

제 출 문

본 보고서를 「인접국가간 전파간섭 분석 및 대응 방안 연구」 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2007. 1. .

연구책임자 : 박유식 (전파연구소)

연 구 원 : 박성환 (전파연구소)

문준철 (전파연구소)

박성원 (전파연구소)

요 약 문

1. 과 제 명 : 인접국가간 전파간섭 분석 및 대응방안 연구(계속)
2. 연 구 기 간 : 2006. 1. 1. ~ 2006. 12. 31.
3. 연구책임자 : 박 유 식
4. 계획 대 진도

가. 월별 추진내용

| 세부연구내용 | 연구자 | 월별 추진계획 | | | | | | | | | | | | 비고 |
|-------------------------------|-----|---------|---|---|----|---|---|----|---|---|----|----|----|----|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | |
| o 외래전파 유입실태 측정 | 박유식 | | | | | | | | | | | | | |
| o 측정자료 분석 및 DB화 | 박성환 | | | | | | | | | | | | | |
| o 대기권에서의 전파전달 특성분석 | 문준철 | | | | | | | | | | | | | |
| o 외래전파와 기상자료간 관련성 분석 | 박성원 | | | | | | | | | | | | | |
| o 무선국 위치별 외래전파 영향평가 및 대응방안 마련 | | | | | | | | | | | | | | |
| o AWF 주파수조정 추진 현황 | | | | | | | | | | | | | | |
| 분기별 수행진도 (%) | | 25 | | | 25 | | | 25 | | | 25 | | | |

나. 세부 과제별 추진사항

- 1) 외래전파 유입현황 측정 및 분석, 자료 DB화
 - 고정 및 이동 측정시설을 이용한 외래전파 유입현황 측정
 - 지역별, 계절별, 주파수별 외래전파 유입현황 비교, 분석
 - 외래전파 유입 시변특성 및 시간, 계절별 분포 특성 분석

2) 외래전파 유입원인 및 전파전달 특성 분석

- 국제기구 권고 분석을 통한 라디오덕트에 의한 전파전달 특성 분석
- 외래전파 유입과 기상과의 관련성 분석
- 외래전파 유입의 시간적, 공간적 변동에 따른 전파 특성 분석

3) 외래전파 영향 평가 및 대응책 마련

- 전파전파 시뮬레이션 및 측정자료 분석을 통한 인접국 외래전파가 국내 통신망에 미치는 영향 분석
- 해안 지리적 환경 변화에 따른 인접국 전파간섭 영향 및 전파간섭 경감방안 검토
- AWF를 통한 인접국가간 지상망 전파간섭 해소를 위한 국제 활동

5. 연구 결과

- o 국내 해안지역별 외래전파 유입현황 DB화
- o 유입된 외래전파가 국내 통신망과 전파간섭을 야기할 수 있는 가능성 및 주파수 대역 분석
- o 국외 인접국가간 전파간섭 사례 및 해소방안 분석

6. 기대효과

- o 인접국 외래전파 유입 해소/완화에 따른 무선서비스 품질 향상
- o 국내 주파수 자원 보호
- o 인접국가간 공동의 이해와 협력을 통한 국가간 공동 이익 증진

7. 기자재 사용 내역

| 시설·장비명 | 규격 | 수량 | 용도 | 보유 현황 | 확보방안 | 비 고 |
|-----------|----------------|----|------------|----------|------|--------|
| o 이동측정 차량 | | 1 | 인력 및 장비 수송 | 보유 | | |
| o 스펙트럼분석기 | >3GHz | 3 | 전계강도 측정 | 보유 | | |
| o LP 안테나 | 0.2~ 1.2GHz | 3 | 외래전파 수신 | 보유 | | |
| o 노트북 컴퓨터 | >1GHz | 1 | 측정 프로그램 운용 | 보유 | | |
| o 서버급 컴퓨터 | >1GHz | 1 | 자료 저장 및 분석 | 보유 | | |

8. 기타사항

o 없음

SUMMARY

In this paper, we discuss the radio-wave interference problems caused by Japanese and Chinese radio wave in the coastal regions of Korea. There are problems of radio interference between adjoining countries under the influence of a unique characteristic called anomalous radio propagation all the time because of unusual weather conditions and the like. Even the coastal areas of Korea are always under the ceaseless inflow of extraneous radio waves from Japan, China, or other neighbor countries.

Accordingly, this study determined the current profile of extraneous radio waves that flow into domestic coastal areas in abnormal manner.

Based on measurement data obtained during latest 6 years, this study performed statistical analysis for major factors to evaluate how much the extraneous radio waves may have impact on domestic communication network. Furthermore, this study analyzed foreign cases of radio interference and data about corresponding solution to explore how to apply them to domestic radio environment.

목 차

| | |
|----------------------------------------|-----|
| 표 목 차 | 328 |
| 그림목차 | 329 |
| 제 1 장 서 론 | 331 |
| 제 2 장 외래전파 유입 원인 및 전파 전달특성 | 332 |
| 제 1 절 국내 해안지역 외래전파 유입원인 | 332 |
| 제 2 절 라디오 덕팅에 의한 전파전달 특성 | 334 |
| 제 3 장 국내 해안지역 외래전파 유입 현황 측정 및 분석 | 341 |
| 제 1 절 외래전파 유입현황 측정 | 341 |
| 제 2 절 년도별 외래전파 유입현황 | 341 |
| 제 3 절 외래전파 유입과 기상과의 관련성 분석 | 346 |
| 제 4 절 무선국 위치별 외래전파 영향 분석 | 356 |
| 제 4 장 인접국가간 지상망 전파간섭 해소 방안 | 361 |
| 제 1 절 ITU 동향 | 361 |
| 제 2 절 국제 협력사례 | 363 |
| 제 3 절 AWF 주파수조정 추진 현황 | 366 |
| 제 5 장 결 론 | 370 |
| 참고 문헌 | 372 |

표 목 차

| | | |
|-------|--------------------------------------|-----|
| 표 2-1 | 수정굴절을 M 기울기와 굴절도 N 기울기 관계 | 338 |
| 표 3-1 | 동·남해안에서 주파수대역별 외래전파 유입실태 비교 | 342 |
| 표 3-2 | 서해안에서 주파수대역별 외래전파 유입실태 비교 | 343 |
| 표 3-3 | 동·남해안에서 용도별 외래전파 유입실태 비교 | 344 |
| 표 3-4 | 서해안에서 중국무선호출신호 유입실태 | 345 |
| 표 3-5 | 지역별 외래전파 유입실태 비교 | 346 |
| 표 3-6 | 기상자료와 외래전파 수신세기간 관련성 분석 | 350 |
| 표 3-7 | 지형지물 및 해안선 이격거리별 외래전파 측정지점 | 357 |
| 표 3-8 | 지형지물에 의한 외래전파 측정결과 | 358 |
| 표 3-9 | 해안선 이격거리별 외래전파 측정결과 | 359 |
| 표 4-1 | 한일 주파수 조정협정 전후의 주파수 사용내역 비교 | 363 |

그 립 목 차

| | |
|---------------------------------------------|-----|
| 그림 2-1 기하학적 가시거리 | 333 |
| 그림 2-2 수정굴절율(M) 기울기 변화에 따른 전파전파 특성 .. | 338 |
| 그림 2-3 표면덕트와 상층덕트 | 339 |
| 그림 2-4 덕트내에서의 전파전파 특성 비교 | 340 |
| 그림 3-1 동·남해안에서 주파수대역별 외래전파 유입실태 비교 | 342 |
| 그림 3-2 서해안에서 주파수대역별 외래전파 유입실태 비교 | 343 |
| 그림 3-3 동·남해안에서 용도별 외래전파 유입실태 비교 | 344 |
| 그림 3-4 서해안의 년도별 중국무선호출신호의 유입실태 | 345 |
| 그림 3-5 외래전파 수신세기와 기상자료간 비교 | 348 |
| 그림 3-6 기상자료와 외래전파 수신세기간 관련성 분석 | 351 |
| 그림 3-7 기상청 제공 일기도 형태 | 352 |
| 그림 3-8 고기압 상태에서 외래전파 유입 | 353 |
| 그림 3-9 차가운 시베리아 고기압 상태에서 외래전파 유입여부 | 354 |
| 그림 3-10 동해안 전선이 형성되었을때 외래전파 유입여부 | 355 |
| 그림 3-11 태풍이 지나갈 때 외래전파 유입여부 | 356 |
| 그림 3-12 지형지물 특성에 따른 외래전파 유입세기 측정지점 | 357 |
| 그림 3-13 해안선 이격거리별 측정지점 | 357 |
| 그림 3-14 개별주파수에서 측정지점별 외래전파 유입특성 | 360 |
| 그림 3-15 측정지점별 고도 및 위치정보 | 360 |
| 그림 4-1 전파간섭 예측을 위한 적용 알고리즘 | 368 |

제 1 장 서 론

전파는 자유공간을 매개로 송·수신되기 때문에 기상이나 지형조건 등에 따라 다양한 전파 특성을 나타내고 있으며, 인접국간에는 기상이변 등으로 인해 비정상적인 전파가 국경을 넘어 전달되어 상호 전파간섭을 일으키는 문제가 상존 하고 있다. 또한 동일한 주파수 대역에서 유사한 서비스를 제공하거나 서로 다른 종류의 서비스를 제공하는 경우에 양 무선국 사이에는 전파혼신이나 전파간섭 가능성이 항상 존재한다. 그러므로 세계 각 국가에서는 이를 줄이기 위하여 무선국 허가시에 신규 무선국이 기 허가된 무선국에 미칠 수 있는 전파간섭 여부를 미리 예측하여 이를 무선국 허가여부 결정에 반영하므로서 전파간섭 가능성을 사전에 방지하고 있다. 그러나 수 백 km 이상 떨어진 국가 간에 발생하는 전파간섭 현상에 대해서는 이를 해결하는데 많은 어려움이 있다. ITU에서는 국가간 전파간섭 현상을 방지하고 주파수 자원을 효율적으로 사용하기 위하여 권고안을 마련하여 각국이 준수토록 하고 있으며, 일반적으로 인접국가간 세부적인 간섭현상은 당해 국가간 협상을 통하여 조정되어지고 있다.

VHF나 UHF 대역 전파는 파장이 짧기 때문에 전리층에서 반사되지 않고 투과되므로 지상업무용의 통상적으로 단거리의 가시 통신(LOS : Line of Sight)에 주로 이용된다. 따라서 수 백km 이상 거리가 떨어진 지상업무용 무선국간에는 LOS가 형성되지 않아 무선국간 전파간섭 현상이 발생하지 않을 것으로 예상된다. 그러나 국내 해안지역에서는 250km이상 떨어진 일본이나 중국 등의 VHF/UHF 지상업무용 무선국 신호가 유입되고 있는 것이 현실이며 이러한 인접국 무선국 신호는 때때로 국내 주요통신망에 전파간섭현상을 야기하고 있다.

따라서 본 연구에서는 외래전파 유입원인 및 전파전달 특성을 알아보고 국내 해안지역 외래전파 유입실태를 측정 분석하여 인접국가간 지상망 전파간섭 해소 방안마련을 하고자 한다.

제 2 장 외래전파 유입원인 및 전파전달 특성

ITU-R 권고안에서는 전파간섭 기본 메커니즘을 6가지로 분류하고 각각에 대해 0.7GHz ~ 30GHz 대역에서 10,000Km까지 유효한 간섭량 계산식을 권고하고 있다. 장기간 전파간섭은 일년중 대부분의 시간에 발생하는 간섭현상으로 가시경로, 회절, 대류권 산란 등이 있다. 가시경로 간섭은 대기굴절율을 포함한 정상적인 대기조건하에서 가시경로가 형성되는 경우에 직접파에 의해 발생하는 간섭현상이고, 회절에 의한 간섭은 가시경로가 형성되지 않은 경우에 지표면 및 장애물로부터의 회절에 의해 발생하는 간섭현상이며, 대류권 산란에 의한 간섭은 지상 1 ~ 2Km 지점의 대류권 대기의 불균일성으로 인해 전파가 이상굴절, 부분반사, 부분산란 등을 일으켜 발생하는 간섭현상이다. 단기간 전파간섭 메커니즘은 비가올 때나 기온이 상승할 때와 같이 특정한 기상조건에서만 발생하는 간섭현상으로 수면이나 지표로부터 100m 이내 지점에서 발생하는 표면 덕팅, 지상 100m 이상 지점에서 발생하는 대기 상층부 덕팅, 비가 내릴 때 강우 입자들로부터 산란에 의해 발생하는 강우산란 등이 있다.

제1절 국내 해안지역 외래전파 유입원인

주요 전파간섭 메커니즘을 중심으로 250km 이상 떨어져 있는 일본이나 중국 해안지역과 국내 해안지역 사이에 가시경로(line-of-sight)가 확보될 수 있는지 여부를 검토하였다. 지구는 반지름(r)이 약 6,370km인 구 형태이며 대기굴절율을 고려한 경우 유효지구반경인자 k 는 4/3이므로 유효지구반경은 약 8,500km에 해당한다. 따라서 전파의 가시거리는 8,500km 반경을 갖는 구에서 수평선(혹은 지평선)에 의하여 제한된다. 그림3-4와 같이 높이 h_1 [m]인 지점에서 높이 h_2 [m]인 곳까지 볼 수 있는 극한 거리 즉, 기하학적 가시거리 d 는 h_1 에서 수평선까지 거리를 d_1 , h_2 에서 수평선까지의 거리를 d_2 라 하면

$$d = d_1 + d_2$$

가 되며 거리(TC) ≡ 거리(AC) ≡ d_1 , 거리(RC) ≡ 거리(BC) ≡ d_2 관계가 성립하므로 d_1 , d_2 는 다음처럼 구할 수 있다.

$$d1 = [(h1 + r)^2 - r^2]^{1/2}$$

$$d2 = [(h2 + r)^2 - r^2]^{1/2} \quad (2-1)$$

(2-1)식에서 송신기와 수신기의 높이인 h_1 , h_{12} 를 각각 500m로 가정하더라도 $d_1 = d_2 \approx 92.2\text{km}$ 로서 가시거리가 확보될 수 있는 거리는 184.4km에 불과하게 된다. 그리고 h_1 , h_{12} 를 각각 100m로 가정한 경우 $d_1 = d_2 \approx 41.2\text{km}$ 로서 가시거리가 확보될 수 있는 최대거리는 82.4km에 불과하게 된다. 따라서 실제 송수신 안테나의 높이가 수십~수백m 점을 고려하면 250km이상 떨어져 있는 한일, 한중간에 전파의 가시경로가 확보될 수 없음은 명백하다.

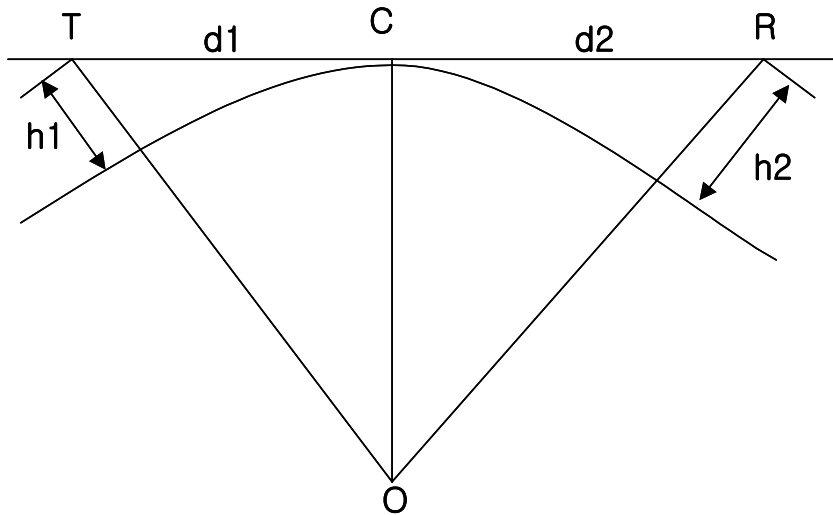


그림 2.1 기하학적 가시거리

다음은 회절에 의한 외래전파의 유입 가능성을 검토하였다. ITU-R P452-10 권고안에서는 송수신 거리가 250km이상인 경우 회절에 의해 도달하는 전파세기는 너무 약해 전파 간섭을 야기할 수 있는 요인으로서는 고려하지 않아도 되도록 권고하고 있다. 이를 확인하기 위하여 회절에 의해 전달되는 전파세기를 구해보면 먼저 전파거리 $d=250\text{km}$, $h_1=h_{12}=500\text{m}$, $r=6,370\text{km}$, 유효지구반경인자 $k=4/3$ 을 가정하면 회절이 발생하는 지점 D는

$$D = (2k * r)^{1/2} * (h_1^2 + h_2^2) \quad (2-2)$$

로 구해진다. 2-2식에 의해 회절지점 D를 구해보면 184.4km가 된다. 이러한

경우 인접국간 거리인 250km중 184.4km까지는 자유공간 손실로 계산하고 그 이상에서는 회절에 의한 손실로 계산할 수 있으므로 총 손실은 다음과 같이 주어진다.

$$L_o = L_f(\text{자유공간손실}) + L_D(\text{회절에 의한 추가손실})$$

여기서

$$\begin{aligned} L_f &= 32.4 + 20 \cdot \log f + 20 \cdot \log d \\ L_D &= F(d) + H(h_1) + H(h_2) \end{aligned} \quad (2-3)$$

이다. 주파수 f 를 800MHz로 가정한 경우 $L_f \approx 136\text{dB}$, L_D 는 ITU-R P526 권고안의 표를 참조하면 $L_D \approx 75\text{ dB}$ 로 구해지며 따라서 총 손실 $L_o \approx 211\text{dB}$ 로 주어진다. 따라서 송신기 출력(E.I.R.P)을 60dBm, 수신기 이득을 30dB로 송수신 조건을 가능한 높게 가정하더라도 수신세기는 -121 dBm이하 이므로 실제 수신시스템에 영향을 미치기에는 너무나 미약함을 알 수 있다. 마지막으로 대기나 강우에 의한 산란 효과를 고려할 수 있으나 이에 의한 영향은 너무 약해 실제 수신 시스템에서 배경 잡음(background noise) 정도로 밖에 작용하지 못하므로 전파간섭을 일으키는 요인으로 고려하지 않아도 된다. VHF/UHF 대역 전파는 전리층에서 반사되지 않고 투과하므로 전리층에 의한 전파 월경은 고려할 필요가 없다.

라디오덕트에 의한 전파간섭 현상은 ITU-R 권고안에서도 기술하였듯이 300km 이상의 거리에서도 통신에 간섭을 일으킬 수 있을 만큼 강한 세기의 전파가 전달된다. 따라서 한·일, 한·중간 전파간섭 현상을 일으키는 주요 메카니즘은 라디오덕트에 의한 영향으로 추정할 수 있다.

제2절 라디오 덕팅에 의한 전파전달 특성

라디오 덕트란 일정한 높이의 대기층에 전파에너지의 일부를 가둔 채 작은 손실로 장거리를 전달할 수 있는 전파통로를 말한다. 이러한 라디오덕트는 대기 굴절을 변화로 인해 발생하며 지상 수km 이내의 대류권에서 주로 발생한다. 라디오 덕트는 주파수가 낮은 장파나 중파, 단파 대역보다는 VHF 나 UHF 와 같이 주파수가 높은 대역의 전파를 더 잘 전송할 수 있는 특징이 있다. 따라서 보다 높은 주파수 대역을 이용하는 통신기술이 발전함에 따라 라디오 덕트에 의한 전파간섭 현상은 더욱 심화될 것으로 예상된다.

지상대기 구조에서 장파, 중파 및 단파 대역 통신에서 주로 이용하는 전리층은 중간권 일부와 열권 높이에서 형성되어 있는 반면, 라디오 덕트층은 지상 수km 이내(주로 2km 이내)에 형성되므로 대류권 중에서도 최하위 층에서 형성된다. 라디오 덕트가 형성되는 대기권에서는 일반적으로 고도에 따라 기온, 기압, 습도가 감소한다. 라디오 덕트층의 형성 여부는 대기굴절을 변화를 통하여 알 수 있으며 특히 대기굴절율의 급격한 변화가 발생하는 지점에서 라디오 덕트층이 형성된다.

1. 대기 굴절율

어떠한 매질 내에서 전파의 전달특성은 매질의 굴절율 (refractive index)에 의해 결정된다. 즉 전파가 매질 내에서 얼마의 속도로 어떠한 방향으로 어떠한 곡선을 따라 진행할 것인지 등의 전파전파 특성은 매질의 굴절율 특성에 의하여 결정된다.

매질의 굴절율은 일반적으로 “n”으로 표시하며 다음과 같이 정의한다.

$$n = (\text{진공에서의 전파속도})/(\text{특정 매질에서의 전파속도})$$

즉 굴절율이란 진공 중에서 전파의 속도에 대한 특정매질에서의 전파속도의 비를 말한다. 진공 중에서 전파의 속도는 광속 C(≈ 30 만km/sec)로 일정하며 이때 굴절율을 1로 정의한다. 따라서 어떠한 매질의 전파굴절율이 “2”라는 값을 가진다면 그 매질 내에서 전파는 C/2(≈ 15 만km/sec)의 속도로 전파(propagation)됨을 의미한다. 즉 굴절율이 크다는 것은 상대적으로 매질 내에서 전파의 이동속도가 느려짐을 의미한다.

대기굴절율이란 전파가 통과하는 매질이 대기일 경우 진공에서의 전파속도에 대한 대기 중에서의 전파속도의 비를 말한다. 따라서 대류권 내에서 전파의 전달 특성을 분석하기 위해서는 먼저 대기의 굴절율을 알아야 한다. 이를 위하여 ITU-R P.453.8에서는 기온, 기압 및 습도를 이용하여 대기굴절율 n을 구할 수 있는 (4-2)식을 제공하고 있으며 이 식은 이 최대 100GHz 주파수 범위까지 적용되며 그 오차 범위는 0.5% 이하이다.

$$N = (n - 1) \times 10^6 = 77.6 / T (P + 4810 \times e / T) \quad (2-4)$$

여기서 n : 대기 굴절율(refractive index of the atmosphere)

N : 대기 굴절도(refractivity of the atmosphere)

T : 절대온도(K)

P : 대기압(hPa)

e : 수증기압(hPa)

(2-4)식에서 수증기압 e 는 (2-5)식처럼 상대습도 H 로 표현되며 (2-5)식에서 포화수증기압 e_s 는 식(2-6)로 표현된다

$$e = H * e_s / 1000 \quad (2-5)$$

$$e_s = 6.1121 * \exp[17,502 * t / (t + 240.97)] \quad (2-6)$$

따라서 우리는 (2-4), (2-5), (2-6)식으로부터 대기굴절을 n 은 온도 T , 기압 P 및 상대습도 H 로 구할 수 있다.

또한 2-4식에서 굴절율(refractive index) n 과 함께 굴절도(refractivity) N ($= (n-1) * 10^6$)을 정의하고 있다. 굴절율 n 외에도 굴절도 N 으로 정의하여 사용하는 이유는 n 은 크기가 너무 작아 사용하기 불편하기 때문이다. 일반적으로 대류권에서 고도에 따른 대기의 굴절율 n 은 1.000250~1.000400범위의 값을 가진다. 따라서 대류권에서 굴절율 n 의 변화란 통상적으로 0.000150 이내이다. 예를 들어 대기굴절율 n 이 0.00003 감소했을 경우 사용하기도 불편할 뿐만 아니라 굉장히 작은 변화처럼 느껴지지만 굴절도 N 으로 환산하면 N 값이 30 감소한 경우가 되어 사용하기가 편하고 동시에 그 변화 정도를 우리는 쉽게 느낄 수 있다. 따라서 라디오 덕트에서는 굴절율 n 보다는 굴절도 N 을 보다 많이 사용하고 있다.

대기굴절율을 표현할 때 굴절율(refractive index) n , 굴절도(refractivity) N 과 더불어 수정굴절율(modified refractive index) M 을 많이 사용한다. 그리고 실제로 라디오 덕트에서는 대부분 수정굴절율 M 을 이용하여 라디오 덕트에서의 전파전파 특성을 기술한다. 이때 사용되는 수정굴절율 M 이란 아래와 같이 정의된다.

$$M = (n + h/a - 1) * 10^6 = N + 10^6 * h/a \quad (2-7)$$

수정굴절율 M 을 사용하는 이유는 곡율을 가진 실제의 지구 형태를 평탄한 지구형태로 변형하여 전파전파 효과를 기술할 수 있는 편리함 때문이다. 예를 들어 송신기에서 수평으로 발사된 전파가 지표방향으로 휘어지면서 진행되는 경우 지구는 실제로 곡율을 가지고 있기 때문에 수신지점에서는 어떠한 방향으로 휘는지를 쉽게 감지할 수 없다. 그러나 수정굴절율 M 을 도입하여 전파전파 특성을 기술하는 경우 지표면은 평탄한 지구 형태로 바꾸어 표현되므로 전파의 진행방향을 쉽게 알 수 있는 장점이 있다.

2. 대기굴절을 구분 및 전파전달 특성

지상에서 고도에 따라 대기 굴절율이 변하는 경우 전파는 곡률 반경 ρ 로 휘어지면서(bending) 진행한다. 이때 곡률반경 ρ 는 대기굴절율 변화가 클수록 더욱 작은 곡률반경을 가지게 된다. 여기서 곡률반경 ρ 가 작다는 것은 전파가 급격하게 휘어짐을 의미하며 곡률반경이 크다는 것은 완만하게 휘어진다는 것을 의미한다. 예를 들어 전파의 곡률반경이 무한대(∞)라는 것은 전파가 직진함을 의미한다.

대기권의 대기상태는 고도에 따른 굴절율 변화정도에 따라 표2-1과 같이 표준(standard), 정상(normal), 부굴절(sub-refraction), 초굴절(super refraction) 및 트래핑(trapping)으로 구분한다. 지구의 대기는 평균적으로 118M/km 굴절율 기울기를 가지는데 이를 표준대기(standard atmosphere)라 한다. 이때의 N 기울기로 -39N/km에 해당한다. 이 표준대기를 포함하여 대기 굴절율이 79~157M/km사이의 값을 가지는 경우(N 기울기로는 -79~0 N/km에 해당) 이를 정상대기(normal atmosphere)라하며 그림4-3에서 보듯이 정상대기의 경우 수평방향으로 송신된 전파는 지구방향으로 휘어지면서 진행하게 되나 지구 자체의 곡률 때문에 지표면에는 도달하지 못하게 된다

M 기울기가 157M/km이상인 경우(N 기울기로 0 N/km이상에 해당) 이를 부굴절(sub-refraction) 상태라 하며, 이 경우 전파는 지표면이 아닌 하늘 쪽으로 휘어지면서 진행하게 된다. 대기굴절율이 0~79M/km인 경우 초굴절(super-refraction) 대기상태라 한다. 이때 전파는 지구방향으로 휘어지면서 진행하기는 하나 역시 정상대기와 동일하게 수평으로 발사된 전파는 지표면에는 도달하지 못한다.

그러나 대기굴절율이 0 M/km보다 작은 값을 가지는 경우 이를 포획(trapping) 대기상태라 한다. 이때 전파는 큰 곡률을 가지면서 지표 방향으로 휘어지게 되며 전파가 휘어지는 곡률은 지구 자체의 곡률보다 크다. 따라서 0 M/km보다 작은 M 기울기 값이 지면까지 계속될 경우 전파는 일정한 거리를 진행하게 되면 지표면에 도달하게 된다, 지표면에 도달한 전파는 지표면에서 반사되어 대기 중으로 전파하게 되지만 0 M/km보다 작은 대기굴절율로 인해 다시 지표면에 도달하여 되반사를 반복하며 먼 거리를 진행한다. 이와 같이 대기굴절율이 0 M/km보다 작은 층을 덕트층(ducting layer)하며 대기 중에 이 층이 존재하는 경우 라디오 덕트가 형성되었음을 의미하며 덕트층이 형성되는 높이와 M 굴절율값에 따라 덕트는 표면덕트와 상층덕트로 구분한다.

표2-1. 수정굴절을 M 기울기와 굴절도 N 기울기 관계

| 대기굴절 형태 | M 기울기 (M/km) | N 기울기 (N/km) |
|------------------|--------------|--------------|
| trapping | 0 이하 | -157 이하 |
| super-refraction | 0~79 | -157 ~ -79 |
| normal | 79~157 | -79 ~ 0 |
| standard | 119 | -40 |
| sub-refraction | 157 이상 | 0 이상 |

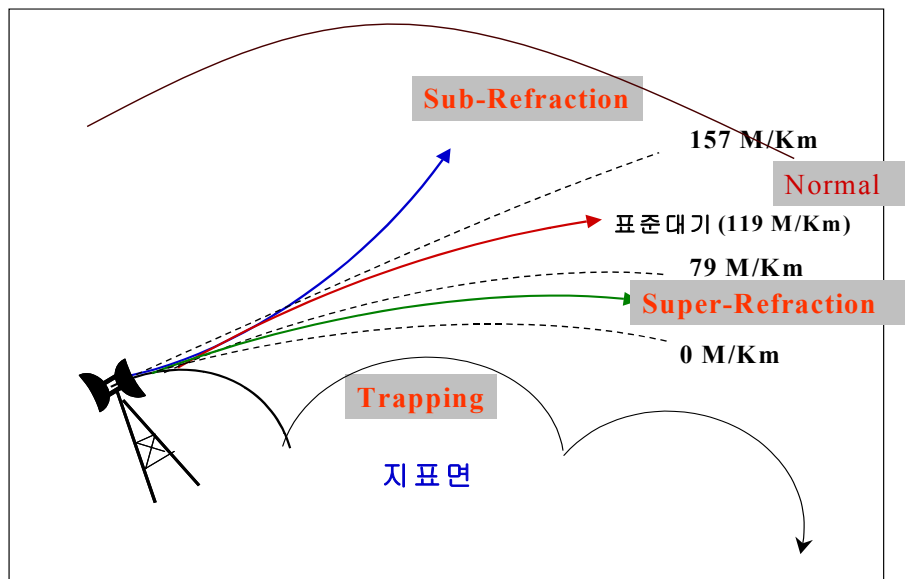


그림 2-2. 수정굴절율(M) 기울기 변화에 따른 전파전파 특성

3. 라디오 덕트의 종류

대기권에서 라디오 덕트층의 존재 유무는 대기굴절을 M 기울기로 표현하는 경우 0 M/km보다 작은 부분이 존재하는지 여부로서 결정되며 이를 덕트층(ducting layer)이라 한다. 라디오 덕트는 덕트층의 높이와 지표에서의 수정굴절율 M 값에 의해 표면덕트(surface duct)와 상층덕트(elevated duct)로 구분된다.

표면덕트(surface duct)는 지상에서 높이에 따른 대기굴절율 분포를 수정굴절율 M으로 표현하는 경우 덕트층(ducting layer)에서 M 최소 값이 지표에서의 수정굴절율 M 값보다 큰 경우 이를 표면덕트라 한다. 표면덕트가 존재하는 경우 표면덕트에 포획(trap)된 전파는 표면덕트층과 지표면 사이에서

반사되며 먼 거리를 전파하게 된다. 주로 해수면에서 발생하는 수증기에 의해 형성되는 기화덕트(evaporation duct)도 표면덕트의 일종이다.

상층덕트(elevated duct)는 덕트층(ducting layer)이 높은 고도에서 형성되는 경우 덕트층에서의 M 값은 지표에서의 수정굴절을 M 값보다 작은 값을 가지게 된다. 이 때 그림4-4에서 덕트층에서의 M 최소값 높이인 (a)와 동일한 M 값을 가지는 (b)지점 사이를 상층덕트라 한다. 상층덕트가 형성된 경우 덕트층으로 들어온 전파중 일부는 (a)지점에서 반사되어 아래로 향하며 다시 (b) 높이에서 되반사되어 먼 거리를 전파하게 된다.

그림4-5에서 표면덕트와 상층덕트내에서의 전파전파 특성을 기술하고 있다. 일반적으로 덕트는 차갑고 습한 공기층 위에 따뜻하고 건조한 공기층이 위치하는 경우 주로 많이 발생하는데 이 경우 덕트층(ducting layer)은 차가운 공기와 따뜻한 공기 층이 만나는 경계면에서 주로 발생한다.

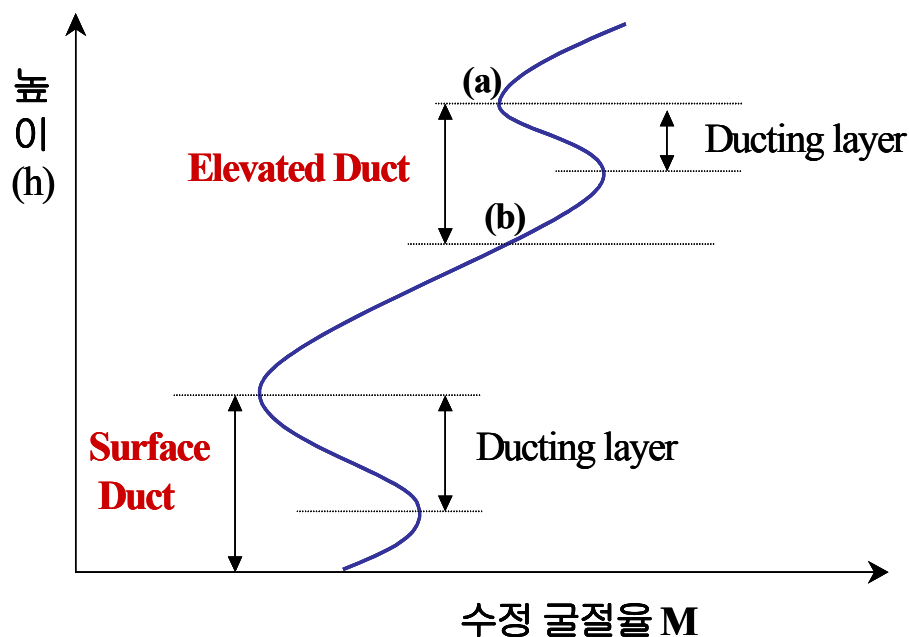
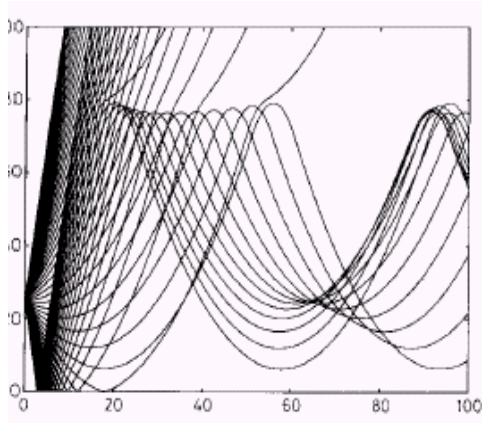
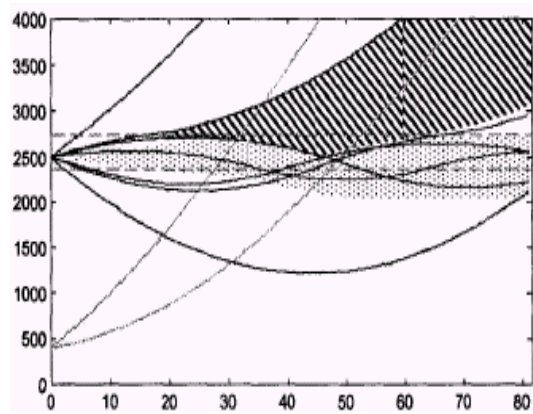


그림 2.3 표면덕트(surface duct)와 상층덕트(elevated duct)



(a) 표면덕트



(b) 상층덕트

그림 2-4. 덕트 내에서의 전파전파 특성 비교

제 3 장 국내 해안지역 외래전파 유입현황 측정 및 분석

제 1절 외래전파 유입현황 측정

중국과 일본으로부터 유입되는 외래전파 유입실태를 조사하기 위하여 인천, 제주, 울산, 군산의 고정수신시설을 이용하여 일본, 중국으로부터 유입되는 외래전파를 측정하였으며 이동측정차량을 이용하여 국내 해안지역에서 분기별(2/4, 3/4, 4/4)로 외래전파 유입실태를 측정하였다. 한편, 외래전파 유입실태 측정은 우리소 뿐만 아니라 중앙전파관리소에서도 지방의 각 분소를 활용하여 분기별로 측정해 오고 있다. 따라서 제 2절에서는 우리소와 중앙전파관리소에서 측정한 자료를 모두 활용하여 지난 6년간의 외래전파 유입실태를 비교, 분석하였다.

제2절 년도별 외래전파 유입현황

1. 주파수 대역별 외래전파 유입현황

우리소와 중앙전파관리소에서는 국내 해안지역을 중심으로 외래전파 유입실태를 측정하고 있다. 따라서 여기서는 우리소와 중앙전파관리소에서 6년간 측정한 외래전파 측정자료를 이용하여 외래전파 유입실태를 비교, 분석하고자 한다. 우리소와 중앙전파관리소가 국내 해안지역에서 측정한 최근 6년간 외래전파 유입실태 자료를 이용하여 주파수 대역별 외래전파 유입실태를 살펴보면 표 3-1과 표 3-2와 같다. 표 3-1, 그림 3-1은 동·남해안 지역에서 주파수대역별 외래전파 유입현황이고 표 3-2와 그림 3-2는 서해안 지역에서 주파수대역별 외래전파 유입현황이다.

동·남해안 지역에서는 130MHz~810MHz의 넓은 주파수대역에 걸쳐 일본전파가 유입되고 있다. 2000년도에 93파, 2001년도에는 236파, 2002년도에는 123파, 2003년도에는 231파, 2004년도에는 311파가 유입되었으며 2005년도에는 240MHz~810MHz대역에서 144파가 유입되었다. 그리고 2006년도에는 204파가 유입되어 전년도에 비해 60파가 증가한 결과를 나타냈다. 이중 810MHz 대역에서 전년도에 비해 66파가 증가하였는데, 이 주파수대는 이동전화 대역으로서 정보화 사회로 발전하면서 이동전화 채널이 늘어남에 따른 결과로 보인다. 한편 서해안 지역에서는 중국으로부터 120MHz~450MHz 대역의 전파가 유입되고 있다. 2000년도에는 107파, 2001년도에 204파, 2002년도에 178파, 2003년도에 130파, 2004년도에 163파, 2005년도에는 총 142파가 유입되었다. 그리고 2006

년도에는 126파로서 전년도에 비해 16파가 감소한 것으로 나타났다.

표 3-1. 동·남해안에서 주파수대역별 외래전파 유입현황 비교

| 주파수 (MHz) | 130 | 240 | 250 | 260 | 270 | 280 | 290 |
|------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 2000년 | - | 1 | - | - | - | 38 | 1 |
| 2001년 | - | 6 | 27 | 7 | - | 34 | 5 |
| 2002년 | 2 | 2 | 17 | 5 | 3 | 22 | - |
| 2003년 | - | 2 | 10 | 5 | 2 | 24 | - |
| 2004년 | 1 | 1 | 10 | 1 | - | 45 | 2 |
| 2005년 | - | 1 | 3 | - | - | 25 | - |
| 2006년 | - | - | - | - | - | 20 | - |
| '05&'06 증감 | 0 | ▽1 | ▽3 | 0 | 0 | ▽5 | 0 |

| 주파수 (MHz) | 300 | 310 | 330 | 350 | 360 | 370 | 380 |
|------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 2000년 | - | - | - | 43 | - | - | - |
| 2001년 | 1 | - | - | 78 | 7 | 1 | 13 |
| 2002년 | - | 3 | 2 | 45 | 1 | - | 2 |
| 2003년 | 1 | 2 | 2 | 77 | 9 | 1 | 1 |
| 2004년 | 4 | - | 3 | 95 | 3 | 1 | 3 |
| 2005년 | - | - | 2 | 69 | - | - | 1 |
| 2006년 | - | - | - | 57 | 1 | - | 2 |
| '05&'06 증감 | 0 | 0 | ▽2 | ▽12 | ▲ 1 | 0 | ▲ 1 |

| 주파수 (MHz) | 390 | 400 | 430 | 450 | 460 | 720 | 810 | 소 계 |
|------------|-----|-----|-----|------|-----|-----|------|------|
| 2000년 | - | - | - | - | - | - | 10 | 93 |
| 2001년 | 7 | 1 | 1 | 28 | 1 | - | 19 | 236 |
| 2002년 | 1 | - | - | 5 | 1 | - | 12 | 123 |
| 2003년 | 5 | - | - | 62 | 2 | - | 24 | 231 |
| 2004년 | - | - | - | 68 | 1 | - | 73 | 311 |
| 2005년 | 2 | - | - | 11 | 1 | 2 | 27 | 144 |
| 2006년 | - | - | - | 31 | - | - | 93 | 204 |
| '05&'06 증감 | ▽2 | 0 | 0 | ▲ 20 | ▽1 | ▽2 | ▲ 66 | ▲ 60 |

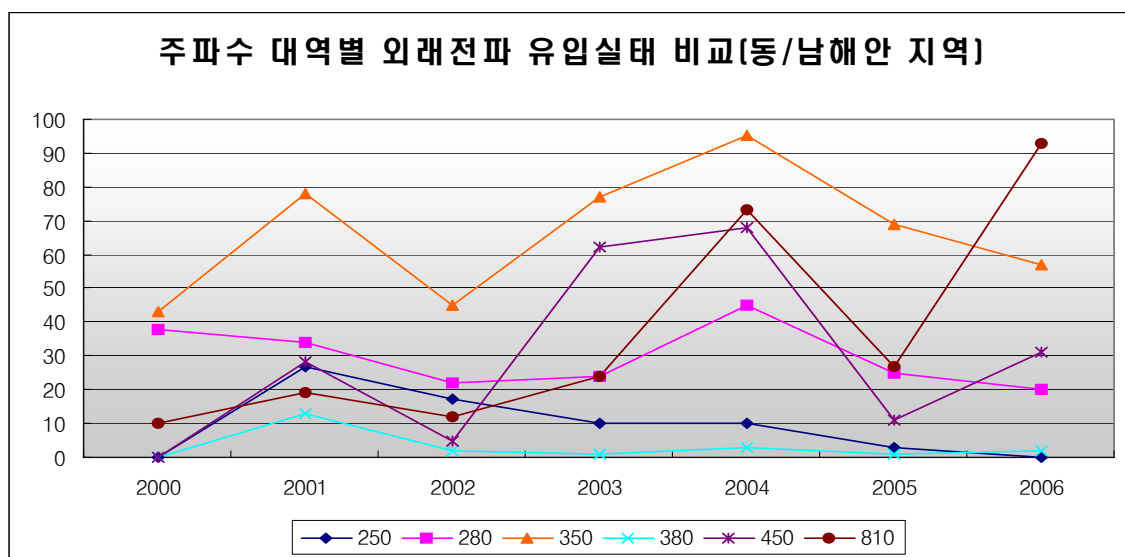


그림 3-1. 동·남해안에서 주파수대역별 외래전파 유입현황 비교

표 3-2. 서해안에서 주파수대역별 외래전파 유입현황 비교

| 주파수 (MHz) | 120 | 130 | 140 | 150 | 160 | 170 | 180 | 190 | 200 | 210 | 220 |
|------------|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 2000년 | - | 18 | 14 | 64 | 2 | - | - | - | - | - | - |
| 2001년 | - | 24 | 23 | 61 | 45 | 1 | - | - | - | - | - |
| 2002년 | - | 36 | 15 | 48 | 24 | - | - | - | - | - | - |
| 2003년 | - | 31 | 5 | 29 | 12 | 1 | 1 | - | - | - | - |
| 2004년 | - | 26 | 9 | 45 | 23 | 9 | 10 | - | - | - | - |
| 2005년 | 2 | 23 | 11 | 25 | 14 | 1 | 7 | 6 | 2 | 2 | 4 |
| 2006년 | - | 18 | 17 | 43 | 19 | - | - | - | - | - | - |
| '05&'06 증감 | ▽2 | ▽5 | ▲ 6 | ▲ 18 | ▲ 5 | ▽1 | ▽7 | ▽6 | ▽2 | ▽2 | ▽4 |

| 주파수 (MHz) | 230 | 250 | 260 | 270 | 280 | 300 | 320 | 340 | 390 | 450 | 소 계 |
|------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------|
| 2000년 | | - | - | 6 | 3 | - | - | - | - | - | 107 |
| 2001년 | | - | - | 30 | 19 | - | 1 | - | - | - | 204 |
| 2002년 | | 7 | 4 | 27 | 17 | - | - | - | - | - | 178 |
| 2003년 | | 9 | 2 | 26 | 12 | - | - | - | 1 | 1 | 130 |
| 2004년 | | 1 | 2 | 25 | 11 | 1 | - | 1 | - | - | 163 |
| 2005년 | 1 | 7 | 2 | 19 | 8 | - | 1 | - | 6 | 1 | 142 |
| 2006년 | - | 1 | - | 20 | 7 | - | 1 | - | - | - | 126 |
| '05&'06 증감 | ▽1 | ▽6 | ▽2 | ▲ 1 | ▽1 | 0 | 0 | 0 | ▽6 | ▽1 | ▽1 6 |

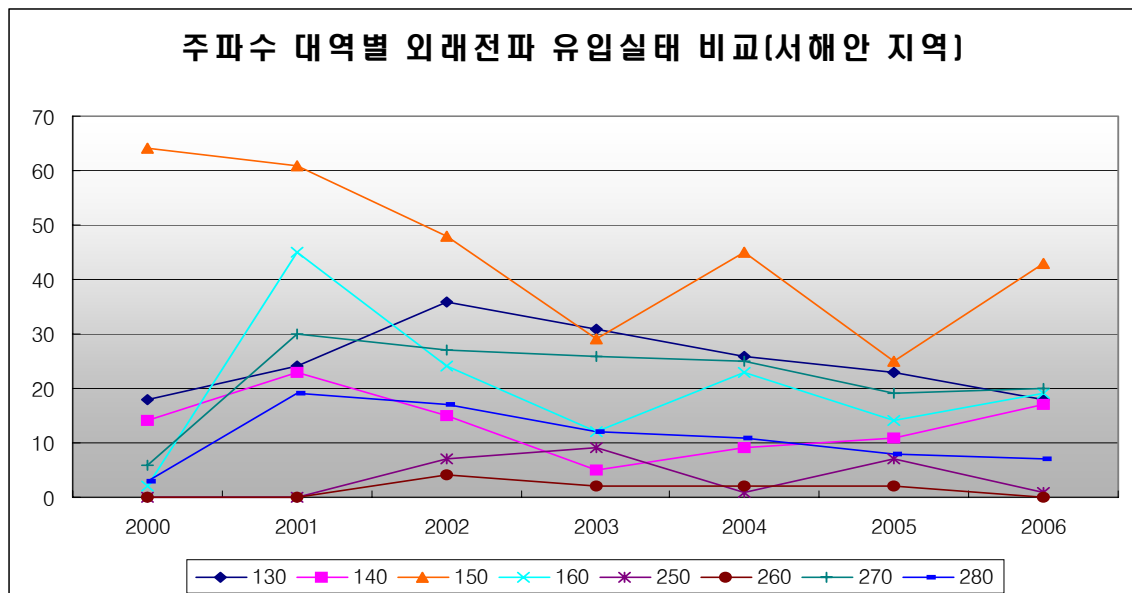


그림 3-2. 서해안에서 주파수대역별 외래전파 유입현황 비교

2. 무선국 용도별 외래전파 유입실태

최근 6년간 국내 해안지역으로 유입된 외래전파를 무선국 용도별로 구분해 보면 표 3-3, 표 3-4와 같다.

표 3-3. 동·남해안에서 용도별 외래전파 유입실태 비교

| 구 분 | 무선호출 | 경찰 | 해상 | 항공 | 건설 | 철도 | CRP | 이동 | 고정 | 기타 | 계 |
|-----------|------|-----|----|----|----|----|-----|----|-----|----|-----|
| 2000년 | 38 | 26 | 11 | 5 | 2 | 1 | 10 | - | - | - | 93 |
| 2001년 | 34 | 54 | 14 | 28 | 5 | 2 | 19 | 19 | 32 | 29 | 236 |
| 2002년 | 23 | 33 | 14 | 18 | 1 | 1 | 12 | 2 | - | 3 | 123 |
| 2003년 | 32 | 58 | 15 | 13 | 5 | 1 | 24 | 8 | 59 | 16 | 231 |
| 2004년 | 44 | 81 | 14 | 19 | 1 | 1 | 73 | 5 | 67 | 6 | 311 |
| 2005년 | 30 | 68 | 10 | 4 | - | 1 | 75 | - | - | 4 | 192 |
| 2006년 | 20 | 47 | 10 | - | - | 1 | 93 | - | 31 | 2 | 204 |
| ‘05&‘06증감 | ▽10 | ▽21 | 0 | ▽4 | 0 | 0 | ▲18 | 0 | ▲31 | ▽2 | ▲60 |

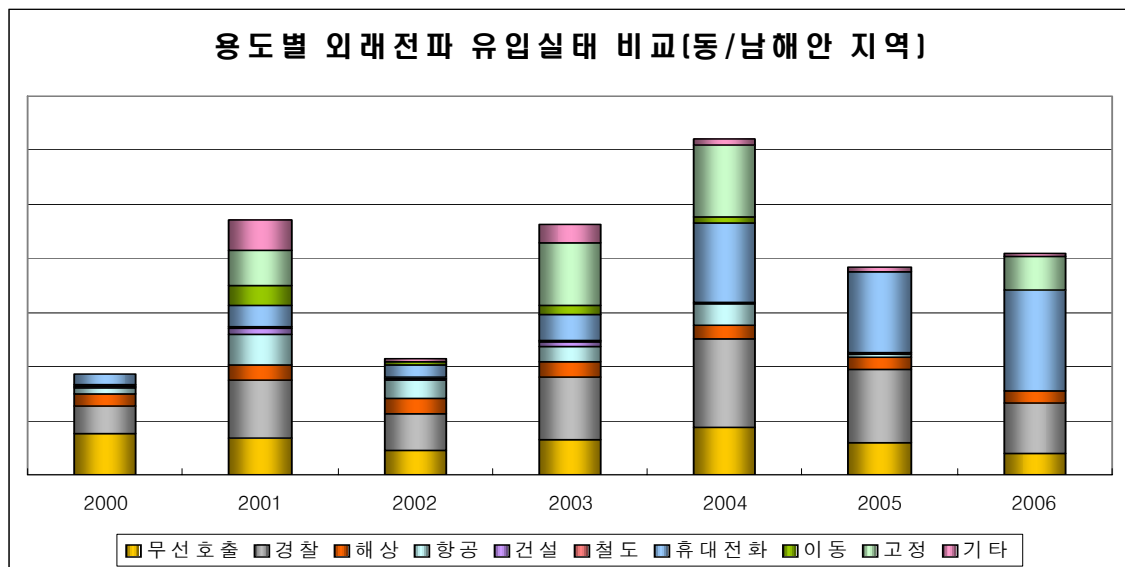


그림 3-3. 서해안의 년도별 중국무선호출신호 유입현황

표 3-3 및 그림 3-3과 같이 동·남해안 지역에서는 일본으로부터 130MHz~810MHz의 넓은 주파수대역에 걸쳐 외래전파가 유입되고 있는데, 이 전파는 무

선호출신호, 경찰, 해상, 항공, 이동전화 등 다양한 용도의 무선국 전파로서 국내 해안지역으로 유입되고 있다. 특히 280MHz대역의 무선헬출신호와 350MHz대역의 경찰 및 해상업무용 무선국 신호, 450MHz대역의 고정 및 이동통신, 810MHz대역의 이동통신전파가 특히 많이 유입됨을 볼 수 있다.

표 3-3. 동·남해안에서 용도별 외래전파 유입현황 비교

| 구 분 | 2000년 | 2001년 | 2002년 | 2003년 | 2004년 | 2005 | 2006 | '05&'06 증감 |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|---------------|
| 중국무선헬출 | 107 | 204 | 178 | 130 | 163 | 142 | 126 | ▽16 |

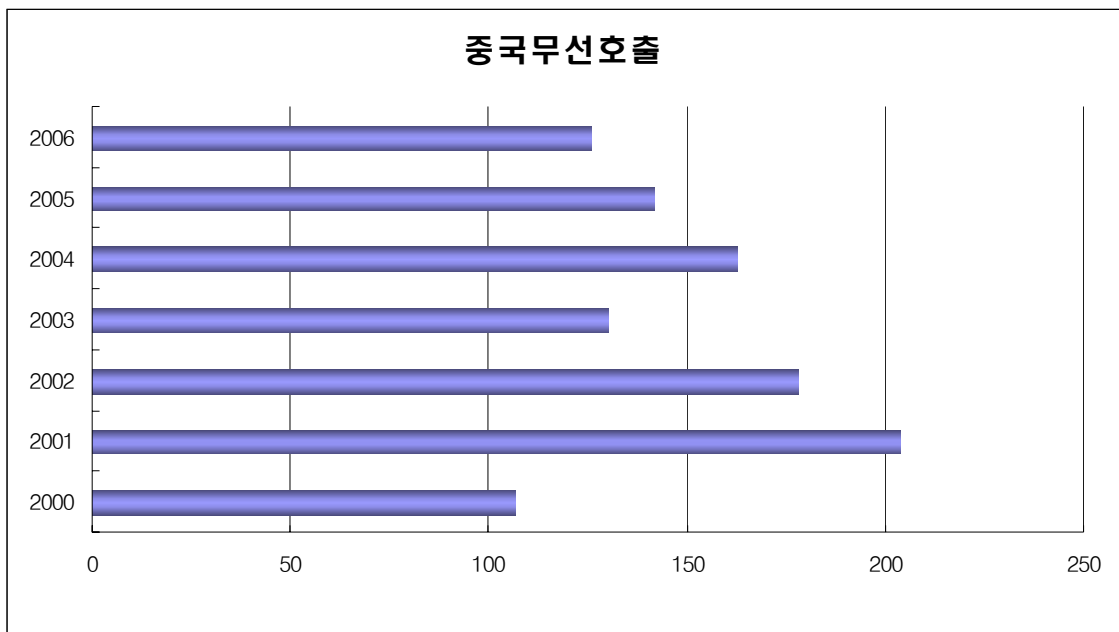


그림 3-4. 서해안의 년도별 중국무선헬출신호 유입현황

표 3-4, 그림 3-4에서는 서해안 지역에서는 중국으로부터 120MHz~450MHz 대역에 걸쳐 중국의 무선헬출신호가 유입되는 현황을 나타내고 있다. 그림에서 보는바와 같이 2001년에 급격히 증가한 이후 꾸준히 감소하는 추세를 보이고 있다.

3. 해안지역별 외래전파 유입실태

표 3-5와 같이 국내 대부분의 해안지역에서는 중국이나 일본 등으로부터 인접국 외래전파 유입이 관측되고 있다. 중국이나 일본과 가까운 거리에 있

는 부산, 거제, 통영, 울산, 포항, 울산, 영덕과 인천, 강화, 군산, 완도에서 상대적으로 많은 외래전과 유입이 관측됨을 볼 수 있다.

특히 거제의 경우 약 70여Km 떨어진 대마도로부터 많은 일본전과 유입이 관측되었으며, 2006년에는 전년도에 비해 125파가 증가하였다. 이 지역에서는 다른 지역과 달리 계절에 상관없이 일정한 세기로 지속적으로 유입되는 특징을 나타낸다. 서해안지역에서 중국으로부터 들어오는 전파는 2005년도에 비해 영광, 군산 등에서 증가한 반면, 인천, 강화지역에서는 감소하였다.

표 3-5. 지역별 외래전과 유입현황 비교

| 구 분 | 속초 | 강릉 | 동해 | 삼척 | 울진 | 영덕 | 포항 | 경주 | 울산 |
|-------|-----|-----|----|------------|------------|-----|-----|----|------------|
| 2000년 | - | - | - | - | 26 | 11 | - | - | - |
| 2001년 | - | - | - | - | 32 | 137 | 126 | 32 | 15 |
| 2002년 | 9 | 14 | 7 | 5 | 14 | 15 | 50 | 29 | 19 |
| 2003년 | 6 | 23 | 19 | 12 | 3 | 8 | 9 | - | 82 |
| 2004년 | 16 | 3 | 6 | - | - | 137 | 156 | - | 97 |
| 2005년 | 6 | 5 | - | - | - | 11 | 9 | - | 18 |
| 2006년 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 구 분 | 부산 | 거제 | 통영 | 남해 | 여수 (고흥) | 진해 | 목포 | 진도 | 완도 (제주) |
| 2000년 | - | 75 | 40 | - | - | - | - | 35 | - |
| 2001년 | - | 85 | 39 | - | - | 34 | - | - | - |
| 2002년 | - | 49 | 37 | - | 22 | 23 | 103 | 35 | 13 |
| 2003년 | - | 39 | 15 | - | 17 | 20 | - | - | 19 |
| 2004년 | 127 | 81 | - | 92 | 45 | - | - | 67 | - |
| 2005년 | 68 | 75 | 22 | 75 | - | - | 7 | 18 | 47 |
| 2006년 | - | 202 | - | - | - | - | 2 | 29 | - |
| 구 분 | 영광 | 군산 | 부안 | 보령 (태안) | 평택 (화성) | 안산 | 인천 | 강화 | |
| 2000년 | - | - | - | 37 | - | - | - | 24 | |
| 2001년 | - | 2 | 79 | 142 | - | - | - | 75 | |
| 2002년 | 6 | 12 | 4 | 12 | 14 | 12 | 9 | 7 | |
| 2003년 | 9 | - | 6 | 59 | 11 | 26 | 8 | 53 | |
| 2004년 | 26 | 54 | - | 17 | - | 8 | 31 | 76 | |
| 2005년 | 9 | 15 | 20 | - | 1 | 1 | 17 | 28 | |
| 2006년 | 35 | 48 | - | 13 | - | - | 1 | - | |

제 3절 외래전과 유입과 기상과의 관련성 분석

인접국 외래전파의 국내 유입은 기상특성과 밀접하게 관련되어 나타나는 것으로 알려져 있다. 따라서 여기서는 외래전과 유입과 국내 기상자료를

분석하여 그 관련성을 알아보고자한다. 우선 포항을 대상지역으로 선정하고 기상청으로부터 2004년도 포항지역의 기온, 기압, 습도, 강수량, 일기도 등 다양한 기상자료를 수집하였으며 외래전과 측정자료는 2004년도 포항에서 측정된 자료를 이용하였다. 여기서 2004년도 자료를 대상으로 분석한 이유는 기상자료 수집과 분석에 너무 많은 시간이 소요될 뿐만 아니라 2004년도 포항지역에서의 외래전과 측정자료가 상대적으로 풍부하여 측정결과와 비교하기가 적합하였기 때문이다.

1. 지표면 기상자료와의 관련성 분석

우리가 현재 기상청을 통하여 수집할 수 있는 기상자료로는 국내 각 지역에서의 기온, 기압, 습도, 강수량 및 대기굴절율 자료와 한반도와 중국, 일본을 포함하는 동 아시아 지역에서의 일기도 자료 등이다. 여기서 기온, 습도, 강수량 관련 기상자료는 매 시간별로 제공되는 반면 기압 자료는 3시간단위로 측정하여 제공되고 있으며, 대기굴절율 및 일기도 자료는 하루에 2차례(00UTC, 12UTC) 측정값을 제공하고 있다. 따라서 기온, 기압, 습도, 강수량 자료는 매시간 또는 3시간 단위로 측정된 값을 알 수 있어 상대적으로 기상자료가 풍부한 반면, 해당지역(즉 포항지역) 지표면에서의 단일 값이라는 단점이 있다. 그러나 일기도는 12시간 단위로 측정된 자료로서 자료량이 제한적이기는 하지만 동아시아 전체 지역에서의 2차원 일기 정보를 제공한다는 장점이 있다.

따라서 여기서는 먼저 포항지역에서의 1월1일부터 9월 30일까지 기온, 기압, 습도 및 강수량 변화와 외래전과 유입세기간 변화간 관련성을 비교, 분석하였다.

포항지역에서의 기온, 습도, 강수량 정보는 1시간 단위로 제공하고 있으므로 1분단위로 측정한 외래전과 측정자료에서 매 시간별 ± 10 분간 측정한 값만을 대상으로 그 평균값과 기상자료와 관련성을 비교하였다. 동일하게 기압의 경우 3시간 단위로 측정된 기상자료이므로 외래전과 측정값 중 3시간 단위별로 ± 10 분간 측정한 값과 비교하였으며, 일기도와 비교할 경우(12시간 단위로 제공) 외래전과 측정값 중 12시간 단위별(00UTC, 12UTC)로 ± 10 분간 측정한 값과 비교, 분석하였다.

그림 3-5는 외래전파 수신과 기상자료간 관련성을 한눈에 볼 수 있도록 참고용으로 2004년4월12일~5월20일까지 측정자료와 기상자료(기온, 기압, 습도, 강수량)를 함께 나타내었다. 그림 3-5를 참고하여 기상자료와 외래전파 수신세기를 대략적으로 추정해 보면, 외래전파 수신세기는 기압과는 정(+)의 관련이 있을 것으로 추정되며 습도 또는 강수량과는 부(-)의 관련이 있을 것으로 추정할 수 있다. 그러나 외래전파 수신세기가 기온의 변화에 따라 어떻게 변하는지를 알아보려면 기온의 변화정도가 커야하는데 24시간을 주기로 비슷한 변화특성을 보이고 있어 이 자료를 통한 외래전파 수신세기와 기온간 관련성을 분석하기에 어려운 실정이다.

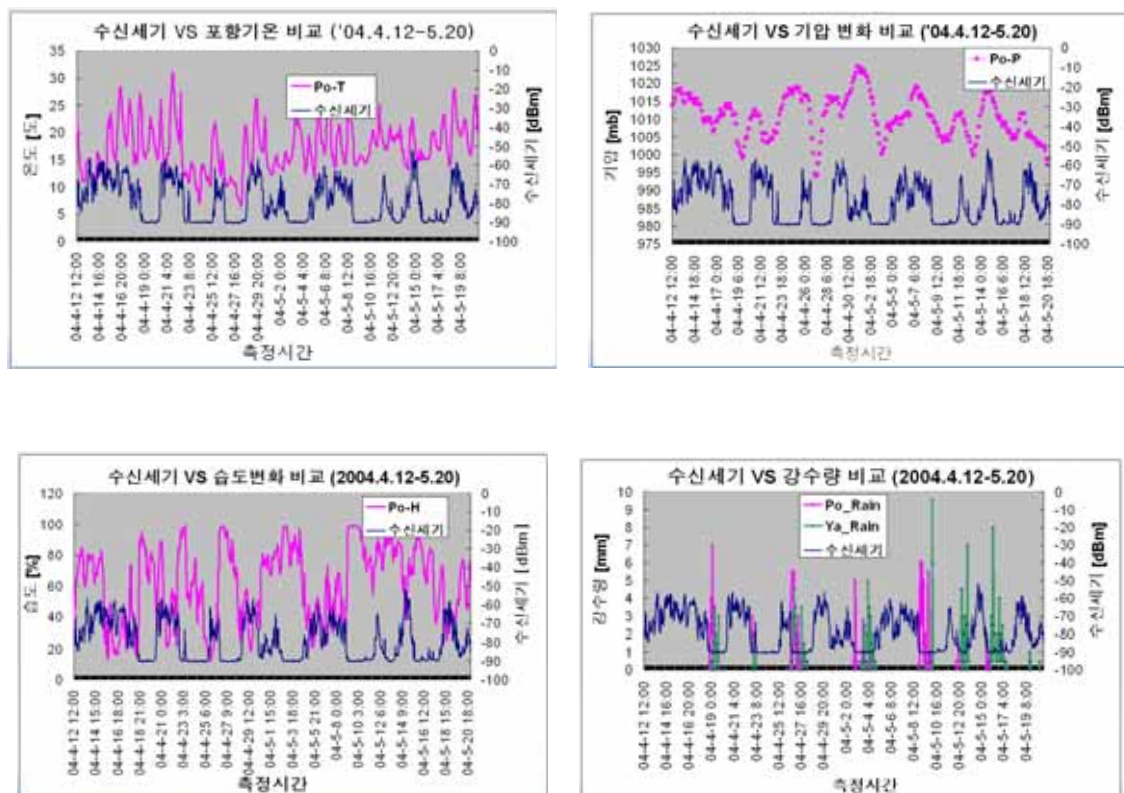


그림 3-5. 외래전파 수신세기와 기상자료간 비교
(2004년4월12일~5월20일)

앞에서 그림 3-5를 통해 알 수 있는 것은 기상자료와 외래전파 수신세기가 단지 그러한 경향을 보일 것이라고 추정할 수 있을 뿐이다. 이러한 경향을 실제 수치화된 결과와 알아보기 위하여 외래전파 수신세기와 기상자료간 상관계

수를 구하였다. 상관계수는 $-1 \sim +1$ 사이의 값을 가진다. 이때 상관계수가 0이면 비교하는 두 인자는 서로 관련이 없음을 의미하며 -1 , 또는 $+1$ 에 가까울수록 관련성이 높음을 의미한다. 여기서 상관계수가 양(+)으로 나타나면 두 관련 인자 간에는 정(+)의 관련이 있음을 말하며 음(-)로 나타나면 부(-)의 관련이 있음을 말한다.

표 3-6과 그림 3-6은 월별 기상자료(기온, 기압, 습도)와 외래전과 수신세기간 상관계수 값을 구한 결과를 보여주고 있다.

먼저 기온(표 3-6 (a), 및 그림 3-6(a))과의 관련성을 살펴보면 6월을 제외하고는 전반적으로 상관계수가 양(+)의 값을 가짐을 볼 수 있다. 이는 기온이 높을 경우 외래전과 유입이 상대적으로 활발함을 의미한다. 겨울보다는 봄, 여름, 가을에 좀더 높은 상관을 보이고 있으며, 특히 3월, 4월, 7월은 상관계수가 높은 반면, 특이하게도 5월과 6월은 매우 낮은 상관계수 값(± 0.1 이하)을 보이고 있다. 이는 아마도 우리나라가 장마철로 접어들어 따라 외래전과 유입세기는 기온보다는 습도(혹은 강수량)에 보다 크게 의존하기 때문으로 판단된다.

한편 기압(표 3-6 (b), 및 그림 3-6(b))과의 관련성을 살펴보면 전반적으로 양(+)의 상관계수 값을 나타내기는 하나 기온과는 반대로 5월과 6월에 상대적으로 높은 상관관계를 보여준다. 이는 앞서처럼 5월~6월에 우리나라가 장마철로 접어들어 따라 외래전과 유입세기는 습도에 높은 관련을 보임을 의미하는데 이를 기압이라는 측면에서 보면 장마는(즉 비가 온다는 것은) 저기압 상태에서 주로 나타나므로 이러한 결과를 보이고 있음을 알 수 있다.

마지막으로 습도(표 3-6 (c), 및 그림 3-6(c))와의 관련성을 살펴보면 1~3월을 제외하고는 전반적으로 음(-)의 상관계수 값을 나타냄을 알 수 있으며 특히 장마철인 5~6월에 상대적으로 높은 상관계수(음의 상관계수)를 가짐을 나타낸다. 이는 날씨가 흐리거나 비가 오는 경우 한일, 한중간 3차원 공간상의 대기층에서는 상하로 공기흐름이 활발하여 대기가 섞이게 되어 라디오덕트가 형성될 수 없기 때문에 외래전과 유입이 상대적으로 미미한 것으로 추정할 수 있다.

표 3-6. 기상자료와 외래전파 수신세기간 관련성 분석

(a) 기온 VS. 수신세기간 관련계수

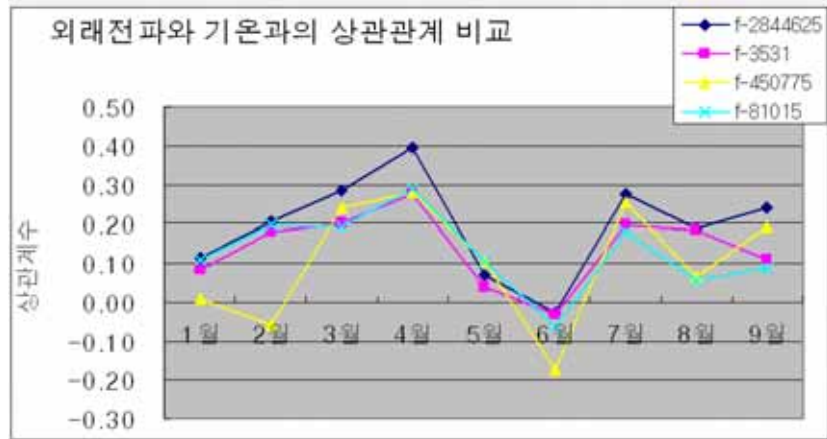
| | f-284. 4625MHz | f-285. 0625MHz | f-285. 1125MHz | f-352. 7875MHz | f-353. 1MHz | f-353. 1875MHz | f-450. 3625MHz | f-450. 475MHz | f-450. 775MHz | f-810. 15MHz | f-810. 55MHz | f-810. 65MHz |
|-------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1월 | 0.11 | 0.22 | 0.21 | 0.12 | 0.08 | 0.13 | 0.03 | 0.05 | 0.01 | 0.11 | 0.12 | 0.04 |
| 2월 | 0.21 | 0.15 | 0.18 | 0.13 | 0.18 | 0.22 | -0.05 | -0.04 | -0.06 | 0.20 | 0.16 | 0.20 |
| 3월 | 0.29 | 0.30 | 0.29 | 0.25 | 0.20 | 0.19 | 0.25 | 0.26 | 0.24 | 0.19 | 0.22 | 0.16 |
| 4월 | 0.39 | 0.39 | 0.40 | 0.40 | 0.28 | 0.38 | 0.24 | 0.27 | 0.28 | 0.29 | 0.23 | 0.21 |
| 5월 | 0.07 | 0.08 | 0.07 | 0.09 | 0.04 | 0.02 | 0.09 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.08 | 0.06 |
| 6월 | -0.03 | -0.08 | -0.08 | -0.10 | -0.03 | -0.02 | -0.17 | -0.18 | -0.17 | -0.06 | -0.11 | -0.16 |
| 7월 | 0.28 | 0.28 | 0.28 | 0.23 | 0.20 | 0.23 | 0.20 | 0.25 | 0.26 | 0.18 | 0.24 | 0.17 |
| 8월 | 0.19 | 0.14 | 0.14 | 0.12 | 0.18 | 0.26 | 0.07 | 0.06 | 0.06 | 0.05 | 0.12 | 0.14 |
| 9월 | 0.24 | 0.22 | 0.22 | 0.14 | 0.11 | 0.18 | 0.17 | 0.22 | 0.19 | 0.08 | 0.19 | 0.11 |
| 총 (1~9월) | 0.39 | 0.34 | 0.34 | 0.35 | 0.36 | 0.40 | 0.45 | 0.34 | 0.32 | 0.44 | 0.51 | 0.49 |

(b) 기압 VS. 수신세기간 관련계수

| | f-284. 4625MHz | f-285. 0625MHz | f-285. 1125MHz | f-352. 7875MHz | f-353. 1MHz | f-353. 1875MHz | f-450. 3625MHz | f-450. 475MHz | f-450. 775MHz | f-810. 15MHz | f-810. 55MHz | f-810. 65MHz |
|-------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1월 | -0.01 | 0.07 | 0.00 | 0.16 | -0.03 | -0.06 | 0.04 | 0.10 | -0.01 | -0.01 | -0.03 | -0.01 |
| 2월 | 0.13 | 0.12 | 0.13 | 0.15 | 0.12 | 0.09 | 0.02 | 0.18 | 0.11 | -0.19 | -0.13 | -0.14 |
| 3월 | 0.02 | -0.02 | 0.00 | 0.00 | 0.03 | 0.07 | 0.02 | 0.05 | -0.02 | 0.06 | 0.09 | 0.12 |
| 4월 | 0.17 | 0.11 | 0.10 | 0.12 | 0.13 | 0.04 | 0.09 | 0.10 | 0.09 | 0.08 | 0.03 | 0.10 |
| 5월 | 0.32 | 0.28 | 0.28 | 0.27 | 0.18 | 0.23 | 0.17 | 0.20 | 0.19 | 0.22 | 0.16 | 0.17 |
| 6월 | 0.67 | 0.73 | 0.73 | 0.69 | 0.50 | 0.55 | 0.47 | 0.52 | 0.52 | 0.46 | 0.40 | 0.49 |
| 7월 | -0.03 | -0.09 | -0.09 | -0.07 | -0.01 | 0.00 | -0.12 | -0.10 | -0.10 | -0.12 | -0.04 | 0.00 |
| 8월 | 0.13 | 0.12 | 0.11 | 0.14 | 0.07 | 0.08 | 0.07 | 0.07 | 0.08 | 0.09 | 0.08 | 0.03 |
| 9월 | -0.16 | -0.15 | -0.16 | -0.12 | -0.05 | -0.07 | -0.23 | -0.35 | -0.22 | -0.07 | -0.04 | -0.11 |
| 총 (1~9월) | -0.17 | -0.14 | -0.14 | -0.14 | -0.18 | -0.21 | -0.25 | -0.15 | -0.15 | -0.22 | -0.29 | -0.28 |

(c) 습도 VS. 수신세기간 관련계수

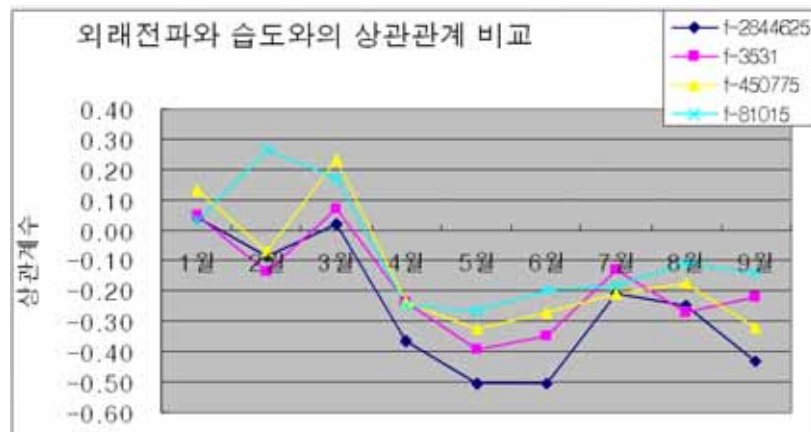
| | f-284. 4625MHz | f-285. 0625MHz | f-285. 1125MHz | f-352. 7875MHz | f-353. 1MHz | f-353. 1875MHz | f-450. 3625MHz | f-450. 475MHz | f-450. 775MHz | f-810. 15MHz | f-810. 55MHz | f-810. 65MHz |
|-------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1월 | 0.04 | 0.03 | 0.13 | 0.04 | 0.05 | 0.01 | 0.04 | -0.02 | 0.13 | 0.03 | 0.08 | 0.01 |
| 2월 | -0.08 | -0.09 | -0.06 | -0.07 | -0.13 | -0.10 | -0.12 | -0.05 | -0.07 | 0.26 | 0.23 | 0.29 |
| 3월 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.06 | 0.07 | 0.04 | 0.19 | 0.18 | 0.23 | 0.17 | 0.15 | 0.17 |
| 4월 | -0.37 | -0.38 | -0.38 | -0.38 | -0.24 | -0.33 | -0.19 | -0.22 | -0.23 | -0.25 | -0.17 | -0.17 |
| 5월 | -0.51 | -0.48 | -0.48 | -0.47 | -0.40 | -0.39 | -0.27 | -0.31 | -0.33 | -0.27 | -0.24 | -0.19 |
| 6월 | -0.51 | -0.49 | -0.49 | -0.43 | -0.35 | -0.36 | -0.22 | -0.26 | -0.27 | -0.20 | -0.20 | -0.17 |
| 7월 | -0.21 | -0.22 | -0.22 | -0.16 | -0.13 | -0.15 | -0.16 | -0.20 | -0.21 | -0.18 | -0.20 | -0.14 |
| 8월 | -0.25 | -0.19 | -0.19 | -0.24 | -0.27 | -0.26 | -0.15 | -0.17 | -0.18 | -0.11 | -0.22 | -0.20 |
| 9월 | -0.43 | -0.45 | -0.46 | -0.33 | -0.22 | -0.30 | -0.17 | -0.31 | -0.32 | -0.14 | -0.16 | -0.11 |
| 총 (1~9월) | -0.04 | -0.06 | -0.06 | -0.03 | 0.02 | 0.03 | 0.15 | 0.04 | 0.02 | 0.16 | 0.21 | 0.23 |



(a) 기온 VS. 수신세기간 관련계수



(b) 기압 VS. 수신세기간 관련계수

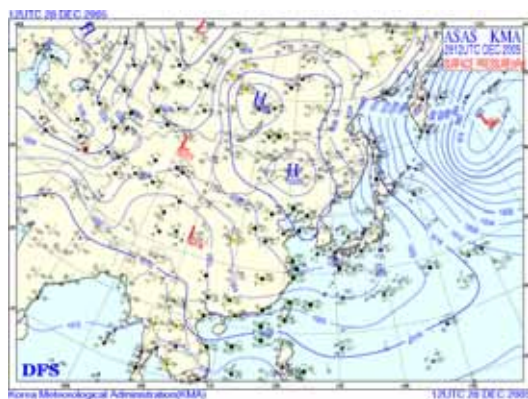


(c) 습도 VS. 수신세기간 관련계수

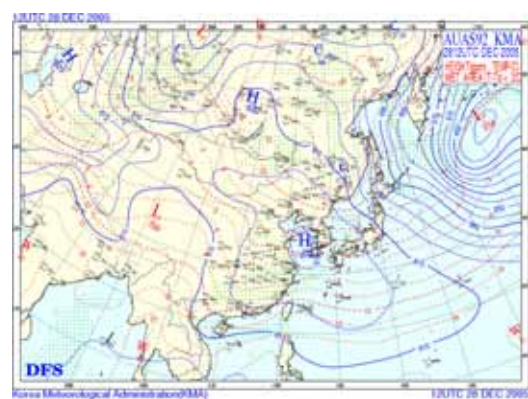
그림 3-6. 기상자료와 외래전파 수신세기간 관련성 분석

2. 일기도와의 관련성 분석

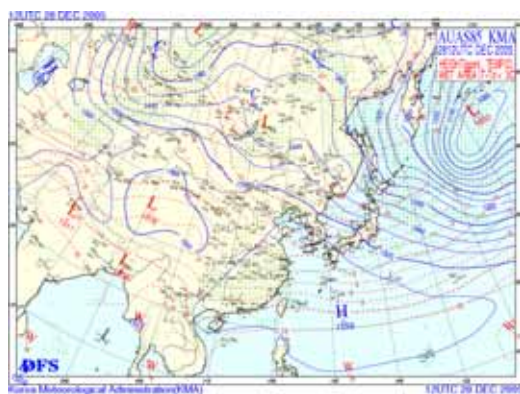
기상청에서는 한반도를 포함하는 동아시아 전역을 대상으로 지상, 925hPa(약 750m), 850hPa(약 1500m), 700hPa(약 3000m), 500hPa(약 5000m), 300hPa(약 8500m) 높이에서 12시간 단위(00UTC, 12UTC)의 일기도를 제공하고 있다. 한편 라디오 덱트는 지상에서 10여km 높이에 걸친 대기권 전역에서 형성되지만 실제 전파간섭 현상은 주로 지상에서 약 1km 정도에서 형성되는 라디오덱트에 의해 주로 발생하는 것으로 알려져 있다. 따라서 외래전파 수신세기와 그때의 지상 일기도 및 850hPa(약 1500m)일기도를 비교하여 외래전파유입세기와 일기도간 관련성을 분석하였다. 한편 기상청에서 제공하는 지상, 925hPa, 850hPa, 700hPa 일기도의 형태는 그림 3-7과 같다.



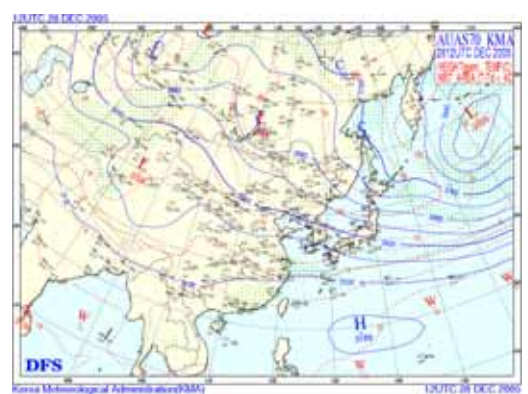
(a) 지상 일기도



(b) 925hPa 일기도



(c) 850hPa 일기도



(d) 700hPa 일기도

그림 3-7. 기상청 제공 일기도 형태 (참고 2005.12.28, 12UTC)

일기도를 통하여 일본이나 중국전파가 유입될 수 있는 조건인지를 판단하는 기준으로는 한반도와 우리나라 동해안 바다 혹은 서해안 바다에 고기압 혹은 저기압이 형성되었는지 여부, 그리고 고기압 중에서도 차가운 시베리아 고기압이 한반도를 덮고 있는지 여부, 기압골이 한일 혹은 한중간 바다에 위치하고 있는지 여부, 우리나라 혹은 일본, 중국 지역에서 비가 내리는지 여부 등에 따라 외래전파 유입여부를 정성적으로 판단할 수 있다.

일반적으로 고기압상태에서는 공기의 상하 흐름이 거의 없어 상대적으로 안정된 공기상태를 유지한다. 따라서 한일, 한중간 대기권에서 고기압이 장시간 머무는 경우 공기가 안정되어 대기권에서 라디오 덕트가 형성될 수 있는 조건을 제공하게 된다. 반면 저기압 상태에서는 주변의 공기가 유입되면서 상승기류가 형성되어 상하간 공기흐름이 활발하게 된다. 따라서 한일, 한중간에 저기압이 위치하는 경우 상하간 공기흐름이 활발하여 대기권에서 라디오덕트가 형성되기는 어려운 상황이 된다. 그림 3-8는 2004년 6월 3일 오전 9시 (00UTC) 일기도로서 한반도와 일본 열도가 고기압권에 있으며 일본남해 먼 바다에 정체전선이 형성되어 공기의 흐름이 거의 없는 상태를 나타낸다.

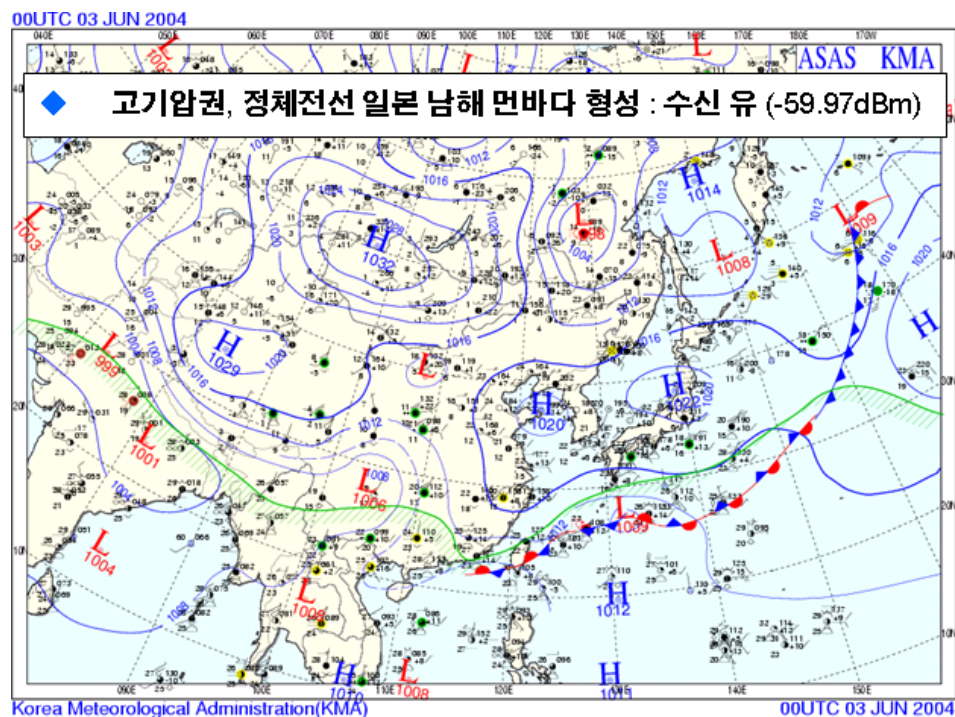


그림 3-8. 고기압 상태에서 외래전파 유입

이때에는 한반도와 일본 열도에 나타난 고기압 공기는 안정된 상태로 오랫동안 머물게 되어 라디오 덕트가 형성될 수 있는 최적의 조건을 제공하게 된다. 동일한 시간대에 포항지역에서 284.4625MHz 일본전파를 측정한 결과 -59.97dBm(47.03dB μ V) 세기로 유입됨을 알 수 있다.

한편 일반적으로 한반도상에 고기압이 장시간 머물면 대기권에서 라디오 덕트가 형성되어 외래전파가 유입될 최적의 조건을 제공하지만 차가운 시베리아 고기압이 머무는 경우는 예외이다. 왜냐하면 차가운 시베리아 고기압이 머무는 경우에는 낮은 온도로 인해 공기 중에서 절대 습도가 감소하는 효과를 나타내며 이로 인해 VHF/UHF대역 외래전파를 포획할 수 있을 만큼의 라디오 덕트층이 형성되기 어렵기 때문이다. 그림 3-9은 한반도가 차가운 시베리아 고기압 하에 있는 상황이며 이때 284.4625MHz 일본전파는 유입되지 않음을 보여주고 있다.(이때 수신세기는 -90.58dBm(16.42dB μ V)로 나타났는데 이 세기는 계측기 잡음으로 인한 계측기 최소감도(약 17dB μ V) 레벨로서 외래전파가 유입되지 않음을 의미함)

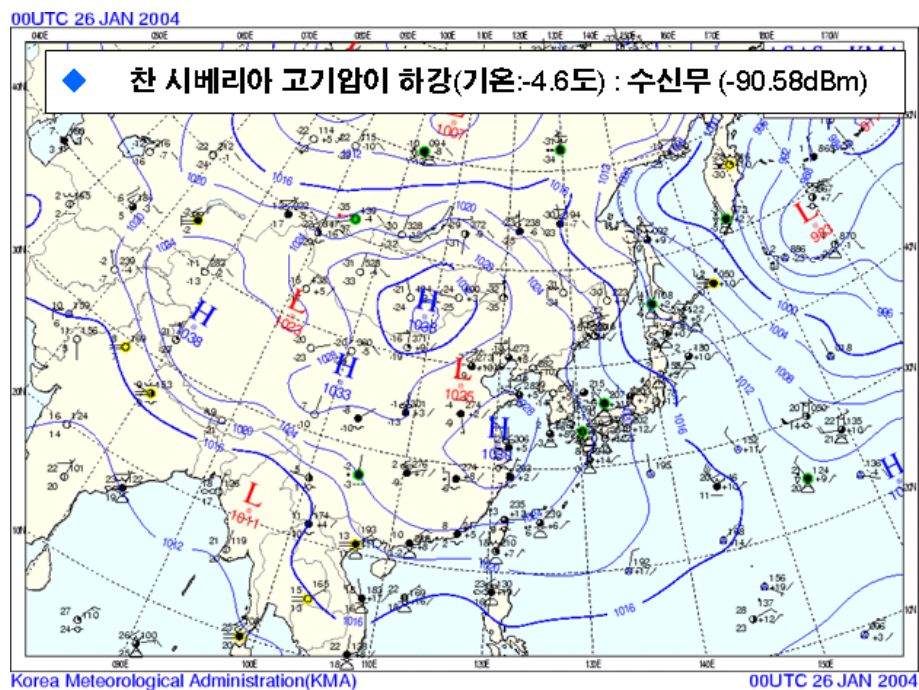


그림 3-9. 차가운 시베리아고기압 상태에서 외래전파 유입 여부

한편 그림 3-10과 그림 3-11은 한일간에 전선이 형성되었거나 태풍이 지나가고 있는 상황으로 이때에도 동일하게 외래전파가 유입되지 않음을 보여주고 있다. 그림 3-10에서는 동해 바다에 저기압이 위치하여 포항지역을 중심으로 한 한일간 해역에서는 한랭전선이 형성되어 있음을 보여주고 있다. 이와 같이 저기압을 중심으로 전선이 형성되는 경우 서로 다른 성질의 공기가 만나 대기상태는 불안정해지며 이로 인해 주변에서는 주로 비가 내리게 된다. 이와 같이 불안정한 대기상태에서는 라디오 덕트층이 형성될 수 없으며 따라서 일본 본토로부터 외래전파는 거의 유입되지 않게 된다. 한편 그림 3-11와 같이 태풍이 동해안 지역을 지나가고 있는 경우에도 동일한 결과를 나타낸다. 즉 태풍이 동해안 지역을 지나가게 되면 공기의 상하 및 좌우 흐름이 활발하게 되어 대기권에 안정된 상태를 유지할 수 없으며 이로 인해 대기권에서 라디오덕트가 형성될 수 없기 때문이다.

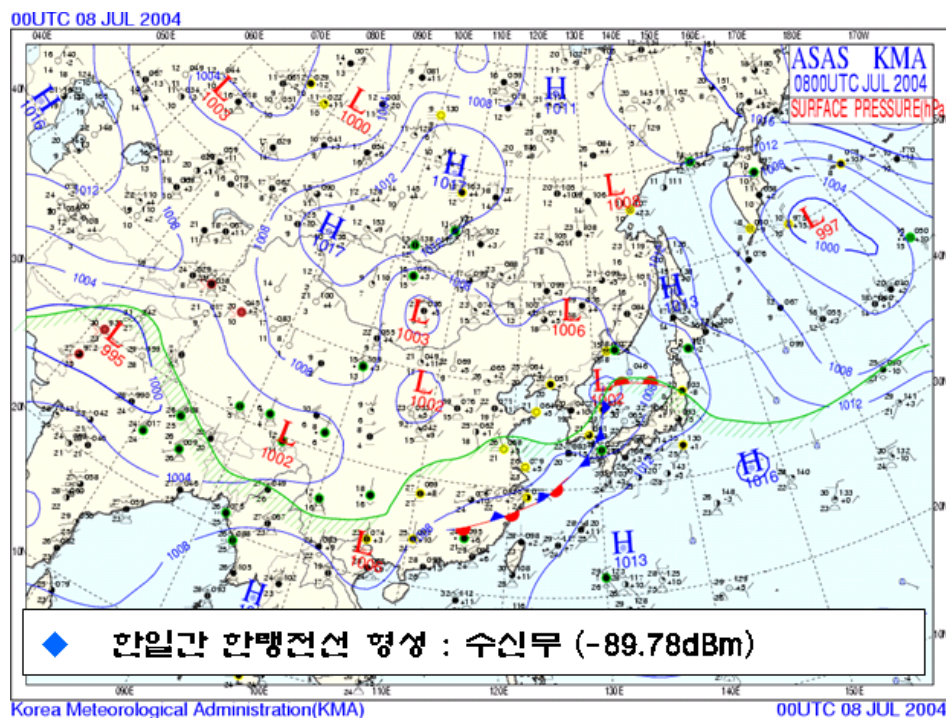


그림 3-10. 동해안에 전선이 형성되었을 때 외래전파 유입여부

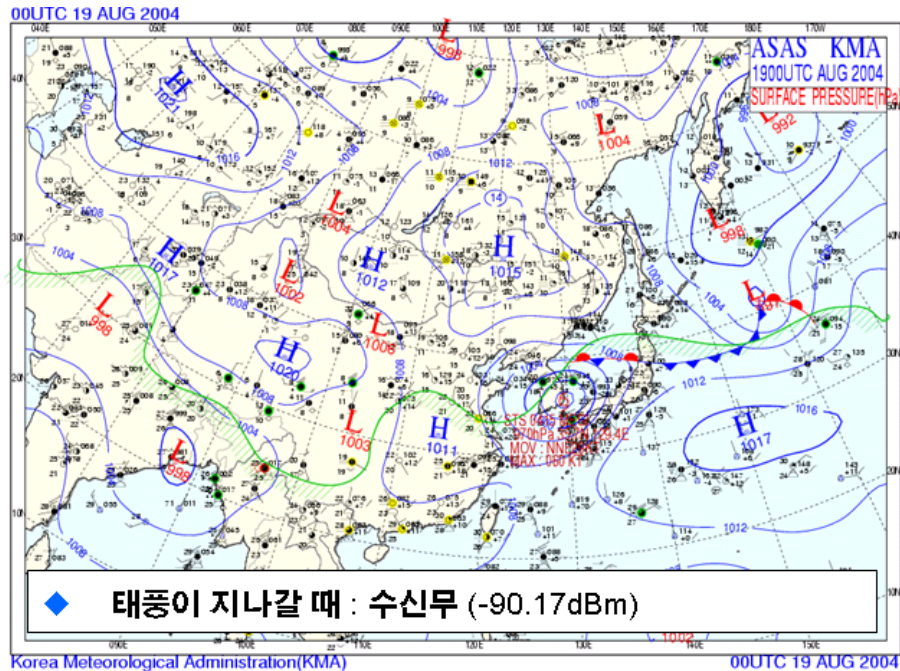


그림 3-11. 태풍이 지나갈 때 외래전파 유입여부

제4절 무선국 위치별 외래전파 영향 분석

무선국이 위치한 지형지물이나 해안선과 거리에 따라 외래전파의 수신세기가 어떻게 달라지는지 알아보았다. 외래전파 유입을 측정하기 위한 측정시스템은 LP안테나, 전계강도분석기, 컴퓨터 및 측정용 프로그램을 사용하였으며 측정장소는 울산지역을 선택하여 일본에서 유입되는 전파 200~800MHz대역[(280MHz대역(3파), 350MHz대역(3파), 450MHz대역(3파), 800MHz대역(3파)]에 대해 각 측정 지점에서 3초 간격으로, 1시간 동안 외래전파 유입세기 변화를 측정하였다.

표 3-7은 지형지물 및 해안선 이격거리별 외래전파 측정지점이며, 그림 3-12는 지형지물 특성에 따른 외래전파 측정지점이고, 그림 3-13은 해안선 이격거리별 외래전파 측정지점을 나타내고 있다. 지형지물에 의한 특성은 언덕이 있는 경우 유입되는 전파가 어떻게 영향을 미치는지를 분석하기 위함이고, 해안선 이격거리별 측정은 울산지역 4개 지점에서 해안선 이격거리(500m, 5km, 10km, 30km)에 따른 일본전파(12파) 유입특성 측정하기 위함이다.

표 3-7. 지형지물 및 해안선 이격거리별 외래전과 측정지점

| 지점 | 좌표 | 위치 | 고도 | 해안선 이격거리 | 측정지점 특징 |
|----|---------------------------------|-----------------------|------|-------------|----------------------------------------------|
| 1 | E129°26'35.64" N35°36'59.22" | 정자성터 위 (수도사업소내) | 76m | 500m | o 동해바다가 보이는 언덕 |
| 2 | E129°26'39.3" N35°37'04.8" | 정자성터 아래 | 35m | 500m | o 언덕(60여m)이 앞에 있어 동해바다가 보이지 않음 |
| 3 | E129°23'57.13" N35°35'24.96" | 무룡산 정상 (MBC 송신소 앞) | 438m | 5.5km | o 잡음레벨이 너무 높아 측정불가 |
| 4 | E129°20'34.2" N35°38'46.92" | 약수초등학교앞 (7번국도 서편) | 44m | 11km | o 동쪽 3.5km 지점에 동대산(400여m)이 위치함 |
| 5 | E129°08'29.16" N35°35'52.2" | 경부고속도로 언양휴게소 | 118m | 29km | o 고속도로상에서 측정예정이었으나 적당한 장소가 없어 휴게소에서 측정 |

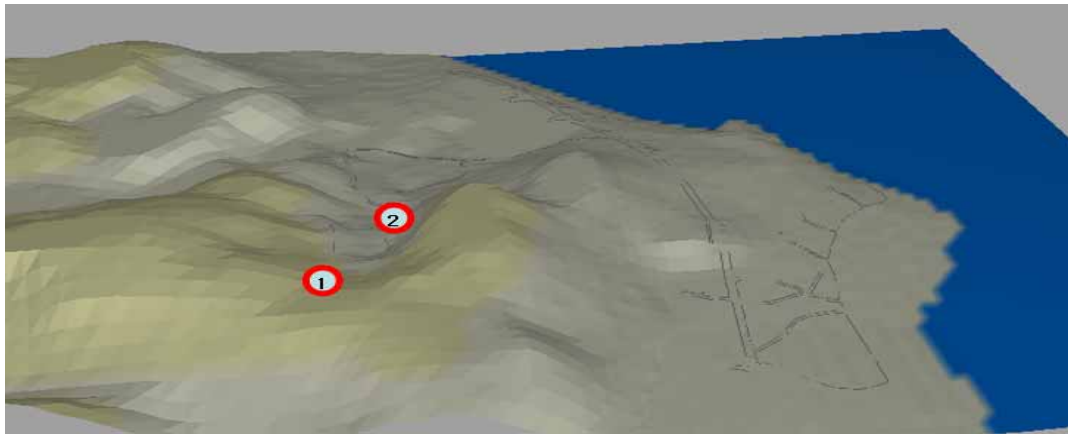
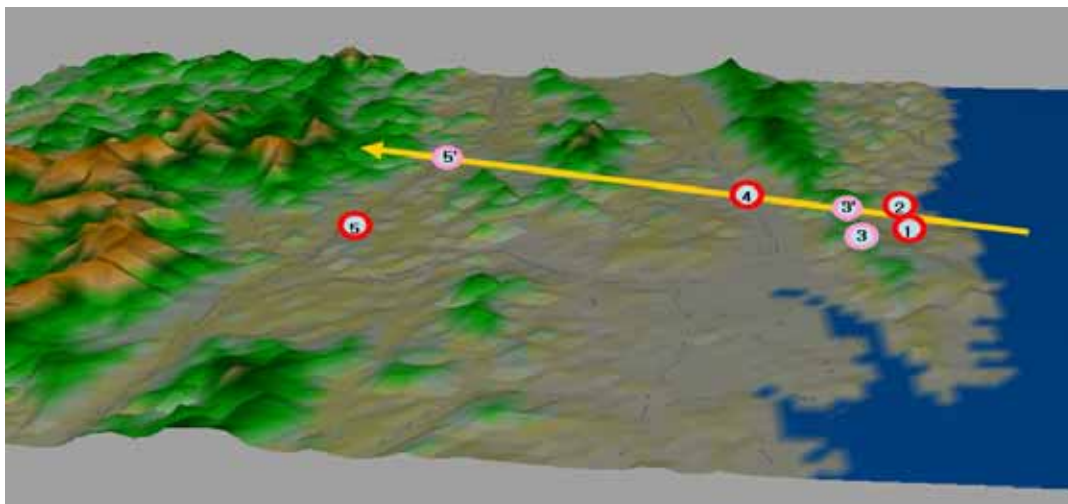


그림 3-12. 지형지물 특성에 따른 외래전과 측정지점



- : 측정예정이었으나 측정하지 못했거나 측정이 불가능한 지점
- : 실제 측정을 수행한 지점

그림 3-13. 해안선 이격거리별 외래전과 측정지점

1. 무선국이 지형지물의 영향에 의한 외래전파 유입특성

무선국이 지형지물에 따라 외래전파로부터 어떻게 영향을 받는지를 알아보기 위해서 측정지점은 그림 3-12에서와 같이 1번 지점으로 정자성터 위[해안선 이격거리(500m), 고도(76m)]와 2번지점으로 정자성터 아래[해안선 이격거리(500m), 고도(35m)]를 선정하여 언덕으로 인한 장애물이 전파유입에 어떻게 영향을 미치는지를 분석하였다.

측정결과는 표 3-8과 같이 주파수에 따라 일본전파 유입율과 유입세기가 각각 다른 값을 보이고 있으나, 동해 바다가 내려다보이는 지점(정자성터 위)에서는 280MHz 및 350MHz대역의 4개 일본전파가 최고 100%까지 측정된 반면, 언덕으로 가려진 지점(정자성터 아래)에서는 어떠한 일본전파도 유입되지 않았다. 이러한 결과를 통해 살펴볼 때, 수신지점에서 일정한 높이의 지형지물이 위치하는 경우 일본전파의 영향을 받지 않음을 알 수 있었다. 그러나 지형지물에 의한 외래전파의 영향 정도를 세부적으로 분석하기 위하여 보다 세분화된 지점에서 측정이 필요하리라 사료된다.

표 3-8. 지형지물에 의한 외래전파 측정결과

| 측정지점 주파수(MHz) | 정자성터 위(1) 동해바다 보임 | | 정자성터 아래(2) 동해바다 안 보임 | |
|------------------|----------------------|------------------|-------------------------|------------------|
| | 유입율 (%) | 최대세기 (dBuV/m) | 유입율 (%) | 최대세기 (dBuV/m) |
| 284.4625 | 77.60 | 23.82 | 0 | - |
| 285.1125 | 0 | - | 0 | - |
| 285.3125 | 100 | 28.53 | 0 | - |
| 352.9375 | 84.85 | 27.2 | 0 | - |
| 353.1875 | 1.49 | 19.21 | 0 | - |
| 353.2625 | 0 | - | 0 | - |
| 450.475 | 0 | - | 0 | - |
| 450.75 | 0 | - | 0 | - |
| 450.775 | 0 | - | 0 | - |
| 810.15 | 0 | - | 0 | - |
| 810.25 | 0 | - | 0 | - |
| 810.65 | 0 | - | 0 | - |

2. 무선국이 해안선 이격거리에 따른 외래전파 유입특성

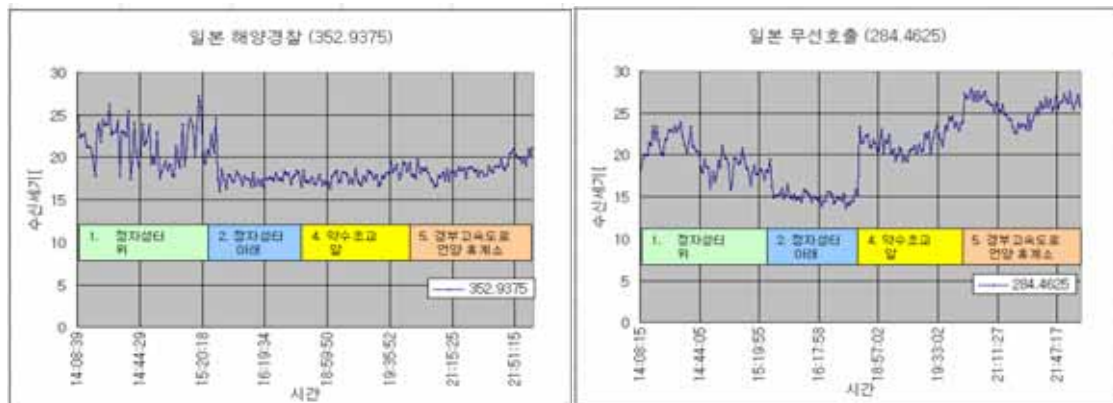
해안선으로부터 이격거리에 따른 외래전파 영향을 분석하기 위하여 그림 3-13에서 2번, 4번, 5번과 같이 500m, 11km, 29km 떨어진 3개 지점에서 12개 일본전파 유입세기 측정하였다. 측정지점은 정자성터, 약수초교, 언양휴게

소 3지점이고 측정 주파수는 280MHz대역(3파), 350MHz대역(3파), 450MHz대역(3파), 800MHz대역(3파)이다. 측정결과 표 3-9과 같이 주파수 대역에 따라 일본전파 유입 정도가 280MHz대역 > 350MHz대역 >> 450MHz대역 및 810MHz대역 순으로 나타났다. 해안선 이격거리에 따라 외래전파 유입 특성이 주파수에 따라 각각 다르기는 하나 동일한 경향을 보이지는 않는데 그 이유를 살펴보면 측정대상 12개 일본전파의 무선국 가용율이 각각 다르며 각 지점에서 측정결과는 약 1시간 30분 정도의 시간 간격으로 연속 측정한 것이므로 이러한 시간동안 한 일간 기상 조건이 변했기 때문으로 판단된다.

그림 3-14은 개별주파수에서 측정지점별 외래전파 유입특성을 나타낸 것이고 그림 3-15은 측정지점별 고도 및 위치정보를 나타내고 있다.

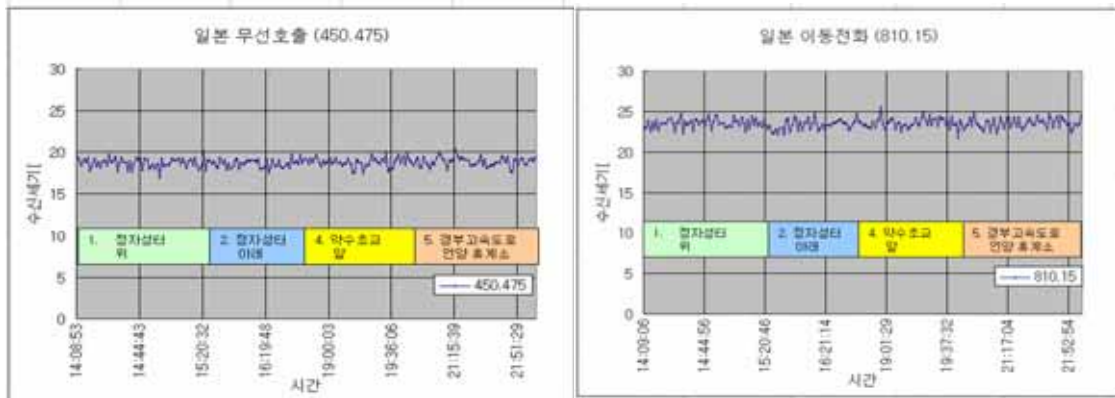
표 3-9. 해안선 이격거리별 외래전파 측정결과

| 이격거리 주파수(MHz) | 정자성터 (1) (이격거리 500m) | | 약수초교 (4) (이격거리 11km) | | 경부고속도로 언양휴게소 (5) (이격거리 29km) | |
|------------------|-------------------------|------------------|-------------------------|------------------|------------------------------------|------------------|
| | 유입율 (%) | 최대세기 (dBuV/m) | 유입율 (%) | 최대세기 (dBuV/m) | 유입율 (%) | 최대세기 (dBuV/m) |
| 284.4625 | 77.60 | 23.82 | 100 | 24.57 | 100 | 27.80 |
| 285.1125 | 0 | - | 100 | 27.13 | 50.85 | 19.95 |
| 285.3125 | 100 | 28.53 | 39.62 | 22.75 | 72.41 | 21.31 |
| 352.9375 | 84.85 | 27.2 | 9.43 | 19.52 | 24.14 | 20.98 |
| 353.1875 | 1.49 | 19.21 | 7.69 | 21.16 | 6.78 | 19.30 |
| 353.2625 | 0 | - | 1.96 | 22.21 | 13.79 | 19.58 |
| 450.475 | 0 | - | 0 | - | 0 | - |
| 450.75 | 0 | - | 0 | - | 0 | - |
| 450.775 | 0 | - | 0 | - | 0 | - |
| 810.15 | 0 | - | 0 | - | 0 | - |
| 810.25 | 0 | - | 0 | - | 0 | - |
| 810.65 | 0 | - | 0 | - | 0 | - |



a.일본 무선평출신호 (284.4625MHz)

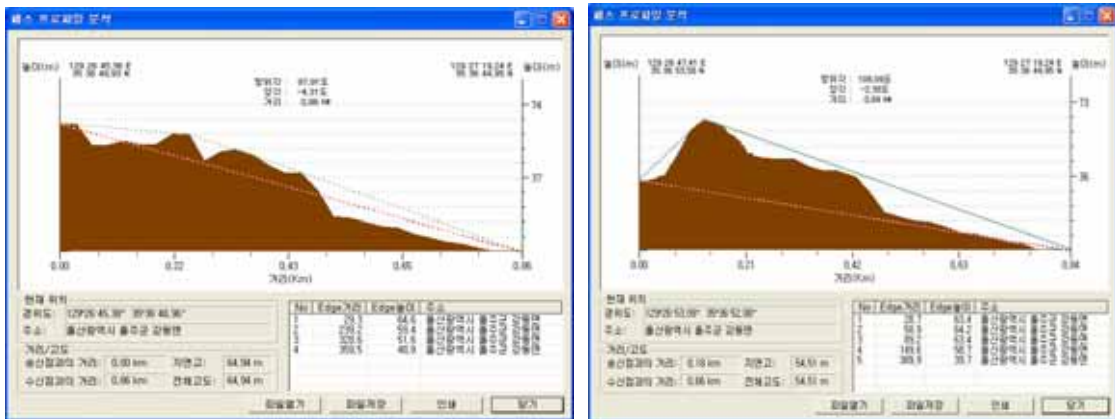
b.일본 해양경찰(352.9375MHz)



c.일본 고정/이동 (450.475MHz)

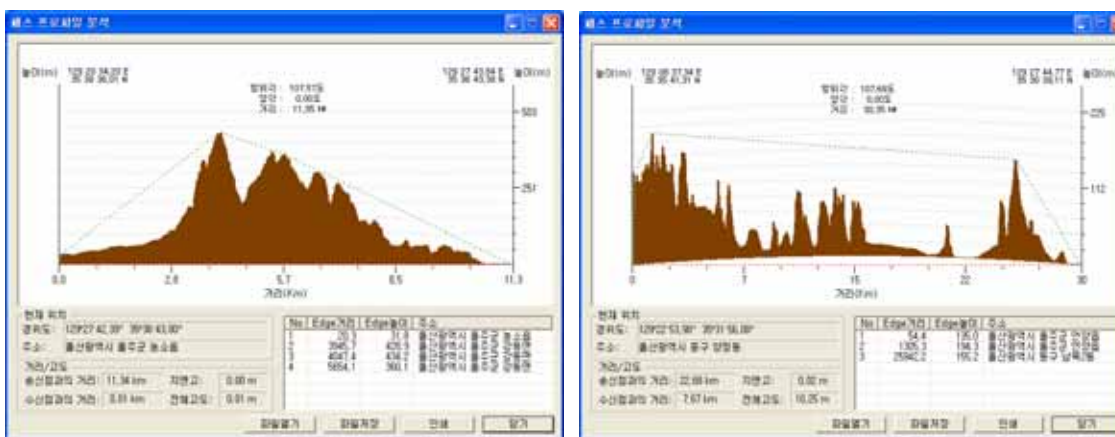
d.일본 이동전화(810.15MHz)

그림 3-14. 개별주파수에서 측정지점별 외래전파 유입특성



a. 정자성터 위

b. 정자성터 아래



c. 약수초교 앞

d. 안양 휴게소

그림 3-15. 측정지점별 고도 및 위치정보

제 4 장 인접국가 지상망 간섭 해소 방안 분석

전파는 열려진 자유공간을 통하여 자유롭게 전파된다. 따라서 인위적으로 만들어진 국경이란 경계는 전파 전달에서 아무런 장애물이 아니며 국경을 접하고 있는 인접국가간에 전파간섭 문제는 필연적으로 발생하게 된다. 이러한 인접국가간 전파간섭 문제를 해결하기 위하여 국제사회는 다양한 노력을 경주하고 있으나 그 어떠한 방법도 인접국간 전파간섭 현상을 완전히 해소할 수는 없는 것이며 단지 전파간섭 정도를 줄여줄 따름이다.

인접국간 전파간섭 문제를 완화하기 위한 방안으로는 국내 무선통신용 송수신 시스템을 해안선에서 일정 거리이상 이격시켜 설치하는 방법, 자연 또는 인공 전파 장애물 이용하거나 설치하는 방법 및 안테나 틸딩과 같은 다양한 기술적 해결방법을 생각할 수 있으며, 또 다른 방안으로는 전파간섭 현상이 발생하는 주파수 대역을 대상으로 인접한 국가와 개별적인 협정을 맺어 전파간섭 문제를 해결하는 방법을 생각할 수 있다. 그러나 이와 같은 기술적 접근방식이나 혹은 국가간 협상을 통한 전파간섭 해결 방식은 단지 전파간섭 정도를 완화시켜줄 뿐이다. 따라서 여기서는 양 국가간 또는 지역간 전파간섭 해소를 위한 협정서를 분석하고 APT 지역국가간 전파간섭 해소를 협정 추진 내용 등을 분석한다.

따라서 여기서는 먼저 ITU-R 전파규칙(RR : Radio Regulations)이나 권고안에서 규정하는 인접국간 전파간섭 해소를 위한 규정들을 알아보고 2001년 12월21일 체결된 한·일간 주파수 협정과 유럽국가간 전파간섭해소를 위한 유럽지역 주파수협정(베를린 협정) 내용을 간단히 알아본 후 APT(아시아-태평양 전기통신협력체)산하 AWF(아태무선포럼)에서 승인된 아태지역 국가간 지상업무용 무선국 전파간섭 해소를 위해 지상업무용 무선국 주파수 조정 가이드(guide)에 대한 권고 내용을 상세히 알아보고자 한다.

제 1 절 ITU 동향

국가간 지상업무용 무선국간 전파간섭을 예방하기 위한 국제 규정으로는 ITU-R Rec SM. 1049, "A Method of Spectrum Management To Be Used for Aiding Frequency Assignment for Terrestrial Service in Border

Areas”와 무선규칙(RR : Radio Regulations) 제4조~제16조를 들 수 있다.

ITU-R Rec SM. 1049 에서는 국가간 국경지역에서 발생할 수 있는 인접 국가간 지상업무용 무선국간 전파간섭 해결을 위한 원칙론을 기술하고 있으며 국가간 주파수 조정지역 설정을 양자간 또는 다자간 협정시 협정서에 포함 되어야 할 행정적 기술적 내용을 포함하고 있다.

한편 ITU-R 무선규칙(RR)에서는 위성이나 방송과 관련한 엄격한 강제규정을 두고 있는데 이 규정 속에는 지상망용 무선국도 반드시 준수해야할 내용이 일부 포함되어 있다. 이와 관련한 내용은 ITU-R 무선규칙(RR) 제4조~제16조에서는 주로 규정하고 있는데 그 내용을 보면 다음과 같다.

ITU-R에서는 국가간 전파간섭 해소를 위하여 각 회원국이 ITU-R에 무선국을 통지하고 등록하는 절차 등을 ITU-R 무선규칙(RR) 제11조에서 규정하고 있는데 다음에 해당하는 무선국에 주파수를 할당할 경우 반드시 ITU-R에 통지하도록 규정하고 있다. 한편 ITU에서는 지상업무용 무선국과 관련하여 국제 주파수등록부 (MIFR : The Master International Frequency Register)를 가지고 있으며 2주 단위로 이를 갱신하여 각 회원국들에게 배포하고 있다.

여기에는 각국이 지상업무용 무선국 개설시 ITU-R에 반드시 통보해야하는 무선국 외에도 반드시 통보대상은 아니지만 각국이 무선국 개설 사실을 ITU-R에 통보한 모든 무선국을 포함한다. ITU-R 국제 주파수등록부 (MIFR)에 등록된 무선국은 국제적으로 인증된 효과를 준다. 즉 주파수 할당이 다른 나라의 현재 혹은 장래의 무선국에 간섭을 야기할 수 있거나 혹은 간섭을 받을 수 있는 경우, 해당 주파수 할당을 ITU-R에 통지하여 MIFR에 등록함으로써 모든 다른 국가는 이 주파수가 이미 사용되고 있는 것을 알게 되어 자국내, 지역내 혹은 국제적인 수준으로 장래 무선통신망을 설계할 때 이를 반영하여 설계하게 되기 때문이다. 따라서 ITU-R 에 반드시 등록해야만 하는 무선국이 아닌 국내 지상업무용 무선국이더라도 ITU-R에 무선국 정보를 등록해 둬으로써 국가간 전파간섭 현상 발생시 국내 무선국이 우선적으로 보호받을 수 있다. 그러나 조난이나 비상용 호출주파수와 같이 세계 공통으로 사용하는 주파수를 사용하는 무선국은 ITU-R 에 등록할 수 없다.

제 2 절 국제 협정 사례

1. 한·일간 주파수 조정 협정

국내 800MHz대역의 TRS와 이동전화망에 혼신을 야기했던 한·일간 전파간섭 문제는 약 2년여의 한·일 주파수조정회의를 통하여 2001. 12. 21일 양국간 협정서를 체결하면서 조정되었다.

이 협정서에서는 한일 양국간 전파간섭 현안이었던 800MHz대역의 약 20MHz대역 주파수를 양국이 동일하게 분할하고 우선권을 가지도록 협정하였으며 협정서 주요 내용은 다음과 같다.

- 조정 대상 주파수 : 조정지역 내 810~960MHz 대역
- 조정대상 서비스 : 이동전화 및 TRS
- 조정 대상 지역 (추후 조정가능)
 - 한국 : 경상 남/북도 해안 지역, 제주도 및 전라남도 일부지역(광양 등)
 - 일본 : 큐슈 해안 지역, 대마도 및 혼슈 남부 일부지역(시마네현 등)
- 양국간 혼신발생 18.865MHz대역 주파수를 조정한 후 해당대역을 양분하여 우선사용권 부여(그림4-1 참조)
- 주파수 조정 기간
 - 일본은 TRS대역의 전파발사를 2003년말까지 중지
 - 이동전화는 2002년 6월말까지 전파발사 중지

표 4-1. 한일 주파수 조정협정 전후의 주파수 사용내역 비교

| 구분 | | 대역폭 | 용 도 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|----|--------|----------|------|-----|-----|---------|-----------|-----|---|---------|------|---------|---|---|-----------|----|----|----|-----|--------|-----------|------|---------|----|--------|---------|--|--|
| 조정대상 | 한국 | 18,865 | TRS | | | | | CDMA(SKT) | | | | | | | | CDMA(STI) | | | | | | CDMA(SKT) | | | | | | | |
| | | | | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | | |
| | 일본 | NTT | | KDDI | | | KDD | NTT | KDD | | | J#1 | | | | | | | | J#2 | | J#3 | | | | | | | |
| 조정후 | 한국 | 9.435 | 0.5→ | 2.5 | | | 3.975 | | | | | 1.23 | | | | | | | | | | | 1.23 | | | | | | |
| | 일본 | 9.43 | 4.0 | | 3.0 | | | | | | | | | | | | | | | | 1.215→ | | | ←1.215 | | | | | |
| 주파수 | | | 811 | 815 | 818 | 821 | 824.025 | | 828 | | 832.385 | | | | | | | | | | | 842.76 | | 845.295 | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | 833.615 | | | | | | | | | | | | | 845.19 | 846.515 | | |

- : 주파수 조정전 조정대상 주파수 대역
- : 주파수 조정후 우선사용권한 대역

한일 양국간 800MHz대역의 조정대상 주파수를 우리나라는 9.435MHz 대역에서 우선 사용권한을, 일본의 경우 9.43MHz 대역에서 우선 사용권한을 가짐으로써 전파간섭 문제를 해결하였다.

811MHz~821MHz대역의 경우 우리나라는 TRS 용도로, 일본은 이동전화용으로 사용중이었으나 한국의 TRS 대역의 경우 815MHz~818MHz대역에서만 우리나라가 우선권을 가졌으며 해당 대역 전파를 사용하던 NTT는 2003년말까지 전파발사를 중지하도록 체결하였다.

국내 이동전화채널대역중 일본과 중복사용중이던 824.025MHz~828MHz대역은 한국이 우선권을 갖도록 하였으며 국내 SKT 7, 8번 채널과 중복되던 일본의 J#1 채널은 한국이 해당 대역을 우선적으로 사용할 권한을 부여하였다. 한편 국내 16, 17, 18번 채널과 일본의 J#2, J#3 채널간 중복 사용은 그림처럼 일본의 J#2, J#3 채널을 약간 이동하여 사용함으로써 국내 18번 채널을 계속하여 사용할 수 있도록 하였다.

양국은 조정지역내에서 우선사용권한을 가진 주파수 대역에서는 우선적으로 해당 주파수를 사용할 수 있다. 그러나 우선사용권한이 없는 주파수의 경우 조정지역 밖에 위치하는 무선국에서는 자유롭게 사용할 수 있으며 해당 무선국이 조정지역 안에 위치한다고 하더라도 상대국의 조정지역 내 무선국에 유해한 혼신을 발생시키지 않는다면 주파수를 제한적으로 사용할 수 있다. 그러나 조정지역 내에서 제한적 사용이 상대국가의 비제한적으로 사용하는 주파수에 혼신을 야기한다면 혼신제거를 위한 즉각적인 조치를 취하는데 협력하여야 하도록 규정하고 있다.

그러나 한일 양국간 주파수협정 체결이후에도 한일간 주파수 간섭문제는 여전히 남아 있다. 즉 이동전화의 경우 조정지역(Coordination Zone) 외에서 사용하는 무선국에 의해 간섭현상이 실제로 발생할 수 있어 그에 대한 보다 상세한 검토가 요구된다.

한편 일본 정부는 2004년 8월 800MHz 주파수 대역을 정비하는 계획을 발표하였는데 여기서는 한국과의 간섭으로 이용하지 못하는 주파수대역을 이용할 목적으로 해당 주파수 대역을 2011년까지 정비할 계획으로 있다. 그에 따라 2011년 말까지 일본 주파수가 정비되면 현재 한일 양국간 협정으로 사용하지 못하고 있는 주파수를 양국이 모두 이용할 수 있을 것으로 예상된다.

2. 유럽국가간 베를린 협정

유럽지역은 일찍부터 통신기술이 발전하였으며 각국은 국경선을 인접하고 있어 전파간섭현상을 해소하려는 유럽국가간 노력은 일찍부터 시작되었다. 1962. 6. 6일 오스트리아, 독일, 스위스 등 세 국가간에 지상망에서 전파간섭 방지를 위하여 비엔나에서 주파수 조정절차에 관한 협정서를 체결하였다. 이후 무선통신 기술발전에 따라 협정서 내용과 조정대역 주파수 수정, 가입국을 확대하면서 2001. 9. 14일 유럽지역 17개국이 참석하여 유럽지역 국가간 고정 및 이동통신용 29.7MHz~39.5GHz 주파수 대역의 전파간섭 해소를 위한 주파수 조정 협정서를 베를린에서 체결하였다. 참가한 국가는 오스트리아, 벨기에, 체코, 독일, 프랑스, 헝가리, 네덜란드, 크로아티아, 이탈리아, 리히텐슈타인, 리투아니아, 룩셈부르크, 폴란드, 루마니아, 슬로바키아, 슬로베니아, 스위스 17개 국가이다.

베를린 협정서는 협정서 본문과 12개 부속서(annex)로 구성된다. 협정서 본문에서는 관련용어의 정의 및 주파수 조정절차, 협정서 제정 및 개정 절차, 가입 및 탈퇴 절차 등 주로 일반적 사항을 규정하고 있으며, 12개 부속서에서는 최대 허용가능 간섭세기 및 계산 방법, 위해간섭 최대월경 영역, 고정 업무에서의 문턱 열화 (Threshold degradation), 조정영역 등 주로 세부적 기술적 기준과 측정절차, 계산 방법 등을 규정하고 있다.

무선국을 새로이 개설하려는 국가는 해당 무선국이 주파수 조정 대상에 해당된다면 관련 피해 국가와 주파수 조정절차를 거치도록 하고 있으며 주파수 조정대상 무선국은 다음과 같이 규정하고 있다.

- 육상이동 업무용
 - 송신주파수 조정 : 국경선, 10m높이에서 최대허용 간섭세기 초과시
 - 수신주파수 조정 : 수신기 보호가 필요할 때
- 고정 업무용
 - 무선 릴레이 링크중 무선국이 주파수 조정영역 안에 위치할 때
 - 무선국이 조정 영역 밖에 위치하지만 유해간섭을 야기하거나 또는 보호할 필요가 있을 때

제 3 절 AWF 주파수조정 추진 현황

아시아 태평양 지역 국가간 지상업무용 무선국 전파간섭 해소를 위해 APT(아시아-태평양 전기통신협력체)산하 AWF(아태무선포럼)에서는 APT 지역국가간 지상업무용 무선국 주파수 조정 가이드(guide)에 대한 권고(안) 개발을 추진하였으며 지난 2006.2월, 말레이시아(쿠알라룸푸르) AWF 회의에서 권고안이 승인되었고 2006.9월 APT MC 회의에서 이 권고안이 최종 승인되어 APT내 권고서로 채택되었다.

이 권고안은 개발은 지난 1차 AWF회의(2004.9.7~9.9, 한국 부산)에서 우리나라(ETRI, 오대섭연구원)의 제3지역 인접국가간 지상망 주파수 조정절차를 개발할 것을 제안하여 관련 작업반(Spec SWG-3)이 신설되었으며, 2005.3월 AWF 중간회의(2005.3.4~3.5, 방콕)와 2005.9월 중국 심천 회의, 그리고 2006.2월 말레이시아 회의를 통해 최종안이 작성되었다.

최초 이 권고문은 한국의 제안으로 APT 회원국간 지상망 주파수조정을 위한 강제적인 협정서 개발을 목표로 하였으나, 강제적 권고서 개발에 대한 회원국간 이견 등으로 이 권고서는 협정서 개발을 위한 가이드라인을 제시하는 정도로 반영되었으며 그 내용을 다음과 같다.

- 권고서 제목 : 국가간 국경지역에서 지상업무용 주파수조정을 위한 가이드라인(Guideline for the frequency coordination for the terrestrial services at the border areas between administrations)
- 권고서 구성 : 본문, ANNEX 1, APPENDIX 1으로 구성
 - ANNEX 1 : 주파수 조정절차와 관련한 일반적 사항을 규정
 - APPENDIX 1 : 주파수 조정과 관련한 기술적 사항을 규정
- 양국간 주파수 조정을 위해 제공해야하는 무선국 관련 정보
 - a) category of service and allocations
 - b) assigned frequency (MHz)
 - c) designation of emission
 - d) name of transmitter station
 - e) country and geographical location of transmitter station
 - f) antenna height (m)

- g) antenna azimuth (degree)
 - h) antenna polarization (H, V, SR, SL, CR, CL)
 - i) antenna pattern
 - j) maximum antenna gain (dBi)
 - k) effective radiated power (dBW)
 - l) expected coverage zone
 - m) date of entry into service
 - n) antenna tilt (degree)
 - o) other characteristics, if necessary.
- 양국간 주파수 조정시 주요 내용 및 기간
 - 주파수조정 요청에 대한 피해국의 전파간섭 분석 및 통보 기간 : 45일 이내
 - 45일 이내에 회신이 없을 경우 회신 촉구서(reminder) 발송
 - 피해국이 회신 촉구서(reminder) 발송이후 30일내 회신이 없으면 해당 무선국은 조정된 것으로 간주함
 - 무선국 평가관련 추가자료 요청 가능 : 주파수조정 요청서 수신후 30일 이내
 - 주파수 조정완료후 180일 이내에 무선국 승인 정보를 피해국에 통지
 - 180일 이내에 무선국 승인 통지가 없는 경우 양국간 주파수 조정은 무효로 간주
 - 사전 주파수조정 없이 45일 이내 임시사용 주파수 이용 가능
 - 조정된 주파수를 더 이상 사용하지 않는 경우, 3달 이내에 상대국에 통보

한편 인접국간 전파간섭 정도를 평가하기 위해서는 양국간에는 전파간섭 예측을 위해 합의된 평가방법을 사용해야 한다. 이를 위해 APPENDIX 1에서는 ITU-R 권고서를 통해 양국간에 전파간섭 시뮬레이션을 수행할 수 있는 방법을 제공하고 있으며 지형정보 이용이 가능한 경우와 불가능한 경우를 구분하여 ITU-R REC. 452와 ITU-R REC. 1546를 이용하도록 권고하고 있는데 그 내용은 그림 4-2와 같이 제안하고 있다.

- 지형정보를 이용할 수 있는 경우 : ITU-R REC. 452 이용
- 지형정보를 이용할 수 없는 경우 : ITU-R REC. 1546 이용

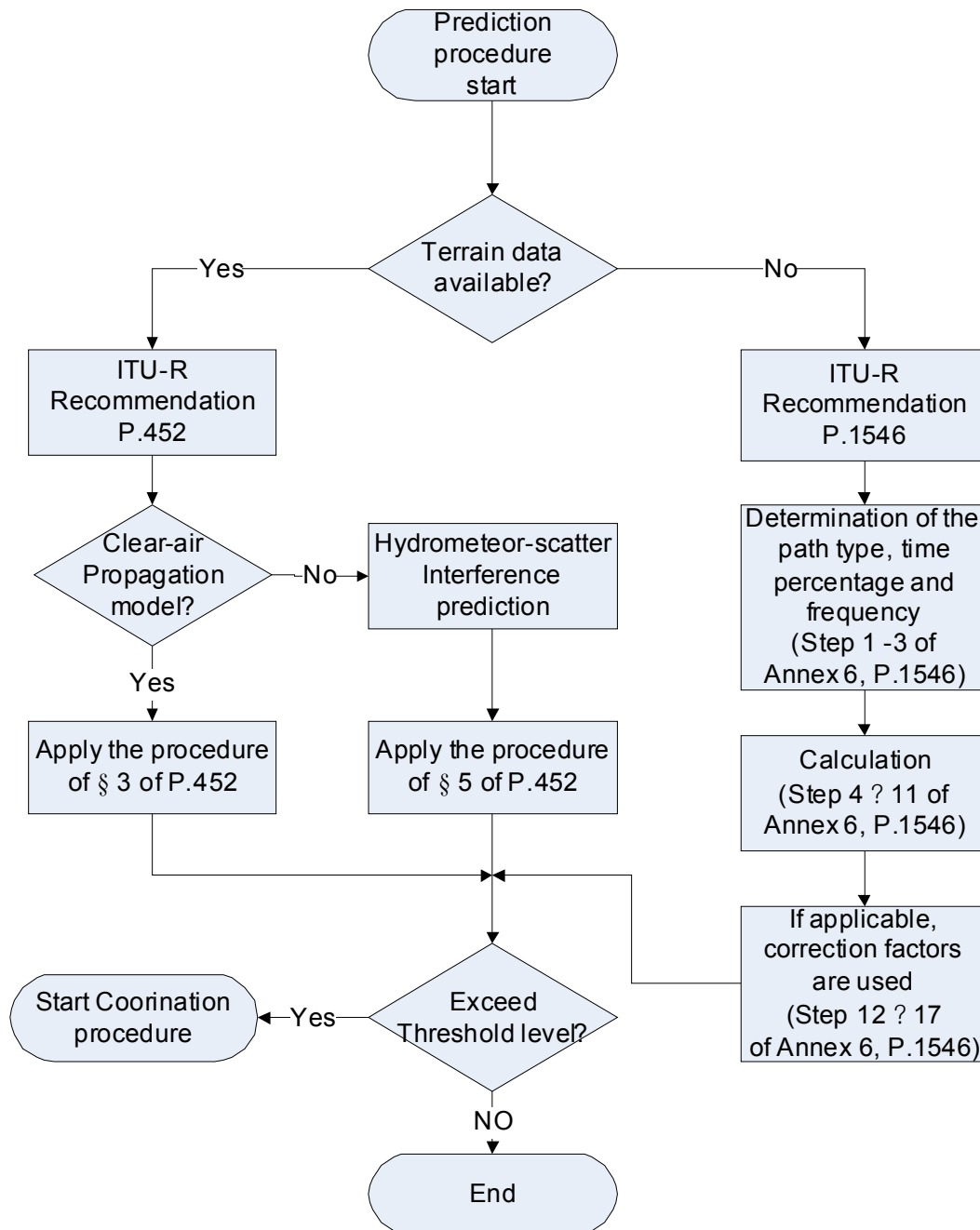


그림 4-1. 전파간섭 예측을 위한 적용 알고리즘

APT(아시아-태평양 전기통신협력체)산하 AWF(아태무선포럼)에서 개발한 APT 지역국가간 지상업무용 무선국 주파수 조정 가이드(guide)에 대한 권고는 회원국에 강제력을 발생하는 권고는 아니며 단지 주파수 조정협정 개발을 위한 행정적, 기술적 절차와 조항에 대한 가이드라인을 제공하는 것을 목표로 하고 있다. 따라서 APT 회원국내 인접국가간 전파간섭 발생시 양국간 주파수 조정협정 개발시 이를 참조할 수 있다.

제 5 장 결 론

본 연구보고서는 인접국에서 비정상적으로 유입되는 외래전파에 대한 전파간섭 문제와 대응방안을 마련하기 위하여 전파연구소에서 2006년도에 자체연구 과제로 수행된 연구결과이다.

우선 국내 해안지역에 비정상적으로 유입되는 인접국 외래전파를 측정 조사하기 위하여 이동측정 시스템과 고정 측정시설을 이용하여 년 4회 서·남해안 지역에 대한 측정을 수행하였다. 측정된 외래전파 데이터를 이용한 통계적 분석에는 전파연구소와 중앙전파관리소에서 조사된 데이터를 이용하였으며, 주파수 대역별, 국종별, 전파세기별 등 주요 요소별 통계적 분석을 수행하였다. 분석결과 최근 6년간 인접국에서 지속적으로 외래전파가 유입되고 있었으며, 일부 대역에서는 국내 통신망과 전파간섭을 야기할 수 있는 가능성을 충분히 내포하고 있었다.

최근 6년간 주파수 대역별 외래전파 유입실태를 살펴보면 동·남해안 지역에서는 일본으로부터 280MHz, 350MHz, 450MHz, 810MHz대역 전파가 많이 유입됨을 알 수 있다. 특히 810MHz대역에서 유입량이 급증하는 것을 볼수 있는데 이는 이동통신 사용량 급증으로 인한 것으로 분석된다. 또한 서해안 지역에서의 최근 6년간 외래전파 유입실태를 보면 상대적으로 130MHz~160MHz, 250MHz~280MHz 대역 중국전파가 많이 유입됨을 알 수 있다. 2004년도까지는 190MHz~230MHz대역에서 중국으로부터의 전파유입이 관측되지 않았으나 금년에는 190MHz~230MHz대역에서 15파의 전파 유입이 관측되었으며, 전반적으로 120MHz~450MHz대역에 걸쳐 고르게 유입되는 특징을 보이고 있다. 한편 지형지물에 의한 영향과 해안선 이격거리에 따라 외래전파가 어떤 영향을 미치는지에 대한 측정결과, 수신지점에서 일정한 높이의 지형지물이 위치하는 경우 일본전파의 영향을 받지 않음을 알 수 있었다. 그러나 지형지물에 의한 외래전파의 영향 정도를 세부적으로 분석하기 위하여 보다 세분화된 지점에서 측정이 필요하리라 사료된다. 해안선 이격거리에 따른 유입특성은 주파수에 따라 각각 다르기는 하나 동일한 경향을 보이지는 않는데, 이는 측정대상인 12개 일본무선국 가용율이 각각 다르며 각 지점에서의 측정결과는 약 1시간 30분 정도의 시간 간격으로 연속 측정한 것이므로 이러한 시간동안 한일간 기상 조건이 변했기 때문으로 판단된다.

인접국가간 전파간섭 문제를 해결하기위해 ITU-R 전파규칙이나 권고안에서 규정하는 인접국간 전파간섭 해소를 위한 규정들을 알아보았고 2001년 12월21일 체결된 한·일간 주파수 협정과 유럽국가간 전파간섭해소를 위한

유럽지역 주파수협정(베를린 협정) 내용을 살펴보았으며, APT산하 AWF에서 승인된 아태지역 국가간 지상업무용 무선국 전파간섭 해소를 위해 지상업무용 무선국 주파수 조정 가이드(guide)에 대한 권고 내용을 분석하였다.

인접국가로부터의 유해한 전파간섭 현상에 효과적으로 대응하기 위해서는 비정상적으로 유입되는 외래전파의 주파수 대역, 전파 세기에 대하여 여러 가지 변화요소를 포함하는 다양한 분석이 수반되어야 하며, 국내 해안지역에서 인접국과의 거리, 기상상태, 지역별 전파환경의 차이 등을 고려할 때 외래전파의 유입이 많은 지역에 대한 집중적인 전파환경 보호대책이 요구된다. 또한 국내 통신망에 미치는 유해요소를 추출하여 국가 주파수 자원을 보호할 수 있는 전파간섭 및 혼신 경감 대책이 체계적으로 수행되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] http://www.igcti.ro/igcen/berlin_agreement.htm
- [2] RECOMMENDATION ITU-R P.452-10, "Prediction procedure for the evaluation of microwave interference between stations on the surface of the Earth at frequencies above about 0.7 GHz"
- [3] RECOMMENDATION ITU-R P.453-8, "The radio refractive index: its formula and refractivity data"
- [4] RECOMMENDATION ITU-R P.530-8, "propagation data and prediction methods required for the design of terrestrial line-of-sight systems"
- [5] Grant R. Fowles, 'introduction to modern optics', 2nd edition.
- [6] Barry McLarnon, "VHF/UHF/Microwave Radio Propagation: A Primer for Digital Experimenters", ve3jf@tapr.org
- [7] Space and Naval Warfare Systems Center, San Diego Atmospheric Propagation Branch, "Advanced Refractive Effects Prediction System" 04 April 2002
- [8] S.A. Chahine, H.N. Kheirallah, M. Ayoub, "Study of tropospheric surface refractivity in Lebanon", NSRC, 1999
- [9] RECOMMENDATION ITU-R P 834-3, "effects of tropospheric refraction on radiowave propagation"
- [10] H. V. Hitney, "Hybrid ray optics and parabolic equation methods for radar propagation modeling", in *Proc. Inst. Elect. Eng. Radar 92 Conf.*, Brighton, U.K., Oct. 1992, pp. 58-61.
- [11] Peter Gerstoft, Donald F. Gingras, L. Ted Rogers, and William S. Hodgkiss, "Estimation of Radio Refractivity Structure Using Matched-Field Array Processing", IEEE TRANSACTIONS ON ANTENNAS AND PROPAGATION, VOL. 48, NO. 3, MARCH 2000
- [12] G.D. Dockery, "Modeling electromagnetic wave propagation in the troposphere using the parabolic equation", 1998