

# 수도권 밀리미터파 전파환경분석

이 태 우\*, 임준 석\*\*,

하나로통신(주)\*, 세종대학교\*\*

twlee@hanaro.com, jslim@kunja.sejong.ac.kr

## Simplified Analysis of Millimeter-Wave Propagation Through Rain in Seoul

Tae-woo Lee\*, Jun-seok Lim\*\*

Hanaro Telecom Inc.\*, Sejong University\*\*

### 요 약

38GHz 밀리미터파의 국내 적용을 위한 서울지역의 전파환경시험을 통한 적정거리 도출을 위한 기초 Data를 수집하여 전파환경시험을 수행함으로써 기후 및 적용거리등에 따른 기술자료 확보 및 적정거리 도출을 통하여 전송망 구축 설계시 반영하고자 한다.

### I. 서론

본 논문에서는 38GHz 밀리미터파의 국내 적용에 앞서 국내의 강우 환경 분석을 통한 적정거리를 산출하기 위하여 서울 국제전자센터빌딩과 금하빌딩간에 38GHz M/W 장비(MDR-7238i)를 설치하여 3개월간 운용하면서 적정거리 도출을 하기 위한 기초 Data(강우량, BER Data, AGC 전압 Data)를 수집하였다. 시험기간 동안 강우형태 분석, 월별 강우량 분석, 월별 강우량 비교, 시험기간 동안의 가용도 분석을 통한 연간 가용도 분석 및 강우량 별 강우감쇠 분석을 통한 국내의 기 지정된 밀리미터파 대 주파수(38GHz)를 이용하여 전파환경시험을 수행함으로써 기후 및 적용거리등에 따른 기술자료 확보 및 적정거리 도출을 통하여 추후 밀리미터파 장비를 이용하여 전송망 구축설계시 반영하고자 한다.

### II. 시험구성 및 경로

서울 국제전자센터빌딩과 금하빌딩간 4.1Km 구간에 시험경로간 MDR-7238i 장비와 ODU와 Antenna를 구성을 하고 민간 예보사업자 웨더뉴스(주) AWS(Automatic Weather System) 강우자료 제공을 받았으며 측정지점으로는 서초(서초구 서초동 1650번지 서울교육대학 구내)와 강남(강남구 삼성2동 42번지 삼릉초등학교

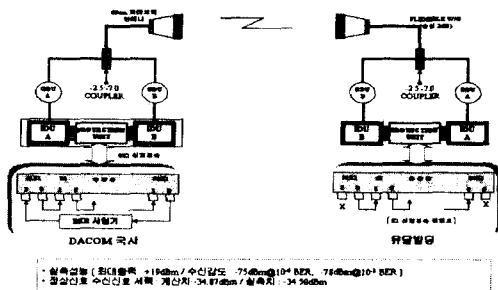


그림 1 시험구성도

구내) 두 곳에서 1분 강우량을 제공받았다. 강우량 측정원리는 Tipping Bucket Rainingage를 사용하여 0.5mm 용량의 Tipping Bucket이 한번 움직여 여기에 고인물을 쏟아 버리면 이때 발생 한 펄스가 데이터 로거에 기록된다. 이 펄수를 처리하여 1분당 강우량 데이터가 작성되고 누적하여 10분 및 1시간당 강우량 자료를 만들어 낸다.

### III. 가용도 분석

#### 1. 시험기간 가용도

시험장비에 연결한 BER TEST SET로부터 12시간 간격으로 아래와 같은 DATA를 획득하여 이를 합산 시험기간동안의 가용도로 계산한다.

98-07-31 14:38:30 Start	
98-08-01 02:38:30 Stop (Interval 43,200 secs)	
EC	3.82+06
ER	3.16E-03
ES	668
G.821 Performance	
%ES	0.6354%
%SES	0.0443%
%DM	2.1008%
%US	0.9166%

그림 2 BER TEST SET DATA sample

#### 2. 시험기간 가용도

시험기간 98.7.10(13:31:20)~98.10.01(10:09:21) 동안 총 가동시간 7,256,441초 동안 용지부족, 영상 음성 데이터 시연회 등을 제외한 총 측정시간이 6,545,173초이며 그중 에러발생시간이 21,415초였다. 10<sup>-6</sup>시험장비에 연결한 BER TEST SET로부터 12시간 간격으로 표1과 같은 DATA를 획득하여 이를 합산 시험기간동안의 가용도를 표2에 정리하였다.

표 1. 월별 에러 발생시간

기간	7.10 ~ 7.31	8.1 ~ 8.31	9.1 ~ 10.1
ES	1,474(secs)	18,812(secs)	1,129(secs)

표 2. 월별 가용율

기간	7.10 ~ 7.31	8.1 ~ 8.31	9.1 ~ 10.1
가용율	99.90341(%)	99.2144(%)	99.95698(%)

3. 연간 가용율 분석

최악월 통계치에서 년간 통계치(최악월에서 연간 가용도)로 변환을 식(1)과 같이 ITU-R 권고 P.841 ANNEX-1의 3항,4항 및 TABLE-1[Conversion of annual statistics to worst-month statistics]에 의거하였으며 표1의 값중 "Rain effect, Terrestrial의 Global"에 해당값인  $\beta = 0.13$ ,  $Q1 = 2.85$ 를 적용을 하였다.[1]

$$\text{년간 순단율}(\%) = 0.3 \times [P_w(\text{최악월 순단율})] \quad (1)$$

여기서  $0.00019\% \leq P_w \leq 7.8\%$ ,  $n = 1.15$ .

식(1)에 의해 얻어진 연간 가용율은,  
 $100 - 0.30(100 - 99.21440)^{1.15} = 99.77270\%$  이다.

IV. 강우감쇠 분석

1. 분석기준

강우량이 없을 때 시험구간 (4.1Km) RSL(Receive Signal Label)이 -36dBm,  $10^{-6}$  BER 기준 RSL이 -79dBm이므로 System Margin이 43dBm이고 강우량이 있을 때 시험구간 (4.1Km) RSL이 Wet Random Loss를 안테나 1개당 2dBm을 적용하여 -40dBm,  $10^{-6}$  BER 기준 RSL이 -79dBm이므로 System Margin이 39dBm이다.

2. 강우감도 산출

1분 강우량 자료로부터 연속적으로 0.5mm(30mm/h 강우강도), 1.0mm(60mm/h) 강우량을 가진 적절한 Sample을 선택한다. 1.0mm이상 강우량은 시험구간이 Long Distance (4.1Km)이어서 감쇠량이 커서 AGC 전압이 포화상태에 도달하여 정확한 감쇠량을 산출할 수 없어 제외한다. 선택한 Sample로부터 30mm/h, 60mm/h 강우강도에서 강우감쇠를 산출한다. 산출된 30mm/h, 60mm/h 강우강도에서 강우감쇠와 이론치[2,3] 감쇠량을 비교 검토하여 그 차이를 분석하여 90mm/h, 120mm/h, 150mm/h, 180mm/h 강우강도에서의 강우감쇠를 결정한다.

3. 30mm/h 강우감도 감쇠 분석

0.5mm/min 강우량 4개를 샘플로 취하여 분석한 결과 sample #1은 0.5mm/min으로 지속적으로 내리면서 강우강도가 점차적으로 증가하여 1.0mm/min으로 내리다가 다시 감소한 경우로서 이론치와 근접하고 있다. sample #2는 0.5mm/min으로 지속적으로 내린 경우로서 적절한 감쇠 실측치는 34dB라고 판단되며 이때의 이론치와의 차이는 +3dB정도이다. sample #3은 앞 시간에 0.5mm/min 이상의 비가 내렸을 때 그 영향을 지속적으로 받다가 나중에 0.5mm/min으로 지속적으로 내리는 경우로서 이때도

표 3. 0.5mm/min 강우시 sample data

SAMPLE #1 : 0.5mm/min 지속성 강우량

07월 11일

시간	강남	서초	감쇠 실측치(dB)	이론치 감쇠(dB)
3:31	0	0	14.50	0
3:32	0	0	15.50	0
3:33	0.5	0.5	20.00	31.23
3:34	0	0.5	25.00	15.99
3:35	0.5	0.5	31.00	31.23
3:36	0	0.5	31.00	15.99
3:37	0.5	0	25.00	15.99
3:38	0	0.5	23.00	15.99
3:39	0.5	0.5	31.00	31.23
3:40	0	1	55.50	31.23
3:41	0.5	1	55.50	52.91
3:42	1	0	46.00	31.23
3:43	0.5	0.5	35.00	31.23
3:44	0	0	28.00	0
3:45	0.5	0.5	24.00	31.23
3:46	0	0	23.00	0
평균			33.19	31.23

SAMPLE #2 : 0.5mm/min 지속성 강우량

08월 07일

시간	강남	서초	감쇠 실측치(dB)	이론치 감쇠(dB)
15:19	0	0	34.00	0
15:20	0	0	34.00	0
15:21	0.5	0.5	31.00	31.23
15:22	0.5	0.5	31.00	31.23
15:23	0	0	28.00	0
평균			33.00	31.23

SAMPLE #3 : 0.5mm/min 지속성 강우량

08월 08일

시간	강남	서초	감쇠 실측치(dB)	이론치 감쇠(dB)
2:40	1	1	57.00	52.91
2:41	1.5	0.5	54.00	52.91
2:42	1	1.5	51.00	71.74
2:43	0.5	0.5	44.50	31.23
2:44	1	0.5	31.00	42.25
평균			53.10	51.23

SAMPLE #4 : 0.5mm/min 지속성 강우량

09월 21일

시간	강남	서초	감쇠 실측치(dB)	이론치 감쇠(dB)
7:13	0	0	25.00	0
7:14	0.5	0.5	21.00	31.23
7:15	0	0	20.00	0
7:21	0	0.5	52.00	15.99
7:22	0.5	0.5	50.00	31.23
7:23	0	0.5	46.00	15.99
7:24	1	0.5	42.00	42.25
7:25	0.5	0.5	35.00	31.23
7:26	0.5	0.5	43.00	31.23
7:27	1	0.5	54.00	42.25
7:28	0.5	0.5	55.50	31.23
7:29	0.5	0	43.00	15.99
7:30	0.5	0.5	30.00	31.23
7:31	1	0.5	21.00	42.25
평균			33.39	31.23

적절한 감쇠 실측치는 34dB라고 판단되며 이와 마찬가지로 이론치와의 차이는 +3dB이다. sample #4는 0.5mm/min으로 지속적으로 내렸으나 7시 21분 및 7시 27분에서 순간적으로 강우강도가 60mm/h 수준으로 증가하였다가 감소한 것으로 판단되며 이의 영향을 지속적으로 받고 있어 이론치보다 감쇠량이 크다는 것은 알 수 있다. 이와 같은 상황을 종합하여 볼 때 1분당 강우량 시간에서도 강우강도는 차이가 많이 나고 있다고 분석되며 또한 앞 시간 및 뒤 시간에 그 이상의 비가 내릴 경우 많이 내린 강우량

표 4. 1mm/min 강우시 sample data

SAMPLE #1 : 0.5~1mm/min 지속성 강우량

07월 11일

시간	강남	서초	감쇠 실측치(dB)	이론치 감쇠(dB)
3:31	0	0	14.50	0
3:32	0	0	15.50	0
3:33	0.5	0.5	20.00	31.23
3:34	0	0.5	25.00	15.99
3:35	0.5	0.5	31.00	31.23
3:36	0	0.5	31.00	15.99
3:37	0.5	0	25.00	15.99
3:38	0	0.5	23.00	15.99
3:39	0.5	0.5	31.00	31.23
3:42	1	0	46.00	31.23
3:43	0.5	0.5	35.00	31.23
3:44	0	0	28.00	0
3:45	0.5	0.5	24.00	31.23
3:46	0	0	23.00	0

SAMPLE #2 : 1mm/min 지속성 강우량

08월 07일

시간	강남	서초	감쇠 실측치(dB)	이론치 감쇠(dB)
18:46	0.5	0.5	25.00	31.23
18:47	0.5	0.5	34.00	31.23
18:48	1.5	1.5	46.00	71.74
18:49	1.5	1.5	52.00	71.74

SAMPLE #3 : 1mm/min 지속성 강우량

08월 07일

시간	강남	서초	감쇠 실측치(dB)	이론치 감쇠(dB)
22:09	0	0	23.00	0
22:10	1	1	34.00	52.91
22:11	0.5	0.5	44.50	31.23
22:12	0	0	46.00	0
22:13	0.5	0.5	55.50	31.23
22:14	0	0	52.00	0
22:15	1	1	44.50	52.91
22:16	0	0	46.00	0
22:17	0.5	0.5	52.00	31.23
22:18	0.5	0.5	57.00	31.23

도의 영향을 받아 감쇠량의 차이가 많이 나고 있다고 판단된다. 그러나 sample #1~3에서 보듯이 감쇠 실측치는 이론치 감쇠량과 거의 근접하여 +3dB 정도 감쇠가 더 된다고 결론지어 진다.

4. 60mm/h 강우감도 감쇠 분석

1mm/min 강우량 3개를 샘플로 취하여 분석한 결과 sample #1은 1mm/min이 반복적으로 내렸을 때 60mm/h의 강우강도가 지속되었을 것으로 분석되며 이때 이론치와의 차이는 2.6dB정도이다. sample #2는 1.5mm/min에서 1mm/min으로 강우량이 변화하는 경우로서 이론치와 근접한 결과가 나오고 있다. sample #3은 1mm/min이 계속되고 있으나 순간적으로 강우강도가 60mm/h 이상 되는 경우가 발생하여 지속적으로 그 영향을 주고 있다고 판단되며 감쇠 실측치가 이론치보다 높게 나오고 있다. 1분당 강우

량이 같은 값으로 지속적으로 내리고 있어도 그 시간대에서의 강우강도는 계속적으로 변화하여 그 차이가 나고 있고, 이 경우가 장 큰 강우강도의 영향을 받고 있으며 또한 측정된 앞 뒤 시간에 그 이상의 비가 내릴 경우 많이 내린 강우강도의 영향을 받아 감쇠량의 차이가 나고 있다. 이와 같은 상황을 고려하여 적절한 sample을 취하여 분석한 결과는 다음과 같다.

5. 60mm/h 이상의 강우감도 감쇠 분석

30mm/h, 60mm/h 강우강도 감쇠는 이론치와 실측치가 거의 근접하고 있으며 sample을 분석한 결과 이론치 보다 +3dB 정도 감쇠가 더 된다고 결론지어 진다. 90mm/h, 120mm/h, 150mm/h, 180mm/h 강우강도 감쇠도 위의 결론을 갖고서 이 역시 마찬가지로 이론치 보다 +3dB정도 감쇠가 더 된다고 결론지어진다.

VI. 토론 및 결론

강우감쇠를 산출하기 위한 기상 자료가 강우강도가 아닌 1분당 강우량이었고 또한 최소 측정 단위가 0.5mm이어서 강우량을 강우강도로 환산하는데 오차가 너무 커서 정확한 강우강도 자료를 만들기 어려웠다. 시험구간에 강우강도계 설치하여 보다 나은 강우강도를 구해야 한다. 시험구간이 원천제작사가 제안한 1.5mile 보다 장거리 구간이어서 60mm/h 강우강도 이상 비가 내릴 경우 수신신호가 임계치 이하로 낮아져 AGC 전압이 동작 한계치에 도달하게 되어 정확한 수신레벨을 측정할 수 없어서 강우감쇠 실측치 측정이 불가능하였다. 강우량 및 강우강도가 국지성을 갖고 있어서 측정하는 위치에 따라 차이가 발생하므로 장비가 설치된 양측 사이트 및 경로 중간에 최소 3개 이상의 강우강도계 설치가 필요하다. 단방향에서의 BER 및 AGC 전압을 측정하여 국지성을 띄고 있는 강우현상에 따른 양국소에서의 데이터 차이를 확인 하지 못하였으므로 양방향에서의 BER 및 AGC 전압 측정이 필요하다. 영상, 음성, 데이터 시연회 및 장비시험 용지교체등으로 연속적인 데이터를 얻지 못하였으므로 BER 계측기 이원화가 필요하다.

전파 환경 시험 결과 분석을 통한 강우강도별 실측치 분석 결과를 갖고 산출한 적정 전송거리가 가용도 99.999%일 때 2.0Km이 내이나 기상이상 현상으로 인한 집중 호우성 강우현상이 증가하는 추세이므로 이를 감안하여 상용화 시에는 Rain Region M지역(0.001%에 해당하는 강우량 120mm/h)에 해당하는 강우감쇠를 적용하여 적정거리 산출시 1.8Km 이내로 설계할 필요가 있다.[4]

참고 문헌

- [1] "Conversion of Annual Statistics to Worst-Month Statistics" Rec, ITR-U P.841, 1992.
- [2] "Specific Attenuation Model for Rain for Use in Prediction Methods" Rec, ITR-U P.838, 1992.
- [3] "Propagation Data and Prediction Methods required for the Design of Terrestrial Line-of-Sight Systems" Rec, ITR-U P.530-7, 1997.
- [4] "Characteristics of Precipitation for Propagation Modelling" Rec, ITR-U P.837-1, 1994.