

강우강도 최악월 분포와 년 분포간의 상관관계 분석

이주환, 최용석, 김재명

한국전자통신연구원, 무선방송기술연구소, 위성통신시스템연구부

Statistical Relation between Worst Month and Annual Distribution for Rainfall Rate

Joo-Hwan Lee, Yong-Seok Choi, Jae-Moung Kim

Satellite Communication System Department, Radio Broadcasting Technology Lab., ETRI

Tel : 042-860-6166, Fax : 042-860-6403, E-mail : joohee@etri.re.kr

Abstract

Since it has been very difficult to collect Korean rain data for winter season, e.g. from November to March, it would be very useful to design satellite communication links if there is a method to extract annual distribution from rain data collected for a specific month.

This paper presents a conversion method to annual rainfall rate distribution from rain data for worst month of a year, and illustrates some analysis of the conversion results.

I. 서 론

10 GHz 이상의 주파수를 사용하는 위성통신 전송로에 있어서 강우에 의한 신호 열화는 위성통신시스템의 성능 목표에 커다란 장애 요소로 작용한다. 강우에 의한 신호 열화량은 강우의 크기, 온도, 형태 등에 의해 좌우되며, 특히 순간적으로 내리는 강우의 세기, 즉, 강우강도에 좌우된다.

강우강도와 강우감쇠량과는 아래의 관계식으로 주어지며[1],

$$A(R) = aR^b \cdot L \quad (1)$$

이 때, a 와 b 는 주파수 및 편파 의존 상수이고, R 은 강우강도[mm/hr]를 L 은 강우에 의해 영향을 받는 유효 경로길이[km]를 나타낸다.

강우강도 분포 특성을 추정하기 위해서는 적어도 10년 이상의 장기간 데이터로부터 유도된 분포에 의해 가능하며, 그 이하의 단기간 측정데이터로는 어느 특정해의 분포에 의해 좌우될 우려가 있다.

국내의 경우 10년 이상의 강우 측정데이터는 기

상청에서 보유하고 있는 강우 자기지를 이용하므로써 가능하고, 이를 이용한 연구 결과는 참고문헌 [2], [3], [4]에서 이미 기술된 바가 있다.

그러나 실제로 기상청에서 보유하고 있는 강우 자료는 동절기 강우량을 제외한 4월부터 10월까지 7개월의 기간에 해당하는 것들이다. 따라서 제외된 동절기 강우량에 대한 검토의 필요성이 있으며, 또한 어떤 적절한 한달간의 데이터로부터 년 분포를 추정할 수 있는 방법이 도출된다면 더욱 효율적일 것이다.

본 논문에서는 동절기를 제외한 7개월간의 강우 자료를 이용하여 강우강도의 년 시간을 분포를 추정하는 방안에 대해 검토하고, 어떤 적절한 1개월 데이터만으로 일년 전체의 강우강도 분포를 추정하는 방법에 대해 분석한다.

II. 년 분포 통계처리 방안

국내 강우강도 분포 추정을 위하여, 전국 주요 도시(서울, 대전, 대구, 부산)에 소재한 기상청에서 보유하고 있는 10년간의 강우 자기지를 수집하였다. 이러한 강우 자기지는 아날로그 방식으로 기록되어 있어 강우의 발생에 따라 순차적으로 증가하는 곡선으로 주어진 것이다. 또한, 앞서 기술한 대로 각 도시별 강우자료는 동절기를 제외한 7개월에 해당하는 자료이므로, 강우 자기지로부터 강우강도를 추출하는 방법 및 강우강도 분포의 통계 처리, 그리고 7개월 자료에 의한 분포와 12개월 자료에 의한 분포를 비교 분석할 필요가 있다.

2.2. 강우강도 추출

강우 자기지로부터 강우강도를 추출하기 위하여, 자기지의 눈금이 20분 간격임을 확인하고 아래의 절차를 수행하였다.

- 각 눈금(20분 단위)별 우량 기록 (R_i)
- 전 눈금(R_{i-1})과 현 눈금(R_i)의 차이값 기록 : $A = R_i - R_{i-1}$
- 강우강도 추출 : $RR_i = \frac{A \times 60}{20}$

2.3. 통계처리 절차

추출된 강우강도를 이용하여 년 시간을 분포를 추정하는 방법은 아래와 같이 주어진다.

1) 강우강도 데이터 샘플의 오름차순 정렬

2) 각 강우강도의 년 시간을 계산 :

$$p_x = \frac{N_x \times 10 \times 100}{T \times 24 \times 60} \% \quad (2)$$

여기서, x 는 강우강도의 샘플값이고, N_x 는 x 가 발생한 횟수, p_x 는 x 값을 초과하는 년 시간율(%)이다.

3) 해당 강우강도 초과 시간을 계산 :

$$p_{x \geq R} = \sum_{x=R}^{R_{max}} p_x \% \quad (3)$$

이 때, $p_{x \geq R}$ 는 x 가 R 값을 초과할 시간율(%)이며, R_{max} 는 최대 강우강도를 의미한다.

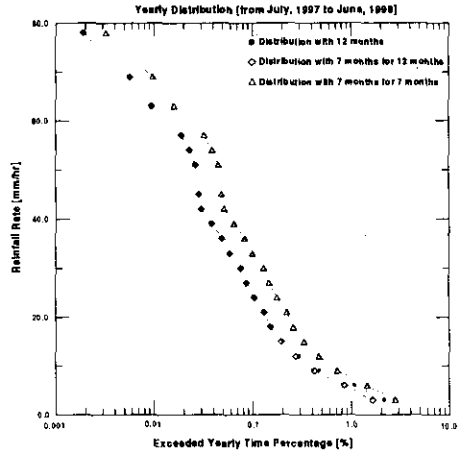
2.4. 7개월 및 12개월 분포의 비교

ETRI에서는 무궁화 위성비콘 수신시스템[5](이하 ETRI 시스템)을 이용하여, '97년 7월부터 '98년 6월까지의 1년간(12개월) 강우강도 데이터를 수집하였다. 이를 이용하여 동절기 강우자료를 제외한 7개월의 기간에 대한 통계 분포(이하 7개월 분포)와 12개월 전체의 분포(이하 전체 분포)를 (그림 1)에서 비교하였다.

또한, (그림 1)에서는 7개월 분포에 대해, 수식 (2)의 분모를 $T = 365$ 일로 계산한 것과 7개월 ($T = 214$ 일)로 산정한 두가지 경우로 나타내었다.

(그림 1)에서, 년 0.5% 이하의 낮은 시간율에 대해 $T = 365$ 일로 계산한 7개월 분포와 전체 분포가 일치함을 알 수 있다.

따라서, 0.5% 이상의 시간율에 대해서는 강우에 의한 영향이 적음을 고려하면, 7개월 분포로써 강우강도 년 시간율 분포로 대처할 수 있게 된다.



(그림 1) 강우강도 분포의 비교(ETRI)

III. 최악월 및 년 시간을 분포

년 중 적절한 한달 강우 자료를 이용하여 강우강도 년 분포를 추정하는 방법은 ITU-R에서 이미 권고된 바가 있다[6]. 그러나 이는 국내 지역 데이터를 근거로 한 것이 아니므로 이에 대한 보완의 여지가 있다.

3.1. 최악월 분포의 년 분포 변환 방법

ITU-R에서 권고하는 강우강도 최악월 분포의 년 분포 변환 방법은 다음과 같다.

즉, 최악월 시간율(p_w)과 년 시간율(p_y)은 아래의 관계로 주어져 있으며,

$$p_y = p_w / Q \quad (4)$$

이 때의 파라미터 Q 는

$$Q = Q_1^{1/(1-\beta)} \cdot p_w^{-\beta/(1-\beta)} \quad (5)$$

의 관계에 있고, 각 지역별로 파라미터 Q_1 과 β 값을 실험적으로 결정하고 있다. 본 권고에서는 전 세계적으로는 $Q_1 = 2.85$, $\beta = 0.13$ 의 값으로 이용할 것을 권장하고 있으며, 아시아 지역인 일본의 경우, 야마구치 지역의 위성 전송로에 대해서는 $Q_1 = 4.0$, $\beta = 0.15$ 로 카시마 지역의 위성 경로에 대해서는 $Q_1 = 2.7$, $\beta = 0.15$ 인 것으로 제시되었다.

3.2 국내 지역별 강우강도 년 분포

앞서 기술된 분포처리 방법을 이용하여, 국내 4개 지역에 대하여 추정된 강우강도의 년 시간율 분포 결과를 (그림 2)에서 ITU-R[7] 및 Global[8] 예측 분포와 비교하였다.

(그림 2)에서, 서울, 대전, 부산 지역의 강우강도 분포는 서로 유사한 형태로 주어지며 기존의 예측

모델보다 높은 강우강도 분포를 보이나, 대구 지역은 타지역에 비해 짧은 시간율(0.01 % 시간율 기준)에 대해 낮은 강우강도 값을 가지고 기존 모델에 비해 낮은 분포를 가짐을 알 수 있다.

3.3. 최악월 분포를 이용한 년 분포 추정

최악월의 정의는 참고문헌 [9]에 주어져 있다. 본 정의에 의하여 국내 지역별 최악월 분포를 구하면 (그림 3)과 같이 주어진다.

(그림 3)으로 주어진 최악월 분포를 년 분포로 변환하기 위하여 수식 (4)를 적용하고, (그림 2)로 주어진 지역별 년 분포와 비교하였다. (그림 4)에서 각 지역별 변환 분포를 제시하였으며, 그 결과 (그림 1)에서 차이를 보였던 0.5 % 이상의 시간율에 대해서도 오차폭이 줄어드는 결과를 가져왔다.

또한, 수식 (4)에 주어진 분포 변환 파라미터는 ITU-R의 권고값과는 어느 정도 차이를 보이고 있으며, 각 지역별 변환 파라미터를 <표 1>에 제시하였다.

<표 1> 지역별 변환 파라미터

지역	Q_1	β
서울	4.9	0.15
대전	4.5	0.15
대구	3.7	0.15
부산	3.6	0.15

IV. 결론

7개월 동안 측정된 자료로부터 년 통계분포를 추정하는 방법에 대해 알아 보았고, 어떤 적절한 한달(최악월)간의 강우자료로부터 강우강도의 년 분포를 추정할 수 있음을 보았다.

국내와 같이 강우량이 적은 동절기의 몇 개월간의 강우자료를 얻을 수 없는 경우에는, 측정된 기간만의 강우자료를 이용하여 년 시간율 분포를 추정해도 무방하며, 특히 최악월 자료를 이용하여 추정할 경우 변환 파라미터를 잘 선택함으로써 전체 분포에 훨씬 가까운 분포를 찾아낼 수 있음을 보았다.

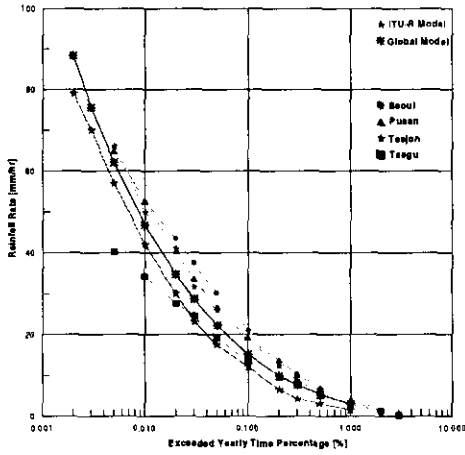
현재 ITU-R에서는 전 세계를 몇 개의 강우대로 분류하여 위성통신망의 국가간 조정시 이용하고 있으나, 이러한 분류는 국내 강우환경에 비하여 상당

한 오차를 가지고 있어 이에 대한 의견 개진이 요구된다. 특히, 본 분류에서 적용하는 강우강도는 본 문에서 기술한 20분이나 10분 단위의 강우강도가 아닌 1분 단위로 추출된 강우강도이며, 이러한 분 단위의 강우강도는 10분 혹은 그 이상의 시간 단위 강우강도 분포에 비해 0.1 % 이하의 낮은 시간율에 대해 매우 높은 강우강도로 주어지는 분포이므로, (그림 2)의 경우로 유추해도 상당 부분 차이를 가질 것으로 판단할 수 있다.

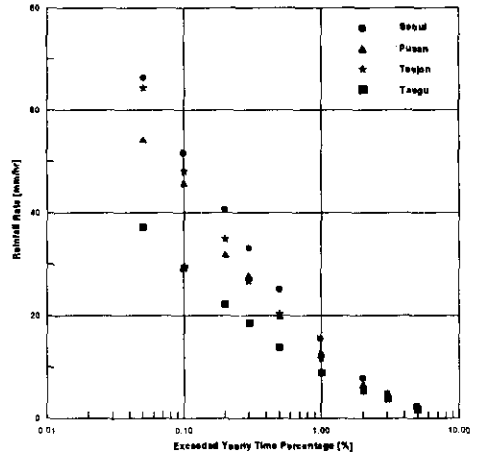
따라서 국내 강우 환경 정보를 ITU-R의 Data Bank에 등재함으로써, 국제 분류 조정에 활용토록 해야 할 것이며 위성통신망의 국가간 조정시 재 분류된 기후대 파라미터로 보다 정확한 조정 계산에 활용해야 할 것이다.

V. 참고문헌

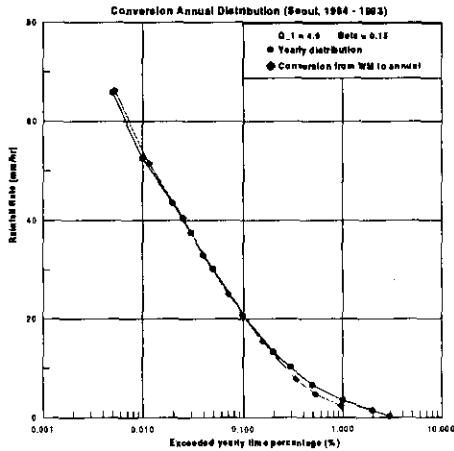
- [1] ITU, "Propagation Data and Prediction Methods Required for the Design of Earth-Space Telecommunications Systems", *Rec.ITU-R PN.618*, 1997.
- [2] 양준규, 신창윤, 강영홍, "국내 위성회선에 미치는 강우감쇄의 영향분석", *한국통신학회 논문지*, Vol.20, No.10, pp. 2927 ~ 2937, Oct. 1995.
- [3] 유성모, 임희연, 이형수, "무선회선설계에서 강우감쇠의 영향분석을 위한 강우강도와 시간율의 관계 분석", *JCCI-97*, pp.772 ~ 776, May, 1997.
- [4] 이주환, 권태곤, 최용석, 김재명, "위성 전송경로에서 강우의 영향 분석", *JCCI-97*, pp. 1021 ~ 1025, May, 1997.
- [5] Yong-Seok Choi, Joo-Hwan Lee, Jae-Moung Kim, "Rain Attenuation Measurements of the Koreasat Beacon signal on 12 GHz", *CLIMPARA '98*, Ottawa, Canada, pp. 208 - 211, April, 1997.
- [6] ITU, "Conversion of annual statistics to worst-month statistics", *Rec. ITU-R P. 841*, 1997.
- [7] ITU, "Characteristics of precipitation for propagation modelling", *Rec. ITU-R P. 837*, 1997.
- [8] R. K. Crane, 'Electromagnetic Wave Propagation Through Rain', John Wiley & Sons, 1996.
- [9] ITU, "The concept of worst month", *Rec. ITU-R P. 581*, 1997.



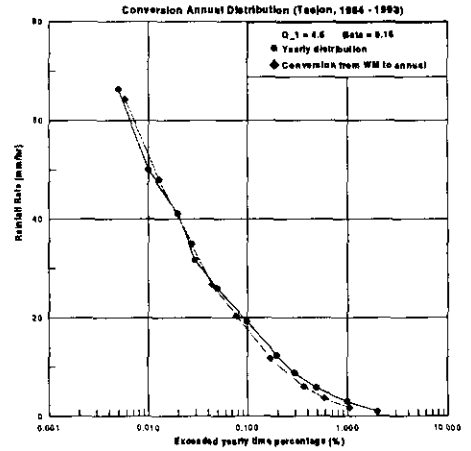
(그림 2) 10년 평균 분포의 비교



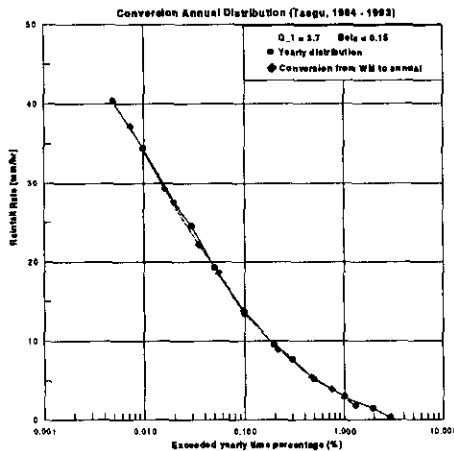
(그림 3) 지역별 최악월 평균 분포



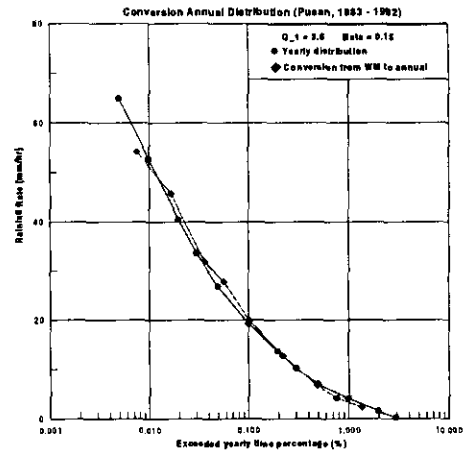
(a) 서울 지역



(b) 대전 지역



(c) 대구 지역



(d) 부산 지역

(그림 4) 최악월 분포의 년분포 변환