

창원-마산 지역에서의 강우에 의한 위성신호의 감쇠량 추정

하연철*, 고봉진

창원대학교 전자공학과 대학원

경남 창원시 사림동 9번지

bjko@sarim.changwon.ac.kr

An Estimation of Rain Attenuation of Satellite Signal in Changwon-Masan

Yeon-Chul Ha*, Bong-Jin Ko

Dept. of Electronic Eng., Changwon National Univ.

9 Sarimdong, Changwon, Kyungnam

bjko@sarim.changwon.ac.kr

Abstract

Signal Attenuation in the design of satellite channel is due mostly to rain. In this paper, the rain rate characteristics based on the recent year(1994-1996) data for Changwon-Masan were approximated to Moupfouma distribution, and the parameters of distribution were calculated from a simple conversion method of 1-h rain rate to 1-min rain rate data. From rain rate characteristics, the rain attenuation was estimated and compared with CCIR model, Global model and SAM model.

강우 강도와 시간율의 관계에 대한 신뢰성 있는 분석이 필요하다. 강우 강도를 구하거나 추정하기 위하여 사용되는 측정 시간 간격을 ITU 에서는 1분 간격을 권장하고 있지만, 우리 나라에서는 거의 이러한 강우 강도 데이터를 측정, 제공하고 있지는 않다.

따라서 본 연구에서는 시간별 강수량 데이터를 가지고 1분 강우 강도로 근사화 시키는 방법을 이용, 1분당 강우 강도와 시간율의 관계를 추정하였으며, 또한 추정된 강우 강도 특성으로부터 창원-마산 지역의 강우 감쇠량을 CCIR 모델, Global 모델 및 SAM 모델을 이용하여, 각각의 강우감쇠 평가 모델에 의한 창원-마산의 강우 감쇠량을 비교 분석하였다.

I. 서론

위성통신용으로 10GHz 이상의 주파수를 사용하는 경우에는 10GHz 이하의 주파수에서는 거의 무시될 수 있는 전파가 대기권을 통과할 때 발생하는 강수에 의한 감쇠 영향을 많이 받는다. 특히 강우의 통계적 특징으로 볼 때 지역, 년, 계절 등에 의해 다양하게 나타나게 되므로 지역의 환경에 맞는 강우 감쇠를 생각해 보아야 한다.

본 연구의 목적은 창원-마산 지역의 강우의 데이터를 토대로 창원-마산 지역에서 일어날 수 있는 강우에 의한 감쇠를 예측해 보았다. 먼저 강우 감쇠는 강우 강도에 의해 그 감쇠 정도가 결정되고, 강우 강도는 시간적, 공간적으로 그의 변동이 매우 다양하기 때문에

II. 강우 강도의 추정

위성 회선 설계에 있어 필요한 데이터 중의 하나는 강우감쇠의 시간을 특성인데, 강우감쇠 데이터가 측정되고 있는 경우는 거의 없으며, 보다 널리 사용될 수 있는 방법인 강우 강도 데이터를 이용하여 추정하는 것이 보통이다. 먼저 강우 강도를 추정하기 위해서 본 연구에서는 1시간 강우 강도 데이터를 이용하여 1분 강우 강도 분포를 도출해 내었다. 오랜 기간 동안 측정된 1분 강우 강도나 1시간 강우 강도의 pdf(probability density function)는 Moupfouma에 의해 제안된 특별한 형태의 pdf에 적용된다는 것을 알 수 있다[1]. Moupfouma 분포(f : pdf, F : 누적 분포)는

$$f(R | r, u) = \frac{r}{R} \exp(-uR) \left\{ \frac{1}{R} + u \right\} \quad (1)$$

$$F(R | r, u) = \int_R^\infty f(R) dR = \frac{r}{R} \exp(-uR),$$

$$(p = F \times 100\%). \quad (2)$$

이때, 여기서 r 과 u 는 분포의 파라메타이다. 위의 특별한 형태의 Moupfouma 분포는 일본의 Yoshio Karasawa와 Takashi Matsudo가 1분 강우 강도 (R_m)와 1시간 강우 강도 (R_h)의 관계를 일본 기상대의 1분 강우 강도 데이터와 1시간 강우 강도 데이터를 이용하여 구하였으며, 위 분포에서 표현가능한 범위는 $F < 1$ 이다[2]. 그에 따르면 파라메타 r 과 u 는 (3), (4), (5)식을 이용하여 구할 수 있다.

$$r_m = 7.24 \times 10^{-4} R_{m,0.01},$$

$$u_m = 1.98 / R_{m,0.01}. \quad (3)$$

여기서, r_m 과 u_m 은 1분강우 강도에 대한 Moupfouma 분포의 파라메타이고, r_h 와 u_h 는 1시간 강우 강도에 대한 Moupfouma 분포의 파라메타이다.

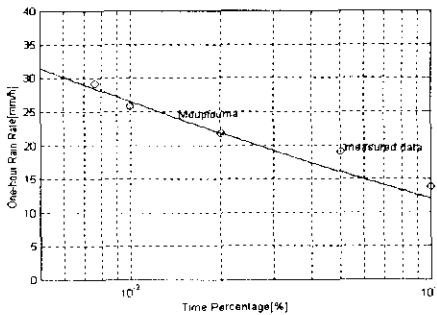
$$r_h = 1.52 \times 10^{-3} R_{h,0.01},$$

$$u_h = 2.72 / R_{h,0.01}. \quad (4)$$

R_m 과 R_h 사이의 pdf상에서 비교해 보면 시간율 0.01%에서 아래와 같은 관계를 얻을 수 있다.

$$R_{m,0.01} / R_{h,0.01} = 1.79 \quad (5)$$

식 (1), (4)를 이용하여 1시간 강우데이터에 의한 Moupfouma 분포를 보면, 그림1과 같이 강우데이터에 의해 구한 것과 잘 일치함을 볼 수 있으며,

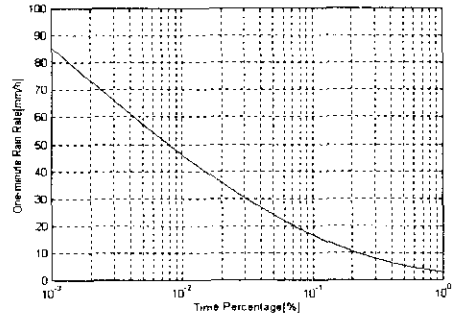


<그림1> 1시간 강우강도에 대한 Moupfouma 분포

식(1), (3), (5)에 의해 1시간 강우강도를 1분 강우강도로 바꾸었고, 그에 대한 Moupfouma 분포를 그림2에 나타내었다.

Karasawa와 Matsudo에 의한 방법으로 구한 1분강우 강도를 CCIR과 Global model에서 제공하는 시간율에

따른 강우 강도와 함께 표.1에서 비교해 보았다[3].



<그림2> 1분 강우강도에 대한 Moupfouma 분포

표.1. 강우강도와 시간율의 관계 비교.

시간율 (%)	Moupfouma	CCIR	Global
0.5	5.3	5	5.2
0.2	10.6	8	9.5
0.1	16.4	12	14.5
0.05	23.9	19	22
0.02	35.8	30	35
0.01	46.2	42	49
0.005	57.3	58	64.5
0.001	86.4	100	108

III. 강우감쇠량 추정.

강우감쇠량 모델중 CCIR 모델, Global 모델, SAM 모델을 이용하여 강우감쇠값을 예측 해보았다. 이러한 모델들은 특정 강우 강도에 대응하는 특정 감쇠량 (aR^b (dB/Km))에 강우 전파경로 길이를 산정하여 추정하는 것이다. 먼저 지구국의 위치에 관한 데이터를 알아보면, 창원은 동경 128.5°, 북위 35.1°에 위치하고 있으며, 무궁화 위성을 기준으로 위성상각은 47.1°, 위성고도는 35,786Km, 지구국 해발고는 0.04Km로 하였다. 사용 주파수는 14GHz와 30GHz로 하였으며, 이 데이터를 기준으로 각각의 모델에 따른 강우감쇠를 추정하였다.

(1) 특정 감쇠량(specific attenuation A)

특정감쇠 A(dB/Km)와 강우강도 R(mm/h)의 관계는 아래 식과 같이 표현된다[4].

$$A = a R^b \quad (6)$$

여기서, a와 b는 주파수(f)와 비의 온도(T)의 함수이다. 그리고, a와 b의 값은 다음과 같이 Laws와 Parsons에 의해 성립된 개략식으로 구하면 다음과 같다.

$$a = 4.21 \times 10^{-5} \times f^{2.42} \quad ; \quad 2.9\text{GHz} \leq f \leq 54\text{GHz},$$

$$= 4.09 \times 10^{-2} \times f^{-0.699} \quad ; \quad 54\text{GHz} \leq f \leq 180\text{GHz},$$

$$b = 1.41 f^{-0.0779} \quad ; \quad 8.5\text{GHz} \leq f \leq 25\text{GHz},$$

$$= 2.63 f^{-0.272} \quad ; \quad 25\text{GHz} \leq f \leq 164\text{GHz}.$$

(2) Global Model

시스템 설계에 주로 사용되는 가변 등운선 기법을 이용하여 감쇠값을 계산하였는데 가변등운선 기법은 계절, 지역 및 연평균 강우 강도에 의해 0_C 등운선 고도가 변화하므로 이에 따라 감쇠 경로 길이가 변화하게 되기 때문에 감쇠값 계산을 위한 경로 길이에 이 여러 0_C 등운선고도를 고려한 것이다[5]. 가변 등운선 고도 기법에 의한 감쇠값 A는 다음과 같다.

$$A = \frac{aR_p^b}{\cos \theta} \left[\frac{e^{Uzb} - 1}{Ub} - \frac{X^b e^{Yzb}}{Yb} + \frac{X^b e^{YZb}}{Yb} \right] \quad (7)$$

θ : 위성앙각,

$$X = 2.3 R_p^{-0.17},$$

$$Y = 0.026 - 0.03 \ln R_p,$$

$$Z = 3.8 - 0.6 \ln R_p,$$

$$U = \ln[X \exp(YZ)] / Z,$$

$$D = \frac{H - H_0}{\tan \theta} \quad (\text{Km}),$$

$H = 0$ C 등운선 고도(Km),

H_0 = 지구국 해발고(Km).

(3) CCIR 모델

CCIR 모델은 실효 경로 길이의 개념을 이용하는 것으로 평년의 0.01%에 대한 점 강우 강도 R_p 를 기준으로 한 것이다[6]. 각 단계별로 보면 1단계로 실효 강우고도 H_R 값은 지구국의 설치 위도(ϕ)에 따라 다음과 같이 구한다.

$$H_R = \begin{cases} 3.0 + 0.028\phi & \text{for } 0 \leq \phi < 36^\circ \\ 4.0 - 0.075(\phi - 36) & \text{for } \phi \geq 36^\circ \end{cases} \quad (8)$$

2단계는 강우고도 아래의 경사 경로 길이를 구한다.

$\theta \geq 5^\circ$ 인 경우

$$L_s = \frac{H_R - H_g}{\sin \theta} \quad (\text{Km}) \quad (9)$$

$\theta < 5^\circ$ 인 경우

$$L_s = \frac{2(H_R - H_g)}{(\sin^2 \theta + \frac{2(H_R - H_g)}{R_e})^{1/2} + \sin \theta} \quad (\text{Km})$$

3단계는 경사 경로 길이로부터 나오는 수평투영길이, L_G 를 다음과 같이 구한다.

$$L_G = L_s \cos \theta \quad (\text{Km}) \quad (10)$$

4단계는 경사 경로 길이에 대한 기본적인 감쇠계수 r_p 값 계산으로서 강우 강도 $R_{0.01}$ 에 대한 $r_{0.01}$ 값을 구한다.

$$r_{0.01} = \frac{1}{(1 + \frac{L_G}{L_0})} \quad (11)$$

여기서, $L_0 = 35 \cdot \exp(-0.015 \cdot R_{0.01})$ 이다.

따라서, 초과 감쇠값은

$$A_{0.01} = a R_{0.01}^b \cdot L_s \cdot r_{0.01} \quad (12)$$

된다.

(4) SAM 모델

이 모델은 NASA의 지원으로 개발된 것으로 계산을 쉽게 하고자 한 것이다[7]. 이 모델의 계산 공식은 $R_p \leq 10\text{mm/h}$ 인 경우와 $R_p > 10\text{mm/h}$ 인 경우로 구분하여 계산한다.

$R_p \leq 10\text{mm/h}$ 인 경우

$$A(R_p) = a R_p^b \cdot L \quad (13)$$

$R_p > 10\text{mm/h}$ 인 경우

$$A(R_p) = a R_p^b \cdot \left[\frac{1 - \exp[-\gamma \cdot b \cdot \ln(R_p/10) \cdot L \cdot \cos \theta]}{\gamma \cdot b \cdot \ln(R_p/10) \cdot \cos \theta} \right] \quad (14)$$

여기서,

$$L = \frac{h_R - H_g}{\sin \theta} \quad (\text{Km})$$

H_g = 지구국 해발고,

θ = 위성앙각,

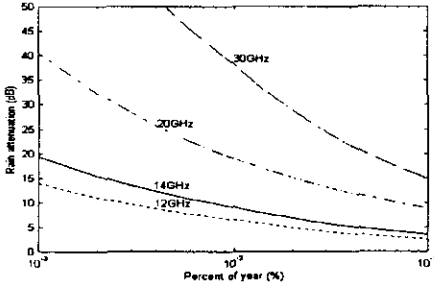
$\gamma = 1/22$ (실험산출량),

h_R = 실효 강우고도.

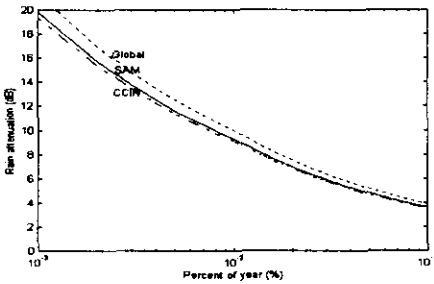
이상과 같은 CCIR, Global, SAM 모델에 대한 강우감쇠값을 14GHz와 30GHz에 대해 표2.에서 비교해 보았다. 그리고 그림3.에서는 주파수가 증가함으로 인해 감쇠값이 증가함을 볼수 있으며, 그림4와 그림5에서 각 모델별 시간율에 따른 감쇠값을 그래프로 나타내어 비교하였다.

표2. 각 모델에 대한 감쇠값

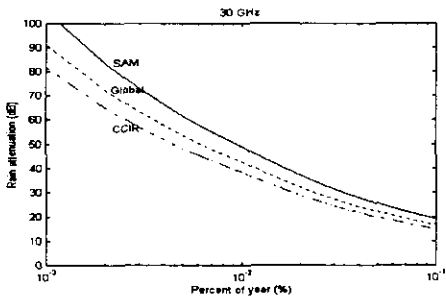
주파수	Global	CCIR	SAM
14GHz	9.99dB	9.06dB	9.26dB
30GHz	42.6dB	38.3dB	49.1dB



<그림3>주파수대별 강우감쇠



<그림4>14GHz에서 시간율에 따른 감쇠값



<그림5>30GHz에서 시간율에 따른 감쇠값

IV. 검토 및 앞으로의 연구 방향.

강우의 영향은 강우강도, 주파수, 년간시간율, 지역에 따라 많은 차이가 나타나므로 위성회선 설계에 있어 년간시간율, 주파수 및 지역에 따른 정확한 강우감쇠를 추정하여 이에 대한 마진을 설정해야 한다.

본 연구에서 추정된 창원-마산 지역의 강우강도는 시간율 0.01%(1년중 52.6분)에서 46.2mm/h로 얻어졌으

며, CCIR에서 제공하는 것보다 4.2mm/h 높게, 그리고 Global 모델에서 제공하는 것보다는 2.8mm/h 낮게 추정되었다. 시간율에 따른 강우감쇠량을 분석하면 시간율을 작게 하거나 주파수를 크게 할수록 강우감쇠량이 커짐을 알 수 있고, 14GHz에서는 거의 9dB에서 10dB의 감쇠가, 30GHz에서는 38dB에서 49dB의 감쇠가 일어남을 볼 수 있다. 이러한 강우에 의한 심각한 열화로 인하여 위성회선의 단절을 야기 시킬 수 있고, 특히 위성통신에서 사용하고 있는 주파수가 고주파수로 가고 있는 현재 추세에서 강우에 의한 감쇠는 매우 심각하다고 하겠다.

다음 연구에서는 Moupfouma의 새로운 방법에 의한 강우강도 추정으로 강우감쇠를 예측하고, 다른 도시들과 비교 하고자 한다.

참고문헌

- [1] F.Moupfouma, "Model of rainfall-rate distribution for radio system design," IEE Proceedings, Vol. 132, Pt.H, No. 1, pp. 39-43, Feb. 1985.
- [2] Y.Karasawa and T.Matsudo, "One-minute rain rate distributions in Japan derived from AMeDAS one-hour rain rate data," IEEE Trans. on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 29, No. 6, pp. 890-898, 1991.
- [3] T.Pratt and C.W.Bostian, *Satellite communication*, John wiley & sons, 1986.
- [4] R.L.Olson, D.V.Rogers, and D.B.Hodge, "The αR^b Relation in the Calculation of Rain Attenuation," IEEE Trans. on Antenna and Propagation, Vol. AP-26, No. 2, pp. 318-329, March 1978.
- [5] R.K.Crane, "Prediction of Attenuation by Rain," IEEE Trans. on Comm., Vol. COM-28, No.9, pp. 1717-1733, Sep. 1980.
- [6] ITU, "Propagation data and prediction methods required for the design of earth-space telecommunications systems," Rec.ITU-R.618-3, pp. 329-343, 1994.
- [7] W.Lstutzman and W.K.Dishman, "A Simple Model for Estimation of Rain-induced Attenuation along Earth-Space paths at Millimeter wavelengths," Radio Science, Vol. 17, No. 6, pp, 1465-1476, Nov.-Dec. 1982.