

碩士學位論文

전력선 전자파가 무선통신에
미치는 영향 연구



濟州大學校 産業大學院

電子電氣工學科

金 孝 駿

碩士學位論文

전력선 전자파가 무선통신에
미치는 영향 연구

指導教授 金 興 洙



濟州大學校 産業大學院

電子電氣工學科

金 孝 駿

2003

전력선 전자파가 무선통신에 미치는 영향 연구

指導教授 金 興 洙

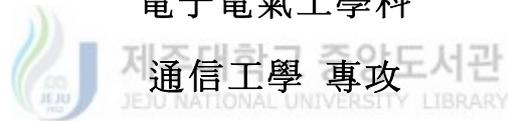
이 論文을 工學 碩士學位 論文으로 提出함.

2003 年 6 月 日

濟州大學校 産業大學院

電子電氣工學科

通信工學 專攻



金 孝 駿

金孝駿의 工學碩士學位 論文을 認准함

2003 年 6 月 日

委員長 양 두 영 ㉠

委 員 문 건 ㉠

委 員 김 흥 수 ㉠

목 차

Abstract	1
I. 서론	3
II. 전력 전송	5
1. 전력 전송의 추세	5
2. 전력선의 지중화	6
3. 전력 전송의 계통	7
4. 전력전송 설비의 구성	8
5. 장애 현상	12
III. 전과장애 사례	21
1. 전과 장애 사례	21
2. 사례 분석	24
IV. 측정 방법	27
1. 측정 방법	27
2. 표본 지점	29
3. 기상 상태	31
4. 측정 시스템	32
V. 측정 결과 및 고찰	33
1. 정상상태 표본지점에 대한 측정	33
2. 불량상태 표본지점에 대한 측정	37
VI. 결론	46
참고문헌	47
부록	48

A Study on Effect of Radio Communication by the Electromagnetic Wave Emitted from the Power Line

Hyo Joon Kim

Department of Electronic and Electrical Engineering
Graduate School of Industry
Cheju National University

Supervised by Professor Heung-Soo Kim



Abstract

The demand of the electric power go on increasing every year. So high-voltage overhead lines are being constructed more and more. At high voltages there are additional corona loss, originating from discharge activities in the environmental air, due to the high electric field strengths. Corona discharges not

only cause energy losses but also are source of intensive high frequency interference.

In this thesis, high frequency interferences are measured and analyzed, which are caused by high-voltage overhead lines and give a difficulty in radio communication. First, the trend of increasing high-voltage lines is investigated and the problems of high frequency interference which were reported to the Office are classified. In order to measure the interferences by high-voltage overhead lines, some points having problems in radio communications are chose in Jeju-do. The measurement is carried out for five times in each sample area, and the data of total power level and the spectrum of each frequency band are obtained. The remarkable noises which may occur from the power lines are found on the spectrum. These noises show up on all band of TV, FM, AM and short wave broadcasting. The fact that the interferences have an effect on communication equipments more than 300m is examined. The variations of level of the interferences power with weather are studied. According to these results, there are no certain trend and the sources of high frequency interference by high-voltage overhead lines are various and complex.

I. 서론

현대인의 생활에 있어서 전기의 사용은 공기와 물과도 같은 존재로서 이제는 전기의 사용을 배제한 문명을 상상할 수 없게 되었으며 산업 발달과 생활 수준 향상에 따라 증대되는 전력수요에 부응하기 위한 대용량의 발전과 전력 수송망의 대규모화는 우리나라뿐 아니라 전 세계적인 추세로 자리잡아 가고 있다. 하지만 전기의 사용 증가에 따라 피할 수 없는 유해 전자파의 존재에 대해 많은 사람들이 불안감을 가지고 있으며, 특히 인체에 유해하다는 언론 보도를 종종 접하게 되면서 전자파의 존재에 대한 막연한 불안감은 더욱 더 증폭되어 가는 추세이다. 전자파의 유해성이 세상에 처음 알려진 것은 1950년경 미국에서 고압 전력선 부근에 사는 주민들이 집단으로 두통, 나른함, 기억 상실 등을 호소하면서부터 시작되었다. 전자파가 인체에 미치는 영향에 대한 연구는 1960년대 구 소련의 아사노바 변전소 노동자들이 두통과 호흡곤란 등의 증상을 호소함으로써 당시 소련정부에서는 이러한 증상들이 전기장과의 관계가 있는지에 대해 연구하여 1972년 CIGRE(Conference Internationale des Grands Reseaux Electriques) 총회에서 이에 대한 발표가 있었으며 1979년에는 미국의 Nancy Wertheimer와 Ed. Leeper 가 송전선 인근에 거주하고 있는 어린이의 경우 백혈병 발병 위험성이 매우 높다는 역학연구(epidemiology) 결과를 발표한 후 현재까지 세계 각 국에서 활발하게 연구가 진행되고 있기는 하나 전자파의 유해성에 대해 명쾌하게 답을 내줄 수 있는 문헌이나 자료는 아직 많지 않은 실정이다.(장상진, 2001)

현재 국내에서 전력선에서 발생하는 전자파가 무선통신에 어떤 영향을 미치고 있는지에 대한 연구는 일부 관련기업의 실험실에서 소규모로 이루어지고 있는 정도이며 이에 대한 관심도나 연구성과 등이 아직은 미미한 편이다. 하지만 국내이동통신 가입자 3,250만명, 무선국 280만국, 지상파방송국 1,550국

등 전파의 수요가 기하 급수적으로 증가하고 있는 추세를 감안하면 우리가 늘 접하게 되는 텔레비전 방송의 수신이나 표준 방송의 수신, 기타 단파 수신이나 아마추어 통신 등 여러 종류의 무선통신에 야기될 수도 있는 송·배전 설비에 의한 전파장해 문제는 반드시 연구되어야 한다.

본 논문에서는 전력선 설비에서 발생하는 전자파가 무선통신에 영향을 주는 전파장해 현상을 측정하고 분석한다. 우선 전력선 계통의 증가 추세와 장해 전파의 발생 원인을 살펴보고, 전파장해로 인하여 중앙전파관리소에 신고된 사항을 중심으로 전력선설비 장해가 무선통신에 미치는 영향을 분석한다. 그리고 실제 제주도 전역에 걸쳐 전력선에 의한 전파 장해 현상이 발생하는 지점을 확인하고, 측정을 통하여 TV, FM, AM 방송과 단파방송에 미치는 잡음의 영향을 확인하고 분석한다. 또한 대역내의 총 전력으로 측정된 데이터를 토대로 전력선으로부터의 거리 변화에 따른 잡음 영향 변화와 채널별 잡음 특성을 살펴보고, 날씨에 따른 장해 정도의 변화를 구하여 전력선 장해가 무선통신에 미치는 영향을 확인한다.

논문의 구성은 총 여섯개 장으로서 I 장에서는 서론으로 연구의 필요성과 목적을 제시하고 II 장에서는 전력 전송의 추세와 전력선에서 유해 전자파를 발생시키는 인자에 대해 조사한다. III 장에서는 전력선 전자파로 인한 전파장해를 실 사례 중심으로 조사 분석하며, IV 장에서는 전자파에 대한 측정방법과 측정시스템을 구성하여 V 장에서는 측정 결과에 대한 고찰을 하였으며 마지막으로 VI 장에서는 본 논문의 결론을 맺는다.

II. 전력 전송

1. 전력 전송의 추세

우리나라는 1961년 국민 1인당 연간 전력소비량이 46kWh에 불과했었으나 2001년에는 5,444kWh로 약 118배나 증가했고, 이에 따라 급격한 수요증가에 부응한 전력공급 수단의 증설이 요구되었다. 현재 전력의 전송을 위하여 발전소와 변전소간 송전 계통에는 154kV나 345kV, 심지어는 765kV나 되는 대단히 높은 전압으로 송전되고 있으며 변전소에서 수용가 까지는 보통 22.9kV로 배전 하고 있다. 표 1은 년도별 송전 설비의 증가추세를 나타내었다. (<http://www.kepco.co.kr>)

Table 1 Increased situation for electric supply equipments [unit: C-km]

	1961	1966	1971	1976	1981	1991	1996	2000	2002.12
765kV								595	662
345kV				391	2,097	4,941	6,256	7,281	7,496
154kV	1,045	1,363	2,896	4,211	6,318	11,189	14,181	16,979	18,144
66kV	2,199	3,010	3,463	4,124	4,483	3,721	2,705	1,727	1,402
계	3,244	4,373	6,359	8,726	12,898	19,851	23,142	26,582	27,704

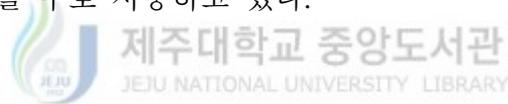
송·배전선에 의한 전력의 전송은 거리에 비례하여 선로의 저항이 증대되고 그로 인한 열 손실이 나타나게 된다. 더구나 이 손실은 전력선에 흐르는 전류의 제곱에 비례하는 형태로 손실이 더욱 커지므로 전압을 높여서 송전하면 그만큼 전송 전류를 적게 할 수 있기 때문에 손실이 적은 전송이 가능하고

동일한 전력의 전송에 소요되는 전선의 굵기를 가늘게 할 수 있어 시설비를 적게 할 수 있다. 미국의 Alfred Still은 경제적인 전력 전송을 위한 송전 전압을 실험에 의해 다음과 같이 제시하였다.(박규홍, 2000)

$$V_u = 5.5\sqrt{0.6R_t + 0.01P_t} \quad [\text{kV}] \quad (1)$$

여기서 R_t 는 송전 거리[km]이고 P_t 는 송전 전력[kW]이다.

이처럼 일정한 전력을 일정한 거리에 전송할 경우에는 가장 경제적인 송전 전압 값이 존재한다. 그러나 이러한 전압 값을 개개의 경우에 맞추어 설계하다보면 송전선로에 사용되는 설비는 전압 종류의 수만큼 많아지게 되어 자재의 호환성이 결여되고 또 제작비의 상승과 예비부품 확보 등의 문제로 인해 오히려 비경제적이 되어 몇 가지 등급의 표준전압을 선정하여 사용한다. 우리나라에서는 송전전압으로는 66kV, 154kV, 345kV, 765kV를 사용하며 배전 전압으로는 22.9kV를 주로 사용하고 있다.



2. 전력선의 지중화

발전소에서 생산된 전력을 변전소로 수송하는 송전선은 가공 송전선과 지중 송전선으로 대별된다. 지중 송전선은 설비 안전과 철탑용지 확보곤란 및 도시 미관 저해 등 가공 송전선 건설이 곤란한 경우 주로 대도시의 전력공급을 위하여 건설된다. 표 2는 한국전력 송배전 설비 현황에 나와 있는 2002년 12월말 기준의 지역별 송전선로의 지중화 현황 자료이다.

Table 2 Subterranean line for Kepco branch offices

사업소별	회선공장 [C-km]			지중화율(%)
	가 공	지 중	계	
서 울	1,485	399	1,884	21.17
남서울	813	396	1,209	32.75
수 원	1,949	350	2,299	15.22
제 천	4,588	22	4,610	0.48
대 전	5,044	165	5,209	3.17
대 구	3,930	105	4,035	2.60
부 산	1,635	265	1,900	13.95
창 원	2,685	31	2,716	1.14
광주·제주	3,769	73	3,842	1.90
전 국	25,898	1,806	27,704	6.52



3. 전력 전송의 계통

일반적으로 발전소에서 생산되는 전력의 전압은 3상 교류 11~30kV 정도로 낮지만 이것을 발전소 구내에 설치한 승압 변압기(step-up transformer)에 의해 대 전력 장거리 전송에 적합한 154kV나 345kV 또는 그 이상의 초고압으로 송전단 전압을 승압하여 송전 선로(transmission line)를 통하여 수용가 부근의 변전소까지 송전하고 1, 2차 변전소에서는 22.9kV 정도의 배전 전압으로 강하하여 배전 선로(distribution line)를 통하여 수용가 부근까지 전송하게 된다. 이와 같은 일련의 계통을 송·배전 계통이라고 하며 그림 1에 도시하였다.

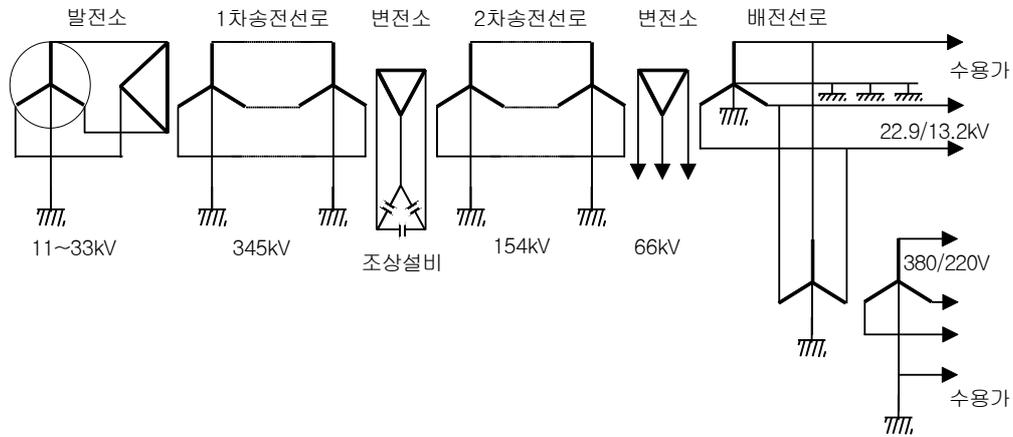


Fig. 1 Diagram of power line distribution

4. 전력전송 설비의 구성



1) 지지물

지지물은 그림 2에서처럼 목주, 철근 콘크리트주, 철주, 철탑 등으로 나누어지며 송전 전력, 송전 거리, 송전 전압, 회선 수, 선로의 중요도, 경과지역의 지세와 기상상황 및 사용전선 등을 고려하여 사용 지지물을 적절히 선택하여야 한다. 일반적으로 철탑의 사용은 66kV이상의 송전 전압에서 2회선 이상의 회선 수를 가지고 약 100평방 밀리미터 이상의 전선을 사용해서 장거리 전력 전송을 할 경우이며, 66kV 미만의 비교적 중요도가 낮은 전선로 또는 일시적인 전선로에는 목주를 사용하고 철근 콘크리트주나 철주는 목주나 철탑의 중간적인 성능을 필요로 하는 경우에 주로 사용된다.



(a) Wooden pole (b) Concrete pole (c) Iron pole (d) Iron tower

Fig. 2 Supporting structure

2) 전력케이블

전력 전송용 케이블은 구조상으로는 단선, 연선, 중공(中空)전선 등 세 가지로 구분이 된다. 단선은 단면이 원형(때로는 각형, 평각형 등이 있다)인 1가닥을 도체로 한 것으로 송전선로에서는 소요 단면적이 작을 경우에 한해서 일부 쓰이고 있다. 연선(stranded wire)은 단선을 수 가닥 내지 수십 가닥을 꼬아서 사용하는 것으로 이 경우의 각각의 단선을 소선(素線)이라고 하며 1개의 소선을 중심으로 그 주위에 몇 층으로 꼬아서 만든 동심 연선을 사용하기도 한다. 중공 전선은 200kV 이상의 초고압 송전선에서 코로나의 발생을 방지하기 위해 사용한다.

전선의 재질로는 주로 구리를 사용하는 경동연선(HDCC, Hard Drawn Copper Conductor)과 내심은 인장 강도가 큰 아연도금 강선을 사용하고 그 주위는 도전율이 양호한 알루미늄 합금을 꼬아서 만든 강심 알루미늄 연선(ACSR, Aluminum Conductor Steel Reinforced)이 사용된다. 일반적으로 경동연선은 송전 전압이 낮은 경우에 많이 사용되며, 강심 알루미늄 연선은 경동연선에 비해 도전율은 작지만 기계적 강도가 크고 가벼우며 같은 저항값에 대해 전선의 바깥 지름이 경동연선 보다 크기 때문에 코로나 발생을 줄일 수 있어 고전압 송전용 전선으로 많이 사용하고 있다. 그러나 강심 알루미늄 연선은 전선표면이 연성 재질이라 쉽게 손상될 수 있다.

3) 애자(insulator)

애자는 송전선이나 전기 기기의 나선 부분을 절연하고 동시에 기계적으로 지지하기 위하여 사용하며, 전기적으로 충분한 절연 내력을 가지게 하기 위하여 다수의 주름을 만들어 표면에 따른 거리를 크게 하는데 이것은 표면이 습하였을 때 특히 염분이나 먼지 등이 부착되었을 때 절연 내력이 저하되는 것을 방지하는데 효과가 있다. 종류로는 송전용으로 현수애자와 장간애자가 있고 배전용으로 핀애자가 있으며 차단기나 피뢰기 용으로 지지애자 등이 있다.

핀 애자(pin type insulator)는 한 개로 전선을 지지하므로 전압 크기에 따라 자기의 크기, 층수, 절연층의 두께가 다르다. 66kV를 초과하게 되면 형태가 커지고 제작도 어려워지며, 또 기계적인 강도에 한도가 있고 경련 열화가 심해지므로 주로 33kV이하에서 주로 사용된다. 그림 3(a)는 흔히 사용되고 있는 핀애자의 모습이다.

현수애자(suspension insulator)는 보편적으로 가장 많이 사용하는 애자로서 클레비스(clevis)형과 볼 소켓(ball and socket)형이 있으며 그림 3(b)는 볼 소켓형애자를 나타내었다. 현수애자는 한 개 단독으로 사용하는 경우도 있으나 일반적으로 수 개 내지 십 수개를 연결하여 철탑의 완금으로 부터 현수해서 그 최하위 단에 전선을 고착시키고 있다. 표 3은 전압 계급별 애자의 개수이며 통상 애자련은 필요한 애자의 숫자 외에 보수를 위한 애자를 1개정도 추가하며 특히 염해 지역에선 염해를 고려해 몇 개의 애자를 추가하기도 한다.(박규홍, 2000)

Table 3 Number of suspension insulator for voltage level

표준전압[kV]	66	154	220	345	765
애자 개수	4~6	10~11	12~13	18~20	40~45

그림 3(c)의 지지애자(line post insulator)는 발·변전소의 모선, 단로기 등의 기기를 지지하거나 연가용 철탑 등에서 접퍼선을 지지하기 위해서 쓰이고 있으며, 그림 3(d)의 장간애자(long rod insulator)는 사용 연수에 따른 열화가 없고 표면 누설거리가 길어 염해 지역의 내무(耐霧) 애자로 주로 사용되는데 기계적 강도는 좀 낮은 편이다.

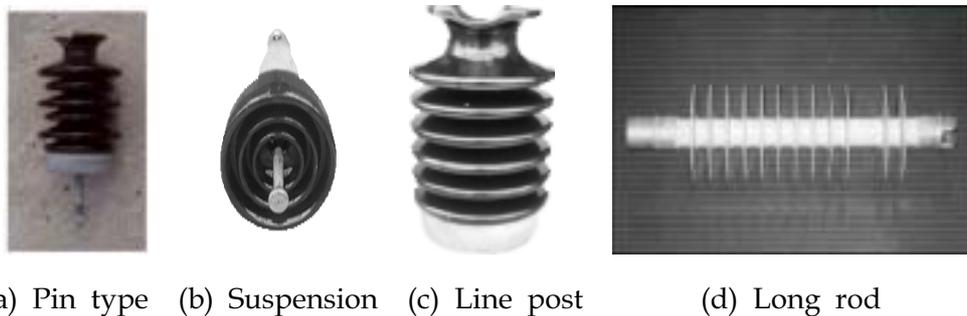


Fig. 3 Insulator

4) 피뢰기(lightning arrester)

피뢰기는 대개 특성요소(characteristic element)와 직렬간극(series gap)으로 구성되며 그림 4와 같이 피 보호 시설과 병렬로 연결된다. 특성요소는 피뢰기의 주가 되는 부분으로서 탄화규소(SiC) 또는 산화아연(ZnO)을 주성분으로 하는 소성물의 저항판을 여러 개 겹쳐놓은 형태이다. 이는 저항의 비 직선성 특성을 이용하여 방전 전류를 흘리며, 이상전압의 과고치를 저감시켜 기기를 보호하고 속류(following current)를 억제하는 기능을 한다. 직렬 간극은 이상전압이 발생하면 즉시 방전하여 뇌전류를 대지에 방류하고 속류를 차단하는 기능을 한다. 그러나 정상상태에서는 방전하지 않고 피뢰기 특성요소를 선로에서 절연시켜 상용주파전류의 피뢰기 통과를 방지한다.

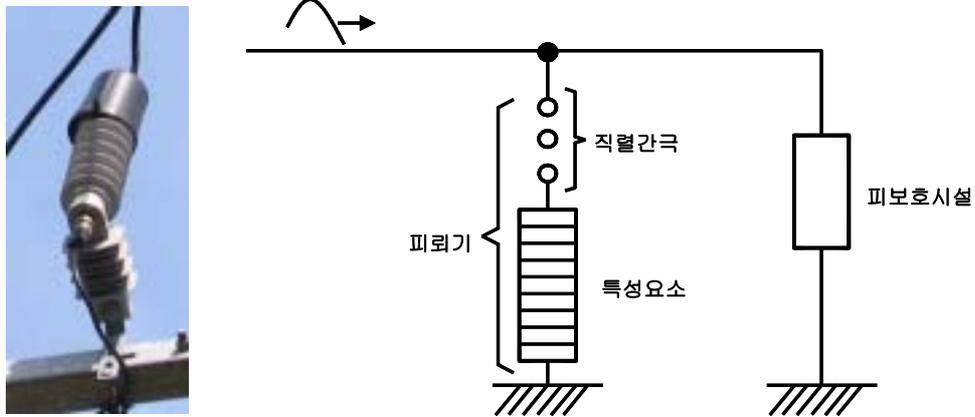


Fig. 4 Lightning arrester

5. 장애 현상



전송시스템의 전압이 높아짐에 따라 전송설비와 인접시설에 여러 가지 장애가 발생하는데 그중 대표적인 것이 코로나와 유도장애 현상이다.

1) 코로나

코로나는 전송전압의 상승으로 전송선로나 옥외변전소 등 전송설비 주변의 공기 절연이 부분적으로 파괴되어 일어나는 현상이다. 전선, 애자 및 부속 금구에서 코로나가 발생하면 방전점 좌우의 선로에는 펄스성 진행파가 전파되어 주위공간에 전자계가 발생되고 이 전자계는 무수한 고조파성분이 포함되어 라디오나 TV에 잡음이 되어 나타난다. 이러한 코로나가 발생하면 전력 손실이 생기고 근접 무선설비 등에 전파장애와 유도장애를 일으킨다.

공기는 보통 절연물이라고 취급하고 있지만 실제로는 그 절연내력에 한도가 있다. 즉 기온, 기압의 표준상태(20℃, 760mmHg)에 있어서 직류에서는 약

30kV/cm, 교류에서는 직류의 0.707배인 약 21kV/cm의 전위경도를 가하면 절연이 파괴되는데 이를 파열 극한 전위경도 라고 하여 그림 5에 나타내었다.

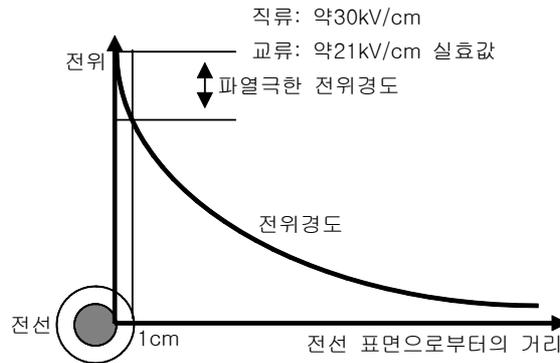


Fig. 5 Potential gradient

전송로에 코로나 손실이 발생하면 전력 손실을 수반하게 되는데 단위 길이당 코로나 손실은 F. W. Peek에 의한 실험식으로 다음과 같이 나타낸다.(박규홍, 2000)

$$P = \frac{241}{\delta} (f + 25) \sqrt{\frac{d}{2D}} (E - E_o)^2 \times 10^{-5} \quad [\text{kW/km/선}] \quad (2)$$

f 는 전원 주파수[Hz], d 는 전선의 지름[cm], D 는 선간 거리[cm], E 는 상 전압[kV]이며, δ 는 상대공기밀도로서 다음과 같다.

$$\delta = \frac{0.386 \times b}{273 + t} \quad (3)$$

여기서 t 는 기온[°C]이고 b 는 기압[mmHg]이며, 주변 상태의 온도가 20°C, 기압이 760mmHg에서 δ 는 1의 값을 가진다.

또한 코로나 임계 전압 E_o 는 다음과 같이 표시된다.

$$E_o = 24.3 m_o m_1 \delta d \log \frac{2D}{d} \quad [\text{kV}] \quad (4)$$

m_0 는 전선 표면 상태에 의해서 정해지는 계수로 표 4에 표면상태에 따른 계수를 나타내었으며, m_1 은 기후 계수로서 맑은 날은 1.0이고, 비, 눈, 안개 등 코로나가 발생하기 쉬운 날씨에서는 0.8, 서리가 많은 날에는 0.6~0.7이다.

Table 4 Surface coefficient of electric wire

전선 표면상태	잘 다듬어진 단선	표면이 거친 단선	중공 연선	7가닥 연선	19~61가닥 연선
m_0	1	0.93~0.98	0.90~0.94	0.83~0.87	0.80~0.85

식 (4)에서 확인할 수 있듯이 코로나 방전의 발생에는 전선의 상태, 날씨 등 여러 가지 요인이 복합적으로 관계 되어있다. 전선표면의 국부 돌출부에 의해서 코로나 임계전압은 낮아지며, 습한 날씨일 때가 코로나 발생이 쉽고, 기압이 낮고 온도가 높을수록 임계전압은 낮아진다.

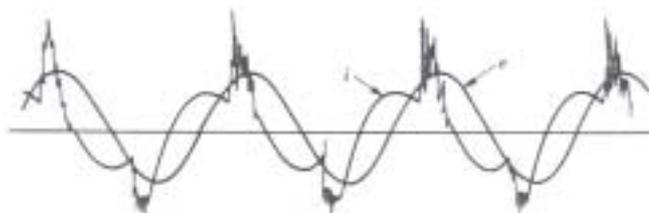


Fig. 6 Corona noise

또한 애자의 파손 및 절연불량 또는 전선, 애자 등이 염해를 입었을 경우와 피뢰기 동작불량 등이 있을 경우 절연내력이 낮아짐으로 표준상태의 코로나 임계전압보다 낮은 전압에서 코로나방전을 일으킬 수가 있다. 코로나방전에 의한 잡음은 교류전압의 반파마다 간헐적으로 일어나게 되며 가파른 펄스 파형이라는 것을 그림 6에서 알 수 있다. 코로나는 교류 전압의 반주기마다

간헐적으로 일어난다. 이와 같이 과도적으로 발생하는 코로나 펄스는 선로를 따라 전파되어 송전선로 근처에 있는 라디오 및 텔레비전의 수신 또는 방송통신설비에 잡음 방해를 주게 되며 그 잡음 레벨은 보통 수십MHz정도까지는 일정하고 그 이상은 주파수의 증가에 따라 감소하는 경향이 있다.

(1) 애자 불량에 의한 코로나 방전

애자 내부에 기포 또는 공극이 있는 경우에는 고체 유전체 보다 공극 또는 기포 중의 공기가 먼저 절연 파괴되어 코로나가 발생한다.



Fig. 7 Equivalent model for badness insulator

그림 7에서와 같이 비유전율 ϵ_r 인 균질고체유전체 내에 평등전계 E_0 가 있고, 이 고체 유전체 속에 구형의 소 기포가 있는 경우를 생각하면 이 기포 중에는 E_0 와 동 방향의 전계가 생기는데 전계의 세기는 고체유전체 내의 것보다 커진다. 또한 애자의 균열(crack) 및 고전압을 장시간 인가할 때 열화 등의 원인에 의해 간혹 임계전압 이하에서도 코로나 방전이 발생할 수 있다.

(2) 송전선 자체에 의한 코로나 방전

송전선 제작 도중 절연물에 유입된 이 물질, 공극, 포설공사 중에 받은 스트레스에 의해 생긴 균열 등에 전계가 집중하여 코로나방전을 일으킨다. 또한 송전선은 각 상에 소 도체로 이루어진 다중도체의 구조를 가지고 있어 바람에 의해서 송전선에서 풍 소음이 발생한다. 이런 소음을 줄이기 위해 각 소도체

에 전선을 감는데 이 전선을 취부 전선(spiral Rod)이라 하며 취부 전선에 전계가 집중하게 되어 코로나가 발생하게 된다.

(3) 피뢰기 불량에 의한 코로나 방전

피뢰기는 반복동작 및 장시간 사용 후에도 제 특성이 변하지 않아야 하는데 반복동작 및 장시간 사용으로 열화 되면 피뢰기가 손상되어 완전한 속류차단이 되지 않는다. 이 경우 전기잡음이 발생하게 된다.

(4) 염해·날씨·이물질에 의한 코로나 잡음

태풍이나 계절풍에 다량으로 실려온 해수 입자가 육상의 송전선이나 애자 등에 응착 되거나 또는 대도시의 경우 매연이나 분진이 많이 발생하는 상태에서 비·안개 등으로 애자 표면이 습해지면 전계가 집중되어 누설전류가 흐르고 주위의 공기 절연층이 파괴되어 코로나가 발생하게 된다. 1일 10mm 이상의 비가 내릴 경우에는 애자나 송전선에 묻은 오염 물질이 씻겨 내리게 되지만, 그보다 적은 이슬비나 안개비가 내릴 때에는 오히려 애자 등의 내 전압치가 저하되어 그 피해가 더욱 커지게 된다. 그러나 맑은 날에는 송전선 도체 표면 전계 강도가 코로나 발생 임계치 이하로 되어서 거의 코로나를 발생시키지 않는다. 염해를 유발하는 염분 입자는 해안에서 많고 내륙으로 갈수록 급격히 감소하는데 그 피해 지역은 통상 해안에서 1km정도이고 태풍이 부는 계절에는 10km까지가 피해를 받는다.(기술사연구회, 1995)

2) 유도 장애

유도장애는 배전 설비 주위에 있는 전기통신설비에 대하여 전압(상호 정전 용량)에 의한 정전유도작용 및 전류(상호 인덕턴스)에 의한 전자유도작용 등에 의한 전력유도 현상이다.

(1) 정전유도 장애

정전유도는 전력선과 대상물체(통신선) 사이의 상호 커패시턴스에 의해서 발생하는 장애현상으로 이 경우 대상물체에 유도된 전압은 전자유도 전압처럼 높지 않아 인체에는 위험을 주지 않으나 통신선로 등에는 장애를 준다.

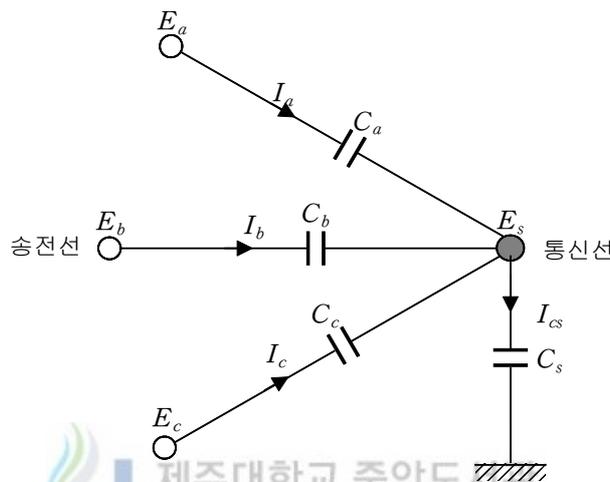


Fig. 8 Electro static induction

그림 8에 나타낸 바와 같이 E_a, E_b, E_c 는 3상 각 전선의 대지전압이고, E_s 는 통신선의 유도전압이고, C_a, C_b, C_c 는 송전선과 통신선의 상호 정전용량이고, C_s 는 통신선의 대지 정전용량이라고 하면 통신 선에 유도되는 전압 E_s 는

$$E_s = \frac{C_a E_a + C_b E_b + C_c E_c}{C_a + C_b + C_c + C_s} \quad (5)$$

이 된다

송전선 전압이 3상 평형이면 $E_a = E, E_b = a^2 E, E_c = aE$ 이므로 E_s 의 절대값은

$$|E_s| = \frac{\sqrt{C_a(C_a - C_b) + C_b(C_b - C_c) + C_c(C_c - C_a)}}{C_a + C_b + C_c + C_s} E \quad (6)$$

이 된다. 여기서 E 는 송전선의 대지 전압이고 a 는 $1 \angle 120^\circ$ 이다.

식 (6)에서 알 수 있는 바와 같이 정전유도 전압은 송전선의 대지 전압 E 에만 비례하고 있다. 연가(transposition)가 완전하다면 각 상의 상호 정전용량이 같게 되므로 정전유도 전압을 방지할 수 있다. 정전유도는 평상시 통신선에 상용주파수의 잡음을 주는 정도이며 인명에 위험을 줄 정도는 아니다.

(2) 전자유도 장애

전자유도 전압은 송전선에서 발생한 자속이 통신선에 쇄교 함으로써 통신선에 전압을 유도하는 작용이다. 전자유도 전압은 평상시에는 송전선의 3상 평형 전류에 의하여 발생하는 자속이 대부분 상쇄되므로 대단히 적으나 지락고장 등과 같이 영상전류가 흐를 때 통신선 에는 많은 자속이 쇄교 되어 높은 전자유도 전압이 발생된다.

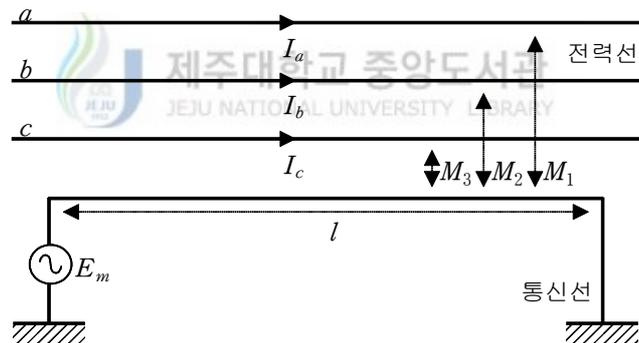


Fig. 9 Electro magnetic induction

그림 9에서 송전선로 a, b, c 상과 통신선 사이에 상호 인덕턴스가 M_1, M_2, M_3 이고, 각 상의 전류는 I_a, I_b, I_c 이며, 양선의 병행 거리가 $l[m]$ 이면 송전선으로부터의 전자유도 전압은 다음과 같다.

$$E_m = -j\omega l (M_1 I_a + M_2 I_b + M_3 I_c) \quad (7)$$

$$E_m = -j\omega M l (I_a + I_b + I_c) = -j\omega M l \times 3I_o \quad (\text{for } M_1 = M_2 = M_3 = M) \quad (8)$$

여기서 I_o 는 영상전류이고, $3I_o$ 는 유도전류이다.

정상상태에서는 평형부하를 유지하기 때문에 $I_a + I_b + I_c = 0$ 이 되어 유도전압은 거의 발생하지 않는다. 그러나 1선 지락사고가 발생하면 고장전류가 흐르게 되어, 이것은 대지를 귀로로 하는 영상전류 I_o 로서 통신선에 유도장해를 일으키는 원인이 된다. 식 (8)에서 보면 전자유도전압은 전력선과 통신선과의 병행구간 l 에 비례하므로 가급적 병행거리를 짧게 하거나 절연변압기 등을 설치하여 유도전압을 분할, 감소시켜야 한다.

3) 전력선 배치에 의한 장애

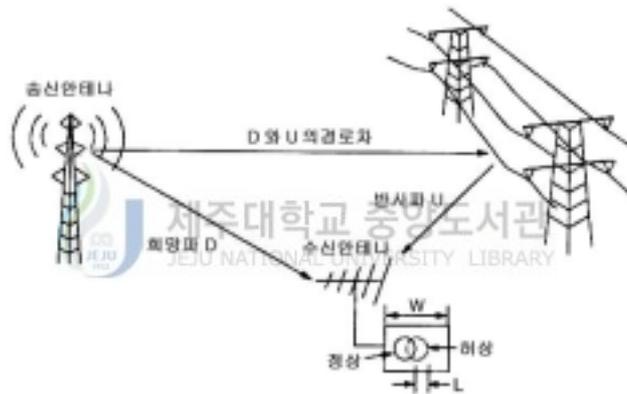


Fig. 10 Interference by power line arrangement

송전선 근처에서 TV를 수신하는 경우 그림 10에 나타난 것처럼 방송국으로부터의 직접파와 전선 또는 송전탑에서 반사되는 산란파가 동시에 수신된다.

(1) 고스트 장애(Ghost interference)

송전선로는 대지와 평행으로 가설되어 있으므로 전선에 수평편파의 VHF대, UHF대의 TV전파가 입사할 때 산란파를 발생시킨다. 일반적으로 산란파는 직접파 보다 경로가 길기 때문에 시간차에 의해 그림 11에 보이는 것처럼 화면이 이중으로 되는 고스트 장애를 일으킨다.



Fig. 11 Ghost interference

(2) 차폐장해

송전철탄 또한 같은 이유로 TV전파의 산란파를 발생시키거나 방송국에서 바라본 송전선의 후방에서는 직접파와 산란파는 거의 동시에 도착하기 때문에, 고스트 장애는 관계없으나 상호간의 위상의 차가 발생하여 수신 전계를 저하시키는 차폐장해를 발생하게 된다.

Ⅲ. 전파장해 사례

1. 전파 장해 사례

전파사용 증가에 따라 우리의 생활은 많은 편리함을 누릴 수 있게 되었으나 잡음과 혼신의 영향으로 전파환경은 날로 열악해 지고 있다. 이에 대해 ITU(International Telecommunication Union)의 RR(Radio Regulations) 제20조 1항에서는 “전파 주파수 스펙트럼의 효율적 및 경제적인 이용을 확실히 하고 또 유해한 혼신의 신속한 제거를 촉진하기 위하여 각 국의 주관청은 감시 시설의 확충과 가능한 한 국제감시 조직의 부단한 발전에 협력”하도록 규정하고 있으며 우리나라는 정보통신부 중앙전파관리소에서 서울 본소에 전파감시 지휘통제상황실을 두고 전국 12개 지방 분소에서 각 지역별로 전파 장해에 대한 문제를 처리하고 있다. 표 5는 2001년 1월부터 2002년 12월까지 2년 동안 중앙전파관리소에 신고 접수된 무선통신 장해 내용을 지역별로 분류한 통계이다.

통계에 의하면 전력선 전자파에 의한 전파 장해는 다른 원인에 의한 장해에 비해 그 발생 빈도가 매우 낮은 것으로 나타나고 있지만 전파 장해를 겪고 있는 피해자의 입장에서는 자신이 겪고있는 장해가 전력선에 의한 것임을 알지 못하고 단지 공중파 방송의 수신 전계가 약해서 그런 것으로 생각하여 민원제기를 포기하는 경우가 있음을 감안할 때 실제 장해 건수는 통계상의 숫자 보다 좀더 많을 것으로 생각되며, 이번 조사 결과 제주의 경우만 해도 정도의 차이는 있겠지만 장해 지속상태인 곳이 10개소가 넘는데도 불구하고 최근 2년간 신고된 장해는 2건밖에 되지 않았다. 표 6에 최근 2년간 지역별로 전력선으로 인한 전파장해 신고가 접수된 통계를 요약하였다.

Table 5 Statistics of radio interference

종류 지역	장애내용					계
	전력선	불요파	주파수인접	자연소멸	기타	
서울	2	85	11	63	30	191
부산	2	61	5	14	20	102
광주	1	44	9	17	8	79
강릉	4	14	11	22	3	54
대전	10	37	2	13	9	71
대구	1	54	7	15	6	83
전주	3	25	1	9	2	40
청주	0	13	3	12	9	37
제주	2	10	4	4	2	22
계	25	343	53	169	89	679

Table 6 Radio interference by power line

구분 지역	애자불량	피뢰기 및 개폐기	변압기불량	코로나 및 기타	계
서울	1	0	1	0	2
부산	1	0	0	1	2
광주	0	1	0	0	1
강릉	1	1	0	2	4
대전	0	2	1	7	10
대구	1	0	0	0	1
전주	1	1	0	1	3
청주	0	0	0	0	0
제주	0	2	0	0	2
계	5	7	2	11	25

표 7은 최근 2년간 전력선 전자파로 인하여 무선통신 장애를 받아 중앙전파관리소의 지역별 분소에 신고 접수된 내역을 요약하였다.(조사업무 심사분석, 2001 ~ 2002)

Table 7 Particulars of radio interference by power line

지역	일자	장애내역	원인 및 조치
서울	2001. 1.18 2001.10.24	유선방송 수신장애(여주) TV 수신장애(용인)	애자불량에 의한 누설파발생으로 애자교체 변압기불량에 의한 TV noise, 변압기 정비
강릉	2001. 3. 3 2001. 8.27 2002. 1. 3 2002. 6.14	TV 공청 70가구 혼신(연곡) 아마추어145M수신장애(고성) 아마추어3.5M수신장애(고성) TV시청장애(강릉)	LP애자바인드 불량으로 시설물수리 전력선 불요파로 시설물 정비 피뢰기 리드 불량으로 피뢰기 재시공 염해에 의한 전선피복부분 테이핑
전주	2002. 4.19 2002. 9. 5 2002.12.17	TV시청장애(진안) 산림청 항공통신잡음(익산) 아마추어 단파대 잡음(전주)	고압선 애자 불량으로 애자 교체 애자바인드 이물질로 장애, 이물질제거 피뢰기 불량으로 피뢰기 교체
대전	2001. 1. 3 2001. 4.26 2001. 7. 3 2001. 7.18 2002. 3. 7 2002. 3.13 2002. 6.27 2002. 9.23 2002.10.31 2002.11.29	TV시청장애(논산) 단파통신 수신장애(당진) 단파통신 수신장애(당진) 단파통신 수신장애(당진) 아마추어(21-24MHz)장애(대전) TV 시청장애(태안) 군 통신 수신장애(논산) 아마추어(21,145MHz)장애(서산) 아마추어(3-30MHz)장애(서천) 단파통신 수신장애(당진)	APT단지변압기불량, 변압기단자조임 강화 피뢰기열화, 개폐기불량, 해당시설물 교체 원인미상으로, 비가 온 후 자연 해소 전력선 잡음발생으로 한전 시설물 정비 345kV 송전선 시설불량으로 시설물 정비 전력선 잡음발생으로 한전 시설물 정비 전력선 잡음발생으로 한전 시설물 정비 전력선 잡음발생으로 한전 시설물 정비 전력선 잡음발생으로 한전 시설물 정비 피뢰기 불량으로 피뢰기 교체
대구	2001.12.24	아마추어 수신장애(대구)	애자 및 변압기에서 장애 발생, 애자교체
부산	2001. 1.29 2002. 9.26	TV, PC사용 장애(마산) 방어진 어업무선국장애(울산)	전력선 유도장애로 한전연구소에 조치의뢰 송전선 애자의 염해영향, 애자, 변압기교체
광주	2002. 3.28	10가구 TV수신장애 (광주)	고압개폐기 불량으로 고압개폐기 교체
제주	2001. 9. 3 2002. 5.14	단파 수신장애(한림) 단파 수신장애(한림)	한전 피뢰기 노후로 인함, 피뢰기 교체 한전 피뢰기 노후로 인함, 피뢰기 교체

2. 사례분석

전력선 장애는 주로 애자 불량이나, 피뢰기 오손, 염해에 의한 코로나, 변압기나 금구류 불량 등으로 발생하는데, 그 대표적인 사례로 지난 2002년 5월 제주 한림지역에서 피뢰기 불량에 의한 장애 현상이 발생하였다. 이로 인한 피해는 전력선을 중심으로 반경 200~300m지역 내에서 AM라디오 수신과 단파 수신이 거의 불가능하였다. 그림 12는 장애 당시의 스펙트럼으로서 전력선 잡음이 포함되어 있음을 확인할 수 있고, 그림 13에서는 장애 제거 후의 정상 상태의 스펙트럼을 나타내었다.

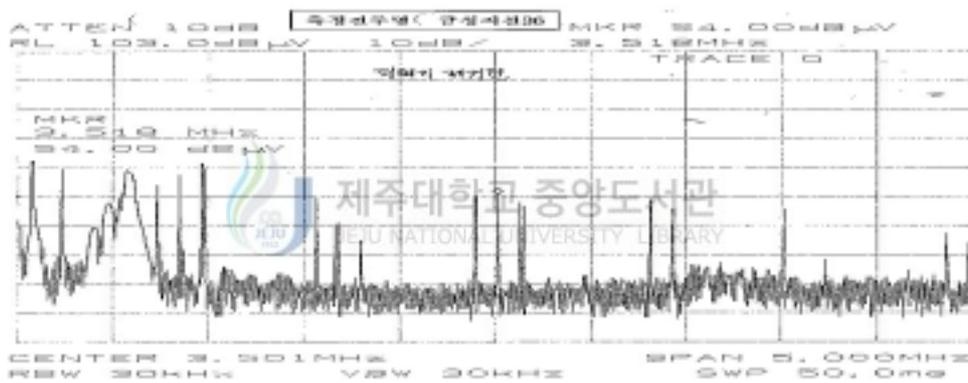


Fig. 12 Interference Spectrum on Jeju Hallim Geumseong

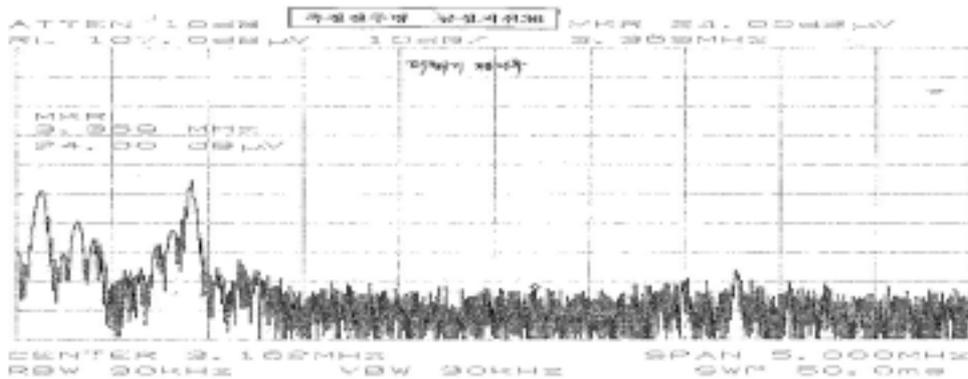


Fig. 13 Noninterference Spectrum on Jeju Hallim Geumseong

전력선 잡음은 불연속성을 가진 버스트(bursts) 잡음의 형태로 나타나는 경우가 많은데 대표적인 케이스는 2001년 9월 제주 한림지역에서 발생했던 피뢰기 불량에 의한 단파 수신 장애와 2002년 9월 전북 익산에서 전력선에 이 물질인 철사가 걸쳐져 있어서 발생한 산림청 헬기 통신장애를 예로 들 수 있다.

그림 14은 제주 한림에서 발생한 피뢰기 불량에 의한 전력선 잡음의 스펙트럼으로서 그림 12의 경우와는 달리 잡음이 버스트형태로 되어 있었으며 그 레벨도 94dB μ V로 매우 높게 측정되었고, 장애지점을 기준으로 반경 250m이상의 지역 내에서 AM표준방송과 단파 수신이 불가능하였다. 그림 15는 장애 제거 후의 정상 상태의 스펙트럼이다.

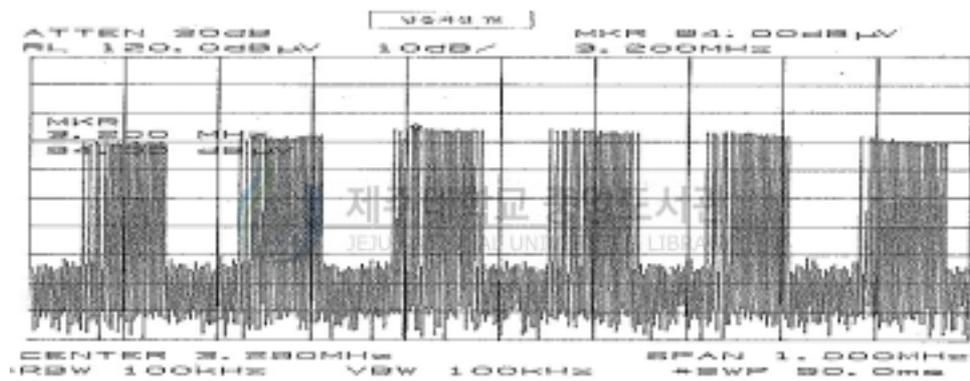


Fig. 14 Interference Spectrum on Jeju Hallim

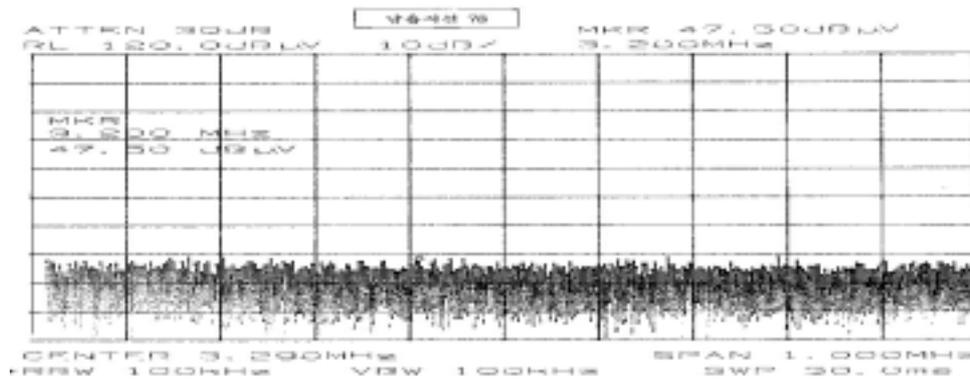


Fig. 15 Noninterference Spectrum on Jeju Hallim

그림 16은 2002년 9월 전북 익산에서 전력선 애자 바인드에 이 물질 접촉으로 인한 전력선 전자파 발생으로 산림청 항공기 통신에 교신불가 상태를 초래했던 잡음 스펙트럼의 측정 사진이다. 장애는 주로 5.725MHz 대역을 중심으로 하여 전력선 특유의 잡음이 매우 강력하게 발생하였으며 항공기운항 고도에 까지 영향을 미칠 정도로 광범위한 지역에 피해가 있었다.

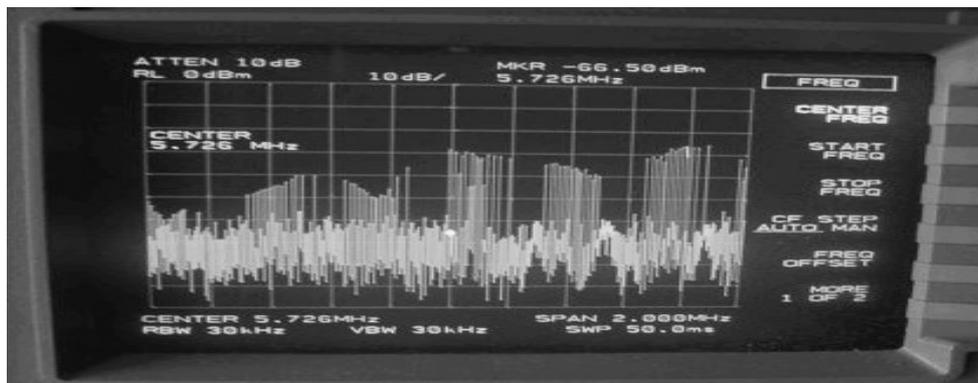


Fig. 16 Interference spectrum of aeronautical radio at Iksan of Jeollabukdo

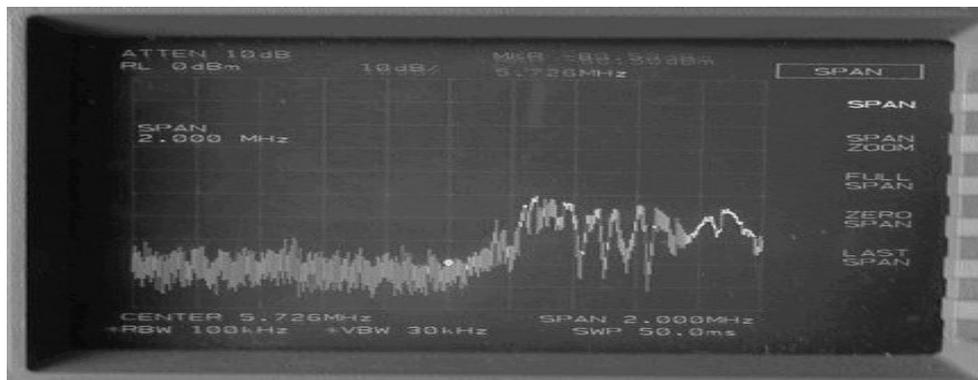


Fig. 17 Noninterference spectrum of aeronautical radio at Iksan of Jeollabukdo

IV. 측정 방법

전력선에서 발생하는 전자파의 방사와 무선 통신에 대한 방해파 측정을 규정하는 국제 기준으로는 IEC(International Electrotechnical Commission)에 소속된 CISPR(International Special Committee on Radio Interference) pub.16-1(전자파장해의 측정 및 통계적 기법)에서 측정장비와 측정주파수 및 대역폭 등을 정하고 있으며, CISPR pub.18(전력선, 고전압 기기 및 전기철도 시스템에서의 장해)에서는 전력선 전자파 측정에 있어서 그 측정 방법이나 측정 위치 등에 대해 권고 안을 제시하고 있다. 본 논문에서는 연구의 목적을 주로 TV, FM, 단파 방송 등 공중파 방송의 대역별 잡음량 측정과 장해지점에 대한 거리별 장해 전파의 감쇄 정도를 분석하고자 하였기에 위 규정을 기초로 하되 원하는 목적을 위해 측정 방법을 아래와 같이 설정하였다.



1. 측정 방법

측정 대상지역은 2002년말 현재 제주도 전역에 가설된 154kV구간 168km, 66kV구간 124km, 그리고 22.9kV구간 3,006km에 대하여 측정을 통하여 정상상태와 불량상태의 표본지점을 선정하였다.

정상상태인 지점은 22.9kV 전력선이 지중 매설되어 있는 1개소와 가공 설치되어 정상 운용되고 있는 1개소를 선정하였다. 측정 방법은 측정 대역을 4개 대역(2~30MHz, 30~80MHz, 80~250MHz, 250~1300MHz)으로 나누어 전력선의 직상 또는 직하 점에서 잡음 레벨을 측정하였으며 날씨별로 5회 반복 측정하였다.

불량상태 표본지점의 선정은 도내 전 지역을 대상으로 TV수상기와 AM라디오, 단파 수신기 등을 이용해서 1차적으로 잡음 발생 지점을 찾아낸 후 스펙트럼 분석기를 이용하여 전력선 잡음이 실제 존재하는가에 대해 검증하여 10개소의 불량상태 표본 지점을 선정하였다. 불량지점에 대한 측정은 우선 2~30MHz 대역과 80~250MHz 대역에서 스펙트럼 분석기를 통해 대역내 잡음을 측정된 뒤, 두 개의 대역 중 잡음이 더 많이 분포되어 있는 대역을 선정하여 전력선 직하에서부터 25m 내지는 50m 간격으로 거리를 두면서 잡음 레벨의 감소 추이를 측정하였으며 날씨별로 5회 반복 측정하였다.

공중파 방송 수신상태에 대한 측정은 AM 표준방송은 KBS제1라디오, FM방송은 제주MBC-FM, 단파방송은 출력 50kW, 주파수 9.595MHz로 Tokyo에서 발사되고 있는 NSB와 도내에서 발사 되고있는 극동방송을 수신하였으며, TV 방송은 제주KBS-1TV를 수신하여 그 상태를 조사하였다. TV나 FM방송의 경우 전파의 도달 거리를 고려하여 전월악 중계소를 중심으로 한 제주시 권역과 삼매봉 중계소를 중심으로 한 서귀포 권역 그리고 금악 중계소를 중심으로 한 한림, 애월 권역으로 나누어 가장 양호하게 수신되는 주파수를 수신하였다. AM표준방송은 아라 중계소와 하효 중계소 그리고 고산 중계소의 전파를 수신하였다. 측정은 가급적 많은 장소에서 반복적으로 수행하여 신뢰성 확보를 도모하였으며 각 중계소별 방송국의 주파수와 송신 출력은 부록 I 에 제시하였다.

음성방송 수신상태의 판단은 표 8에 나타난 IEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers) 소위원회 의 라디오잡음 설계지침에서 규정하고 있는 5단계의 판단방법을 기준으로 하였으며,(CISPR Pub. 18-2) 텔레비전은 표 9와 같이 국내 전파법의 “무선국의 운용 등에 관한 규칙”(정보통신부령) 제110조(통상 수신 가능한 방송의 기준) 1항에서 규정하고 있는 화면상태 등급규정에 근거하여 수신상태를 판단하였다.

Table 8 Radio noise design guide

등급	수신상태
A5	완전만족
B4	매우 양호, 경미한 배경잡음
C3	꽤 만족스러움, 배경 잡음이 뚜렷함
D2	배경 잡음이 아주 뚜렷함, 그러나 확실하게 청취가능
E1	아주 집중했을 때만 청취 가능

Table 9 TV image rating guide

등급	평가기준
우수	장해를 느낄 수 없음
양호	장해를 느낄 수 있으나 시청이 불편하지 않음
보통	조금은 불편하지만 시청은 가능함
불량	시청이 불편함
매우 불량	시청이 매우 불편함

2. 표본 지점

표본지점은 정상상태와 불량상태로 구분하였다. 정상상태의 2개 지점은 전력선이 설치되어 있으나 전자파의 발생을 발견할 수 없었던 지점으로 표 8과 9의 평가기준에서 라디오 수신상태 등급이 B4이상이고 TV화면 등급이 양호 이상인 곳이며 불량상태의 지점은 전력선이 설치된 직하에서 공중파 방송중 라디오 수신상태 등급이 C3 이하이거나 TV화면 등급이 보통 이하인 곳으로 그림 18에 표본지점에 대한 개략적 위치를 표시하였으며 표10에는 각 지점의 지황을 나타내었다.



Fig. 18 Sample points for power noise

Table 10 Environments for sample points

번호	상태	측정 지점	개략적 지향	해발고
1	정상	북제주군 애월읍 광령리 관광대학	서부관광도로변으로 대학 외에는 건물이 없음 전력선 22.9kV가 지중 매설된 지역	245m
2	정상	북제주군 조천읍 선흘리	동부관광도로에서 선흘마을 진입로에 위치 주변은 밭으로 어우러져 있음	250m
3	불량	제주시 봉개동 동부관광도로	동부관광도로 진입하기 전에 위치한 곳 주변에 밀감농장이 형성되어 있음	190m
4	불량	서귀포시 호근동 수정사	창천에서 중문관광단지 사이에 있는 지점 주변에 과수원과 관광기념품상점이 있음	160m
5	불량	서귀포시 범환동 월드컵경기장	월드컵경기장에서 해안방면에 위치한 곳 주변에 비닐하우스와 콘도형 민박집이 있음	15m
6	불량	북제주군 애월읍 고성리 초등학교	고성초등학교 옆 골목에 있는 지점 주변에 학교와 밭이 형성되어 있음	135m
7	불량	북제주군 구좌읍 행원리 일주도로	행원리 일주도로변에 위치한 곳 주변에 밭과 행원 삼다농수산이 있음	15m
8	불량	북제주군 구좌읍 읍사무소앞 도로	세화리 우회도로 진입 지점 주변에 읍사무소, 몇 채의 주택, 밭이 있음	10m
9	불량	남제주군 성산읍 성산리 도로	성산리 마을 안쪽에 위치한 곳 주변에 관광호텔과 마을이 있음	15m
10	불량	남제주군 성산읍 수산2리 도로	수산2리 도로변에 위치한 곳 주변에 식당과 밀감농장이 형성되어 있음	75m
11	불량	남제주군 남원읍 태흥2리사무소	태흥리 일주도로변에 위치한 곳 주변에 리사무소와 초등학교가 있음	15m
12	불량	남제주군 성산읍 고성리 우회도로	세화에서 고성리 중간지점에 위치한 곳 주변에 교회와 밀감농장이 형성되어 있음	15m

3. 기상 상태

측정은 각 지점별로 맑은 날에 2회, 비가 오는 날에 1회 그리고 비가 온 후 약 6시간 내지 24시간이 경과 후 2회 등 총 5회 수행을 원칙으로 하였으나, 측정지점이 그림 10과 같이 제주도 전역에 분포되어 있기 때문에 측정을 위한 이동 중에 또는 측정 지점의 위치별로 약간의 기상 차이는 있었다. 측정 일자별 기상 상태는 표 11에 나타내었다.

Table 11 Weather conditions of sample points

차수	측정일	기상상태	기온(고/저)	습도	측정지점
1	2002.11.15	흐린후맑음	12.5/8.2℃	55.4%	①, ②
2	2002.11.24	맑음	14.3/8.5℃	64.8%	①, ②
3	2002.11.27	흐린후맑음	8.7/4.3℃	58.4%	①, ②
4	2002.12.16	비(14mm)	15.5/7.7℃	78.5%	①, ②
5	2002.12.19	흐림	13.4/9.1℃	64.8%	①, ②
6	2003.01.12	맑음	11.5/4.9℃	57.8%	③, ④, ⑤, ⑥, ⑦
7	2003.01.13	맑음	13.7/7.5℃	53.8%	③, ④, ⑤, ⑥, ⑦
8	2003.02.18	맑음후흐림	12.0/5.1℃	59.5%	⑧, ⑨, ⑩, ⑪, ⑫,
9	2003.02.19	흐린후맑음	9.0/5.1℃	65.0%	⑧, ⑨, ⑩, ⑪, ⑫
10	2003.02.27	흐림	13.7/4.7℃	68.6%	③, ④, ⑤, ⑥, ⑦
11	2003.03.03	비(7.0mm)	13.6/1.5℃	72.1%	③, ④, ⑤, ⑥, ⑦
12	2003.03.04	흐림	5.6/1.4℃	59.1%	③, ④, ⑤, ⑥, ⑦
13	2003.03.05	비(7.0mm)	9.6/3.9℃	71.6%	⑧, ⑨, ⑩, ⑪, ⑫
14	2003.03.11	맑은후흐림	11.6/5.9℃	55.9%	⑧, ⑨, ⑩, ⑪, ⑫
15	2003.03.18	흐린후맑음	12.7/6.4℃	65.1%	⑧, ⑨, ⑩, ⑪, ⑫

4. 측정 시스템

측정 시스템은 전력선에서 발생하는 전기잡음 측정과 방송 수신상태를 확인하기 위해 스펙트럼 분석기와 공중파 방송 수신기를 그림 19과 같이 구성하였고 각각의 장비 제원은 표 12와 같다. 안테나는 루프안테나, 로드안테나, 대수주기안테나로 사용대역별로 구분하여 사용하였다. 플로터는 측정 결과 데이터를 얻기 위해 사용되었으며, 공중파 방송 수신상태를 확인하기 위하여 TV 수상기와 AM, FM, 단파 겸용 수신기를 사용하였다.

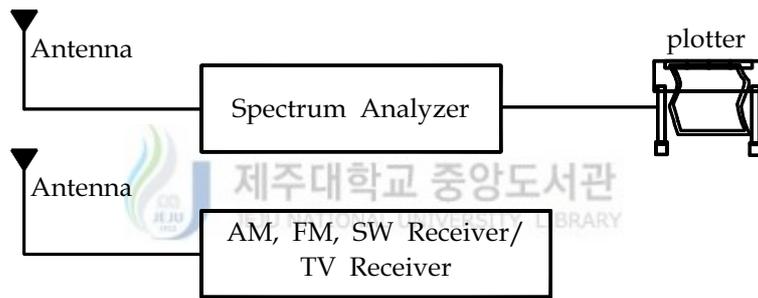


Fig. 19 Diagram of measurement system

Table 12 Specifications of measurement system

장 비 명	제 원	
	주파수범위	측정전력범위
Spectrum Analyzer	9kHz~26.5GHz	-139~30dBm
Loop Antenna	9kHz~30MHz	
Lod Antenna	30MHz~80MHz	
Log Periodic Antenna	80MHz~1.3GHz	
All Band Receiver	100kHz~1.65GHz	
TV Receiver	2~83Channel	

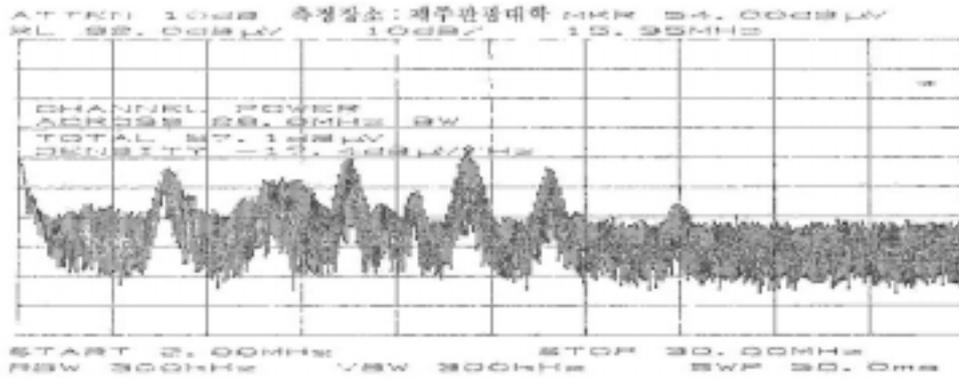
V. 측정 결과 및 고찰

측정된 결과로부터 정상상태 지점의 경우 각 주파수대역 및 측정 일자별 잡음의 변화를 살펴보고, 불량 지점에 대해서는 송전선로가 가설된 환경에서 장애 지점과의 이격 거리별 그리고 장애를 받고있는 신호의 종류에 따른 채널 별 및 측정한 날씨별로 전력선에서 발생한 장애의 영향을 고찰한다.

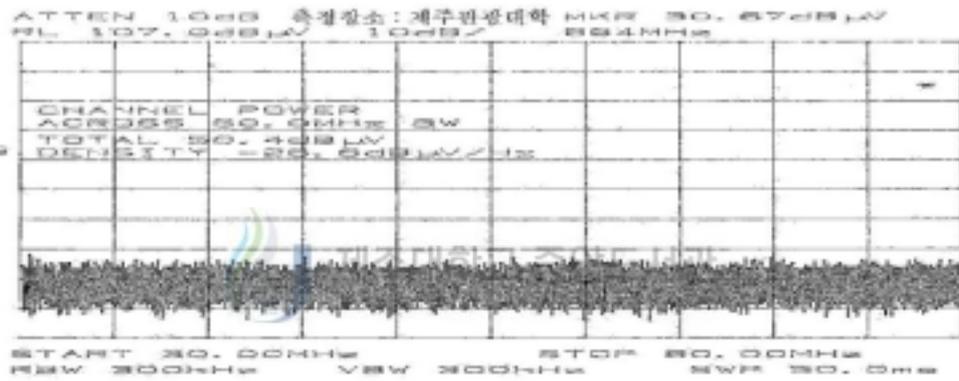
1. 정상상태 표본지점에 대한 측정

정상상태의 표본지점 2곳에서의 측정은 4개의 주파수 대역에 대해 날씨와 관계하여 5회를 수행하였다. 표본지점 1은 22.9kV의 전력선이 지중 매설된 곳으로서 제주관광대학 입구에서 측정을 하였으며 2002년 11월 15일 측정한 스펙트럼을 그림 20에 나타내었다. 그림 20(a)는 2~30MHz대역에 대한 스펙트럼으로 10~18MHz대역에서 신호 스펙트럼을 확인할 수 있었다. 그림 20(b)는 30~80MHz대역으로서 방송 신호나 대 전력 전파 방사가 없었으며 그림 20(c)는 80~250MHz대역으로서 FM과 TV방송 신호가 확인되고 있다. 그리고 그림 20(d)는 주파수 880MHz에서 이동전화에 대한 신호를 확인할 수 있다. 모든 대역에서 전기잡음이 없는 양호한 스펙트럼을 보이고 있다.

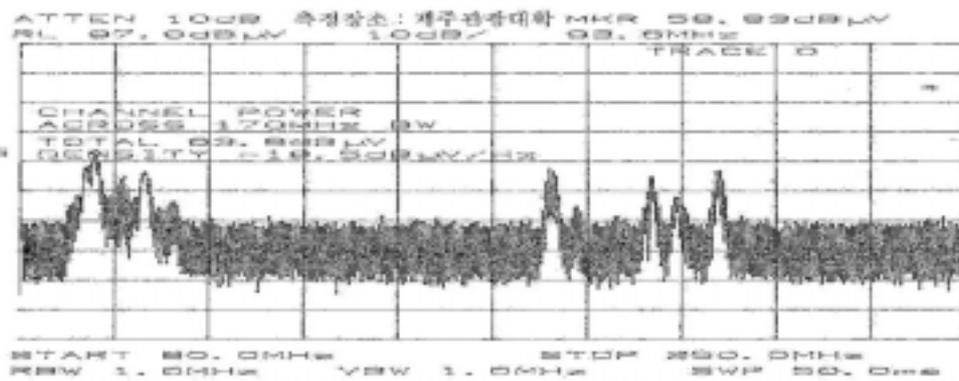
표 13에는 5회의 측정에 대한 대역별 총 전력과 방송수신 상태를 나타내었다. 총 전력은 방송국 등의 대 전력 신호가 없는 30~80MHz대역에서는 0.2dB의 변동을 보였으나 공중파방송이 많이 있는 80~250MHz대역에서는 최대 1.7dB의 변동이 있었으며 이는 방송 신호에 의한 레벨변동 임을 알 수 있다. 방송의 수신은 각 방송매체별로 양호한 수신 상태를 확인할 수 있었다.



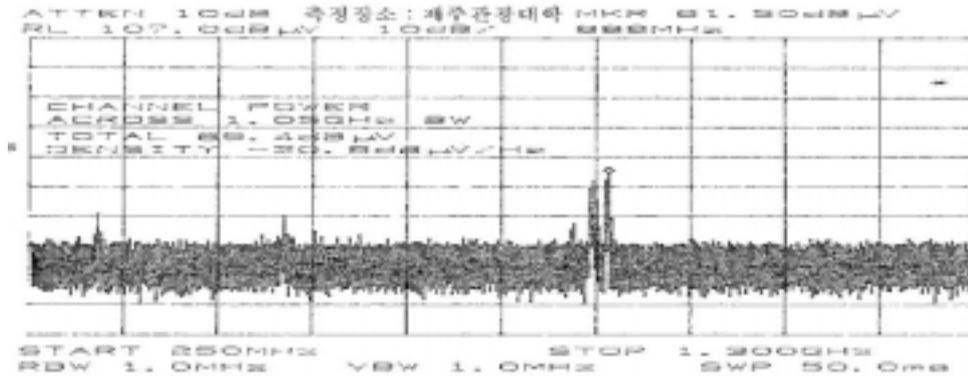
(a) 2~30MHz band



(b) 30~80MHz band



(c) 80~250MHz band



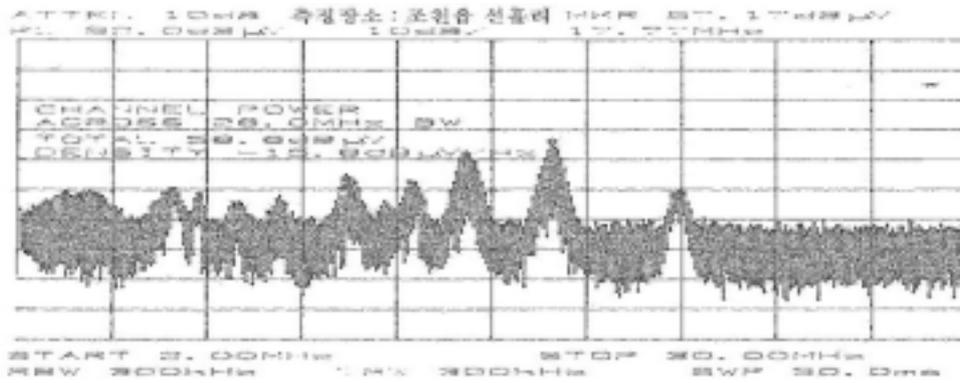
(d) 250~1300MHz band

Fig. 20 Power spectrum at sample point 1

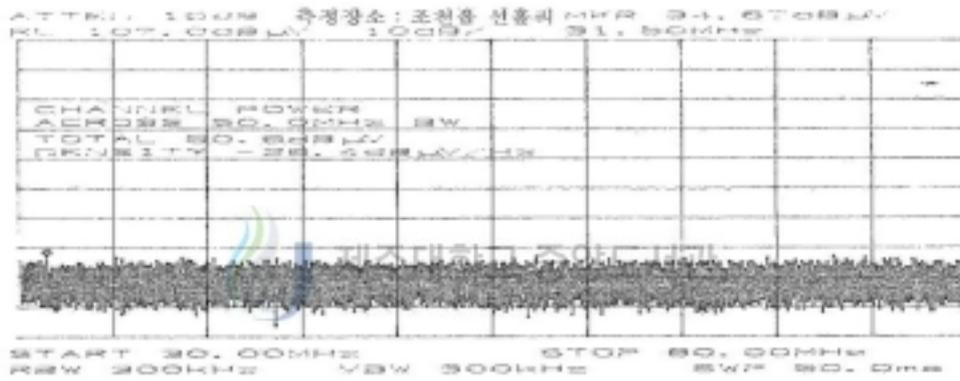
Table 13 Total power and receiving condition of bands at sample point 1

대역 (MHz) 측정일	총 전력(dB μ V)				방송 수신상태				
	2~ 30	30~ 80	80~ 250	250~ 1,300	AM	HF	FM	TV	
								V	A
2002.11.15	57.1	50.4	63.8	69.4	A5	A5	A5	우수	A5
2002.11.24	57.3	50.2	64.2	68.6	A5	A5	A5	우수	A5
2002.11.27	58.3	50.4	65.5	69.2	A5	A5	A5	우수	A5
2002.12.16	56.9	50.3	64.7	69.5	A5	A5	A5	우수	A5
2002.12.19	57.8	50.2	63.8	69.7	A5	A5	A5	우수	A5

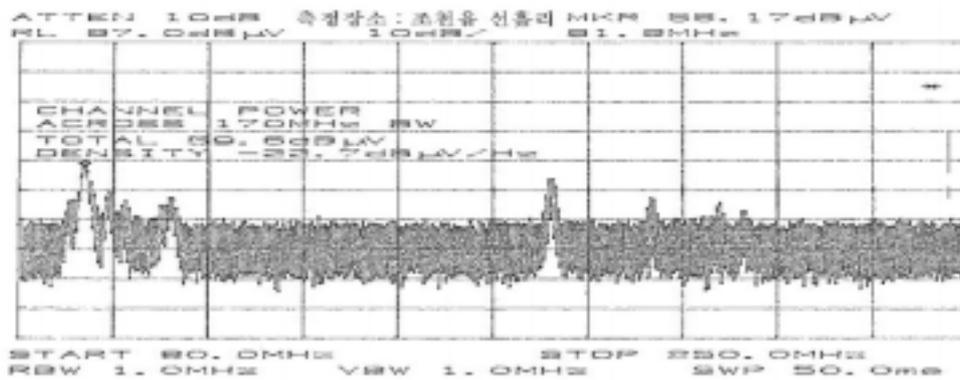
표본지점 2는 22.9kV의 전력선이 가공으로 설치되어 있는 환경으로 당일의 날씨는 흐린 후 맑은 날이다. 측정 위치는 가공선로의 바로 밑으로 측정대역에 대한 스펙트럼은 그림 21에 나타내었으며 전기잡음의 영향은 없었다. 2~30MHz대역은 표본지점 1과 같이 유사한 스펙트럼을 보이며, 방송신호가 없는 30~80MHz대역 또한 동일하다. 나머지 측정대역에서는 신호 세기의 차이가 있을 뿐 표본지점 1과 동일한 신호가 발생하는 것을 확인할 수 있다. 표 14에 나타낸 방송수신 상태 또한 최고의 수신상태를 확인할 수 있었다.



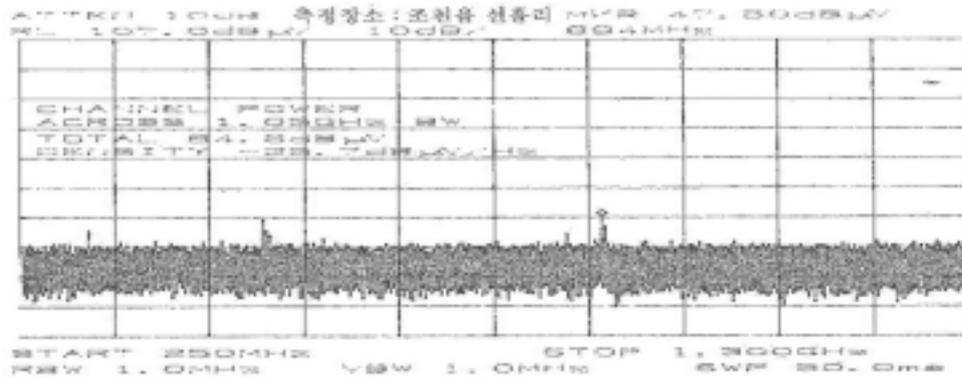
(a) 2~30MHz band



(b) 30~80MHz band



(c) 80~250MHz band



(d) 250~1300MHz band

Fig. 21 Power spectrum at sample point 2

Table 14 Total power and receiving condition of bands at sample point 2

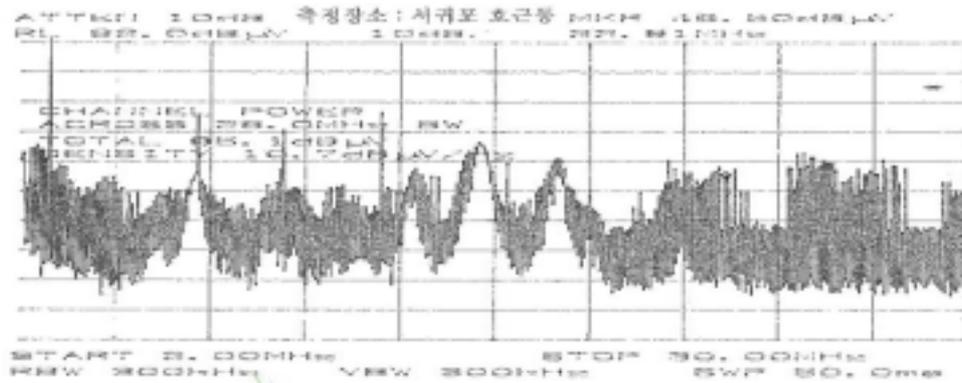
측정일	대역 (MHz)	총 전력(dB μ V)				방송 수신상태				
		2~30	30~80	80~250	250~1,300	AM	HF	FM	TV	
									V	A
2002.11.15		58.6	50.6	59.6	64.5	A5	A5	A5	우수	A5
2002.11.24		57.8	50.1	60.3	65.1	A5	B4	A5	우수	A5
2002.11.27		58.1	50.3	58.7	64.8	A5	A5	A5	우수	A5
2002.12.16		58.5	50.4	62.3	64.6	A5	B4	A5	우수	A5
2002.12.19		59.1	50.6	59.5	65.5	A5	A5	A5	우수	A5

2. 불량상태 표본지점에 대한 측정

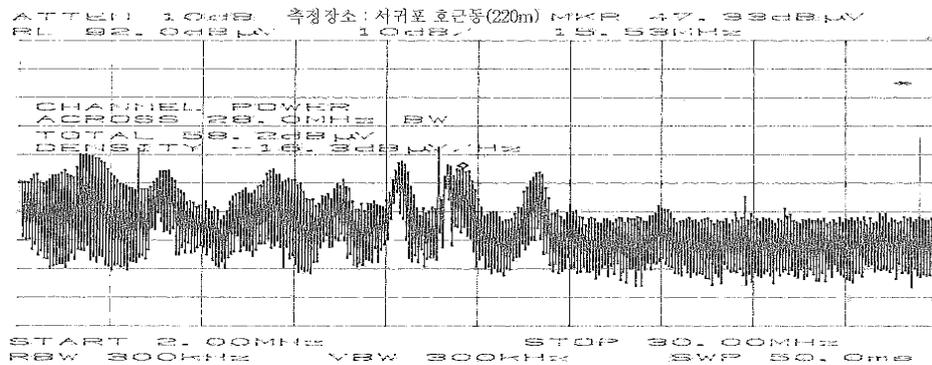
10곳의 표본지점은 방송 수신상태의 평가 결과가 음성의 경우 B4미만, 영상의 경우 양호미만인 장소이다. 측정은 2~30MHz와 80~250MHz를 대상으로 1차적인 스펙트럼을 확인한 후 전기잡음이 많은 주파수 대역을 대상으로 가공 전력선의 직하에서 직각거리 25m 또는 50m 간격으로 총 전력을 측정하였다.

또한 날씨에 따라 각 지점별로 5회의 측정이 이루어졌다. 불량상태 지점에 대한 측정 결과는 거리와 방송 채널, 그리고 날씨에 따라 전력선 전자파의 영향을 분석하였다.

1) 거리에 따른 전력선 잡음의 변화



(a) 0m
 제주대학교 중앙도서관
 JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY



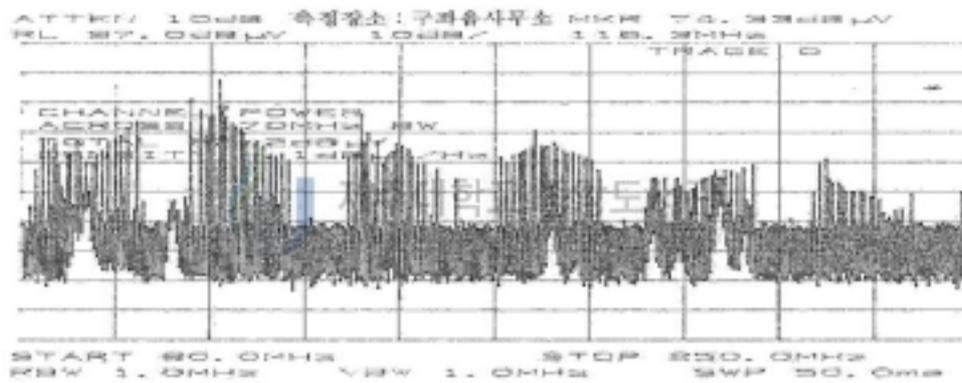
(b) 220m

Fig. 22 Power spectrum at Sample point 4

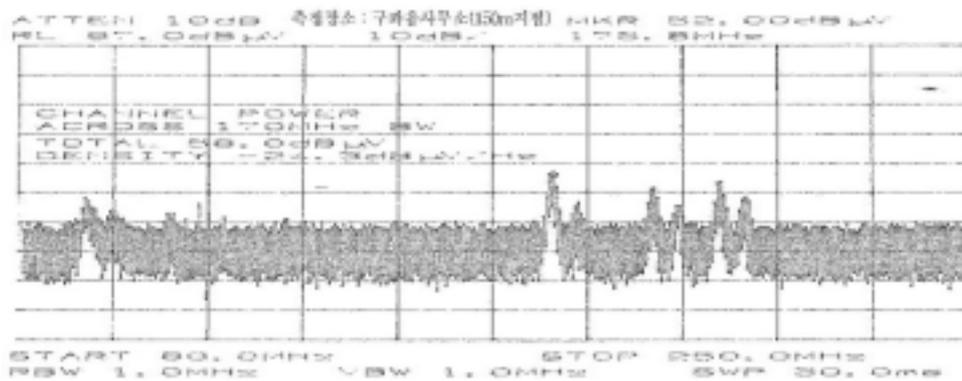
그림 22는 가공선로의 전압이 22.9kV인 표본지점 4에 대한 1차 측정결과이다. 측정 주파수 대역은 2~30MHz이며 당일의 날씨는 맑다. 그림 22(a)는 가공

선로 직하에서의 스펙트럼으로 신호가 있는 13~18MHz외의 전 대역에 전력선 잡음이 다발적으로 발생하고 있음을 확인할 수 있었으며, 이 지점의 반경 200m지역은 AM방송이나 단파방송의 수신이 거의 불가능한 D2정도의 수준이었지만 FM방송이나 TV 수신 상태는 비교적 양호하였다.

전력선으로부터 일정거리를 이격 하면서 측정한 결과 전력선으로부터 220m 지점에서는 그림 22(b)과 같이 전력선 잡음이 현저하게 감소된 스펙트럼을 확인할 수 있었으며 측정 대역의 총 전력도 전력선 직하에서의 85.1dB μ V에서 220m의 58.2dB μ V로 26.9dB의 차이가 있었다. 이는 방송신호의 변화도 있지만 대부분 거리에 따른 전기 잡음의 감소 결과임을 알 수 있다.



(a) 0m



(b) 150m

Fig. 23 Power spectrum at Sample point 8

그림 23(a)는 22.9kV이 가공으로 설치된 표본지점 8에서 80~250MHz대역을 대상으로 측정한 스펙트럼이다. 그림 22(a)과 같이 전기잡음이 넓게 분포하고 있어 전력선 전자과의 영향을 받고 있음을 알 수 있다. 전기잡음이 현저히 감소되는 지점은 전력선으로부터 일정거리를 이격 하면서 측정한 결과 그림 22(b)에서 보다 가까운 150m에서 잡음이 나타나지 않았다. 측정 대역의 총 전력도 전력선 직하에서의 82.2dB μ V에서 150m의 58.0dB μ V로 24.2dB의 차이를 보여, 이는 전기잡음의 감소 결과임을 알 수 있다. 그림 24와 25에서는 표본지점 10개소의 거리별 전력선 전자과의 감소 추이를 나타내었다. 전력선 전자과에 의해 발생하는 잡음은 80~250MHz 대역은 장애 지점으로부터 150m이상에서 잡음이 모두 소멸되었으나, 2~30MHz 대역은 적어도 200m 내지는 최고 300m를 이격 했을 때에 비로소 잡음의 영향을 피할 수 있었다. 각 표본지점 별 잡음이 제거된 거리와 그에 대한 스펙트럼은 부록 II에 첨부하였다.

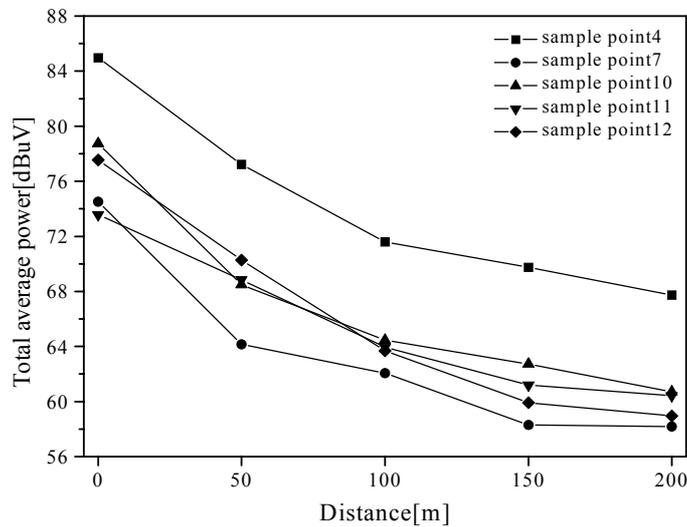


Fig. 24 Total average power for distance on 2~30MHz

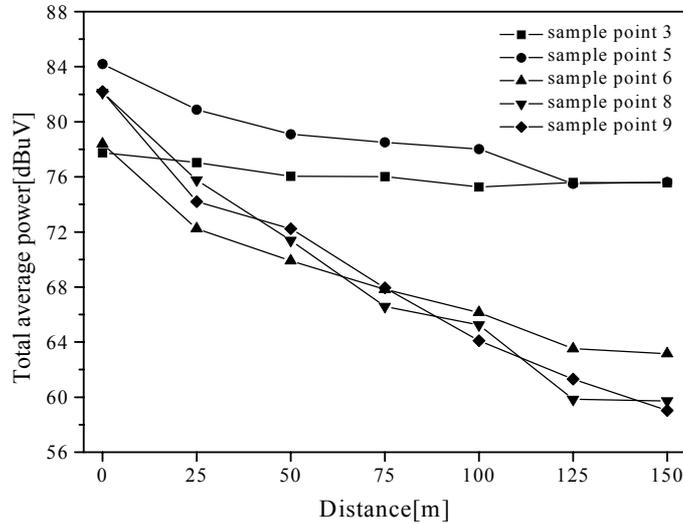


Fig. 25 Total average power for distance on 80~250MHz

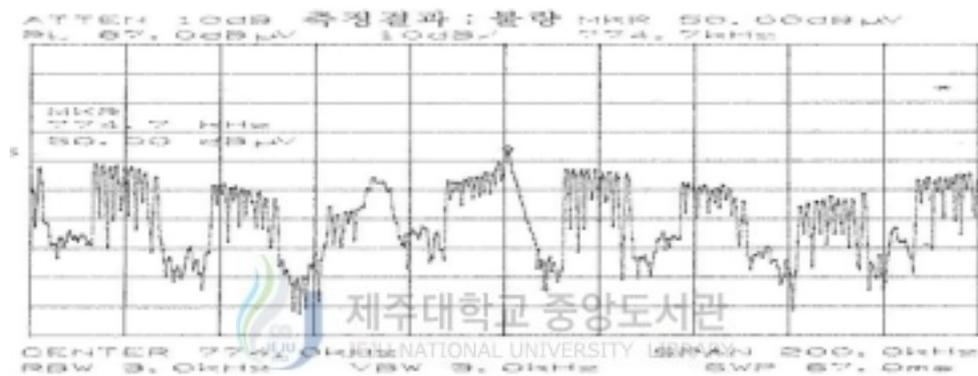
2) 채널에 따른 전기잡음의 변화

방송신호에 대한 전력선 전자파의 영향을 분석하기 위해 표본지점 7에서 AM방송, HF방송, FM방송, TV방송에 대한 스펙트럼을 측정하였다. 그림 26은 AM방송 774kHz를 중심으로 200kHz대역에서 측정한 스펙트럼이고, 그림 27은 당초 측정하고자 했던 NSB 9.595MHz는 신호 세기가 너무 작아 도내에서 발사되고 있는 극동방송 1.566MHz를 중심으로 200kHz대역에서 측정한 스펙트럼이다. 그림 28은 FM방송 90.1MHz를 중심으로 1MHz대역에서 측정한 스펙트럼이고, 그림 29은 TV방송 KBS 1TV의 주파수 207.56MHz를 중심으로 7MHz대역에서 측정한 스펙트럼이다.

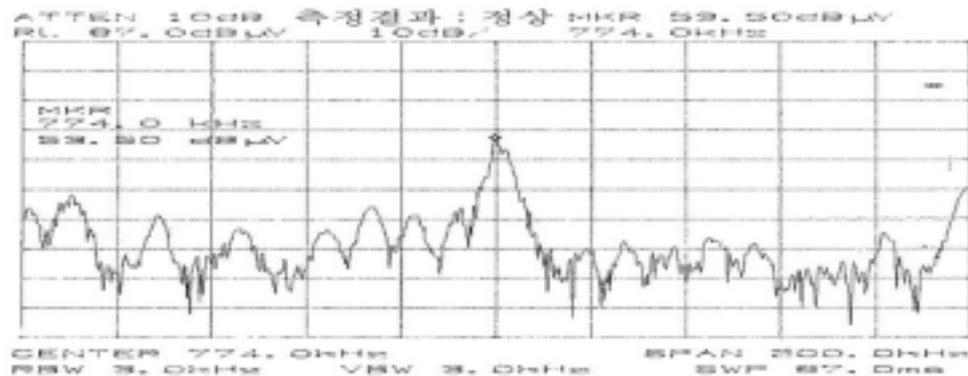
그림 26~29의 (a)는 전력선 직하에서 측정한 스펙트럼으로 전력선 전자파의 영향을 많이 받고 있었으며, 그림 26~29의 (b)에서는 전력선과 일정거리를 이격 하여 측정한 스펙트럼으로 전력선 전자파의 영향이 없는 정상적인 신호 스펙트럼을 확인할 수 있었다. 그림 26(b)의 AM방송과 그림 27(b)의 단파방송은 전력선으로부터 200m 이격 하였을 때 잡음의 영향을 피할 수 있었으나,

그림28 (b)의 FM방송과 그림29 (b)의 KBS1TV 방송은 전력선으로부터 150m이격 했을 때 잡음의 영향을 받지 않는 양호한 스펙트럼을 얻을 수 있었다.

방송 수신상태는 전력선 잡음의 영향권 내에서는 AM방송이나 단파방송의 경우 거의 수신이 불가능한 상태였고, TV방송은 영상의 경우 화면상에 스노우(snow) 현상이 심하게 나타났으나 음성의 경우는 약간 일그러짐이 있지만 수신불가 상태는 아니었다. 그러나 FM방송은 전력선 직하에서도 잡음의 영향이 느껴지지 않고 양호한 음질로 수신이 가능하였다.

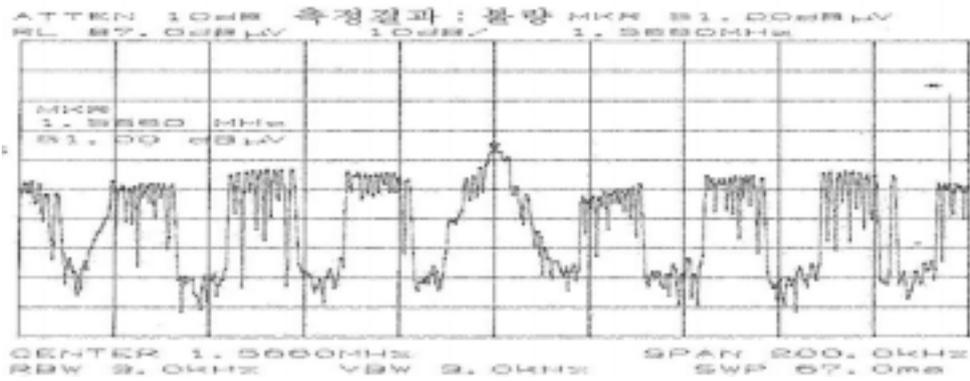


(a) Abnormal state

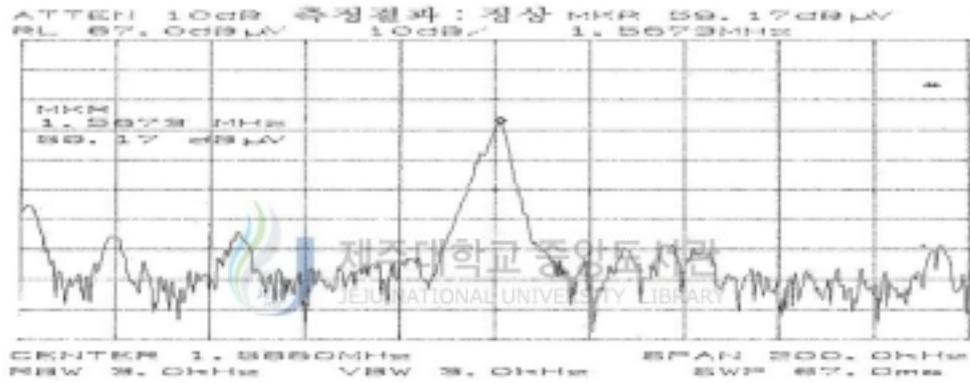


(b) Normal state

Fig. 26 Power spectrum on 774kHz

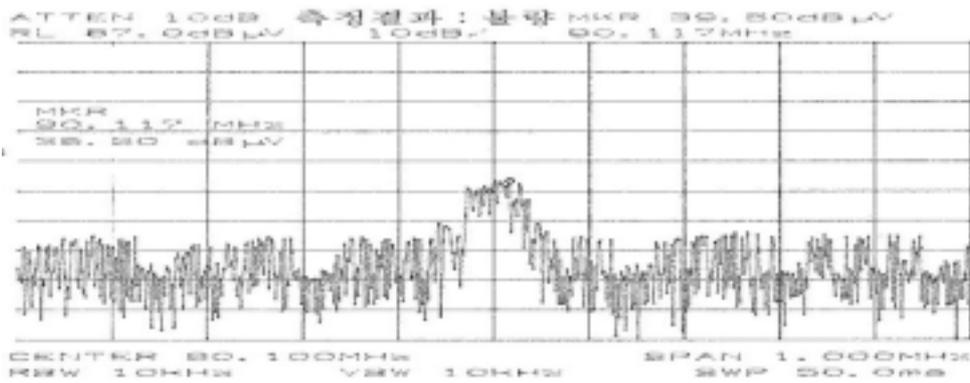


(a) Abnormal state

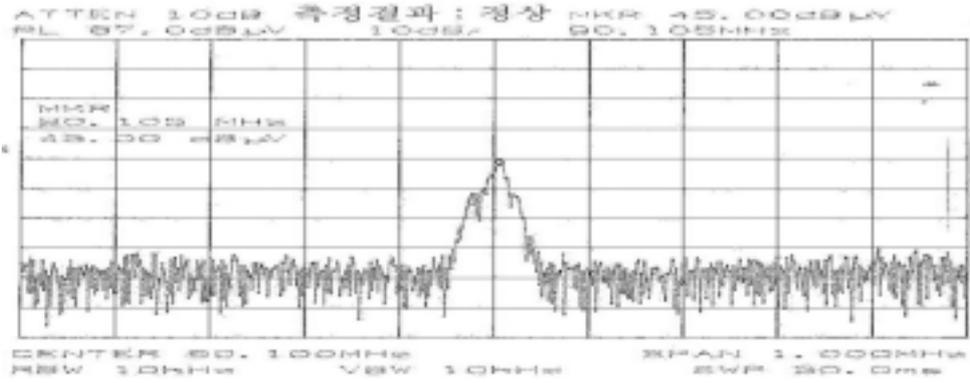


(b) Normal state

Fig. 27 Power spectrum on 1.566MHz

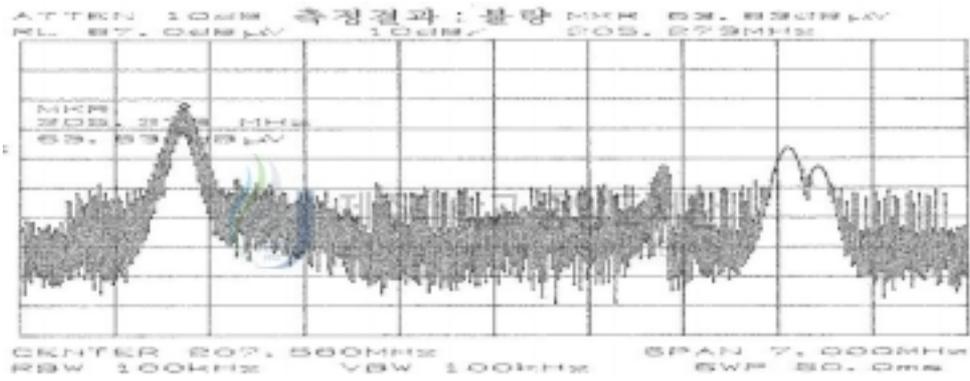


(a) Abnormal state

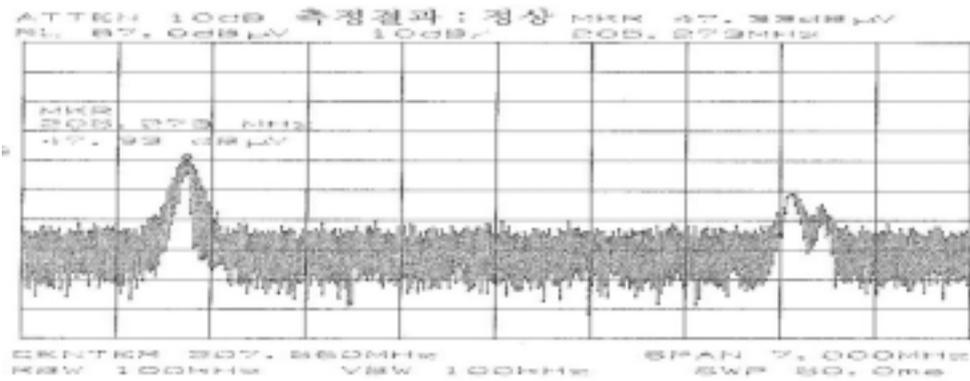


(b) Normal state

Fig. 28 Power spectrum on 90.1MHz



(a) Abnormal state



(b) Normal state

Fig. 29 Power spectrum on 207MHz

3) 날씨에 따른 전기잡음의 변화

표 15는 22.9kV의 가공선로 직하에서 날씨에 따른 신호를 포함한 대역 내 총 잡음 전력의 변화를 나타내었다. 날씨와 전기잡음과의 일정한 규칙성을 찾을 수는 없었으며, 표본지점 6은 맑은 날씨일 때 보다 비가 온 날씨일 때 총 전력이 3.5dB까지 높게 나타났고, 표본지점 8은 비가 온 경우 5.3dB까지 높게 나타났다. 이와 반대로 표본지점 7은 비 날씨의 총 전력이 12.4dB까지 낮아졌으며 표본지점 11은 11.7dB까지 낮아졌다. 날씨에 대한 표본지점 10개소의 총 전력의 변화는 비가 오는 날씨에 잡음 전력이 증가한 곳은 표본지점 6과 8로 CISPR Pub. 18-1 등 문헌에 의하면 절연 불량에 의한 코로나 방전이 발생하고 있는 것으로 판단할 수 있다. 반면 잡음 전력이 감소한 곳은 표본지점 7, 11, 12로서 접촉 불량이나 갭(gap)에 의한 방전이 발생하던 지점이 빗물에 의해 장애의 정도가 완화되었거나, 선로나 애자의 오염에 의한 절연 저하로 인한 코로나의 경우 빗물로 인해 오염 물질이 제거되어 장애가 감소한 것으로 판단할 수 있다. 나머지 5개소는 날씨에 따른 특별한 상관 관계가 없는 지점으로 이것은 피뢰기 열화에 따른 특성 변화 등의 원인으로 판단된다.

Table 15 Total power for weather conditions

날씨	Total power(dB μ V)		날씨	Total power(dB μ V)	
	Point 6	Point 7		Point 8	Point 11
비	81.5	64.6	비	85.7	66.8
맑음	79.9	76.5	맑음후 흐림	80.6	73.4
맑음	78.0	77.0	맑은후 흐림	80.4	78.5

VI. 결론

본 논문에서는 송배전 설비에서 발생하는 전자파에 의한 전파장해 현상을 분석하였다. 송배전 설비에서 발생하는 전자파로 인해 무선통신의 장애를 받아 중앙전파관리소에 신고 접수된 사항을 분석한 결과 주요 장애 원인은 애자 불량, 피뢰기 불량, 변압기 불량 등에 의한 것임을 확인할 수 있었으며, 제주 지역의 경우 전력선으로 인한 전파장해 신고 건수는 최근 2년간 2건에 불과하였지만 실제로 측정을 해보니 정도의 차이는 있지만 지속적인 전자파 발생지점이 10여 개소에 달하는 것으로 보아 실질적인 전력선 전자파에 의한 전파장해 비중은 매우 높다 하겠다.

정상상태인 표본 지점의 측정결과는 전체대역의 스펙트럼 상에서 전력선 잡음을 찾아볼 수 없었지만 불량상태 지점에서는 전력선 잡음의 발생이 명확함을 확인할 수 있었다. 불량상태 지점에 대한 거리별 측정 결과는 전력선으로부터의 거리가 멀어질수록 전력선 잡음의 분포와 세기가 현저하게 감소하였으며 최대 300m 까지 장애 전자파가 영향을 미치고 있음을 확인하였다. 또한 불량지점 주변에서 AM방송과 단파방송은 수신이 불가능하였고, TV방송의 경우 영상은 스노우 현상이 심하게 나타났으나 음성은 다소 일그러짐 현상이 있는 정도이고 FM방송은 잡음의 영향이 거의 없는 양호한 음질로 수신되었다.

날씨 변화에 따른 전파 장애의 변화에 대해서는 강우에 따라 잡음이 증·감하는 지점이 5개소, 특별한 변화가 없는 지점이 5개소로 전력선 계통에 의한 장애 전자파의 발생 유형이 매우 다양함을 확인할 수 있었다.

송배전 설비에 의해 발생하는 전자파는 그 발생 원인과 피해 주파수 대역 및 피해 정도가 매우 다양해서 장애의 사전 예방은 매우 어렵지만 장애를 피하려면 도심 지역의 전력 전송로는 가능한 한 지중 선로를 구성해야 한다. 그러나 여건상 가공선로로 전력선을 구성해야만 할 경우에는 주거지역으로부터 충분한 거리를 이격 해서 설치하는 것이 바람직하다.

참고문헌

- CISPR Pub 16, 18-1, 18-2, 18-3.
- 한국전력 업무보고, 2003.
- 한국전력공사 송변전사업단, 송 변전 기술용어 해설집, 2001.
- 한국전력사원수첩, 2003.
- HTTP://WWW.ELE119.CO.KR/
- HTTP://WWW.EMF.OR.KR/
- HTTP://WWW.KEPCO.CO.KR/
- ITU, Radio Regulations article 20
- 장상진, 송전전자계 저감대책 및 전자파정책 방향에 관한 연구, 석사학위논문, 단국대학교 정보통신대학원, 2001.
- 정보통신부, 무선국의 운용 등에 관한 규칙
- 중앙전파관리소, 조사업무 심사분석, 2001~ 2002
- 강기문의 2인, 신편 전력전송, 동명사, 1990.
- 기술사연구회, 수변전설비, 중앙고시사, 1995.
- 김동일의 2인, 전파공학, 청문각, 1998.
- 김상남, 1988, 초고압 송전선로에 의한 전파장해, 인천전문대논문집, 9권, pp93~100.
- 이동일, 2001, 초고압 전력설비의 전기환경장해와 대책기술 개발, 한국전자파학회지 전자파 기술, 12권 2호, pp105~116.
- 박건수의 5인, 전력 전송공학, 청문각, 2001.
- 박규홍, 전력 전송공학, 동일출판사, 2000.
- 성현식, 배전선로의 전자파 영향 저감방안에 관한 연구, 석사학위논문, 연세대학교 공학대학원, 2002.
- 송길영, 신편 송배전공학, 동일출판사, 1990.

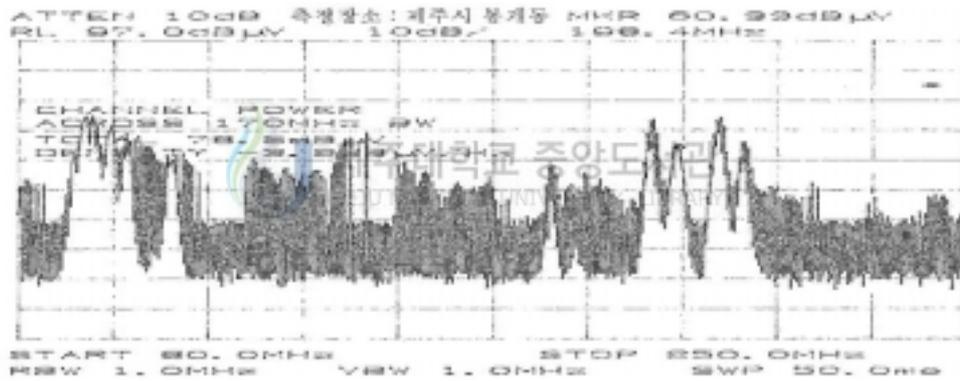
부 록 I. 제주도에 공중파 방송국 목록

위치	국별	국 명	채널	주파수(MHz)	출력(kW)	
건월악	TV	제주문화 TV 방송국	7	177	5	
		KBS제주 제1TV	12	207	5	
		KBS제주 제2TV	10	195	5	
		KBS제주 교육TV	20	509	10	
		JIBS제주 TV방송국	22	521	10	
	FM	기독교제주 표준FM방송국			93.3	3
		제주문화 FM방송국			90.1	3
		제주문화 제주표준FM중계소			97.9	1
		KBS제주 제1표준FM라디오			99.1	1
		KBS제주 제1FM라디오			96.3	3
		KBS제주 제2표준FM방송국			91.9	3.8
		KBS제주 교육FM중계소			107.3	3
		삼매봉	TV	제주문화 서귀포TV 중계소	11	202
KBS서귀포 제1TV중계소	9			189	1	
KBS서귀포 제2TV중계소	13			213	1	
KBS서귀포 교육TV중계소	26			545	1	
JIBS서귀포 TV중계소	21			515	1	
FM	제주문화 서귀포표준FM방송국				97.1	1
	제주문화 제주표준FM중계소				102.9	3
	KBS서귀포 제1FM중계소				99.9	3
	KBS서귀포 교육FM중계소				104.9	3
	KBS서귀포제2간이표준FM중계소				94.3	0.1
극동서귀포 간이표준FM중계소			101.1	0.09		
금 악	TV	제주문화 금악간이TV중계소	30	569	0.1	
		KBS금악 제1간이중계소	32	581	0.1	
		KBS금악 제2간이TV중계소	23	527	0.1	
		KBS금악 교육간이TV중계소	28	527	0.1	
	FM	제주문화 금악간이표준FM중계소			106.5	0.1
		KBS금악 제2간이표준FM중계소			92.7	0.1
고 내	TV	제주문화 애월간이TV중계소	36	605	0.01	
고 산	AM	KBS고산 제1라디오중계소		1.539	1	
강 정	FM	기독교서귀 포표준FM중계소		90.9	1	
해 안	AM	제주문화 AM방송국		0.774	10	
아 라	AM	KBS제주 제1라디오		0.963	10	
하 효	AM	KBS서귀포 제1라디오		0.621	10	
구 염	AM	극동제주 AM방송국		1.566	250	

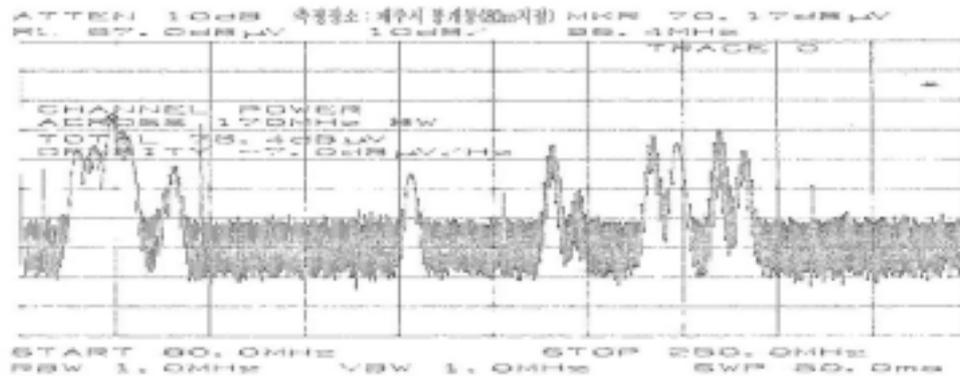
부 록 II. 표본지점별 스펙트럼과 수신상태

1. 표본지점 3

측정일	거리 (m)		총 전력(dB μ V)					방송 수신상태				
	0	25	50	75	100	125	150	AM	HF	FM	TV	
											V	A
2003.1.12	78.5	77.4	76.0	76.1	74.8	75.4	75.7	C3	B4	A5	보통	A5
2003.1.13	77.6	77.1	75.7	76.3	76.0	76.3	75.8	C3	B4	A5	보통	A5
2003.2.27	76.4	76.1	75.8	75.9	74.5	74.8	75.4	C3	C3	A5	보통	A5
2003.3.03	78.4	77.6	76.6	76.0	76.7	76.2	76.8	C3	C3	A5	보통	A5
2003.3.04	77.9	77.0	76.1	75.8	74.3	75.2	74.1	C3	C3	A5	보통	A5



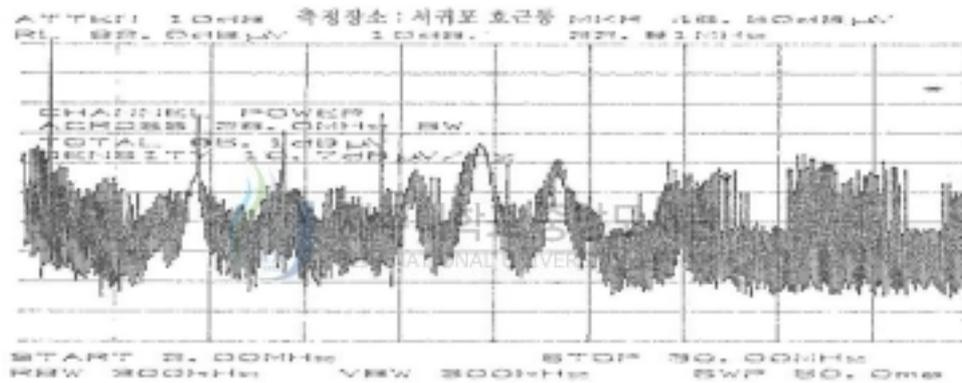
(a) Spectrum at 0m



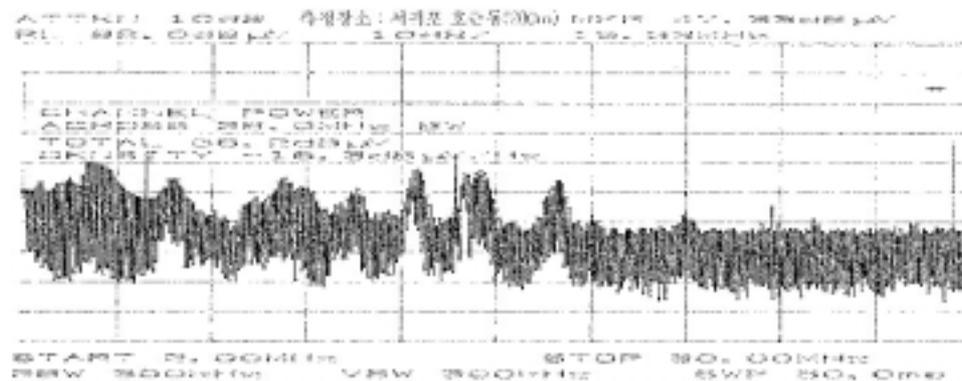
(b) Spectrum at 80m

2. 표본지점 4

측정일 \ 거리 (m)	총 전력(dB μ V)					방송 수신상태				
	0	50	100	150	200	AM	HF	FM	TV	
									V	A
2003.1.12	85.1	77.1	70.8	69.8	66.5	D2	D2	A5	보통	A5
2003.1.13	86.3	77.0	72.6	71.3	70.0	D2	D2	A5	보통	A5
2003.2.27	85.2	77.4	69.7	66.4	65.8	D2	D2	A5	양호	A5
2003.3.03	84.8	76.5	71.4	68.7	69.3	D2	D2	A5	양호	A5
2003.3.04	83.4	78.1	73.5	72.5	67.1	D2	C3	A5	양호	A5



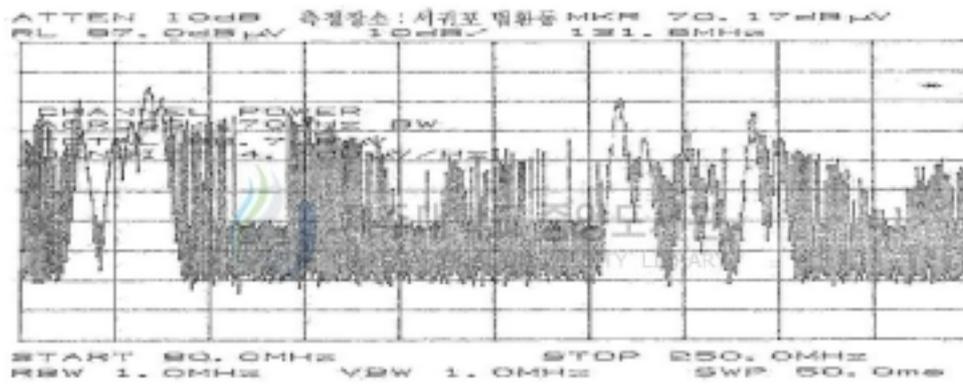
(a) Spectrum at 0m



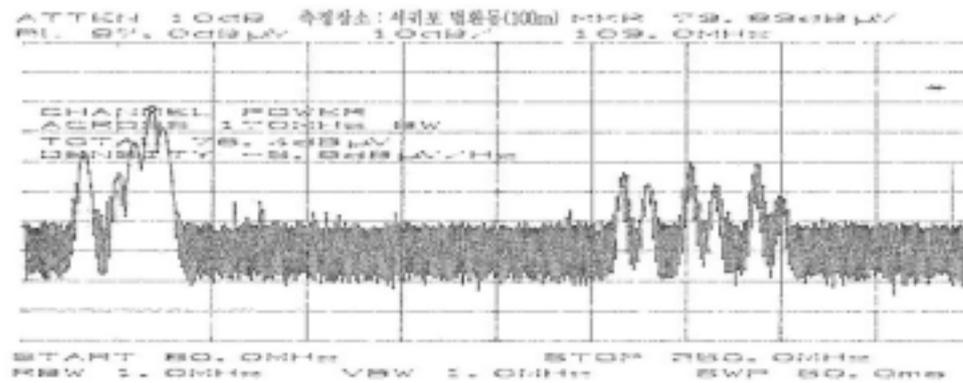
(b) Spectrum at 200m

3. 표본지점 5

측정일 \ 거리 (m)	총 전력(dB μ V)							방송 수신상태				
	0	25	50	75	100	125	150	AM	HF	FM	TV	
											V	A
2003.1.12	83.3	79.2	78.1	78.3	77.7	77.2	77.5	D2	D2	A5	보통	A5
2003.1.13	84.4	80.7	78.5	78.7	76.5	74.0	73.8	E1	E1	A5	불량	A5
2003.2.27	83.5	80.4	79.6	78.4	78.8	74.8	74.9	D2	D2	A5	보통	A5
2003.3.03	83.1	81.4	79.5	78.3	78.8	76.5	76.6	D2	D2	A5	보통	A5
2003.3.04	86.7	82.7	79.8	78.8	78.3	75.0	75.3	D2	D2	A5	불량	A5



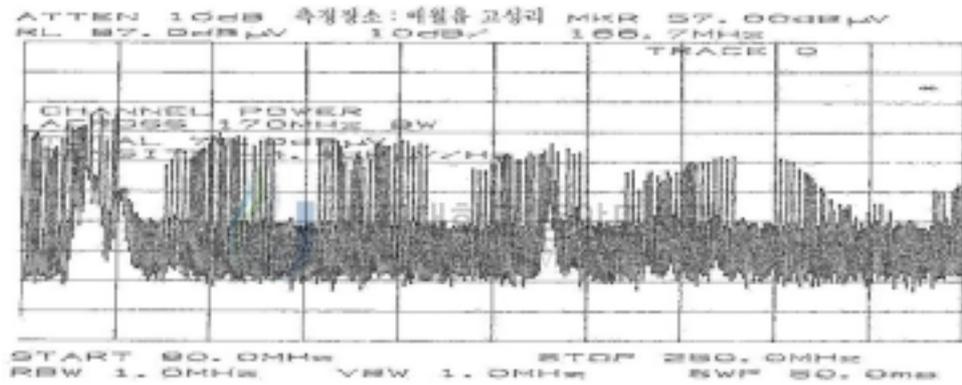
(a) Spectrum at 0m



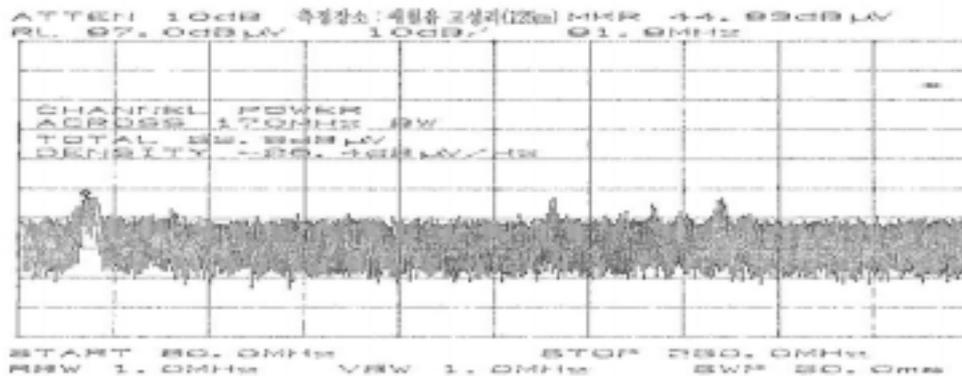
(b) Spectrum at 100m

4. 표본지점 6

측정일	거리 (m)	총 전력(dB μ V)						방송 수신상태					
		0	25	50	75	100	125	150	AM	HF	FM	TV	
												V	A
2003.1.12	78.0	72.4	70.3	67.4	66.5	63.1	62.4	C3	C3	A5	보통	A5	
2003.1.13	79.9	73.7	71.5	68.2	67.0	63.5	63.7	C3	C3	A5	보통	A5	
2003.2.27	73.3	68.2	67.4	66.5	64.6	62.0	61.6	D2	C3	B4	보통	A5	
2003.3.03	81.5	74.3	71.6	69.7	67.2	65.3	64.5	D2	C3	B4	보통	A5	
2003.3.04	79.3	72.6	68.7	67.3	65.5	63.7	63.6	C3	C3	A5	보통	A5	



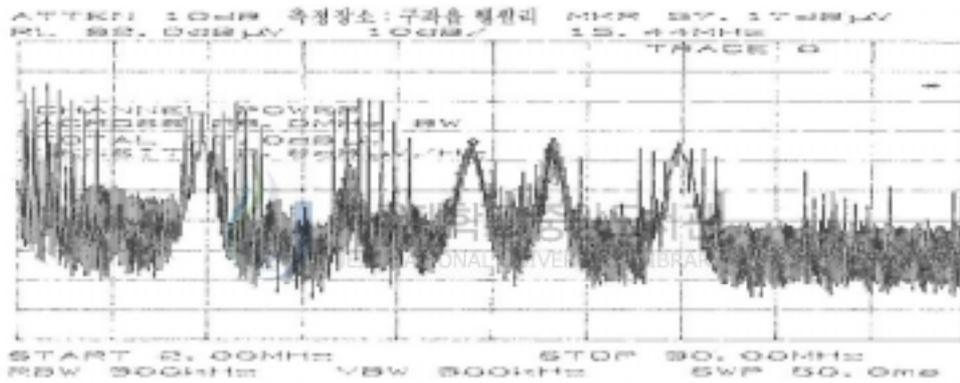
(a) Spectrum at 0m



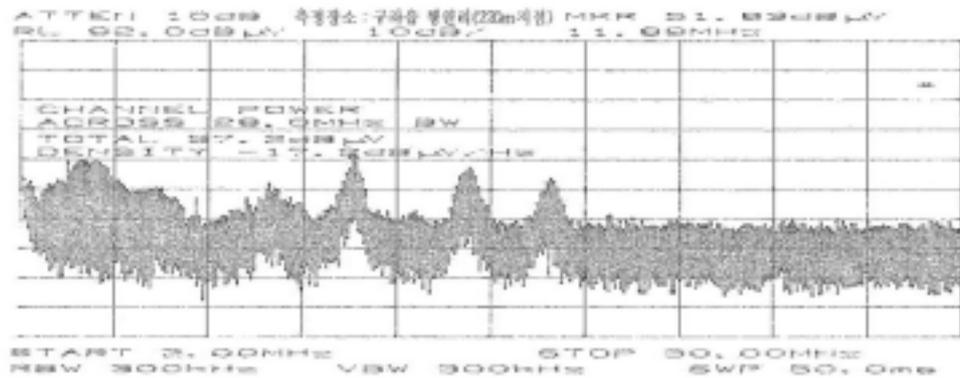
(b) Spectrum at 125m

5. 표본지점 7

측정일 \ 거리 (m)	총 전력(dB μ V)					방송 수신상태				
	0	50	100	150	200	AM	HF	FM	TV	
									V	A
2003.1.12	77.0	64.5	62.2	58.2	58.2	E1	E1	B4	불량	B4
2003.1.13	76.5	64.3	62.7	58.4	58.7	E1	E1	B4	불량	A5
2003.2.27	76.3	64.6	62.4	58.2	58.3	E1	E1	B4	보통	A5
2003.3.03	64.6	62.3	60.5	58.7	57.9	D2	D2	A5	보통	A5
2003.3.04	78.2	65.1	62.5	58.0	57.8	E1	E1	B4	불량	B4



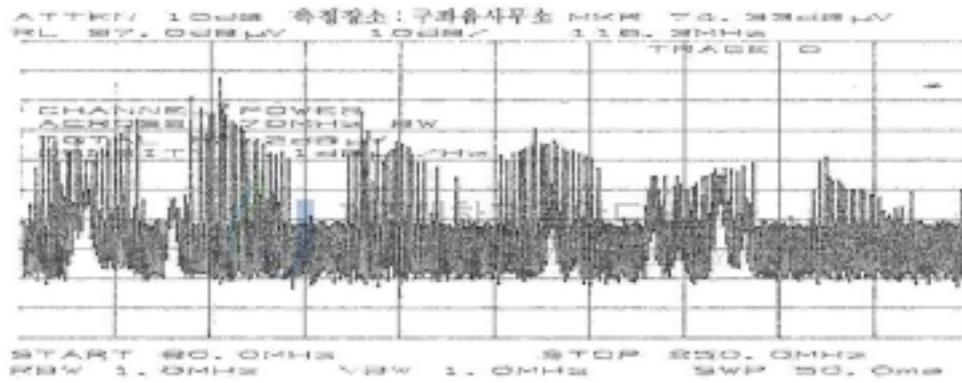
(a) Spectrum at 0m



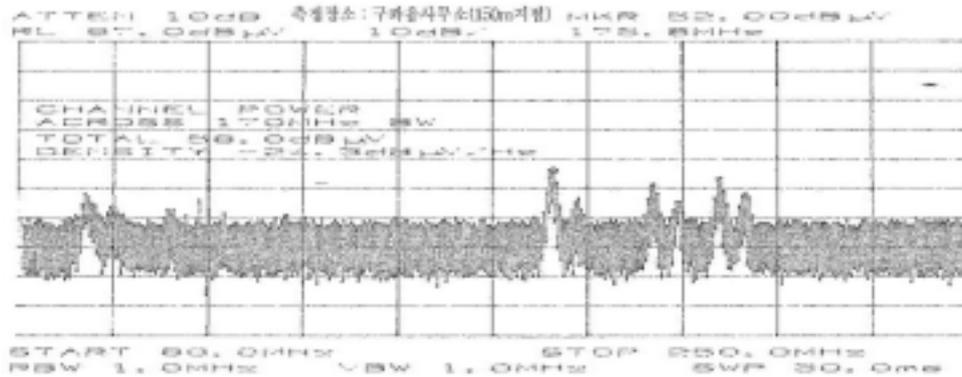
(b) Spectrum at 220m

6. 표본지점 8

측정일 \ 거리 (m)	총 전력(dB μ V)							방송 수신상태				
	0	25	50	75	100	125	150	AM	HF	FM	TV	
											V	A
2003.2.18	80.6	74.8	68.1	65.8	64.3	59.8	59.7	C3	C3	A5	불량	A5
2003.2.19	82.2	76.5	73.2	66.2	63.8	59.9	59.6	C3	C3	A5	불량	A5
2003.3.05	85.7	77.7	74.1	67.9	71.7	61.4	61.6	D2	C3	A5	보통	A5
2003.3.11	80.4	73.7	68.5	66.3	63.5	58.9	59.3	C3	C3	A5	불량	A5
2003.3.18	81.7	76.2	73.0	66.7	62.9	59.2	58.4	C3	C3	A5	불량	A5



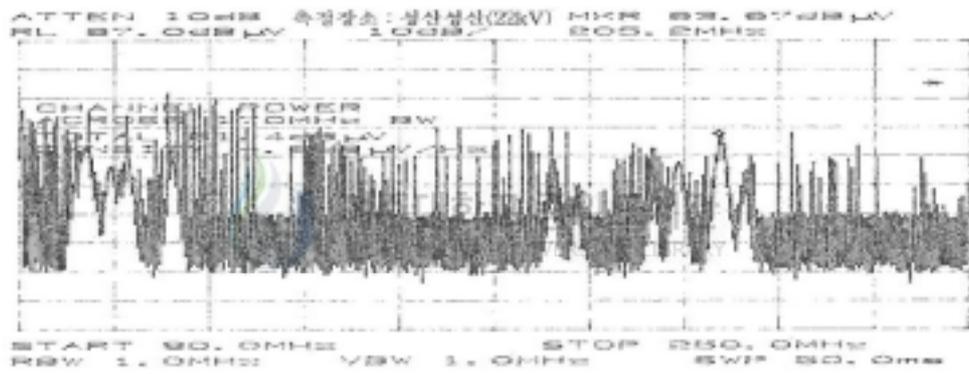
(a) Spectrum at 0m



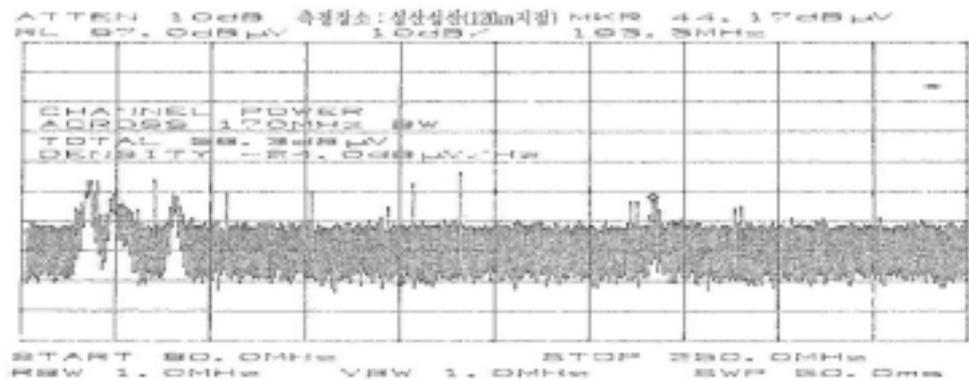
(b) Spectrum at 150m

7. 표본지점 9

측정일 \ 거리 (m)	총 전력(dB μ V)							방송 수신상태				
	0	25	50	75	100	125	150	AM	HF	FM	TV	
											V	A
2003.2.18	81.4	73.7	71.5	65.4	61.3	60.4	58.7	D2	D2	A5	보통	B4
2003.2.19	84.4	76.5	73.9	68.6	66.4	61.3	59.5	D2	C3	A5	보통	A5
2003.3.05	81.3	73.5	74.6	72.2	67.3	63.2	59.6	D2	C3	A5	보통	A5
2003.3.11	81.3	72.4	70.7	66.3	62.5	61.3	59.1	C3	C3	A5	보통	A5
2003.3.18	82.6	74.9	70.5	67.2	63.0	60.4	58.3	C3	C3	A5	보통	A5



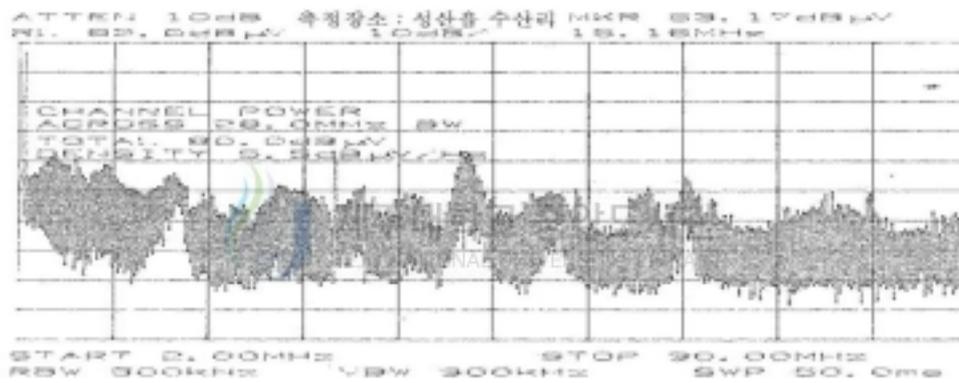
(a) Spectrum at 0m



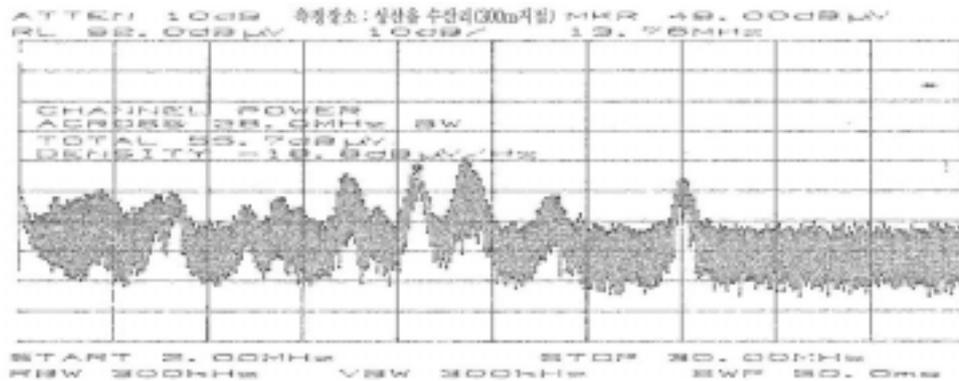
(b) Spectrum at 120m

8. 표본지점 10

측정일	거리 (m)	총 전력(dB μ V)					방송 수신상태				
		0	50	100	150	200	AM	HF	FM	TV	
										V	A
2003.2.18	79.5	67.5	63.7	61.3	61.5	D2	D2	A5	보통	A5	
2003.2.19	77.7	68.7	64.3	62.6	60.3	D2	D2	A5	양호	A5	
2003.3.05	77.4	67.3	63.5	62.4	59.8	D2	D2	A5	양호	A5	
2003.3.11	78.9	69.4	65.1	63.8	60.7	D2	D2	A5	보통	A5	
2003.3.18	80.2	69.5	65.7	63.5	61.2	D2	D2	A5	양호	A5	



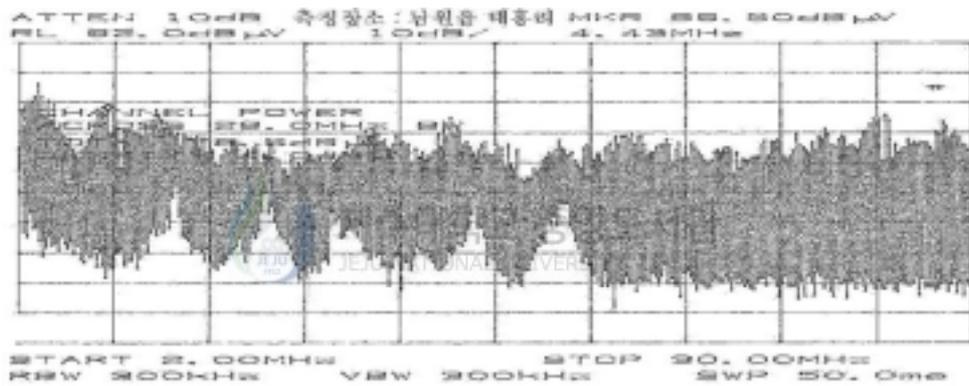
(a) Spectrum at 0m



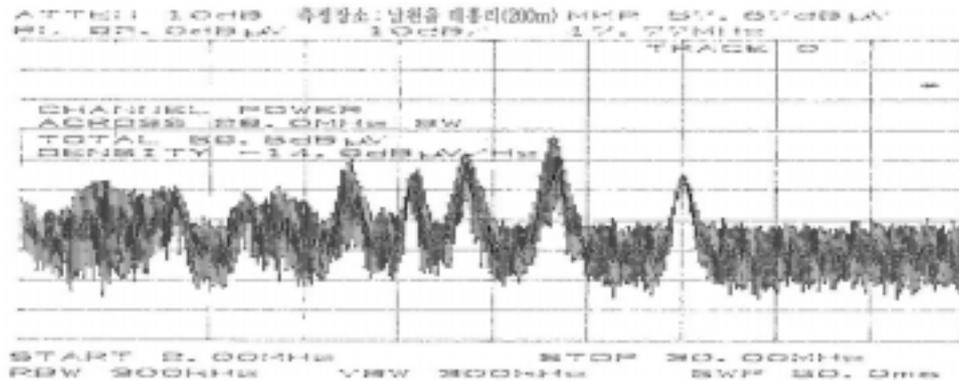
(b) Spectrum at 300m

9. 표본지점 11

측정일	거리 (m)	총 전력(dB μ V)					방송 수신상태				
		0	50	100	150	200	AM	HF	FM	TV	
										V	A
2003.2.18	73.4	68.3	64.7	60.5	59.8	E1	C3	A5	보통	A5	
2003.2.19	72.6	68.4	63.6	61.4	60.1	E1	C3	A5	불량	A5	
2003.3.05	66.8	63.4	62.5	61.2	61.9	C3	C3	A5	보통	A5	
2003.3.11	78.5	72.7	65.3	61.5	60.2	D2	C3	B4	보통	A5	
2003.3.18	76.6	71.4	63.6	61.4	60.1	E1	C3	A5	불량	A5	



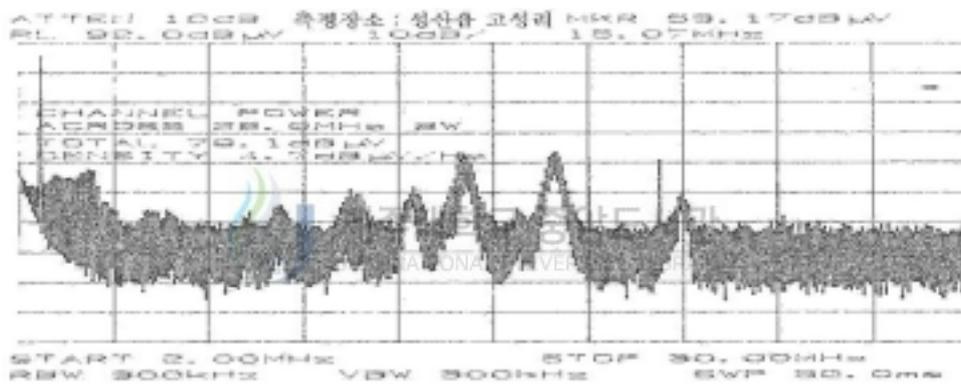
(a) Spectrum at 0m



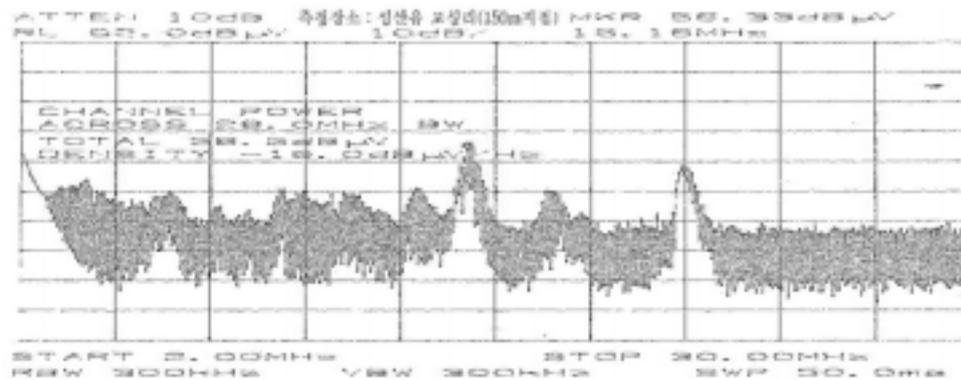
(b) Spectrum at 200m

10. 표본지점 12

측정일 \ 거리 (m)	총 전력(dB μ V)					방송 수신상태				
	0	50	100	150	200	AM	HF	FM	TV	
									V	A
2003.2.18	79.1	71.1	63.8	58.4	57.2	D2	D2	A5	양호	A5
2003.2.19	78.4	70.5	64.5	60.6	59.7	D2	C3	A5	양호	A5
2003.3.05	75.8	68.4	62.4	60.7	59.4	D2	C3	A5	양호	A5
2003.3.11	76.1	69.8	64.2	59.8	59.8	D2	C3	A5	양호	A5
2003.3.18	78.3	71.6	63.5	60.1	58.7	D2	D2	A5	양호	A5



(a) Spectrum at 0m



(b) Spectrum at 150m

감사의 글

본 논문을 완성하기까지 여러 가지로 부족한 저에게 자상한 가르침과 지도 편달을 아끼지 않으신 지도교수 김홍수 교수님께 깊이 머리 숙여 감사 드리고, 본 논문의 심사를 맡아서 보다 충실한 논문이 되도록 지도하여 주신 양두영 교수님, 문건 교수님께도 감사의 말씀을 드리며, 수준 높은 강의와 지도로 뒤늦게 시작한 학문의 길을 새롭게 일깨워 주신 이용학 교수님, 임재윤 교수님, 강진식 교수님께도 감사의 말씀을 드립니다.

그리고 바쁘신 중에도 저의 논문 작성에 많은 도움을 주신 홍성욱 박사님을 비롯하여 굶은 날씨에도 불구하고 제주도 전지역을 누비고 다니면서 반복적으로 측정을 수행함으로써 내실 있는 논문이 될 수 있도록 하는데 큰 도움을 주신 제주대학교 안테나연구실 모든 가족들에게도 고마운 마음을 전하며,

또한 직장생활을 하면서 학업을 무사히 마칠 수 있도록 배려해주신 중앙전파관리소 김원식 소장님과 각 과장님들께도 머리 숙여 감사의 말씀을 드립니다.

이제 막상 학업을 마쳐야 한다는 생각을 하니 그동안 좀더 노력하여 더욱 더 많은 것을 배웠어야 하는데 그렇게 하지 못함에 아쉬움은 남지만 제주에서의 삼 년여의 기간동안 그나마 작은 흔적을 남길 수 있었음에 스스로 만족하며, 끝으로 나를 바라보고 있는 나의 가족들과 이 작은 결실의 기쁨을 함께 하고자 합니다.