

800 MHz대역에서 일본으로부터 국내에 간섭을 미치는 전파전파 특성 고찰

이 형 수

한국전자통신연구원 전파기술연구부

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 간섭은 처음 1994년 4월에 처음 감지되었다. 그러나 '94년과 '95년은 그 정도가 심하지 않았으므로 그 원인과 간섭을 미치는 서비스나 기지국에 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 검사 요청을 함에 따라 '96년 5월과 8월 2차에 걸쳐 현지에서 합동 조사를 하게 되었으며 '98년도 5월에는 일본과 합동 조사를 국내에서 하였다.

측정 결과 그 원인은 일본 해안지역의 기지국에서 유입되는 신호인 것으로 밝혀졌으며 그 주파수대역에서 일본에서 사용하고 있는 서비스는 디지털 셀룰러이동통신인 것으로 조사되었다. 즉 일본 셀룰러이동전화의 송신대역(810~826 MHz)과 한국 TRS(주)의 주파수공용통신(이하 TRS라 함) 수신 주파수(811~816 MHz)가 서로 중복되는 관계로 간섭현상이 발생한 것이다.

본 고에서는 한일간의 간섭현상에 대한 실태 분석과 간섭문제를 발생시키는 전파전파특성에 대한 분석과 더불어 ITU-R에서의 전파전파손실 계산방법에 대해 살펴보았다.

II. 간섭 현황

2-1 간섭 영향 지역

국내에서 간섭이 발생한 지역은 남해안지역의 TRS 중계국과 일부 내륙지방의 경북 팔공산 중계국과 조항산 중계국에서 발생하고 있는데, 피해 사업자로써는 이 지역에서 서비스중인 전국사업자인 한국TRS(주)와 지역사업자로서 부산의 세방텔레콤, 대구 TRS 등이 간섭 영향권에 들고 있다.

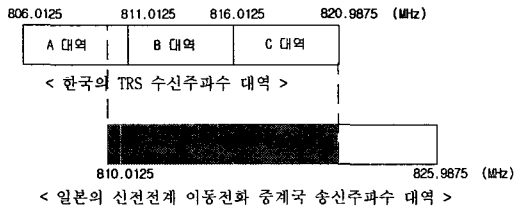
간섭현상은 중계기 수신기의 squelch on 상태시 원하는 킥음이 발생하며 수신기의 상시 동작과 수신감도 저하 현상이 발생하였다. 이러한 현상에 따라 가입자 단말기에서는 이동중계국과 핸드세키가 이루어지지 않아 통화가 불가하든지 접속은 되더라도 통화 중에 절단되는 현상이 발생하고 있다.

'96년 중앙전파감시소와 한국 TRS(주)의 합동으로 남해안 간섭발생기지국에서 전파신호측정기를 이용하여 간섭 발생지를 방탐한 결과 간섭원의 발생 지점은 일본 후쿠오카와 야마구치지역으로 확인되었으나, '98년 5월 일본과 한국측 공동으로 부산에서 측정한 결과를 보면 일본 전 해안지역에서 발생하는 것으로 측정 결과 확인되었다.

2-2 한일간 주파수 할당 현황

한국과 일본의 중첩 주파수 내역은 [그림 1]와 같다. 국내에서 A 대역은 포항제철, 전력공사 등의 자가통신용 TRS에 할당되어 있으며 B와 C 대역은 전국사업자인 한국 TRS와 지역사업자인 세방

텔레콤과 광주 TRS로 할당되어 있다. 그리고 일본은 신전전계 디지털 이동전화사업자가 할당되어 있는데, 일본은 '94년도에 일부 시범 서비스후 '95년부터 본격적으로 서비스를 하고 있었다. 이와 같이 한국의 TRS와 일본의 이동전화 주파수가 810.0125~820.9875 MHz에서 상호 중첩되기 때문에 이 대역에서 서비스를 하고 있는 통신사업자에게 간섭이 발생되고 있다.



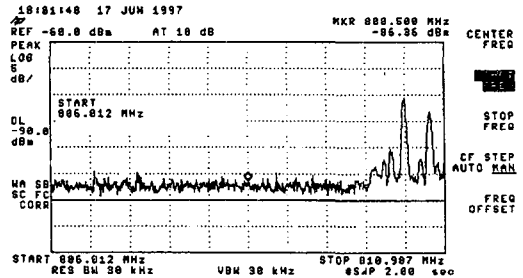
[그림 1] 주파수 할당 현황

그러나 일본에서는 디지털 이동전화 가입자의 급격한 증가에 따라 800 MHz대역의 아날로그 방식인 Marinet, TACS 이동전화가 디지털 이동전화로 변경되고 있기 때문에 이 대역과 중첩되는 국내 셀룰러 이동전화에도 그 영향이 확대될 것으로 예상이 된다.

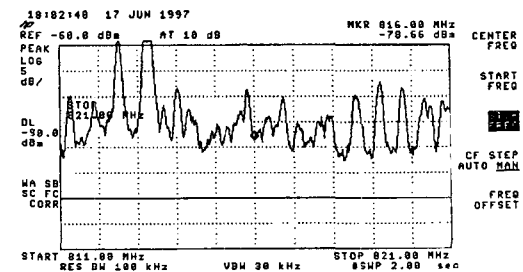
2-3 간섭 신호의 특성

국내에서 측정된 신호는 [그림 2]와 같이 A대역은 일본과 겹치는 810 MHz대역의 일부에만 큰 유입 신호가 있음을 볼 수 있으며 B와 C 대역은 전 대역에 걸쳐 큰 신호가 유입됨을 볼 수 있다. 간섭신호의 크기는 약 1.5 uV/m(-105 dBm)~22 uV/m(-86 dBm)의 수신세력이 유입되고 있는데 단주기동안 신호의 가변이 크게(19 dBm) 발생하는 것을 볼 수 있다.

측정된 데이터를 분석해 보면, 1년을 대상으로 볼 때 한일간 간섭특성으로 다음의 3가지 현상을 들 수 있다.



(a) A대역 간섭신호



(b) B, C대역 간섭신호

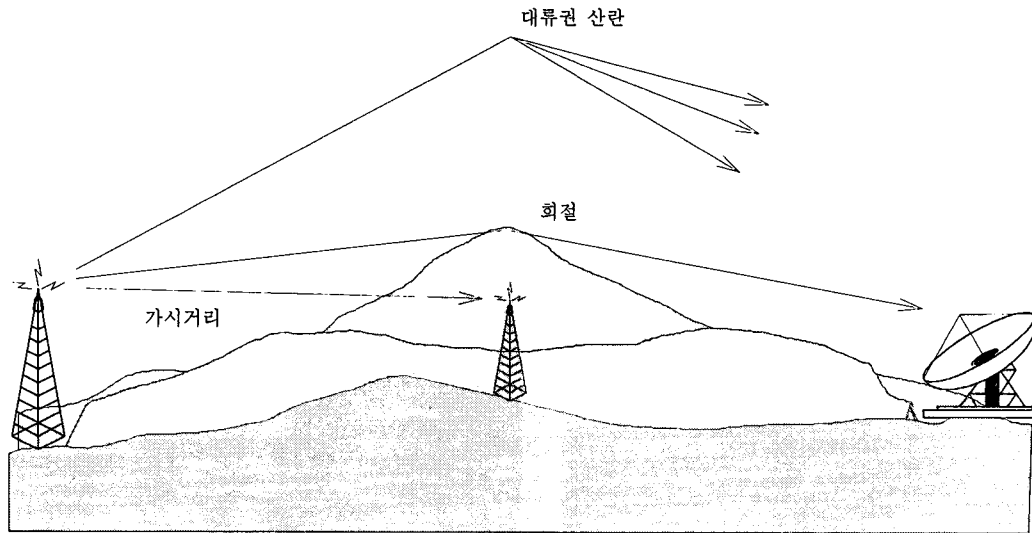
[그림 2] 간섭 신호

- 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 자주 변하는 특성

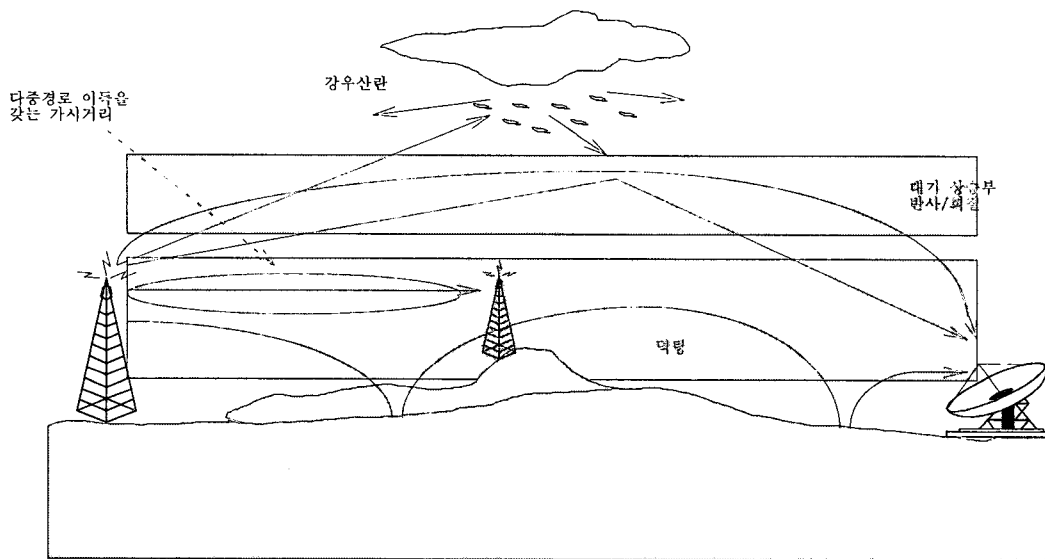
III. 전파전파 특성 분석

3-1 거리구간의 전파 유형 분석

장거리 구간에 있어서 전파의 유형은 [그림 3]의 a와 같은 지속적인 전파의 특성이 있으며 [그림 3]의 b와 같은 일부 시간이나 환경에서만 일어나는 단기적, 계절적인 전파유형으로 구분할 수 있다.^[2]



(a) 지속적 전파특성 유형



(b) 비정상적(단기간) 전파특성 유형

[그림 3] 장거리구간에서의 전파특성 유형

3-2 가시거리 전파특성과 회절 전파특성

일본의 해안선에 위치하는 기지국과 국내 해안과의 거리는 대부분 약 240 km 이상 떨어져 있으

며, 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 식은 다음과 같다.

$$d = (2k \cdot a)^{1/2} \times (h_1^{1/2} + h_2^{1/2}) \quad (1)$$

예로서 일본의 기지국 해발고도가 550미터, 국내 기지국 해발고도가 353미터일 때 회절지점을 분석해 보면 다음과 같다.

$$d = 4121 \times (550^{1/2} + 353^{1/2})$$

$$d = 172.21 \text{ (km)}$$

$$\therefore 172.21 \text{ km} \ll 240 \text{ km}$$

여기서 k : 유효지구반경계수 (일반적으로 4/3)

a : 지구반경(6370 km)

h_1, h_2 : 송수신 기지국의 안테나높이 (해발고도 포함)

그러므로 전파전파 특성은 172 km 까지는 자유공간손실이며, 172 km 이상에서는 지구곡률에 의한 회절손실이므로, 이를 근거로 하여 전파손실을 간략히 그래프로 분석할 수 있는 방법이 ITU-R Rec.526-3^[3]에 다음과 같이 제시되고 있다.

$$L_o = L_f + L_d \text{ (dB)} = 138 + 74 \text{ (dB)} \quad (2)$$

여기서

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

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

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

한국과 일본간의 가시거리 여부를 분석한 결과 국내 중계국이 1,000 m가 된다 하더라도 가시거리 통신은 불가능한 것으로 판정되었다. 따라서 가시

거리 통신은 아니며 지구 곡률에 의한 회절특성에 의한 전파라면 그 세기가 식 (2)와 같이 많은 감쇄가 발생하므로 국내에 미치는 영향은 거의 없는 것으로 판단되므로 다른 전파 전파특성에 대해 분석할 필요가 있다.

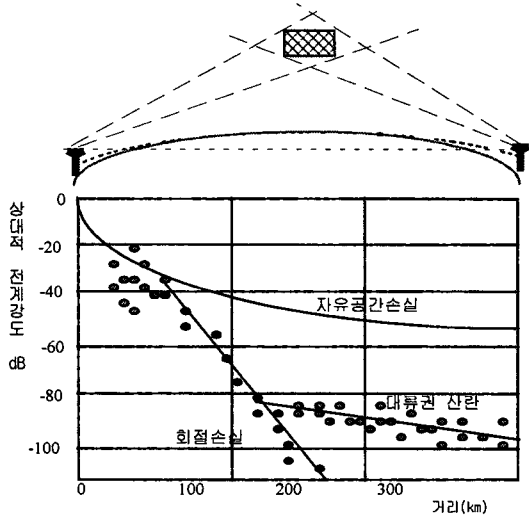
3-3 대류권 산란 전파특성

가시거리 지역이 150 km 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 4]와 같이 송신선 점에서 상호간에 연결되는 고공영역의 공기 난류에 의해 발생하는 것으로 보이며 회절손실보다 적은 감쇠특성을 가지고 있다. 이를 대류권 산란이라 부르고 있는데 대류권 산란이란 지표상 1~12 km의 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 평균 10 dB 이상 끊임없이 변동하는 단주기 페이딩이 중첩되는 상태가 된다.

대류권 산란의 특징은 다음과 같다.

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

즉 대류권 산란은 위도, 지형특성(바다, 연안, 내륙)에 따라 매우 달라지며, 계절과 주야별로도 변



[그림 4] 대류권 산란과 전파손실

하기 때문에 전파손실은 지리적, 시간적인 변동량으로 통계학적 처리를 하고 있다.

산란에 관한 계산 식은 ITU-R 권고안 452^[2]에 의하면 다음과 같다.

$$L_{bs}(p) = 190.01 + k(f) + 20 \log d + 0.573\theta - 0.15 N_o + L_c + A_g - 10.1 [-\log(p/50)]^{0.7} \quad (5)$$

여기서

$$k(f) = 30 \log(f) \quad (6)$$

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

: 여기서 G_t, G_r 은 송수신 안테나 이득 (7)

$$A_g = [\gamma_o + \gamma_w(\rho)]d : \text{여기서 } \gamma_o, \gamma_w(\rho) \text{는 ITU-R Rec.676을 참조}^{[4]} \quad (8)$$

이 식에서 산란을 결정 짓는 파라미터는 θ (송수신 양각)이며 전파손실의 가장 큰 파라미터는 p (시간율)과 N_o (해수면 굴절율) 파라미터이다. 여

기서 N_o 는 ITU-R의 전파환경 Map(ITU-R Rec. 453^[5])에 의하면 국내에서 여름철은 360이며 겨울철은 310으로 제시되어 있다.

3-4 덕팅 전파특성

VHF/UHF 이상 대역에서 장거리 구간(맑은 날씨)의 전파전파에 큰 영향을 미치는 현상은 대기 굴절율(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 대기굴절지수(Radio refractivity : N)를 사용하고 있다.

$$N = (n - 1) \cdot 10^6 \quad (9)$$

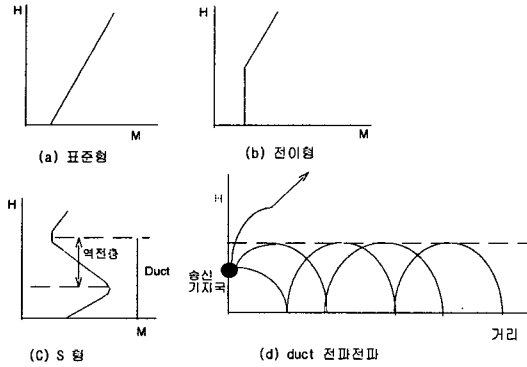
$$\text{또한, } N = \frac{77.6}{T} (P + 4810 \frac{e}{T}) \quad (10)$$

여기서, T : 대기온도($^{\circ}k$), P : 기압(mb),
 e : 수증기 장력(mb)

ITU-R Rec.453에서는 1 km 이하의 대기층의 굴절율 변화를 표시하는 양으로 지표의 굴절지수 N_s 와 고도 1 km에서의 굴절지수 N_1 과의 차이를 ΔN 이라 하며 그 통계치를 제시하고 있는데, ΔN 은 ITU-R의 전파환경 Map에 의하면 국내에서 여름철은 55이며, 겨울철은 40으로 제시되어 있다.

대기굴절율을 수직 높이(고도)별로 해석하기 위해 수정굴절율(Modified refractive index : M)로 그 양을 표시하고 있는데 수정굴절율의 높이 방향에 따른 변화를 표시하면 [그림 5]와 같다.

[그림 5]의 (a)는 M 이 높이에 대해 직선으로 변화하는 표준형이며 (b)는 M 곡선의 아래부분의 기울기가 표준대기보다 큰 경우로 온도나 습도의 변화에 의해 (c)의 형태로 바뀔 수가 있으므로 전이형이라 한다. 그리고 (c)는 M 이 높이에 따라 감



[그림 5] 수정굴절율의 여러 형태

소($dM/dH < 0$)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.

원인으로는 고온 저습한 대기권 상층에 저온 다습한 대기가 하층에 존재할 때 발생한다. 즉 해안지역에서 주간의 습기가 많은 바다 바람과 야간의 육지로 부터 바람이 서로 중첩될 때나 고기압권의 하강기류에 의해 건조한 냉각 공기가 증발이 심한 습한 공기에 근접할 때 발생하는 현상으로 주로 해안지역과 계절적으로 4월~9월 사이의 통신에서 많이 발생된다^[6].

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

$$L_{ba}(p) = (L_{br} - 10) + [2.6 + d/250] \cdot \log(p/\beta) + (p/\beta)^{-0.15} + 9(p/\beta)^F \quad (11)$$

여기서,

$$L_{br} = 102.45 + 20 \log f + [20 \log (d_{lt} + d_{lr}) + A_{ct} + A_{cr} + A_{st} + A_{sr}] + \gamma_d(\theta) + A_g \quad (12)$$

$$\gamma_d(\theta) = [5 \times 10^{-5} a_e f^{0.333}] \cdot [10^3 d / a_e + \theta_t + \theta_r] \quad (13)$$

$$\beta = \beta_o \cdot [d^2 / (0.002 a_e (\sqrt{h_{te}} + \sqrt{h_{re}})^2)] \cdot 40 \quad (14)$$

$$F = 0.572 + 0.157 \log \beta \quad (15)$$

그리고 d_{lt} , d_{lr} , A_{ct} , A_{cr} , A_{st} , A_{sr} , h_{te} , h_{re} 등의 상세한 계산 식은 매우 복잡하므로 ITU-R Rec.452를 참조하도록 한다.

IV. 계산결과 분석

산란과 덕팅에 의한 전파손실량을 계산하기 위해 식(8)~(16)을 사용하여 분석할 수 있는데, 본 시뮬레이션에 사용한 입력 데이터와 처리 방법은 참고문헌[7]에 자세히 나와 있으므로 여기서는 생략하고 그 계산 결과만 <표 1>과 같이 제시하였다.

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 20 dB이상인 지역도 있는 것을 볼 수 있다.

시간율 20%이하에서는 여름철과 겨울철 전부 덕팅전파에 의한 것을 볼 수 있으며, 겨울철보다 여름철의 변화가 시간율 50%에 비해 더 큰 신호가 유입되는 것을 볼 수 있다.

시간율 10%이하일 때는 시간율 50%일 때보다 겨울철은 약 20 dB 정도 차이가 나나 여름철은 약 25~30 dB 정도 차이가 나는 것으로 분석되었다.

이러한 전파손실을 한국과 일본의 장비규격을

〈표 1〉 전파손실 시뮬레이션 결과

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

감안하면 전파손실이 약 174 dB보다 적을 때 일본 측의 송신신호가 한국의 남해안 지역에 간섭을 일으키게 되는데, 〈표 1〉에서 각 손실항목에 검은 색으로 칠한 부분이다.

시간을에서 보면 50%에서도 겨울철에는 간섭 가능성이 없으나, 여름철에는 일부 중계소에서 간섭 가능성이 있다는 것을 볼 수 있으며, 시간을 20%일 때 여름철은 모든 중계소에서 간섭 가능성이 있다는 것을 볼 수 있다. 그리고 시간을 10%이하 일 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 발생될 가능성이 있기 때문에 간섭원을 약 10개(10 dB) 이상으로 가정하면, 전파손실 (L_{bmax})은 184 dB 이상이 되어야 하므로 실제 여름철에 50%이하의 시간을에서 국내 남해안의 모든 중계소에 간섭 영향권에 드는 것으로 보인다. 그리고 일본 송신소에서 바다 쪽이 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(전체 시간을 50% 이하)에 간섭신호가 유입된다는 것을 볼 수 있다.

IV. 결 론

일본의 해안 기지국들에서 방사하는 이동전화 신호가 부산, 울산, 마산, 대구, 여수 등 남해안지역에 있는 한국TRS(주)의 TRS 중계소에 간섭을 발생시켜 TRS 수신 서비스가 불가능한 상태가 발생하였으며, 한일 상호간 분석결과 주된 간섭원인이 되는 전파특성은 덕팅전파로 의견 일치를 보았다.

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

앞으로의 주파수 할당시 정확한 데이터를 확보하여 간섭 문제를 사전에 검토할 필요성이 있는 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- [1] 한국 TRS(주), 남해안지역 일본 전파 간섭 대책, 1997. 6.
- [2] ITU-R PN Series, "Prediction procedure for the evaluation of microwave interference between stations on the surface of the earth at frequencies above about 0.7 GHz", Rec. 452-6, 1994.
- [3] ITU-R PN Series, "Propagation by diffraction", Rec. 526-3, 1994.
- [4] ITU-R PN Series, "Attenuation by atmospheric gases in the frequency range 1-350 GHz", Rec. 676-1, 1994.
- [5] ITU-R PN Series, "The radio refractive index : Its formula and refractivity data", Rec. 453-4, 1994.
- [6] 池上文夫, 應用電波工學, Corona Publishing Co., 1994.
- [7] 이형수의 3인, "한국과 일본간의 800 MHz대역의 전파간섭 분석", 한국통신학회 논문지 제 23권 제 8호, 1998. 9, pp. 1952-1962.

≡필자소개≡

이 형 수

1980년 : 경북대학교 전자공학과(공학사)

1985년 : 연세대학교 전자계산학과(공학석사)

1995년 : 성균관대학교 정보공학과(공학박사)

1983년~현재 : 한국전자통신연구원 무선방송기술연구소, 전파기술연구부 전파자원연구팀장(책임연구원)

[주 관심분야] 전파전파특성, 스펙트럼 관리기술, 무선망 설계

