

工學碩士 學位論文

아날로그 및 디지털 TV의 전계강도 실측에 의한 방송특성

指導教授 朴 瀚 錫

이 論文을 工學碩士學位論文으로 提出함



釜慶大學校 産業大學院

電氣工學科

陳 昊 雲

이 論文을 陳昊雲의 工學碩士
學位論文으로 認准함

2004 年 6 月

主 審 工學博士 金 千 德



委 員 工學博士 禹 炅 一



委 員 工學博士 朴 瀚 錫



목 차

그림목차	iii
표 목차	iv
제 1장 서론	1
제 2장 V/UHF대 전파전파의 원리	3
2. 1 자유공간의 전파전파	5
2. 1. 1 자유공간에서의 전계강도	5
2. 1. 2 가시거리 링크	6
2. 2 매질의 변화에 따른 굴절 및 반사	7
2. 3 대류권에서의 전파전파	8
2. 3. 1 굴절률	8
2. 3. 2 대류권에서의 전파의 굴절	9
2. 4 직접파와 반사파의 간섭	11
2. 5 전계강도의 고도변화	12
2. 6 구면대지 가정하에서의 전파전파	13
2. 7 구면 凹凹의 영향	15
제 3장 전송손실의 특성과 페이딩 영향	16
3. 1 자유공간에서의 전계강도(가시거리)	16
3. 2 자유공간의 전송손실	17
3. 3 회절 현상에 의한 손실	17
3. 3. 1 둥근 지구표면에 의한 회절손실	18
3. 3. 2 뾰족한 모서리 형 장애물	19

3. 4 전파전파 특성 중 경로손실 특성과 페이딩 영향	23
3. 4. 1 경로손실 특성	23
3. 4. 2 페이딩 특성	24
3. 4. 3 광대역 채널 특성	25
제 4장 TV의 소요 전계강도 예측 모델 및 측정방법	26
4. 1 예측모델의 시간율과 장소율	26
4. 2 FCC의 소요 전계강도	27
4. 3 국내 NTSC TV방송의 소요 전계강도	30
4. 4 DTV의 소요 전계강도와 성능 고찰	32
4. 4. 1 DTV 운영에 대한 ERP의 기준값	33
4. 4. 2 DTV 송신 안테나 패턴	34
4. 4. 3 NTSC와 DTV 방송구역 예측	35
4. 5 현행 방송구역의 전계강도 산출방법(ITU-R권고)	39
4. 5. 1 산출방법	39
4. 5. 2 문제점	41
제 5장 측정결과(실측) 및 분석	42
5. 1 측정결과	50
5. 2 측정결과 분석	54
제 6장 결론	55
참고문헌	57
Abstract	61

그 립 목 차

Fig 2-1 V/UHF band wave propagation in normal atmosphere	3
Fig 2-2 Minimum effective antenna height in various condition	4
Fig 2-3 Life-of-sight link	6
Fig 2-4 Reflection and refraction of a plane wave	8
Fig 2-5 Reflection in a medium with spherical stractification	9
Fig 2-6 Interference between direct and reflected wave	12
Fig 2-7 Reflection on the spherical earth	14
Fig 2-8 Spherical divergence effect	15
Fig 3-1 Diffraction over a spherical earth	18
Fig 3-2 Diffraction by a single knife-edge obstacle	20
Fig 3-3 Diffraction by a single rounded-edge obstacle	22
Fig 3-4 Diffraction by double knife-edge obstacles	23
Fig 4-1 Calculation method for Δh	39
Fig 4-2 Attenuation correction factor as a function of the distance ·	40
Fig 4-3 Attenuation correction factor as a function of the distance ·	40
Fig 5-1 송신소 안테나 취부도	43
Fig 5-2 아날로그, 디지털 안테나 패턴	44

표 목 차

표 2-1 여러 가지 주파수대에서의 가시거리 링크 변경	7
표 4-1 시간을 변화에 따른 전계강도 변화	27
표 4-2 FCC의 NTSC TV 방송소요 전계강도	28
표 4-3 FCC NTSC TV 방송의 Grade B 소요 전계강도	28
표 4-4 NTSC TV의 수신 설계인자	29
표 4-5 국내 NTSC TV의 소요 전계강도	30
표 4-6 국내 NTSC TV 방송의 설계인자	31
표 4-7 아날로그 TV 방송에 대한 전계강도	33
표 4-8 디지털 TV 방송에 대한 전계강도	33
표 4-9 각 서비스에 대한 최소 F(50,50) 전계강도	36
표 5-1 무룡산 송신소 제원	42
표 5-2 아날로그 TV 전계강도 실측값	50
표 5-3 디지털 TV 전계강도 실측값	52

제1장 서론

방송의 디지털화는 위성, 지상파 및 케이블 등 방송의 전 매체에서 빠른 속도로 진행되고 있으며 통신과의 융합도 가속화 되고 있다. 특히 디지털 지상파 TV방송은 미국, 영국, 일본등을 중심으로 빠른 진전을 보이고 있다.

각 국가마다 DTV방송의 개념은 조금씩 다르게 사용되고 있으며 미국에서는 DTV(Digital Television), 영국 DTT(Digital Terrestrial Television) 독일 DVB-T(Digital Video Broadcasting Terrestrial Television), 일본 DTTB(Digital Terrestrial Television Broadcasting)등으로 사용되고 있으며 우리나라에서는 DTB(Digital Terrestrial Broadcasting), DTV또는 "지상파 디지털 방송"으로 사용되고 있다.

또한 라디오방송은 DMB방송을 준비하고 있다. 디지털 방송은 방송 품질 향상은 물론 부가가치 서비스 창출 및 확대, 채널 용량증대, 방송 매체간의 호환성 유지, 멀티미디어 및 대화형 방송 서비스 제공 등 기존 아날로그 방송으로는 해결되지 않는 부분을 제공한다.

국내의 경우 디지털 TV방송은 2000년도에 시험방송을 거쳐 단계적으로 광역시 및 시 도 전역으로 확대되는 2010년까지 마무리가 된다. 물론 디지털 방송으로 전환하는 기간동안 기존 아날로그 TV채널은 디지털 TV채널과 함께 동시 방송을 실시하여야 한다.

그러나 각 가정의 TV 수상기의 교체가 단시일에 교체가 이루어지기 어려우므로 기존의 아날로그 방식과 디지털 방식은 상당기간 공존하게 될 것이며, 아날로그 TV채널과 디지털 TV채널로 동시 방송할 경우 한정된 송신소 시설의 공용화 및 부분적인 신·증설이 불가피하다.

또한 아날로그 TV 방송과 같은 방송구역을 갖기 위해 필요한 디지털 송신기의 출력 크기, 안테나 높이(HATT, height above average terrain)등에 대해서 연구가 필요하다.

그러므로 본 연구에서는 아날로그 TV와 디지털 TV 전계강도를 실측하여 현 아날로그 TV방송과 디지털 TV방송의 방송구역을 비교하여 동일하거나 보다 나은 방송구역을 확보 하는지에 대해 연구한다.

실측대상은 아날로그 TV 채널24와 디지털(ATSC방식) TV 채널30의 두 시스템의 성능과 차이를 고려하여 실시하며, FCC 및 ATSC(Advanced Television System Committee)규정에 의거하여 NTSC TV 및 DTV 출력 결정 방법을 사용한다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 1장 서론에 이어 2장에서는 V/UHF 대의 전파전파의 원리 3장에서는 전송손실 특성과 페이딩 영향 4장에서는 TV의 소요 전계강도 예측모델 및 측정방법 5장에서는 측정결과를 분석하며, 6장에서 결론을 맺는다.

제 2장 V/UHF대 전파전파의 원리

일반적으로 전파는 빛과 마찬가지로 수평선 너머까지 도달하지 않을 것 같이 생각되나 실제로는 굴절, 회절 등에 의해 수평선보다 멀리 도달할 수 있다. 그림2-1에서 나타낸 바와 같이 수평선까지의 통신을 가시거리통신이라 부르며 이것은 다시 근거리통신과 원거리통신으로 나눌 수 있다.

이 가시거리통신은 안테나의 높이를 R_1 과 같이 높게 하면 그 영역을 더 넓힐 수 있다. 즉 안테나 높이에 따라 가시거리통신영역이 변화한다.

따라서 송수신안테나의 평균높이 hm 은 중요한 의미를 가진다.

이 가시거리 통신영역을 넘어 둥근 지구의 뒤흘까지 휘어 도달하는 전파가 있으며 표준대기는 상층부로 갈수록 희박해지기 때문에 전파가 회절 되어 생기는 현상이 나타나는데 이를 굴절파라 부른다. 또한 굴절파가 도달하는 범위를 넘어가는 전파를 회절파라 부른다.

그림2-1에서 1,3영역은 지표반사파와 직접파가 간섭하는 영역이다.

물론 2,4에서도 여러 전파경로의 신호가 합성되지만 특히 1,3의 부분에서는 간섭이 강하게 일어나며 이 직접파와 간접파가 합성되는 것을 공간파라 부른다. 이에 비해 지표파라는 것은 monopole안테나와 같이 접지안테나로부터 방사된 수직편파의 경우 큰 세력으로 지표를 따라 전달되는 전파를 의미한다. 지표파는 일반적으로 수직편파의 경우가 수평편파의 경우보다 우세하다.

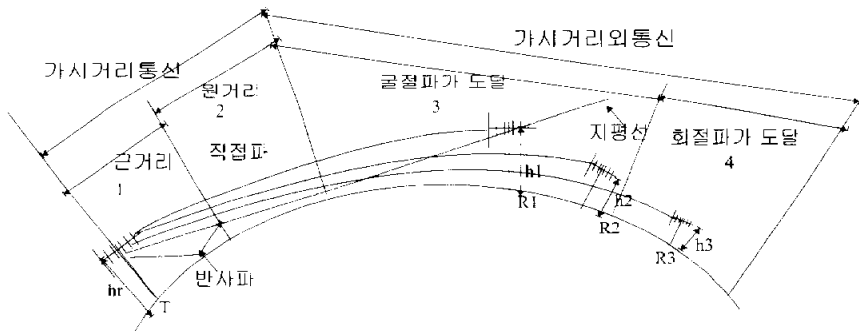


그림 2-1 표준대기 중에서 V/UHF대 전파전파

Fig 2-1 V/UHF band wave propagation in normal atmosphere

V/UHF대에서는 안테나의 높이가 높아지면 공간파가 우세하고 낮아지면 지표파가 우세하게 되는데 이러한 상황은 주파수, 편파 및 지표의 조건에 따라 달라지며 안테나 평균높이 h_m 과 최소실효안테나 높이 h_o 에 비교해서 어떤 관계에 있느냐에 따라 다음과 같이 된다.

$h_o \gg h_m$: 지표파가 우세

$h_o = h_m$: 지표파, 공간파가 합성

$h_o \ll h_m$: 공간파가 우세

그림2-2에서 보는 바와 같이 수평편파만은 가정한다면 대부분의 경우 $h_m \gg h_o$ 이기 때문에 공간파만 고려하면 되고 수직편파인 경우라도 V/UHF대에서 해수를 제외하면 $h_m \gg h_o$ 으로 가정할 수 있어서 공간파만 고려하면 된다. 따라서 V/UHF 전파전파에서 해수면을 제외하면 모두 공간파만을 고려하여 계산하면 된다.

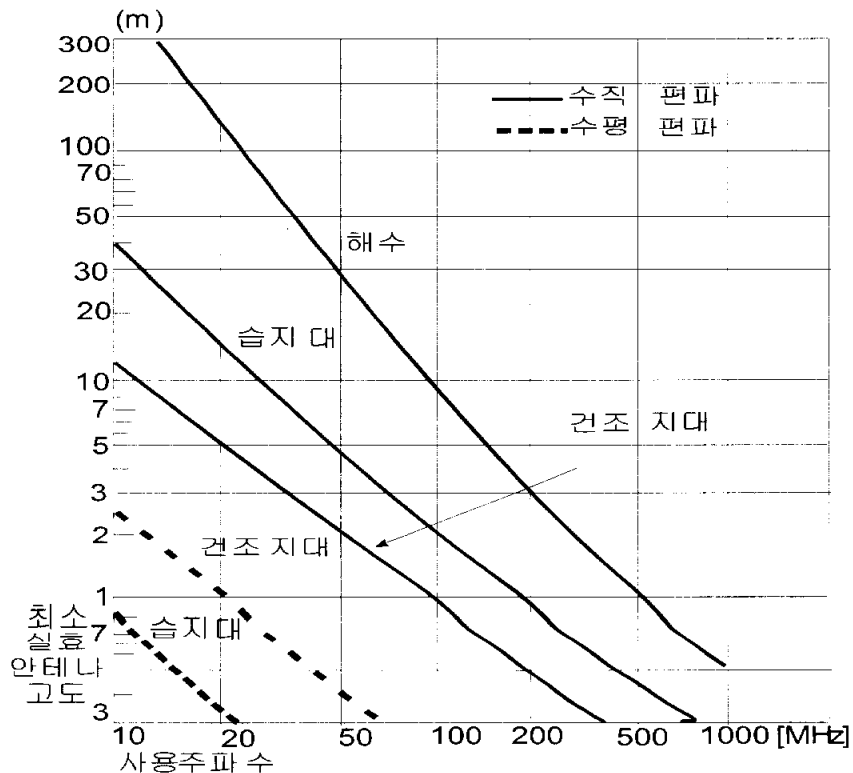


그림 2-2 여러 가지 조건에서의 최소실효안테나 고도

Fig 2-2 Minimum effective antenna height in various condition

2.1 자유공간 전파전파(free-space propagation)

자유공간(free-space)이라 함은 매질의 유전율(ϵ)과 투자율(μ)이 각각 다음과 같이 주어지는 장애물이 없는 무한 공간을 말하며 식(2.1), (2.2)로 나타낼 수 있다.

$$\epsilon = \epsilon_0 = 1/36\pi \times 10^{-9} [F/m] \quad (2.1)$$

$$\mu = \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} [H/m] \quad (2.2)$$

이때 전파는 모든 방향으로 균일한 전파특성을 가지며, 전파의 속도 v 는

$$v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} = 3 \times 10^8 [m/s] \quad (2.3)$$

로 된다.

2.1.1 자유공간에서의 전계강도

자유공간에 놓여진 반파장 dipole로부터 방사되는 전파의 전계강도 E 의 양각분포 $E(\theta)$ 는 식(2.4)과 같이 되며

$$E(\theta) = \sqrt{W \sin \theta} / r [V/m] \quad (2.4)$$

여기서

W 는 송신전력 [Watt]

r 은 송신 안테나로부터의 거리[m]로 주어진다.

이 때 최대지향방향인 $\theta = 90^\circ$ 인 경우의 전계강도 E_0 는

$$E_0 = \sqrt{W} / r [V/m] \quad (2.5)$$

로 표현되며 지향성 최대방향의 자유공간 전계는 송신전력의 평방근에 비례하고 거리에 반비례한다. 만약 송신안테나가 반파장 dipole에 대한 상대 G_0 을 갖는다고 할 때, 식(2.6)으로 나타내어진다.

$$E_0 = \sqrt{G_0 W} / r [V/m] \quad (2.6)$$

2.1.2 가시거리 링크(line-of-sight link)

전파도 빛의 진행과 마찬가지로 취급할 수 있으나 V/UHF대 전파의 파장은 빛에 비해 대단히 크기 때문에 가시거리 링크 (line-of-sight link)를 단순한 직선경로로 표시할 수 없게 된다.

일반적으로 가시거리 링크는 다음과 같이 정의된다. "송수신점을 초점으로 하여 형성된 1-st Fresnel ellipsoid내부에 장애물이 존재하지 않아서 반사나 회절 등의 영향을 무시할 수 있는 전파경로"

여기서 말하는 1-st Fresnel ellipsoid란 다음과 같다.

직접파와 장애물에 의한 회절파의 전송 경로차가 반파장의 정수배로 되어 전계의 상쇄 혹은 증감이 나타날 수 있는 회절점들을 연결하여 그린 궤적은 여러 겹의 타원체(ellipsoid)로 되며 이를 Fresnel ellipsoids라 한다. 이 중 가장 내부의 타원체(first ellipsoid)안쪽에 존재하는 장애물이 없다면 회절의 영향을 거의 무시할 수 있기 때문에 중요한 의미를 갖는 것이다.

그림2-3에 나타낸 것처럼 송신기 안테나 사이의 거리를 d 라 할 때 가시거리링크의 중심반경은 $\sqrt{\lambda d}/2$ 로 표시된다.

표2-1은 여러 주파수대에서의 가시거리 링크 조건을 정리한 것이다. 이 표에서 보듯이 V/UHF대에서는 그 중심반경이 보통 수백 m에 이르기 때문에 가시거리 링크로 취급할 수 있는 경우가 대단히 드물다.

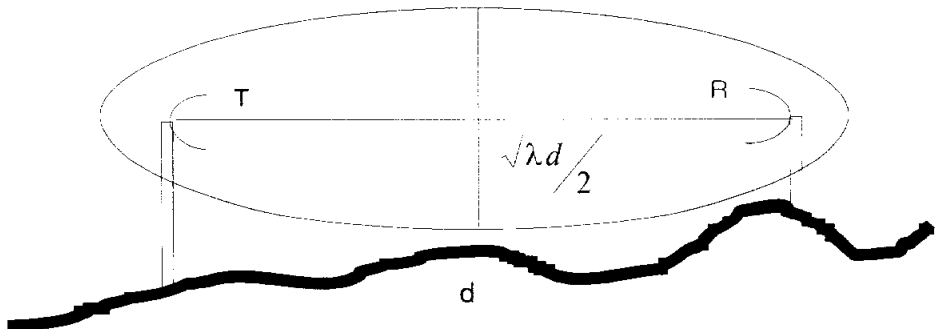


그림 2-3 가시거리 링크

Fig 2-3 life-of sightlink

표 2-1 여러 가지 주파수대에서의 가시거리 링크 반경

λ	가시거리 링크 반경
0.5 μm	0.08m (light waves)
5.0 cm	25.00m (centimeter wave range)
5.0 m	250.00m (meter wave range)
500.0 m	2500.00m (100meter wave range)

2.2 매질의 변화에 따른 굴절 및 반사

그림2-4와 같이 2개의 매질이 접하고 있을 때 입사파, 반사파 및 굴절파와의 사이에는 Snell'law에 의해 식(2.7)과 같은 관계가 성립한다.

$$n_1 \sin \theta_i = n_1 \sin \theta_r = n_2 \sin \theta_t \quad (2.7)$$

이때 입사파 크기에 대한 반사파크기의 비를 반사계수라 하여 R 로 나타내는데 입사파의 편파(polarization)에 따라 그 성질이 달라진다.

입사파의 전계벡터가 경계면과 수평을 이루는 수평편파의 경우, 반사계수 R_H 는 식(2.8)으로 표현되며

$$R_H = \frac{\sin \phi - \sqrt{\left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 - \cos^2 \phi}}{\sin \phi + \sqrt{\left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 - \cos^2 \phi}} \quad (2.8)$$

$$\text{여기서 } \phi = 90^\circ - \theta_i$$

입사파의 전계벡터 중 일부가 경계면과 수직을 이루는 수직편파의 경우, 반사계수 R_V 는 식(2.9)으로 표현된다.

$$R_V = \frac{\left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 \sin \phi - \sqrt{\left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 - \cos^2 \phi}}{\left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 \sin \phi + \sqrt{\left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 - \cos^2 \phi}} \quad (2.9)$$

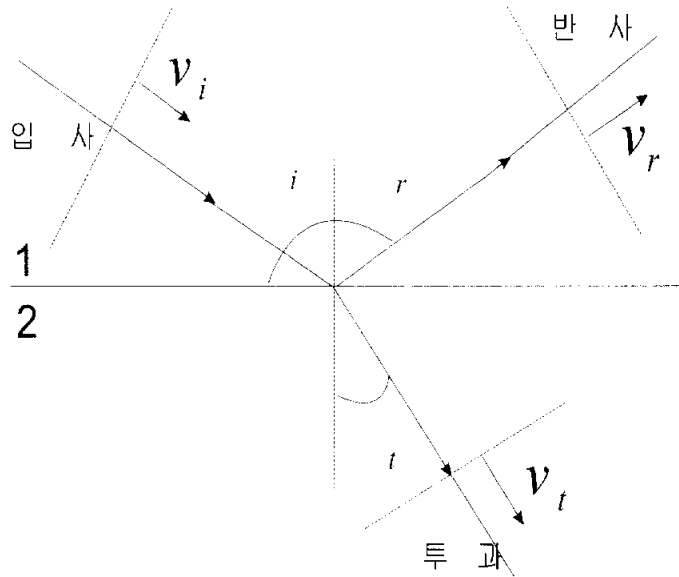


그림 2-4 평면파의 굴절 및 반사

Fig 2-4 Reflection and refraction of a plane wave

2.3 대류권에서의 전파전파

2.3.1 굴절률 (refractive index, refractivity)

일반적으로 굴절률은 n 을 나타내는데 대류권에서의 굴절률 변화는 극히 미세하나 전파전파에 미치는 영향은 대단히 크다.

따라서 $(n-1)$ 를 100만 배 취한 N 단위 굴절률로써 현상을 이해하는 것이 간편하다.

$$N = (n-1) \times 10^6 = \frac{77.6}{T} \left(p + 4810 \frac{e}{T} \right) \quad (2.10)$$

여기서 p : 기압(millibar)

e : 수증기압의 분압(millibar)

T : 절대온도(K)

이 N 단위 굴절률은 고도에 따라 변화하게 되는데 그 변화는 식(2.11)으로 나타내어진다.

$$N(h) = 315 \exp(-0.136h) \quad (2.11)$$

이 굴절률 변화가 지상으로부터 고도 1km내의 범위에서 -40N/km 의 변화율을 가질 때를 표준대기(normal atmosphere)라고 부른다.

2.3.2 대류권에서의 전파의 굴절

대류권은 그림2-5와 같이 구면 형으로 형성된 매질의 층이 조금씩 굴절률을 달리하면서 적층된 형태로 가정할 수 있다.

이렇게 구면형으로 층이 형성된 매질에서의 굴절은 식(2.12) 관계식에 의해 특정 지워지며

$$n(r) \cdot r \cdot \sin i = \text{일정} \quad (2.12)$$

여기서 r : 구면의 반경

$n(r)$: 반경 r 인 구면에서의 굴절률

i : 전파의 입사각이 된다.

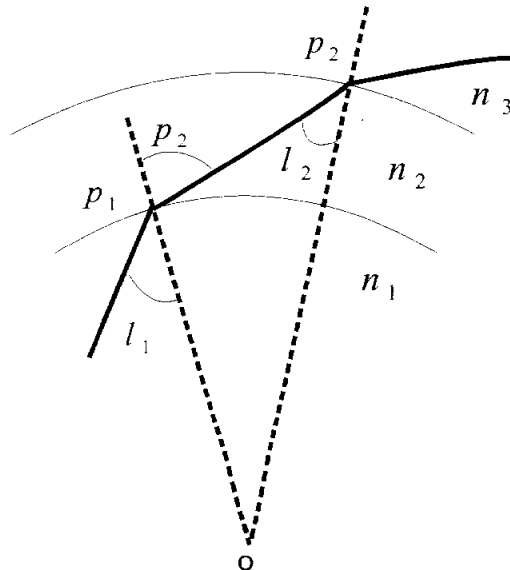


그림 2-5 구면형 적층매질에서의 굴절

Fig 2-5 Refraction in a medium with spherical stratification

식(2.12)에 $(\phi 90^\circ - i)$ 를 적용하여 변형하면

$$n(r) \cdot r \cdot \cos \phi = \text{일정} \quad (2.13)$$

으로 되는데, 일반적으로 $\phi \rightarrow 0$ 이므로 $\cos \phi = 1 - \phi^2/2$ 로 가정한 후 n 대신에 N 단위 굴절률을 적용하면 식(2.13)은

$$N + \frac{h}{a} - \frac{\phi^2}{2} = \text{일정} \quad (2.14)$$

으로 된다.

식(2.14)에서 h 는 지표에서의 높이 [m], $a=6.37$ [m], ϕ 는 입사각의 여각을 나타낸다. 식(2.14)에서 $N+h/a=M$ 으로 정의하여 새로운 상수 M 을 생각할 수 있는데 이때 M 은 평면지구에 대한 굴절률

즉, a 를 무한대(∞)로 가정했을 경우의 굴절률을 나타낸다.

여기서 잠시 지구의 등가반경(effective radius)을 언급한다.

식(2.14)을 h 에 대해 미분하면

$$\frac{dN}{dh} + \frac{1}{a} - \phi \frac{d\phi}{dh} = 0 \quad (2.15)$$

로 되는데 여기서

$$\frac{dN}{dh} + \frac{1}{a} = \frac{1}{Ka} \quad (2.16)$$

로서 지구의 등가 반경을 K 를 정의할 수 있다. 이 때 K 는

$$K = \frac{1}{1 + a \frac{dN}{dh}} \quad (2.17)$$

로 주어지는데, $a=6.37$ [m]이므로 $dN/dh=-40$ [N/km]일 때

$K=4/3$ 로서 표준대기의 등가 반경률은 $4/3$ 이고

$$dN/dh = -157 \text{ 이면 } K=8$$

$$dN/dh < -157 \text{ 이면 } K < 0 \text{ 의 값을 갖는다.}$$

등가지구반경 R 은 실제지구반경에 K 배한 것을 의미하며 우리나라에서의 보통 대기상태는 표준대기로 취급할 수 있기 때문에 $K=4/3$, 즉 등가지구 반경을 약 8500km로 가정할 수 있으며 등가지구반경을 취하는 것은 전파 경로를 직선경로로 취급할 수 있게 된다.

만약 등가지구반경을 무한대로 취급하면 평면 대지를 가정하게 되는 것인데 이때는 $dN/dh = -157$ 에 해당된다.

따라서 굴절률의 고도변화가 $-157[N/km]$ 인 대기에서의 굽어진 전파경로는 이러한 평면대지 가정 하에서 직선경로로 바꾸어 취급할 수 있게 된다.

2.4 직접파와 반사파의 간섭

그림2-6에서와 같이 지구표면을 수평으로 가정하고 직접파와 지면에 의한 반사파의 간섭을 정량적으로 계산해 본다.

송신점 T로부터 방사된 전파의 거리 r인 점에서의 수신전계 강도 $E[V/m]$ 는 직접파 전계 $E_0[V/m]$ 와 지면 반사파 $E_r[V/m]$ 의 합성전계로서 나타내지며 식(2.18)과 같이 표현된다.

$$E = E_0 + E_r [V/m] \quad (2.18)$$

여기서 E_0 는 식(2.6)과 같이 표현되며, 반사파 E_r 은 대지의 반사에 의한 반사계수 R과 직접파 E_0 와의 경로차에 의한 위상변화를 고려하여

$$E_r = E_0 |R| \exp(-j\phi) \exp(-j\delta) [V/m] \quad (2.19)$$

이 되며 여기서

$|R|$ 은 반사계수 R의 크기

ϕ 는 반사계수 R의 위상

δ 는 경로차에 의한 위상지연

$(\delta = 2\pi\Delta r / \lambda)$ 로 주어진다.

그러나 일반적으로 송신안테나의 이득으로 표시된 G_0 는 그 최대 지향방향(수신점을 향하게 설계함)을 나타내는 것이고 반사파를 야기 시키는 방향은 약간 낮은 각도로 방사된다. 이 때 이 방향으로의 방향성 이득은 $G(\theta)$ 로 표시한다면 식(2.20)과 같이 표현 된다.

$$E_r = E_0 G(\theta) |R| \exp(-j\phi) \exp(-j\delta) [V/m] \quad (2.20)$$

따라서 합성전계는 식(2.21)과 같이 된다.

$$E = 7\sqrt{W}(\sqrt{G_0} + \sqrt{G(\theta)})R \left| \exp(-j(\phi + \delta)) \right| [V/m] \quad (2.21)$$

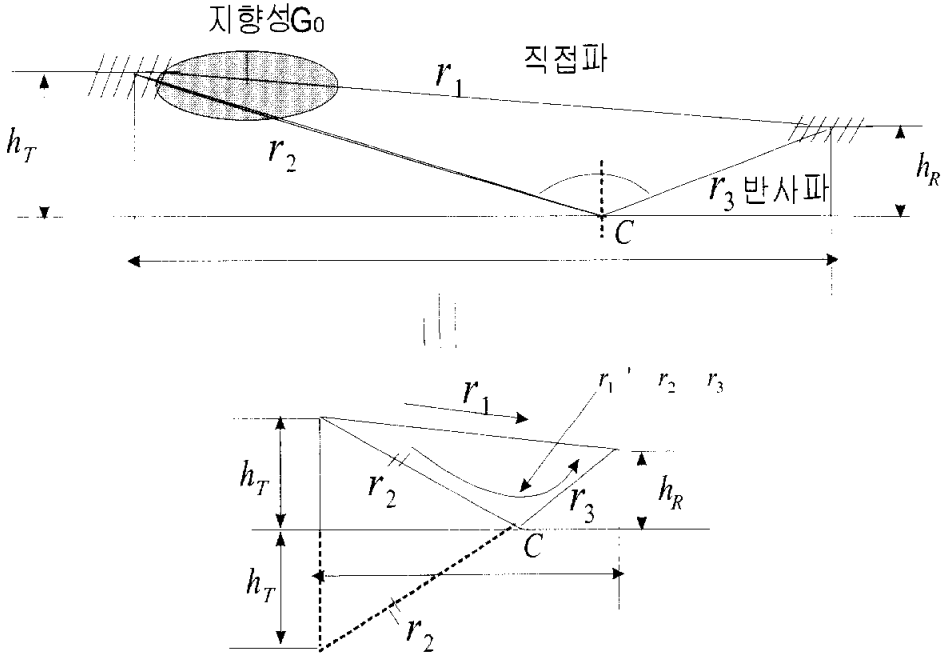


그림 2-6 직접파와 반사파의 간섭

Fig 2-6 Interference between direct and reflected wave

2.5 전계강도의 고도변화 (height pattern)

대부분 V/UHF 전파전파의 이용에서는 직접파와 간접파의 각도차가 거의 0에 가깝기 때문에 $G(\theta)$ 는 G_0 로 가정할 수 있고 반사계수를 -1 (180°)로 가정해도 큰 오차가 없다.

이렇게 가정하여 합성전계 E 를 다시 정리하면 식(2.22)

$$|E| = 2 \cdot |E_0| \cdot \left| \sin(2\pi h_T \cdot h_R / \lambda r) \right| [V/m] \quad (2.22)$$

으로 된다.

이것을 주파수 100MHz 및 600MHz에 대하여 수신고도에 따라 정현적으로 전계강도가 변화 하는 것을 height pattern이라 하였다. Height pattern은 주파수가 높아짐에 따라 변화가 심하게 된다. 송수신 안테나 사이의 거리에 따라서도 이러한 변화가 나타나는데 이것은 식(2.22)에서 확인할 수 있다. 그러나 거리 r이 어느 정도 이상으로 크게 되면 식(2.22)은

$$|E| = |E_0| \cdot 4 \cdot h_t \cdot h_r / \lambda r \quad (\text{for } r \geq h_t h_r) [V/m] \quad (2.23)$$

로 되어 height pattern도 없어지고 거리에 따른 전계강도의 변동도 단순히 거리에 대해 반비례하여 감소하는 형태로 나타난다.

2.6 구면대지 가정하에서의 전파전파

전파전파의 실재는 구면의 대지상에서 행해지기 때문에 논의를 보다 정확히 하기 위해서는 구면 대지를 가정해야만 한다. 이 때 지구의 반경으로 단순히 실제 반경을 이용할 수 없고, 2. 3에서 설명된 이유에 의해서 K-factor를 곱한 등가지구 반경(effective radius)을 이용해야 한다.

즉, 등가지구반경 R은

$$R = Ka = 8,500[\text{km}] \quad (2.24)$$

여기서 a는 실제 지구반경(= 6,360km)이다.

그림2-7은 구면 대지를 가정한 지표면 반사파와 직접파의 간섭을 나타내고 있다. 여기서 새로운 상수 b, c, d를 가정 하면, 식(2.25), (2.26), (2.27)으로 표현된다.

$$b = (d_1 - d_2) / (d_1 + d_2) = 2(d_1 + d_2) - 1 \quad (2.25)$$

$$c = (h_1 - h_2) / (h_1 + h_2) \quad (2.26)$$

$$d = d^2 / 4K_a(h_1 + h_2) \quad (2.27)$$

위 세 상수를 이용하여, 반사가 일어나는 점의 거리를 구하면 식(2.28)과 같이 되며

$$d_1 = \frac{d}{2} \left[1 + 2 \sqrt{\frac{m+1}{3m}} \cos \left\{ \frac{\pi}{3} + \frac{1}{3} \text{Arc} \cos \left(\frac{3c}{2} \sqrt{\frac{3m}{(m+1)^2}} \right) \right\} \right] \quad (2.28)$$

여기서 입사각 φ 는

$$\varphi = \frac{h_1 + h_2}{d} [1 - m(1 + b^2)] \quad (2.29)$$

가 된다.

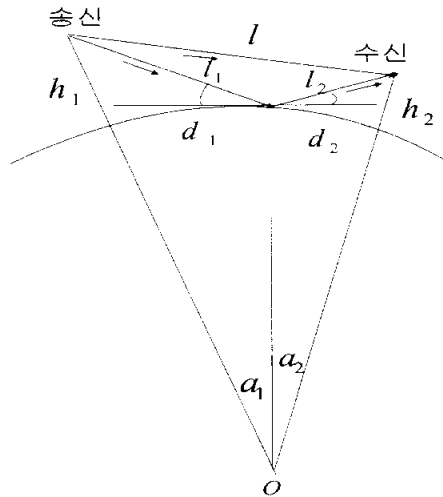


그림 2-7 구면 대지에서의 반사

Fig 2-7 Reflection on the spherical earth

또한 구면 대지를 가정할 때 반드시 포함되어야 할 사항은 구면확산계수 (divergence factor)이다.

이것은 그림2-8에 도시한 바와 같이 일정한 고체각(solid angle)으로 입사된 전파가 평면대지에서 반사되었을 경우에는 그 반사파의 고체각에 변화가 없으나 구면 대지에서 반사되면 더 큰 고체 각으로서 반사되어 에너지의 확산이 일어난다.

이 확산효과를 정량적으로 나타내는 것이 구면확산계수이며 D로 표시하여 식(2.30)으로 나타낸다.

$$D = \sqrt{\frac{1 - m(1 + b^2)}{1 + m(1 - 3b^2)}} \quad (2.30)$$

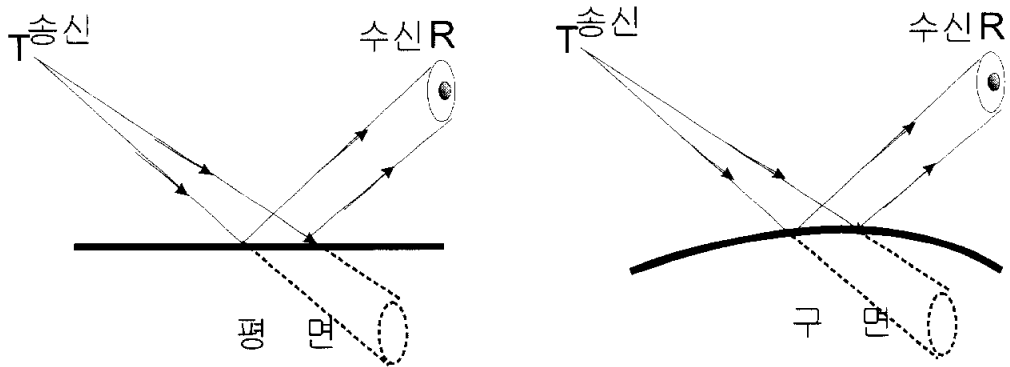


그림 2-8 구면확산의 효과

Fig 2-8 Spherical divergence effect

이렇게 구면 대지를 고려하여 직접파와 반사파의 합성전계를 구하면

$$E = \frac{7\sqrt{W}}{r} \left[\sqrt{G} + \sqrt{G(\theta)} |R| D \exp \left\{ -j \left(\phi + \frac{2\pi\Delta\ell}{\lambda} \right) \right\} \right] \quad (2.31)$$

이 된다.

2.7 지면 凹凸의 영향

전절까지 취급되었던 반사면은 그 크기가 대단히 크고, 표면 凹凸 (irregularity)은 무시할 수 있는 경우만을 가정 하였으며 이러한 경우를 specular 반사라 한다.

그러나 지구표면은 산악, 구릉 등 凹凸이 심하게 되어 있어서 이를 고려하여 주어야만 한다. 이 凹凸의 크기는 주파수에 따라 상대적으로 취급해야 한다. 이러한 경우를 확산반사라 한다.

제3장 전송손실 특성과 페이딩 영향

3.1 자유공간의 전계강도 (가시거리)

지상파 방송과 같이 송신기 한 대에 여러 개의 수신기가 산재하여 있을 때(Point to Area or Point to Point)송신기로부터 일정 거리의 주어진 방향에 대한 전계강도를 구하는 공식은 다음과 같다

$$E = \frac{\sqrt{30p}}{d} [V/m] \quad (3.1)$$

여기서 E : r.m.s 전계강도[V/m]

p : 해당 지점의 방향에서 송신기의 실효 복사전력(E.R.P)[W]

d : 송신기에서 해당 지점까지의 거리[m]

식(3.1)을 실제 사용되는 mV/m의 단위로 바꾸면 다음과 같다.

또한 송신점이 수신점 보다 충분히 높다고 할 때 식(3.2)과 같은 근사식이 성립된다.

$$E = 2E_0 \left| \sin \frac{2\pi h_1 h_2}{\lambda d} J \right| [V/m] \quad (3.2)$$

식 (3.2)에서 $\frac{2\pi h_1 h_2}{\lambda d} J > 0.1$ 이면서 위상 보정계수 $J \cong 1$ 이라면

$$E = 88 \frac{h_1 h_2 \sqrt{GP}}{\lambda d} [V/m] \quad (3.3)$$

여기서 h_1 : 송신안테나 높이

h_2 : 수신안테나 높이

λ : 사용주파수의 파[m]

d: 송수신점간의 거리[m]

$\sqrt{GP}$: 실효방사 전력[W]

식(3.3)에서 파장(λ)와 송수신 안테나의 높이 h_1, h_2 가 일정하다고 보면 수신 전계강도 E는 h_1 과 $\sqrt{GP}$ (G:송수신 안테나 이득, P:출력)에 비례하므로 송신전력의 크기는 결국 $\sqrt{GP}$ (실효방사전력)으로 결정된다.

3.2 자유공간의 전송 손실

자유공간의 기본 전송손실 Lbf는 point to point link에서 등방성 안테나를 사용했을 때 다음과 같은 자유공간의 감쇠를 사용하여 계산한다.

$$Lbf = P_t / P_r = (4\pi d/\lambda)^2 \quad (3.4)$$

여기서, P_t 와 P_r 은 각각 등방성 안테나의 송수신 출력이고, d 는 안테나 간의 거리, λ 는 파장으로 d 와 λ 는 같은 단위를 갖는다. Lbf를 데시벨로 표현하면 식(3.5)과 같이 표현되며

$$Lbf = 20\log (4\pi d/\lambda)[dB] \quad (3.5)$$

d 와 f 의 단위를 각각 km와 MHz라 하면 식(3.5)은 식(3.6)같이 된다.

$$Lbf = 32.5 + 20\log d + 20\log f [dB] \quad (3.6)$$

여기서, d 와 f 에 km와 MHz 단위를 사용하면 자유공간의 기본 전송손실

Lbf는 식(3.7)과 같이 표현할 수 있다.

$$Lbf = 92.4 + 20\log d + 20\log f [dB] \quad (3.7)$$

3.3 회절현상에 의한 손실

지표면상의 전파전파에 있어서 회절에 의한 전파 전달 현상은 자주 나타나며 전파경로에 장애물이 없을 경우에도 지구의 둥근 표면을 따라 가시 거리가 아닌 곳까지 전파가 도달 할 수 있으며 장애물이 존재할 경우에도 장애물 정상에서의 회절 현상으로 음영지역까지 전파가 도달 할 수 있다.

회절현상의 원인이 오직 지표면 또는 다른 장애물 때문이라고 하더라도 경로의 수직면상에 위치한 기하학적 파라미터(회절각, 곡률반경, 장애물 높이)를 계산하기 위해 전송경로상의 평균 대지굴절을 고려해야 하며, 경로단면도는 적절한 등가 지구 반경(약 8,500km)을 사용하여 추정되어야 한다.

장애물의 모양은 매우 다양하고 복잡하므로 모든 형태에 대한 회절 손실을 계산하기가 쉽지 않아 일반적으로 장애물을 뾰족한 모서리형 장애물(knife-edge obstacle)과 둥근 모서리형(rounded-edge obstacle)등 두 가지 유형으로 분류하며 여기서는 둥근 지표에 의한 회절, 뾰족한 모서리형 및 둥근 모서리형의 장애물에 의한 회절현상만을 고려한다.

이와 같이 회절 현상에 의한 전파는 보통 송수신점 지점간의 거리가 150km 이하, 사용주파수 30MHz 이상에서 주로 고려된다.

3.3.1 둥근 지구 표면에 의한 회절 손실

전파경로상에 회절을 일으키는 모서리 장애물이 없을 때에도 둥근 지구 표면을 따라 가시거리 외까지 전파되는 회절현상을 그림 3-1과 같이 생각할 수 있으며 이러한 회절 손실 $A(\text{dB})$ 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$A = \Gamma(X_0) - \phi(X_1) - \phi(X_2) - 20.5 \quad (3.8)$$

$$\text{여기서 } X_0 = d \cdot 670(f/a_e^2)^{1/3} \quad (3.9)$$

$$X_1 = \sqrt{2a_e h_1} \cdot 670(f/a_e^2)^{1/3} \quad (3.10)$$

$$X_2 = \sqrt{2a_e h_2} \cdot 670(f/a_e^2)^{1/3} \quad (3.11)$$

이고, d 는 경로길이(km), h_1 및 h_2 는 안테나 높이(km), a_e 는 등가 지구 반경(km) 그리고 f 는 사용주파수(MHz)를 나타낸다.

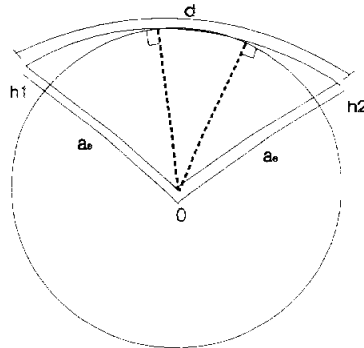


그림 3-1 지구 표면에 의한 회절현상

Fig 3-1 Diffraction over a spherical earth

3.3.2 뾰족한 모서리형 장애물(Knife edge obstacle)

비 가시거리에서의 전파예측 모델은 자유공간 손실 외에도 지표면의 반사, 지형지물 그리고 도시빌딩 등에 의한 인공적인 손실 등으로 구분되며 자유공간에서의 송수신점간 전계는 자유공간에서의 전계강도에서 각 장애물에 의한 손실을 뺀 값이 된다. 따라서 장애물이 있을 경우의 전계강도와 각 장애물에 의한 손실은 다음과 같이 계산된다.

$$EF.S=E_c-L_r-L_s-L_o$$

여기서 E_{fs} : 자유공간에서의 전계강도

L_{fe} : 지표면의 반사파에 따른 전송손실

L_{ob} : 회절에 의한 손실

L_{Lo} : 빌딩등 인공적 장애물에 의한 손실

회절에 의한 손실은 장애물이 1개 또는 2개 이상일 경우에 따라 차이가 나고 주파수가 낮을수록 손실이 적어지며 송신점과 수신점간의 장애물 거리에 따라 손실량이 변한다. 따라서 인공 장애물 또는 빌딩 등에 의한 손실은 수신점으로부터 전파의 도래 방향으로 빌딩 등 구축물의 높이와 밀집 정도에 따라 차이가 있을 수 있다. 이와 같은 전파손실은 일반적으로 전원 지역에서는 3dB, 도시 외곽 지역에서는 6~10dB 그리고 도심지역에서는 20 dB이상의 손실량을 나타낸다. 특히 UHF대의 경우는 도심지역에서 최대 40 dB까지 손실을 가져온다. 장애물이 1개일 경우(ITU-R Rec.526) 즉, 그림 3-2와 같이 송신점과 수신점 사이에 장애물이 있을 때 이것을 Knife edge 모델로 모델링하면 회절손실은 다음과 같이 구해진다.

$$\text{손실계수} \quad v = h \sqrt{\frac{2}{\lambda} \left[\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} \right]} \quad (3.12)$$

$$v = \theta \sqrt{\frac{2}{\lambda \left[\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} \right]}} \quad (3.13)$$

$$v = \sqrt{\frac{2h\theta}{\lambda}} \quad , \quad v = \sqrt{\frac{2d}{\lambda}} \alpha_1 \alpha_2 \quad (3.14)$$

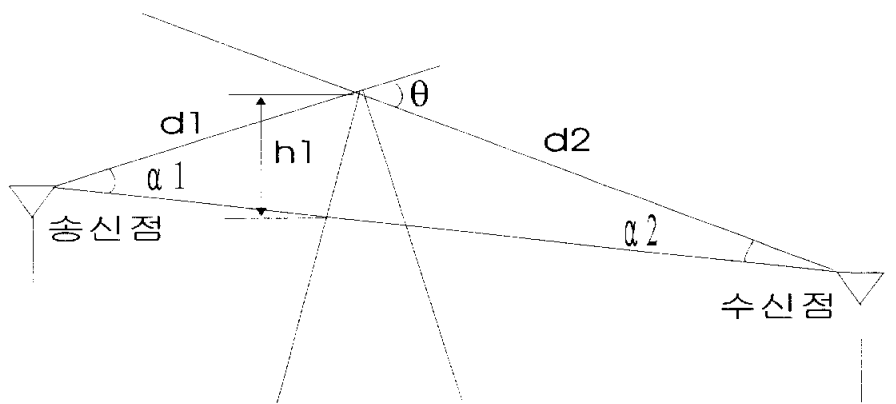


그림 3-2 장애물이 1개일 경우의 전파전파 모델링
Fig 3-2 Diffraction by a single knife-edge obstacle

여기서 h : 송신점과 수신점을 연결하는 직선상에서 장애물의 꼭지점까지 높이(물체가 직선 경로상의 아래에 있을 경우 h 는 부(-)의 부호를 갖는다.)

d_1, d_2 : 장애물의 꼭대기(Knife edge)로부터 송수신점간의 거리

θ : 회절각(rad) 각도 θ 는 dir 0.2 라디안, 즉 12° 보다 작은 것으로 가정한다.

α_1, α_2 : 송수신 점에서 꼭지점을 바라본 각

이와 같은 방해물의 존재로 인해 발생하는 손실 ν 는 그 값이 -1보다 클 경우 근사값은 다음과 같이 얻을 수 있으며 오차는 0.5dB 이내이다.

$$\text{근사값 } J(\nu) = 6.9 + 20 \log(\sqrt{(\nu - 0.1)^2 + 1} + \nu - 0.1) \text{ [dB]} \quad (3.15)$$

따라서 손실량에 따른 각 주파수대별 보정량은 다음과 같이 산출된다.

$$\text{VHF대 보정량} : 8.1 - \left[6.9 + 20 \log \sqrt{(\nu - 0.1)^2 + 1} + \nu - 0.1 \right] \text{ [dB]}$$

$$\text{UHF대 보정량} : 14.9 - \left[6.9 + 20 \log \sqrt{(\nu - 0.1)^2 + 1} + \nu - 0.1 \right] \text{ [dB]}$$

그림3-3과 같이 송수신점간의 전파 경로 상에 산과 같은 둥근 차폐물이 존재할 경우에 대해서는 둥근 물체에 의한 회전감쇠가 고려되어 식(3.16)과 같이 계산된다.

$$A = J(\nu) + T(\rho) + Q(\chi) \quad (3.16)$$

$$\text{여기서 } \nu = 2 \sin\left(\frac{\theta}{2}\right) \left[\frac{2(d_a + R \frac{\theta}{2})(d_b + R \frac{\theta}{2})}{\lambda d} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (3.17)$$

λ : 파장

d_a 와 d_b : 둥근 물체의 각 접선에서 송수신점간 거리

R : 장애물 굴곡의 유효반경

$R=0$ 인 경우는 Knife edge와 같은 형태가 되므로 식(3.17)과 같이 계산된다.

$T(\rho)$ 는 입사에 대한 손실로서 dB로 표현되며 식(3.18)과 같이 결정된다.

$$\rho^2 = \frac{d_a + d_b}{d_a d_b} \left/ \left[\left(\frac{\pi R}{\lambda} \right)^{\frac{1}{3}} \frac{1}{R} \right] \right. \quad (3.18)$$

$$T(\rho) = 7.2\rho - 2\rho^2 + 3.6\rho^3 - 0.8\rho^4$$

여기서 ρ 는 식(3.18)과 같이 계산된다. 또한 $Q(\chi)$ 는 송수신점간의 수평선을 따르는 전파손실로서 다음과 같이 주어진다.

$$T(\rho)\chi/\rho \quad -\rho \leq \chi < 0 \text{ 인 경우}$$

$$12.5\% \quad 0 \leq \chi < 4 \text{ 인 경우}$$

$$17\chi - 6 - 20\log \chi \quad \chi \geq 4 \text{ 인 경우}$$

$$\text{여기서 } \chi = \left(\frac{\pi R}{\lambda} \right)^{\frac{1}{2}} \quad \theta = \sqrt{\frac{\pi}{2}} \nu \rho$$

따라서 ρ 와 χ 가 0으로 가면 Knife edge에 의한 손실만으로 표현된다.

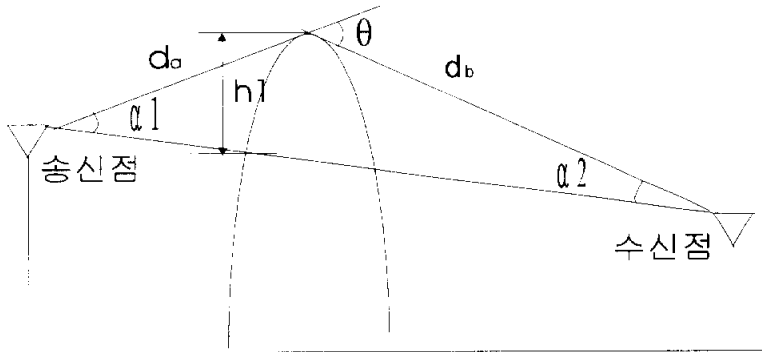


그림 3-3 둥근 장애물인 경우 전파전파 모델링

Fig 3-3 Diffraction by a single rounded-edge obstacle

Knife edge에 대한 회절손실은 지금까지 설명한 바와 같이 엄격하게 계산되지만 그림 3-4와 같이 2개 이상의 장애물 즉 다중 장애물이 송수신점 간에 존재하는 경우는 각각 장애물에 의한 차폐효과를 벡터적으로 산출하므로 장애물 한 개일 때의 식(3.15)에 따라 손실량을 계산해서 또 하나의 장애물 차폐효과를 고려하여 근사식을 성립시킬 수 있다.

여기서 송수신 안테나의 높이를 고려하지 않는다면 직접파 수신 전계강도는 식(3.19)과 같이 계산 된다.

$$E_{dd} = \frac{7\sqrt{W}}{d} \times \frac{1}{4} \left[1 + \frac{2}{\pi} \tan^{-1} \sqrt{\frac{d_1 d_3}{d_2(d_1 + d_2 + d_3)}} \right] [V/m] \quad (3.19)$$

식(3.19)은 두 장애물의 거리가 멀어질수록 개개의 장애물에 의한 차폐손실은 증가하고 반대로 가까워질수록 하나의 장애물에 의한 차폐 손실 값에 가까워진다는 것을 알 수 있다

일반적으로 다중 장애물에 의한 회절손실은 정확하게 계산될 수는 없으나 Knife edge에 의한 회절손실 계산방법을 부분적으로 사용하여 추정하는 방법이 사용되고 있다

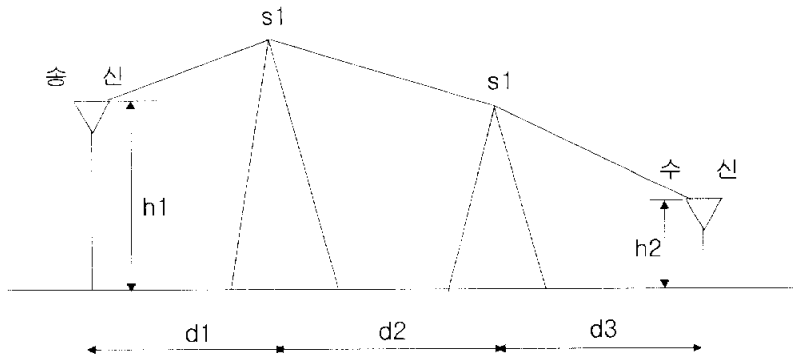


그림 3-4 장애물이 2개인 경우 전파전파 모델링

Fig 3-4 Diffraction by double knife-edge obstacles

3.4 전파전파 특성중 경로손실 특성과 페이딩 특성

주파수가 낮은 대역에서는 전파가 지표면을 따라 잘 전송되는 특징이 있어 비교적 먼 거리까지 전송이 가능하며 중파의 AM방송도 지표파의 특성 때문에 비교적 먼 거리까지 수신가능하며 단파대에서는 지상100km~450km 상공에 있는 전리층에 의하여 전파가 반사되어 아주 멀리까지 전파가 도달되며 지구의 반대편까지도 가능할 수 있다.

VHF 이상의 통신에서는 가시거리 통신을 기본으로 하지만 UHF대를 이용하는 육상이동 무선전화에서와 같이 직진파 외에도 회절, 반사, 투과 성분들의 손실이 작은 경우 통신이 이루어질 수 있다. 마이크로파대 및 밀리미터파대에서는 회절, 투과에 의한 전파손실이 크기 때문에 거의 가시거리 통신을 사용한다. 특히 이 대역에서는 대기, 강우감쇠의 손실이 크기 때문에 망설계시 반드시 대기, 강우감쇠 손실을 고려하여야 한다.

3.4.1 경로손실 특성

수신국이 기지국으로부터 거리가 멀어짐에 따른 전력손실을 경로손실이라하며 반사나 회절에 의하여 전파가 수신되기 때문에 전파의 경로손실은 자유공간의 그것과 많이 달라진다.

Break point(Line-of-Sight 지형지물 차폐지점, 첫 번째 Fresnel Zone (차폐지점) 전후에서 경로손실 기울기가 크게 다르다.

3.4.2 페이딩 특성

가. 단 구간 페이딩 특성

UHF대를 이용하는 이동통신 및 방송 환경에서의 전파전파는 송신기로부터 수신기까지 보통 하나 이상의 경로를 통하여 이루어진다. 다중경로 상황에서는 각기 다른 지연시간을 갖는 신호들이 여러 방향에서 입사되며 이들 신호는 수신 안테나에서 벡터적으로 더해진다.

이렇게 더해진 신호는 각 신호의 위상지연 분포에 따라서 보강간섭이나 상쇄간섭이 일어나게 되므로 어떤 한 지점의 신호크기는 조금 떨어진 다른 지점의 신호크기와 수십dB 정도의 차이가 있을 수 있는데 이는 입사신호들의 위상관계가 달라졌기 때문이다.

이와 같이 신호의 크기가 변화하는 현상을 페이딩이라고 하며 다중경로에 의해서 나타나는 짧은 구간 동안에 신호가 변화하는 현상을 단 구간 페이딩 또는 다중경로 페이딩(Multipath fading)이라하며 그 크기는 Rayleigh 분포특성을 가지며 위상은 Uniform 분포를 갖는 것으로 알려져 있다.

나. 장 구간 페이딩 특성

기지국과 이동국간의 지형구조와 인공적 구조물에 의한 신호의 차단에 의한 비교적 긴 시간에 걸친 신호세기의 변화를 받으며 기지국으로부터의 거리가 멀어짐에 따른 경로 손실분을 제거한 이러한 비교적 긴 구간동안에 신호가 변화하는 현상을 장 구간 페이딩(Long-term fading)이라고 한다.

장 구간페이딩의 크기의 분포는 Log-normal 분포를 갖는 것으로 잘 알려져 있다. 환경 유형에 따라 표준편차는 매크로셀에서 대략 6~8dB의 표준편차를 갖고 마이크로셀 및 옥내에서는 10dB정도의 표준편차를 갖는다.

다. 편파 특성

전파는 편파에 따라 반사, 투과, 회절특성이 다르므로 편파에 따라서 페이딩 특성도 다르게 나타나며 같은 위치에서 수직편파와 수평편파는 서로 독립된 페이딩 특성을 보이며 평균 수신 전계강도는 환경에 따라 차이는 있으나 대체로 수평편파가 수직편파보다 수dB 적게 수신 된다고 많은 측정 결과가 보여주고 있다.

수직/수평 편파다이버시티는 공간다이버시티와는 달리 수직편파와 수평 편파의 평균 수신 전계강도의 차가 적은 조건에서만 사용하여야 효과를 볼 수 있다.

3.4.3 광대역 채널 특성

다중 경로파들간의 전파지연이 큰 경우에는 심볼간 간섭이 일어나며 신호 대역폭이 채널의 코히런트 대역폭 (Coherence Bandwidth)보다 큰 경우 전파 지연에 의한 심볼간 간섭을 무시 못 하게 된다. 이러한 채널을 광대역채널(혹은 주파수 선택적 페이딩 채널, 페이딩 ISI채널)이라 함.

코히런트 대역폭이란 두 다른 주파수를 갖는 신호 사이의 페이딩상관 계수가 통상 0.5인 주파수 간격을 말함.

제4장 TV의 소요 전계강도 예측모델 및 산출방법

4.1 예측 모델의 시간율과 장소율

송신점과 수신점간의 전파통로에는 지형지물등 장애물의 형태가 다양하고 기상 또한 시간과 장소에 따라 그 특성이 복잡하게 변화하는 요인을 가지고 있으므로 소요 전계강도는 동일 지역 내에서 고르게 분포되어 있는 것이 아니며 장소별 또는 시간적으로 변하고 있다.

따라서 FCC에서는 송신안테나를 중심으로 방사되는 전파에 대해 서비스 구역에서의 수신정도를 장소적인 비율 L(Location)과 시간상의 수신비율 T(Time)로 구분하여 F(L,T)로 나타내도록 하고 있다.

소요 전계강도를 예측하기 위한 전파전파Curve 사용에 있어서 NTSC TV방송에서는 시간율과 장소율을 각각 50%(Median) 즉, F(50,50)를 적용하고 있으며 DTV에서는 만족한 수신을 보장할 수 있는Cliff effect를 반영하여 동 조건인 $BER=3 \times 10^{-6}$ 을 만족하는 시간적 수신율을 90%로 사용하여 F(50,90)의 전파전파 Curve를 사용한다.

이와 같은 시간율 50%에서 90%로의 변화에 따른 전파손실은 VHF와 UHF 대역에서 각각 서로 다르며 송신점으로부터 120km 지점에서의 서비스 지역을 고려할 때 VHF 대역에서는 약 9dB, UHF 대역에서는 11.9dB의 편차가 발생된다.

표4-1에서는 FCC CFR 73.699의 전파전파 Curve를 이용 각 주파수 대역별 시간율 변화에 따른 거리별 전계강도 편차를 보이고 있으며, 이 편차는 시간율이 50%에서 90%로 변화됨에 따라 시간율 50%때와 동일한 전계강도를 유지하기 위해서는 그만큼의 송신전력을 더 필요로 한다는 의미이다.

이상과 같이 NTSC TV방송의 소요 전계강도를 표현할 때는 F(50,50)를 기준으로 하고 있으며 D TV에서는 Digital 신호의 특성을 고려한 Cliff Effect를 감안하여 F(50,90)를 기준으로 한다.

표 4-1 시간을 변화에 따른 전계강도 편차

거 리(km)	시간을 50%에 대한 90%시 전계강도 편차	
	High VHF(dB)	UHF(dB)
3	0	0
16	0.4	0.2
32	1	1.2
48	2.4	2.6
64	3.8	4.3
80	5.1	6.1
100	6.6	8
120	8.8	11.9

4.2 FCC의 소요 전계강도

TV 방송의 서비스 지역을 산출하는데 필요한 전계강도 예측을 위해 여러가지의 예측 모델이 사용되고 있으며 이 모델들은 송신점과 수신점 사이의 경로에 따라 F(L, T)곡선으로 나타내고 있다. 이와 같은 전파전파의 예측 모델은 주파수할당과 간섭연구를 위해 현재 Longley-Rice 방법을 기초로 한 ITS 및 ITU-R 370 모델이 주로 사용되며 최근에는 적합한 주파수 할당을 위해 GTD(Geometrical Theory of Diffraction)를 기초로 한 모델이 연구되고 있다. FCC의 서비스지역 결정에 사용되고 있는 주파수 대역별 중심 주파수는 채널 2에서 6까지는 채널 4주파수를, 채널 7에서 13까지는 채널 10을 중심주파수로 설정하여 소요 전계강도를 산출하고 있다.

또한 UHF대역은 채널 14에서 64까지의 중심주파수인 채널 38(615MHz)을 기준주파수로 설정하고 있다. 표 4-2에서 규정하고 있는 주파수대역은 이와 같은 중심주파수를 근간으로 예측된 소요 전계강도로서 도시잡음에 의한 감쇠량을 적용 도심지역과 도시외곽 그리고 전원지역으로 구분하여 각각의 예측 전계강도를 규정하고 있으며 FCC에서는 도심을 City, 도시외곽을 Grade A, 전원지역을 Grade B로 구분하여 전계강도를 산출하고 있다.

따라서 NTSC TV방송에 대한 FCC의 소요 전계강도는 각각의 주파수대역에 대해 중심주파수를 취하고 있으므로 넓은 주파수대역을 포함하고 있는 UHF 대역에서는 좀더 정밀한 소요 전계강도를 산출하기 위해서 수신안테나의 Dipole계수를 적용하여야 한다.

즉, NTSC TV Grade B의 Dipole 계수는 $64-20\log(615/\text{채널중심주파수})$ 로 표현된다. 이와 같은 기준에 의거 TV 방송구역에서 동일 또는 인접 채널의 간섭신호가 없는 상태를 각 등급으로 분류하며 서비스지역에 따른 해당지역에서 나타날 수 있는 예측된 FCC의 NTSC TV방송에 대한 소요 전계강도는 표4-2와 같이 규정하고 있다.

표 4-2 FCC의 NTSC TV 방송소요 전계강도

서비스 등급	CH2 ~ 6		CH7 ~ 13		CH14 ~ 69	
	uV/m	dBu	uV/m	dBu	uV/m	dBu
도 심	5000	74	7000	77	10000	80
Grade A	2500	68	3500	71	5000	74
GradeB	225	47	650	56	1600	64

FCC Rule(CFR74.704, CFR73.623, CFR73.622)에서는 TV방송의 서비스 지역과 동 지역 내에서의 상호혼신을 피하기 위해 Longley-Rice방법을 사용하여 서비스 지역을 산출하고 있다.

이 방법에 의한 RF전파전파 예측 모델은 TV방송의 송신점과 수많은 각 수신점간의 여러 가지 환경아래서 RF전계강도를 예측하는데 사용되고 있다. 이것은 개별적으로 시험해야 하는 수많은 수신점에 대해 전계강도를 예측할 수 있도록 하고 있으며 NTSC TV방송을 위한 Grade B에서의 예측된 전계강도는 FCC Rule CFR73.699에서 언급하고 있는 장소율 50%와 시간율 50%에서 예측된 전계강도를 전파전파 Curve를 통해 나타낸다.

즉, F(50,50) Curve를 이용하고 있으며 UHF대에서는 $20\log[615/\text{채널중심주파수}]$ 와 같은 Dipole 계수에 의해서 수정되어진다. NTSC TV방송을 위한 서비스영역을 결정하기 위해 Grade B에서 각 대역별 중심주파수를 기준으로 계산된 예측 전계강도는 표4-3과 같다.

표 4-3 FCC NTSC TV 방송의 Grade B 소요 전계강도

채 널	소요 전계강도 F(50,50), dBu V/m	중심 주파수
2 ~ 6	47	Ch-4
6 ~ 13	56	Ch-10
14 ~ 69	$64-20\log[615/\text{채널중심주파수}]$	Ch-38

지금까지 설명하고 있는 소요 전계강도는 표4-4에서 제시하고 있는 설계 인자에 의해 산출되며 수신기의 Noise Figure는 VHF대역에서 10dB, UHF 대역에서 12dB를 그리고 C/N(Carrier to Noise Ratio)은 30dB의 성능을 갖도록 하고 있다.

또한 UHF대역에서는 넓은 주파수대역을 고려해야 하므로 수정 Dipole계수 K_a 값에 Dipole계수 K_d 값이 더 해져야 하며 K_a 는 $20\log(615/\text{채널중심 주파수})$ 로 결정된다.

표 4-4 NTSC TV의 수신 설계인자

계 획 인 자	Symbol	Low VHF	High VHF	UHF
중간주파수(MHz)	F	69	194	615
Dipole Factor(dBm-dBu)	K_d	-112	-121	-131
수정 Diople Factor	K_a	None	None	See 1
열 잡음(dBm)	N_t	-109	-109	-109
안테나 이득(dB)	G	3	4	10
유입선 길이 손실(dB)	L	1	2	4
시스템 잡음지수(dB)	N_s	10	10	12
Fading Factor	F_a	-4		
요구 C/N비(dB)	C/N	30	30	30

See 1 : $K_a = 20\log(615/\text{채널 중심 주파수})$

이와 같은 설계인자로부터 구해지는 소요 전계강도는 ITU-R 3등급을 유지하는 조건으로 식(4.1)과 같이 산출된다.

$$C/N = F.S + K_d + K_a + G - L - N_t - N_s \quad (4.1)$$

여기서, F.S : Field Strength

지금까지 설명된 바와 같이 UHF대역인 채널 14에서 64까지의 중심주파수 615MHz는 채널 38로서 이 주파수를 기준으로 하여 높은 주파수로 사용채널이 올라갈 경우 더 많은 소요 전계강도를 요하며 사용주파수가 낮을 경우는 소요 전계강도가 낮아진다.

따라서 Grade B를 위한 서비스지역의 경계에서는 FCC Rule(CFR73.683)에 의한 수정인자 적용에 의해 전계강도가 변화되므로 다이폴 수정인자를 고려한 UHF 채널의 Grade B지역을 결정하기 위해서는 다음과 같이 계산한다.

즉, Grade B 전계강도는 $64-20\log[615/\text{채널 중심주파수}]$ (dBuV/m)이므로 UHF대의 가장 낮은 주파수인 채널 14의 방송구역을 위한 소요 전계강도는 $E=64-20\log[615/473] = 61.7\text{dBuV/m}$ 가 되고 현재 사용 가능한 가장 높은 채널인 CH60의 경우는 $E=64-20\log[615/749] = 65.7\text{ dBu V/m}$ 가 된다. 따라서 UHF대역에서 가장 낮은 채널과 높은 채널간의 소요 전계강도는 Grade B를 기준 4dBuV/m의 전계강도 편차가 발생되므로 방송구역 결정 및 송신출력 설정시 이와 같은 전계강도 편차를 고려하기 위해서 Kd가 사용된다.

이렇게 해서 구해진 값들은 TV방송을 위해 서비스지역의 경계선을 결정할 수 있으며 서비스의 경계에서 발생하는 간섭계산 등에 유용하게 적용된다.

4.3 국내 NTSC TV 방송의 소요 전계강도

국내에서는 TV방송에 대한 서비스 지역을 고잡음, 중잡음, 저잡음 지역으로 구분하여 표 4-5와 같이 규정하고 있으며 소요 전계강도는 수신기의 내외부잡음 외에도 건축물 등에 의한 감쇠 등을 고려하여 정하고 있다.

표 4-5 국내 NTSC TV의 소요 전계강도

서비스 등급	VHF		UHF	
	uV/m	dBu	uV/m	dBu
고잡음 지역	5000	74	3000	70
중잡음 지역	2500	68		
저잡음 지역	500	54		

여기서, VHF대의 소요 전계강도는 FCC의 VHF대 Low 주파수 대역과 동일한 전계강도를 택하고 있으나 UHF대역에서는 잡음지역 구분 없이 동일하게 70dBuV/m를 적용하고 있고 소요 전계강도를 산출하기 위한 설계인자는 표4-6과 같이 정해지며 소요 전계강도는 수상기의 S/N, 잡음지수 그리고 안테나에 유기 되는 입력전압에 의해 주로 좌우되며 영상화질의 저하도는 영상신호 출력의 S/N으로 정해진다.

표 4-6 국내 NTSC TV 방송의 설계인자

구 분	VHF(100MHz)	UHF(750MHz)
신호 대 잡음비(S/N)	30dB	30dB
잡음지수(F)	12dB	15dB
안테나 실효장	0dB	18dB
안테나 이득	-4dB	-10dB
Feeder Loss	1dB	3dB
Miss Matching Loss	2dB	1dB
정수	13dB	13dB
소요 전계강도	54[dBuV/m]	70[dBuV/m]

이와 같은 Factor를 지배하는 것은 수상기의 잡음지수와 입력전압의 S/N 이므로 전계강도 산출을 위한 이들 설계인자는 식(4.2)과 같이 산출된다.

$$S/N = \frac{m}{2\sqrt{2}} \times \frac{E_i}{\sqrt{KTBRF}} \quad (4.2)$$

여기서 E_i : 안테나에 유기되는 입력전압

R : 안테나 입력 임피던스

B : 등가 잡음 대역폭

F : 잡음 지수

K : 볼츠만 상수(1.38×10^{-23} J/K)

T : 절대 온도(290 K)

m : 영상신호 변조도(0.62)

등가잡음 대역폭 B를 3.1MHz, 안테나 입력 임피던스 R을 300Ω으로 하고, 이것을 dB로 표시하면 다음과 같은 식이 성립된다.

$$S/N = E_i - F - 19[dB] \quad (4.3)$$

여기서, 안테나 유기전압 (E_i) = $E_f + \lambda/\pi + G_a - L_f - L_m + 6[dB]$
 λ/π 는 안테나의 실효장 이며 G_a 는 안테나 이득, L_f 는 급전선 손실, L_m 은 정합손실로서 수신기 내부 잡음에 의한 소요 전계강도는 식(4.4)과 같이 계산된다.

$$E_f = S/N + F - \lambda/\pi - G_a - L_f - L_m + 13[dB] \quad (4.4)$$

따라서 식(4.4)을 이용 설계인자에 따라 산출되는 소요 전계강도는 VHF대에서 54dBuV/m, UHF대에서 70dBuV/m로 계산된다.

4.4 DTV의 소요 전계강도와 성능 고찰

FCC 법칙 아래에서 Longley-Rice 방법론을 이용한 서비스영역 계산은 특별한 지리적 경계면내에 있는 지역에 제한된다. 아날로그 TV에 대하여 UHF채널에서 한정 전계는 $20\log(615/\text{채널중간주파수})$ 와 같은 다이폴 요소에 의해 변경되는 것을 제외하고 계산된다.

아날로그 TV의 계산이 적용되는 지역은, FCC곡선에 의해서 지역과 시간의 50%로 예견된 전계강도가 적어도 다음 표 4-7에 주어진 값과 같은 크기인 지리적 지점으로 구성되며 이러한 전계를 예측하는 곡선은 F(50,50)이다.

디지털 TV에 대한 서비스영역은, FCC곡선으로부터 시간의 90%와 지역의 50%로 유도된 전계강도 곡선과 조화를 이룬 DTV 계획요소에 의해 결정된 경계 내부에서 평가된다.

시간의 90%와 지역의 50%에서 전계강도를 예측하기 위한 FCC전파곡선 공식 $F(50,90) = F(50,50) - F(50,10) - F(50,50)$ 에 의해 알 수 있다.

F(50,90)값은, F(50,10)가 F(50,50)를 초과하는 양만큼 F(50,50) 보다 적다.

아날로그 TV방송에 대한 전계강도는 $20\log[615/\text{채널중간주파수}]$ 와 같은 다이폴 요소에 의해 수정된 UHF채널에 대한 제한된 전계를 제외한 Grade B 경계면내에 FCC곡선에 의해 위치율 50%와 시간율 50%에 대한 예측 전계강도는 다음과 같다.

표 4-7 아날로그 TV 방송에 대한 전계강도

채 널	F(50,50) 곡선을 이용 예측한 전계강도[dBμ]
2-6	47
7-13	56
14-69	$64-20\log[615/\text{채널중간주파수}]$

디지털 TV방송에 대한 전계강도는 FCC곡선으로부터 위치율 50%와 시간율 90%에 대해 전계강도 곡선과 조화된 DTV계획요소들에 의해서 제한된 경계면내에서 평가된다.

위치율 50%와 시간율 90%에서 전계강도 예측에 대한 FCC전파곡선은 $[F(50,90) = F(50,50) - F(50,10) - F(50,50)]$ 공식에 의해 알 수 있다. FCC DTV 서비스영역에 대한 전계강도는 표4-8과 같다.

표 4-8 디지털 TV 방송에 대한 전계강도

채 널	F(50,90) 곡선을 이용 예측한 전계강도[dBμ]
2-6	28
7-13	36
14-69	$41-20\log[615/\text{채널중간주파수}]$

4.4.1 DTV 운영에 대한 ERP의 기준값

초기 할당계획은 DTV방송국의 ERP(effective radiated power : 유효복사 전력)의 기준값을 세운다. 이 ERP는, 새로운 방송국이 같은 위치와 같은 안테나높이에 운영한다는 가정 하에서 짝 지워진 아날로그 방송국의 서비스영역과 매치시키기 위해 필요한 최대값이다.

기준 ERP는 다음 방법론을 이용하면서 측정되었다. 존재하는 아날로그 Grade B 영역에 대한 거리는 필요한 데이터의 선형적인 삽입을 이용하면서 진북으로부터 시작해서 둘레를 360등분하여 각각으로 나누어진 지점에서 결정되었다.

이 결정은 FCC엔지니어링 데이터베이스의 정보를 이용하면서 만들어졌다. FCC곡선(Section 73.699 of FCC rules)이 보통의 방식으로 Grade B영역 거리를 알기 위하여 적용되었다. 다이폴 요소 고려사항이 UHF대에 대한 전계강도의 영역에 적용되는 예외와 함께 평균 지역 위의 높이는 평균 해수면 위의 송신기 복사센터의 높이와 조화를 이뤄서 지역고도 데이터로부터 매 45°마다 결정되었다.

TV엔지니어링 데이터베이스가 지향성안테나가 구비되는 경우에 여러방향의 ERP는 지향 패턴을 묘사하는 상대적인 전계값의 선형적인 삽입을 통하여 결정되었다. (FCC 방향성안테나 데이터베이스에 저장된 방향성 패턴은 10°간격으로 상대적인 전계값을 제공한다. 그리고 특별한 방향에서 추가적인 값을 포함할지도 모른다. 이 상대적인 전계값의 선형적인 삽입의 결과는 특별한 방향에서 ERP를 발견하기 위해 TV엔지니어링 데이터베이스가 방송국을 위하여 작성된 전체 최대 ERP에 의해서 제공된다.)

각 방향에서 DTV신호에 대해 ERP의 해당 값은 시간 90%와 지역 50%에서 표 4-9에 있는 전계강도의 존재로써 정의된 잡음제한 DTV영역과 함께 FCC곡선의 적용에 의해 계산되었다. 이 ERP값은, 아날로그 TV에 대한 것으로써 평균지역 위의 같은 radial-specific height를 이용하면서 360°방위각들에 대해 계산되었다. DTV의 ERP는 1MW를 초과하지 않고 50kW보다 크도록 변경 되었으며 방위각 출력패턴을 조정함으로써 행해졌다.

4.4.2 DTV 송신안테나 패턴

일반적으로 아날로그의 Grade B영역에 거리를 매치 시키는 DTV출력의 계산은 방위각과 함께 따라 변하는 ERP값을 초래한다. 예를 들면, 전방향성 VHF운영의 Grade B영역은 UHF에서 복제하는 방위각 ERP패턴에서는 왜곡된다.

왜냐하면 지역은 2 band에서 전파에 서로 다른 영향을 가지기 때문이다. 더구나 DTV에 대한 90% 시간 변화 허용은 DTV패턴에 영향을 미친다. 그러므로 위에서 효과적으로 묘사된 순서는 새로운 방향성 안테나 패턴을 유도하며 DTV방위각 패턴은 위에서 언급된 순서를 이용해 계산할 수 있다. DTV 전송안테나 패턴을 묘사하기 위한 형태는 아날로그 방송국에 대한 FCC 방향성 안테나 데이터베이스의 그것과 동일하며 상대적인 전계값이 10°간격으로 주어지고 보충값이 특별한 방위각에서 주어진다.

DTV패턴에 대하여 패턴요소가 일정한 곳은 특별한 방위각들이 포함되고 반면에 10°방위각의 브란켓 요소들은 1보다 적다.

4.4.3. NTSC와 DTV 방송구역 예측

가. NTSC 방송구역 예측

NTSC 방송국의 방송구역 예측법은 FCC가 명확하게 규정지은 바 있다. 이 방법은 어떤 위치에서 시간적으로 몇 퍼센트로 어떤 전계강도로 신호를 수신할 수 있는 확률로 표시한다. 통계적인 방법은 주어진 송신소의 지형 특징을 무시하며 전국적인 측정을 통해 만든 중간값을 반영한 전파 곡선을 규정한 것이다. 결과적으로 예측표는 순전히 경험적이며 위에서 논의한 전파모델의 어느 것에도 의존하는 것이 아니다.

개별적인 방송국은 자신의 종합적인 방송구역 모델을 갖기 원한다. 1kW ERP에 대한 평균지형 이상의 특정 고도에서의 거리에 대한 중간 전계강도(시간의 50% 및 지역의 50%) 곡선이 준비되어 있다.

이것이 표4-9의 F(50,50)로 알려진 것이다. NTSC가 제공하는 방송구역의 레벨과 복사 전계강도의 관계를 결정하기 위한 위원회에서 대표적인 수신기(1995년 당시)로 중간 화질을 수신할 수 있는 최소 신호 대 잡음비를 28.5dB로 결정하였다.

4MHz의 영상신호 대역폭 내에서 열잡음과 수신기 잡음을 극복할 수 있는 전계강도를 계산할 수 있다. 처음에 두 개의 서비스 구역과 신호강도를 규정하였고 Grade B는 방송구역 가장자리 위치한 50%의 지역에서 시간의 90%에 시청 가능한 전계강도를 나타낸다.

Grade A는 도심에 위치한 70%의 지역에서 시간의 90%에 시청 가능한 전계강도를 나타낸다. 나중에 허가구역의 90%지역과 90%시간에 시청 가능한 전계강도를 나타내는 City Grade가 추가되었다.

표 4-9에 각 서비스에 대한 최소 F(50,50) 전계강도가 표시되어 있다.

표 4-9 각 서비스에 대한 최소 F(50,50) 전계강도

Band	Channel	F(50,50)Field
Lo-VHF	2-6	74dBμ
Hi-VHF	7-13	77dBμ
UHF	14-69	80dBμ
Grade A Coverage		
Band	Channel	F(50,50)Field
Lo-VHF	2-6	68dBμ
Hi-VHF	7-13	71dBμ
UHF	14-69	74dBμ
Grade B Coverage		
Band	Channel	F(50,50)Field
Lo-VHF	2-6	47dBμ
Hi-VHF	7-13	56dBμ
UHF	14-69	64dBμ

(NTSC 전계강도 요구사항)

F(50,50)곡선은 송신기 ERP 및 HAAT(height above average terrain : 평균고도 이상의 안테나고도)를 이용하여 방송구역을 그릴 수 있다. HAAT는 송신안테나 해발고 2에서 10마일 단위로 계산한 8방향 지형의 평균고도를 빼면 된다.

동일 채널 방송국을 보호하기 위해 각 밴드, HAAT 및 위치에 대한 최대 ERP레벨이 개발되었다. 이런 제한은 많은 방송국이 밀집된 지역에서 보다 심각하다. 최대 ERP는 동일한 ERP에서 전계강도가 높은 F(50,10)의 전계강도로부터 나오는 공간적 관계에 기초한다.

10%시간의 간섭이라도 무시할 수 없으므로 이구역도는 동일 채널 송신 소간의 간섭을 막는데 사용한다.

Grade B 구역을 NTSC의 정상적인 방송구역으로 간주한다. F(50,50)에 따른 방송구역과 철탁 높이, ERP 및 거리에 대한 전계강도가 표시되어 있는 곡선을 이용하여 DTV의 방송구역을 예측한다.

방송구역은 안테나 높이에 크게 영향을 받음을 알 수 있으며, Lo-VHF, Hi-VHF 및 UHF의 전파특성도 알 수 있고 Lo-VHF에 비해 Hi-VHF와 UHF의 방송구역이 좁은 사실에 유의할 필요가 있다.

나. DTV 방송구역 예측

DTV 서비스에 대한 방송구역 예측방법은 아직 FCC에 의해 공식적으로 공인되지 않았다. 여기에서는 DTV의 방송구역을 예측하는데 전통적인 FCC전파 예측방법을 사용하기로 한다.

이렇게 함으로써 DTV의 방송구역을 규정하는 복사전력, 위치 백분율 및 시간 백분율에 필요한 적절한 계수를 결정하는 문제를 완화시키며 그 값을 현재의 FCC F(50,50) 방송구역 표에 적용시킬 수 있다. 8-VSB 신호의 임계특성은 그 신호가 높은 시간 백분율을 유지할 수 있도록 여유도를 충분히 주어야 함을 의미한다. 신호가 시간의 함수로 주어진 위치에서 보이다 말다하면 안 된다.

DTV 방송구역의 경우 시간의 90%동안 신뢰할 수 있는 신호를 공급하여야 한다. 위치계수는 NTSC에 사용하는 값과 동일한 50%가 된다. DTV 유효복사전력은 평균전력으로 규정한다.

상이한 시간백분율에 대한 전계강도를 결정하는데 앞서 논의에 의해 규정된 절차를 따르면 FCC F(50,90)와 일치하는 새로운 전파표가 계산되는데 여기서 50은 위치백분율을 90은 시간백분율을 나타낸다.

F(50,50)에서 F(50,90)로 변화된 것은 시간이 백분율 10과 90사이에서 대수적으로 분포하기 때문에 수학적으로 규정할 수 있다.

따라서, 임의의 위치 및 시간백분율 $F(L,T)$ 에 대한 전계강도를 다음식을 이용해서 얻을 수 있다. 50퍼센트의 위치값을 사용하므로 위치계수에는 변화가 없다. 90퍼센트의 시간 페이딩 계수와 $F(50,90)$ 를 풀면 식(4.5)이 된다.

$$F(L,T) = F(50,50) + \kappa(L) \times \sigma L + \kappa(T) \times \sigma T \quad (4.5)$$

여기서 $F(50,50)$ = 중간 전계강도

$\kappa(L) \times \sigma L$ = 위치 변수 계수

$\kappa(L)$ = L 퍼센트의 정상분포 변수

σL = 위치변화 표준편차

$\sigma L = 4.47 \log f - 1.45f(\text{MHz})$

$\kappa(T) \times \sigma T$ = 시간 페이딩 계수

$\kappa(T)$ = T퍼센트의 정상분포 변수

σT = 시간변화 표준편차

$\sigma T = [F(50,10) - F(50,50)] / 1.282$

위의 식을 사용할 때 중간 값을 넣어서 계산한다. 시간 페이딩 계수가 결정되면 $F(50,90)$ 와 유효복사전력이 1kW인 DTV에 대한 방송구역이 산출된다.

$$F(50,90) = F(50,50) + [-1.282 \times \{F(50,10) - F(50,50)\} / 1.282] \quad (4.6)$$

$$F(50,90) = 2 \times F(50,50) - F(50,10) \quad (4.7)$$

이 식은 UHF채널에만 적용되는 것이다. VHF용 표는 아직 작성하지 않았지만 필요하다면 작성할 수 있다. 주어진 거리와 HAAT에 필요한 ERP를 결정하려면 거리와 HAAT의 교차점에서의 전계강도 값에서 43dBμ를 빼면 된다.

여기서 ERP가 방송구역에 미치는 영향보다 HAAT가 미치는 영향이 훨씬 큼을 알 수 있다

4.5 현행 방송구역의 전계강도 산출방법(ITU-R권고)

4.5.1 산출방법

현재 우리나라에서 사용 중인 방송구역 산출을 위한 전계강도 산출방법은 식(4.8)과 같다.

$$E = E_0 + P_e - P_L - S \quad [\text{dB}] \quad (4.8)$$

여기서 E_0 = 가 1kw인 때의 자유공간의 전계강도[dB]

E = 구하고자 하는 수신점의 전계강도[dB]

P_e = 실효복사전력(ERP) [dB]

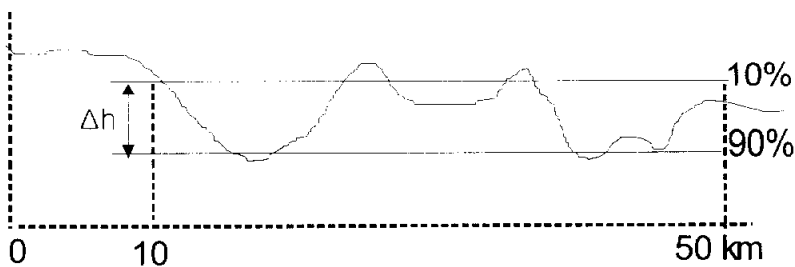
P_L = 공중선의 지향손실(Pattern Loss) [dB]

S = 감쇠교정 계수[dB]

감쇠 교정계수 S 를 구하는 방법은 먼저 굴곡이 심한 지형 및 산악지대에 대한 Δh 를 구해야 하는데, Δh 는 그림 4-1과 같이 송신점으로부터 10~50km 사이의 지형 중에서 10% 및 90%를 초과하는 높이의 차이가 되며, Δh 를 구하면 주파수에 따라 그림 4-2 및 그림 4-3에서 감쇠교정계수를 구할 수 있다. 공중선의 지향손실 P_L 은 공중선의 지향 특성도 에서 구한다.

실효복사전력 P_e 는 식(4.8)에서 구한다.

$$P_e[\text{dBk}] = \text{출력}[\text{dBk}] + \text{공중선이득}[\text{dB}] - \text{급전선및기타손실}[\text{dB}] \quad (4.9)$$



송신소로부터의 거리

그림 4-1. Δh 를 구하는 방법

Fig 4-1 Calculation method for Δh

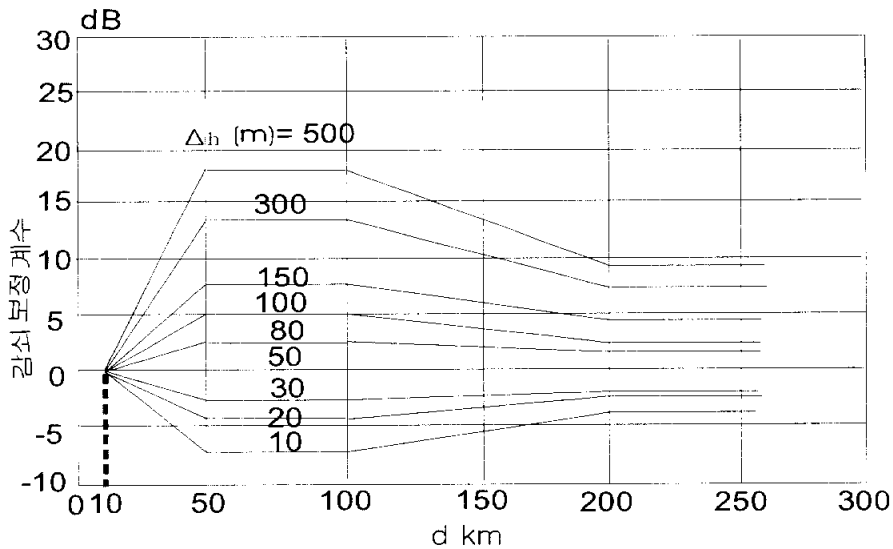


그림 4-2 거리 d(km)와 Δh 의 함수로서 감쇠교정 계수(주파수:80~250MHz)

Fig 4-2 Attenuation correction factor as a function of the distance d(km) & Δh

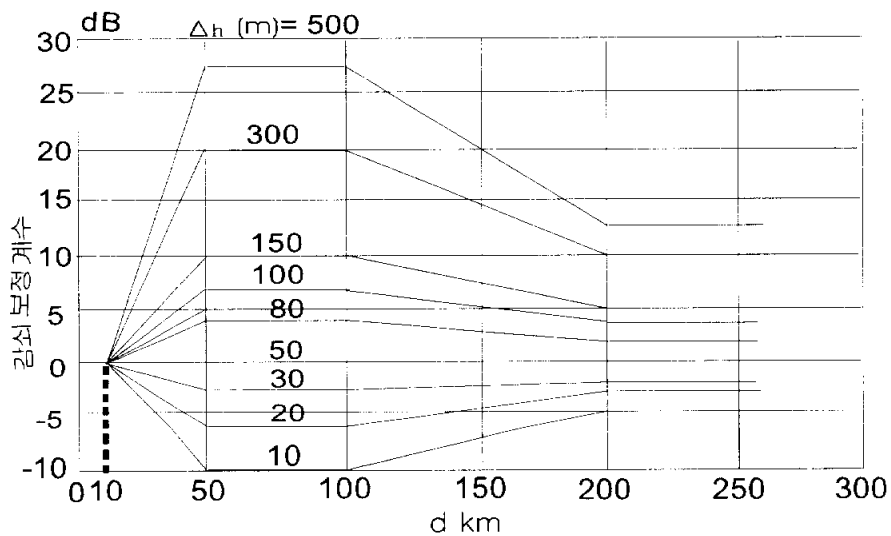


그림 4-3 거리 d(km)와 Δh 의 함수로서 감쇠교정 계수(주파수:450~1000MHz)

Fig 4-3 Attenuation correction factor as a function of the distance d(km) & Δh

4.5.2 문제점

방송전파의 경우에는 특수한 경우에 제외하고는 지향성을 갖지 않고 전 방향으로 방사된다고 볼 수 있으며 또한, 우리나라와 같이 산악지역이 70% 이상을 차지하는 지형조건에서는 송수신점 사이에 Edge가 2개만 있다는 것은 거의 불가능하다고 할 수 있다.

그리고, 가장 취약한 점은 Multiple Knife Edge에 대한 계산이 없다는 점이다. 대신에 Multiple Knife Edge에 대해 Single Knife Edge 계산에 사용한 Epstein방식으로 Edge를 분석하고 이를 토대로 Rounded Edge에 대한 계산을 수행하는 것으로 되어 있다.

이외에도 송신점으로부터 10~50km구간 지형에 대한 감쇠교정계수 조건만 제시하고 있어 방송구역이 50km를 초과할 경우에는 오차가 발생할 소지가 있으며, 방송구역이 10km부터 적용하도록 되어 있어 소출력 방송국은 계산이 불가능하다는 점이다.

아울러, 수신점의 해발고를 일률적으로 10m로 고정하여 도표화하였으므로 수신점 높이에 따른 오차가 발생할 수 있으며 계산을 하려면 비 정량적인 방법에 의해 그림 4-1, 2, 3까지 그림을 직접 보고 판단하여 그 결과 값을 얻게 되므로 개인별 숙련도 및 접근방법에 따라 많은 오차가 발생한다.

5 장 측정결과 및 분석

현재 사용되고 있는 전계강도 이론적 측정방법을 근간으로 전계강도를 울산 무룡산 송신소 주변 50개 지점을 선정하여 거리 및 방위별로 구분하고 가능한 건물이나 고압선 등에 의한 장애물 반사파의 영향을 줄이기 위해 평탄한 지형에서 실측 하였으며 수신 안테나는 야기 안테나를 사용하여 디지털TV와 아날로그TV 전계강도를 비교 분석하였다.

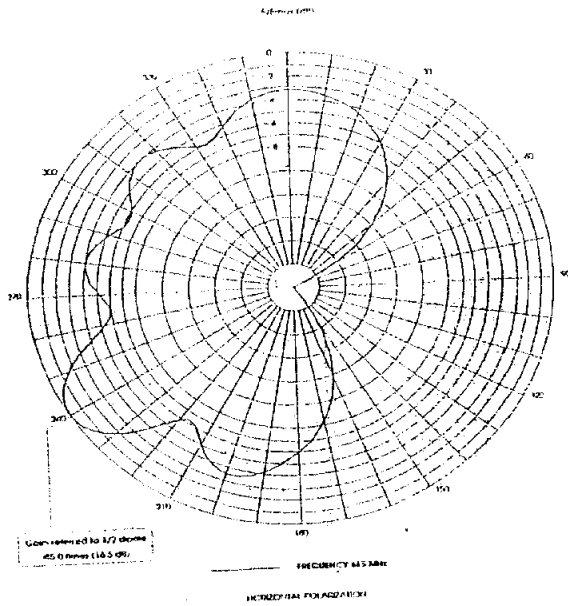
측정기간은 1차(2003.09.14 ~ 2003.10.07)로 아날로그 TV 전계강도 측정을 하였으며 2차(2004.03.15 ~ 2004.04.30)로 디지털 TV 전계강도 측정을 실시 하였다. 측정대상 채널은 동일지점 송신소의 아날로그 채널24번과 디지털 채널30번이며 측정에 사용된 측정기는 아날로그 ANRITSU ML524 와 디지털 AT1506 8VSB Analyzer 이다.

표5-1은 송신소의 제원이며 그림 5-1은 송신소 안테나의 취부도, 그림 5-2는 아날로그, 디지털 안테나의 패턴을 나타낸다.

표 5-1 무룡산 송신소의 제원

위 치 좌 표	E 129°23'59" N 35°35'16"
해 발 고	아날로그519.65M / 디지털 517M
송신안테나높이	70M
수신안테나높이	2M(측정기 기준)
편 파 의 종류	수평편파
출 력	아날로그 30kW / 디지털 5kW
관 널 수	4 : 4 : 4 (0°210°270°)
주 파 수	아날로그 24CH(533MHz), 디지털 30CH(569MHz)

Analog안테나 패턴



Digital안테나 패턴

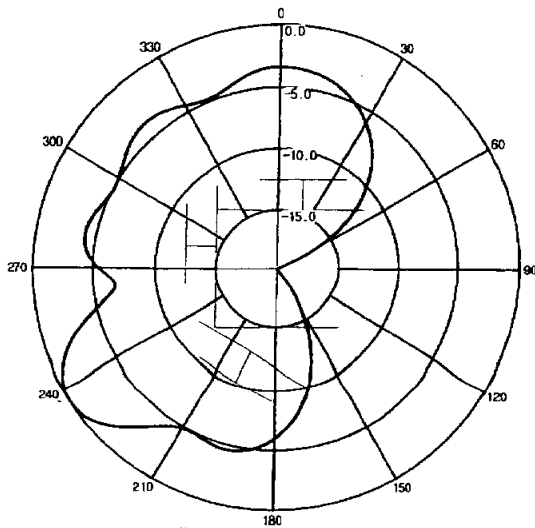


그림 5-2 아날로그, 디지털 안테나 패턴도

방송구역 산출근거는

가. ANALOG

1. 송신출력 : 30kW (14.80 dBK)
2. 공중선 이륙 max : 16.50dB(4-Dipole 4-Bay 12-Panel)
3. 급전선 전송 손실 : 1.10dB(400MHz at 0.551dB/100m)
4. 결합 및 기타손실 : 1.10dB(100m×2)
5. 실효 복사전력 : 29.10 dBK
6. 기준전계강도 : 70.00dB
7. 공중선 해발고 : 519.65m

방향(도)	거리(km)	EO(dB)	PE(dB)	PL(dB)	S(dB)	E(dB)	HEFF(dB)
0	40	56.10	29.10	3.2	-12.0	70	287.65
90		46.90	29.10	3.0	-3.0	70	502.65
180		52.90	29.10	6.0	-6.0	70	478.65
210	32	63.40	29.10	5.0	-17.5	70	491.65
230	37	61.70	29.10	1.8	-19.0	70	486.65
270	32	64.90	29.10	5.0	-19.0	70	471.65
290	30	64.10	29.10	5.2	-18.0	70	382.65
310	32	64.20	29.10	4.3	-19.0	70	404.65
330	35	60.70	29.10	5.8	-14.0	70	412.65

EO : 1kW시 자유공간 전계 (EO=E-PE+PL+S)

PE : 공중선 실효복사 전력(출력+안테나이득-급전선손실-기타손실)

PL : 공중선 지향손실

S : 차폐손실

E : 방송구역 기준 전계강도

HEFF : 공중선 실효고

나. DIGITAL

1. 송신출력 : 5kW (6.99 dBK)
2. 공중선 이득 max : 12.04dB(4-Dipole 4-Bay 12-Panel)
3. 급전선 전송 손실 : 1.3dB(400MHz at 0.551dB/100m)
4. 결합 및 기타손실 : 1.10dB(100m×2)
5. 실효 복사전력 : 16.73 dBK
6. 기준 전계강도 : 41dB(미국FCC기준)
7. 공중선 해발고 : 517m

방향(도)	거리(km)	EO(dB)	PE(dB)	PL(dB)	S(dB)	E(dB)	HEFF(dB)
0	110	33.67	16.73	3.4	3.0	41	285
90	10	100.00	16.73	∞	6.0	41	500
180	105	35.27	16.73	6.0	5.0	41	476
210	110	32.77	16.73	3.5	5.0	41	489
230	120	29.67	16.73	0.4	5.0	41	484
270	110	33.67	16.73	5.4	4.0	41	469
290	110	32.97	16.73	5.7	3.0	41	380
310	120	31.57	16.73	4.3	3.0	41	402
330	110	32.67	16.73	5.4	3.0	41	410

EO : 1kW시 자유공간 전계 (EO=E-PE+PL+S)

PE : 공중선 실효복사 전력(출력+안테나이득-급전선손실-기타손실)

PL : 공중선 지향손실

S : 차폐손실

E : 방송구역 기준 전계강도

HEFF : 공중선 실효고

다. 방향별 지형의 평균고도, 공중선 지상고 및 PROFILE MAP

방향별 지형의 평균 고도

방향 거리	0 도	90도	180도	210도	230도	270도	290도	310도	330도
3km	260	20	160	40	40	20	50	100	170
4km	220	120	170	30	20	10	40	60	160
5km	240	40	80	20	20	10	40	20	180
6km	80	30	90	10	10	100	50	40	80
7km	290	10	10	90	10	80	100	50	60
8km	220	0	20	20	10	40	100	60	60
9km	200	0	0	40	20	90	160	90	160
10km	290	0	0	20	20	80	200	140	70
11km	220	0	0	20	50	70	100	220	60
12km	260	0	0	10	50	60	240	90	60
13km	260	0	0	10	50	30	200	100	140
14km	220	0	0	20	60	20	100	180	60
15km	250	0	0	40	70	10	400	350	130
산출	3010 /13	220 /13	530 /13	220 /13	370 /13	430 /13	1780 /13	1500 /13	1390 /13
평균 고도	232	17	41	28	33	48	137	115	107

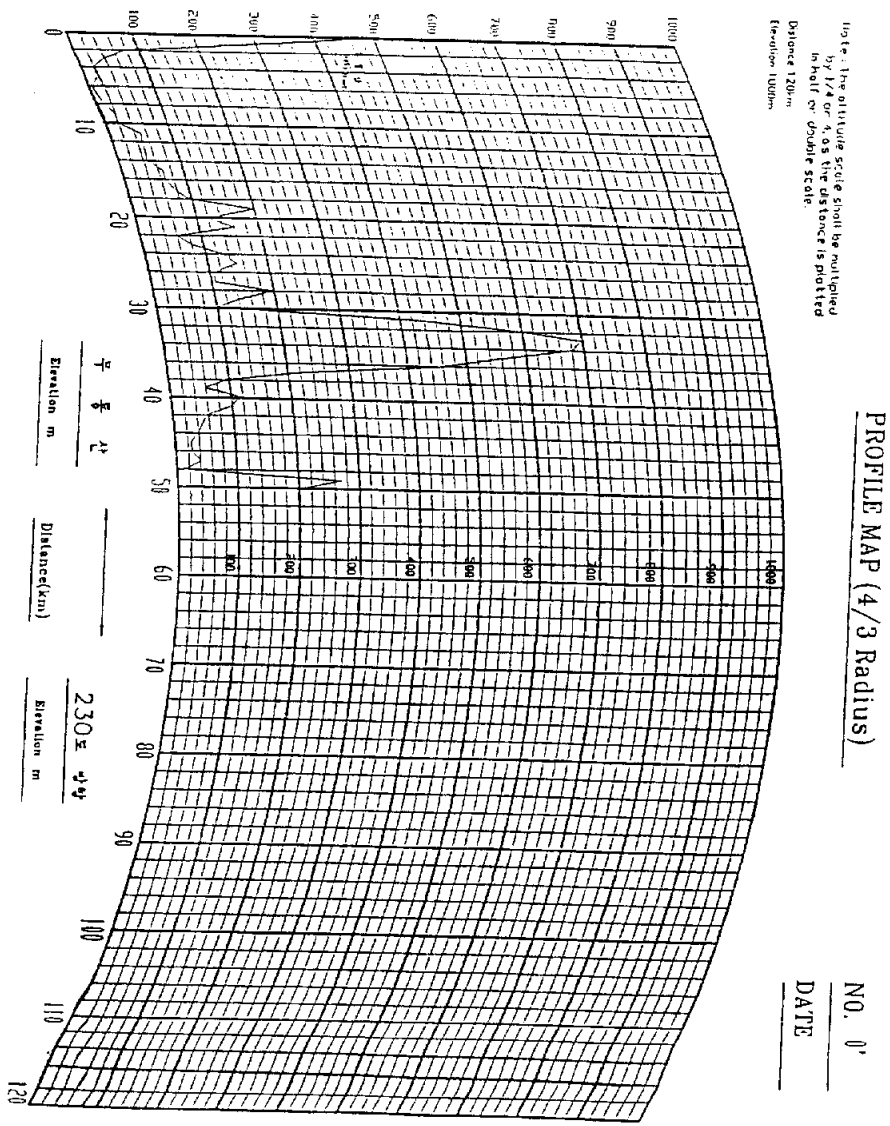
방향별 송신공중선 지상고 산출(ANALOGY)

방향별	공중선해발고	지형의 평균고도	공중선의 지상고
0도	517m	232m	285m
90도	"	17m	500m
180도	"	41m	476m
210도	"	28m	489m
230도	"	33m	484m
270도	"	48m	469m
290도	"	137m	380m
310도	"	115m	402m
330도	"	107m	410m

방향별 송신공중선 지상고 산출(DIGITAL)

방향별	공중선해발고	지형의 평균고도	공중선의 지상고
0도	519.65m	232m	287.65m
90도	"	17m	502.65m
180도	"	41m	478.65m
210도	"	28m	491.65m
230도	"	33m	486.65m
270도	"	48m	471.65m
290도	"	137m	382.65m
310도	"	115m	404.65m
330도	"	107m	412.65m

PROFILE MAP(표본)



5.1 측정결과(아날로그 출력 : 15KW, 디지털 출력 : 2.5KW)

표5-2는 아날로그TV 대상지역 측정값이며 표5-3은 디지털 TV 대상지역 측정값을 나타내었다.

표 5-2 아날로그 TV 전계강도 실측값

번 호	측 정 장 소	측정치 (dB)	거 리 (km)	방 위
1	울산 동구 화정동 화진여중 운동장	49	10	170
2	울산 동구 동구청 버스정류소 앞	28	5	155
3	울산 북구 강동동 정자리 동해주유소앞	63	5	50
4	경주시 양남면 석읍보건소 석읍교 앞	38	15	10
5	경주시 외동읍 연안초등학교 정문	53	15	310
6	울산 중구 성안동 천부교 울산교회 공원	50	8	260
7	울산 중구 남외동 중구보건소 앞	81	5	245
8	울산 중구 장현동 장현마을 사거리위100m	88	5	270
9	울산 북구 농소동호계리수성사거리위100m	80	5	320
10	울산 범서읍 망성리 선바위 숲속가든 앞	41	15	270
11	울산 울주군 두동면 두북농협 경제지부 앞	30	20	290
12	울산 울주군 봉계리 누령소 앞	40	25	310
13	울산 중구 동덕현대 아파트 104동 앞	51	7	240
14	울산 중구 태화동 동강병원삼거리강변도로	72	10	240
15	울산 남구 신정4동 수암초등학교	59	10	230
16	울산 남구 SK 정문앞 신호대	68	10	210
17	울산 울주군 온산읍 처용리 마을 송전탑옆	52	15	200
18	울산 울주군 청량면 회야 정수사업소 앞	42	15	210
19	울산 울주군청량면구치소방향두현방면20m	46	15	245
20	울산 울주군 언양읍 무동 청송횃집	32	20	255
21	울산 울주군웅촌면덕천리돌래마을횡단보도	49	20	230
22	울산 울주군 웅촌면 고현리상대마을주유소	53	25	230
23	양산시 웅상읍 소주리 대동아파트입구	55	30	230
24	울산 울주군온양읍14호국도부산-울산경계	54	25	210
25	울산 울주군 서생면 효암마을 입구	54	30	200

번 호	측 정 장 소	측정치(dB)	거 리 (km)	방 위
26	양산시 하북면 답곡리 삼덕마을 입구	25	30	245
27	울산 울주군 삼남면 가천리 입구	73	30	255
28	울산 울주군 삼남면 신화리 마을회관앞	45	25	260
29	울산 울주군 상북면 길천리 입구	64	30	270
30	울산 울주군 언양읍 신화리 직동경로당	43	25	270
31	울산 북구 매곡동매곡현대아파트104동 옆	80	5	315
32	경주 양남면 양남 사거리	53	15	355
33	울산 북구 농소동 농소동 농소초등학교뒤	63	5	320
34	부산 장안군 장안 상장안동	33	28	210
35	울산 울주군 언양읍 남부리 강변주차장	64	25	265
36	경주 교동리 경주강변로천일정기화물입구	68	30	330
37	경주 안강읍 근계리 근계교위	50	45	340
38	경북 포항시 구룡포읍 석병리 석정주유소	80	50	15
39	부산 기장군 기장 체육관 입구	58	40	210
40	부산 해운대구 육군7508부대 입구	83	55	200
41	경주시 내남면 이조2리 마을앞	26	25	315
42	울산 남구 야음초등학교 정문	79	10	210
43	울산 남구 야음2동 울산세관 정문	65	10	215
44	울산 남구 수암동 수암자길 4거리	45	12	205
45	울산 남구 야음3동 남부 초등학교 정문	35	10	220
46	울산 남구 삼산동 현대문화 아파트 정문	62	7	215
47	울산 중구 성남동 북정공원 주차장 앞	50	8	235
48	울산 중구 복산동 울산교회 앞	63	7	235
49	울산 동구 방어동 화암 초등학교	26	12	170
50	울산 중구 남외동 중부 경찰서 정문	85	5	230

표 5-3 디지털 TV 전계강도 실측값

번 호	측 정 장 소	측정치 (dB)	MER (dB)	EVM (%rms)
1	울산 동구 화정동 화진여중 운동장	58	0	0
2	울산 동구 동구청 버스정류소 앞	25	0	0
3	울산 북구 강동동 정자리 동해주유소앞	64	31.4	2.7
4	경주시 양남면 석읍보건소 석읍교 앞	48	0	0
5	경주시 외동읍 연안초등학교 정문	68	35.1	1.6
6	울산 중구 성안동 천부교 울산교회 공원	70	0	0
7	울산 중구 남외동 중구보건소 앞	80	33.7	1.9
8	울산 중구 장현동장현마을 사거리위 100m	85	35.8	1.2
9	울산 북구 농소동호계리수성사거리위100m	80	34.5	1.5
10	울산 범서읍 망성리 선바위 숲속가든 앞	52	0	0
11	울산 울주군 두동면 두북농협 경제지부 앞	36	0	0
12	울산 울주군 봉계리 누령소 앞	46	25.2	5.2
13	울산 중구 동덕현대 아파트 104동 앞	54	26.7	4.3
14	울산 중구 태화동 동강병원삼거리강변도로	77	34.6	1.8
15	울산 남구 신정4동 수암초등학교	62	32.3	2.3
16	울산 남구 SK 정문앞 신호대	80	35.7	1.7
17	울산 울주군 온산읍 치용리 마을 송전탑옆	83	31.4	2.5
18	울산 울주군 청량면 회야 정수사업소 앞	49	25.0	4.9
19	울산 울주군 청량면구치소향 두현방면20m	54	33.7	1.9
20	울산 울주군 언양읍 무동 청송횃집	0	0	0
21	울산 울주군웅촌면덕천리돌래마을횃단보도	52	26.3	4.5
22	울산 울주군 웅촌면고연리상대마을 주유소	59	32.9	2.2
23	양산시 웅상읍 소주리 대동아파트입구	50	28.2	3.7
24	울산 울주군온양읍 14호국도부산-울산경계	80	31.2	2.5
25	울산 울주군 서생면 효암마을입구	40	20.1	8.5

번 호	측 정 장 소	측정치 (dB)	MER (dB)	EVM (%rms)
26	양산시 하북면 답곡리 삼덕마을 입구	0	0	0
27	울산 울주군 삼남면 가천리 입구	71	35.3	1.7
28	울산 울주군 삼남면 신화리 마을회관앞	61	32.3	2.0
29	울산 울주군 상북면 길천리 입구	57	29.6	3.1
30	울산 울주군 언양읍 신화리 직동경로당	0	0	0
31	울산 북구 배곡동 매곡현대아파트104동 옆	80	31.6	2.4
32	경주 양남면 양남 사거리	65	34.6	1.7
33	울산 북구 농소동 농소 초등학교 뒤	77	29.4	3.2
34	부산 장안군 장안 상장안동	0	0	0
35	울산 울주군 언양읍 남부리 강변주차장	58	21.6	8.3
36	경주 교동리 경주강변로 천일정기화물입구	56	30	3.0
37	경주 안강읍 근계리 근계교위	49	15.6	15.3
38	경북 포항시 구룡포읍 석병리 석정주유소	70	35.5	1.6
39	부산 기장군 기장 체육관 입구	50	28	4.1
40	부산 해운대구 육군7508부대 입구	62	31	2.1
41	경주시 대남면 이조2리 마을앞	35	0	0
42	울산 남구 야음초등학교 정문	82	31.2	2.6
43	울산 남구 야음2동 울산세관 정문	69	34.9	1.7
44	울산 남구 수암동 수암자길 4거리	55	30.2	2.2
45	울산 남구 야음3동 남부 초등학교 정문	53	0	0
46	울산 남구 삼산동 현대문화 아파트 정문	76	35.3	1.6
47	울산 중구 성남동 북정공원 주차장 앞	70	35.1	1.6
48	울산 중구 복산동 울산교회 앞	65	33.1	2.0
49	울산 동구 방어동 화암 초등학교	33	0	0
50	울산 중구 남외동 중부 경찰서 정문	88	34.5	1.7

5.2 측정결과분석

아날로그 TV는 전계강도 측정치가 54dB이상(무선국 검사기준)에서는 시청이 양호하였으나, 측정값 54dB이하에서는 컬러 구현이 힘들며 측정값45dB까지는U/V증폭기를 통해서 시청이 가능한 것으로 나타났으며 (30dB이하에서는 시청 불가능) 산악 및 건물에 의한 반사파(페이딩 영향, 고스트)현상 등이 생겼으며 전계강도의 강하고 약함이 시청에 큰 영향을 주는 것으로 나타났다.

다음으로 디지털 TV는 전계강도 측정값이 크게 영향을 주지 않음을(아날로그 TV동일구역 내)알 수 있었으며 전계강도가 작은 값(20dB)에서도 MER(SNR)의 측정값이 27dB(중심주파수와 간섭을 주는 이득의 범위)이상 이 되면 시청 하는 데는 큰 영향을 주지 않음을 알 수 있었다.

특히 전계강도의 측정값 보다는 SNR(ATSC권고기준 27dB이상, 20dB이하 시청 불가능)의 측정값이 시청에 영향을 주는 것으로 나타났다.

측정결과분석하면 아날로그 및 디지털 TV의 방송구역은 비슷한 구역을 나타냈으나 방송시청 유효구역 수를 분석하면 오히려 디지털 방송구역이 좁아지는 경향을 보였으며 산악 및 도심 건물 밀집지역의 경우 다중 페이딩 영향이 심하게 나타나므로 아날로그 보다 수신율이 떨어지는 경향을 보이기도 하였다.

그러나 디지털 TV는 페이딩의 영향이 적은 지역에서의 화질은 전계강도의 세기에 크게 영향을 받지 않으므로 아날로그 TV보다는 우수하였고 이런 현상은 가시거리내, 외에서도 동일하였다.

6장 결 론

본 실험결과와 방송구역의 범위를 정확히 구분한다는 것은 어려우나 현재 까지 방송구역을 정하는 FCC의 NTSC 및 DTV의 방송구역 예측법의 이론적 근거는 수정이 필요하다는 것을 알 수 있었다.

특히 산악 지형이 많은 우리나라 현실상 ITU-R(미국)의 규정에 의한 전 계강도 이론적 산출근거는 수정이 필요하며 실제로 아날로그 TV방송 구역에서는 최소 54dB이상(무선국 검사기준)이면 TV시청에 큰 영향을 주지 않음을 보여주고 있으며 적어도 45dB까지는 U/V중폭기를 통하여 시청이 가능한 것으로 나타났다.

그러나 디지털 TV 방송구역에서는 아날로그 TV방송과는 다른 양상을 보여 주었으며 전계강도의 수치보다는 MER(SNR)의 측정값이 시청에 영향을 끼친다는 것이 아날로그TV와의 차이점으로 나타났다.

즉, 디지털 TV에서는 전계강도가 아주 미약하여도(20dB) MER의 측정치가 27 dB(중심 수신 주파수와 간섭을 주는 주파수 이득 차이, ATSC권고기준)이상이면 TV시청에 영향을 주지 않았다. 그러나 장애물의 영향으로 인한 페이딩 현상이 심한 지역에서는 전계강도의 측정값이 50dB이상이지만 MER이 27dB이하로 나타나는 경우는 시청에 심각한 영향을 보였으며 MER 20dB이하인 경우는 시청이 불가능 하였다.

이러한 측정결과를 바탕으로 방송구역을 비교, 분석하면 송신점에서 10 km이내는 아날로그 TV시청이 가능하지만 디지털 TV시청이 불가능한 경우도 나타났으며, 반대로 30km부터 50km이하의 거리에서는 아날로그 TV보다는 디지털 TV의 시청이 훨씬 우수한 것으로 나타났다.

그 원인을 분석해 보면 아날로그 TV에서는 전계강도의 측정값에 따라 시청여부가 판명되었으나 디지털 TV에서는 전계강도 측정치가 아날로그보다 작지만 MER(SNR)의 측정치가 27dB이상 되어지면 아날로그 TV보다 훨씬 시청 상태가 양호한 것은 멀티패이스(장애물에 의한 다중경로 페이딩) 영향이 작기 때문임을 알 수 있었다. 아날로그 TV에서는 이런 부분이 고스

트현상으로 나타나지만 디지털 TV에서는 비트error(MER 측정값이 27dB이하)가 나타나면서 신호가 끊겨 시청이 불가능해진다.

그러므로 현재 디지털 TV가 아날로그 TV보다는 우위에 있다고 하기에 다소 무리가 있다는 것을 알 수 있으며, 특히 가시거리내(송신점과 10km 이내거리 아파트 또는 빌딩 밀집 지역)에서 페이딩으로 인한 디지털 TV의 수신율이 많이 떨어진다.

그러나 현재 아날로그 TV 시청구역에서는 주송신소 외에 TVR(무선간이 중계소)이 시설되어 있어 채널변경을 통해 TV시청이 가능하지만 이러한 지역에서 디지털 TV송신소 한 곳으로도 아날로그 TV시청 구역을 커버할 수 있다면 경제적, 환경적 측면에서 디지털 TV의 성능이 우수하다고 볼 수 있다.

즉 아날로그 TV와 디지털 TV의 방송구역비교는 현실적으로 무리가 따르고 차이는 있지만 비슷한 가시청구역을 나타내고 있었으며 향후 아날로그 TV방송구역에서 디지털 TV시청의 깨끗한 화질 확보 및 가시청구역을 넓히려면 디지털 수신기의 기술향상 등으로 다중경로 페이딩의 영향을 줄이는 것이 무엇보다도 선행되어야 한다는 것을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

1. K. Bullington, "Radio propagation at frequencies above 30 megacycles Proc. Inst. Engrs. , 1947, 35, pp. 1122-1136.
2. G.. Millington, R.Hewitt and F.S. Immizi, "Double knifeedge diffraction in field strength predictions", Proc. IEE, 1962, 109C, pp. 419-429.
3. J. Epstein and D.W. Peterson, "An experimental study of wave propagation at 850 Mc/s", Proc. Inst. Radio Engrs., 1953, 41, pp. 595-611.
4. D. Talley, "Radio engineering and field survey transmission methods for mobile telephone systems", IEEE Trans. Veh. Technol., VT14, 1965, pp. 7-27.
5. J. Egli, "Radio propagation above 40Mc/s over irregular terrain", Proc. Inst. Radio Engrs., 1957, 45, pp. 1383-1391.
6. J. Deygout, "Multipath knife edge diffraction of microwaves", IEEE Trans. Ant. and Prop., Vol. AP14, pp. 480-489.
7. Masaharu Hata, "Empirical formula for propagation loss in land mobile radio services", IEEE Trans. Veh. Technol., Vol. VT29, Aug. 1980, pp. 317-325.
8. R.J. Pogorzelski, "A note on some common diffraction link loss models", Radio Sci., Vol. 17, Nov. 1982, pp. 1136-1540.
9. J.Durkin, C.E. Dason and R. Martin, "Computer Prediction of field strength in the planning of radio systems", IEEE Trans. Veh. Technol., Vol. VT24, Feb.1975, pp. 1-8
10. Lewis E. Volger, "An attenuation function for multiple knifeedge diffraction", Radio Sci. Vol. 17, Nov. 1982, pp. 1541-1546.
11. Robert Jenken, "90MHz mobile radio propagation in the Copenhagen area", IEEE Trans. Veh. Technol., Vol. VT26, Nov. 1977, pp. 328-331.
12. Finn I. Meno, "Mobile radio fading in Scandinavian terrain", IEEE Trans. Veh. Technol., Vol. VT26, Nov. 1977, pp. 335-340.

13. Neal H. Shepherd, "Radio wave loss deviation and shadow loss at 900MHz", IEEE Trans. Veh. Technol., Vol. VT26, Nov. 1977, pp. 309-313.
14. William C.Y. Lee, "Estimate of local average power of mobile radio signal", IEEE Trans. Veh. Technol., Vol. VT-34, Feb.1985, pp. 22-27.
15. Keith allsebrook and J. Dabid Parsons, "Mobile radio propagation in British cities at frequencies in VHF and UHF bands", IEEE Trans. Veh. Technol, Vol. VT-26, Nov. 1977, pp. 313-322.
16. Kinnith Bullington, "Radio Propagation for vehicular communications", IEEE Trans. Veh. Technol., Vol. VT- 26, Nov. 1977, pp. 295-308.
17. J. Durkin, "Computer predication of service areas for VHF and UHF band mobile radio services", IEEE Trans. Veh. Technol. Vol. VT-26, Nov. 1977, pp. 323-327.
18. R. Edwards and J.Durkin, "Computer prediction of service areas for v.h.f. mobile radio networks", Proc. IEEE, Vol. 116, Sept. 1969, pp. 1493-1500.
19. IEEE Vehicular Technology Society Committeeon Radio Propagation Coverge Prediction for Mobile Radio Systems Operating in 800/900 MHz Frequency Range, IEEE Tran. Veh. Technol., Vol. VT-37, Feb-1988.
20. Chas. R. Burrows and Stephen S. Attwood, Radio Wave Propagation, Academic Press Inc., 1949.
21. W.C.Y. Lee, Mobile communication engineering, McGrew-Hill, 1982. pp. 122-129
22. E.C. Joradan, Electromagnetic-waves and radiating system, Prentice Hall, 1950.
23. Lucian Boithias, Radio wave propagation, McGrew- Hill, 1984.
24. ITU, Documents of the CCIR 20th pienary assembly, Vol. 2- Propagation.
25. ITU, Flectrical characteristics of the earth, CCIR, Vol. 5, Rep. 229

26. ITU, Propagation by diffraction, CCIR, Vol. 5, Rep. 715.
27. Calculation of free-space attenuation, ITU-R, Vol. V, Rec. 525-1, 1986-1990.
28. The concept of transmission Loss for Radio links, ITU-R, Vol. V, Rec. 241-2, 1986-1990.
29. Propagation by diffraction, ITU-R, Vol. V, Report 715-3, 1990.
30. Propagation by diffraction, ITU-R, Vol. V, Rec. 526-2, 1986-1990.
31. V/UHF propagation Curves for the Broadcasting services, ITU-R, Vol. V, Rec. 370-5, 1986-1990.
32. ITU-R Recommendations 1995 P Series Fascicle, "Radiowave Propagation", 1995.
33. Rec ITU-R p370-7 "VHF and UHF Propagation Curves for the Frequency Range From 30MHz to 1000MHz, 1995.
34. NAB Engineering Handbook, "Television Field Strength Measurement (54MHz ~ 806MHz)", 1999.
35. FCC OET Bulletin No69, Longley-Rice Methodology for Evaluation TV Coverage and Interference, 1997.
36. James C. McKinney and Dr. Robert Hopkins, ATSC Digital Television Standard, by Advanced Television System Committee, 1995. 9.
37. PBS, Advanced Television Transmission, 1997.
38. A.G. Longley and P. L. Rice "Prediction of Tropospheric Radio Transmission over Irregular Terrain. A Computer Method-1968", ESSA Tech Rep. ERL79-ITS67, U.S. Government Printing Office, 1968.
39. W.C.Y. Lee, Mobile communication engineering, McGraw-Hill, 1982. chap.4.
40. W.C.Y. Lee, Mobile communication engineering, Design Fundamentals, John Wiley & Sons, 1993, chap.2.
41. James C. McKinney and Dr. Robert Hopkins, Guide to the Use of the ATSC Digital Television Standard, Oct 4, 1995.

42. Gary Sgrignoli, Measuring Peak/Average Power Ratio of the Zenith/AT&T DSC-DHTV Signal with Vector Signal Analyzer, IEEE Transaction on Broadcasting, Vol.39, No.2, June 1993.
43. Y.Okumura et al, "Field Strength and Its Variability in VHF and UHF Land-mobile Radio Service", Rev. Elec. Commun. Lab, Vol.16, pp.825-873, 1968.
44. Y.Okumura, "Mobile Radio Propagation-General Characteristics and Prediction Method for Mobile Field Strength", 1995.
45. W.C.Y. Lee, 'Lee's Model', IEEE VTS 42nd Conference Proc.,pp.343-348. 1992.
46. D.S. Paunovic, et al. "Choice of a Suitable Method for the Prediction of the Field Strength in Planning Land Mobile Radio Systems", IEEE Trans. Veh. Technol, Vol.33, No.3, pp. 259-265, 1984.
47. Gary Sgrignoli, Wayne Bretl, and Rich Citta, VSB Modulation Used for Terrestrial and Cable Broadcasts, IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol.4, No.3, August. 1995.
48. FCC, Sixth Further Notice of Proposed Rule Making, 1996. 8.
49. FCC, Longley-Rice Methodology for Evaluating TV Coverage and Interference, OET Bulletin, No.69, 1997.7.
50. V/UHF Propagation Curves for the Broadcasting Services, ITU-R, Vol. V, Rec.370-5, 1986-1990.
51. 신철호, 김광식, 이형수, "지형정보를 이용한 지상파 디지털 TV방송전력 평가", 1998.12.
52. 이영대 외4인, "방송전파예측을 위한 다양한 전파전파모델들의 비교연구", 1998, 방송공학회 논문지.
53. 방송표준방식 및 방송업무무선설비의 기술기준 개정(안) 2003.
54. 한국무선관리사업단, 전파관계 고시집, 법령집.
55. 한국전파진흥협회, 전파통신용어해설집. 한국방송기술인연합회 방송용어사전(한국방송개발원)

A Broadcasting Characteristics of the Analog and Digital TV by Electric Field Intensity Measurement

Ho - Un Jin

*Department of Electrical Engineering
Graduate School on Industry
Pukyong National University*

Abstract

The digital TV broadcasting is developing rapidly. Especially, the ground wave TV broadcasting make good progress by United States, England and Japan.

Our domestic ground wave TV digital broadcasting plan is that the analog and digital TV broadcasting are used simultaneously from 2000 to 2010.

This paper presents the broadcasting characteristics of the analog and digital TV by electric field intensity measurement. The electric field intensity is measured by NTSC (National Television System Committee) TV and DTV (Digital Television) output decision method under the provision of FCC (Federal Communications Commission) and ATSC (Advanced Television System Committee). The measured systems are the analog TV channel 24 and the digital TV channel 30.

It is shown that the electric field intensity has influence on the analog TV broadcasting but not on the digital TV. The digital TV broadcasting is dependent on the fading effect.

It can be used within the 10km areas(down-town areas)because of the decreasing of the multi fading effect but the analog TV broad does not. Also, the development of the digital TV receiver is necessary to obtain a good broadcasting.

감사의 글

학문하는 사람은 먼저 뜻을 세워 반드시 성인이 되기를 스스로 기약하고 조금이라도 자신을 작게 여겨서 물러서는 생각을 가져서는 아니 된다는 평범한 진리와 함께 항상 용기를 주시고 오늘까지 성심과 열의로써 지도해주신 박한석 지도교수님께 먼저 깊은 감사를 드립니다.

본 논문의 심사에서 아낌없는 충고와 세심하게 지도하여 주신 김천덕 교수님, 우경일 교수님, 그리고 그동안 가르침을 주신 전기공학과 모든 교수님께 감사를 드립니다.

학업에 정진할 수 있도록 허락해주신 차용규 사장님, 이근우 이사님, 하식준 부장님, 최영걸 부장님께 진심으로 감사드리며, 논문을 적으면서 시간에 얽매어 있을 때 많은 도움을 준 설재훈, 장주영 후배님, 힘들 때마다 격려를 아끼지 않은 기술국 모든 후배님들에게도 진심으로 감사를 드립니다.

오늘이 있기까지 사랑과 희생으로 키워 주시며 힘이 되어주신 부모님과 사위를 위해서 항상 기도 해주시는 장인, 장모님과 이 기쁨을 함께 나누고 싶습니다. 언제나 말없이 뒷바라지 하며 나태해질 때마다 힘이 되어준 사랑하는 제 아내와 예솔, 예찬, 예진 이에게 이 한편의 책으로 보답하고 싶습니다.

지금껏 해왔듯이 맡겨진 일에 최선을 다하며 더욱 자아발전을 위하여 노력을 게을리 하지 않겠습니다. 벼가 익으면 고개를 숙이듯이 겸손하며 뒤에 오는 후학을 두려워하며 부지런히 노력하는 이가 되고 선배님들을 섬기며 후배님들을 사랑하는 자가 되겠습니다. 지금까지 격려해주신 모든 분들께 감사드리며 모든 영광을 하나님께 돌립니다.

2004년 6월
진 호 문 올림