

# B-WLL 구현을 위한 강우감쇠 적응형 출력제어장치에 대한 고찰

목진담 · 정희창

한국전자통신연구소

## A Study on the Rainfall Attenuation Adaptive Power Control System for Implementing B-WLL

Jin-dam Mok · Hee-chang Chung

Electronics and Telecommunications Research Institutes

E-mail : jdmok@pec.etri.re.kr

### 요 약

고속 광대역 통신의 구현을 위하여 사용 주파수 대역이 밀리미터파 대에 근접함에 따라 마이크로파 신호 채널의 감쇠 특성을 고려할 필요성이 더욱 증대되고 있으며, 특히 B-WLL 시스템에 사용되는 27GHz 대역에서의 마이크로파 채널에 대하여는 강우감쇠로 인한 출력 보상을 반드시 고려하여야 한다. 그러나 어느 한 셀을 설계하면서 강우 감쇠를 고려하여 지나치게 방사 전력을 증가시키면 다른 셀의 수신장치에 간섭을 유발할 수 있다. 본 논문에서는 B-WLL 시스템의 주요 특성 및 인접 셀의 간섭으로 인하여 시스템 성능을 저하시키지 않을 정도로 전파신호 출력을 보상할 경우 적절한 셀 서비스 반경, 서비스 가능한 폭우의 한계 및 적응형 출력 제어 시스템에 대하여 고찰하였다.

### ABSTRACT

As the spectrum migrates to the higher frequency band around several millimeters wavelength for implementing wideband highspeed communications, it is more important to consider the channel attenuation characteristics of microwave signals. Microwave channels in 27GHz used in B-WLL system must be considered by compensating the power attenuation due to rainfall. So, in the design of one cell, the radiation power enhancement considering rainfall attenuation has an effect on the receiver in other cell as interference. In this paper we consider the main characteristics for B-WLL systems, optimum cell radius, and serviceable limit of heavy rainfall the design of the radiation power control system in case of enhancing the power that prevents from reducing the system capacity by interference.

### 1. 서 론

전파를 이용한 통신 서비스는 과거의 단순한 음성 및 데이터 전달 수단을 넘어 다양한 멀티미디어 서비스를 제공하는 단계에 이르렀으며, 이를 이용하는 사용자 역시 다양한 분야의 대량 정보를 빠른 시간 내에 제공받기를 원하고 있다. 이를 위해 국내에서도 광대역 무선 가입자망(B-WLL: Broadband Wireless Local Loop) 시스템에 대한 표준화 작업이 거의 완료되고 사업자 선정을 위한 준비가 진행중이다. B-WLL은 24.25~24.75GHz의 500MHz를 상향주파수대역으로 25.5~27.5GHz의 2GHz(실제로는 LMDS 무선 CATV에 할당된 26.7~27.5GHz의 800MHz를 제외한 1.2GHz)를 하

향주파수대역으로 각각 할당하고 있다. 이처럼 B-WLL은 밀리미터파에 근접한 주파수 대역을 사용하기 때문에 가시거리(Line of sight) 내에서 셀이 구축되어야 하므로 B-WLL의 안정적인 동작을 위해서는 경로손실을 감안한 적절한 셀 반경 산정 및 강우감쇠 보상을 위한 대책이 필요하다. 이러한 대책의 일환으로 강우감쇠 적응형 출력제어 장치를 들 수 있는데 이때 셀 서비스 반경이 클 경우 강우감쇠 보정율을 크게 주어야 하며 셀 반경이 충분히 작을 경우에는 적응형 출력제어장치 없이 폭우시에도 서비스가 가능하다. 이처럼 강우량과 셀 서비스 반경, 기지국 및 가입자국 출력은 가입자 수용용량, 서비스 품질, 지역적 강우 형태 등을 종합적으로 감안하여 결정되어야 하며 경제

적인 측면도 함께 고려되어야 한다. B-WLL은 일반적으로 LMDS로 대표되는 무선 CATV에 역방향 채널이 추가된 형태로 볼 수 있는데 국내에서는 무선 CATV를 별도의 서비스로 분리하여 B-WLL의 일부 대역을 한시적으로 사용하도록 주파수가 배정되어 있다. 궁극적으로 인터넷 확산 및 고속 멀티미디어 서비스의 보편화로 인한 고도 정보 사회로의 이전이 가속화됨에 따라 무선 CATV는 머지않아 광대역 무선 멀티미디어 서비스인 B-WLL에 통합될 전망이다.

본 논문에서는 국내 B-WLL에서 27GHz대역의 B-WLL 시스템의 링크 버짓과 강우에 의한 전파 감쇠 특성을 ITU-R 권고안에 기초하여 분석하였고, 최고 허용 강우량, 적절한 셀반경, 출력제어 범위, 경제성 등을 종합적으로 검토하였으며 적응형 출력 제어방식으로 편파간 강우감쇠의 차이를 측정하여 양방향 출력을 보상하는 방법에 대하여 설명하였다.

## II. 시스템의 Link Budget 및 강우 감쇠

B-WLL 주파수인 27GHz 대역의 마이크로 웨이브는 직진성과 반사, 감쇠에 민감한 특성을 지니고 있다. 따라서 기지국에서 대부분의 가입자 수신장치까지를 가시거리 내에 두어야 하며, 전파의 대기중 감쇠와 강우 등으로 인한 감쇠를 종합적으로 고려하여야 한다. 27GHz 신호의 링크 버짓을 분석하면 [표1]과 같다. 자유 공간에 있어서의 감쇠는 다음 식(1)과 같이 구할 수 있으며, km당 약 -135.1dB 감쇠되는 것으로 계산된다.

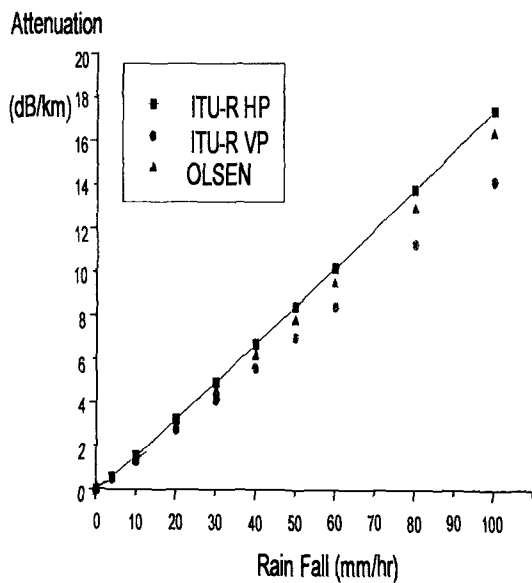
$$Loss = \left( \frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2 \quad (1)$$

[표1] B-WLL 시스템의 링크 버짓

1채널 당 전송 전력	20dBm
송신 안테나 이득	10dBm
ERP/Channel	30dBm
채널감쇠	-135.1dB
안테나 수신전력	-105.1dBm
수신 안테나 이득	40dBm
수신전력/Channel	-65.1dBm
수신기 잡음지수 (NF)	8
수신잡음전력	-90.5dBm
C/N	25.4dB

[표1]에서 보인 방사 전력은 강우로 인한 전파 신호의 감쇠를 고려하지 않은 값이므로 집중 호우시(시간당 30mm이상)에도  $10^{-6}$ 이상의 BER에 해당하는 22.5dB이상의 반송파대 잡음비(C/N)를 유지할 수 있도록 설계되어야 한다.

강우에 의한 전파 신호의 감쇠는 비의 양, 크기, 모양, 온도 및 강우 지역의 분포 등 여러 변수에 의해 약간씩 달라지지만 시간당 강우량에 의해 가장 크게 좌우된다. ITU-R 권고안에 따라 산출된 27GHz에서의 감쇠 특성은 다음과 같다.



[그림1] 27GHz 신호의 강우 감쇠

위 그림에서 수평 편파의 감쇠가 수직 편파보다 심한 것을 알 수 있으며, R.L.Olsen에 의해 분석된 값은 두 편파의 평균치임을 알 수 있다.

다음 식(2)는 강우 감쇠를 산출하는 공식으로 최근 개정된 ITU-R 권고안에 따르면 55GHz까지 실측치와 정확히 일치하는 것으로 제시되어 있다.

$$\gamma_k = kR^a \text{ dB/km} \quad (2)$$

또한 위의 식(2)에서 27GHz에서의 수직편파 및 수평편파에 대응하는 계수  $k$  및  $a$ 의 값은 ITU-R 권고안에 따라 보간법으로 산출하면 [표2]와 같은 값을 갖는다.

[표2] 27GHz에서의 강우 감쇠 계수

계수	수직편파	수평편파
$k$	$k_H=0.149$	$k_V=0.134$
$a$	$a_H=1.045$	$a_V=1.018$

위의 강우감쇠 계수를 대입하여 셀반경 1, 2, 3, 4km에서의 감쇄특성에 해당하는 강우량을 수직 편파 및 수평편파의 경우에 대하여 각각 계산하면 다음 [표3]과 같다.

[표3] 강우 감쇄에 대응하는 강우량 비교

거리	강우량 (mm/hr)							
	1 km		2 km		3 km		4 km	
강우 감쇠 (dB)	수직 편파	수평 편파	수직 편파	수평 편파	수직 편파	수평 편파	수직 편파	수평 편파
5	35.0	28.8	17.7	14.9	11.9	10.1	9.0	7.6
10	69.1	56.0	35.0	28.8	23.5	19.6	17.7	14.9
15	103.0	82.5	52.1	42.5	35.0	28.8	26.4	21.9
20		108.7	69.1	56.0	46.4	38.0	35.0	28.8
25			86.1	69.3	57.8	47.0	43.6	35.7
30			103.0	82.5	69.1	56.0	52.1	42.5
35				95.7	80.5	64.9	60.6	49.3
40				108.7	91.7	73.7	69.1	56.0
45					103.0	82.5	77.6	62.7
50						91.3	86.1	69.3
55						100.0	94.5	75.9
60							103.0	82.5
65								89.1
70								95.7
75								102.2

[표3]에서 보는 바와 같이 기지국과 가입자국 간의 거리에 따라 강우 감쇠에 대응할 수 있는 정도에 현격한 차이가 있으므로 최고 허용 강우량, 적절한 셀반경, 출력제어 범위, 경제성 등을 종합적으로 고려한 적응형 출력제어장치의 설계가 필요하다. 또한 강우량 많을수록 빗줄기가 일종의 편광필터 역할을 하여 수평편파의 감쇠가 수직편파의 감쇠보다 심하므로 인접한 기지국 간의 간섭을 피하기 위하여 편파를 사용할 경우에는 가급적 셀반경이 큰 지역에 수직편파를 사용

하는 것이 유리하다.

### III. 적응형 출력 제어 시스템 활용 요건

국내의 강우량은 여름철에 편중되어 있으며 집중 호우시 시간당 100mm정도의 강우도 적지 않게 발생하고 있다. 재해 상황에서 방송 및 통신 수단의 중요성을 인식할 때 악천후에도 B-WLL 서비스가 단절되지 않도록 하기 위해서는 앞에서 살펴 본 바와 같이 27GHz대역의 전파 특성에 따른 강우 감쇠 및 이를 유발시키는 거리별, 편파별 강우량을 분석하여 셀반경 및 출력 보상폭의 적정 범위를 산정하여야 한다. 일단 국내의 기후 특성을 감안하여 시간당 강우량 최대치를 100mm로 설정하고 인접 셀 기지국에 영향을 미치지 않을 정도의 출력 보상율을 정하면 가능한 최대 셀반경을 정할 수 있다. 여기서는 최대 강우 허용치를 기준으로 서비스 품질의 목표치를 [표4], [표5] 및 [표6]과 같이 3단계로 구분하고 등급별로 기지국 출력 보상치와 셀반경의 관계를 분석하여 수직편파와 수평편파의 감쇠차가 5dB되는 거리를 출력 보상 한계에 따른 최대 셀반경으로 산출하였다.

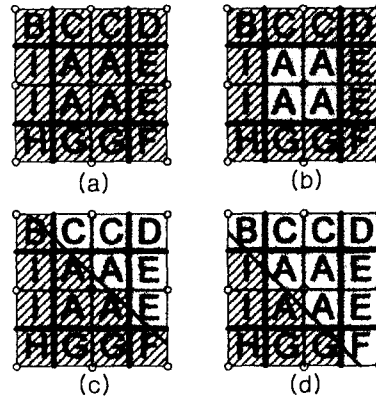
[표4] 거리에 따른 강우감쇠 보상치(100mm/hr)

거리 (km)	보상(dB)							
	1	1.325	1.5	2	2.5	3	3.5	4
13.2	V							
18.3	H							
19.3		V						
21.3		H						
21.8			V					
27.5			H					
29.1				V				
36.4					V			
36.7				H				
43.7						V		
45.8					H			
51.0							V	
55.0						H		
58.2								V
64.2							H	
73.3								H

[표5] 거리에 따른 강우감쇠 보상치(60mm/hr)

거리 (km)	1	1.5	2	2.39	2.5	3	3.5	4
보상(dB)								
8.7	V							
10.7	H							
13.0		V						
16.1		H						
17.3			V					
20.7				V				
21.5			H					
21.6					V			
25.7				H				
26.0						V		
26.9					H			
30.3							V	
32.2						H		
34.6								V
37.6							H	
43.0								H

또한 B-WLL 시스템은 셀반경이 작아 대부분 감쇠 시점을 동시성으로 가정할 수도 있으나 실제 우천시에 셀의 일부분만 강우지역에 속하게 될 가능성이 있으므로 이러한 경우 발생 가능한 문제점에 대하여 검토하여 출력 보상 정도를 결정하여야 한다. 등방성 안테나 사용시 가능한 경우는 [그림 2]와 같다.



[그림2] 강우 분포와 셀 위치

[표6] 거리에 따른 강우감쇠 보상치(30mm/hr)

거리 (km)	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.345
보상 (dB)										
4.3	V									
5.2	H									
6.4		V								
7.8		H								
8.5			V							
10.4			H							
10.7				V						
12.8					V					
13.0			H							
15.0						V				
15.6					H					
17.1							V			
18.2						H				
19.2								V		
20.8							H			
21.4									V	
22.8										V
23.4								H		
26.0									H	
27.8										H

[그림 2]에서 a)는 기준 셀과 인접한 셀 모두가 균일한 강우지역에 속하여 있는 경우로 강우량에 따라 감쇠치를 보상할 수 있으므로 가장 단순한 형태이며 이러한 상황만 유지된다면 폭우시에도 필요한 만큼 출력을 올려 강우감쇠를 보상할 수 있다. b)의 경우도 A셀만 강우 대역에서 벗어나 있으므로 별 문제가 없는 형상이다. 그러나 c)의 경우는 기지국이 강우지역에 속하여 있으므로 강우감쇠에 대한 출력 보상을 할 경우 인접셀 C, D, E에 간섭을 줄 우려가 있다. 따라서 이러한 경우에 대비하기 위하여는 설계 단계에서부터 급적 셀 반경을 줄이는 것이 유리하다. 또한 d)의 경우는 기지국이 강우 지역에서 벗어나 있으므로 강우감쇠를 인식하지 못하여 강우지역에 속한 가입자국에서 제대로 서비스를 받지 못하는 경우가 생길 수 있다.

이러한 출력 보상을 위한 미묘한 문제를 해결하기 위하여는 여러 가지 방안이 있을 수 있으나 가장 보편적으로 적용할 수 있는 방식은 가입자국으로부터 수신되는 신호강도를 측정하여 신호감쇠정도를 파악하여 이를 보상하는 방법이다. 다행히 가입자국은 이동성을 갖지 않으므로 각 가입자국으로부터의 신호 레벨 변화를 측정하고 허

용범위 내에서 가장 변화폭이 큰 신호를 기준으로 출력을 제어하면 된다. 이때 물론 가입자국으로부터의 역방향 신호는 출력이 고정되어 있어야 한다. 또 다른 방법으로는 수직편파와 수평편파의 신호 감쇠 정도의 차이를 측정하여 강우 정도를 인식토록 하여 가입자국의 신호 레벨이 변동되어도 기지국에서는 가입자국과 기지국 경로상의 강우 감쇠 정도를 알 수 있다. 셀 외곽에 위치한 가입자국에는 폭우시의 안정된 통신에 대비하여 차별적으로 역방향 출력제어기능을 부여하고 편파 손실을 측정함으로써 상호 출력제어가 가능하며 셀 전지역의 강우분포에 따른 적절한 출력제어가 용이하다. 집중 호우시 가입자국의 역방향 송신은 기지국과 달리 지향성 안테나를 사용하므로 인접 가입자국에 대한 간섭보다는 낮은 출력으로 인한 통신 장애 유발 확률이 더 높으므로 신호 레벨을 약간 높히는 것이 유리하며 가급적 기지국을 중심으로 맞은 편에 위치한 가입자국에 영향을 미치지 않도록 양각을 줄 수 있어야 한다. 따라서 기지국은 가장 높이 위치한 가입자국보다 높은 위치에 설치되어야 한다.

#### IV. 결론

무선 통신용 주파수 대역이 점차 밀리미터파 대역으로 이전되고 일반적인 광대역 무선통신 가입자망(B-WLL)이 보편적인 서비스 형태로 자리잡아 감에 따라 시스템의 설계 및 운용시 매우 다양한 상황에서 초고주파 신호의 채널 감쇠특성, 특히 강우감쇠로 인한 서비스 품질 및 안정성 문제가 해결하여야 할 관건으로 떠오르고 있다. 이를 위하여 ITU-R의 권고안에 근거한 편파, 거리, 강우량 등에 따른 감쇠율 등을 산출하고 최대 허용 강우량을 3단계로 구분하여 수직편파와 수평편파의 강우감쇠 차이가 5dB인 점에서의 기지국과 가입자국간 거리를 도출하였는데 시간당 100mm, 60mm, 30mm의 최대 허용 강우량을 갖는 시스템에 대해 각각 1.3km, 2.4km, 5.3km의 셀 반경을 가져야 하는 것으로 분석되었다. 또한 셀에 분포 가능한 강우 형태를 검토함으로써 제한적으로 출력을 보상하여야 하는 이유를 설명하였다. 강우감쇠 적응형 출력제어장치는 가입자국의 고정된 역방향 출력 신호의 감쇠 정도를 측정하여 기지국 출력을 제어하는 방법과 수직편파 및 수평편파의 강우감쇠 정도의 차를 측정함으로써 기지국과 가입자국의 양방향 출력을 동시에

제어 가능토록 함으로써 시스템 효율을 높일 수 있는 방법에 대하여 설명하였다. 우리나라는 일시적이기는 하지만 폭우성 강우의 빈도가 잦은 편이기 때문에 앞으로 B-WLL 시스템 구축시 강우 감쇠 적응형 출력제어기능에 대해 충분한 검토 및 국내 특성에 적합한 방식의 개발을 위하여 많은 연구가 있어야 할 것이다.

#### 참고 문헌

- [1] 한상민 외 4인, "강우감쇠를 고려한 디지털 LMDS 전력제어 시스템 설계", 한국통신학회 추계종합학술발표회, 1997. 11
- [2] 장해성 외 2인, 무선 CATV 기술 동향, 한국통신학회지 제13권 제7호, pp692-703, 1996.7
- [3] 김영우 외 3인, 무선 CATV 시스템 기술, KMT Techonlogy, pp60-74, 1996.6
- [4] W. C Jakes, *Microwave Mobile Communication*, 1974
- [5] R. W. Donhaldson, Andrew S. Beasley, *Wireless CATV network access for personal communication using simul-castion*, IEEE Trans, on VTC. Vol. 43, No.3, pp666-670, August 1994
- [6] Doug Gray, *Optimal Cell Deployment for LMDS system at 28GHz*, Wireless Broad-band Conference, Washington DC, July 15, 1996
- [7] Kerr, D. E. *Propagation of Short Waves*, Mcgraw-Hill Book Company, New York, 1951, pp671-692
- [8] R. L. Olsen, D.V. Rogers, D. B. Hodge, The aRb relation in the calculation of rain attenuation, *IEEE Trans. on Antenna and Propagation*, vol. AP-26, no.2, pp318-328, March 1978
- [9] ITU-R Recommendation 838, 1992