

# 국내 5GHz 대역 초고속 무선 접속망의 공유조건 연구

°박진아\*, 박승근+, 박덕규\*, 오용선\*  
목원대학교\*, 한국전자통신연구원+

## A study on Conditions of Frequency Coordination for High Speed Radio Access Network in domestic 5GHz Band

°Jin-A Park\*, Seung-Keun Park+, Duk-Kyu Park\*, Yong-Sun Oh\*

Mokwon University\*, ETRI+

E-mail : jina4497@hanmail.net

### 요 약

본 논문은 국내 5GHz 대역에서 초고속 무선접속 망을 위한 주파수의 분배 및 공유조건에 관한 것이다. 본 논문에서는 초고속 무선접속 망과 기존 기상 레이더 사이의 공유 가능성을 평가하기 위해서 최소결합손실(Minimum Coupling Loss) 방법과 Monte-Carlo 시뮬레이션을 이용하여 기상 레이더가 초고속 무선 접속망 기기에 미치는 전파간섭을 분석하였다. 그리고 실험 결과에 의하면 기상 레이더와 초고속 무선접속 망의 주파수 공유를 위해서는 DFS(Dynamic Frequency Selection) 기법을 사용하는 것이 필수적이다.

### ABSTRACT

In this paper, we discuss frequency allocation and sharing for high speed radio access network in domestic 5GHz the band. In order to evaluate the possibility of frequency sharing between meteorological radar and high speed radio access network, we analyses radio interference of meteorological radar by means of minimum coupling loss method and Monte Carlo simulation. And simulations show that it is necessary to use DFS(Dynamic Frequency Selection) scheme for frequency sharing between meteorological radar and high speed radio access network.

### 1. 서 론<sup>1)</sup>

현재 통신망은 PSTN 중심에서 초고속통신망으로 전이되는 과정에 있으며, 이러한 통신망의 발달은 음성위주의 통신서비스를 데이터 및 영상서비스로 확대시키고 있다. 이와 같은 통신 인프라의 변화 속에서 세계 각국은 초고속통신망의 접속을 5GHz의 무선LAN 대역에서 제공할 계획을 가지고 주파수 분배를 계획하거나 확정하였다.

즉, 5GHz 주파수를 이용하여 20Mbps 이상으로 초고속통신망과의 무선접속을 제공하기 위하여 미국은 U-NII(Unlicensed National Information Infrastructure) 대역을 분배하였으며, 유럽은 HIPERLAN(High PERFORMANCE Radio Local Area Networks) 대역을 검토 중이고, 일본은 초고속 무선LAN용으로 비허가(Unlicense)와 실내 사용을 전제로 5.15 ~ 5.25GHz를 우선적으로 확

정하고 추가적인 주파수 분배를 계획하고 있다.

현재 5GHz 대역의 표준화 활동은 크게 ETSI, IEEE802.11, ITU-R JRG 8A-9B로 구분할 수 있고, 특히, 각 표준의 상호운영(Interoperability) 확보가 큰 issue로 되어 있다.

또한, 한정된 주파수 자원의 효율화 측면에서 5GHz 대역의 기존 무선기기와 초고속 무선 접속 기기의 공유문제가 큰 관심의 대상이 되고있고, 주요 공유대상은 다음과 같다.

- MSS(Mobile Satellite Service) feeder링크
- SAR(Synthetic Aperture Radar)
- 기상 레이더
- 방송중계용 무선기기

본 논문에서는 위와 같은 공유대상 무선기기 중 기상 레이더에서 방사된 전파가 초고속 무선접속 기기에 미치는 영향을 최소결합손실(Minimum Coupling Loss : MCL) 방법과 확률적으로 전파간섭을 분석하는 Monte-Carlo 시뮬레이션을 이용하여 그 결과를 보여주고 공유조건을 제시한다.

1) " 이 논문은 2000년도 한국학술진흥재단의 연구비에 의해 연구되었음"

II장에서는 국외 주파수 분배현황 및 RF 조건을 소개한 후, 국내 초고속 무선 접속 기기를 분배하기 위한 방안을 간단히 제안하며, III장에서는 기상 레이더와 초고속 무선접속 기기의 공유가능성 및 조건을 최소결합손실(MCL) 방법과 Monte-Carlo 방법으로 시뮬레이션하여 분석하였다. IV장에서는 국내 기상 레이더 스펙트럼을 측정된 결과와 DFS 기술을 간단히 소개한 다음 V장에서 결론으로 공유조건을 제시한다.

II. 국외 주파수 분배 및 국내 분배방안

ITU-R JRG 8A-9B에서는 5150 ~ 5250MHz대역에서 초고속 무선접속용 기기와 MSS feeder 링크와의 공유를 연구하고 있으며 현재까지 진행된 결과는 EIRP를 10mW/MHz로 제한하는 것이다.

<표 1> 전파규칙의 제1지역 주파수 분배현황

주파수대역 (MHz)	주파수 분배현황
5250-5255	RADIOLOCATION
5255-5350	RADIOLOCATION
5350-5450	AERONAUTICAL RADIONAVIGATION
5450-5460	AERONAUTICAL RADIONAVIGATION
5460-5470	RADIONAVIGATION S5.449 AERONAUTICAL
5470-5650	MARITIME RADIONAVIGATION
5600-5650	S5.452 METEOROLOGICAL RADAR
5650-5725	RADIONAVIGATION
5725-5850	RADIONAVIGATION

유럽 CEPT 산하 ERO는 Recommendation T/R 22-06을 통하여 5150~5250MHz를 HIPERLAN의 주파수 대역으로 결정하였고, ETSI의 BRAN(Broad-Band Radio Access Network)프로젝트와 추가적인 주파수 분배의 필요성이 제기되어 5250~5875 MHz를 분배하는 방안을 검토 중에 있다.

유럽 CEPT에서는 <표 1>의 음영 처리된 5350~5470MHz 대역이 인명안전과 관련된 무선통행과 관련이 되어 있으므로 HIPERLAN의 주파수로 분배할 계획이 없다.

유럽 국가 중 영국은 5.125 ~ 5.875GHz 대역에서 상기 금지대역을 제외한 주파수를 HIPERLAN용으로 <표 2>와 같이 분배할 예정이며, 현재 의견수렴 중에 있다. 특히, HIPERLAN Type 1과 Type 2의 상호운영의 부족에 따라 기기의 표준화에 따른 대역분리(Band Partition)는 표준화와 관련하여 주의 깊게 살펴보아야 한다. 그리고 5GHz 대역 중 일부를 허가무선국으로 운영할 계획은 국내 5GHz 초고속 무선접속 망의 사업허가와 관련하여 검토할 필요가 있다.<sup>[1],[3]</sup>

<표 2> 영국의 HIPERLAN용 주파수 분배초안

대역(MHz)	분배현황
5150-5250	HIPERLAN Type 1, 실내 시스템, 비허가제, 최대 EIRP 200mW (2년후 재검토)
5250-5350	HIPERLAN Type 2/IEEE 802.11a, 비허가제, 실내 시스템 최대 EIRP 200mW
5470-5550	HIPERLAN Type 2/IEEE 802.11a, 비허가제, 실내·외 시스템 최대 EIRP 1W
5570-5725	HIPERLAN Type 2/IEEE 802.11a, 허가제, 실내·외 시스템 최대 EIRP 1W
5725-5875	소출력 장치, 비허가제 최대 EIRP 25mW

일본 우정성은 초고속 무선 접속망 도입을 위하여 "5GHz 대역의 Broadband Mobile Access System에 관한 기술적 조건"이라는 보고서를 발표하였으며, 발표된 내용은 <표 3>과 같다.

<표 3> 일본의 Broadband Mobile Access System

항목	기술적 조건
운영주파수	5.15~5.25 (GHz)
중심주파수	5.17, 5.19, 5.21, 5.23 (GHz)
변조방식	직교주파수분할다중방식 직교확산 스펙트럼확산방식 진폭변조, 위상변조, 주파수편이, 펄스위치변조 또는 이들의 복합방식
전송속도	20Mbps 이상
송신전력	10mW 이하
통신방식	단방향, One way, Semi-duplex 양방향
점유 주파수 대역폭	18MHz 이하

<표 4>는 미국의 주파수별 U-NII RF 특성을 나타내는데, 유럽 CEPT가 5150 ~ 5350MHz 대역을 실내로 한정하고 있는데 반하여 미국은 5250 ~ 5350MHz를 실외용으로 사용할 수 있도록 하고 있다. 특히, 미국의 연방정부용 주파수를 분배하고 있는 NTIA에서는 SAR와의 전파간섭을 고려하여 5250 ~ 5350MHz 대역을 실내사용으로 제한하였으나, 현재까지 FCC에서는 NTIA 의견을 반영하고 있지 않다.<sup>[2]</sup>

위와 같은 각국의 주파수 상황과 현재 국내에서 5.725~5.825MHz를 전파법 시행령 제 30조 6항에 의해서 비허가 대역을 사용하는 무선LAN용으로 분배한 것을 고려할 때, 국내의 초고속 무선 접속용 주파수 분배방안을 간단히 제안하면 <표 5>와 같다.

<표 4> 미국의 UNII

주파수 (MHz)	공중선 전력	공중선이득	전력 밀도
5150~5250	50mW, 4dBm+10logB 중 작은값을 초과하지 않을 것	6dBi	4dBm /1MHz
5250~5350	250mW, 11dBm+10logB 중 작은값을 초과하지 않을 것	6dBi	11dBm /1MHz
5750~5825	1W, 17dBm+10logB 중 작은값을 초과하지 않을 것	6dBi (fixed point -to-point : 23 dBi )	17dBm /1MHz

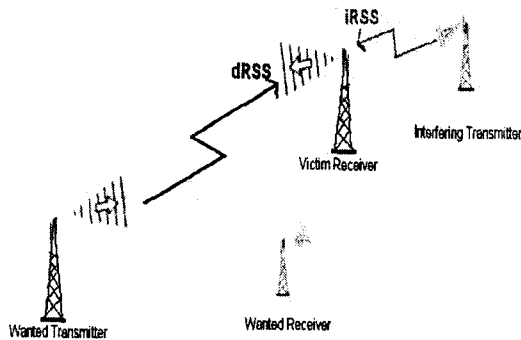
\* B=26dB Bandwidth

<표 5> 국내 초고속 무선접속용 주파수분배 초안

주파수 (MHz)	분배안
5150~5350	실내 및 비허가제
5470~5725	실내·외 및 사업허가제 도입 (레이더 및 방송중계 기기와 공유)
5725~5825	실내·외 및 비허가제 (기존 무선LAN과 공유)

III. 공유가능성 및 조건

본 논문에서 고려하고 있는 일반적인 전파간섭 모형은 (그림 1)과 같이 표현할 수 있다.



(그림 1) 전파간섭 모형

무선망 설계에서 주파수공유는 공간분리에 의한 경로손실과 낮은 송신전력에 의해서 가능하다. 그리고 이와 같은 원리를 이용하여 일반적으로 두 무선기기와의 전파간섭을 분석하는 것은 최소결합손실(MCL) 방법으로 한다.

1. MCL방법 <sup>[1]</sup>

기상 레이더와 초고속 무선접속용 무선기기의 전파간섭을 분석하기 위한 최소결합손실 방법은 다음과 같다.

$$MCL = P_{tr} + 10 \log \{ BW_{Hip} / BW_{radar} \} - I_{rec} \quad (1)$$

여기서

MCL = 최소결합손실(dB)

$P_{tr}$  = 기상 레이더의 안테나에 공급되는 최대 송신전력(dBW)

$BW_{Hip}$  = 초고속 무선 접속용 무선기기의 수신기 대역폭 (Hz)

$BW_{radar}$  = 기상 레이더의 송신 대역폭 (Hz)

$I_{rec}$  = 최대 허용되는 간섭치 (dBW)

MCL은 식(2)를 통하여 요구되는 전파손실 L로 변환된다.

$$L = MCL + G_{tr} - L_{tr} + G_{rec} - L_{rec} \quad (2)$$

여기서

$G_{tr}$  = 기상 레이더 안테나의 이득 (dBi)

$L_{tr}$  = 기상 레이더의 feeder 손실(dB)

$G_{rec}$  = 초고속 무선 접속용 무선기기의 안테나 이득 (dBi)

$L_{rec}$  = 초고속 무선 접속용 무선기기의 feeder 손실 (dB)

식(2)으로부터 구한 전파손실 L을 자유공간으로 가정하여 요구되는 두 무선기기의 공간 거리 d(m)를 구하는 식은 아래와 같으며,  $\lambda$ (m)는 파장이다.

$$d = \lambda / (4\pi) * 10^{L*/20} \quad (3)$$

그리고 무선 수평선 거리를 계산하는 공식은 다음과 같다.

$$R_h = 4.12 (\sqrt{h1} + \sqrt{h2}) \quad (4)$$

<표 6>와 <표 7>은 전파간섭 분석을 위해 MCL 계산에 사용된 파라미터들을 보여 주고 있다.

식 (4)의 안테나 높이(m), h1과 h2는 ERC Report ITU-R REC. M. 1313에 의해 제공되었으며, <표 7>에서 기상 레이더 유형 A, C, D, E는 각각 30m, 50m, 유형B는 50m와 6000m로 계산하였다.

<표 8>은 MCL을 기초로 계산된 전파 무 간섭 거리를 나타내고 있다. 표에서 알수 있듯이 간섭을 미치는 거리 d가 무선 수평선 거리보다 먼 경우(기상 레이더 유형 A, C, D, E)는 전파 무 간섭

거리가 무선 수평선 거리로 대체되므로, 이 결과로부터 기상 레이더와 초고속 무선접속 기기와의 전파간섭에서 무선 수평선 거리가 중요 영향인자라는 것을 알 수 있다.

<표 6> 초고속 무선 접속용 무선기기의 파라미터

항목	값
Maximum eirp	30 dBm
Antenna gain	0 dBi
Channel Bandwidth (BW <sub>HP</sub> )	23.5MHz
Maximum Tolerable Interference(I <sub>rec</sub> )	-120dBW/ 23.5 MHz
Required C/I	20 dB
Receiver Threshold	-70 dBm

<표 7> 기상 레이더의 파라미터

종류	A	B	C	D	E
Peak EIRP	98.6 dBW	26 dBW	60 dBW	93 dBW	97 dBW
발사 대역폭	3 MHz	15 MHz	30 MHz	14 MHz	3 MHz
안테나 이득	40 dBi	0 dBi	46 dBi	43 dBi	43 dBi
운영 주파수	5300 -5600	5700 -5800	5400 -5820	5250 -5850	5600 -5650

<표 8> MCL의 분석 결과

유형	A	B	C	D	E
MCL(dB)	178.6	146	132	170	174
Gain +feeder loss(dBi)	40	0	46	43	43
전파손실 L(dB)	218	146	178	213	217
전파손실 L*(dB) 건물투과 손실 = 13.5dB	204.6	132.6	164.6	199.6	203.6
d 거리 (km) f=5.5GHz	74,069	19	741	41,652	66,014
무선 수평선 거리(km)	51.4	346.6	51.4	51.4	51.4
무 간섭 거리(km)	51.4	19	51.4	51.4	51.4

2. Monte-Carlo Method <sup>[7]</sup>

현재까지 전파간섭을 고려한 스펙트럼(주파수) 분배 및 할당방법은 단순하게 최악의 조건을 가정하여 결정하기 때문에 무선설비의 송신 스펙트럼을 효율적으로 이용하지 못했다. 따라서 전파간

섭 분석에 송신 및 수신 파라미터에 확률변수의 개념을 이용하여 한정된 주파수 자원을 효율적으로 사용할 수 있는 방법이 검토되었고 이를 위한 시뮬레이션 도구의 필요성이 증대되었다. 위와 같은 관점에서 ITU-R의 제1연구반(SG1)의 TG1/5와 유럽의 전파통신국, ERO내의 ERC Project Team SE21에서는 통계적 간섭분석을 위한 표준화 방식으로 Mon-Carlo 방식을 채택하여 연구중이다.

Monte-Carlo 방법은 확률이론을 이용한 것으로 경로손실의 확률분포를 이용하여 수신기에 도착하는 원하는 신호(desired Received Signal Strength: dRSS)와 원치 않는 신호 iRSS(interfering Received Signal Strength : iRSS)의 분포를 통하여 전파간섭 확률을 구하는 방법이다.

본 연구에서 작성된 Monte-Carlo 프로그램은 MATLAB 언어로 되었으며, 프로그램의 구성은 파라미터 입력, dRSS 발생부분, iRSS 발생부분, 간섭 계산 등 네 부분으로 이루어져있고, dRSS와 iRSS를 확률적으로 구하여 dRSS/iRSS 비와 C/I를 비교하여 전파간섭 확률을 구한다.

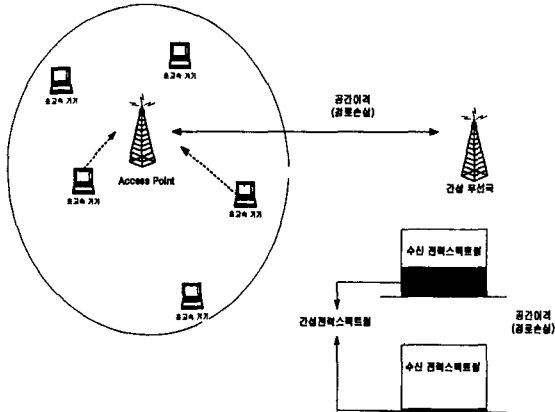
<표 8>에서 기상 레이더 유형 B의 전파 무 간섭 거리는 MCL기준으로 19km로 나타났으며, 이 거리는 무선 수평선 거리 안에 존재한다. 따라서 본 논문에서는 <표 9>와 같은 파라미터를 이용하여 (그림 2)와 같은 전파모형으로 19km보다 작은 서비스 반경에 있는 두 무선기기와의 간섭확률을 두 무선기기와의 공간거리에 따라서 전파간섭의 확률을 구하면 (그림 3)과 같다.

<표 9> 시뮬레이션에 이용된 파라미터

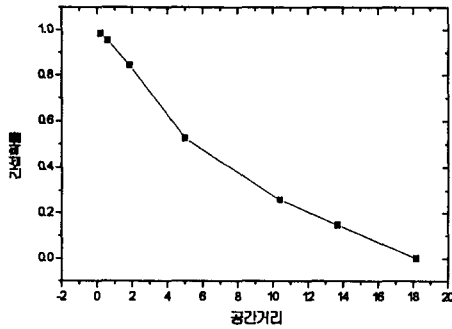
기본적인 파라미터	데이터
시행 횟수	10000
운영 주파수 (MHz)	5500
신호대 간섭비 (dB)	20
초고속 무선 접속용 무선기기 파라미터	데이터
희망 송신안테나에 제공되는 최대전력 (dBm)	30
victim 수신기 방향에서의 희망 송신기 안테나 이득 (dBi)	0
희망 송신기 방향에서 Victim 수신기의 안테나 이득 (dBi)	0
victim 수신기의 수신감도 (dBm)	-70
레이더의 파라미터	데이터
송신전력(dBm)	56
초고속 무선접속용 기기와의 공간거리(km)	18.18 13.17 10.4 5 1.86 0.588 0.186
간섭 송신기 안테나 이득 (dBi)	0
간섭 송신기 안테나 높이 (m)	50

\* 전파모형 = 자유공간, 표준편차 = 6dB

IV. 측정결과 및 DFS기술



(그림 2) Monte-Carlo 간섭모형



(그림 3) 공간거리에 따른 간섭확률

즉, (그림 3)은 기상 레이더 유형 B의 MCL 계산 결과인 전파 무 간섭거리 19km 이내에서 두 무선기기와의 공간거리에서 발생될 수 있는 전파간섭을 확률적으로 구한 것이다.

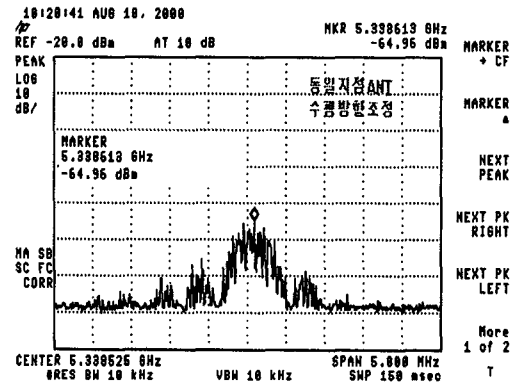
기존의 MCL 방법이 간섭의 유·무를 판단하는데 그쳤다면 Monte-Carlo 시뮬레이션 방법은 MCL에 의해서 간섭이 있다고 계산된 부분이 거리나 간섭전력에 따라 어느정도의 간섭 확률을 발생하는지를 세부적으로 나타낼수 있으며, 이로부터 초고속 무선접속용 기기가 기상 레이더로부터 전파간섭 확률을 얼마나 용인할 수 있는가에 따라 간섭거리나 간섭전력을 조정하는 것을 가능하게 한다.

예를들어 간섭확률을 15% 정도로 용인한다고 가정할 경우, 두 무선기기간의 공간거리는 19km에서 5km가 줄어든 14km 정도가 된다.

위와 같은 Monte-Carlo 실험은 '전파간섭이 있다 혹은 없다'라는 MCL방법의 결과와는 다르게 전파간섭의 발생확률을 제공하여 보다 정교한 무선망 설계 및 주파수 분배를 할 수 있도록 한다.

2000년 8월에 과천에서 기상 레이더의 신호를 5.33GHz 주파수에서 측정한 결과는 (그림 4)와 같이 나타났으며, 측정된 수신전력은 -65dBm으로 매우 높았다.

즉, 실제 측정결과 기상 레이더의 신호가 지역적으로 큰 신호가 있으므로, 두 무선기기간의 간섭을 막기 위해서는 초고속 무선접속용 주파수 대역 안에서 기상 레이더의 간섭신호 대역폭(1MHz ~ 6MHz)을 피할 수 있는 DFS기술을 사용해야 한다.



(그림 4) 기상 레이더 수신 스펙트럼

DFS(Dynamic Frequency Selection) 기술은 한정된 주파수를 여러 사용자가 효율적으로 사용할 수 있도록 제안되는 스펙트럼 활용방법으로서, 자동 주파수 공유(Automatic Frequency Sharing)방법과 능동적 채널 할당(Dynamic Channel Allocation)방법이 있다.

자동 주파수 공유방법은 서로 형태가 다른 서비스가 같은 주파수 대역을 공유할 때 사용되는 방법으로 사용 가능한 최소 스펙트럼을 searching 하는 기능을 갖고, 능동적 채널 할당방법은 형태가 같은 서비스 내에서 일정 시간대나 지역에서 사용자가 폭발할 때, 특정한 시간대로 모든 채널을 몰아주는 방법으로서 한 지역에서 순간적으로 채널을 최대한 사용할 수 있게 하는 기능을 갖는 방법이다.

다시 말하면, 두 무선기기간의 간섭확률이 큰 지역에서 주파수를 공유하기 위해서는 기상 레이더의 신호를 피할 수 있는 DFS기능을 초고속 무선 접속용 기기는 가지고 있어야 한다.

## V. 결 론

본 논문에서는 국외 초고속 무선접속용 주파수 현황을 살펴보았으며, 이를 바탕으로 국내 주파수 분배방안을 간단하게 제안하였다. 그리고 초고속 무선접속용 무선기기의 주파수로 고려되고 있는 5GHz 대역에서 기존의 기상 레이더로부터 방사되는 전파간섭 신호를 MCL방법과 Monte Carlo 시뮬레이션으로 분석하여 공유조건에 필요한 무선수평선과 두 무선기기의 공간거리에서 일어날 수 있는 간섭확률을 구하였다.

또한, 실제 측정결과를 기초로 하여 기상 레이더로부터 방사되는 신호가 큰 지역에는 DFS기술을 이용한 주파수 공유기술이 필요하다는 것을 확인할 수 있었다.

## 참고문헌

- [1] Compatibility Studies Related to the Possible Extension Band for HIPERLAN at 5GHz, ERC Peprt 72, 1999.
- [2] Amendment of the Commission's Rules to Provide for Operation of Unlicensed NII Devices in the 5GHz Frequency Range, FCC Report & Order, 1997.
- [3] Harmonised Radio Frequency Bands for HIPERLANs in the 5GHz and 17GHz Frequency Range, ERO Recommendation T/R 22-06, 1994.
- [4] Report of 5GHz Consultation Event, Friday 2 June 2000.
- [5] Shot Range, High Data Rate, Nomadic Equipment Operation in the Frequency Range 5.150 to 5.875GHz, <http://www.radio.gov.uk/document/5GHz,07.25.,2000>.
- [6] Spectrum Utilization Policy for Licence Exempt Wireless Local Area Networks in the 5GHz Range, Industry Canada, SP-5150MHz, 1999.
- [7] Monte-Carlo Radio Simulation Methodology, ERC Report 68, 2000.