

## 한국과 일본간의 800MHz 대역의 전파 간섭 분석

정회원 이 형 수\*, 박 윤 현\*\*, 김 창 곤\*\*, 박 한 규\*\*\*

### An Analysis of Radio Interference in 800MHz-Band between Korea and Japan

Hyung-Soo Lee\*, Yoon-Hyun Park\*\*, Chang-Kon Kim\*\*, Han-Kyu Park\*\*\* *Regular Members*

#### 요 약

국내 남해안 일대에서 '94년부터 TRS 서비스에 간섭이 발생되고 있다. 간섭 측정 결과 일본에서 디지털 셀룰러 이동서비스에 의한 것으로 밝혀졌다. 이는 일본의 디지털 이동전화의 송신주파수와 한국의 TRS 수신 중계국의 주파수가 서로 중첩하기 때문이다. 그러나 한국과 일본간의 거리가 240km~300km 떨어져 있으므로 일본측은 기술계산 결과 그 간섭 발생지가 일본지역이 아니라고 주장하였다. 본 논문에서는 주 간섭 원인이 일본으로부터의 덕팅전파 현상으로 제시하였으며 이를 컴퓨터 시뮬레이션과 측정자료로서 확인하였다.

#### ABSTRACT

Radio interference has been occurred in TRS service on the south seashore in Korea from 1994. After monitoring the radio signal interference, it is found that the main reasons of radio interference are due to the source stations located at Fukuoka and Yamaguchi in Japan. However, Japan didn't agree about this fact, based on the their technical evaluation of the radio signal; since the distance (about 240~300km) of the radio station between Fukuoka and Pusan is enough to separate from the interference, the radio signal from Digital Mobile Phone in Japan cannot be reached to Pusan area in Korea. In this paper, we verified that the main sources of radio interference are a ducting propagation generated from Japan area by using the computer simulation technique and the measuring data.

#### I. 서 론

남해안지역에서 상용 서비스되고 있는 한국 TRS (주)의 주파수공용통신(TRS)망에 통화중 간섭이 발생하거나 통화가 중단되는 등 문제가 발생하였다[1]. 이와 같은 현상은 표 1과 같이 처음 1994년 4월에 처음 감지되었다. 그러나 '94년과 '95년은 그 정도가 심하지 않았으므로 그 원인과 간섭을 미치는 서비스나 기

\* 한국전자통신연구원 전파자원연구팀

\*\* 정보통신부 전파방송관리국

\*\*\* 연세대학교 전파공학과

論文番號 : 98132-0324

接受日字 : 1998年 3月 24日

지국에 대해서도 심각하게 고려하지 않았으며 단지 불요 전파가 존재한다는 정도로 판단하고 있었다. 그러나 '96년부터 국내 TRS 수신 주파수대에 심하게 간섭을 일으키게 됨에 따라 이 지역의 TRS서비스에 가입하고 있는 사용자들의 불만이 증가하게 되었다. 이에 따라 한국TRS(주)에서 중앙전파관리소에 불요전파 검사를 요청함에 따라 '96년 5월과 8월 2차에 걸쳐 현지에서 합동 조사를 하게 되었다.

측정 결과 그 원인은 일본의 후쿠오카, 야마구치 등의 해안에서 유입되는 신호인 것으로 밝혀졌으며 그 주파수 대역에서 일본에서 사용하고 있는 서비스는 디지털 셀룰러이동통신인 것으로 조사되었다. 즉 일본 셀룰러이동전화의 송신대역(810~826MHz)과 한국TRS(주)

의 주파수공용통신(이하 TRS라 함) 수신주파수(811~816MHz)가 서로 중복되는 관계로 간섭현상이 발생한 것이다. 그러나 일반적으로 셀룰러이동통신의 서비스 반경은 최대 30-50Km이내인 것으로 알려줘 있는데 비해[2],[3], 한국과 일본간의 거리는 약 240km~300km 떨어져 있기 때문에, 그 원인 규명과 적절한 해결책을 찾기 어려웠다. 이러한 원거리에서는 과거 마이크로웨이브대역이나 UHF대역에서 원거리 통신을 위해 10kw이상의 출력과 고 지향성안테나를 사용하여 통신을 한 사례는[4],[5] 있으나 소출력의 이동통신에서는 국내에 알려진 바가 거의 없었기 때문이다.

이 문제를 해결하기 위해 '97년 5월에 정보통신부는 ETRI와 한국TRS(주)로 대책 검토반을 구성하여 그

표 1. TRS 간섭 해결 진행과정

일 자	한 국 측	일 본 측	비 고
94.4	한국 TRS에서 처음 간섭 발생 확인		간섭 피해가 적었음
96.5.9	한국 TRS에서 중앙전파관리소에 간섭조사 요청		간섭피해가 커짐
96.5.14 ~96.5.18	한국 TRS와 중앙전파관리소 1차 합동 측정		간섭이 일본지역으로 결정
96.5.29	일본주파수과에 전파간섭 협조 요청	거리 240-300Km가 되므로 출력 100kW이상이야 한국측에 영향을 미칠수 있으나 그런 큰 신호는 측정 결과 없음	일본측의 신호가 아닌 것으로 답신('96.6.24)
96.8.12 ~96.8.24	한국 TRS와 중앙전파관리소 2차 합동 측정	Fukuoka와 Yamaguchi 해변가에 있는 기지국 제원을 보냄(97.5.23)	간섭발생지 확인
97.6.27	한국 TRS에서 정보통신부에 간섭해소 대책 문서 제출		정보통신부 주파수과가 담당
97. 7.5	간섭이 일어나는 TRS기지국 제원과 측정 결과 자료 일본에 보냄		
97.7.15	ETRI에 발생 원인과 분석을 요청		ETRI 원인분석 시뮬레이션
97.7.23	한국 TRS, 정보통신부, ETRI 대책 회의 - 한국 TRS : 측정자료와 일본통신녹음자료 제시 - ETRI : 주발생원인이 덕팅전파로 결론을 냄		7.30 한국에서 한-일간 관계 회의 요청
97.7.30	- 한국 롯데호텔회의실에서 한일간 회의 - 검토 자료 및 발생원인 기술계산 결과 설명과 측정 및 녹음자료 제출	- 일본측 계산 발표로는 한일간은 지구 구면 회절이므로 영향이 미치지 않는다는 기존의 입장 고수	- 한국측 계산결과를 일본측 전문가에게 재검토하기로 함
97.8.8		국내 TRS시스템과 기지국, 지형정보에 대한 정확한 제원 요청	한국TRS 자료 제공
97.8.18		한국측이 제시한 원인과 계산을 인정, 대책 강구하겠다는 답장 받음	한국측 결과 수용함
97.9.18		연안의 기지국중 해발고도 100m 이상 기지국은 21개로 너무 많기 때문에 정확한 간섭 기지국을 파악하기 위해 10월초 한국에서 측정 요청	10월부터는 간섭현상이 발생하지 않음
97.9.24	10월부터는 간섭이 발생되지 않으므로 일본측의 주파수 조정 대책 강구 요청과 '98년 중에 측정가능하다는 문서 발송		

원인에 대해 검토를 하였다.

본 논문은 한일간의 간섭현상에 대한 실태 분석과 한국과 일본간의 서로 다른 간섭 기술계산방법과 우리측의 시뮬레이션 결과 및 간섭원인에 대해 제시하였다.

## II. 간섭 현상 분석

### 1. 간섭 영향 지역 및 간섭 발생 지역

'95년부터 '96년도에 걸친 측정 결과 간섭이 발생하는 지점은 그림 1과 같이 대부분의 남해안지역의 TRS 중계국에서 발생하고 있는데 각 지역의 좌표 및 제원은 표 2와 같다. 이는 현재 서비스 중인 한국TRS(주)에서 만 조사되었으나 향후 다른 전국 및 지역 TRS 사업자의 서비스가 개시되면 이 지역내의 다른 중계국도 영향권에 들것으로 판단된다[1].

간섭현상은 중계기 수신기의 squelch on 상태시 원하는 평음이 발생하며 수신기의 상시 동작과 수신감도 저하 현상이 발생하였다. 이러한 현상에 따라 가입자 단말기에서는 이동중계국과 핸드셰이킹이 이루어지지 않아 통화가 불가하든지 접속은 되더라도 통화 중에 절단되는 현상이 발생하고 있다.

중앙전파감시소와 한국 TRS(주)의 합동으로 남해안 간섭발생지국에서 간섭신호측정기(ESN: Rohde & Schwarz사의 EMC/Field-Strength Measurement Model)

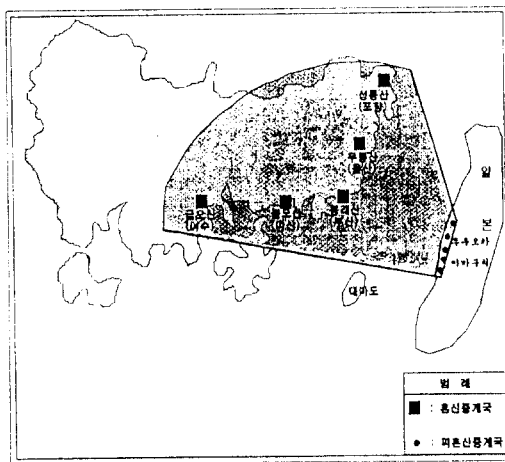


그림 1. 간섭영향지역

표 2. 국내 TRS 수신국 제원

중계소/지역	좌 표		해발고/안테나고(m)	해안선까지 거리(km)
	북 위	동 경		
봉래산부산	35°56'12 ~	129°30'20 ~	290/63	2.0
무룡산울산	35°35'14 ~	129°24'14 ~	450/35	1.5
성동산포항	35°37'50 ~	129°31'20 ~	200/58	3.5
불모산마산	35°19'50 ~	128°44'37 ~	802/35	4.5
금오산여수	34°59'29 ~	127°52'05 ~	849/15	2.0

와 LP(Log Periodic)안테나를 이용하여 간섭 발생지를 방탐한 결과 간섭원의 발생 지점은 일본 후쿠오카와 야마구치지역으로 확인되었다[1].

### 2. 한일간 주파수 할당 현황

한국과 일본의 중첩 주파수 내역은 그림 2와 같다. 국내에서 A band는 포항제철, 전력공사 등의 자가통신용 TRS에 할당되어 있으며 B와 C band는 전국사업자인 한국 TRS(811.0125~815.9875MHz), 아남텔레콤과 지역사업자인 세방텔레콤과 대구 TRS, 제주 TRS, 광주 TRS로 할당되어 있다[7]. 그리고 일본은 신전전계 디지털 이동전화사업자가 810.0125~825.9875MHz로 할당되어 있는데 '94년도에 일부 시범 서비스후 '95년부터 본격적으로 서비스를 하고 있었다. 이와 같이 한국의 TRS와 일본의 이동전화 주파수가 810.0125~820.9875MHz에서 상호 중첩되기 때문에 이 대역에서 서비스를 하고 있는 사업자에게는 간섭이 발생할 가능성이 있다.

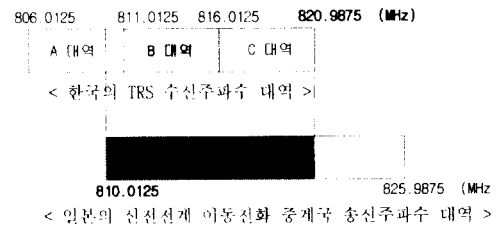


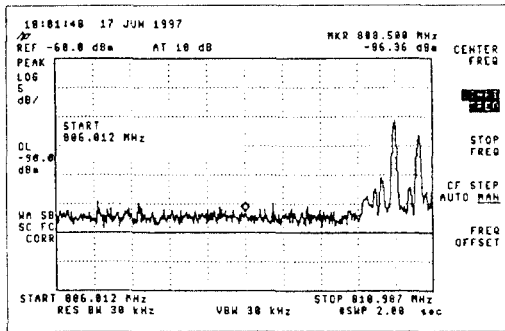
그림 2. 주파수 할당 현황

### 3. 간섭 신호 특성

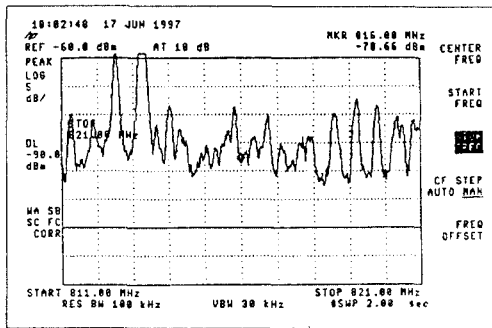
국내에서 측정된 신호는 그림 3과 같이 A band는 일본과 겹치는 810MHz대역의 일부에만 큰 유입 신

호가 있음을 볼 수 있으며 B와 C band는 전 대역에 걸쳐 큰 신호가 유입됨을 볼 수 있다.

간섭신호의 크기는 약 1.5uV/m(-105dBm)~22.uV/m(-86dBm)의 수신세력이 유입되고 있는데 단주기동안 신호의 가변이 크게(19dBm) 발생하는 것을 볼 수 있다.



(a) A band 간섭신호



(b) B, C band 간섭신호

그림 3. 간섭 신호 세기

1년을 대상으로 볼 때 3월부터 9월말까지 지속적으로 발생되나 10월 이후부터 3월초까지는 거의 발생되지 않고 있다. 그리고 기상상태가 쾌청할 때 간섭이 심하며 우천시나 흐릴 때는 간섭이 거의 발생하지 않는 특성을 보이고 있다.

### III. 한일간 간섭계산 분석

#### 1. 일본측 계산(8)

일본측은 표 3과 같은 6개 기지국에 대한 좌표, 안테나높이(해발고도 포함), 출력, 방위각과 빔폭, 부산과의 거리에 대한 정보를 우리측에 보내 주었다. 일본은 이 기지국 중 안테나 높이가 가장 높은 6번 기지국과 거리가 가장 가까운 우리 나라 부산을 예로 하여 전파손실과 수신세력을 계산하고 있다.

표 3. 일본 송신국 제원

기지국	좌표(북위)	좌표(동경)	해발고도(m)	출력(e.i.r.p) dBm	빔방위각(도)	빔폭(도)	부산과의거리(km)
1	33°52'27"	130°49'32"	135	49.65	120	120	259
2	33°38'06"	130°48'25"	114	49.05	120	120	281
3	33°43'57"	130°51'42"	250	52.56	10	60	274
4	33°29'22"	130°20'31"	120	49.62	0	120	282
5	33°56'12"	130°54'46"	100	47.8	300	120	256
6	34°21'59"	131°19'23"	550	47.0	240	180	240

#### 가. 전파손실 계산

표 3과 같이 6번 기지국과 부산과의 거리는 약 240km이며 지구가 타원형이기 때문에 전파가 가시거리(Line-Of-Sight)로 전파될 가능성은 없으며 지구 곡률에 의한 회절손실이 주 특성이 된다. 따라서 전파가 지구 곡면과 만난 후 급격히 커지는 회절손실을 구하기 위해 전파가 지구 표면과 만나는 회절지점 계산 식을 다음과 같이 하였다.

$$\begin{aligned}
 d &= (2k \cdot a)^{1/2} \times (h_1^{1/2} + h_2^{1/2})(1) \\
 &= 4121 \times (550^{1/2} + 353^{1/2}) \\
 &= 172.21(km) \\
 \therefore 172.21 km &\ll 240km
 \end{aligned}$$

여기서 k : 유효지구반경계수 (일반적으로 4/3)

a : 지구반경(6370km)

h<sub>1</sub>, h<sub>2</sub> : 송수신 기지국의 안테나높이(해발고도 포함)

그러므로 전파전파 특성은 172km까지는 자유공간 손실이며 172km이상에서는 지구곡률에 의한 회절손실로 계산하였다.

따라서 전파손실은 다음 식과 같다.

$$L_o = L_f + L_d \text{ (dB)} \quad (2)$$

$$= 138 + 74 \text{ (dB)}$$

여기서

$$L_f = 32.4 + 20 \log f + 20 \log d \quad \text{: 자유공간손실} \quad (3)$$

$$L_d = F(d) + H(h_1) + H(h_2) \quad \text{: 지구곡면에 따른 추가 회절 손실} \quad (4)$$

여기서  $F(d), H(h_1), H(h_2)$ 는 ITU-R Rec.526-3에 그래프로 나와 있다[9].

나. 간섭신호의 세기

일본측 자료에 따라 일본측의 송신 e.i.r.p는 47 dBm이며, 한국측 수신 안테나이득을 10dB로 볼 때 한국측 TRS에 수신되는 신호의 세기는 다음과 같다.

$$P_r = e.i.r.p - L_o + G_r \quad (5)$$

$$= 47 \text{ (dBm)} - 212 \text{ (dB)} + 10 \text{ (dB)}$$

$$= -155 \text{ dBm}$$

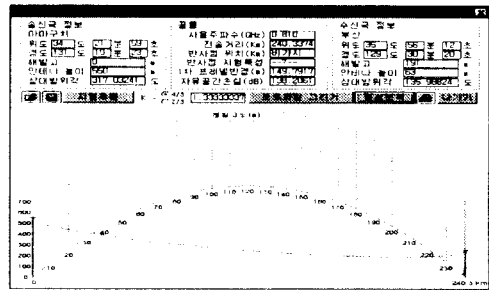
일본측은 이 수신값(-155 dBm)으로서는 우리측 TRS의 수신한계레벨(-116 dBm)보다도 아주 작은 신호이므로 일본측의 송신신호가 한국측에 미칠 수 없다는 계산 결과를 제시했다. 그리고 만약 간섭원이 여러 기지국이 있다고 가정하더라도, 이 한계레벨을 넘기 위해서는 일본측에서 약 40dB이상, 즉 10kW 이상의 출력 신호가 요구된다고 계산 결과를 제시하고 있다. 또한 이러한 큰 신호에 대해 일본측이 일본 해안 지역을 대상으로 감시장비를 가지고 측정하였으나 그런 큰 신호는 감지되지 않았다는 문서를 보내왔으며 '97년 7월30일 서울에서 만난 공동회의에서도 이 계산결과와 의견을 한번 더 제시하였다.

2. 한국측 분석

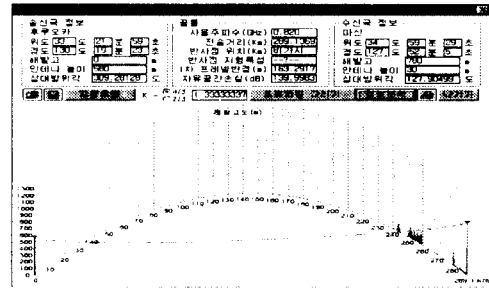
가. 전파지형도 분석

일본측이 제기한 한일간의 가시거리통신 여부를 확인하기 위해서는 두 지점간의 전파지형도(path profile) 작성이 요구된다.

그림 4는 일본측에서 가측 계산에 사용한 일본의 6번 기지국(550m)과 부산중계소간 전파지형도와, 일본 기지국중 가장 높은 일본의 6번 기지국과 국내에서 해발고도가 가장 높은 마산중계국(850m)간의 2가지 경우에 대한 지형단면도이다.



(a) 아마구치와 부산간의 지형단면도



(b) 후쿠오카와 마산간의 지형단면도

그림 4. 한일간 전파지형도(path profile)

지형단면도 분석 결과 국내 중계국이 1000m이상인 하더라도 가시거리통신은 불가능한 것으로 판정되었다. 따라서 가시거리 통신도 아니고 일본이 주장한 높은 출력도 아닌 경우로 볼 수 있으므로 장거리 구간에 있어 국내에 유입 가능한 전파전파에 대해 분석할 필요가 있었다.

나. 전파간섭 발생 원인 분석

앞장의 3절에서 분석한 간섭특성에 따르면 주 특

성으로 다음의 3가지 현상을 검토할 필요가 있다.

- a) 매년 4월부터 9월말까지 지속적으로 발생하나 10월부터 익년 3월까지의 발생하지 않는 특성
- b) 간섭발생기간 중 해상의 기상이 쾌청할 때는 간섭이 극심하나 우천시나 흐릴시에는 간섭이 전혀 없는 등 기상 상태에 따라 간섭상태가 변화됨
- c) 간섭신호의 크기가 변하는 특성(그림 3참조)

이 특성에 따라 우리가 판단할 수 있는 것은 a), b)에서 쾌청한 날씨에 고정적인 전파경로가 형성된다는 것과 c)의 특성으로는 신호의 세기(-86dBm)가 크게 유입되는 현상으로 분석할 수 있다. 따라서 이런 특성과 장거리 전파가 가능한 전파 전파로 대류권 산란과 덕팅 전파를 고찰할 필요가 있다[4],[5].

1) 대류권 산란 전파특성

가시거리 지역이 100km 이상 되는 VHF 대역 이상의 전파경로에서 수신되는 신호는, 직접파와 반사파는 존재하지 않으며 지표파와 회절파는 대지에 붙어 회절감쇠가 매우 크기 때문에, 거의 나타나지 않는다. 따라서 전파로에서 얻어지는 수신파는 그림 5와 같이 송신과 수신점에서 상호간에 연결되는 고공영역의 공기 난류에 의해 발생하는 것으로 보인다. 이를 대류권 산란이라 부르고 있는데 대류권 산란이란 지표상 1~12km의 대류권 대기의 불 균일성에 의한 이상 굴절 및 부분 반사, 부분 산란에 의해 일어나는 현상을 뜻한다. 즉, 난류인 기층에 입사하는 전파에너지는 그 부분에서 산란(부분 굴절, 부분 반사)되어 위상과 진폭이 서로 다른 미소파 군이 되어 전방의 수신 점에 도달한다. 이와 같이 형성된 전파는 당연히 페이딩은 심하므로 평균레벨상 10dB 이상 끊임없이 변동하는 단주기 페이딩이 중첩되는 상태가 된다.

대류권 산란의 특징은 다음과 같다.

- 중위도 지역에서는 추운 계절에는 평균 신호레벨이 낮고 더운 계절에 높음
- 해가 뜰 때나 해가 질 때 크게 변동을 보임
- 육지보다도 해상 전파경로에서 변동 폭이 큼
- 항상 약 10dB 이상의 단주기 페이딩을 수반한다.

즉 대류권 산란은 위도, 지형특성(바다, 연안, 내륙)에 따라 매우 달라지며, 계절과 주야별로도 변화하기 때문에 전파손실은 지리적, 시간적인 변동량으로

통계학적 처리를 하고 있다.

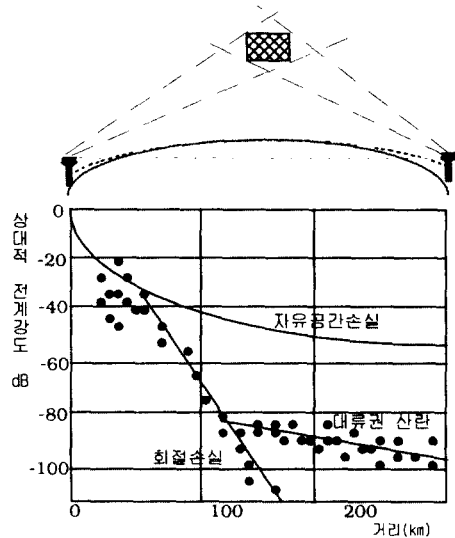


그림 5. 대류권 산란

2) 덕팅 전파특성

VHF/UHF 이상 대역에서 장거리 구간(맑은 날씨)의 전파전파에 큰 영향을 미치는 현상은 대기굴절율(Radio refractivity Index: n)이 시간적, 공간적으로 변하는 현상이다. 대기굴절율(n)의 값은 이상적인 대기에 비해 보통 1.0003으로 그 변화는  $10^{-5} \sim 10^{-6}$ 으로 매우 적으므로 이 변화를 강조하기 위해 다음과 같은 대기 굴절지수(Radio refractivity: N)를 사용하고 있다.

$$N = (n - 1) \cdot 10^6 \tag{6}$$

$$\text{또한 } N = \frac{77.6}{T} (P + 4810 \frac{e}{T}) \tag{7}$$

여기서, T : 대기온도(° k), P : 기압(mb),

e : 수증기 장력(mb)

ITU-R에서는 1km이하의 대기층의 굴절을 변화를 표시하는 양으로 지표면에서의 굴절지수  $N_s$ 와 고도 1km에서의 굴절지수  $N_1$ 과의 차이를  $\Delta N$ 이라 하며 그 통계치를 제시하고 있는데, 일본의 경우를 보면  $\Delta N$ 이 여름에는 약 50-70사이이며 겨울에는 30-40사이로 그 값의 차이가 크다[5].

대기굴절율을 수직 높이(고도)별로 해석하기 위해 수정굴절율(Modified refractive index: M)로 그 양을 표시하고 있는데 수정굴절율의 높이 방향에 따른 변화를 표시하면 그림 6과 같다.

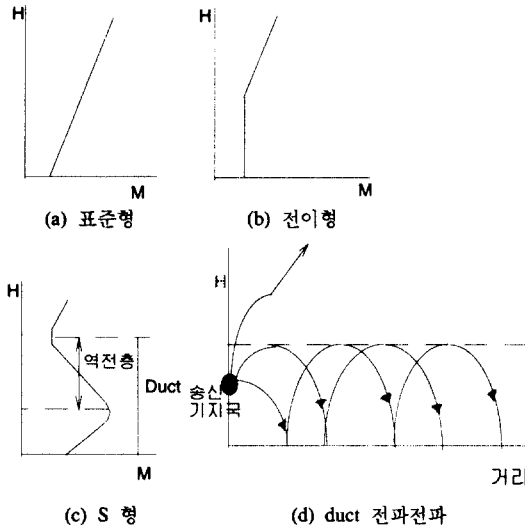


그림 6. 수정굴절율의 여러 형태

그림 6의 (a)는 M이 높이에 대해 직선으로 변화하는 표준형이며 (b)는 M곡선의 아래부분의 기울기가 표준대기보다 큰 경우로 온도나 습도의 변화에 의해 (c)의 형태로 바뀔수가 있으므로 전이형이라 한다. 그리고 (c)는 M이 높이에 따라 감소(dM/dH < 0)하는 영역이 형성되는데 이를 역전층이라 하며 이런 전파통로에서 덕트(duct)현상이 발생한다. 덕팅 현상이란 (d)와 같이 대기중에 덕트가 발생하면 덕트와 대지(수면)간에 도파관 작용에 따라 전파가 이 부분에 갇히게 되는 trapping현상을 일으키므로 전파는 적은 감쇠로 원거리까지 전파된다. 이러한 덕트현상이 생기면 원거리에서 전계강도가 이상하게 상승되며, 기상조건에 따라 시시각각으로 변하므로 심한 페이딩을 일으키게 된다.

원인으로서 고온 저습한 대기권 상층에 저온 다습한 대기가 하층에 존재할 때 발생한다. 즉 해안지역에서 주간의 습기가 많은 바다 바람과 야간의 육지로부터 바람이 서로 중첩될 때나 고기압권의 하강기류에 의해 건조한 냉각 공기가 증발이 심한 습한 공

기에 근접할 때 발생하는 현상으로 주로 해안지역과 계절적으로 4월-9월 사이의 통신에서 많이 발생된다 [5],[6].

다. 전파간섭계산식

국내에서는 아직 인접 국가간 전파손실에 관련한 측정이나 연구보고서가 없고, 이 문제가 국가간의 조정 업무이기 때문에 신뢰성을 위하여 국제기구에서 권고하는 식을 이용하는 것이 적절하므로, ITU-R에서 권고한 식을 사용하였다.

산란에 관한 계산 식은 ITU-R 권고안 452에 의하면 다음과 같다[10].

$$L_{bs}(p) = 190.01 + k(f) + 20 \log d + 0.573\theta - 0.15 N_0 + L_c + A_g - 10.1 [-\log(p/50)]^{0.7} \quad (8)$$

여기서

$$k(f) = 30 \log(f) \quad (9)$$

$$L_c = 0.051 \exp[0.055(G_t + G_r)] \quad (10)$$

: 여기서  $G_t, G_r$ 은 송수신 안테나 이득

$$A_g = [\gamma_o + \gamma_w(\rho)]d \quad (11)$$

: 여기서  $\gamma_o, \gamma_w(\rho)$ 는 ITU-R Rec.676 참조[11]

이 식에서 산란을 결정 짓는 파라미터는  $\theta$  (송수신 양각)이며 전파손실의 가장 큰 파라미터는 p(시간율)과  $N_0$  (해수면 굴절율)파라미터이다.

덕팅에 관한 계산 식은 ITU-R Rec.452에 의하면 다음 식과 같다.

$$L_{bs}(p) = (L_{br} - 10) + [2.6 + d/250] \log(p/\beta) + (p/\beta)^{-0.15} + 9(p/\beta)^{\Gamma} \quad (12)$$

여기서.

$$L_{br} = 102.45 + 20 \log f + [20 \log(d_u + d_r)] + A_{ct} + A_{cr} + A_{st} + A_{sr} + \gamma_d(\theta) + A_g \quad (13)$$

$$\gamma_d(\theta) = [5 \times 10^{-5} a_e f^{0.333}] \cdot [10^3 d/a_e + \theta_t + \theta_r] \quad (14)$$

$$\beta = \beta_o \cdot [d^2 / (0.002 a_e (\sqrt{h_{te}} + \sqrt{h_{re}})^2)] \cdot 40 \quad (15)$$

$$\Gamma = 0.572 + 0.157 \log \beta \quad (16)$$

그리고  $d_{it}$ ,  $d_{ir}$ ,  $A_{ct}$ ,  $A_{cr}$ ,  $A_d$ ,  $A_{sr}$ ,  $h_{te}$ ,  $h_{re}$  등의 상세한 계산 식은 매우 복잡하므로 ITU-R Rec.452를 참조하도록 하고 여기서는 생략하였다.

라. 계산결과 분석

산란과 덕팅에 의한 전파손실량을 계산하기 위해 식 (8)~(16)을 사용하는데, 이 식의 각 파라미터 중 입력할 데이터를 정리하면 표 4와 같다.

표 4. 입력 파라미터 및 데이터 값

파라미터	내 용	데이터
$f$	주파수	815MHz
$\lambda_t, \lambda_r$	간섭지국 위도, 경도 좌표 (송신국)	표 3 데이터
$\phi_t, \phi_r$	간섭을 받는 기지국 위도, 경도 좌표(수신국)	표 2 데이터
$h_t, h_r$	송신국, 수신국 해발고도 (안테나높이 포함)	표 2, 표 3 데이터
$\Delta N$	해수면에서 1km 지점의 평균 굴절지수	최악월 : 55 2월 : 40
$N_o$	해수면 굴절지수	최악월 : 360 2월 : 310
$\beta_o$	100N/km를 초과하는 초굴절 시간율(%)	최악월 : 8 2월 : 0.7
$t$	50%를 초과하지 않는 시간율	50%, 20%, 10%, 1%
$d_b$	송수신간 바다의 전체 길이	지형데이터베이스에서 추출
$\omega$	바다와 송수신 전체 거리와의 비	지형데이터베이스에서 추출
$d_{ct}, d_{cr}$	해안선에서 송신국, 수신국까지의 거리	지형데이터베이스에서 추출

시뮬레이션에 요구되는 지형 정보 중 국내 지역 지형정보는 ETRI가 보유한 지형 고도 및 특성 데이터베이스[12]가 있기 때문에 실제 해안에서 중계소까지의 거리와 장애물 높이를 데이터베이스로부터 추출하여 자동 입력되게 하였다.

일본지역은 상세한 정보가 없기 때문에, 송신 무선

국은 해안에서 약 2km 떨어진 장소로 가정하였으며 그 외의 지역은 전부 바다(해발고도 0m)로 처리하였다. 특히 일본의 송신국 앞에는 장애물이 될 높은 산악은 없는 것으로 가정하여 송신 해발고도 데이터를 입력하였다.

대기굴절을 관련 파라미터는 그 차이가 가장 심한 계절(겨울철, 여름철)을 상호 비교하는 것으로 하였다. 이 데이터는 ITU-R REC.453[13]에서 제시한 전세계 대기굴절 지도(map)에서 추출한 여름 계절(worst month)과 겨울철인 2월 달의 데이터를 사용하였다. 즉 표 5의 여름철 변수는 대기굴절 지도(map)에서  $\Delta N=55$ ,  $\beta_o=8$ ,  $N_o=360$ 인 값을 입력시켰으며, 겨울철 변수는  $\Delta N=40$ ,  $\beta_o=0.7$ ,  $N_o=310$ 인 값을 입력시켜 처리한 것을 나타낸다.

시간율은 주된 전파전파 현상이 시간변화에 따라 어떤 것인지, 전체 시간에서 어느 정도의 간섭이 계절별로 발생할 것인지를 파악하기 위하여 50%, 20%, 10%, 1%로 가변하도록 하였다.

이러한 입력 데이터와 시간율 변화, 대기굴절을 변화에 따라 컴퓨터로 전파손실을 시뮬레이션 한 결과치는 표 5와 같다.

표 5. 전파손실 시뮬레이션 결과

송신국	부산		울산		마산		주된 전파 특성					
	6번	5번	6번	5번	6번	5번						
	dB	dB	dB	dB	dB	dB						
전파 손실 (L <sub>0</sub> )	겨울철	여름철	겨울철	여름철	겨울철	여름철	겨울: 대류권산란 여름: 덕팅					
	시간율	시간율	시간율	시간율	시간율	시간율						
50%	191	166	196	193	192	168	192	174	193	190	199	196
20%	181	141	189	169	182	143	183	145	169	165	178	175
10%	167	137	174	156	168	139	168	139	156	153	165	162
1%	143	134	140	148	144	136	144	136	136	135	145	144

이러한 결과치를 분석해볼 때 시간율 50%일 때 주된 전파 손실 메커니즘은 일부 지역의 겨울철은 대류권산란이 주된 전파전파이나 여름철은 전부 덕팅전파로 분석되었으며 여름철이 겨울철보다 약 20dB이상인 지역도 있는 것을 볼 수 있다.

시간율 20%이하에서는 여름철과 겨울철 전부 덕팅 전파에 의한 것을 볼 수 있으며, 겨울철보다 여름철



의 변화가 시간율 50%에 비해 더 큰 신호가 유입되는 것을 볼 수 있다.

시간율 10%이하일 때는 시간율 50%일 때보다 겨울철은 약 20dB 정도 차이가 나나 여름철은 약 25~30dB 정도 차이가 나는 것으로 분석되었다. 또한 일본의 송신기지국 높이가 550m와 100m 일 때 수신 신호의 차이는 표 5에서 부산에서는 약 20dB, 울산에서는 6dB 이하, 마산에서는 10dB의 차이가 나는 것으로 분석되었다.

#### 마. 시간율에 따른 전파손실 평가

일본측의 송신 e.i.r.p는 일본측 자료인 표 3의 5번과 6번 기지국의 출력 중 큰 값인 47.8(≒48)dBm으로 하였다. 그리고 한국측 수신 안테나이득을 10dB로 볼 때 한국측 TRS에 수신되는 신호의 세기와 간섭을 받을 잠재성이 있는 중계소 및 그 때의 시간율을 살펴보기 위해 국내 TRS의 수신한계레벨(-116dBm)을 기준으로 표 5에 있는 전파손실( $L_b$ )값과의 관계를 보기 위해 수신한계레벨이 되는 전파손실( $L_{bmax}$ )값을 구하였다.

수신신호의 세기는 식(5)와 같으며 계산 결과는 다음과 같다.

$$P_r = e.i.r.p - L_{bmax} + G,$$

$$-116(\text{dBm}) = 48(\text{dBm}) - L_{bmax}(\text{dB}) + 10(\text{dB})$$

$$L_{bmax} = 174\text{dB} = 174\text{dB}$$

즉, 전파손실이 174dB보다 적으면 TRS의 수신한계레벨(-116 dBm)보다도 높은 신호이므로 일본측의 송신신호가 한국측에 미치게 되는데 이는 표 5에서 각 손실항목에 검은 색으로 칠한 부분이다.

시간율에서 보면 50%에서도 겨울철에는 간섭 가능성이 없으나, 여름철에는 마산중계소를 제외한 중계소에서 간섭 가능성이 있다는 것을 알 수 있다.

시간율 20%이하일 때도 겨울철에는 대부분의 중계소에서 간섭 가능성이 없으나, 여름철은 모든 중계소에서 간섭 가능성이 있다는 것을 알 수 있다. 그리고 시간율 10%이하일 때는 겨울철과 여름철에 모든 중계소에서 간섭 가능성이 있다는 것을 알 수 있다. 그러나 이러한 일본의 간섭원이 한 기지국에서만 발생하는 것이 아니라 해안 쪽의 여러 기지국에서 발생

될 가능성이 있기 때문에 간섭원을 약 10개(10dB) 또는 50개(17dB)로 가정하면 전파손실( $L_{bmax}$ )은 184dB나 191dB가 되므로 실제 여름철에 맑은 날 50%이하의 시간율에서 국내 남해안의 모든 중계소에 간섭 영향권에 드는 것으로 보인다. 그리고 일본 송신소에서 바다쪽이 가시거리만 된다면 안테나 해발고도에 무관하게 국내에 간섭을 발생시키는 것으로 분석되었다.

이러한 시뮬레이션 결과를 고찰해 볼 때 간섭은 일본 이동전화 송신소에서 방사된 덕팅전파에 의한 것으로 판단되며 여름철에는 날씨가 쾌청한 날의 대부분 시간(맑은 날 전체 시간율 50% 이하)에 간섭신호가 유입된다는 것을 볼 수 있다.

### 3. 한일간 계산결과 고찰

일본과 한국간 분석은 위에서 보듯이 그 원인과 간섭계산 방법이 서로 상이하였다. 우리측 대책반은 간섭 발생 원인에 대한 시뮬레이션을 통해 국내에 영향을 미치는 주된 간섭 원인은 덕팅전파인 것으로 결론을 내렸다. 또한 일본 송신소에서 바다쪽이 가시거리만 된다면 안테나 해발고도와 무관하게 국내에 간섭을 발생시키는 것으로 분석되었다.

대책반은 '97년 7월 30일 서울에서 한일간 실무자들이 만난 자리에서 계산결과 자료에 대해 설명을 하였으며 측정 자료, 현장의 녹음 자료도 제시하였다. 한국측이 이 자료를 일본측에서 검토해 주도록 요청함에 따라 일본측은 정밀한 검토를 위해 우리 나라의 무선국 제원과 무선국 주변의 지형단면도 등 상세한 자료를 재 요청하였으며, 이 자료를 토대로 일본 전문가들의 엄밀한 재 검토가 있었다. 그 검토 결과 '97년 9월에 우리측의 계산결과를 원인으로 받아들였다.

한국은 간섭 신호를 감소시키기 위한 기술적인 대책으로 안테나 틸팅(Tilting), 출력 감소, 우산형(Umbrella) 안테나의 기술적인 대책[14]과, 각 국에서 사용중인 주파수를 조정해야 한다고 제시하였다.

일본측은 채널 재배치 대책을 검토하기 위해 해안가에 있는 기지국 중 안테나 높이(해발고도 포함)가 100m 이상인 기지국을 간섭 가능성이 있는 것으로 가정하여 국내에 자료를 보내 주었다. 그 숫자는 21개이었으며, 기지국 위치는 그림 7과 같다.

그러나 이 21개 기지국을 전부 채널 재배치하기란 어려운 작업이 되므로 영향이 심한 일부 기지국을 확인하기 위해 '97년 9월말에 일본 측정반이 한국에 와

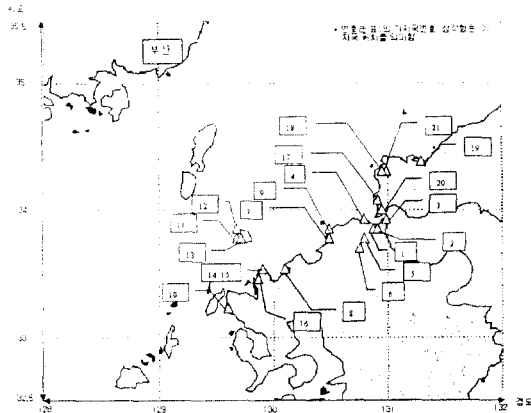


그림 7. 일본의 간섭 가능한 기지국

서 측정을 할 수 있게 해 주도록 요청하였으나, 이 시기는 간섭현상이 거의 발생하지 않는 계절이므로 '98년 봄으로 연기하기로 협의되었다. 따라서 상호간의 주파수 조정과 완전한 간섭해소는 '98년도에 측정과 그 분석 결과를 토대로 마무리 될 예정이다.

#### IV. 결 론

일본의 후쿠오카, 야마구치 해안 기지국들에서 발생하는 이동전화 신호가 부산, 울산, 마산, 대구, 여수 등 남해안지역에 있는 한국TRS(주)의 TRS 중계소에 간섭을 발생시켜 TRS 수신 서비스가 불가능하므로 우리나라는 일본측에 간섭 검토를 요청하였다.

한일 상호간은 회의와 분석결과 간섭 발생지는 일본이며 주된 간섭원인은 덕팅전파로 의견 일치를 보았다.

이번 한일간 간섭 회의에서 우리측이 간섭 원인을 규명했다는 것과, 일본측이 우리측의 계산 결과를 논리적으로 받아들였다는 것은 매우 가치가 있는 일로 판단된다.

국내 이동통신대역(800MHz)에서 우리 나라와 외국과의 전파 간섭 문제가 발생한 것은 처음 있는 일이나, 앞으로 일본뿐만이 아니라 중국 등 인접국가의 이동통신이 활성화되면 800MHz 대역을 포함한 모든 이동통신대역에서 TRS외 다른 서비스에도 전파 간섭 문제가 계속 일어날 것으로 전망이 된다. 그러므로 이 문제를 기회로 하여 한일 공동으로 이 현상에 대

한 공동 연구를 수행하여 앞으로의 주파수 할당시 정확한 데이터를 확보하여 간섭 문제를 사전에 검토할 필요성이 있는 것으로 판단된다.

마지막으로 한국 대책반으로 같이 수고를 해주신 한국TRS(주)의 김홍섭 상무님과 정보통신부 주파수과의 이근협 과장님에게 감사를 드립니다.

#### 참 고 문 헌

1. 한국 TRS(주), 남해안지역 일본 전파 간섭 대책, 1997.6.
2. J.D. Parsons, Mobile Radio Propagation Channel, John Wiley & Sons, 1992.
3. 進士昌明, 移動通信, Maruzen Advance Technology, 1989.
4. A.A.R. Townsend, Digital Line-of-sight Radio Links : A Handbook, Prentice Hall, 1992.
5. 池上文夫, 應用電波工學, Corona Publishing Co., 1994.
6. 이기학외 3인, 전자파 및 안테나공학, 광문각, 1993.
7. 한국무선국관리사업단, 주파수분배표, 체성회, 1996.
8. 일본 우정성 주파수과, Interference to TRS system in Korea, FAX 자료, 1996.6~1997.7.
9. ITU-R PN Series, "Propagation by diffraction", Rec. 526-3, 1994.
10. ITU-R PN Series, "Prediction procedure for the evaluation of microwave interference between stations on the surface of the earth at frequencies above about 0.7GHz", Rec. 452-6, 1994.
11. ITU-R PN Series, "Attenuation by atmospheric gases in the frequency range 1-350 GHz", Rec. 676-1, 1994.
12. 이형수, 정영호, 정진욱, "GIS를 기반으로 한 스펙트럼 엔지니어링 시뮬레이터 설계 및 개발", 한국정보처리학회 논문지 제3권 제1호, 96.1, pp. 144-150.
13. ITU-R PN Series, "The radio refractive index: Its formula and refractivity data", Rec.453-4, 1994.
14. William.C.Y.Lee, Mobile Cellular Telecommunications: Analog and Digital Systems(Second Edition), McGRAW-HILL, 1995.

이 형 수(Hyung-Soo Lee) 정회원

1980년 : 경북대학교 전자공학과(공학사)

1985년 : 연세대학교 전자계산학과(공학석사)

1995년 : 성균관대학교 정보공학과(공학박사)

1983년~현재 : 한국전자통신연구원 전파자원연구팀장  
(책임연구원)

※ 주관심분야 : 전파전파특성, 스펙트럼 관리기술, 무선  
망 설계

e-mail : hsulee@etri.re.kr

박 윤 현(Yoon-Hyun Park) 정회원

1987년 2월 : 숭실대학교 전자공학과(공학사)

1994년 3월 : 일본 오사카대학 통신공학과(공학석사)

1987년 1월~현재 : 정보통신부 전파방송관리국 주파수  
과 서기관

※ 주관심분야 : 이동통신, 스펙트럼관리, 전자파장해

김 창 곤(Chang-Kon Kim) 정회원

1977년 2월 : 한양대학교 전자공학과(공학사)

1988년 2월 : 한양대학교 산업대학원 전자계산학과(공학  
석사)

1976년 12월~현재 : 정보통신부 전파방송 관리국장

※ 주관심분야 : 전파관리, CAD

박 한 규(Han-Kyu Park) 정회원

한국통신학회논문지 제22권9호

현재 : 연세대학교 전자공학과 교수

※ 주관심분야 : 이동통신, 안테나 마이크로파통신 및  
전파전파