 합을 나타낸다.

ACR분석의 한 예를 그림 12에 나타내었다.

$$\text{AVERAGE NUM}[A=L] = \frac{\sum_{k=0}^n C_k}{T} \quad (3)$$

III. 측정

3-1 측정 지역과 주파수

측정 지역은 21개 도시(표 1 참조)가 선정되었고, 30 MHz에서 18 GHz의 주파수 대역에 대해 측정하였다. 측정을 주파수 영역과 시간영역으로 구분하였으며, 주파수 영역은 측정 대상 주파수 대역의 스펙트럼을 측정하고, 시간영역은 잡음의 출현 상태를 파악하기 위해 임의로 10개의 미사용 주파수(60, 112, 144, 190, 485, 580, 800, 850, 3800, 5900 MHz)에 대해 시간에 따른 변화를 측정하였다. 측정은 계절별로 수행되었고, 시간대별로 잡음의 분포를 파악하기 위해 1일 오전, 오후, 야간 3회 실시하였으나, 94년, 95년의 연구 결과, 대부분의 도시에서 계절과 무관하게 오전과 오후의 주파수 스펙트럼이 매우 유사함을 알게 되어 96년도 측정은 주·야로 구분하여 수행되었고, 한 지역에서 특정 시간대에 약 40분간 측정이 수행되었다.

표 1. 측정지역

권역	측정 지역
경기	수원, 안양, 성남, 광명, 안산
충청	천안, 대전, 충주, 청주, 공주
호남	익산, 광주, 순천, 목포, 전주
영남	부산, 김해, 안동, 포항, 창원, 울산

3-2 측정 장비

본 측정에는 능동(Active) 다이폴 안테나 (30 MHz~1 GHz)와 대수주기(LP) 안테나 (1 GHz ~18 GHz)가 사용되었다. 측정장비는 표 2와 같다.

3-3 측정의 일반사항

표 2. 측정 장비 목록

	장비	모델
1	Spectrum Analyzer	HP8563E
2	Controller	NoteMaster 386S / 25
3	Active Dipole Antenna	HE 309
4	LP Antenna	HL 025
5	Power Supply	

3-3-1 안테나 설치

LP 안테나는 지향성 안테나이므로 최대 전계 강도가 검출되는 방향으로 고정시켜 수평 편파를 측정하였고, Active 디폴 안테나의 경우는 무지향성이므로 방향을 고려하지 않고 수직 편파를 측정하였으며, 사용된 안테나는 IEEE 표준에 의거 지상 10 m에 설치되었다.

3-3-2 주파수 분석기

Resolution Bandwidth와 Video Bandwidth는 모두 1 MHz BW를 사용하였으며, 검파 모드는 Normal Peak 모드를 사용하였다.

3-3-3 콘트롤러와 데이터

GP-IB 인터페이스를 사용하여 주파수 분석기를 제어, 측정을 자동으로 수행하였으며, 수집된 데이터의 양은 1년 동안 약 600 MB 정도이다.

3-4 측정 결과

그림 2, 3, 4는 30 MHz~1 GHz 주파수 대역에 대한 대전(봄, 충남대 부속병원)의 스펙트럼 분포를 보여주고 있으며, 오전과 오후의 스펙트럼은 유사하지만, 야간의 스펙트럼 분포와는 큰 차이가 있음이 관찰되었다. 이런 결과는 대부분의 다른 도시

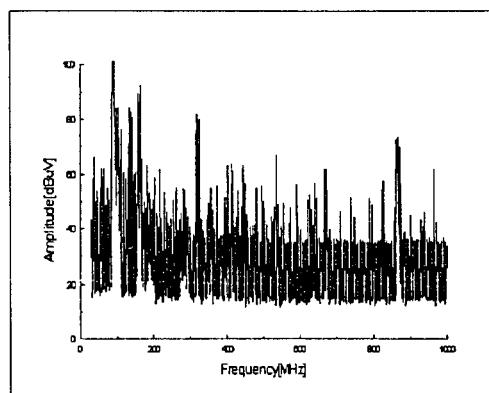


그림 2. 대전 (봄, 오전)의 주파수 스펙트럼.

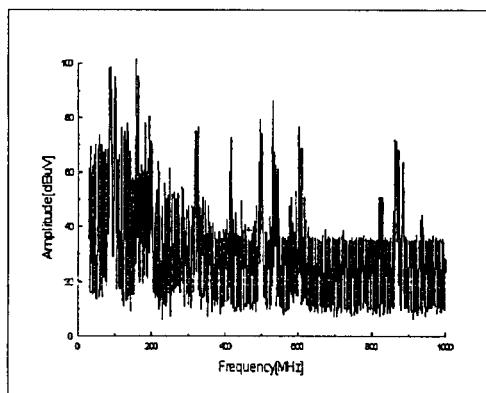


그림 5. 광주 (봄)의 주파수 스펙트럼.

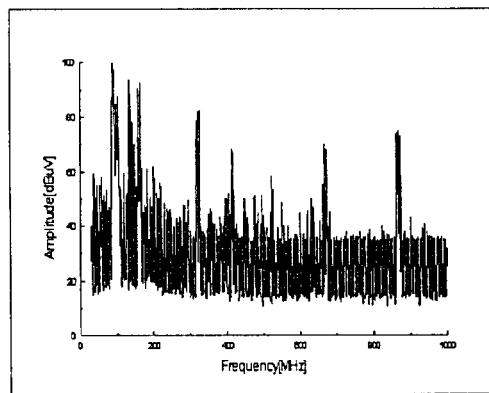


그림 3. 대전 (봄, 오후)의 주파수 스펙트럼.

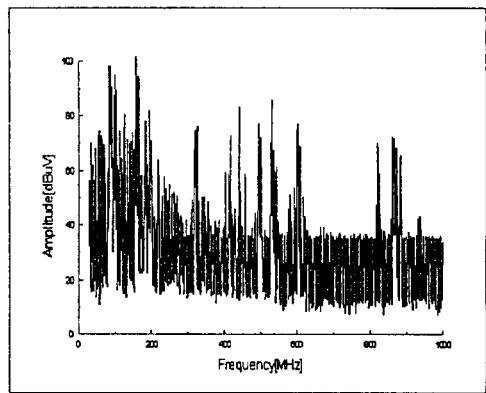


그림 6. 광주 (여름)의 주파수 스펙트럼.

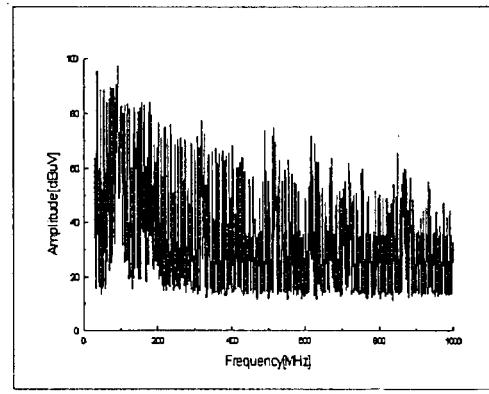


그림 4. 대전 (봄, 야간)의 주파수 스펙트럼.

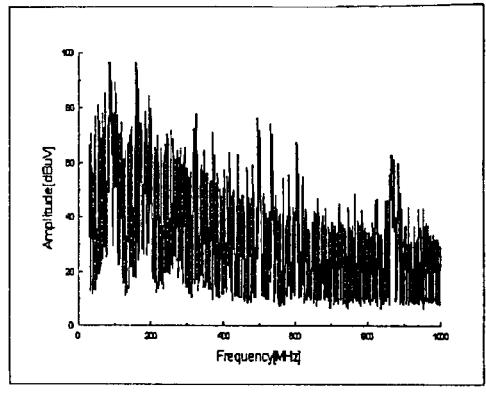


그림 7. 광주 (가을)의 주파수 스펙트럼.

에서도 비슷한 경향으로 나타났다. 이는 네온 사인 등 전기, 전자 기기의 사용 증가에 의한 영향으로

판단되었다^{[7][9][10]}.

그림 5에서 그림 8까지는 광주(야간, 공설 운동

장)의 계절별 주파수 스펙트럼을 나타낸 것이다. 봄, 여름, 겨울의 스펙트럼은 유사하였으나 가을의 스펙트럼과는 큰 차이가 있음이 관찰되었다. 일반적으로 이러한 경향은 몇 개의 지역을 제외하고는 같은 결과를 보였다. 특히, 그림 2~그림 8에서 보이는 잡음의 스펙트럼 분포는 주로 500 MHz 이하에 분포하고 있음이 관찰되었으며, 이는 인공잡음이 주로 500 MHz이하의 주파수 대역에 영향을 주고 있음을 의미하는 것이다^[6].

주파수 스펙트럼에 큰 차이를 볼 수 없었다. 예로 써 그림 9(a)는 안양(공설 운동장)에서, 그림 9(b)는 천안(단국대학교)의 1 GHz~18 GHz의 주파

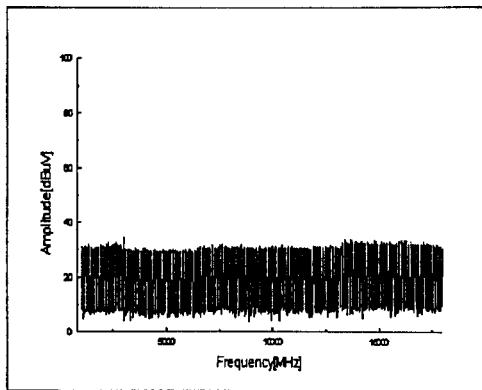


그림 9(b). 천안 (가을, 야간)의 주파수 스펙트럼.

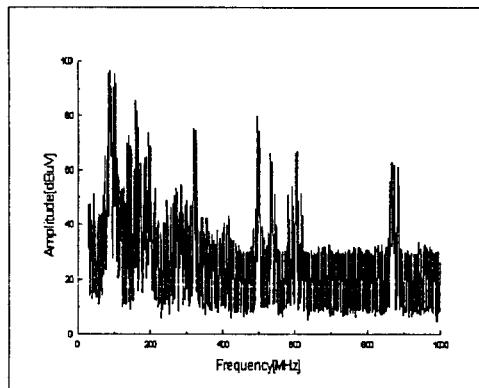


그림 8. 광주 (가을)의 주파수 스펙트럼.

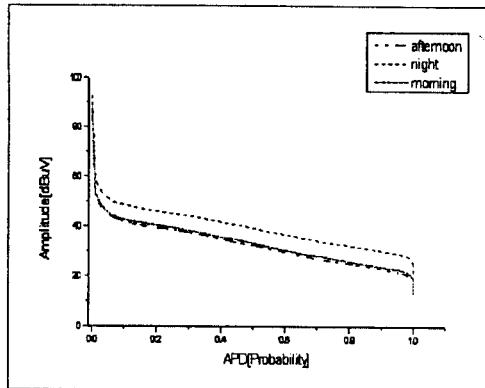


그림 10. 광주 (가을), 60 MHz에서의 APD 분석 곡선

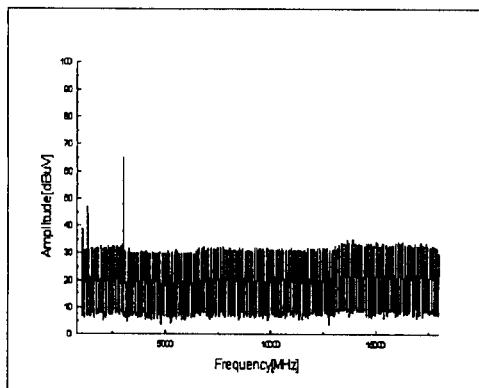


그림 9(a). 안양 (가을, 야간)의 주파수 스펙트럼.

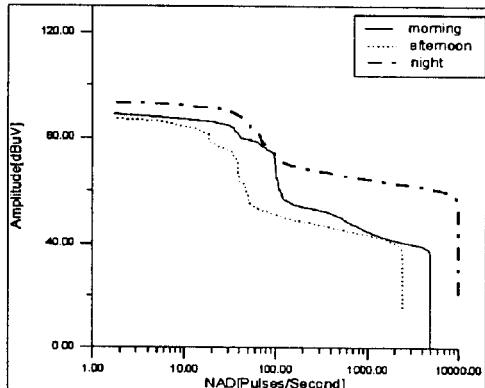


그림 11. 광주 (가을), 60 MHz에서의 NAD 분석 곡선.

수 대역에 대한 가을(야간)에 있어서의 스펙트럼을 보인 것이다. (a)와 (b)의 스펙트럼은 안양에서 신호로 간주되는 스펙트럼 성분이 검출된 것을 제외하고는 거의 같았다. 따라서, 1 GHz 이상에서는 뚜렷한 잡음 성분이 존재하지 않는다는 결론을 내릴 수 있었다. 그럼 10은 광주 가을의 시간별(오전, 오후, 야간) APD 분석곡선을 보인 것이며, 그림 11과 그림 12는 각각 NAD, ACR 분석 곡선을 보인 것으로 가로축은 Log scale로 나타낸 것이다. 앞서 언급한 바와 같이 야간의 스펙트럼 레벨이 오전과 오후에 비해 높게 나타나는 것을 확인할 수 있다.

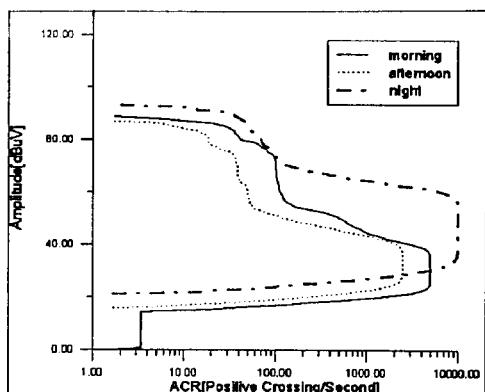


그림 12. 광주 (가을), 60 MHz에서의 ACR 분석 곡선.

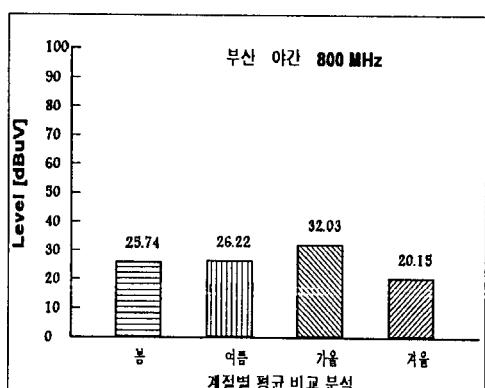


그림 13. 부산(계절별, 야간) 800 MHz의 평균비교.

IV. 결 론

본 연구를 통하여 하루중에는 야간에 주파수 스펙트럼의 레벨이 높고 넓게 분포되는 것을 확인하였다. 이러한 결과는 전기, 전자 기기의 사용 증가와 상업활동의 증가에 의한 것이라는 결론을 얻을 수 있다.^{[7][11][12]}

그 중에서도 특히 네온사인에 의한 영향이 큰 것으로 추측되는데, 네온사인의 스위칭 동작시 많은 양의 전자파 잡음이 넓은 대역에 걸쳐 방출됨을 측정을 통하여 확인한 바 있다. 또한, 일반적으로 그림 13에서 보는 바와 같이 가을의 스펙트럼 분포가 다른 계절에 비해 더 넓게 나타났다. 그림 13은 부산의 주파수 800 MHz에서 계절별 잡음레벨의 평균치를 나타낸 것이다. 이와 같은 계절에 따른 스펙트럼 분포의 차이의 원인에 대해서는 더욱 깊은 연구가 필요하리라 생각된다. 한편, 인공 잡음은 주로 500 ~ 600 MHz 이하의 주파수 대에 분포하고 있음을 발견하였으며, 1 GHz 이상에서는 거의 검출되지 않았다. 더 자세한 각 지역별, 계절별, 시간대별 측정 자료는 연구보고서[1]를 참조하기 바란다.

본 연구를 통해 우리나라의 주파수 스펙트럼의 개략적인 분포를 알 수 있게 되었으나, 비슷한 시간대에 여러 지역의 주파수 스펙트럼을 비교하기 위해 짧은 시간동안(하루에 약 1시간 10분 정도) 측정이 이루어질 수 밖에 없었다. 앞으로는 장시간의 측정을 통해 스펙트럼 분포의 변화에 대한 보다 신뢰성 있는 데이터와 분석 결과를 얻기 위하여 더 많은 자료 수집이 필요하리라 생각된다.

참 고 문 헌

- [1] 이중근, 도시권 전파환경 분포조사 및 분석연구(연구보고서), 전파연구소, 1995.
- [2] 신철재, 국내 전자파환경 실태조사(연구 보고서), 한국무선국관리사업단, 1993.
- [3] 전파연구소, 연구보고서, 1974, 1978, 1980, 1982.

- [4] 도시잡음의 경년변화에 관한 조사보고, 1970~1981 조사결과 정리, 일본.
- [5] J. W. Lynn, "Man-Made Electromagnetic Noise in South California and Southern Nevada," *IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility*, Vol 11. EMC-14, No. 3, August 1972.
- [6] John David Parsons, *The Mobile Radio Propagation Channel*, John-Wiley & Sons, 1992.
- [7] N. H. Shepherd, "Impulsive noise measurements (man-made and atmospheric)", Working group 1, International Electrotechnical Commission.
- [8] Edward N. Schmal & A. Smith, *Measuring the Radio Frequency Environment*, 1st Ed., Van Nostrand Reinhold Company Inc., 1985.
- [9] John R. Herman, *Electromagnetic Ambients and Man-Made noise*, 1st Ed., Don White Consultant, Inc. , 1979.
- [10] S. W. Smith & David G. Brown, "Non-ionizing Radiation Levels in the Washington, D. C., Area", *IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility*. Vol. EMC-15, No 1, February 1973.
- [11] "Man-made radio noise", CCIR Report 25 8-3(1974)
- [12] E. N. Skomal, *Man-made noise*, Van Nostrand-Reinhold, New York(1978)

이 중근



1945년 4월 21일생
1967년 : 서울대학교 전기공학과 졸업
1973년 : 미국 플로리다 주립대학(석사)
1979년 : 미국 플로리다 주립대학(박사)

1979~1988년 : 국방과학연구소 책임연구원
1988년 ~ 현재 : 한양대학교 전자공학과 교수
1989년~1991년 : 한국전자파기술학회 회장