

1분 강우강도 데이터를 기반으로 한 국내 누적시간별 강우강도 분포

정회원 박 정 진*, 종신회원 최 동 유*

Rainfall Intensity Distribution with accumulative time on the basis of 1-minute Rain rate in Korea

Jung-Jin Park* *Regular Member*, Dong You Choi** *Lifelong Member*

요 약

국내 위성 및 무선통신망의 효율적인 망설계를 위하여 10GHz 이상 고주파 대역 링크에서 발생하는 강우감쇠량 추정에 사용할 수 있도록 서울을 비롯한 국내 9개 지역에 대하여 최근 8년간(2004년~2011년) 지역별 1분 강우 데이터를 바탕으로 강우강도를 분석하였다. 국내 기상청에서 1분 간격의 누적시간으로 측정된 전국 9개 지역의 강우강도 데이터를 5가지(1분, 5분, 10분, 20분, 30분) 누적 시간에 대해 연 시간을 9가지(0.1%, 0.05%, 0.03%, 0.02%, 0.01%, 0.005%, 0.003%, 0.002%, 0.001%)로 환산하여 분석하였다. 강우강도 분포 특성에 이용된 측정 데이터 확보 지역은 광주, 대구, 대전, 부산, 서귀포, 서울, 울산, 인천, 춘천 9개 지역이다. 분석 결과 국내 9개 지역의 연 시간을 0.01%에 대한 산술평균 값은 76.67mm/Hr 이다.

Key Words : Rain Attenuation, Rain rate, 1-Minute accumulative Rainfall Intensity

ABSTRACT

The one minute rainfall data of the last eight years (2004 to 2011) based on rainfall intensity of nine areas of Korea including Seoul with efficient waiting system for 10GHz or more high-frequency links were analyzed for domestic satellite and wireless networks. The data with 1-minute interval from Korea Meteorological Administration of country's nine regions were measured by the cumulative time of the rainfall intensity. Five different kinds of data (1 min, 5 min, 10 min, 20 min, 30 min) were converted into cumulative time with nine kinds of hour rate (0.1%, 0.05%, 0.03%, 0.02%, 0.01%, 0.005%, 0.003%, 0.002%, 0.001%). Distribution of rainfall intensity measurement data were used in nine secure areas such as Gwangju, Daegu, Daejeon, Busan, Seogwipo, Seoul, Ulsan, Incheon and Chuncheon. Result of the national annual arithmetic value of 9 mesures of hour rate of 0.01% is 76.67mm/Hr.

I. 서 론

10GHz 이상의 주파수 대역을 활용하는 위성 및 무선통신에 대한 연구는 최근의 폭발하는 주파수

수요를 수용하기 위해서는 필연적이라고 할 수 있다. 하지만 이 주파수 대역에서는 강우, 눈, 구름 등 대기의 상태에 의한 전송시 감쇠가 크기 때문에 통신시스템을 설계할 경우 요구되는 신뢰도를 확보

* 조선대학교 전자정보공과대학 정보통신공학과

(dychoi@chosun.ac.kr), (° : 교신 저자)

논문번호 : 12006-0220, 접수일자 : 2012년 2월 20일, 게재확정일자 : 2012년 3월 29일

하기 위해서는 이들 감쇠요인에 의한 영향을 분석하고 예상되는 감쇠량을 예측하는 것이 필요하다.

일반적으로 파장이 30mm 이하인 주파수 대역에서는 감쇠의 요인으로 대기중의 산소와 수증기에 의한 흡수, 강우, 눈, 우박, 안개, 구름 등의 자연적인 대기 현상이 지배적이다. 특히 대기중의 산소와 수증기에 의한 흡수, 그리고 강우로 인한 감쇠가 전송손실의 대부분을 차지하고 있다. 대기중의 산소와 수증기로 인한 감쇠는 감쇠가 발생하는 지점의 고도, 기압, 온도 등에 의하여 영향을 받으며 지역적으로 큰 차이가 없다. 반면에 강우로 인한 감쇠는 강우강도에 따라서 감쇠정도가 다양하게 나타나고 강우강도는 공간적 시간적으로 변동이 매우 다양하다.^[1-4]

따라서 강우강도에 의한 시간적, 공간적 데이터의 확보는 강우로 인한 감쇠의 정확한 예측을 위해서는 필연적이다. 이런 이유로 국내에서도 효과적인 통신시스템 설계를 위하여 우리나라 전역에 대한 강우강도 데이터의 확보와 그에 대한 분석이 필연적이다.

국의 선진국의 경우 그 나라 강우 환경에 대하여 비교적 정확하고 과학적인 데이터베이스를 가지고 있다. 이에 반해 그동안 국내에서는 강우감쇠를 추정하기 위한 강우데이터들이 충분하지 않았다. 2004년 이전까지만 해도 국내 기상청에서는 한 시간 단위 누적 강우 데이터에 국한하여 측정되고 있었다. 그러나 이러한 환경에서도 국내에서는 고주파 대역에 있어서의 강우감쇠를 예측하기 위한 여러 가지 시도들이 있어 왔다.

2004년 이후부터 국내 기상청에서는 1분 단위로 강우 데이터를 누적하고 측정할 수 있는 시스템을 갖추어 사용하게 되었다.

이에 본 논문에서는 2004년부터 2011년까지 8년간의 1분 누적 디지털 강우 데이터를 기상청으로부터 확보하여 국내 전역을 커버할 수 있는 서울을 비롯한 9개 지역(광주, 대구, 대전, 부산, 서귀포, 서울, 울산, 인천, 춘천)의 강우강도 분포 특성을 분석하였다. 또한 국내 위성 및 무선통신망의 효율적인 망설계를 위하여 10GHz 이상 고주파 대역 링크에서 발생하는 강우감쇠량 추정에 사용할 수 있도록 1분 간격의 누적시간으로 측정된 전국 9개 지역의 강우강도 데이터를 5가지 누적시간(1분, 5분, 10분, 20분, 30분)과 연 시간을 9가지(0.1%, 0.05%, 0.03%, 0.02%, 0.01%, 0.005%, 0.003%, 0.002%, 0.001%)로 환산하여 분석하였다. 또한 위성 및 무

선 통신 링크의 강우감쇠량 예측에 주로 적용되며, ITU-R 권고 P.837.5에서 추천한 연 시간을 0.01%에 대하여 국내 9개 지역의 산술 평균치를 추정하였다.

II. 강우감쇠

강우는 여러 가지 입자경을 가진 빗방울의 낙하 현상으로 전파의 주파수가 높아 빗방울의 크기가 파장에 대해 무시할 수 없는 수준이 되면 전파는 빗방울에 의해 산란 등이 발생하여 감쇠량이 커지게 되는데 이러한 현상을 강우감쇠(rain attenuation)라 한다. 밀리파, 준밀리파의 감쇠는 대기 중의 산소나 수증기 분자의 공명 등에 따른 선택적인 감쇠가 발생하며 특히 강우에 따른 감쇠가 가장 크며 이 주파수대의 이용에 최대 장애가 되고 있다.

전파의 파장이 빗방울의 직경에 비하여 충분히 긴 경우에는 거의 흡수 작용에 의하여 신호의 감쇠가 발생되지만, 전파의 파장이 짧아짐에 따라 산란 감쇠값이 커지게 된다. 이러한 강우감쇠는 강우강도와 기후대에 따라 크게 다르게 나타난다. 또한 태풍과 이에 동반되는 전선성의 비는 년간의 시간율로서는 적지만 심한 강우를 가져오며, 비가 오는 영역도 넓으므로 이때의 감쇠도 매우 크다고 할 수 있다. 이러한 강우에 의한 전파의 감쇠는 대기 가스의 경우와 같이 열잡음으로 변하여 위성 및 무선통신망 수신기의 품질을 떨어뜨리고 있다.^[5]

강우시 강우강도의 공간적인 분포는 균일하지 않으며 강우강도 값이 클수록 불균일성은 증가하게 된다. 강우강도의 공간 분포가 균일한 것으로 가정했을 때의 단위 길이당 강우감쇠를 강우감쇠 계수(specific attenuation)로 나타낸다. 경로길이가 긴 경우에는 강우강도의 공간 분포를 고려해야 하며, 통상 강우강도가 균일한 것으로 환산한 실효 경로길이의 개념을 사용한다. 이때, 강우감쇠는 강우감쇠와 실효 경로길이의 곱으로 주어진다.^[6-8]

III. 강우 강도와 시간율의 관계

강우강도라 하면 일정한 시간동안 내린 강우량을 의미하며 일반적으로 60분동안 내린 강우량으로 환산한 값으로써 mm/Hr를 사용하며 강우의 세기를 나타낸다. 예를 들어 20분동안 내린 강우량이 15mm였다면, 이때의 강우강도는 45mm/Hr(=15×60/20)가 된다. 강우강도의 정확한 측정을 위해서는 순간

적으로 변하는 강우강도의 변화를 측정하여야 한다. 하지만 과거 연구들에서는, 특히 2004년 이전에는 우리나라에서 강우량 측정으로 가장 신뢰성 있는 기상청에서 1시간 단위로 강우량 측정을 하여 연구에 사용되어진 데이터들의 시간간격이 넓어, 특정 시간율에 해당하는 강우강도를 추정하는 방법을 사용하였다. 강우강도를 구하거나 추정하기 위하여 사용되는 강우량의 측정 시간 간격을 ITU에서는 1분 간격으로 권장하고 있지만 현실적으로 각 나라의 기술적인 수준과 사정에 따라서 그 시간 간격은 매우 다양하다. 이런 사정으로 각 나라의 특성상 1분 간격 강우강도 자료가 없을 경우 ITU(Rec.ITU-R PN. 837-5)에서 제공하고 있는 강우강도 자료와 그에 따른 시간율 변환 방법을 이용하도록 권장하고 있다.^[9-10]

그러나 본 논문에서는 2004년 이후 기상청에서 측정한 1분 간격의 강우강도 데이터를 활용함으로써 지역별 강우 강도와 시간율의 관계를 경험적으로 분석함으로써 실제 국내의 강우 환경에서 강우강도와 시간율에 대한 신뢰성을 크게 확보하였다.

연 시간율이란 (%)에 해당하는 강우강도가 (mm/Hr)라 하면 강우강도가 (mm/Hr)이상인 기간이 전체 기간의 (%)에 해당한다는 의미이다. 또한 연 시간율은 특정 강우강도 이상의 강우가 발생하는 연중 누적 시간에 대한 시간 백분율을 의미한다. 예를 들어 2005년 1월부터 12월까지 70mm/Hr 이상의 강우강도가 발생한 총 누적시간이 80분이었다면 연 시간율은 0.015(=100×80분/365일)가 된다. 다시 말해 강우강도가 (mm/Hr)이상일 경우 어느 특정 통신시스템의 품질 유지가 힘들다고 가정할 때 그 통신시스템은 전체시간의 (%)에 해당하는 시간만큼 시스템 단절이 예상된다는 의미이다. 따라서 통신시스템의 품질유지에 요구되는 신뢰도가 99.99%일 경우 시간율 0.01%에 해당하는 강우강도를 구하고, 그 강우강도에서 예상되는 강우감쇠의 크기를 구함으로써 통신시스템 설계시 참고할 수 있다.^[11-12]

IV. 분석에 사용된 강우 강도 측정 데이터

강우강도는 시간적, 공간적으로 균일하지 않고 또 각 지역별로 계절에 따라 크게 차이가 있기 때문에 국내 여러 지역의 측정 데이터를 활용하였다. 본 논문에서는 국내 9개도 9개 지역에서 2004년부터 2011년까지 측정된 8년간의 1분 강우강도 데이

터를 확보해 지역별 강우강도와 시간율의 관계를 분석하였다. 전 세계적으로 비는 일년 중 수개월에 몰리는 경향이 있다. 우리나라도 이의 예외는 아니며 5월 ~ 9월 사이에 비가 집중되어 내리고 있다. 이에 2004년부터 2011년까지 8년동안 기상청에서 측정된 데이터 중 다우월에 해당하는 5월 ~ 9월 사이의 5개월 1분 강우강도 약 15,768,000 여개의 데이터를 기반으로 지역별 강우강도와 시간율의 관계를 분석하였다. 강우데이터 측정 정보는 표 1과 같다.

표 1. 강우데이터 측정 정보

지역	기간	해당월	시간 간격
광주	2004년 ~ 2011년	5월 ~ 9월	1분
대구			
대전			
부산			
서귀포			
서울			
울산			
인천			
춘천			

V. 국내 9개 지역 누적시간별 강우강도 측정분포와 시간율의 관계

2004년부터 2011년까지 8년동안 기상청에서 측정된 전국 9개도 9개 지역 강우강도 데이터 중 다우월에 해당하는 5월 ~ 9월 사이의 매년 5개월 동안의 1분 강우 강도 약 15,768,000 여개의 데이터를 기반으로 지역별 강우 강도와 시간율의 관계를 분석하였다. 강우강도 분포 데이터 분류 방식은 9개 측정 지역(광주, 대구, 대전, 부산, 서귀포, 서울, 울산, 인천, 춘천)별로 연 시간율 9가지(0.1%, 0.05%, 0.03%, 0.02%, 0.01%, 0.005%, 0.003%, 0.002%, 0.001%)에 대하여 누적시간별 5가지(1분 누적, 5분 누적, 10분 누적, 20분 누적, 30분 누적)로 분류하여 나타내었다. 9개 측정 지역 연시간율별 누적 강우강도 분포는 표 2와 같다.

표 2. 연 시간별 누적 강우강도 분포

단위 : mm/Hr

구분	연시간율	1분 누적	5분 누적	10분 누적	20분 누적	30분 누적
광주	0.1%	30	24	21	21	20
	0.05%	30	36	36	33	30
	0.03%	60	48	45	42	37
	0.02%	60	54	51	47	43
	0.01%	90	72	63	56	53
	0.005%	90	84	78	71	65
	0.003%	120	96	90	83	84
	0.002%	120	108	99	90	87
	0.001%	120	120	111	101	94
	대구	0.1%	30	18	15	15
0.05%		30	24	24	23	21
0.03%		30	36	33	30	28
0.02%		60	42	39	36	34
0.01%		60	60	51	47	42
0.005%		90	72	63	57	49
0.003%		90	78	75	62	56
0.002%		90	84	81	75	72
0.001%		120	102	99	83	84
대전		0.1%	30	24	24	21
	0.05%	30	36	33	32	28
	0.03%	60	48	42	38	33
	0.02%	60	60	45	42	38
	0.01%	90	66	60	53	46
	0.005%	90	78	78	63	59
	0.003%	90	90	81	72	65
	0.002%	120	102	93	86	84
	0.001%	120	132	123	101	94
	부산	0.1%	30	24	18	18
0.05%		30	36	30	27	25
0.03%		30	42	39	35	32
0.02%		60	48	48	44	39
0.01%		90	66	63	59	56
0.005%		90	84	81	77	71
0.003%		120	102	90	84	78
0.002%		120	108	105	110	99
0.001%		150	132	117	117	106

서귀포	0.1%	30	36	27	24	22
	0.05%	30	42	36	32	30
	0.03%	30	48	45	38	36
	0.02%	60	54	51	42	39
	0.01%	90	66	60	53	45
	0.005%	90	84	69	60	52
	0.003%	120	90	78	71	87
	0.002%	120	96	90	84	88
	0.001%	120	138	126	123	113
	서울	0.1%	30	24	24	23
0.05%		30	42	36	36	32
0.03%		60	54	48	44	42
0.02%		60	60	57	54	48
0.01%		90	78	69	62	59
0.005%		90	84	81	71	70
0.003%		120	96	90	77	72
0.002%		120	102	96	81	76
0.001%		120	114	105	89	84
울산		0.1%	30	12	12	14
	0.05%	30	24	21	23	23
	0.03%	30	30	30	29	27
	0.02%	30	36	36	33	31
	0.01%	60	48	48	41	36
	0.005%	60	60	60	47	44
	0.003%	90	78	66	54	48
	0.002%	90	84	72	69	66
	0.001%	120	96	90	87	85
	인천	0.1%	30	18	21	21
0.05%		30	30	30	29	26
0.03%		30	42	39	35	32
0.02%		60	48	45	39	36
0.01%		60	60	54	47	46
0.005%		90	72	66	60	52
0.003%		90	84	72	72	66
0.002%		120	102	87	77	68
0.001%		120	120	93	86	79
춘천		0.1%	30	18	21	20
	0.05%	30	30	30	29	25
	0.03%	30	42	39	35	32
	0.02%	30	48	45	39	36
	0.01%	60	60	57	48	46
	0.005%	90	78	69	59	53
	0.003%	90	90	72	69	63
	0.002%	120	96	81	75	69
	0.001%	120	108	96	77	73

표 2의 결과 특히 1분 누적 강우강도 데이터를 보면, 시간율에 따라 값의 차이가 30mm/Hr로 크게 나타나고 있다. 이는 기상청에서 측정한 국내 강우 데이터는 0.5mm 단위로 처리가 되기 때문에, 1분 누적 강우강도의 경우 한시간동안 내린 강우량을 나타내기 위해 60분동안 내린 강우량으로 환산한 값으로써 mm/Hr을 사용하다 보니 시간율에 따라 값의 차이가 30mm/Hr로 크게 나타나고 있다.

9개 지역으로 분류하여 나타낸 강우강도를 국내 전역에 동일하게 적용하기 위하여 산술 평균하여 나타낸 강우강도와 시간율은 표 3과 같다.

표 3. 연 시간율별 누적 강우강도 평균

단위 : mm/Hr

연시 간율	1분 누적	5분 누적	10분 누적	20분 누적	30분 누적
0.1%	30.00	22.00	20.33	19.67	19.00
0.05%	30.00	33.33	30.67	29.33	26.67
0.03%	40.00	43.33	40.00	36.22	33.22
0.02%	53.33	50.00	46.33	41.78	38.22
0.01%	76.67	64.00	58.33	51.78	47.67
0.005%	86.67	77.33	71.67	62.78	57.22
0.003%	103.33	89.33	79.33	71.56	68.78
0.002%	113.33	98.00	89.33	83.00	78.78
0.001%	123.33	118.00	106.67	96.00	90.22

표 3의 결과, 시간율 0.01%에 대하여만 살펴보면 1분 누적시 76.67mm/Hr, 5분 누적시 64.00mm/Hr, 10분 누적시 58.33mm/Hr, 20분 누적시 51.78mm/Hr, 30분 누적시 47.67mm/Hr 로 나타나고 있다. ITU-R 권고 P.837.5에서는 우리나라를 K-지역 강우대로 구분하여 연 시간율 0.01%에 대하여 50mm/Hr로 권고하고 있다. 그러나 보다 정확한 국내 강우감쇠량을 추정하기 위해서는 실측 자료를 바탕으로 한 표 3의 결과 산술평균 데이터인 76.67mm/Hr로 수정되어야 할 것이다.

VI. 결 론

10GHz 이상의 위성 및 무선통신망 설계에 이용되는 국내 지역별 강우강도 분포는 ITU에서 K-지역 강우대로 구분하여 연 시간율 0.01% 대하여 50mm/Hr로 제시하고 있으나, 이는 국내 강우환경 실측에 대한 연구 결과가 미흡한 까닭에 낮은 강우

강도 분포를 제시하고 있다. 이 규정에 의하여 국내 환경에서의 강우감쇠량을 추정하게 되면 실제 발생되는 감쇠량에 비해 낮은 값을 산출하게 되어 국내 위성 및 무선통신망의 안정적인 운용 및 설계를 보장하지 못한다.

본 논문에서는 2004년부터 2011년까지 최근 8년 동안 기상청에서 측정된 전국 9개도 9개 지역 강우 강도 데이터 중 다우월에 해당하는 5월 ~ 9월 사이의 매년 5개월 동안의 1분 강우 강도 약 15,768,000 여개의 데이터를 기반으로 지역별 강우 강도와 시간율의 관계를 분석하였다.

국내 9개 지역의 강우강도를 산술평균하였을 때 시간율 0.01%에 대하여만 살펴보면 1분 누적시 76.67mm/Hr, 5분 누적시 64.00mm/Hr, 10분 누적시 58.33mm/Hr, 20분 누적시 51.78mm/Hr, 30분 누적시 47.67mm/Hr 로 나타나고 있다. ITU에서 권고한대로 1분 누적 강우강도를 강우감쇠량 추정으로 사용한다면 국내는 정확한 실측 자료인 76.67mm/Hr로 수정되어야 할 것이다.

1분 누적 강우강도의 경우 0.5mm 단위로 측정이 되기 때문에 시간율에 따라 값의 차이가 30mm/Hr로 크게 나타나고 있는데 이러한 약점을 보완하기 위해서는 측정 장비가 더욱 우수해져 0.1mm 단위로 강우량을 측정 해야 할 것이다.

이런 결과로 10GHz 이상의 주파수 대역을 이용하는 위성 및 이동통신망의 설계시 필수적으로 고려되어야 할 강우감쇠를 추정이 아닌 실측을 통한 분석을 토대로 오류를 감소시켜 국내 고주파 대역의 활성화에 기여할 것으로 기대된다. 또한 현재 운용 중인 고주파 위성 및 무선통신망의 링크 오류를 보정할 수 있어 보다 안정적인 운용 기반을 제공하게 될 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Ashok Kumar, I. S. Hudiara, "Measurement of Rain-Induced Attenuation of Aicrowaves at 19.4GHz," IEEE Traasactions on Antennas and Wireless Propagation Letters, Vol. 1, pp. 84-86, 2002.
- [2] T. C. Ramadorai, "Rain attenuation and prediction in the Satellite-Earth Path," in Proc. Workshop HF VHF and Microwave Communications, New Delhi, India, Feb. 1987.

- [3] R. K. Crane, "Electromagnetic wave propagation through rain," John Wiley & Sons, New York, 1996.
- [4] D. Y. Choi, "Measurement of Rain Attenuation of Microwaves at 12.25GHz in Korea," Lecture Notes in Computer Science, vol. 3462. Springer-Verlag, pp.1353-1356, 2005.
- [5] 홍성택, 신강욱. "홍수예보용 통신망의 강우감쇠 분석," 대한전기학회 학술대회 논문집 2007.
- [6] CCIR, "Propagation data and prediction methods required for terrestrial line of sight systems," Rep. 564-3: Rep. and Recommendations of CCIR, Int. Telecommunication Union, 1974-1986.
- [7] CCIR, "Propagation data and prediction methods required for earth-space telecommunication systems," in Proc. Plenary Assembly, Vol. 5, Geneva, Switzerland, Rep. 564-4, pp. 447-505, 1990.
- [8] R. L. Olsen, D. V. Rogers, D. B. Hodge, "The aR^b relation in the calculation of rain attenuation," IEEE Transactions on Antennas Propagation, Vol. AP-26, pp. 318-329, Mar. 1978.
- [9] Rec. ITU-R P.837-4, "Characteristics of precipitation for propagation modeling," 2003.
- [10] Rec. ITU-R P.837-5 "Characteristics of precipitation for propagation modelling," 2007.
- [11] 이주환 외 9명 "국내 지역별 강우강도 분포," TTAS.KO-06.0122, 2006.
- [12] 이주환 외 9명 "누적시간에 따른 강우강도 분포 변환 방법," TTAS.KO-06.0123, 2006.

박 정 진 (Jung-Jin Park)

정회원



1999년 2월 조선대학교 전자공학과 졸업

2003년 8월 조선대학교 전자공학과 석사

2010년 2월 조선대학교 정보통신공학과 박사과정 수료

<관심분야> 이동 및 위성통신

공학, 전자공학, 정보통신공학,

최 동 유 (Dong You Choi)

중신회원

한국통신학회 논문지 32권 10호 참조