

## 일본에서 도래하는 전파간섭의 측정에 관한 연구

배대환\* · 정인성\*\* · 배재영\*\*\* · 김동일\*\*\*\*

A Study on the Measurement of Radio Frequency Interference  
by the Waves from Noise Source in Japan

*Dae-Hwan Bae\* · In-Seong Chung\* · Jae-Young Bae\*\* · Dong Il Kim\*\**

〈 목 차 〉	
요 약	V. 한국과 일본의 주파수 분배 현황
I. 서론	VI. 측정 데이터 분석
II. 전파간섭의 종류 및 간섭사례	VII. 간섭신호 특성 분석
III. 측정시스템 구성	VIII. 결론
IV. 측정지역 및 측정지역의 기상상태	참고문헌

### 요 약

전파통신의 수요의 증가 및 통신시스템의 발달과 더불어, 인접 국가간의 전파간섭은 중요한 문제로 부각되고 있다. 이러한 문제는 외교적으로 미묘한 것이므로 명확한 기술적 근거를 가지고 대처해야한다. 우리나라의 경우, 일본 후쿠오카에 위치한 기지국에 의한 남해안 TRS 서비스에 전파간섭이 발생한 후, 인접국가간의 전파간섭 문제가 중요하게 부각되었다. 따라서, 본 논문에서는 일본 후쿠오카에서 한국 부산으로 유입되는 전파를 실시간으로 측정하였다.

### Abstract

Along with the increase of demand of radio communications and with the rapid progress of communication systems, the radio frequency interference of neighbor nations is a matter of argue. This problem is a delicate matter which must be dealt diplomatically with by having a distinct technical back ground. After the radio interference has been experienced in the Korean TRS service on the south seashore due to the base stations including the Fukuoka station in Japan, the radio interference problem between neighbor nations has become the matter of conflict. For the purpose to solve this problem, we has measured the radio waves that come from Fukuoka in Japan mainly to Pusan in Korea and also collected data in real-time.

\* 한국해양대학교 전자통신공학과 대학원  
\*\* VERTEL KOREA 부장  
\*\*\* 한국해양대학교 전파공학과 대학원  
\*\*\*\* 전자통신전파공학부 교수

I. 서 론

전파통신에 대한 수요가 증가하고 무선통신시스템을 비롯한 통신서비스의 발달과 함께 국가 간의 전파간섭이 중요한 문제로 대두되고 있다. 우리나라의 경우, 1994년부터 남해안 일대의 주파수공용통신(Trunked Radio System ; TRS) 서비스에서 간섭이 발생한 후, 현지 측정조사를 한 결과 그 원인이 일본의 후쿠오카, 야마구치 등의 해안에서 유입되는 832~834 MHz의 일본 셀룰러 이동통신의 신호임이 밝혀졌다. 즉 일본 셀룰러 이동전화의 송신대역과 (주)한국TRS의 주파수공용통신 수신주파수가 서로 중복되어 간섭현상이 발생한 것이다[1].

이러한 인접국가간의 전파간섭을 줄이기 위해서는 안테나 톨딩, 안테나 패턴조정 등의 대책기술이 제안되고 있으나, 근본적으로는 각국의 사용주파수를 사전에 적절히 조정해야 할 것이다.

국가간의 전파간섭 문제는 외교적으로 매우 미묘하고, 복잡한 문제이기 때문에 그에 따른 명확한 기술적 근거를 가지고 대처해야 한다[2].

2002년부터 상용화 실시 예정인 차세대 멀티미디어 이동통신서비스 IMT-2000(International Mobile Telecommunication-2000)은 우리에게 많은 편리함을 줄 것이지만, 전파간섭에 대한 다각적인 연구와 보안대책이 필요하다. 즉, 인접한 일본과 한국의 IMT-2000 주파수가 동일하기 때문에 전파간섭의 우려가 높다는 것이다.

따라서 본 연구에서는 일본에서 도래하는 전파 신호가 계절적으로 4월에서 9월 사이에 가장 심하게 발생하는 덕팅에 의한 것으로 예상하고, 측정대상 지역을 일본 후쿠오카로 선정하여 4개월간(2000년 7월~10월) 전파신호를 측정하였다. 그리고 측정된 데이터를 분석, 정리하여 덕팅에 의한 일본에서 한국으로 전파되는 전파임을 확인하고자 한다.

II. 전파간섭의 종류 및 간섭사례

2.1 전파간섭의 종류

전파간섭의 종류에는 그림 1에 나타내는 바와

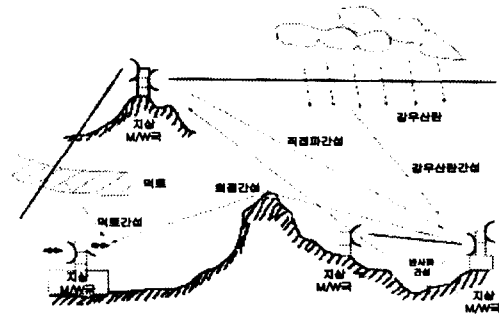


그림 1. 간섭 신호의 전파 전파경로

같이 가지경로(line-of-sight), 회절(diffraction), 대류권 산란(tropospheric scatter), 표면덕팅(surface ducting), 상층 반사 및 굴절(elevated layer reflection and refraction) 등이 있다. 이들 중 우리나라에 간섭을 일으킬 수 있는 종류로는 계절과 기상상태 그리고 장거리 전파의 가능성 등을 고려하여 대류권 산란과 덕팅에 의한 것등으로 간주된다[3].

2.1.1 대류권 산란(tropospheric scatter)

대류권 산란 현상은 그림 2에 나타내는 바와 같이 지표상 1~12 km의 대류권 대기의 불균일성에 의한 이상 굴절 및 부분 반사·산란에 의해 일어나는 현상으로, 송신점과 수신점 상호간에 연결되는 고공영역의 공기 난류에 의해 발생하는 것으로 보인다. 이러한 현상에 의해 형성된 전파는 송신된 전파가 대류권 내를 전달하는 동안에 산란되어 수신안테나에 도달되며, 항상 10 dB 이상 끊임없이

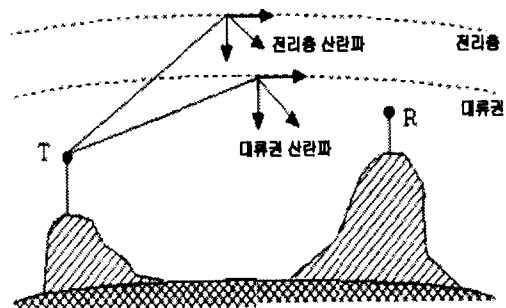


그림 2. 대류권 산란에 의한 전파 전파

변하는 단주기 페이딩을 수반하며, 일출·일몰때 그 변동폭이 크며, 육지보다 해상 전파경로에서 변동폭이 크다[3].

2.1.2 표면덕팅(surface ducting)

대기중에 굴절율이 급격히 감소하는 트래핑층(trapping layer)이 발생하여 이 트래핑층(trapping layer)과 대지(수면)간은 도파관과 같은 역할을 하여, 전파가 이 부분에 갇혀서 진행하게 되며, 이것을 trapping 현상이라 한다. 그림 3은 덕팅에 의한 전파 전파 현상을 나타내고 있다. 따라서 전파는 적은 감쇠로 원거리까지 전파가 가능하고, 자유공간 전파신호보다 간섭신호 레벨이 더 클 수도 있다. 이러한 표면덕팅이 일어나는 원인은 고온 저습한 대기권 상층에, 저온 다습한 대기가 하층에 병존할 때 발생한다.

즉, 해안지역에서는 야간에 육지로부터의 고온 건조한 바람이 해수면상의 저온다습한 공기 위로 불어올 때, 또는 저온건조한 공기가 고기압권의 하강 기류에 의해 습한 공기와 만날 때 일어날 수 있다.

우리 나라에 전파간섭을 발생시키는 표면덕팅의 특징은 1년을 기준으로 3월~9월말까지 지속적으로 발생되나 10월~3월초까지는 거의 발생되지 않고, 기상상태가 쾌청할 때 간섭이 심하며, 우천시나 흐릴 때는 간섭이 거의 발생하지 않는 특성을 가지는 것으로 보고되어 있다[1],[5].

2.2 간섭사례

2.2.1 국내

남해안지역에서 상용 서비스되고 있는 (주)한국 TRS의 TRS 망에 통화중 간섭이 발생하거나 통화가 중단되는 등 문제가 발생하였고, 처음으로 감지된 것은 1994년 4월이었다. 그리고 1996년부터 국내 TRS 수신 주파수대에 심한 간섭현상이 일어난 후 (주)한국TRS와 중앙전파관리소의 합동 조사결과 그 원인이 일본의 후쿠오카, 야마구치 해안에서 유입되는 신호인 것으로 밝혀졌다[1].

2.2.2 국외

1) 한국과 일본의 경우처럼 바다를 통한 덕팅에 의해 간섭이 발생하는 영국과 프랑스는 양국간의

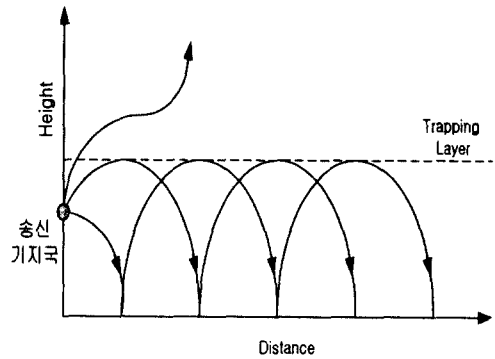


그림 3. 덕팅 전파 전파

공동 측정 연구를 수행해 오고 있으며, 1992년 GSM (Global Special Mobile) 주파수인 890~915 MHz, 995~960 MHz대역의 주파수 조정 협정을 체결하였다[6],[7].

2) 미국과 캐나다의 경우 1962년부터 30 MHz 이상의 주파수 대역에 대한 주파수 협정을 체결하였다[8],[9].

III. 측정시스템 구성

3.1 측정시스템 사양

측정시스템의 구성요소에 대한 사양은 아래와 같다.

- (1) Spetrum Analyzer(스펙트럼 분석기)
  - 모델 명 : HP8564E
  - 규 격 : 30 Hz ~ 40 GHz
  - 제조회사 : Hewlett Packard
- (2) Double Ridged Guided Antenna
  - 모델 명 : EM-6960
  - 규 격 : 200 MHz ~ 2 GHz
  - Average Power Gain : 7.8 dB
  - Eplane - 50°, Hplane - 45°
  - 제조회사 : Electro-Metrics, INC.
- (3) RF Cable
  - 모델 명 : RG-214/V

- 규격 : 50 Ω, 10.7 m
- 제조회사 : mIntercomp

(4) GPIB Card

- 모델명 : 2100-2
- 규격 : GPIB
- 제조회사 : National Instruments

(5) Software

- 모델명 : HP Vee 4.0
- 규격 : GPIB Control
- 제조회사 : Hewlett Packard

그림 4는 전파측정 시스템의 전체 구성도를 나타낸 것이다.

3.2 소프트웨어 제작

HP Vee에 의한 전파측정 프로그램으로 Spectrum Analyzer를 원격 및 자동제어 하여 24시간 동안 실시간 전파측정이 가능하다. 특히, 데이터 백업 및 무인화가 가능하다.

측정조건은 200 MHz~650 MHz, 650 MHz~1,100 MHz, 1,100 MHz~1550 MHz, 1550 MHz~2 GHz의 4개 대역으로 나누어 각 대역당 10분 측정·5분 휴식으로 하였다. 그림 5는 실시간 전파측정 시스템의 구동 프로그램의 메인 흐름도이고, 그림 6은 실시간 전파측정 프로그램에 의해 측정된 전파의 대역별 수신레벨을 나타낸 것이다.

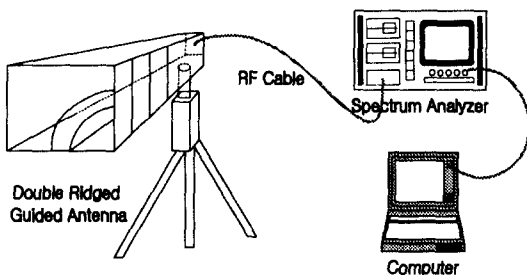


그림 4. 전파측정 시스템 구성도

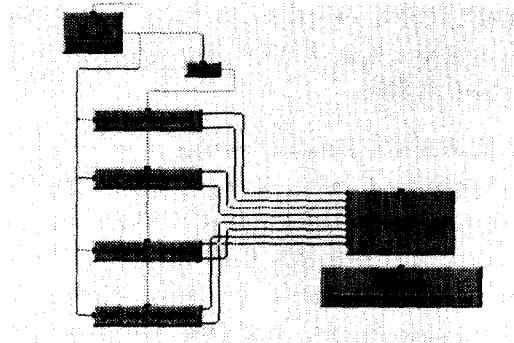


그림 5. 측정소프트웨어 전체 구성도

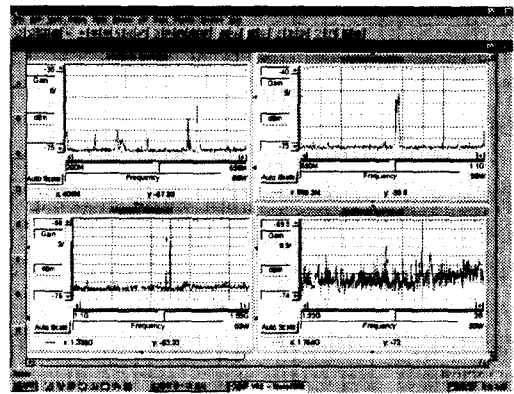


그림 6. 실시간 전파측정 프로그램에 의해 측정된 전파의 대역별 수신레벨

IV. 측정지역 및 측정지역의 기상상태

4.1 측정지역

측정지역은 표 1에 나타난 바와 같이 부산광역시 영도구 동삼동 한국해양대학교 내의 50주년 기념관에서 측정하였으며, 그림 7은 50주년 기념관의 외관을 나타내고 있다

측정지역(한국해양대학교)과 측정대상지역(후쿠오카)의 지리적 위치는 그림 8에 나타내었다.

4.2 측정지역의 기상상태

본 연구의 전파측정 기간은 3개월(2000. 8~2000. 10)이며, 이 기간동안에는 계절적으로 4월에서 9월

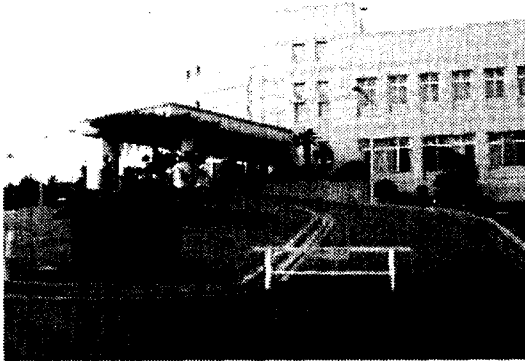


그림 7. 측정장소(50주년 기념관) 외관

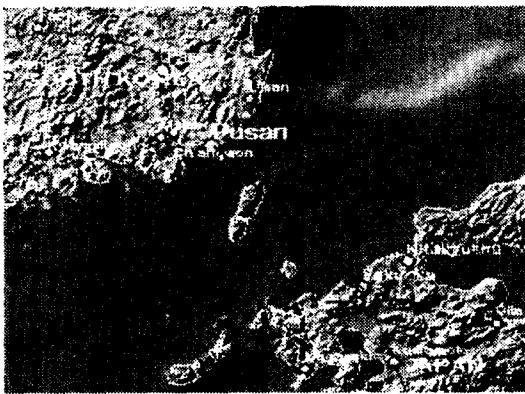


그림 8. 한국해양대학교와 일본후쿠오카의 지리적 위치(※ 안테나 방위각 : 143.8°)

표 1. 측정지역과 측정대상지역의 위도 및 경도

지역 좌표	한국해양대학교	일본 후쿠오카
위 도	북위 35 ° 04' 35"	북위 33 ° 35'
경 도	동경 129 ° 05' 06"	동경 130 ° 250'

사이에 많이 발생하는 표면터핑이 주된 간섭현상으로 작용한다[1],[2].

표면터핑은 수신지점의 기상과 밀접한 관계가 있으며, 수신지점의 안테나 위치, 강수량, 기온, 기압, 일사량의 변화에 영향을 받는다. 대체로 강우 이전 · 고온 · 고압이며 일사량이 적을 때 터핑현상

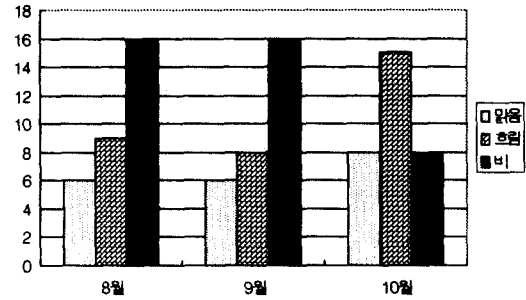


그림 9. 2000년 8월~2000년 10월까지의 기상상태

이 심한 것으로 보고되어 있다[2].

그림 9는 측정기간의 기상상태를 나타낸 것으로 전파 도래에 중요한 요인 중 하나로 간주된다.

### V. 한국과 일본의 주파수 분배 현황

전파간섭 측정 시 일본에서 유입하는 전파가 한국의 전파에 간섭을 미치는지의 여부를 확인하기 위해 한국과 일본의 주파수 분배를 표 2(한국의 주파수 분배현황)와 표 3(일본의 주파수 분배현황)에 각각 나타내었다.

이 표에서 알 수 있듯이 한국과 일본에서 사용하는 주파수가 서로 공통되는 영역이 있으므로 일본에서 한국으로 전파가 도래하였을 경우, 한국에 전파간섭이 일어날 수 있다고 보여진다.

한국에 간섭을 일으킬 수 있는 주파수 영역은 따로 표시를 해두었다.

표 2. 한국의 주파수 분배현황 [MHz]

업무별	주파수대역	
	기 지 국	이 동 국
이동전화	869~894	824~849
TRS	851~899	806~821
무선 데이터통신	389.5~399.5	371.5~381.5
개인 휴대통신(PCS)	938~940	898~900
항공무선항행무선표정	1300~1400	
IMT 2000	1885~1980, 2010~2025, 2110~2170	
방송용	57~85, 177~213, 473~749	

표 3. 일본의 주파수 분배 현황 [MHz]

주파수대역 업무별	기 지 국	이 동 국
이동전화	860~870	915~925
	843~846	898~901
	832~834	887~889
간이용상이동 무선전화통신	940.00625~959.99375 810.00625~820.99375	
무선 데이터통신	838.025~842.975	893.026~805.750
개인 휴대통신 (PHS)	1895~1918	
항공무선항행 무선표정	1300~1400	
IMT 2000	1885~2025, 2110~2200	
방송용	170~194, 192~222	

■ : 간섭을 일으킬 수 있는 주파수 대역

### VI. 측정 데이터 분석

그림 10에서 보는 바와 같이 880 MHz대역과 1.348 GHz대역에서 높은 수신레벨을 나타내고 있으므로 이 주파수 대역에서 덕팅이 일어나고 있음을 예상할 수 있다. 따라서 880 MHz대역과 1.348 GHz대역에서 날씨별, 시간대별, 계절별, 시간별로 분석을 하였다.

600 MHz대역 역시 높은 수신레벨을 나타내고 있으나, 이 대역은 한국의 방송용 주파수 대역이고 일본에서 사용하는 주파수 대역이 아니므로 분석에서는 제외하였다.

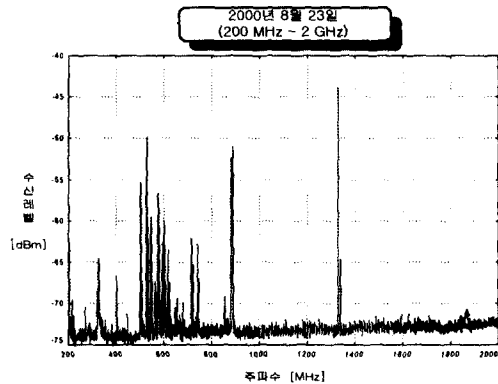


그림 10. 측정 데이터 (맑음)

### 6.1 800 MHz대역의 분석

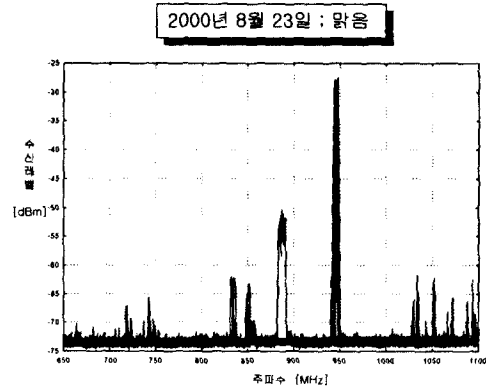


그림 11. 아침시간대(06:00 - 08:00)의 측정데이터

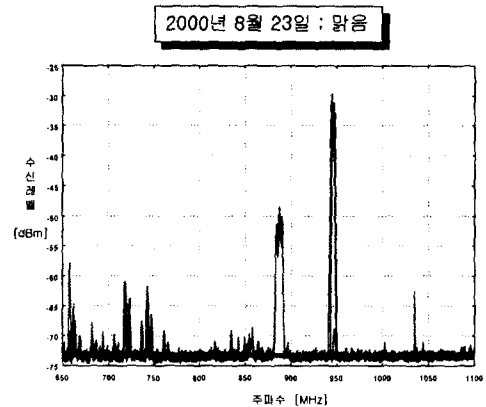


그림 12. 점심시간대(12:00-14:00)의 측정데이터

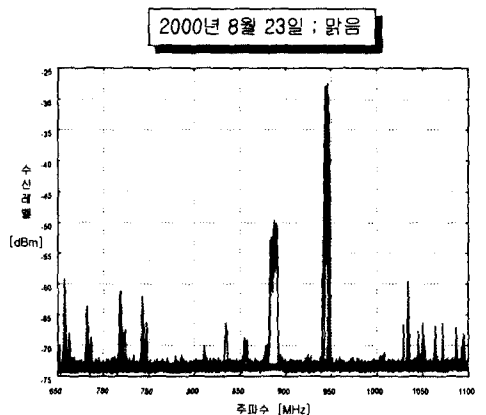


그림 13. 저녁시간대(17:00-19:00)의 측정데이터

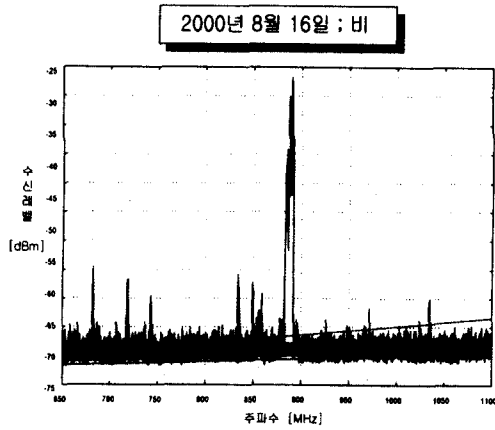


그림 14. 아침시간대(06:00-08:00)의 측정데이터

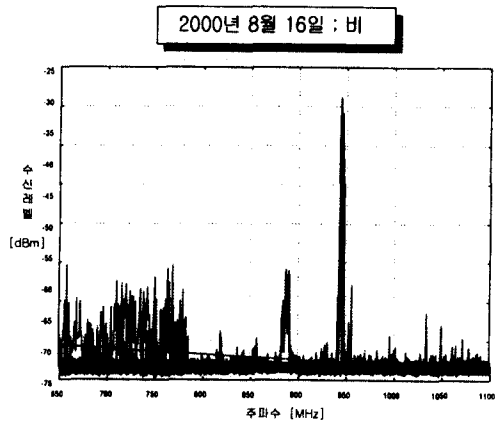


그림 15. 점심시간대(12:00-14:00)의 측정데이터

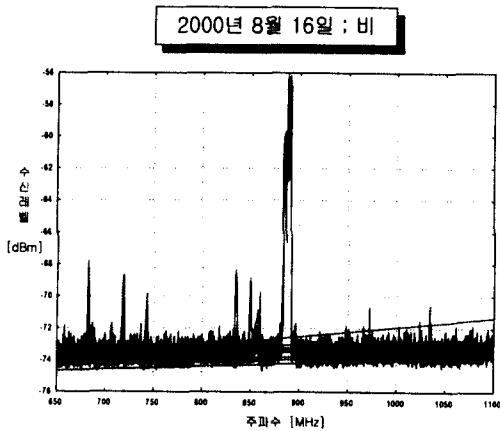


그림 16. 저녁시간대(17:00-19:00)의 측정데이터

그림 11에서 16까지의 측정 데이터 분석결과 880 MHz 주파수 대역에서는 맑은 날과 우천시에 관계 없이 비슷한 수신레벨을 유지하는 것으로 보아, 그 주파수 대역이 한국 PCS 주파수 대역과 같으므로 일본본토에서 유입되는 전파가 아닌 대마도 및 한국 내에서 사용되는 전파인 것으로 여겨진다.

## 6.2 1.348 GHz대역의 분석

### 6.2.1 요일별 분석

그림 17과 18의 측정 데이터로부터 우천시에는 전 주파수 대역에서 매우 낮은 수신레벨값을 나타

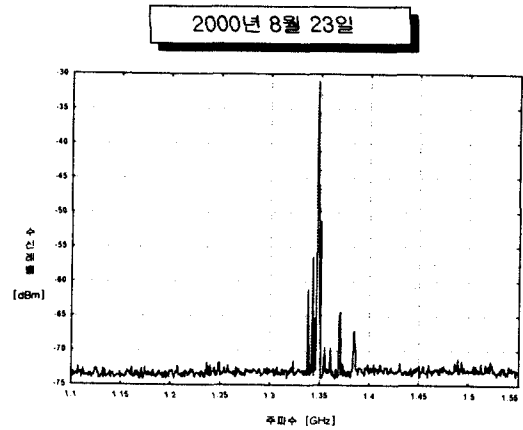


그림 17. 맑은 날의 측정 데이터

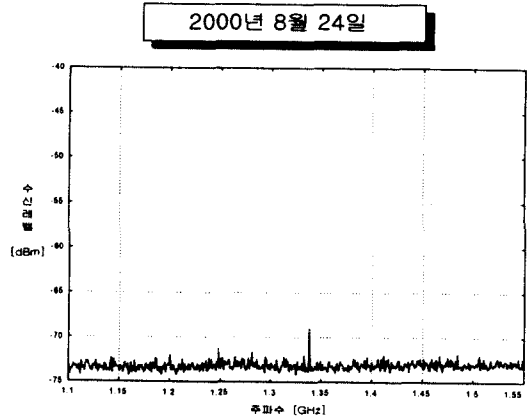


그림 18. 우천시의 측정 데이터

내고 있지만, 맑은 날에는 1.348 GHz 대역에서 매우 높은 수신레벨값을 나타내므로 이 주파수 대역에서의 덕팅현상이 의심된다.

6.2.2 시간대별 분석

맑은 날과 강우일의 비교분석을 통해 덕팅현상이 의심되는 1.348 GHz 주파수 대역의 정확한 분석을 위해 아침(06:00~08:00), 점심(12:00~14:00), 저녁(18:00~20:00)로 주파수대역을 시간별로 세분화하여 분석하였다.

그림 19 ~ 21에서 보는바와 같이 1.348 GHz 주파수 대역의 일몰시간대의 전파의 수신레벨이 가장 높게 나타나는 것을 알 수 있다. 그리고 각 시간대의 최대치를 비교하면 아침은 1.348 GHz 주파수 부근에서 약 -53 dBm, 점심은 1.348 GHz 주파수 부근에서 약 -45 dBm, 저녁은 1.348 GHz 주파수 부근에서 약 -24 dBm으로 저녁때 가장 높게 나타남을 알 수 있다. 따라서 지금까지의 분석결과 1.348 GHz 주파수 대역에서의 일본에 의한 전파유입이 덕팅에 의한 것으로 예상되어 진다.

6.2.2 계절별 분석

덕팅현상의 중요한 특징 중 하나는 덕팅현상은 계절적으로 여름철에 주로 발생한다는 것이다. 따라서 본 연구에서는 10월달 중 맑은 날과 우천시의 측정 데이터를 분석하여 덕팅현상의 여부를 알아보려고 한다.

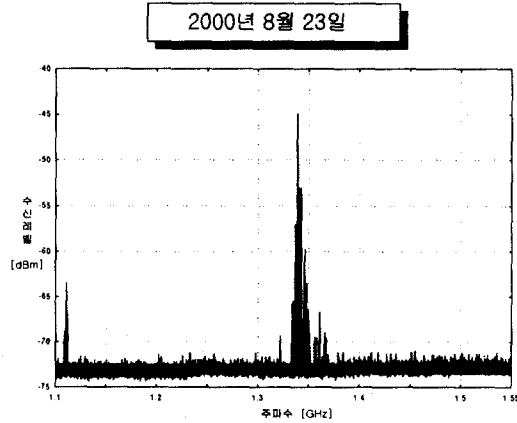


그림 20. 점심시간대(12:00~14:00)의 측정데이터

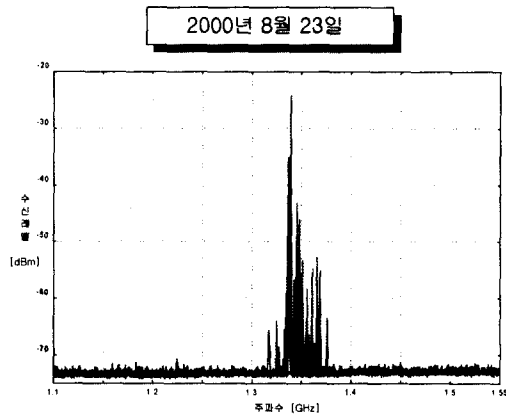


그림 21. 저녁시간대(18:00~20:00)의 측정데이터

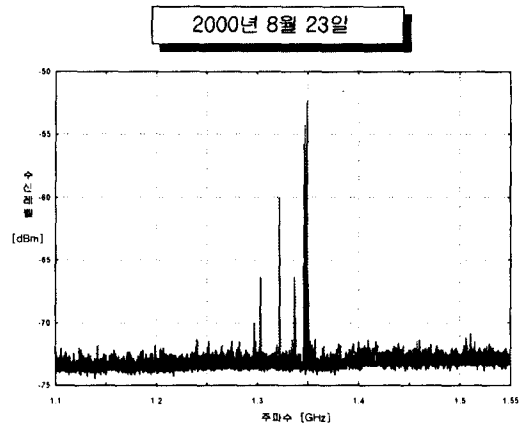


그림 19. 아침시간대(06:00~08:00)의 측정데이터

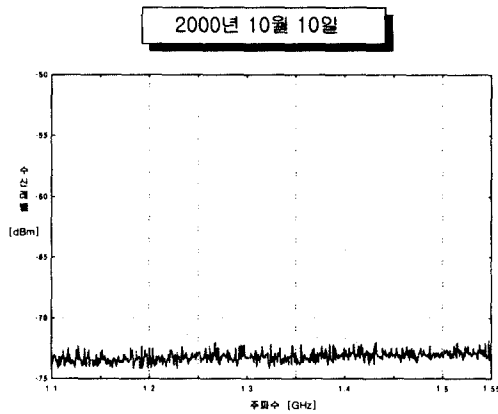


그림 22. 맑은 날의 측정 데이터



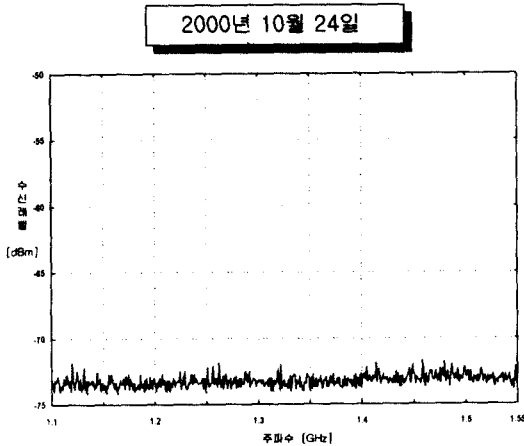


그림 23. 우천시의 측정 데이터

한국과 일본간의 800 MHz 대역의 전파 간섭 분석(한국통신학회 논문집)에 따르면 여름철에 주로 발생하는 덕팅현상은 가을인 10월 달에는 날씨와 관계없이 발생하지 않는다는 것을 알 수 있다.

그림 22와 23의 측정 데이터로부터 맑은 날과 흐린 날의 수신레벨은 전주파수 대역(1.1 GHz ~ 1.55 GHz)에 걸쳐 -70 dBm 이하이므로 가을에는 덕팅이 발생하지 않음을 알 수 있다.

#### 6.2.4 시간별 분석

덕팅에 의한 일본에서의 전파유입이 일어난다고 보여지는 1.348 GHz대역의 정확한 비교분석을 위해 덕팅이 심하게 일어나는 여름철 중 8월 몇 일간의 데이터를 0시부터 24시까지 시간별 분포형태로 분석하였고, 강우시와 맑은날과의 비교분석을 행하였다.

그림 24는 1.348 GHz 대역에서 8월 중 강우일을 택하여 2000년 8월 5일(맑음)과 비교분석을 행한 것이다. 이 비교특성에서 알 수 있듯이 맑은 날의 수신레벨은 새벽 3시경과 오전 6시에서 1시, 오후 5에서 밤 12시경에 우천시 보다 높게 나타난다.

그림 25는 1.348 GHz 대역에서 8월 중 강우일을 택하여 2000년 8월 11일(맑음)과 비교분석을 행한 것이다. 이 특성에서 알 수 있듯이 맑은 날의 전파세기는 새벽 3시에서 5시 사이와 오전 10시에서 3시, 오후 5에서 밤 9시 경에 우천시 보다 높게 나타난다.

그림 26은 1.348 GHz 대역에서 8월 중 강우일을

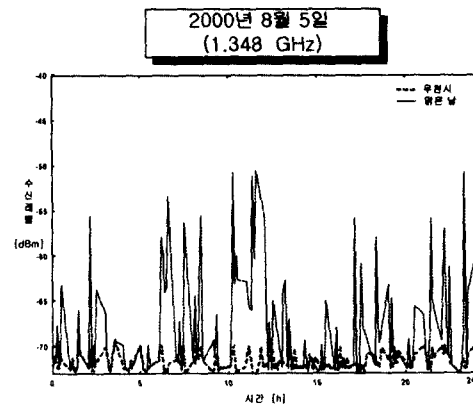


그림 24. 맑은 날과 강우일의 비교특성

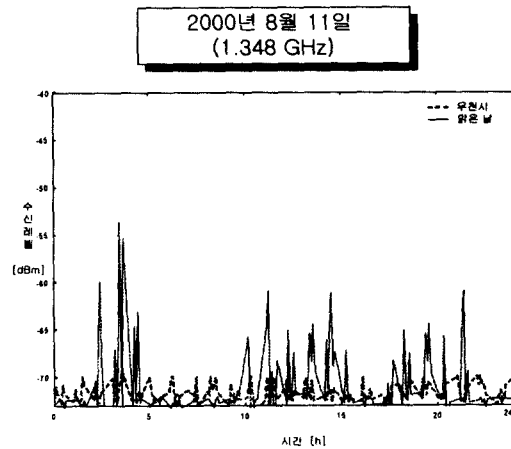


그림 25. 맑은 날과 강우일의 비교 특성

택하여 2000년 8월 22일(맑음)과 비교분석을 행한 것이다. 이 특성에서 알 수 있듯이 맑은 날의 전파세기는 오전 10시경에 우천시 보다 높게 나타난다.

### VII. 간섭신호 특성 분석

지금까지의 분석 단계인 맑은 날과 강우일의 비교, 아침,점심,저녁 시간대별로 비교분석, 시간별 분포분석에 의해 도출된 데이터를 일본으로부터의 덕팅현상에 의해 유입되는 것으로 예상되는 1.348 GHz에 대해 8월부터 10월까지 3개월간 시변특성을 분석하였다.

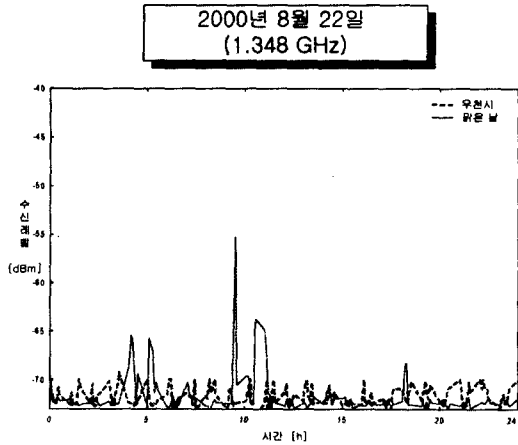


그림 26. 맑은 날과 강우일의 비교 특성

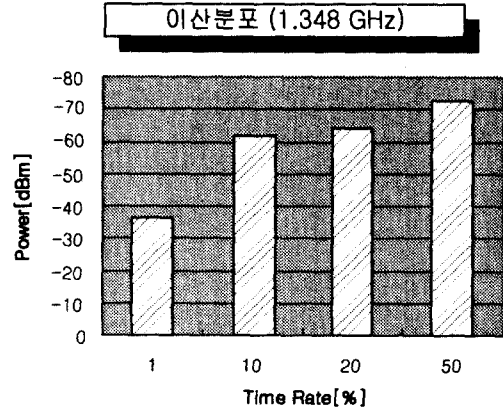


그림 28. 수신레벨에 대한 이산분포

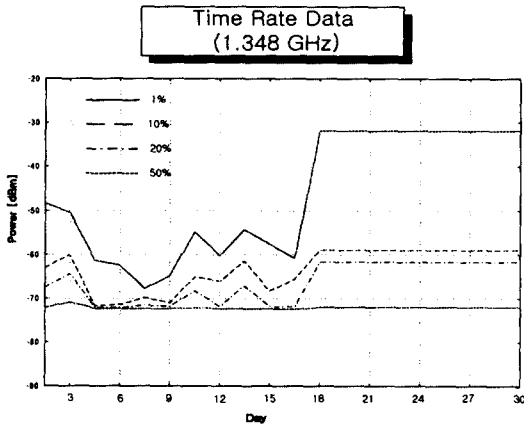


그림 27. 1.348 GHz에 대한 시변특성

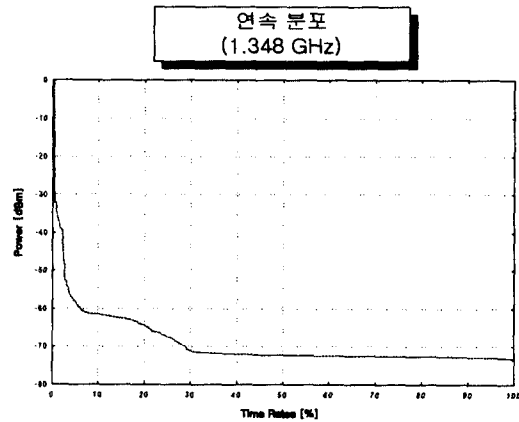


그림 29. 수신레벨에 대한 연속 분포

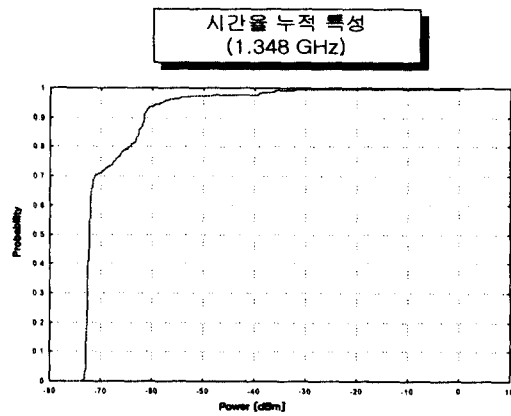


그림 30. 시간율 누적 특성

그림 27은 주파수 1.348 GHz에 대한 시간율 이산 분포특성을 나타낸 것이다. 이 결과로부터 1.348 GHz에서 1%일 때는 36 dBm, 10%일 때는 62 dBm, 20%일 때는 65 dBm, 50%일 때는 70 dBm 정도의 분포를 나타내었다.

좀 더 구체적으로 시간에 따른 이산분포를 그림 28에, 연속분포를 그림 29에 나타내었다.

주파수 1.348 GHz에 대한 시간율 누적 특성은 그림 30와 같이 얻어졌다.

### VIII. 결 론

본 연구에서는 일본에서 도래하는 전파의 간섭을 측정, 분석한 것으로서 2000년 8월 초부터 10월 말까지 3개월간 전파측정을 수행하였고, 측정 장소는 부산의 영도구 동삼동에 소재하고 있는 한국해양대학교 50주년 기념관으로 설정하였으며, 필요한 측정시스템을 구성하여 200 MHz ~ 2 GHz 대역의 일본에서 도래하는 전파를 실시간으로 측정, 분석하였다. 한일간의 전파간섭측정 및 분석은 1999년 800 MHz 대역에서 전파간섭을 측정, 분석했지만, 부산과 후쿠오카 간의 전파 간섭에 대한 측정은 양국간의 가장 근접한 지역이라 국내 전파환경 보호면에서 중요한 의미를 가지고 있으며, 한일 간의 전파간섭에 대한 측정의 좋은 예라 할 수 있다.

전파의 측정 기간은 덕팅 현상이 많이 발생하는 여름철(8월 중심)을 대상으로 했으며, 10월의 측정 데이터는 계절적으로 덕팅 현상이 거의 발생하지 않아 제외시켰다. 긴 장마와 잦은 정전사고로 많은 양의 데이터를 확보 하지 못했지만 최적의 위치에서 측정한 데이터로서 그 신뢰성은 높다. 일본에서 도래하는 전파의 간섭 예상 주파수를 검색하기 위해 200 MHz~2 GHz 대역을 4개 대역으로 나누어 10분 간격으로 측정한 결과 880 MHz 대역과 1.345 GHz대역에서 강한 전파가 수신되었다.

880 MHz 대역의 주파수는 맑은 날과 우천시 수신레벨의 변동이 거의 없어 국내에서 서비스중인 이동통신주파수 또는 가까운 대마도에서 도래한 전파로 예상되어 정밀 분석에서는 제외시켰다. 한편 1.345 GHz대역의 주파수는 맑은 날과 우천시 수신레벨이 50 dB 정도의 현저한 차이가 발생했으며, 그 대역을 정밀하게 분석한 결과 덕팅에 의하여 수신되는 전파임을 확인할 수 있었으며, 그 밖의 다른 주파수에서도 본 연구에서 사용한 측정법, 분석방식 및 측정시스템은 활용 가능할 것으로 판단된다. 그러나, 전파발생 대상 지역을 분산하여 측정하고, 가까운 대마도에서 사용되고 있는 주파수

와 국내 사용주파수의 명확한 확인이 요구된다.

향후, 일본에서 도래하는 전파의 정확한 분석과 전파간섭 대책을 수립하기 위해서는 양국간의 정보교환과 긴밀한 협조 및 체계적인 데이터 베이스 구축이 필요할 것이다.

### 참고문헌

- 1) 이형수, 박운현, 김창곤, 박한규, "한국과 일본 간의 800 MHz 대역의 전파 간섭 분석", 한국통신학회 논문집, 제 23 권 제 8 호, pp.1952 ~ 1962, 1998.
- 2) 백정기 외 4인, "인접국가간 간섭 사례분석 및 대책연구", 한국전자통신연구원 최종보고서.
- 3) 김태하, 디지털 무선통신망 구축실무, 도서출판 우신, 1995.
- 4) 이기학 외 3인, 전자파 및 안테나공학, 광문각, 1993.
- 5) A. A. R. Townsend, Digital Line-of-Sight Radio Links : A Handbook, Prentice-Hall, 1988.
- 6) A. N. Tawfik and E. Vilar, "X-Band Transhorizon Measurements of CW Transmissions Over Sea-Part I : PathLoss, Duration of Events, and Their Modeling", IEEE Trans. Antennas and Propagat., vol. 41, no. 11, pp. 1491~1500, 1993.
- 7) Agreement on Frequency Coordination between France and the United Kingdom in the Frequency Bands 890~915 MHz and 935~960 MHz Designed for the Global System for Mobile Communications (GSM), London, 1992.
- 8) Treat Series 1962 No.15, Coordination and Use of Radio Frequencies : Exchange of Notes between Canada and the United States of America, Ottawa, 1962.
- 9) Revised Technical Annex, Telecommunication and Use of Radio Frequencies Above 30 Megacycle per second, 1965.