간섭을 고려한 무선 LAN 주파수 소요량 예측

Spectrum Requirements Prediction for WLAN Considering Frequency Interference

장 병 준 · 박 덕 규* · 윤 현 구**

Byung-Jun Jang · Duk-Kyu Park* · Hyungoo Yoon**

요 약

최근 스마트폰의 등장에 따른 무선 트래픽 증가에 효율적으로 대처하기 위해서는 능동적인 주파수 정책이 필요하다. 이에 이동통신 주파수 소요량 예측과 함께 미래에 요구되는 무선 LAN 주파수 소요량을 예측할 필요가 있다. 미래에 요구되는 무선 LAN의 주파수 소요량은 미래의 무선 LAN 트래픽을 예측하고, 이를 무선 LAN의 시스템 효율로 나눔으로써 계산된다. 본 논문에서는 기존에 전통적인 무선 LAN 트래픽 예측법과 함께 이동통신으로부터 offloading하는 스마트폰 트래픽을 고려한 새로운 무선 LAN 트래픽 예측법을 제안하였다. 또한, AP의 증가에 따른 주파수 간섭 효과를 통계적으로 모델링하여 무선 LAN의 시스템 효율 계산 시 적용함으로써 실제 환경에 근접한 무선 LAN 주파수 소요량을 예측할 수 있도록 하였다. 예측된 주파수 소요량을 바탕으로 미래의 무선 LAN 활성화에 대비하여 AP간 간섭을 최소화할 수 있는 정책 방향을 제안하였다.

Abstract

Owing to the proliferation of smart phone users, a proactive spectrum policy is needed in order to deal with increasing data traffic. Therefore, the prediction of frequency requirements for future wireless local area network (WLAN) as well as a licensed cellular communication is necessary. In this paper, we proposed a new prediction method for WLAN spectrum requirements. This method includes both a traditional prediction method and an offloading percentage from cellular network. Also, it can consider a frequency interference between access points using a statistical approach. Based on these approaches, we can predict the spectrum requirements of future domestic WLAN services considering the frequency interference. Finally, we suggest the spectrum policy for WLAN which can prevent spectrum shortage of future WLAN services.

Key words : Spectrum Requirement, WLAN, Frequency Interference, Access Point, Prediction

I. 서 론

최근 들어 스마트폰 사용자의 급증 및 무선 AP

(Access Point)의 설치 확대에 따라 무선 LAN 사용자가 폭발적으로 증가하고 있다. 과거 무선 LAN 사용자는 노트북 컴퓨터를 이용하여 집, 학교, 사무실 등

「이 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학IT연구센터 육성지원 사업(NIPA-2012-C1090-1221-0005) 및 방송통신위원회 방송통신인프라원천기술개발사업(KCA-2012-12-911-01-111)의 연구결과로 수행되었음.」

국민대학교 전자공학과(Department of Electrical Engineering, Kookmin University)

*목원대학교 정보통신공학과(Department of Information Communication Engineering, Mokwon University)

**명지전문대학 컴퓨터전자과(Department of Computer and Electronic Engineering, Myongji College)

· Manuscript received May 31, 2012 ; Revised July 30, 2012 ; Accepted August 1, 2012. (ID No. 20120531-04S)

· Corresponding Author : Hyungoo Yoon (e-mail : hgyoon@mjc.ac.kr)

에 설치된 무선 AP에 접속하여 사용하는 경우가 대부분이었다. 하지만 최근에는 스마트폰을 이용하여 무선 LAN에 접속하는 경우가 급속히 증가하고 있다. 이에 따라 도심에서는 사용자 및 트래픽 급증으로 무선 LAN의 속도 저하 및 간섭에 대한 우려가 증가하고 있어, 무선 LAN을 위한 신규 주파수 확대 등이 요구되고 있다^[1].

하지만, 이동통신과 마찬가지로 무선 LAN의 주파수 확대를 위해서는 무선 LAN에 대한 주파수 소요량 예측이 선행되어야 한다. 현재까지 발표된 무선 LAN의 주파수 소요량 예측 방법을 살펴보면 다음과 같다. 먼저, ITU-R에서는 이동통신망 및 무선 LAN 주파수 소요량을 예측하는 방법론을 표준화하였다^{[2],[3]}. 이를 바탕으로 참고문헌 [4]에서는 유럽의 5 GHz 대역의 HIPERLAN에 대하여 무선 LAN 주파수 소요량을 산출하였고, 참고문헌 [5]에서는 국내 무선 LAN 주파수 소요량을 산출하였다. 이러한 결과는 기존의 노트북 컴퓨터를 이용한 무선 LAN 트래픽을 서비스 유형별로 분류하여 산출한 것으로, 최근 도입된 스마트폰에 의한 무선 LAN 트래픽은 고려하지 못하는 단점이 있다. 따라서 최근 스마트폰의 도입 확대에 따라 무선 LAN 기기의 종류와 사용자 패턴이 달라졌으므로, 이를 고려하여 무선 LAN의 주파수 소요량을 산출할 필요가 있다고 판단된다.

한편, 무선 LAN의 AP의 설치는 이동통신과 다르게 무작위로 설치되는 경우가 대부분이어서, 주파수 간섭이 발생할 가능성이 매우 높다. 따라서 주파수 소요량 예측 시 이를 고려해야 하지만 아직까지 이를 체계적으로 분석한 연구는 부족한 상황이다.

본 논문에서는 기존에 전통적인 무선 LAN 트래픽 예측법 이외에도 이동통신으로부터 offloading하는 스마트폰 트래픽까지 고려한 새로운 무선 LAN 주파수 트래픽 예측법을 제안하였다. 또한 AP의 증가에 따른 주파수 간섭이 주파수 소요량에 미치는 영향을 분석하기 위하여 통계적 간섭 모델을 적용하여 무선 LAN의 주파수 효율을 계산하였다. 이를 바탕으로 2012년 이후에 필요로 하는 무선 LAN 주파수 소요량을 예측하였다. 이는 향후 TV White Space를 활용하는 Super WiFi 뿐만 아니라 5 GHz 이상의

대역에서 무선 LAN을 위한 추가적인 주파수 할당이 예상되는 현 시점에서 의의가 있다고 사료된다.

II. 무선 LAN 주파수 소요량 산출법 비교

무선 LAN의 주파수 소요량을 예측하기 위해서는 미래의 무선 LAN 서비스에 요구되는 단위 cell 당 트래픽 요구 사항(Traffic Requirement [Mbps/cell]) 및 cell 당 시스템 효율(System Capacity [Hz/Mbps/cell])이 계산되어야 한다. 이 때 단위 셀은 무선 LAN의 한 개의 AP의 통신 반경으로 정의된다. 무선 LAN AP 당 요구되는 트래픽은 기존의 무선 LAN 트래픽에 대한 정확한 통계 자료로부터 예측되어야 하며, 주파수 효율은 무선 LAN의 기술적인 특성을 고려하여 계산되어야만 한다. 본 절에서는 기존에 연구된 무선 LAN 주파수 소요량의 예측 방법을 분석하여 그 장단점을 보이고자 한다.

영국의 Ofcom은 미래의 주파수 소요량을 예측한 보고서 ‘Predicting Areas of Spectrum Shortage’를 2009년에 발표하였다^[6]. 보고서는 이동통신뿐만 아니라 SRD (Short Range Device) 등에 대한 주파수 소요량을 2025년까지 예측하였다. Ofcom은 사회발전에 따른 미래의 트래픽 증가를 6가지 경우로 나누어 예측한 것이 기존 예측과 다른 점이다. 6가지 시나리오란 ‘Business as usual’, ‘Wire-free world’, ‘All you could want’, ‘Dystopia’, ‘Industry fragmentation’ 및 ‘Re-use’로서 미래의 경제 전망 시각에 따라서 무선 트래픽량이 다를 것이라는 것을 가정하여 예측하였다. 예측된 무선 트래픽을 각 서비스별 주파수 효율로 나눔으로써 각 서비스별 요구 주파수 소요량을 계산하였다. Ofcom의 보고서에서는 무선 LAN을 포함한 모든 SRD의 경우 일괄적으로 2 bps/Hz의 주파수 효율을 적용하고 있다. 이 방법의 장점은 무선 주파수 소요량 예측 시 다양한 시나리오를 고려할 수는 있어 트래픽만 예측되면 주파수 소요량이 간단히 계산되나, 주파수 간섭 등의 기술적인 분석은 포함할 수 없는 단점이 있다.

다음으로 참고문헌 [4]에서는 무선 LAN 트래픽을 시나리오에 의거하여 산출하고 시스템 효율 계산 시 주파수 재사용 팩터가 7인 이동통신의 셀 개념을 적

용하여 C/I (Carrier-to-Interference Ratio)를 계산하였다. 이를 통해 간섭을 고려한 무선 LAN 주파수 소요량을 계산하였다. 하지만 무선 LAN의 AP는 이동통신과 다르게 무작위로 설치되는 경우가 대부분이므로, 참고문헌 [4]에서 제안한 방법을 AP의 설치가 랜덤한 특성을 갖는 무선 LAN에 적용하기에는 한계가 있다. 따라서 아직까지 무선 LAN 주파수 소요량 예측 시 실제 상황에 가까운 무선 LAN의 AP 간의 주파수 간섭을 고려한 연구는 현재까지 없었다고 할 수 있다.

III. 무선 LAN 트래픽 예측

무선 LAN의 트래픽을 예측하기 위해서는 크게 두 가지로 정리할 수 있다. 첫 번째 방법은 무선 LAN 서비스를 데이터 속도와 사용 패턴에 따라 분류하여 각 서비스 별로 트래픽을 예측하는 방법이고, 두 번째 방법은 서비스별로 트래픽을 예측하기 어려운 경우 특정 지역에서 발생하는 연간 혹은 월간 트래픽 총량으로 예측하는 방법이다. 첫 번째 방법은 개별 서비스의 특징을 반영하여 주파수 수요를 정밀하게 예측할 수 있으나, 서비스별 트래픽 특성을 도출하는 과정이 스마트폰과 같은 복합기기의 등장으로 어려운 단점이 있다. 두 번째 방법은 서비스 구분 없이 트래픽 총량으로 예측하므로 개별 서비스의 특징과 요구 사항을 트래픽 예측에 반영할 수 없으나, 계산이 간단하고 사업자를 통해 데이터를 쉽게 취득할 수 있는 장점이 있다.

국내 무선 LAN 서비스의 경우 기존의 사설 무선 공유기 등에 의한 서비스에 최근의 스마트폰에 의한 서비스가 추가되고 있는 개념이므로 두 가지 방법 모두를 고려할 필요가 있다. 따라서 본 논문에서는 무선 LAN의 트래픽을 예측하기 위하여 참고문헌 [4]에서 제안된 방식을 이용한 서비스별 트래픽 예측과 스마트폰 사용자의 데이터 트래픽 중 무선 LAN으로 off-loading 하는 비율을 고려한 트래픽을 각각 별도로 계산한 후 이를 합산하는 방법을 제안하였다.

3-1 서비스별 무선 LAN 트래픽 예측

본 예측 방법은 무선 LAN의 서비스 유형에 따라

트래픽을 예측하는 방식으로 무선 LAN 주파수 소요량 예측 시 일반적으로 사용되는 방식이다. 주파수 소요량 예측 절차는 그림 1과 같다. 먼저, 무선 LAN 사용 환경을 사무실 환경(corporate), 거주 환경(residential) 및 공공장소 환경(public access)의 3가지 환경별로 분류하여 표 1과 같이 사용자 밀도 및 사용율을 가정한다^[4]. 다음으로, 각각의 환경에서 사용자들의 무선 LAN 사용 패턴을 고려하여 데이터 트래픽을 계산한다. 각 셀 반경은 참고문헌 [4]를 참조하여 서비스 환경에 맞게 셀 반경을 설정하였다.

다음으로 사용자의 서비스는 5가지 서비스를 기반으로 하며, 각 서비스에 대해 session duration, activity factor, busy hour call attempts를 정의하는데, 본 연구에서는 참고문헌 [4]를 참조하여 표 2의 값을 사용하였다. 이제 표 1과 표 2의 값을 그림 1의 방법대로 계산하여 예측한 사용환경 별 무선 LAN 트래픽은 표 3과 같다. 셀 반경이 가장 큰 공공장소 환경에서 73.94 Mbps의 무선 LAN 트래픽이 예측되고 있다. 이 값은 무선 LAN 사용률이 올라갈수록 선형적으로 증가한다. 상대적으로 서비스 반경이 작은 거주 환경에서 무선 LAN 트래픽이 가장 작다.

그림 1. 무선 LAN 트래픽 예측 절차

Fig. 1. Predication method of WLAN traffic requirements.

표 1. 사용환경 별 인구밀도 및 사용율

Table 1. Data traffic per service scenario.

Environment	Corporate	Residential	Public access
Population density (potential user/km ²)	70,000	10,000	100,000
Penetration rate (%) in year 2010	30	30	20
Cell radius (m)	18	15	40

표 2. 각 서비스 시나리오별 무선 LAN 트래픽
Table 2. WLAN data traffic per service scenario.

Services		Corpo- rate	Resi- dential	Public access
Medium interactive Multimedia (MiM)	Busy hour call attempts	0.5	0.2	0.5
	Down link(Mbps)	6	6	6
	Up link(Mbps)	6	6	6
	Session duration(sec)	300	90	90
	Activity factor	0.45	0.45	0.45
High Multimedia (HM)	Busy hour call attempts	0.5	0.3	0.2
	Down link(Mbps)	12	12	12
	Up link(Mbps)	0	0	0
	Session duration(sec)	600	600	300
	Activity factor	0.16	0.12	0.1
Highly interactive Multimedia (HiM)	Busy hour call attempts	0.3	0.3	0.4
	Down link(Mbps)	12	12	12
	Up link(Mbps)	0	0	0
	Session duration(sec)	120	150	90
	Activity factor	0.35	0.3	0.3
Very High Multimedia (VHM)	Busy hour call attempts	0.1	0.1	0.06
	Down link(Mbps)	27	36	36
	Up link(Mbps)	0	0	0
	Session duration(sec)	1,800	3,600	600
	Activity factor	0.5	0.5	0.5
Very high interactive Multimedia (VhiM)	Busy hour call attempts	0.1	0.1	0.06
	Down link(Mbps)	27	36	36
	Up link(Mbps)	27	36	36
	Session duration(sec)	1,500	3,600	900
	Activity factor	0.4	0.4	0.4

표 3. 서비스 환경별 무선 트래픽 예측
Table 3. Data traffic predictions per service environment.

Environment	Corporate	Residential	Public access
WLAN data traffic(Mbps)	42.79	10.23	73.94

3-2 스마트폰 Off-Loading에 의한 무선 LAN 트래픽 예측

다음으로 스마트폰의 off-loading에 의한 무선 LAN 주파수 소요량은 다음과 같이 예측된다. 먼저, 스마트폰 및 tablet PC 등에서 사용되는 이동통신망의 무선 데이터 트래픽 예측에서 시작된다. 표 4의 자료는 2011년 한국전자과학회에서 발표한 연구보고서에서 이동통신망의 무선 데이터 트래픽과 이중 무선 LAN망으로 off-loading된 무선 데이터 트래픽을 2020년까지 예측한 자료이다^[7]. 이동통신망 트래픽 예측은 2011년 9월 이동통신 트래픽 추정치를 기준으로 전문가 Delphi 조사를 통해 획득한 연도별 증가율을 반영하여 계산한다. 무선 LAN의 offloading 비율도, 2011년 측정된 9.16 %를 기반으로 연평균 증가율인 13.5 %를 적용하여 계산하였다.

가입자 수를 국내 인구의 수로 나눈 서비스 보급률을 이용하여 사용자별 트래픽과 표 1의 3가지 서비스 환경 파라미터를 적용하면 표 5와 같이 서비스 환경별 무선 LAN의 트래픽을 예측할 수 있다.

서비스 환경 별 무선 LAN 트래픽 예측이 연도별로 일정한데 반하여 스마트폰 off-loading에 의한 무선 LAN 트래픽은 지속적으로 증가하여 public access 서비스의 경우, 2012년 AP당 0.313 Mbps에서 2020년에는 4.964 Mbps를 필요로 함을 알 수 있다.

표 4. Offloaded 무선 LAN 트래픽 예측

Table 4. Offloaded WLAN traffic prediction(TB/Month).

Year	2012	2014	2016	2018	2020
이동통신망	39,713	81,509	124,492	167,534	228,961
WiFi망	4,129	10,917	21,479	37,237	65,557
Offload %	10.40	13.39	17.25	22.23	28.63

표 5. 환경별 Offloaded 무선 LAN 트래픽 예측

Table 5. Offloaded WLAN traffic prediction per service environment(Mbps).

	2012	2014	2016	2018	2020
Residential	0.045	0.120	0.235	0.408	0.718
Corporate	0.050	0.133	0.261	0.453	0.798
Public access	0.313	0.827	1.627	2.820	4.964

IV. 간섭을 고려한 무선 LAN 시스템 효율

본 절에서는 무선 LAN에서 주파수 간섭을 모델링하기 위해서는 AP의 설치가 랜덤하다고 가정하고 통계적인 간섭 분석 모델을 적용한다^[8].

4-1 무선 LAN의 주파수 간섭 모델링

무선 LAN의 주파수 간섭을 모델링하기 위해 AP는 서로 간섭이 발생하지 않는 이격 거리를 유지한다고 가정하여, 간섭원은 셀 내에 있는 station만 고려한다. 그림 2는 간섭 분석을 위해 위에서 제시한 가정에 따른 간섭 모델 개념도이다. 그림에서 점이 의미하는 것은 N 개의 활성화된 간섭원이고, 간섭원이 피 간섭원과 동일한 대역을 사용한다면 전체 수신된 간섭 전력은 각각의 간섭원에서 송신한 전력에서 경로 손실만큼 줄어든 전력들의 합으로 다음 식 (1)과 같이 주어진다.

$$I_{Total} = \sum_{i=1}^N I_i = \sum_{i=1}^N P_{t,i} \times PL(i) \quad (1)$$

여기서 $P_{t,i}$ 는 i 번째 간섭원의 송신 전력, $PL(i)$ 는 i 번째 간섭 신호의 경로 손실로 식 (2)의 선형스케일 값이다. 식 (2)는 SISO (Single-Input-Single-Output) 무선 LAN의 경로 손실에 대한 식이다^[9].

$$PL_{dB}(d) = \begin{cases} L_{FS,dB} & (d \leq d_{BP}) \\ L_{FS,dB} + 35 \log_{10}(d/d_{BP}) & (d > d_{BP}) \end{cases} \quad (2)$$

여기서 $L_{FS,dB}$ 는 자유 공간에서의 경로 손실이고,

그림 2. 무선 LAN 간섭 모델
Fig. 2. Interferer model for WLAN.

d_{BP} 는 breakpoint 거리를 의미한다.

식 (1)에서 간섭원이 그림 2의 간섭 영역 S 에 공간적으로 균일하게 분포하고 그 밀도를 ρ_u 라 하고, 경로 손실은 거리의 n 제곱에 반비례한다고 가정하면, 간섭원의 평균 전력은 식 (3)과 같다^[8].

$$\bar{I} = \begin{cases} \frac{\pi \rho_u I_{max}}{n/2-1} \left[r_{min}^2 - r_{max}^2 \left(\frac{r_{min}}{r_{max}} \right)^n \right] & (n > 2) \\ 2\pi \rho_u I_{max} r_{min}^2 \ln \left(\frac{r_{max}}{r_{min}} \right) & (n = 2) \end{cases} \quad (3)$$

여기서 I_{max} 는 최대 간섭 전력으로 간섭원이 피간섭원으로부터 r_{min} 의 거리에 있을 때의 간섭전력을 의미한다.

4-2 간섭을 고려한 무선 LAN의 주파수효율

III 절에서 구한 트래픽으로부터 무선 LAN의 주파수 소요량을 계산하기 위해서는 무선 LAN의 주파수 효율을 계산해야 한다. 간섭이 존재하지 않는 경우에는 일정한 값의 주파수 효율을 가정할 수 있지만, 간섭이 존재하는 경우에는 시스템 성능 저하로 이 값을 사용할 수 없다. 따라서 본 절에서는 간섭이 존재할 때 무선 LAN의 주파수 효율을 구하기 위해 Shannon의 정리를 이용한다.

Shannon의 정리는 신호대 잡음전력비(S/N)에 따른 채널의 전송용량에 대한 상한(upper limit)을 나타낸 것으로, 이를 이용하여 계산한 주파수 효율(η)은 다음과 같다.

$$\eta = C/B = \log_2 \left(1 + \frac{S}{N + \gamma \bar{I}} \right) \quad (4)$$

여기서 C 는 채널 용량, B 는 대역폭, S 는 신호의 전력, N 은 열잡음 전력, γ 는 피간섭원의 대역폭에 대한 간섭원과 피간섭원의 대역폭이 중첩되는 부분의 비율로 $\gamma=1$ 은 간섭원이 피간섭원과 동일한 주파수 대역을 사용하는 경우이다.

그림 3은 간섭이 존재하는 경우, 무선 LAN의 주파수 효율을 식 (1), 식 (3)과 식 (4)로 계산한 결과이다. 최대 셀 반경 r_{max} 는 40 m로 가정하고, 신호전력은 AP로부터 거리 10 m인 지점에서 경로 손실을 이용하여 계산하였고, 대역폭 중첩율 γ 는 1로 가정하였다. 그림에서 주파수 효율은 간섭원의 개수 J 와 반비

그림 3. 간섭이 존재하는 경우 무선 LAN의 주파수 효율

Fig. 3. Spectral efficiency of WLAN system with interference.

레 관계이며, 최소 이격 거리 $r_{\min}$ 과는 비례 관계를 확인할 수 있다. 간섭원의 특성은 무선 LAN 서비스 환경별로 차이가 있으므로, 환경별 간섭원 특성을 반영한 주파수 효율을 계산하여 최종 주파수 소요량을 산출한다.

V. 무선 LAN 주파수 소요량 예측

본 절에서는 III절에서 구한 무선 LAN 트래픽과 IV절에서 구한 간섭을 고려한 무선 LAN 주파수 효율을 바탕으로 간섭원의 수와 보호 영역에 반경에 따른 무선 LAN 주파수 소요량을 예측하였다.

우선 무선 LAN 트래픽은 표 3의 서비스별 트래픽 예측과 표 5의 이동통신 offloading을 고려하여 예측한 값을 합산하여 구한다. 그리고 간섭 특성을 고려하기 위해 그림 4의 최소 이격 거리($r_{\min}$)와 간섭원 수(J)에 따른 주파수 효율로 무선 LAN 트래픽 예측치를 나눠 주파수 소요량을 계산하였다. 간섭이 없는 경우, 무선 LAN의 평균 주파수 효율은 Ofcom 자료를 참조하여 2를 적용하였다^[6]. 이렇게 하면 무선 LAN의 구체적인 세부 규격을 고려하지 않고 평균적인 주파수 효율을 계산할 수 있다.

그림 4와 표 6에서 무선 LAN 서비스 환경별 주파수 소요량은 public access의 경우가 가장 많은 주파수 소요량을 필요로 함을 알 수 있다. 이는 public access의 셀 반경이 다른 환경의 2배, 셀 면적은 4배

표 6. 연도별 무선 LAN 주파수 소요량

Table 6. WLAN spectrum requirements.

이격 거리	간섭 수	Spectrum [MHz]				
		2012	2014	2016	2018	2020
1 m	$J=0$	37.13	37.38	37.78	38.38	39.45
	$J=1$	73.37	73.88	74.67	75.85	77.97
	$J=3$	176.36	177.58	179.48	182.31	187.40
	$J=5$	278.06	279.99	282.98	287.45	295.48
3 m	$J=1$	58.53	58.94	59.57	60.51	62.20
	$J=3$	133.66	134.58	136.02	138.17	142.03
	$J=5$	207.29	208.73	210.96	214.29	220.28

(a) 이격 거리가 1 m인 경우

(a) One meter of separation distance

(b) 이격 거리가 3 m인 경우

(b) Three meter of separation distance

그림 4. 간섭원의 개수에 따른 무선 LAN의 주파수 소요량 예측 결과

Fig. 4. Required spectrum for WLAN system according to the number of interferers.

이상이기 때문에, 사용자 별 트래픽은 적게 발생할 수 있으나 사용자 수 자체가 많아 다른 환경에 비해 주파수 소요량이 크게 예측되었다. 또한, 이격 거리가 커지면 간섭이 작아져서 간섭수가 0인 경우와 같게 되므로 이격 거리를 크게 하는 것이 중요함을 알 수 있다. 하지만 무선 LAN AP는 무작위적으로 설치되므로 이격 거리를 크게 할 수는 없으므로 간섭을 고려하여 주파수 소요량의 산출이 필요함을 알 수 있다.

이동통신 트래픽의 off-loading은 연도별 트래픽 증가에는 크게 영향을 미치지 않으나, 이동통신 기기 중 무선 LAN을 사용하는 기기의 증가는 곧 간섭 원 수의 증가를 의미하므로, 간섭에 의한 시스템 효율 저하는 주파수 소요량 산출에서 매우 중요한 요소이다. 특히 이격 거리가 작은 경우 간섭에 의한 영향이 크다는 것을 이격 거리가 1 m인 경우와 3 m인 경우를 비교해 보면 쉽게 알 수 있다. 이격 거리가 3 m인 경우를 예로 들면, 주파수 간섭에 대한 고려가 없는 주파수 소요량 예측보다 1개의 인접 간섭원에 의한 주파수 간섭을 고려할 때 2020년에 58 % 더 많은 주파수가 필요함을 알 수 있다. 이로부터 늘어나는 무선 LAN의 주파수 소요량에 대처하기 위해서는 AP간 주파수 간섭을 극복하기 위한 대책이 필요함을 유추할 수 있다.

최근 4G 등의 이동통신망에 대한 주파수 소요량 예측 결과를 보면, ITU-R 등에서는 2020년 이동통신망 주파수 소요량을 최소 1,280 MHz에서 최대 1,720 MHz까지 예측한 바 있다^[10]. 반면 Ofcom 자료에 의하면 상대적으로 무선 LAN 등의 주파수 소요량 예측은 크게 높지 않은 것으로 나타나 있다^[6]. 이는 기존의 서비스 예측 방법을 위주로 예측하고, 스마트폰에 의한 off-loading과 AP간의 주파수 간섭을 고려하지 않은 점도 영향을 준 것으로 판단된다. 따라서 본 연구에서 제시한 무선 LAN 주파수 소요량 예측 방법은 체계적인 무선 LAN 정책의 기술적 근거를 제시하여 그 활용도가 매우 높다고 사료된다.

VI. 미래의 무선 LAN 정책

앞에서 예측한 바와 같이 미래 무선 LAN 서비스를 위한 주파수 정책을 수립하는데 있어서 간섭을

최소화하는 것이 매우 중요함을 알 수 있었다. 이에 간섭을 최소화하기 위한 미래의 무선 LAN 정책 방안을 제시하면 다음과 같다.

먼저, 간섭이 없는 경우에는 무선 LAN에서 요구하는 주파수 소요량은 크지 않다. 주파수 소요량 예측 방법에 따라 약간의 차이는 있을 수 있지만, 이는 Ofcom 등의 다른 보고서^[6]에서 예측한 것과 유사하다. 국내에서는 2.4 GHz의 83.5 MHz, 5.8 GHz의 100 MHz가 무선 LAN 주파수로 할당되어 있으므로 현재의 주파수 할당량으로 충분하다. 하지만 hot-spot 영역에서 동일 주파수를 인접하여 사용하는 경우 주파수 간섭이 발생할 확률이 매우 높아, 이격 거리에 따라 주파수 소요량이 수 배 이상 증가할 수 있다. 따라서 무선 LAN AP 설치 시 주파수 간섭을 최소화할 수 있도록 가이드라인을 제시하는 것이 중요하다. 비면허 대역이므로 가이드라인을 강제할 수는 없지만, 특정 지역에 복수 개의 무선 LAN AP를 설치하려는 사업자들에게는 적용할 수 있을 것으로 판단된다. 가이드라인에서는 가급적 AP의 이격 거리를 크게 하여 설치하며, 이격 거리를 크게 할 수 없는 경우에는 사용채널이 겹치지 않도록 설정하도록 할 필요가 있다. 2.4 GHz와 5 GHz의 듀얼 주파수를 사용하는 것도 한 방법이다. 또한, 최근에 개발되고 있는 cognitive radio 기술을 활용하면 사용하지 않는 채널을 찾아서 무선 LAN으로 사용할 수 있으므로 주파수 간섭을 최소화할 수 있다. 따라서 이와 관련된 기술개발 및 정책 수립이 필요할 것으로 판단된다.

VII. 결 론

최근 스마트폰의 급증에 따라 무선 LAN에 대한 주파수 확대가 요구되고 있다. 본 논문에서는 무선 LAN 주파수 소요량을 정량적으로 분석할 수 있는 방법을 제시하였다. 제시한 방법은 다음과 같다. 먼저 기존의 서비스별 무선 LAN 트래픽과 이동통신망에서 off-loading하는 비율에 의한 무선 LAN 트래픽을 예측하여 더한다. 다음으로 보호 반경 및 간섭원의 수에 따른 AP간 주파수 간섭을 고려하여 시스템 효율을 계산한다. 마지막으로 이를 바탕으로 2012년 이후에 필요로 하는 무선 LAN 주파수 소요량을 예측한다. 제시한 방법에 따라 무선 LAN 주파수 소요

량을 예측한 결과, AP간 간섭에 대한 대책이 마련되지 않을 경우, 요구되는 무선 LAN 주파수 소요량은 급속히 증가할 것으로 예측되었다. 또한, 예측된 주파수 소요량을 바탕으로 미래의 무선 LAN 활성화를 대비하여 간섭을 최소화할 수 있는 정책을 제안하였다.

참 고 문 헌

- [1] 김태한, 장재혁, 성기훈, "Smart Korea와 smart life를 위한 전파자원 이용정책 동향", 전자통신동향분석, 26(2), 2011년 4월.
- [2] Recommendation ITU-R M.1390, "Methodology for the calculation of IMT-2000 terrestrial spectrum requirements", 1999.
- [3] Recommendation ITU-R M.1651, "A method for assessing the required spectrum for broadband nomadic wireless access systems including radio local area networks using the 5 GHz band", 1999.
- [4] D. Vigier, P. Moorut, "Assessing the spectrum re-

quirements for 5 GHz WLAN systems", *IEEE Seminar Digests* 2002.

- [5] 한국전파진흥협회 보고서, "5 GHz 주파수 이용 정책방안 연구", 2004년 12월.
- [6] Ofcom, "Predicting areas os spectrum shortage", *Final Report*, 2009년 4월.
- [7] 한국전자과학회, "광대역 무선통신 주파수 소요량 산출 및 공급방안 연구", 연구보고서, 2011년 12월.
- [8] 윤현구, 강민수, 장병준, "908.5~914 MHz 대역에서 RFID와 USN 시스템의 주파수 공유 조건에 관한 연구", 한국전자과학회논문지, 19(6), 2008년 6월.
- [9] IEEE P802.11, "TGn Channel Model", May 2004.
- [10] Report ITU-R M.2078, "Estimated spectrum bandwidth requirements for the future development of IMT-2000 and IMT-Advanced", 2006.

장 병 준

1990년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학사)
1992년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학석사)
1997년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학박사)
1995년 3월~1999년 1월: LG전자

(주)

1999년 1월~2003년 9월: 한국전자통신연구원 무선방송연구소

2003년 10월~2005년 8월: 정보통신연구진흥원

2005년 9월~현재: 국민대학교 전자공학부 교수

[주 관심분야] RF/마이크로파 회로 및 시스템, 무선통신 시스템, RFID/USN, 주파수 간섭 에너지-IT 융합

박 덕 규

1984년 2월: 인천시립대학교 전자공학과 (공학사)
1986년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학석사)
1992년 4월: 일본 게이오대학교 전기공학과 전기공학 (공학박사)
1992년~1995년: 일본 우정성 통신

종합연구소

1995년~현재: 목원대학교 정보통신공학과 교수

2002년: 일본 전자정보통신학회(IEICE) 우수 논문상 수상

2004년, 2005년: 정보통신부장관, 국무총리 표창

2004년~현재: 중앙전파관리소 자문위원

2012년 방송통신위원회 방송통신규제심사위원

[주 관심분야] 전파 정책 및 주파수분배, 소출력 무선 등

윤 현 구

1995년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학사)

1997년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학석사)

2002년 8월: 연세대학교 전기전자공학과 (공학박사)

2002년~2004년: (주)현대시스콤 선임

연구원

2004년~현재: 명지전문대학 컴퓨터전자과 부교수

[주 관심분야] 통신시스템, 무선자원관리, 채널모델링, Spectrum Engineering