

주파수 점유율 측정 기능의 구현

Realization of Frequency Occupancy Measurement Function

김경석 · 손수호 · 강홍용 · 임성준

Kyung-Seok Kim · Soo-Ho Sohn · Heung-Yong Kang · Sung-Joon Im

요 약

주파수 점유율 데이터는 개별 주파수 채널의 실제 이용율에 대한 정보를 제공할 수 있다. 또한 스펙트럼의 예비 용량이 추정될 수 있도록 이들 주파수 대역들의 평균 이용율에 대한 정보를 제공한다. 그러한 추정치는 추가 배분 계획 및 스펙트럼 사용에 대한 새로운 기술의 영향을 평가하는 방법으로 사용될 수 있다. 본 논문에서는 국내에서 개발한 주파수 점유율 측정 시스템과 측정 방법을 제시한다. 그리고, 수도권 5개 지역의 전파감시 결과 데이터를 이용하여 주파수의 점유율을 시간대 및 지역별로 제시한다.

Abstract

Frequency occupancy data can provide information on both the actual ratio of usage of individual frequency channels and the average ratio of usage of these frequency bands so that the reserved capacity of the spectrum can be estimated. Such an estimate can be used for the planning of additional spectrum allocations and as a means of assessing the impact of new technologies on spectrum usage. In this paper, we introduce about the frequency occupancy measurement system that is developed in Korea. And, we introduce Frequency Occupancy Ratio with a time period and with a area zone by using radio monitoring measurement datas.

I. 서 론

무선통신과 관련된 서비스의 확대는 보다 다양한 주파수의 사용을 필요로 하고 있으나 사용 가능한 주파수 자원은 한정되어 있으므로 주파수 자원의 효율적인 사용이 강조되고 있다. 한정된 주파수 자원의 효율적인 사용을 위한 방법의 하나로서 전파 이용 질서의 확립을 통한 무선통신의 가용성을 높이는 방법이 있으며, 이는 주로 전파감시에 의해 이

루어지고 있다.

국내의 전파감시 시스템은 총괄국, 중심국, 단말국 및 무인국 단위로 구성되어 있다[1]. 전파감시를 수행하는 장비들은 대부분 무인국에 설치되어 있고 중심국과 단말국에서는 무인국에 설치되어 있는 장비들을 원격제어함으로써 전파감시 업무를 수행하는 형태로 되어 있다. 총괄국과 중심국에는 별도로 주전산기를 설치하여 업무 수행후 발생하는 결과 데이터를 통계 처리하기 위해 Data Base가 구축되어 있으며 또한 국소간의 데이터 통신을 원

활히 할 수 있는 기능도 포함되어 있다.

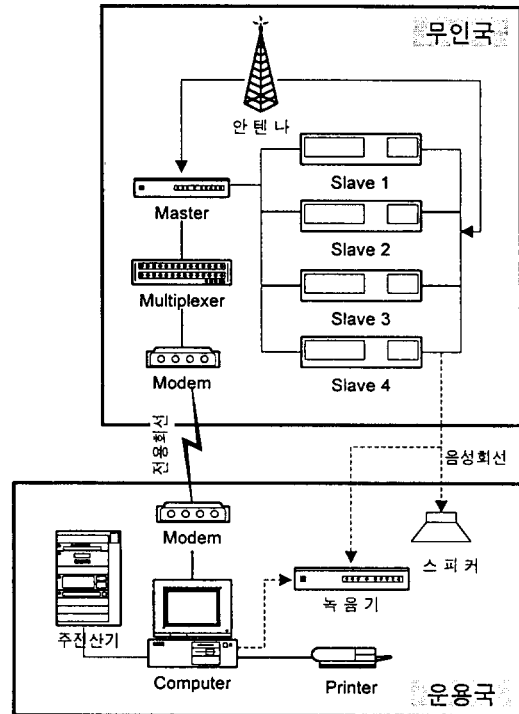
전파감시 업무중에서 주파수 관리 측면을 고려한 전파 사용량의 빈도를 조사하는 방법이 있다[10]. 이 기능은 수신 장비가 허가된 주파수의 사용 여부를 계속해서 조사하여 주파수들에 관한 사용 빈도를 조사하는 방법이다. 이때 얻어진 주파수 점유율 데이터는 개별 주파수 채널의 실제 이용 수준에 대한 정보를 제공할 수 있으며, 따라서 추가 무선국들을 기존 시스템 또는 업무의 수용 범위에 적합한 최대 채널 부하까지 추가된 새로운 시스템을 위하여 인가될 수 있다. 게다가 이것은 스펙트럼의 예비 용량이 추정될 수 있도록 이들 주파수 대역들의 평균 이용 level에 대한 정보를 제공할 수 있다. 그러한 추정치는 추가 배분 계획 및 스펙트럼 사용에 대한 새로운 기술의 영향을 평가하는 방법으로 사용될 수 있다[2].

주파수 점유 시스템은 3개의 필수 부분으로 이루어진다. 첫번째는 개별 주파수 채널상에서 신호의 level에 대한 통계적 기초 데이터를 수집하는데 필요한 감시 장치이고, 두번째는 감시 데이터로부터 통계적으로 의미 있는 점유 데이터를 추출하는데 필요한 S/W이며, 마지막으로 주파수 할당 과정에서 스펙트럼 점유 데이터를 이용해서 스펙트럼 이용의 level에 대한 전세계적인 추세의 데이터를 제공하는데 필요한 S/W 이다.

본 논문의 2장에서는 현재 설치되어 있는 중심국 및 무인국의 전파감시 시스템 구성도에 대하여 소개하였으며, 3장에서는 채널 점유의 정의 및 실제 운용하고 있는 주파수 점유율 측정을 수학적으로 분석하였고, 4장에서는 현재 사용하고 있는 주파수 점유율 측정 업무에 대한 분석을 하였다. 마지막으로 제 5장에서 수도권 5개 지역의 측정 데이터들을 분석하여 주파수 이용률을 제시하였다.

II. 전파 운용 감시 시스템 구성도

[그림 1]은 종합 전파감시망의 무인국 및 운용국 관련 시스템 구성도 이다. 광대역 수신 장비들은



[그림 1] 무인국 및 유인국의 시스템 구성도

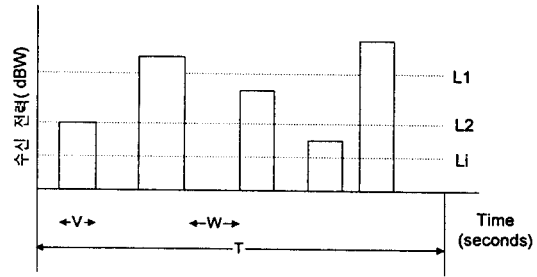
[Fig. 1] Diagram of radio monitoring system of manned station and unmanned station.

VHF 및 UHF 대역의 전파 감청을 수행하는 고성능 수신 장비이다. 이 수신 장비들은 1대의 Master 장비와 4대의 Slave장비로 구성되어 있는데 자체 스캔 기능과 외부의 명령 데이터의 해석 기능만 Master 장비에 추가로 되어 있고 나머지 기능들은 Master 장비나 Slave 장비가 거의 똑같다[3]. 이 수신 장비들은 Multiplexer 장비의 한 포트에 연결되어 운용 컴퓨터에서 전송된 명령 데이터를 받아 장비들을 수행시키는데 Slave장비들을 제어할 때도 Master장비를 통해 동작시킨다. Master 장비는 500개의 채널 저장 능력이 있어 저장된 채널 내용들을 이용해서 고속 스캔을 수행하는게 주요 임무이며 채널 내용은 주파수, 전파형식, IF 대역폭, 주파수 Hold 시간, 임계값(threshold)으로 되어

있다. 또한 Master장비에서 탐지된 주파수를 운용 컴퓨터로 전송하는데 이 주파수를 다시 자동으로 Slave 수신 장비에 세트하여 운용자가 그 주파수의 음성 정보를 듣고 전파 위구 내용을 판단할 수 있도록 하였다. 즉 Master장비는 주파수 점유율 측정 기능을 수행하기 위해 스캔 기능을 계속 수행하고 각 Slave장비는 전파감시를 위해 감청 전용으로 사용되도록 시스템을 구성하였다. 또한 좀더 효율적으로 전파감시 업무를 수행하기 위해 전파 사용자에 관한 내용이 더 필요할 때는 주전산기의 Data Base에 정보 요청을 의뢰해서 해당 정보들을 받을 수 있게 되어 있다. 녹음기들은 Master /Slave 장비에서 주파수가 탐지될 때마다 음성 회선을 통해 음성이 자동적으로 녹음이 되고 주파수와 관련 정보들은 운용 컴퓨터에서 전송하여 데이터 녹음이 되도록 하였다. 운용 컴퓨터는 장비들의 제어외에도 주파수 점유율 관련 데이터를 일정한 형태에 맞게 정리하여 최종 통계를 위해 주전산기로 전송한다. 주전산기는 전파감시 관련 모든 데이터 및 장비 측정 데이터들이 저장되어 있어 운용자가 필요한 정보를 수시로 검색할 수 있도록 하였으며 또한 측정 데이터를 활용한 통계 자료를 출력할 수 있도록 하였다[1].

III. 채널 점유의 정의 및 추정

우리는 채널 점유 상태를 2개의 랜덤 과정으로 정의한다. 첫번째로 “점유(occupied) 상태”는 수신 장비가 측정 또는 관찰(observation) 시간 동안에 수신된 신호 강도(strength)가 수신 장비에 셋트된 임계값(threshold) 또는 level 값 이상 있을 때로 정의한다. 두번째로 “빈(empty) 상태”는 수신된 신호 강도가 임계값 이하에 있을 때로 정의한다. 각 채널의 점유 상태는 랜덤하기 때문에 총 측정 시간 동안 각 채널 상태를 예측할 수 없어서 보통 채널 상태를 확률 법칙을 이용하여 분석한다.



[그림 2] 한 채널상에서의 수신전력
[Fig. 2] Received power on a channel.

[그림 2]에서 랜덤 변수 V 는 신호 전송 시간이며, 신호마다 시간 길이가 틀려 여기서는 수신 장비가 탐지할 수 있을 정도로 짧은 시간으로 가정하자. 랜덤 변수 W 는 신호 전송 사이의 시간 즉 빈 채널의 시간이다. L_i 은 수신 장비의 임계값 즉 채널 점유 상태를 판단하는 기준값이다. T 는 수신 장비가 한번 Scan한 주기 시간이고, L_1 과 L_2 는 어느 신호의 전력 level 이다.

만약 수신 장비가 각 주파수(채널)를 스캔한다고 가정하다면 어느 시간에 수신 장비가 탐지한 신호의 level이 L_i 이상이면 $X(t)=1$ 이고, level L_i 이하이면 $X(t)=0$ 이다. 따라서 $X(t)$ 과정은 “상태(state)”가 0과 1로 되어 V 와 W 는 각각 연속적으로 상태가 1과 0인 시간이 된다.

그러므로 $X(t)$ 과정은 0 또는 1의 연속 측정값을 가지는 이산적인(discrete) 형태로 나타난다.

여기서 우리는 V 와 W 는 각각 독립 랜덤 변수이고, $V+W$ 는 연속 분포라고 하면 일정한 주기의 전체 채널 평균 점유율은 다음과 같이 나타난다[4].

$$\lim_{T \rightarrow \infty} P[X(t)=1] = \frac{E[V]}{E[V]+E[W]} \quad (1)$$

$$\lim_{T \rightarrow \infty} P[X(t)=0] = \frac{E[W]}{E[V]+E[W]} \quad (2)$$

$E[V]$ 와 $E[W]$ 은 V 와 W 의 평균값이다.

또한 수신 장비로 여러 채널을 반복해서 스캔할 때 동일한 한 채널의 점유 상태는 Bernoulli 시도에서의 성공(success) 확률의 추정(estimation) 관계로 볼 수 있다. 그러므로 수신 장비가 M 번 스캔(scan)할 때 동일한 신호를 적어도 N 번 탐지할 확률은 다음과 같다.

$$P_M(N) = \binom{M}{N} \rho^N (1-\rho)^{M-N} \quad (3)$$

여기서 $\rho = P[X(t)=1]$ 이다.

$P_M(N)$ 은 [그림 3]에서 보는 것같이 정규 분포 형태를 나타낸다[5].

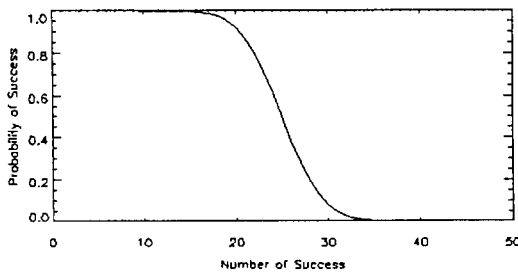
그리고 여러 채널을 한 주기로 M 번 스캔할 때 수신 장비에서 최소한 한번 level값 이상에서 탐지될 확률 즉 신뢰도 C 는 다음 식에서 구할 수 있다.

$$C = 1 - (1-\rho)^M \quad (4)$$

위 식에서 한 채널에 대해 필요한 신뢰도를 얻는데 필요한 스캔 횟수 M 은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} (1-C) &= (1-\rho)^M \\ \log(1-C) &= \log(1-\rho)^M \\ M &= \frac{\log[1-C]}{\log[1-\rho]} \end{aligned} \quad (5)$$

다음은 실제 국내에서 개발하여 사용하는 주파수 점유율 측정 기능을 임의로 분석한 내용이다.



[그림 3] $P_M(N)$ 의 정규 분포 형태

[Fig. 3] Normal distribution form of $P_M(N)$.

수신 장비에 $f_1, f_2, f_3, \dots, f_N$ 의 N 개의 주파수를 메모리에 입력한 후 스캔을 수행시킨다. 그리고 한 주기 스캔을 수행시킬 때 탐지되는 주파수가 신호 level L_i 이상 되는 주파수의 개수를 k 개라 하고, 이때 수신 장비가 탐지하는 주파수마다 각각 머무는 시간을 t_{ON} 라 하여 동일한 시간을 설정한다. 또한 한 주기 스캔 수행시 탐지되는 주파수가 신호 level L_i 이하 되는 주파수의 개수가 $N-k$ 개가 되고, 이때 수신 장비가 탐지하는 주파수마다 각각 머무는 시간을 t_{OFF} 라 하여 동일한 시간을 설정한다. 물론 $t_{ON} \gg t_{OFF}$ 가 된다.

수신 장비가 N 개의 주파수를 한 주기 스캔하는데 걸리는 시간 T 는 다음과 같다.

$$T = kt_{ON} + (N-k)t_{OFF} \quad (6)$$

물론 이때 수신 장비의 한 주기 스캔 시간은 매우 짧아야 하는데 이것은 수신 장비의 주파수 tuning speed, t_{ON} , t_{OFF} 및 주파수를 메모리한 개수에 의존한다. 또한 각 주기마다 k 값이 랜덤하기 때문에 T 의 값도 랜덤하다. 실제로 한 주기 동안에 신호 세기가 Level L_i 이상에서 탐지된 각 주파수의 사용 시간을 알 수가 없어 계산상의 편리성을 생각하여 탐지된 각 주파수의 사용 시간을 동일하게 T 로 적용하였으며, 이 시간은 매우 짧으면 짧을수록 수신 장비가 여러번 스캔하여 각 주파수들을 검사할 수 있기 때문에 실제 주파수의 사용 시간과 수신 장비에 의해 측정되어 나온 주파수의 이용 시간 사이에 발생하는 에러를 줄일 수 있다.

한 주기 동안에 신호 세기가 Level L_i 이상에서 탐지된 각 주파수의 사용 시간은 다음과 같다.

$$T(f_i) = x(f_i)T \quad i=1, 2, \dots, N \quad (7)$$

$x(f_i)$ 은 주파수 f_i 를 사용하는 무선국들이 송신 전력 Level L_i 이상으로 전파를 사용하고 있으면 1, 아니면 0의 값을 가지는 변수이다.

T 는 각 주기마다 다르므로 수신 장비가 스캔을

M번 수행했을 때 주파수 f_i 의 총 점유 시간은 다음과 같다.

$$\Psi(f_i) = \sum_{k=1}^M x_k(f_i) T_k \quad i=1, 2, \dots, N \quad (8)$$

$x_k(f_i)$ 은 k 주기에 주파수 f_i 를 사용하는 무선국들이 송신 전력 Level L_i 이상으로 전파를 사용하고 있으면 1, 아니면 0의 값을 가지는 변수이다.

수신 장비가 스캔을 M번 수행했을 때 수신 장비의 총 스캔 시간을 T_{total} 이라 하면 주파수 f_i 의 점유율은 다음과 같다.

$$T_{total} = \sum_{j=1}^M T_j \quad (9)$$

$$f_i(\text{점유율}) = \frac{\Psi(f_i)}{T_{total}} \times 100\%, \quad i=1, 2, 3, \dots, N \quad (10)$$

IV. 주파수 점유율 측정 방법 흐름도

실제 사용하고 있는 전파감시 운용 S/W의 주파수 점유율 측정 방법에 대한 흐름도의 내용을 살펴보면 [그림 4]와 같다.

(1) 운용자는 전파감시 대상 주파수 대역을 설정하고 주전산기로부터 설정된 주파수 대역에 있는 허가된 주파수들을 전송 받아 임의의 파일에 저장한다. 다음 운용자는 주파수 점유율 측정에 필요한 주파수들을 선별하여 저장한다. 또한 Master 장비에 공통으로 적용되는 환경 내용을 입력한다.

(환경 내용 : 임계값, IF 대역폭, 전파 형식, Hold.time(ON.hit.hold.time) 등등)

(2) 입력된 모든 데이터를 Master 장비에 전송한다. 그리고 스캔을 수행시킨다.

(3) Master 장비에서는 스캔을 수행하면서 level값 이상으로 탐지된 주파수들과 한 주기를 판단할 수 있는 문자("ST")를 운용컴퓨터에 전송한다. 운용 컴퓨터에서는 내부적으로 수신된 주파수

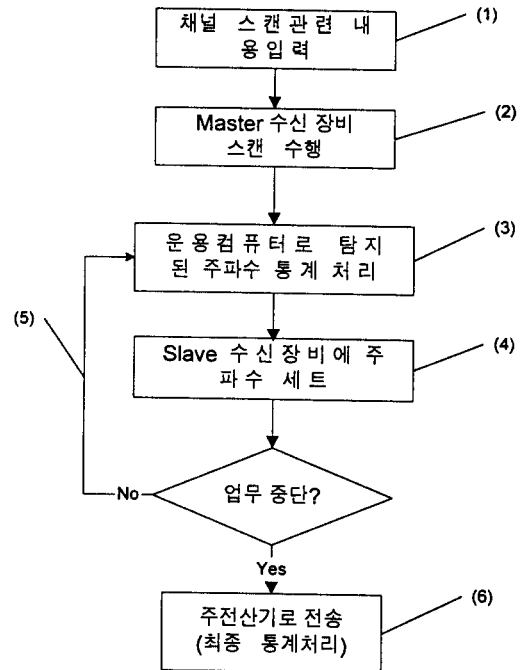
들과 "ST"을 이용하여 산출된 주기 시간을 사용하여 주파수 점유율 통계 작업을 수행한다. 또한 수신된 주파수들을 각 Slave 장비에 전송한다.

(4) 운용자는 Slave 장비에 세트된 주파수의 무선국의 음성을 들으면서 전파 감시를 수행한다. 감시하고 있는 무선국의 허가 정보를 알고자 할 때는 주전산기에 요청하여 필요한 정보를 볼 수 있도록 하였다.

(5) 운용자가 Master 장비의 스캔을 중단할 때까지 (3), (4)의 업무는 자동으로 계속 수행된다.

(6) 운용 컴퓨터에서 통계 정리된 데이터를 어느 시점에 주전산기로 전송한다. 주전산기에서는 저장된 데이터를 이용하여 여러가지 통계를 수행하여 출력한다.

V. 측정 결과 분석



[그림 4] 주파수 점유율 측정 방법 흐름도
[Fig. 4] Flowchart of Frequency Occupancy measurement method.

〈표 1〉 측정 시스템 제원

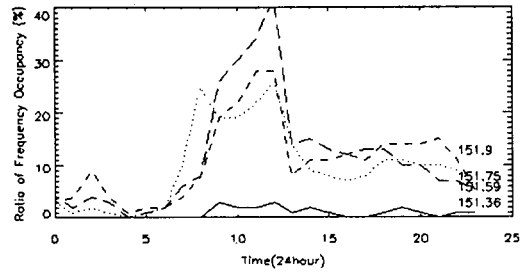
종 류	내 용	
안테나	Discone 무지향성 안테나 2개 (20-500MHz, 500-1,000MHz)	
수신 장비	IF 대역폭	15KHz
	전파 형식	FM
	Squelch 값	12~17(0~99에서)
	ON.hit.hold.time	100msec
	Pre.hit.time	10msec
	Frequency Memory Number	200개 정도 -간이 주파수 대역 144MHz, 222MHz, 444MHz -육상 이동국 대역 39MHz, 151MHz 대역 -고정국 및 아마추어 대역 등등 144-146MHz, 432MHz

주파수 점유율 측정 시스템의 제원을 〈표 1〉에 정리하였다.

여기에서 Pre.hit.time은 t_{OFF} 이고, ON.hit.hold.time은 t_{ON} 이다.

본 분석을 위한 측정 데이터는 1994년 이후부터 수도권 지역의 전파감시 업무를 수행한 후 얻은 데이터이다. 특히 수도권 전파감시 지역에서도 무인국이 설치되어 있는 망경대(과천, 성남 및 안양지역), 수원, 이천, 인천, 의정부 지역을 대상으로 비교 검토하였다. 이외의 수도권 지역은 무인국이 설치되어 있지 않아 이동감시 차량으로 1년에 몇 회 정도 전파감시 업무를 수행하므로 측정 데이터가 빈약하여 여기에서는 비교 대상에서 누락시켰다.

실제 운용자들은 주파수 점유율 측정을 위해 사용량이 많은 주파수 대역들을 선별하는데 용도별로 간이 무선국, 육상 이동국, 고정국(기지국), 아마추어 무선국 주파수들을 집중 감시하게 된다. 무선국의 송신 출력이 간이 무선국은 3W 및 5W 정도이고, 육상 이동국은 10W이내, 아마추어 무선국은 50W이내 정도 된다.

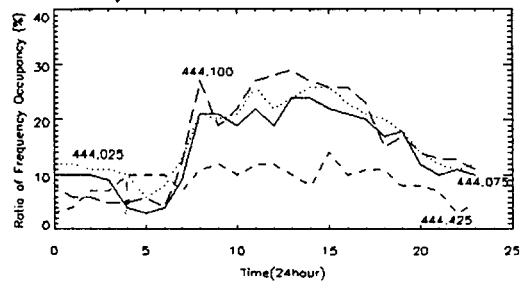


〔그림 5〕 과천, 성남 및 안양 지역의 간이 주파수들의 점유율(1995. 1~1995. 12)

〔Fig. 5〕 Occupancy of simplicity Frequencies at Gwachon, Songnam, Anyang regions (1995. 1~1995. 12).

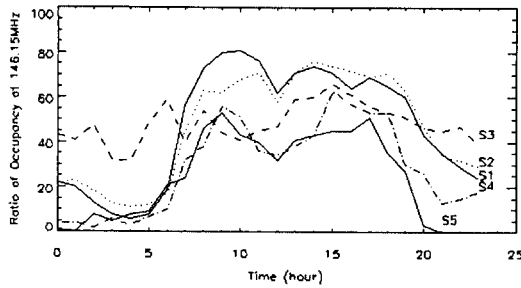
〔그림 5〕는 망경대 지역에서 사용하는 150MHz 대역의 간이 주파수들의 24시간 주파수 점유율을 표시하였다. 세로축은 장비가 측정을 시작한 후 주파수의 점유율이고, 가로축은 24시간을 시간별로 표시한 것이다. 〔그림 5〕에서 전체적으로 각 주파수들의 점유율이 시간별로 비슷하다는 것과 낮 시간에 주파수들의 사용량이 많다는 것을 알 수 있다. 특히 151.36MHz의 사용 빈도가 거의 없어 사용 용도의 재조정이 필요하다는 것을 알 수 있다.

〔그림 6〕은 수원 지역에서 사용하는 444MHz 대역의 간이 주파수들의 점유율을 표시하였는데 망경대



〔그림 6〕 수원 지역의 간이 주파수들의 점유율(1995. 1~1995. 12)

〔Fig. 6〕 Occupancy of simplicity Frequencies at Suwon region (1995. 1~1995. 12).



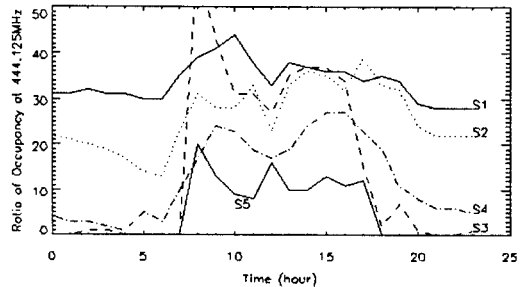
(S1은 망경대, S2는 수원, S3는 이천, S4는 인천, S5는 의정부 지역)

[그림 7] 수도권 지역에서 146.15MHz의 주파수 점유율(1995. 1~1995. 12)

[Fig. 7] Frequency Occupancy of 146.15MHz in Seoul regions (1995. 1~1995. 12).

지역에서의 내용과 비슷하다는 것을 알 수 있고 특히 444.425MHz의 점유율도 다른 주파수에 비해 적은 것으로 나타났다.

[그림 7]은 수도권 5개 지역에서의 146.15MHz에 대한 사용 빈도를 나타내었다. 지역마다 약간씩은 차이가 있지만 대략 평균적으로 30~40% 정도의 주파수 점유율을 나타낸다. 특히 인천 지역의 오전과 오후 사용률이 다른 지역에 비해 높음을 알 수 있다.

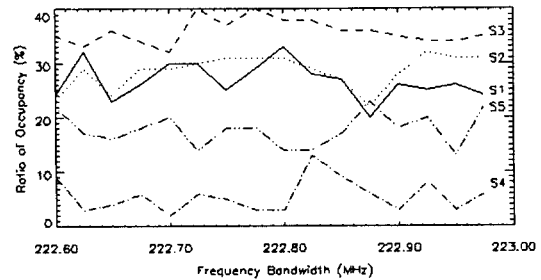


(S1은 망경대, S2는 수원, S3는 이천, S4는 인천, S5는 의정부 지역)

[그림 8] 수도권 지역에서 444.125MHz의 주파수 점유율(1995. 1~1995. 12)

[Fig. 8] Frequency Occupancy of 444.125MHz in Seoul regions (1995. 1~1995. 12).

[그림 8]은 수도권 5개 지역에서의 444.125MHz에 대한 사용 빈도를 나타내었다. 여기에서는 점유율이 각 지역마다 상당히 다르게 나타나는데 망경대 지역은 무인국의 감시 지역이 굉장히 넓어서 이 주파수를 사용하는 무선국 사용자들이 많아 사용 빈도가 상대적으로 많이 나온다는 것을, 의정부 지역은 다른 지역에 비해 이 주파수를 사용하는 무선국 수가 적어 전체 점유율이 적다는 것을 알 수 있다.



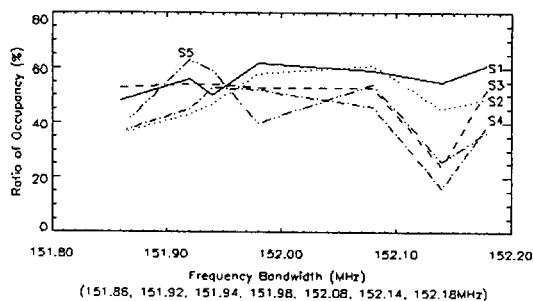
(S1은 망경대, S2는 수원, S3는 이천, S4는 인천, S5는 의정부 지역)

[그림 9] 수도권 지역에서의 222.6~223MHz의 주파수 점유율(1995. 1~1995. 12)

[Fig. 9] Frequency Occupancy of 22.6~223MHz in Seoul regions (1995. 1~1995. 12).

[그림 9]은 222.6~223MHz사이의 수도권 5개 지역에서의 간이 무선국 주파수들의 사용량을 나타내었다. 이 대역에서의 평균 점유율이 지역마다 상당히 다르다는 것을 알 수 있다. 특히 이 주파수 대역에서의 이천 지역의 사용률이 인천 지역에 비해 3~4배 정도 높다는 것을 알 수 있다. 이 주파수 대역에서의 인천 지역의 점유율이 적어 주파수의 원활한 재배치를 위해 집중 감시를 할 필요성이 있다는 것을 알 수 있다.

[그림 10]은 151.8~152.2MHz사이의 수도권 5개 지역에서의 육상 이동국의 주파수들의 점유율을 나타내었다. 모든 지역에서의 주파수 점유율이 비슷한데 전체적으로 많이 사용하는 것으로 나타났



(S1는 망경대, S2는 수원, S3는 이천, S4는 인천, S5는 의정부 지역)

[그림 10] 수도권 지역에서의 151.8~152.2MHz의 주파수 점유율(1995. 1~1995. 12)

[Fig. 10] Frequency Occupancy of 151.8~152.2 MHz in Seoul regions(1995. 1~1995. 12).

다. 그 이유는 이 주파수 대역에서의 허가 주파수의 개수가 적어 주파수 사용 빈도가 높기 때문이다.

VI. 결 론

전파감시의 일부인 주파수 점유율 측정 방법을 위하여 시스템을 구성하여 설치하였고, 시스템의 운용 방법을 서술하였으며, 주파수 점유율 측정 모델을 제시하여 수학적으로 분석하였다. 또한 실제 환경에서 측정한 수도권 5개 지역의 데이터를 이용하여 시간대별 및 주파수별로 비교 검토하였다.

이때 설치된 시스템을 보면 주파수 점유율 측정 관련 데이터를 각 지역마다 원격 운용되는 컴퓨터에서 통계의 신속성과 능률성을 위해 1차적으로 정리하였으며, 정리된 데이터를 하루에 한번씩 주전산기에 보내어 최종 전체 통계를 하도록 하였다.

분석 결과 수도권 5개 지역의 무선국들이 주로 한낮에 주로 많이 사용하는 것으로 나타났고, 지역마다 주파수 대역별로 주파수 점유율이 상당히 다르게 나타나는 것을 알 수 있었다. 그 이유는 감시 지역이 넓은 지역(망경대) 즉 무선국이 많은 지역이 상대적으로 다른 지역(의정부)에 비해 주파수

점유율이 높게 나타났기 때문이다. 또한 간이 주파수들보다 육상 이동국 주파수들의 점유율이 높게 나타났는데 그 이유는 사용하는 허가 주파수들이 적어서 나타나는 현상 때문이다.

향후에는 이 주파수 점유율 모델로 전국 단위의 주파수 점유율 조사가 이루어져야 하고, 또한 주파수 점유율 자료의 정확성을 향상시키기 위해 수신 장비에서의 빠른 신호 분석을 위한 연구가 이루어져야 한다.

참 고 문 헌

- [1] 강홍용, "종합 전파감시망의 개발", 한국전자과학회 종합학술발표회, pp. 275-282, 1995년 11월.
- [2] ITU, CCIR 보고서, "스펙트럼 이용 및 감시", 1990.
- [3] 한진전자, "VHF/UHF 광대역 수신기 메뉴얼", 1991.
- [4] A. D. Spaulding and George H. Hagn, "On the Definition and Estimation of Spectrum Occupancy", *IEEE Trans. Electromagn. Compat.*, vol. EMC-19, pp. 269-280, Aug. 1977.
- [5] Papoulis, "Probability, Random Variables, and Stochastic Process", McGraw-Hill, 1984.
- [6] 강창언, 디지털 통신 시스템, 청문각, 1992.
- [7] Haykin, "Digital Communication", 1988.
- [8] ITU, CCIR 권고, "스펙트럼 이용 및 감시 제 1권", 1990.
- [9] Burke, M. J. and Coyne, T. N. R., "Monitoring land mobile radio usage", *IEE International Conference on Radio Spectrum Conservation*, London, UK, July. 1980.
- [10] Bray, L., "VHF/UHF spectrum occupancy system-interface description", *Report RFM 21/83, Department of Communi-*

cations(DOC), Belconnen ACT 2616, Australia.

- [11] H. Baher, "Analog & Digital Signal Processing", 1990.
- [12] De Couvreur, G., Drouin, M., Mccaugh-

hern, R. W. and Ahmed, S. N., "Acquisition and utilization of channel occupancy data in the shared frequency assignment process", *Electromagnetic Compatibility Symposium*, Zurich, March, 1981.

김 경 석



1987년 2 한국항공대학교 전자공학과 졸업(공학사)
1989년 2월 한국항공대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
1989년 1월~현재 한국전자통신연구소 선임연구원

손수호, 강홍용, 임성준
한국전자통신연구소 재직