

국내 대기 환경의 통계적 특성 분석을 통한 전파 특성 분석

Analysis of Propagation Characteristics by Statistical Analysis in Domestic Atmospheric Environments

최문영 · 이길재* · 김현수* · 백정기

Moon-Young Choi · Gil-Jae Lee* · Hyun-Soo Kim* · Jeong-Ki Pack

요 약

전자파가 대기를 통과할 때 대기를 형성하고 있는 다양한 요인들에 의해 그 특성이 변동하게 된다. 전파 특성에 영향을 미치는 대기의 주요 요인으로는 수증기, 안개, 산소와 같은 대기 입자, 강우, 강설 및 그 외 여러 종류의 에어로졸을 들 수 있으며, 이러한 것들은 지형 및 지역적 특성에 따라 다르게 분포한다. 따라서 대기 환경에서의 전파 특성을 예측하기 위해서는 주어진 환경에 대한 기온, 습도, 기압, 풍속, 에어로졸 및 강우율 등의 통계적 분석이 중요하다. 본 논문에서는 국내 대기 환경에 대한 통계적 분석을 수행하였으며, 이를 바탕으로 국내 대기 환경에서의 전파 특성을 분석하였다.

Abstract

When electromagnetic waves propagate through atmosphere, waves are affected by various factors. Atmosphere normally consists of different molecular species, water vapours, rain, fog, snow and small suspended particles called aerosols. The distributions of atmosphere molecules, water vapours, rain rate, snowfall and aerosol are dependent on geometrical regions or environment. In order to predict propagation characteristics in atmospheric environment, statistical analysis of the relevant parameters such as temperature, humidity, atmospheric pressure, wind speed, aerosol and rainfall is crucial. In this paper, we performed a long-term statistical analysis for the atmospheric parameters in domestic environments and analyzed the propagation characteristics through atmosphere based on that.

Key words : Wave Propagation, Atmosphere, RF/MM Wave, IR, UV

I. 서 론

전자파가 대기를 통과하면 자유 공간 손실 이외에 대기 입자(산소, 질소 등), 대기 중의 수증기, 에어로졸(안개, 먼지 등), 강우, 강설 등에 의해 감쇠 및 신틸레이션(scintillation) 현상이 발생한다.

대기 입자나 수증기는 기온, 습도, 기압, 풍속에 따라 다르게 분포하며, 에어로졸은 지형이나 환경적인 특성에 따라 크기 분포나 화학 조성 등이 매우 다양하다. 강우나 강설의 경우, 지형이나 환경에 따라

강우율이나 강설 강도가 다르게 나타난다.

대기 환경에서 전파 특성 예측을 위한 경험 모델이 존재하며^{[1]~[5]}, 이러한 모델들은 기온, 습도, 기압, 풍속 등의 기후적인 요소가 큰 영향을 미친다. 이러한 기후 요소는 국내 환경에 존재하는 다양한 환경에 따라 다르게 분포하며, 정확한 예측을 위해 장기간 데이터를 필요로 한다.

본 논문에서는 국내 대기 환경을 도심, 산악, 개활지, 해안, 호수, 섬 등으로 분류하였으며, 12개 지역에 대해 2000~2007년까지 기온, 상대 습도, 기압, 풍

충남대학교 전파공학과(Department of Radio Science and Engineering, Chungnam National University)

*국방과학연구소(Agency for Defence Development)

· 논문 번호 : 20080528-071

· 수정완료일자 : 2008년 6월 13일

속에 대한 1분 간격으로 기록된 기상 데이터를 확보하였다. 이를 바탕으로 대기 환경에 대한 통계적 분석을 수행하였으며, 이러한 기상 데이터의 통계적 특성을 이용하여 RF/MM파, IR, UV 대역에 대한 지형별, 지역별 전파 특성을 분석하였다.

II. 대기 환경에서의 전파 특성 예측 모델

2-1 RF/MM파 대역

2-1-1 대기 입자에 의한 감쇠 모델

1,000 GHz까지의 주파수 영역에 대한 대기 입자(산소 등) 및 대기 중의 수증기에 의한 대기 감쇠 특성을 기압, 온도 및 절대 습도의 함수로써 1 GHz 간격으로 계산할 수 있는 예측 모델이 ITU-R에 권고되어 있으며, 다음과 같이 표현된다^[1].

$$\gamma = \gamma_0 + \gamma_w = 0.1820fN''(f) \quad [\text{dB/km}] \quad (1)$$

여기서 γ 는 대기 감쇠 계수로서 건조 공기(대기 입자) 감쇠 계수 γ_0 와 수증기 감쇠 계수 γ_w 의 합으로 주어진다. f 는 주파수[GHz], $N''(f)$ 는 주파수에 따른 복소 굴절률의 허수부이며, 기압, 온도, 수증기 분압의 함수로 되어 있다.

2-1-2 강우에 의한 감쇠 모델

ITU-R에 권고되어 있는 강우 감쇠 예측 모델은 강우율의 함수로 나타낼 수 있으며, 1~1,000 GHz 주파수 영역에 적용할 수 있다^[2].

$$\gamma = kR_p^\alpha \quad [\text{dB/km}] \quad (2)$$

여기서 R_p 는 시간율 p %에 해당하는 강우율[mm/h]을 나타낸다. 그리고 k 와 α 는 주파수와 편파의 함수이다.

2-1-3 신틸레이션(Scintillation)

신틸레이션은 대기 중의 난기류에 의해 형성되어 랜덤하게 분포한 셀들에 의해 산란과 다중 경로 등으로 생기는 주파수와 크기의 변동을 의미하며, scintillation index는 다음과 같이 주어진다^[3].

$$\sigma_x^2 = 23.17 \times k^{1/2} \times C_n^2 \times L^{11/6} \quad [\text{dB}^2] \quad (3)$$

여기서 k 는 전파 상수 $(\frac{2\pi}{\lambda})[\text{m}^{-1}]$, L 은 실효 경로 길이[m]를 나타낸다. C_n^2 은 난기류(turbulence) 세기에 따른 굴절률의 구조 변수 $[\text{m}^{-2/3}]$ 을 나타내며, 풍속에 대한 함수로 주어진다^[4].

2-1-4 강설에 의한 감쇠 모델

눈에 의한 감쇠는 다음과 같이 파장(λ_{nm})과 강설 강도 S [mm/h]의 함수로 주어진다^[5].

$$Att_{snow} = (0.0001023 \times \lambda_{nm} + 3.7855466) \times S^{0.72} \quad (4)$$

$$Att_{snow} = (0.0000542 \times \lambda_{nm} + 5.4958776) \times S^{1.38} \quad (5)$$

2-2 IR 대역

0.75~1,000 μm 의 짧은 파장을 갖는 IR 대역의 경우, 대기 중의 미세 입자에 의한 흡수와 산란의 영향이 추가되며, ITU-R에 권고된 대기 감쇠 모델은 다음과 같다^[3].

$$A = 10 \log [(\exp(-\gamma(\lambda)L))^2] \quad [\text{dB}]$$

$$\gamma(\lambda) = \alpha_m(\lambda) + \alpha_n(\lambda) + \beta_m(\lambda) + \beta_n(\lambda) \quad [\text{km}^{-1}] \quad (6)$$

여기서 α_m 과 β_m 는 대기 분자에 의한 흡수 및 산란 계수이며, α_n 과 β_n 은 에어로졸에 의한 흡수 및 산란 계수이다.

2-2-1 대기 분자 흡수 및 산란 모델

IR 대역에서는 0.83, 1.06, 1.33, 1.54, 3.82, 10.591 μm 파장 주변에 transmission window가 존재하며, 이 영역의 대기 분자에 의한 흡수 계수는 ITU-R에 다음과 같이 권고되어 있다^[3].

$$\alpha_m = -\ln \left[\begin{array}{l} B_1 + B_2 T' + B_3 H + B_4 T' H \\ + B_5 T'^2 + B_6 H^2 + B_7 T' H^2 \\ + B_8 T'^2 H + B_9 H^3 + B_{10} T'^3 \end{array} \right] \quad [\text{km}^{-1}] \quad (7)$$

여기서 T 는 기온[. K]을 나타내며, $T' = T/273.15$ 이고, H 는 절대 습도 $[\text{g}/\text{m}^3]$ 이다. 계수 B_i 는 분자의 extinction coefficient이다.

분자 산란은 입사파의 파장보다 입자 크기가 작

기 때문에 Rayleigh 산란이 추가 되며, 산란 계수는 아래 식과 같다^[3].

$$\beta_m(\lambda) = A\lambda^{-4} \text{ [km}^{-1}\text{]}$$

$$A = 1.09 \times 10^{-3} \frac{PT_0}{P_0 T} \text{ [km}^{-1} \mu\text{m}^4\text{]} \quad (8)$$

위 식에서 P 는 기압[mbar]이며, T 는 절대 온도 [K]를 나타낸다. P_0 는 1,013 mbar이고, T_0 는 273.15 K이다.

2-2-2 에어로졸 흡수 및 산란 모델

에어로졸은 고체, 액체의 입자 또는 그 집합체로 발생원이 매우 다양하며, 입자의 크기 범위도 0.001 ~ 100 μm 에 이르는 등 매우 광범위하다. 또한 에어로졸은 화학적 성질과 크기, 농도에 따라 대기 전파 특성에 큰 영향을 미치며, 대표적으로 안개를 들 수 있다.

에어로졸의 흡수에 대한 일반식은 다음과 같다^[3].

$$\alpha_n(\lambda) = 10^5 \int_0^\infty Q_a\left(\frac{2\pi r}{\lambda}, n\right) \pi r^2 \frac{dN(r)}{dr} dr \text{ [km}^{-1}\text{]} \quad (9)$$

위 식에서 n 은 굴절률의 허수부를 나타내고, $\frac{dN(r)}{dr}$ 은 단위 체적 당 입자 크기 분포를 나타내며, 단위는 cm^{-4} 이다. r 은 입자 반경이며 $Q_a\left(\frac{2\pi r}{\lambda}, n\right)$ 는 에어로졸 입자의 흡수 단면적으로 입자 크기, 굴절률 및 입사 파장에 대한 함수이다.

에어로졸 산란에 대한 모델은 흡수 모델과 유사하며 다음과 같다^[3].

$$\beta_n(\lambda) = 10^5 \int_0^\infty Q_s\left(\frac{2\pi r}{\lambda}, n\right) \pi r^2 \frac{dN(r)}{dr} dr \text{ [km}^{-1}\text{]} \quad (10)$$

여기서 $Q_s\left(\frac{2\pi r}{\lambda}, n\right)$ 는 산란 단면적이며, n 은 굴절률의 실수부이다. ITU-R에서는 에어로졸 산란 모델에 대해 가시도, 습도와 관련된 3가지 경험 모델을 제안하고 있다. 본 논문에서는 AL NABOULSI 모델을 사용하였으며, 안개의 대표적인 두 가지 형태에 대한 경험 모델은 다음과 같다^[3].

$$\beta(\lambda)_{\text{advection}} = \frac{0.11478\lambda + 3.8367}{V} \text{ [km}^{-1}\text{]}$$

$$\beta(\lambda)_{\text{convection}} = \frac{0.18126\lambda^2 + 0.13709 + 3.7502}{V} \text{ [km}^{-1}\text{]} \quad (11)$$

여기서 V 는 가시도[km], λ 는 파장[μm]이다. 가시도는 절대 습도[g/m^3]로부터 구할 수 있다^[5].

2-2-3 강우 감쇠 모델

IR 및 UV 대역 강우 감쇠(specific attenuation) 모델은 다음과 같이 단순한 모델로 주어진다^[3].

$$\gamma = 1.076 * R_p^{0.67} \text{ [dB/km]} \quad (12)$$

여기서 R_p 는 시간을 p %에 해당하는 강우율[mm/h]을 나타낸다.

2-3 UV 대역

2-3-1 Rayleigh 산란

대기 입자에 의한 Rayleigh 산란에 투과율은 다음과 같다^[6].

$$T_{R\lambda} = \exp(-m_{R\tau_{R\lambda}})$$

$$= \exp(-m_R P / (a_1 \lambda^4 + a_2 \lambda^2 + a_3 + a_4 \lambda^{-2})) \quad (13)$$

여기서 m_R 은 optical mass[dimensionless], $P = p/p_0$ 로 p 는 기압[mb]이며 $p_0 = 1,013.25$ mb이다. 또한, a_i 는 상수로 주어지며, $\tau_{R\lambda}$ 는 Rayleigh optical thickness[dimensionless]이다.

2-3-2 대기 입자에 의한 감쇠

대기 입자에 의한 감쇠는 오존(O_3)과 이산화질소(NO_2)가 가장 큰 영향을 미친다. 오존의 흡수는 Bouguer 법칙이 사용되며 다음과 같다^[6].

$$T_{0\lambda} = \exp(-m_0 \tau_{0\lambda}) = (-m_0 u_0 A_{0\lambda}) \quad (14)$$

여기서 $\tau_{0\lambda}$ 는 오존의 optical thickness[dimensionless], m_0 는 optical mass[dimensionless]이며, u_0 는 reduced path length[atm-cm]이다. $A_{0\lambda}$ 는 스펙트럼 흡수 계수이며, 온도에 대한 함수이다.

이산화질소에 대한 감쇠도 오존과 마찬가지로 Bouguer 법칙이 사용되며 다음과 같다^[6].

$$T_{m\lambda} = \exp(-m_n u_n A_{n\lambda}) \quad (15)$$

여기서 m_n 는 이산화질소의 optical mass이며 u_n 은 reduced path length[atm-cm]이다. $A_{n\lambda}$ 는 스펙트럼 흡수 계수이며 온도에 대한 함수이다.

2-3-3 에어로졸에 의한 감소

에어로졸의 투과율은 에어로졸의 optical thickness로부터 구할 수 있으며 다음과 같다⁶⁾.

$$T_{a\lambda} = \exp(-m_a \tau_{a\lambda})$$

$$\tau_{a\lambda} = \beta_i (\lambda/\lambda_1)^{-\alpha_i} \quad (16)$$

여기서 $\lambda_1 = 1 \mu m$, m_n 는 에어로졸의 optical mass이다. β 는 흐림의 정도를 나타내는 계수이며, 상대 습도와 관련이 있다.

III. 국내 대기 환경의 통계적 분석

3-1 월평균 및 연평균 특성

앞에서 언급한 전파 특성 예측 모델에서 해외의 대기 모델을 적용하여 전파 특성을 예측할 경우, 같은 기후대의 데이터를 사용하더라도 상당히 큰 오차가 발생한다. 따라서 전파 특성의 정확한 분석을 위해서는 국내의 대기 환경에 대한 측정치를 기반으로 한 통계적 분석 자료가 필요하다. 이를 위해서 기온, 습도, 기압, 풍속, 강설에 대한 월평균, 연평균, 표준편차, 확률 분포 및 누적 분포에 대한 국내 대기 환경의 통계적 분석을 수행하였다. 강우의 경우 무선 채널의 가용도 측면에서 시간율 특성이 중요하므로 시간율에 대해 분석하였다.

표 1은 앞에서 언급한 각 전파 특성 예측 모델의 주파수 대역별 입력 변수를 정리한 것이며, 입력 변수에 따른 국내 환경에 대한 대표적인 값들은 표 2에 나타내었다.

자료의 양이 많아 표 2에는 기온, 습도, 기압, 풍속, 강설의 2000~2007년에 대한 연평균과 표준 편차만 나타내었다. 표 2에서 보는 바와 같이 풍속, 기온, 습도에서 제주도(고산)가 전반적으로 높게 나타나는 것을 알 수 있다. 기압은 대체적으로 산악 지형인 추풍령과 인제가 낮게 나타났으며, 속초는 산악 지형이면서 해안가 쪽에 위치하고 있어 다른 산악

표 1. 예측 모델의 입력 변수

Table 1. Input parameter of prediction model.

모델 \ 대역	RF/MM파	IR 대역	UV 대역
대기 입자 및 에어로졸	주파수 온도 절대 습도 기압	파장, 온도 절대 습도 기압, 굴절률 입자크기 분포	파장, 기압 온도 상대 습도 높이
강우	주파수 강우율	강우율	강우율
강설	주파수 강설량	주파수 강설량	주파수 강설량
신틸레이션	주파수 풍속, 높이	주파수 풍속, 높이	주파수 풍속, 높이

표 2. 연평균 및 표준 편차

Table 2. Annual average and standard deviation.

지역		풍속	기온	습도	기압	강설 강도
서울	평균	2.22	12.76	62.13	1,005.08	0.90
	표준 편차	1.45	10.55	19.24	26.92	1.48
부산	평균	3.41	14.99	62.96	1,006.98	2.46
	표준 편차	2.07	8.16	21.43	12.98	3.54
대전	평균	2.05	13.07	66.44	1,007.91	0.94
	표준 편차	1.73	10.27	20.80	14.03	2.27
대구	평균	2.06	14.50	58.62	1,009.00	0.70
	표준 편차	1.49	9.81	21.81	9.35	0.89
광주	평균	2.03	14.06	66.83	1,007.63	1.37
	표준 편차	1.56	9.74	19.26	9.44	2.07
추풍령	평균	2.22	11.77	65.08	986.90	1.01
	표준 편차	2.04	10.29	20.80	8.52	1.57
인제	평균	1.85	10.61	66.52	991.54	1.12
	표준 편차	1.60	11.11	19.60	33.02	1.36
속초	평균	2.06	12.24	62.46	1,012.79	2.35
	표준 편차	1.72	9.17	23.90	12.35	3.41
서산	평균	2.55	12.18	74.06	1,013.18	0.88
	표준 편차	2.11	10.33	19.04	11.19	1.04
포항	평균	2.72	14.26	61.49	1,013.38	1.14
	표준 편차	1.49	9.39	22.74	43.02	2.28
춘천	평균	1.11	10.96	68.63	1,006.78	0.98
	표준 편차	1.14	11.51	22.42	11.32	1.49
제주도(고산)	평균	7.53	15.66	73.60	1,007.10	0.36
	표준 편차	4.97	7.66	14.92	10.37	0.54

지형에 비해 높게 형성된 것으로 보인다. 도심 지형의 경우, 대체적으로 비슷한 분포를 보이고 있으나, 분지 지형인 대구에서 습도가 다른 지역에 비해 낮은 것을 알 수 있다. 강설 강도[mm/h]는 적설량을 이용하여 계산한 것이다. 속초와 부산 지역이 평균이 큰 것을 볼 수 있는데, 속초의 경우 지형적 요인이 크다. 부산은 특정 기간의 폭설로 인하여 높은 평균을 보이는 것이다.

3-2 확률 분포, 누적 분포 및 시간을 특성

대기 기상 변수의 연중 시간을 특성 등의 통계적 특성 분석을 위해서는 확률 및 누적 분포에 대한 분석이 필요하다. 확률 분포 및 누적 분포에 대한 분석은 표 1에 나와 있는 6개 지형, 12개 지역에 대해서 분석을 하였으나, 본 논문에서는 지면의 제한으로 일부 지역에 대한 자료만 나타내었다. 그림 1은 참고로 서울 지역에 대한 확률 분포를 나타낸 것이다.

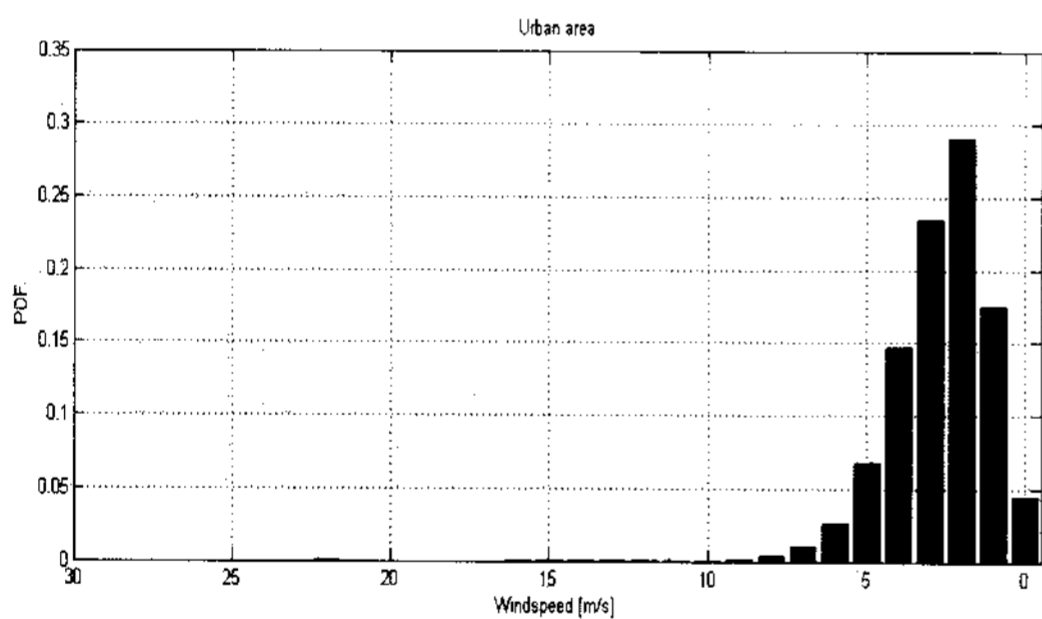
누적 분포는 연중 시간과 관련된 개념으로 무

선 채널의 가용도 등의 분석에 사용된다. 누적 분포는 주어진 기상 변수에 대해 어떤 값 이상의 사건이 발생할 확률을 나타내며 확률 분포를 누적한 것이다. 그림 2는 참고로 서산 지역에 대한 누적 분포를 나타낸 것이다.

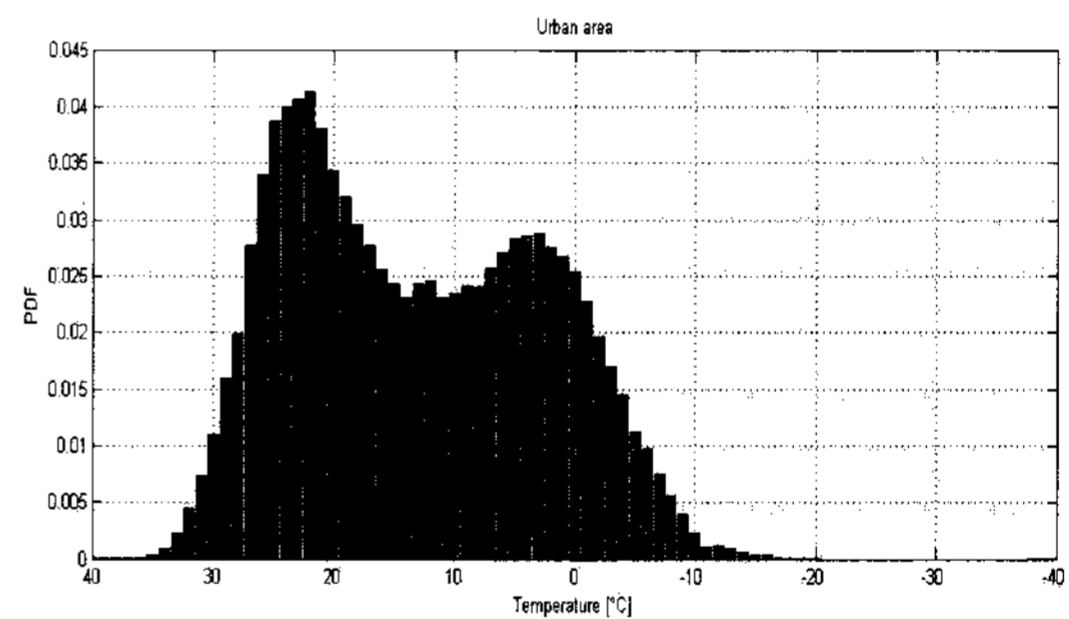
강우의 경우, ITU-R에서 장기간의 누적 데이터를 바탕으로 한 1분 강우율 데이터 사용을 권고하고 있으나, 현 기상대의 장기간 데이터는 누적 시간이 긴 강우율 데이터이기 때문에 충남대와 ETRI의 공동 연구를 통해 도출한 임의의 누적 시간에 대한 강우율을 1분 데이터로 변환한 강우율 데이터를 사용하였다^{[7],[8]}. 그림 3은 변환된 누적 시간 1분의 강우율의 시간을 특성을 나타낸 것이며, 강우율의 경우 서울과 제주도/여수 지역의 강우율이 대체적으로 크게 나타나는 것을 알 수 있다.

IV. 국내 대기 환경의 전파 특성 분석

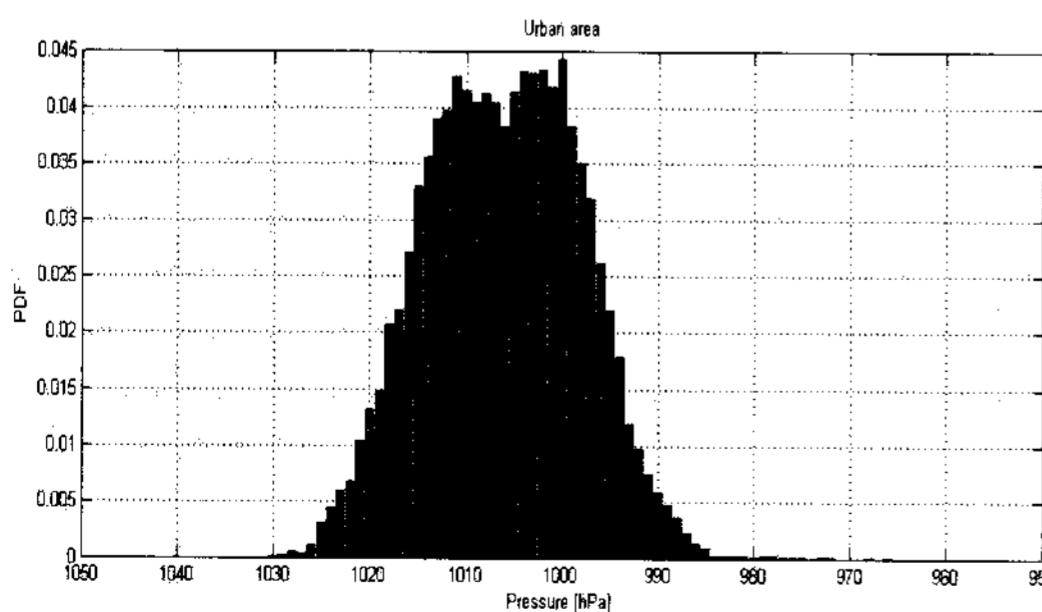
앞에서 언급한 전파 특성 예측 모델의 입력 파라



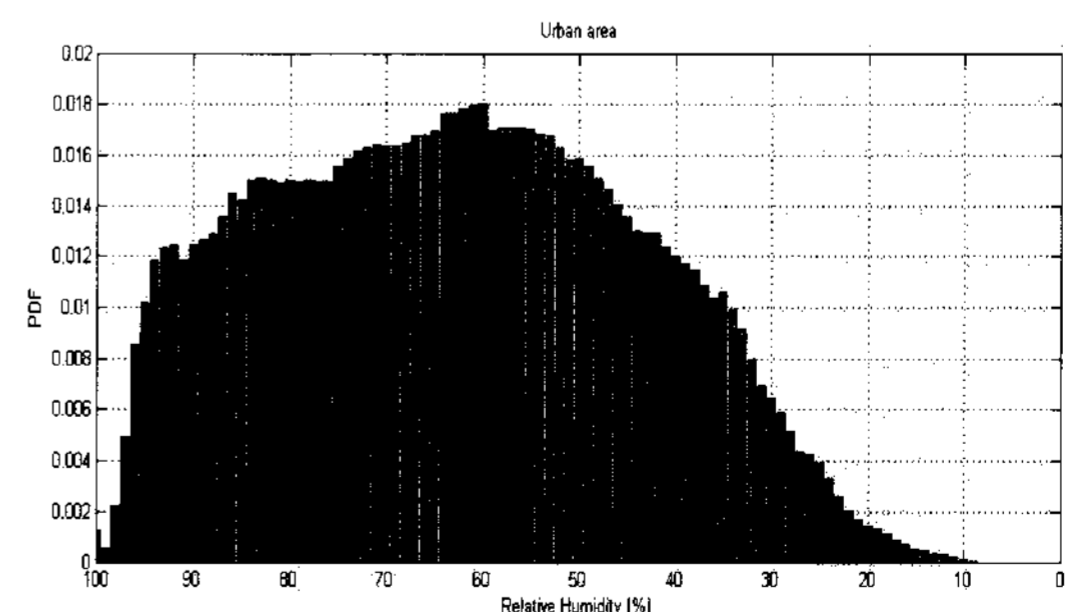
(a) 풍속 [m/s]
(a) Wind speed [m/s]



(b) 기온 [°C]
(b) Temperature [°C]

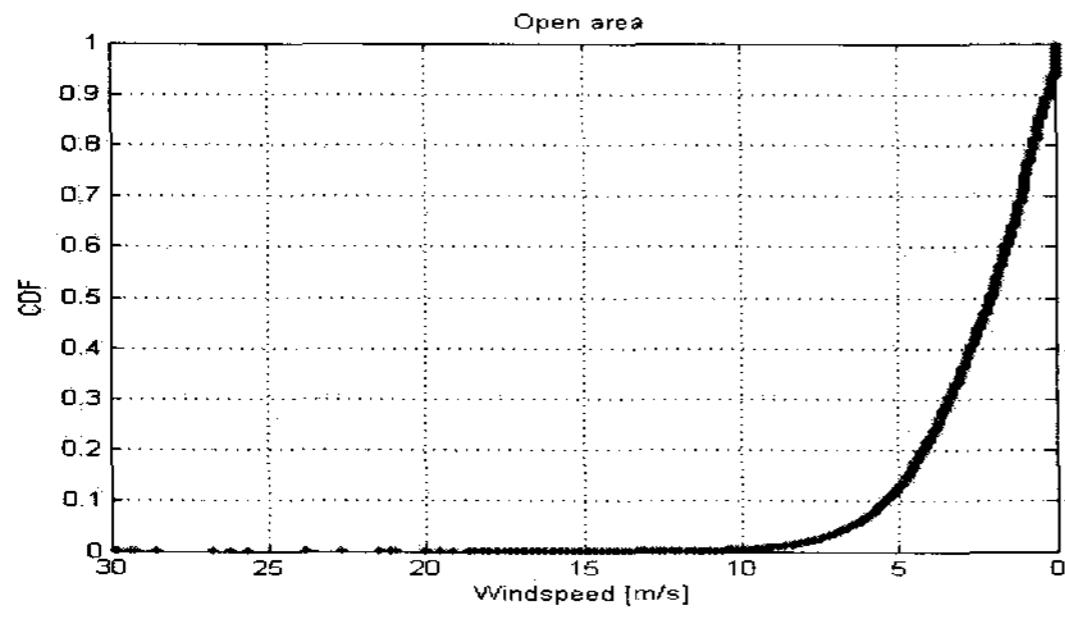


(c) 기압 [pHa]
(c) Atmospheric pressure [pHa]

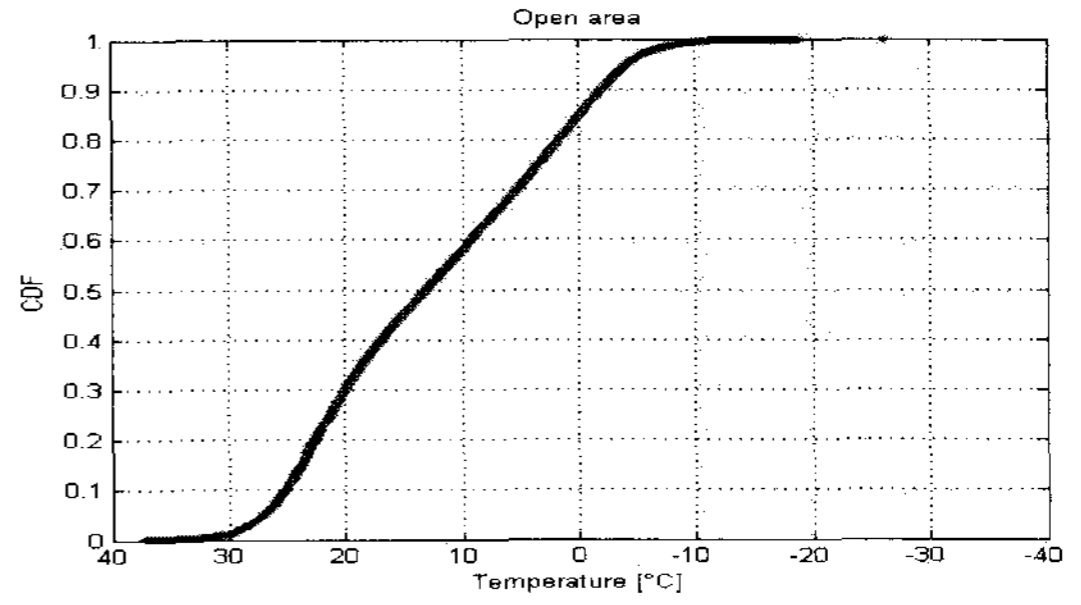


(d) 상대 습도 [%]
(d) Relative humidity [%]

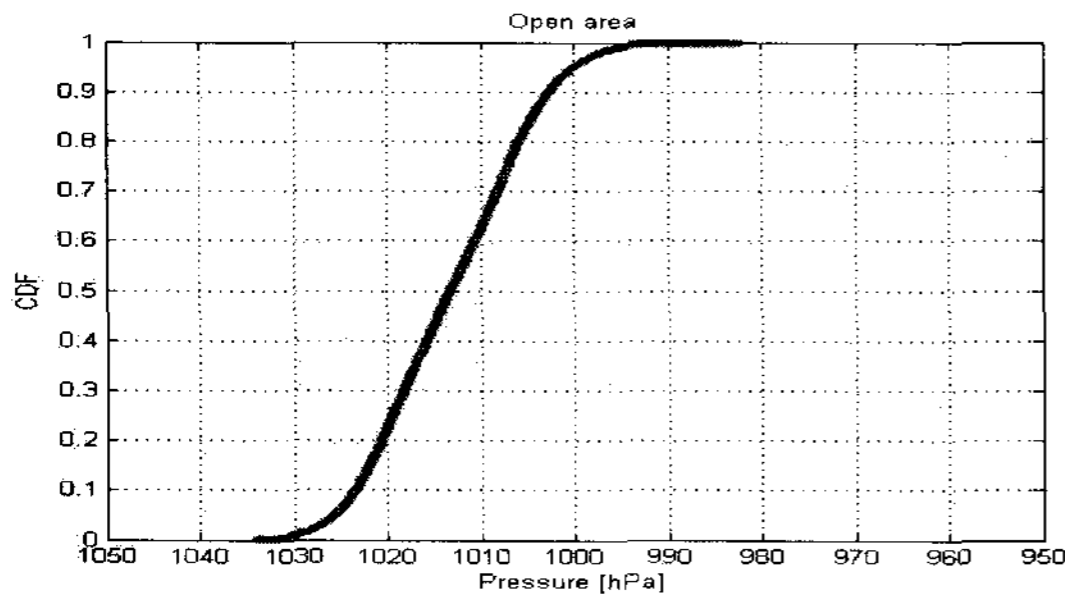
그림 1. 도심 지형(서울)
Fig. 1. Urban area(Seoul).



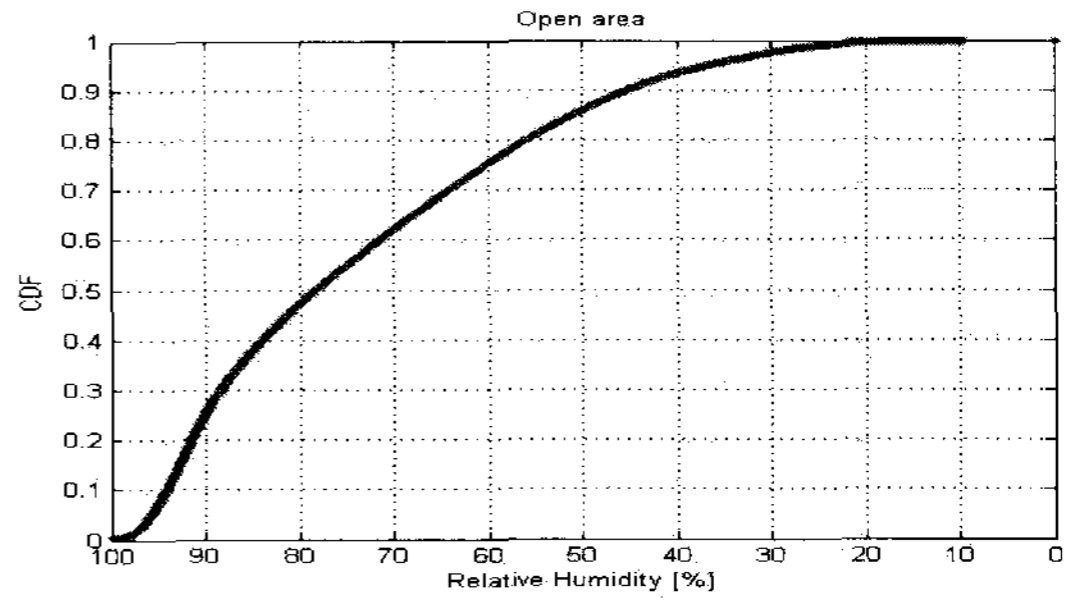
(a) 풍속 [m/s]
(a) Wind speed [m/s]



(b) 기온 [°C]
(b) Temperature [°C]



(c) 기압 [pHa]
(c) Atmospheric pressure [pHa]



(d) 상대 습도 [%]
(d) Relative humidity [%]

그림 2. 개활지 지형(서산)
Fig. 2. Open area(Seosan).

미터인 기온, 습도, 기압, 풍속, 강설에 대한 국내 대기 환경에서의 통계적 분석과 에어로졸에 대한 분포 및 굴절률 데이터를 바탕으로 RF/MM파, IR 및 UV 대역의 전파 특성을 분석하였다. 기온, 습도, 기압, 풍속의 경우 항상 대기 환경에 영향을 미치는 파라

미터이므로 평균 데이터가 중요한 의미를 가지며, 연평균 데이터를 이용하여 분석하였다. 강우의 경우, 앞의 파라미터와는 다르게 시간 및 공간에 따라 다른 영향을 미치므로 무선 채널의 가용도 측면에서 시간을 데이터를 이용하여 분석하였다. 강설의 경우, 강우와 같이 시간을 데이터를 이용해야 되지만, 강우와 다르게 강설의 경우 하루 단위로 측정된 데이터로 시간을 데이터를 구할 수 없어 연평균 데이터를 사용하였다.

강우 감쇠 계산에는 그림 3에 나타낸 것 중 시간을 0.01 %의 강우율을 사용하였다. IR 대역의 에어로졸에 대한 감쇠 분석에 사용한 지형별 에어로졸 분포 특성과 굴절률 데이터는 문헌에 나와 있는 데이터를 이용하였다^{[9],[10]}.

그림 4는 RF/MM파 대역의 대기 입자(산소, 수증기 등), 강우, 강설 및 신타레이션 감쇠를 모두 고려한 지형별 전체 대기 감쇠 특성을 보인 것이다. 감쇠의 주요 요인은 강우에 기인하며, 대기 가스 흡수 주

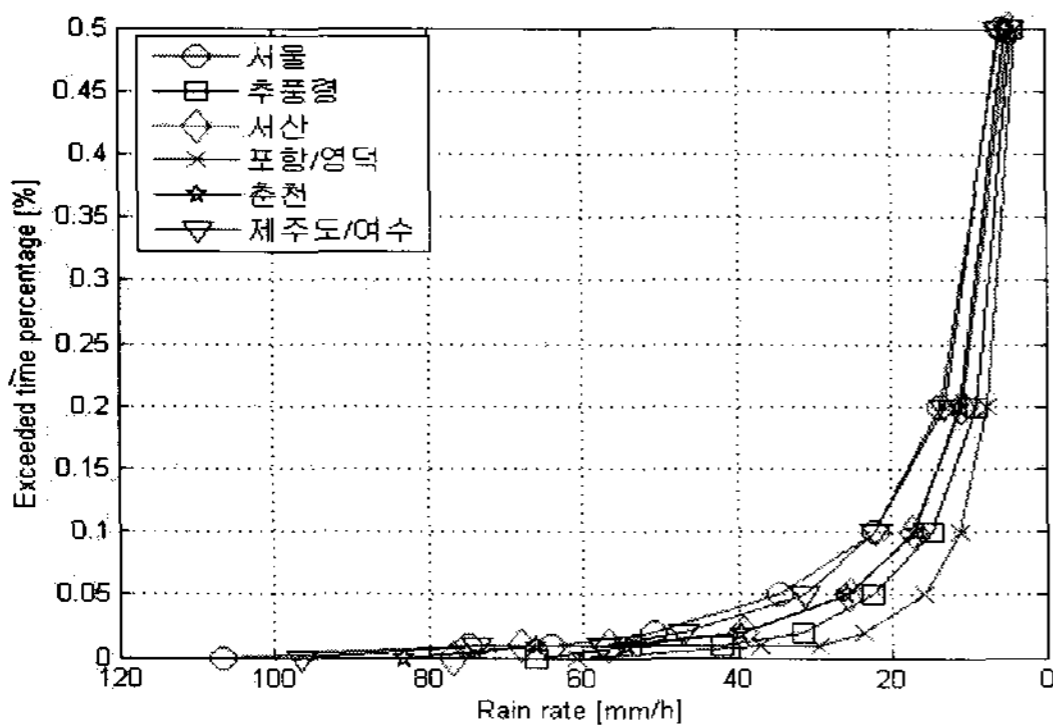


그림 3. 강우율의 시간율 특성
Fig. 3. Exceeded time percentage characteristics for rain rate.

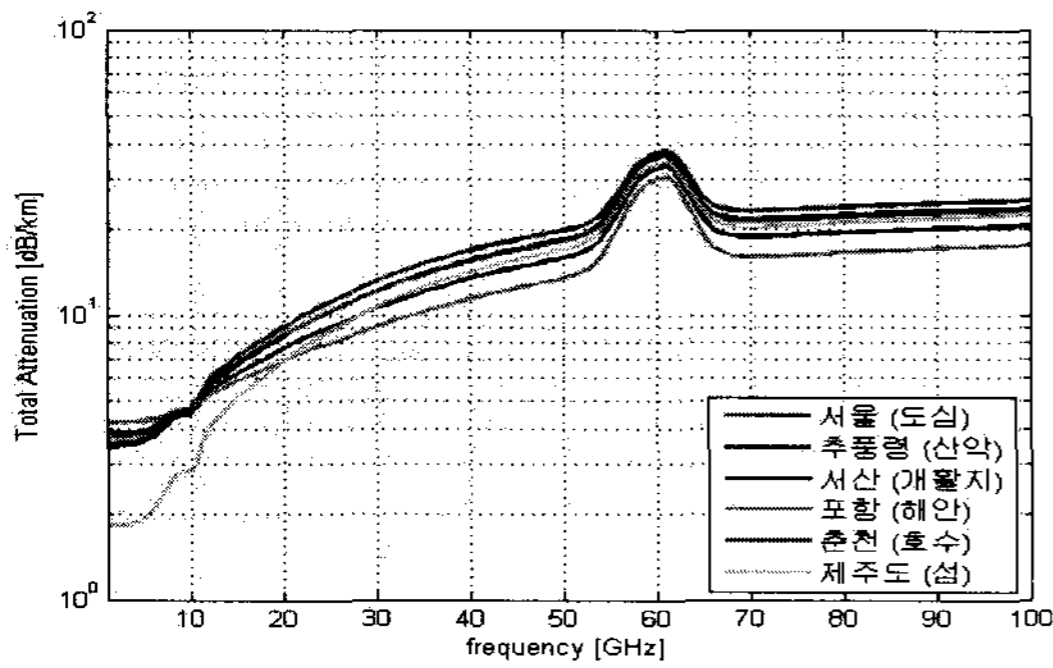


그림 4. RF/MM파 대역 대기 감쇠
Fig. 4. Atmospheric attenuation in RF/MM band.

파수대인 60 GHz 부근에서 감쇠가 가장 큰 것을 알 수 있다. 대체적으로 다른 지역에 비해 강우율이 큰 서울에서 감쇠가 큰 것을 알 수 있다.

그림 5는 IR 대역의 대기 입자, 에어로졸, 강우, 강설 및 산티레이션 감쇠를 포함한 전체 감쇠 특성을 나타낸 것이다. RF/MM파와 같이 강우 감쇠가 가장 큰 영향을 미쳤으며, 두 군데 감쇠가 심한 부분은 앞서 언급한 transmission window와 관련된 부분으로 대기 입자의 흡수에 의한 영향으로 투과가 되지 않는 부분이다.

그림 6은 UV 대역에서 대기 입자에 의한 Rayleigh 산란, 오존 및 이산화질소 등에 의한 흡수, 에어로졸, 강우, 강설 및 산티레이션 감쇠를 포함한 전체 감쇠 특성을 나타낸 것이다. UV 대역의 경우, 강우와 산티레이션에 의한 감쇠가 가장 큰 영향을 미쳤으며, 파장에 따라 큰 변화는 없었다. 다른 지역에 비해 풍속, 습도, 기압이 높은 제주도가 감쇠가 가장 크고,

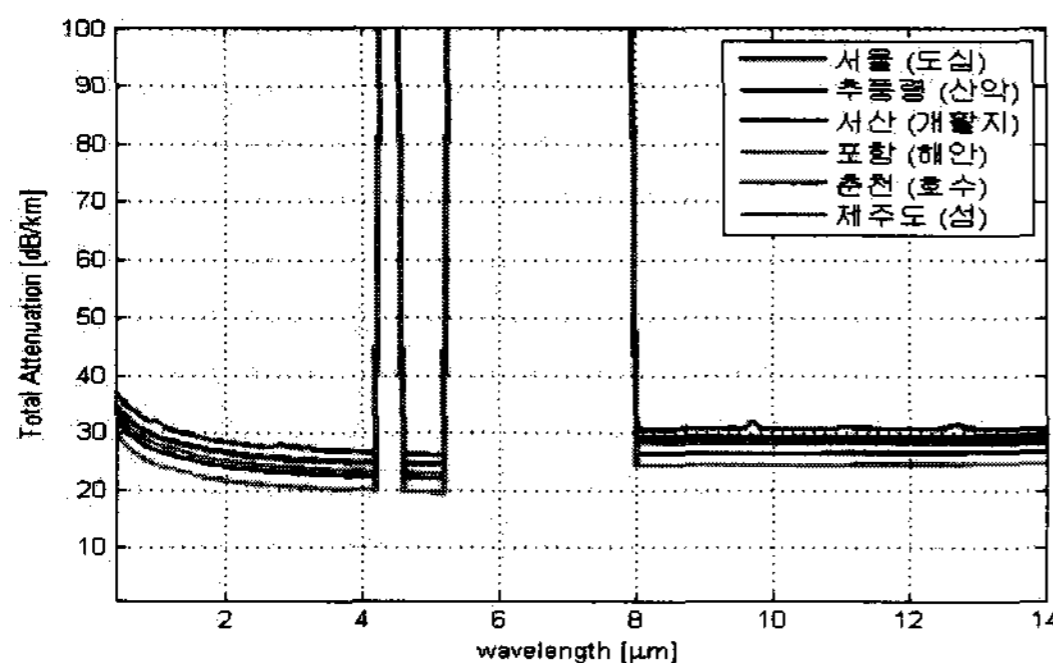


그림 5. IR 대역 대기 감쇠
Fig. 5. Atmospheric attenuation in IR band.

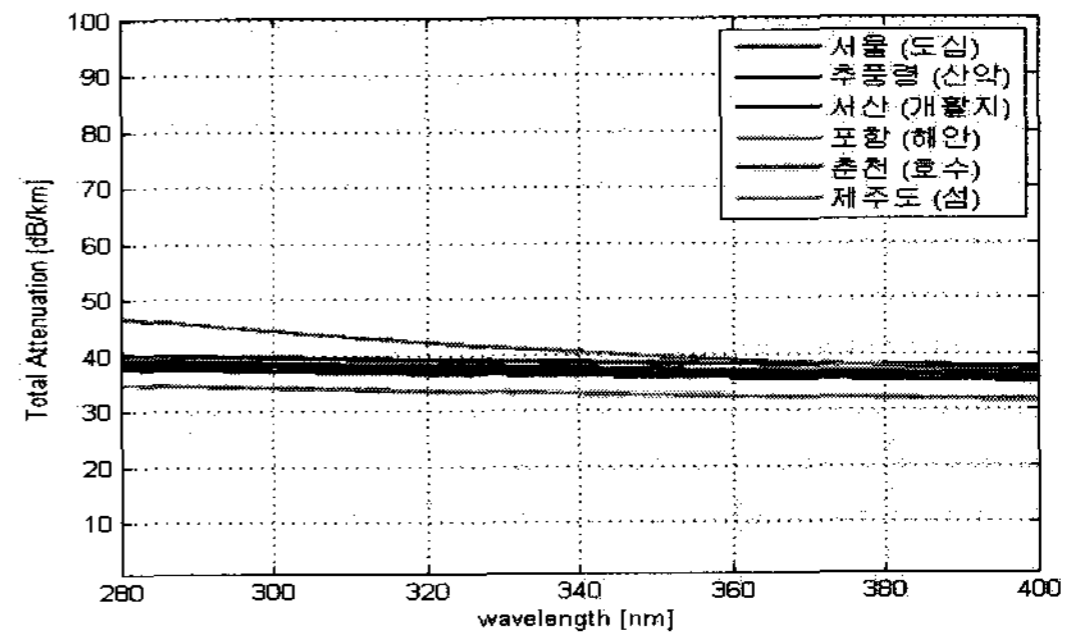


그림 6. UV 대역 대기 감쇠
Fig. 6. Atmospheric attenuation in UV band.

파장에 따른 감쇠 변화가 큰 것을 알 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 국내 대기 환경에 대해 6개 지형으로 분류하고, 국내 대기 환경에 대한 전파 특성 분석을 위해 예측 모델의 중요한 입력 파라미터인 기온, 습도, 기압, 풍속 등에 대한 2000년부터 2007년도의 1분 간격으로 측정된 기상대 데이터를 확보하였다. 확보된 데이터를 바탕으로 월평균, 연평균, 표준 편차, 확률 분포 및 누적 분포에 대한 통계적인 분석을 수행하였으며, 지형별, 대역별 감쇠 특성 차이를 확인하였다. 또한, 기온, 습도, 기압, 풍속, 강설의 연평균과 강우율의 시간을 0.01 %에 따른 전파 특성을 분석하고 예측하였다.

또한, 전파 경로상의 전파 특성 예측에 있어서 국내 대기 환경의 다양한 상황에 따른 전파 특성도 중요한 자료가 되기 때문에 기온, 습도, 기압, 풍속, 강설의 월별, 계절별, 최악월 등의 세부적인 기상 변화에 의한 분석을 수행할 예정이다. 그리고 현재 분석된 기상 자료는 지상에서 측정된 자료이며, 향후 고층 기상 관측 자료를 이용한 추가 연구를 통해 높이에 따른 대기 환경의 변화 및 전파 특성에 미치는 영향에 대한 연구도 수행할 계획이다.

참 고 문 헌

- [1] ITU-R P.676-7, "Attenuation by atmospheric gases", 2007.
- [2] ITU-R P.838-3, "Specific attenuation model for rain

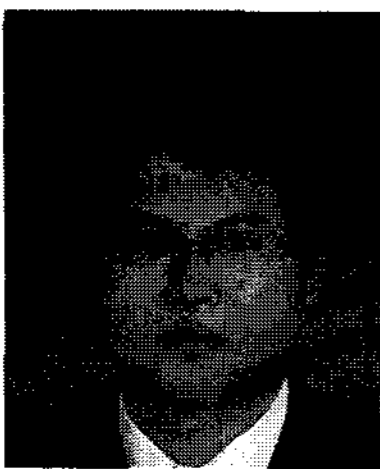
for use in prediction methods", 2005.

- [3] ITU-R 3J/TEMP/53-E, "Development of a weather-model for free space optical propagation".
- [4] ITU-R, P.1621-1 "Propagation data required for the design of Earth-space system operating between 20 THz and 375 THz", 2005.
- [5] Z. W. Zhao, Z. S. Wu, "Millimeter-wave attenuation due to fog and clouds", *Infrared and Millimeter Waves, 2000. Conference Digest. 2000 25th International Conference on*, pp. 469-470, 2000.
- [6] Christian Gueymard, "SMARTS2, A simple model of the atmospheric radiative transfer of sunshine: algorithms and performance assessment", Florida

Solar Energy Center, Dec. 1995.

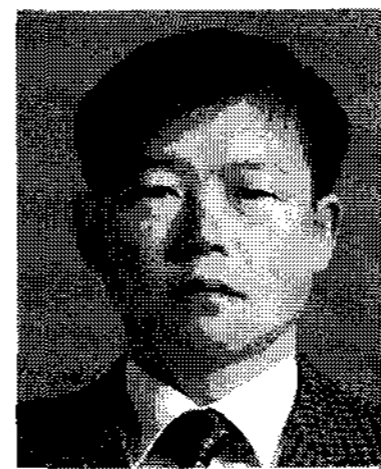
- [7] 이주환, 한일탁, 백정기, "국내 지역별 강우강도 분포(TTAS.KO-06.0122)", 2006년 12월.
- [8] 이주환, 한일탁, 백정기, "누적 시간에 따른 강우 강도 분포 변환 방법(TTAS.KO-06.0123)", 2006년 12월.
- [9] 김지영, 김병철, "한반도에서 측정된 에어로졸의 크기 분포와 지역별 특성", *한국기상학회지*, pp. 95-104. 2002년 2월.
- [10] S. B. Carr, "The aerosol models in MODTRAN: incorporating selected measurements from Northern Australia", *Defence Science and Technology Organisation*, Dec. 2005.

최 문 영



2007년 2월: 충남대학교 전자 전파
정보통신공학부 (공학사)
2007년 3월~현재: 충남대학교 전
파공학과 석사과정
[주 관심분야] 전자파 전파 및 산
란, 전파전파 특성 예측 모델링

김 현 수



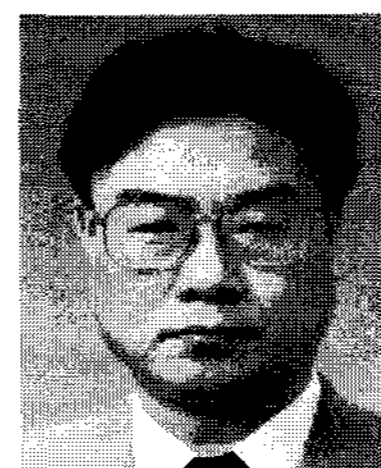
1985년 2월: 경북대학교 물리학과 (이
학사)
1987년 2월: 경북대학교 물리학과 (이
학석사)
2004년 2월: 충남대학교 물리학과 (이
학박사)
1987년 2월~현재: 국방과학연구소
연구원
[주 관심분야] 전자전, EO/IO system

이 길 재



1997년 2월: 공주대학교 정보통신
공학과 (공학사)
1999년 2월: 충남대학교 전파공학
과 (공학석사)
1997년 2월~2005년 6월: (주)에이
에스비 연구원
2006년 12월~현재: 국방과학연구
소 연구원
[주 관심분야] 전자전, 초고주파회로설계

백 정 기



1978년 2월: 서울대학교 전자공학
과 (공학사)
1985년 9월: Virginia Tech. 전자파
전파 (공학석사)
1988년 9월: Virginia Tech. 전자파
전파 (공학박사)
1978년 3월~1983년 2월: 국방과학
연구소
1988년 10월~1989년 2월: 한국전자통신연구원
1989년 3월~1995년 2월: 동아대학교 전자공학과 부교수
1995년 2월~현재: 충남대학교 전파공학과 교수
2002년 3월~현재: 충남대학교 전자파환경기술연구(EM-
ERC) 센터장
[주 관심분야] 전자파 전파, 전자파 산란, 전자파 인체 영
향