

서울 지역의 강우로 인한 Ka대역 위성신호의 감쇠량 추정

*윤기창 **김승철 *손원

*경희대학교

**한국전자통신연구원

Estimation of Rain Fading for Ka band Satellite Signals in Seoul Area

*Yoon, Ki-Chang **Kim, Seung-Chul *Sohn, Won

*Kyung Hee University

**ETRI

요약

이 연구는 HDTV 방송 서비스를 제공하기 위해 새로이 주목받고 있는 Ka대역에서의 강우로 인한 위성신호의 감쇠량을 추정하였다. 강우 자료는 서비스 가입자 수를 고려하여 최대 인구 밀집 지역인 서울지역을 기준으로 서울대학교 AWS에서 측정된 2003년부터 2007년까지의 최근 5년간의 10분 강우강도를 ITU-R 기준인 분 강우강도로 변환하였고, 이를 ITU-R P. 618-9의 강우 추정 모델에 적용하여 감쇠량을 도출하였다. 또한 도출된 감쇠 값을 최근 우리나라 기후변화의 추이를 반영하여 기상청에서 획득한 자료로부터 도출된 1990년부터 1999년의 서울지역의 감쇠량과 비교 분석하였다. 본 연구를 바탕으로 우리나라 전 지역을 하나의 강우 단위로 일괄 적용하는 ITU-R P.837-5의 단점을 극복할 수 있으며, 강우의 지역적 편이가 매우 높은 우리나라의 강우 특성을 유연하게 반영할 수 있다.

1. 서론

현재 C대역 및 Ku대역의 위성주파수 사용이 전 세계적으로 포화 상태에 이르고 초고속 정보 전송을 위한 넓은 주파수 대역이 필요하게 됨에 따라 새로운 주파수 자원인 Ka대역 및 MM 대역 위성주파수 대역이 주목받고 있다. Ka대역 중계기를 탑재한 위성은 1991년 이탈리아의 ITALSAT, 일본의 N-STAR등과 같은 시험 위성을 시작으로 현재 Spaceway, CyberStar, Astrolink, EuroSkyWay, Teledesic, DirecTV BSS-99W[1]등의 다수의 위성이 서비스를 제공 중이거나 계획 중에 있으며 우리나라에서는 현재 운용 중인 무궁화 위성 3호[2]와 2009년 발사 될 통신해양기상위성[3]등이 있다.

Ka대역(20GHz대역)은 기존 Ku대역(12GHz대역)보다 강우로 인한 신호 감쇠에 매우 민감하다는 문제점이 있어 동일한 전송규격을 사용할 경우 훨씬 열악한 서비스 가용도를 감수하여야 하는 문제점이 생긴다. 따라서 Ka대역에서 강우로 인한 신호 감쇠 및 성능 저하문제를 신뢰성 있게 예측하는 것은 매우 중요한 일이다.

강우감쇠를 추정하는 여러 가지 모델 중 ITU-R P.837에서는 1994년 우리나라 전 지역을 K지역으로 분류하여 강우강도를 42mm/hr[4]로 권고하였고, 2007년 50mm/hr[5]로 상향조정하였으나 우리나라의 강우 특성 상 지역적, 시간적인 편차가 매우 높기 때문에 이를 제대로 반영하지 못한다는 단점이 있다.

따라서 본 논문에서는 기상청[6]과 서울대학교 AWS(이하 AWS)[7]에서 획득한 실측 강우 자료를 이용하여 인구 최대 지역인 서울지역에서 일어날 수 있는 Ka대역 위성 신호의 신호 감쇠를 분석하여 차후 도입 될 Ka대역 위성방송 서비스를 위한 신뢰성 있는 분석을

제공하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 서울지역의 분 강우강도 획득 방안을 제시하였고, 3장에서는 강우에 따른 신호 감쇠 값을 분석하였으며 4장에서 본 논문의 결론을 맺는다.

2. 강우강도와 강우감쇠 값의 추정

가. 강우강도

강우강도(Rainfall rate)란 일정 시간동안 내린 강수량으로 정의되며, 정확한 추정을 위해서는 짧은 누적 시간에 따른 변화를 측정해야 하지만 현실적인 측정 어려움 때문에 국내에서는 10분 또는 그 이상의 시간 단위로 측정된 강수량을 이용하여 분 강우강도를 추정하고 있다. 현재 분 단위 강우강도 추정에 관한 연구로는 감마분포(Gamma distribution)[8], 대수정규분포(Lognormal distribution)[9], Moupfouma 분포[10] 함수 등을 이용한 이론적 추정이 이루어지고 있으며, 이 논문에서는 ITU-R P.837-5, L.D.Emiliani, ETRI에서 제안한 값을 이용하여 분 강우강도 값을 추정하였다.

나. 서울지역의 강우강도 획득

추정된 강우강도 데이터로부터 강우감쇠량을 도출하는 방법으로는 CCIR(ITU-R), Global, SAM 모델 [11]등이 있는데 이 논문에서는 ITU-R 모델을 이용하여 감쇠 값을 추정하였다.

ITU-R P.618-9 [12] 강우 감쇠 추정 모델은 시간 율 0.01 %에 대

한 강우강도($R_{0.01}$) 값을 이용하여 감쇠 값을 구한 뒤 이를 전 시간을 영역으로 확장하기 때문에, 강우 감쇠 량을 추정하기 위해서는 시간을 0.01 %에 대한 강우강도를 획득하는 것이 우선되어야 한다.

시간 율(Time availability)은 총 측정시간 중 해당 시간을 백분율(%)로 환산하여 나타내는데, 강우강도(R)와 시간 율(p %)의 관계에 있어서는 강우강도(R mm/hr)를 초과하는 시간이 전체 측정 시간의 p %에 해당한다는 의미이다. 이와 같은 관계를 통해 특정 지역의 총 측정 시간에 대한 강우강도가 주어지면 이를 크기순으로 나열한 후, 시간 율 p %에 대한 지점을 찾아 시간 율 p %에 대한 강우 강도 값을 획득하게 된다.

본 논문에서는 기상청에서 획득한 1993~2002년까지의 강수량 자료를 바탕으로 시간 율 0.01%에 대한 10분 강우강도 값과 2003년~2007년까지 AWS에서 획득한 10분 강우강도 값을 (표 1)의 ITU-R P.837-5, L.D.Emiliani, ETRI 모델을 이용하여 ITU-R 기준인 분 강우강도로 변환하였다.

강우강도를 타 누적시간으로부터 분 단위 누적시간으로 변환하는 여러 방법 중 ITU-R P.837-5 Annex 3에서 제안된 수식은 (식 1)과 같다.

$$R_1(p) = a [R_\tau(p)]^b \quad (\text{mm/hr}) \quad (1)$$

여기서, $R_1(p)$, $R_\tau(p)$ 는 각각 시간 율 p %를 초과하는 분 누적 강우강도와 τ 분 누적 강우강도이며, a , b 는 회귀 계수(Regression coefficients)로서 지역적 특성을 반영하는 값이다. 이 계수들은 연구에 따라 다양한 값이 제안되며 본 논문에서는 (표 1)과 같이 ITU-R P.837-5, L.D. Emiliani[13], ETRI에서 제안한 계수 값들을 적용하여 분 강우강도를 도출 하였다.[14],[15]

표 1. 분 강우강도 변환 모델의 계수 값

Integration Time [Min]	ITU-R P.837-5		L.D.Emiliani		ETRI	
	a	b	a	b	a	b
5 to 1	0.986	1.038	0.924	1.044	0.934	1.032
10 to 1	0.919	1.088	0.829	1.097	0.864	1.069
20 to 1	0.680	1.189	0.736	1.169	0.774	1.124
30 to 1	0.564	1.288	0.583	1.265	0.723	1.162
60 to 1	-	-	0.509	1.394	-	-

제안 된 변환 모델을 적용하여 (표 2)에 시간 율 0.01 %에 대한 년도 별 서울 지역의 강우강도 값을 도출하였고, 이를 ITU-R P.837 series에서 제안한 우리나라 전체 지역의 강우강도 값과 비교하였다.

표 2. 시간 율 0.01%에 대한 서울지역과 ITU-R 분 강우강도

지역	연도	강우강도[mm/hr]			평균
		ITU-R P.837-5	L.D. Emiliani	ETRI	
Seoul(기상청)	1993~1997	61.24	58.01	53.15	57.46
Seoul(기상청)	1998~2002	64.18	63.94	60.52	62.88
Seoul (AWS)	2003~2007	69.20	64.72	60.33	64.75
ITU-R P.837-1	1994	42.00			
ITU-R P.837-5	2007. 12	50.00			

다. 강우강도 분석

2003년부터 2007년까지의 서울지역의 강우강도 분포를 (표 2)를 이용하여 변환한 결과를 (그림 1)에 나타내었다. (그림 1)에서 알 수 있듯이 모든 시간 율에 대하여 ITU-R P.837-5 모델이 강우강도 값이 가장 크며 시간 율 0.01 %에 대한 분 강우강도의 평균은 약 64.75mm/hr로서 ITU-R P.837-5의 제안 값인 50.00mm/hr에 비해 약 14.7 mm/hr 정도 크기 때문에 ITU-R P.837-5에서 제안한 강우강도 값이 우리나라 강수의 지역적 편이 특성을 제대로 반영하지 못한다는 것을 알 수 있다.

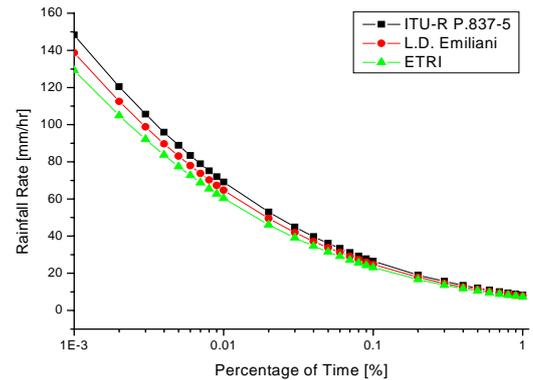


그림 1. 시간 율에 따른 분 강우강도(서울 : 2003~2007)

라. 강우감쇠 값 도출

(나) 절에서 도출된 분 강우강도를 ITU-R P.618-9 감쇠 추정 모델에 적용하여 감쇠 량을 도출하였다. ITU-R P.618-9에서 주로 이용되는 파라미터들을 (표 3)에 나타내었고, 지구국 파라미터에 대한 정보는 무궁화 위성 3호를 기준으로 (표 4)의 값을 적용하였다. 또한 문서에 정의된 각 계수들은 동일하게 적용하였으며, 거리 및 양각에 관한 정보는 Azimuth/Elevation Calculation Ver. 1.0 S/W를 이용하여 구하였다.

표 3. Parameters in ITU-R P.618-9

Symbol	Description	unit
$R_{0.01}$	시간율 0.01%에 대한 강우강도	mm/hr
h_s	지구국 해발 고도	km
θ	양각	degree
ϕ	지구국 위도	degree
f	주파수	GHz
R_e	지구 반경	km

표 4. 지구국 환경 정보

파라미터	적용 값	단 위
지구국 위치	126° 92'E, 37° 52'N	
주파수	21	GHz
거리	37411.77	km
양 각	45.01	degree

3. 강우에 따른 신호감쇠 분석

가. 분 강우강도 변환 모델 별 강우 감쇠 값

(그림 2)에 서울지역의 분 강우강도 변환 모델 별 서울지역의 강우 감쇠 값을 나타내었다. (그림 2)에서 알 수 있듯이 ITU-R P.837-5 분 강우강도 변환모델이 모든 시간 율에 대해서 감쇠 값이 가장 큼을 알 수 있으며, 시간 율 0.01%일 때 ITU-R P.837-5 변환모델은 감쇠 값이 약 34.7 dB, ETRI 변환모델은 25.7 dB로 약 9 dB 정도의 큰 차이를 보이는데, 이는 지역별 특성을 고려한 계수 값의 차이로 해석된다.

또한 시간 율 0.01%일 때 세 변환 모델의 평균값은 약 30.7 dB이며, 시간 율 0.1 %일 때 세 변환 모델의 평균값은 약 11.7 dB로 시간 율이 높아질수록 강우로 인한 신호감쇠 값이 작아짐을 알 수 있다.

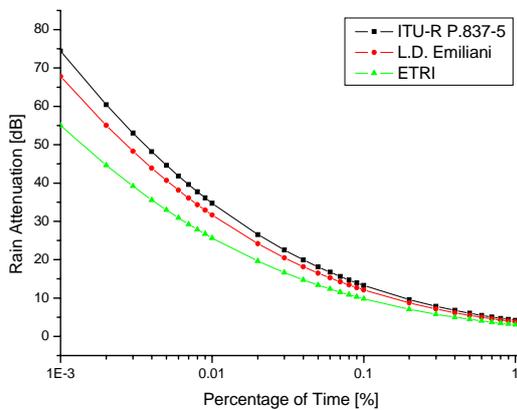


그림 2. 서울지역의 시간 율에 따른 변환 모델 별 감쇠 값 (2003~2007)

나. 년도 별 강우 감쇠 값

최근 한국의 기후가 아열대성으로 변화된다는[16], [17] 연구결과가 보고되고 있으며 실제로 서울 지역의 경우 1998년부터 2002년 사이의 강수량은 1993년부터 1997년 사이의 강수량에 비해 269.08 mm 증가했으며, 최근 2003년부터 2007년 사이의 강수량은 1998년부터 2002년 사이의 강수량에 비해 33.1 mm 증가했다. 결과적으로 2003년부터 2007년 사이의 강수량이 1993년부터 1997년 사이의 강수량에 비해 302.18 mm가 높아진 셈이다.

이러한 한국 기후의 강수 패턴 및 강수량의 변화 정도를 고려하여 (그림 3)에 년도 별 강우감쇠 값을 도출하였다. 이때 2003년부터 2007년까지의 강우감쇠 값은 분 강우강도 변환 모델로부터 도출한 강우감쇠 값의 평균을 취하였다. (그림 3)에서 알 수 있듯이 시간 율 0.01%에 대한 강우감쇠 값은 최근 5년의 경우 30.7 dB이며, 과거 10년의 경우 27 dB로서 최근 5년 간 강우로 인한 감쇠 값이 약 3.7 dB 정도 높아졌음을 알 수 있다. 또한 최근 5년간의 감쇠 값은 ITU-R P. 837-5 모델에 비해 약 7.3 dB 정도의 오차를 보이므로 ITU-R P. 837-5 모델이 한국 강수의 지역적 특성을 제대로 반영하지 못함을 알 수 있다.

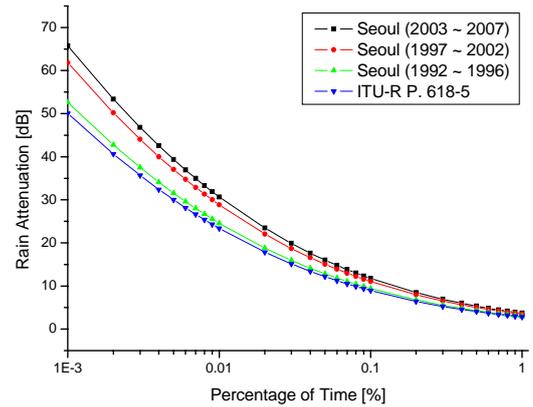


그림 3. 년도 별 시간 율에 따른 강우감쇠 값

다. 계절에 따른 강우 감쇠 값

우리나라의 강수 특성은 대부분 여름에 집중되는 경향이 있기 때문에 이 패턴을 반영하여 서울지역의 2003년부터 2007년의 7월, 8월, 9월에 대한 강우 감쇠 값을 (그림 4)와 같이 도출하였다. (그림 4)에서 알 수 있듯이 시간 율 0.01 %에 대한 강우감쇠 값은 최악 3개월의 경우 약 32.4 dB, 최근 5년의 경우 약 30.7 dB로 약 1.7 dB 정도의 차이로 유사한 분포를 보인다.

따라서 최악 3개월의 자료만으로 한국의 강수패턴을 설명할 수 있으며 차후 도입 될 Ka대역 위성방송 서비스 시 이러한 강수 패턴에 대한 대처 방안이 고려되어야 할 것이다.

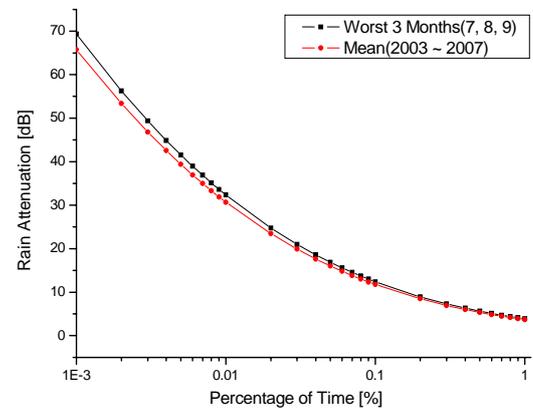


그림 4. 최악 3개월의 시간 율에 따른 강우감쇠(2003~2007)

4. 결론

본 논문에서는 Ka대역 위성 멀티미디어 서비스를 제공할 때 문 제시되는 강우로 인한 서울지역 위성 신호의 감쇠 량을 도출하였다. 이러한 분석을 통하여 ITU-R P.837-5의 단점인 우리나라 강수패턴의 단일화를 보완 할 수 있었으며 지역적, 시간적인 편차가 매우 높은 우리나라의 강수 패턴을 유연하게 있게 반영할 수 있었다. 또한 조만간 도입 될 국내 Ka대역 위성 멀티미디어 서비스 시 위성 링크 설계 및 강우감쇠 대처 방안마련 등에 신뢰성 있는 분석을 제공할 수 있다.

5. 참고문헌

- [1] DIRECTV Enterprise,LLC, for authorization to launch and operate DIRECTV BSS-99W, a satellite in the 17/24 GHz broadcasting Satellite Service at 99 W.L, Federal Communications Commission, 2006
- [2] “무궁화 위성 3호의 Ka대역 중계기 특성”, KT 기술 문서
- [3] “통신 해양 기상 위성의 중계기 특성”, 한국항공우주연구원 (jpkim@kari.re.kr)
- [4] “Characteristics of precipitation for propagation modeling”, Recommendation ITU-R PN837-1,1994.
- [5] Characteristics of precipitation for propagation modeling”, Recommendation ITU-R PN837-5,2007
- [6] 기상청 (<http://www.kma.go.kr/>)
- [7] 서울대학교 자연대 지구환경과학부 대기환경관측소 AWS 관측자료
- [8] “양준규 “군산지역의 강우강도 추정 및 강우감쇠 영향 분석”, 전자공학회 학회지 14-3 pp.747
- [9] CCIR , “Radiometeorological data”, CCIR Vol.V, Report 563-4, pp. 103-146, 1990
- [10] F.Moupfouma, “Model of rainfall rate distribution for radio system design,” IEEE Proceedings, Vol.132, Pt.H, No1, pp.39'43, Feb.1985.
- [11] Propagation data and prediction methods required for the design of terrestrial line-line-of sight systems”, Recommendation ITU-R PN530-5, 1994
- [12] Propagation data and prediction methods required for the design of Earth-Space Telecommunication systems”, Recommendation ITU-R P.618-9, 2007
- [13] L.D. Emiliani, L. Luini and C. Capsoni “Extension of ITU-R Method for conversion of rain rate statistics from various integration times to one minute”, Electronics Letters , Vol. 44, No. 8, 2008. 4. 10
- [14] ETRI, “전파/방송 공통기반 기술 개발” pp.116, 2001
- [15] 이주환, “누적시간에 따른 강우강도 분포 변환 방법”, ETRI 기술 문서, 2006. 11.
- [16] 정병진 “아열대 기후”, 한국일보, 2008. 06. 07 기사
- [17] 박은호 “장마 언제 끝날지 예보 안 하겠다”, 조선일보, 2008. 06. 03 기사