JANT 한국항행학회논문지
Journal of Advanced Navigation Technology

기반 기술

J. Adv. Navig. Technol. 19(6): 607-613, Dec. 2015

이동통신 백홀 설계를 위한 M/W 억세스 링크의 경로길이 분석

Analysis on the Path Length of M/W Access Link for Mobile Backhaul Design

강 영 흥
군산대학교 컴퓨터정보통신공학부

Young-Heung Kang
School of Computer, Information and Communication Engineering, Kunsan National University, Jeollabuk-do 54150, Korea

[요 약]

최근의 이동통신 트래픽의 증가 수요에 대처하기 위한 10 GHz 이상의 M/W(microwave) 이동통신용 단거리 백홀을 설계하기 위해서는 구축지점에서의 강우 페이드에 의한 감쇠와 어스 벌지 및 프레넬 존 등 지형적 대기조건을 종합적으로 고려해야 한다. 이에 본 논문에서는 국내 강우강도 표준 값을 이용하여 여러 주파수 대역에서 경로길이를 이론적으로 계산하고, SMIS (spectrum management intelligence system)를 활용한 대도심의 전파경로 프로파일을 분석한다. 이 결과를 토대로 해외의 최소 경로길이 기준과 비교분석을 행해 현재 모든 주파수에 대해 10 km로 정하고 있는 국내 기준 값을 주파수 대역별로 세분화하여 최소 경로길이를 제시한다. 본 논문의 결과는 국내 도시에서의 이동통신용 M/W 백홀 설계의 기본 데이터를 제공하여 고주파수 대역의 단거리 광대역 이동통신 백홀용으로 주파수의 유효이용을 촉진시키는데 유용하게 활용될 것이다.

[Abstract]

In order to design M/W(microwave) short backhaul above 10 GHz to meet the increase in mobile traffic demand, the rain attenuation as well as the atmospheric conditions such as Earth bulge and Fresnel zone should be considered. In this paper, the path lengths have been estimated theoretically in various frequency bands using the Korean standard rain rate, and an example of path profile has been analyzed in urban area utilizing spectrum management intelligence system (SMIS). These derived minimum path lengths in various frequency bands are compared to the foreign them, and then will be proposed to improve the Korean minimum path length unitized to 10 km. This paper will provide useful information for microwave engineers in designing a M/W access link, and be utilized to make an efficient usage of high frequency bands for the short mobile broadband backhaul.

Key word : M/W, Backhaul, Path length, Rain rate, Received signal level.

http://dx.doi.org/10.12673/jant.2015.19.6.607

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-CommercialLicense(http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 15 November 2015; **Revised** 25 November 2015
Accepted (Publication) 7 December 2015 (30 December 2015)

***Corresponding Author; Young-Heung Kang**

Tel: +82-63-469-4693
E-mail: yhkang@kunsan.ac.kr

Ⅰ. 서 론

M/W(microwave) 주파수는 고주파로써 전파의 직진성이 뛰어나 지역적 방향간 이격에 의한 주파수 공유가 용이하며, 주파수가 높아질수록 전송거리가 짧아지는 특성이 있기 때문에 보통 10 GHz 이하 M/W는 장거리 전송용에 적합하며 10 GHz 이상은 단거리 전송용에 적합에 적합하다. 특히 M/W 중계는 전송용량이 광중계에 비해 1/10 정도로 낮은 수준임에도 불구하고 유연한 망구성, 저렴한 구축비용, 신속한 재해복구 등의 장점을 가지고 있어 광통신이 커버하지 못하는 지점간의 단거리 무선 접속 용도 등 고정통신의 응용 관련 업무에 주로 활용되고 있다.

종래에는 M/W 국간 중계시스템은 국가의 기간망으로 사용되었으나 광통신의 등장으로 통신 인프라가 광파이버로 대체되면서 현재는 백업용으로 사용되고 있다. 한편 광대역 이동통신 시대를 맞이하여 선진 각국에서는 5 GHz 이하의 대역에서 500 MHz 이상의 대역폭을 이동통신으로 추가 분배할 계획을 수립하고, 이를 추구하고 있다. 따라서 국간 중계용 M/W 시스템과 같이 백업용으로 사용되는 시스템은 6 GHz 이상의 높은 주파수로 이전하기 위한 할 필요가 있으며, 이를 위한 연구가 필요하다[1].

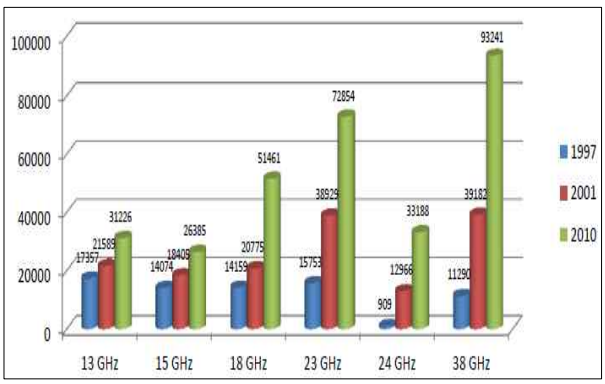

그림 1. 유럽의 고정링크 이용 추이
Fig. 1. European FS growth in high bands.

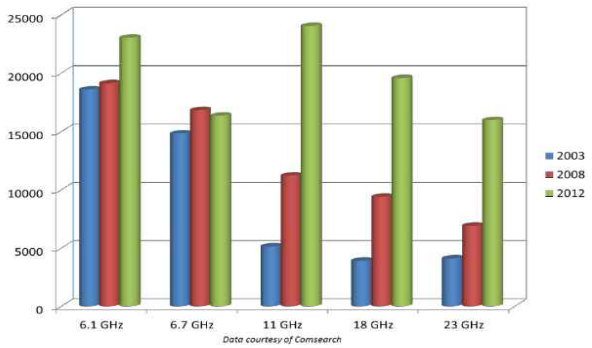

그림 2. 미국의 고정링크 이용 추이
Fig. 2. American FS growth in high bands.

유럽지역내의 19개국에 있어서의 고정무선 시스템의 무선국 수는 그림 1과 같이 1997년 이후 증가를 계속하고 있다. 이는 광파이버 매설공사가 곤란한 도시를 포함하여 광파이버 대체기술로서 네트워크 구축에 이용되고 있기 때문이다. 주파수대에 의한 이용 상황으로서 12 GHz 대역보다도 낮은 주파수대에서의 무선국 수는 감소하는 경향이 있지만, 13 GHz, 18 GHz, 23 GHz, 38 GHz 대역 등에서는 증가가 지속되고 있다. 또한, 32 GHz, 50 GHz, 70/80 GHz, 92 GHz 대역 등에서도 그 이용을 향한 준비가 진행되고 있다[1],[2].

2013년 11월에 개최된 ITU-R SG5 WP5C 회의 자료에 의하면, 미국에서는 이동통신 시스템이나 주정부 등이 정비하는 공공업무용의 육상 무선통신(LMR; land mobile radio)의 백홀(backhaul) 등에서의 수요확대나 네트워크 IP화를 향한 설비변경 등에 의해 그림 2와 같이 6 GHz 및 11 GHz 대역에서의 무선국 수는 증가를 지속하고 있다. 또한, 18 GHz나 23 GHz 대역에서도 6 GHz나 11 GHz 대역과 비교하면 전파거리는 짧지만, 이동통신 시스템의 LTE화나 기지국의 스몰셀(small cell)화에 따른 증대하는 트래픽을 전송하는 백홀로서의 이용이 증가하고 있다[3].

국내 무선국 현황을 살펴보면 방송 중계용 및 통신 중계용으로 35개 시설자가 총 5,443개의 무선국을 운용하고 있다. 특히 통신용 무선국은 5,055국으로 방송중계용 무선국 388국에 비해 무려 13배나 많은 무선국이 M/W 주파수를 이용하고 있다. 특징적으로 방송중계용 무선국이 이용하는 주파수대역은 주로 10 GHz 이하 대역에 90%이상이 이용하고 있고 통신 중계용 무선국은 10 GHz 이상 대역에 83%이상이 이용하고 있다. 최근 11/18 GHz대 통신 중계용 다수 개설됨에 따라 10 GHz 이상대역의 이용율이 높아지고 있다[1].

한편 미국에서는 AT&T, Verizon Wireless, Fiber Tower 등 기간통신망을 갖는 전기통신사업자가 휴대전화 서비스도 제공하고 있어 이전부터 사용하고 있던 저주파수대 (U6 GHz, L6 GHz, 11 GHz)의 이동통신 백홀을 구축하는 경향을 볼 수 있다. 하지만 FCC가 고정무선 시스템 등에 새로운 주파수대 할당을 진행하고 있으므로 이동통신 트래픽 증대에 대응하기 위해 광대역의 확보가 용이한 고주파수대인 18 GHz 대역 이상을 사용하는 고정무선 시스템의 수요증가가 예상되고 있다.

10 GHz 이상의 주파수에서 운용되는 M/W 광대역 링크는 강우감쇠에 의한 성능열화가 매우 중요하다. 강우 페이드는 신호경로의 동질성(homogeneity)에 기인하여 수초에서 수분 사이에 수신신호에 강한 변동이 발생하게 된다. 따라서 주어진 환경에서 시스템 가용성(availability)과 신뢰성 같은 성능 기대치를 만족시키는 M/W 링크를 설계하기 위해 통신 엔지니어들은 링크 성능 요소를 알고 있는 것이 중요하다. 무선 링크 경로에 서 강우감쇠를 평가하기 위한 방법들이 많이 있으며, 가장 보편적인 방법이 ITU-R 모델이라 할 수 있다[4]. 연구자들은 이들 방법들을 보편적이고 효율적으로 활용하고 있지만, 각국은 좀 더 정확한 전파의 강우감쇠를 구하기 위해 시간율에 따른 강우강도 측정을 통해 수년간의 통계치를 제공하고 있다. 국내 국립전파연

구원에서도 수년에 걸쳐 국내의 주요 지점들의 강우강도를 측정하여 국내 무선 통신망 설계를 위한 지역별 강우강도 및 유효 지구반경인자분포에 대한 국내표준을 제공하고 있다.

본 논문에서는 국내 강우강도 데이터를 활용하여 이론적인 M/W 경로길이를 분석하고, 나아가 국립전파연구원의 SMIS (spectrum management intelligence system)를 활용하여 대전의 특정지역에서의 M/W 링크 설계를 위한 경로길이를 도출한다. 또한 국내외 최소 경로길이 기준을 비교 분석하여 본 연구결과를 토대로 현재 국내 전파지정에서 모든 주파수 대역에서 10 km로 한정하고 있는 M/W 표준 최소 경로길이를 개선하여 주파수 대역에 따른 최소 경로길이 기준을 제시하고자 한다. 이를 위해 2장에서는 전송거리를 이론적으로 계산하고, 3장에서는 M/W 링크설계를 위해 고려해야 할 파라미터와 SMIS를 활용하여 대전지역의 최소 경로길이 설계 예를 보인다. 4장에서는 국내외 최소 경로길이 기준 값을 비교 분석하여 국내 기준의 개선 값을 제시한 후 5장에서 결론을 내린다.

Ⅱ. 전송거리 계산

지상의 대기권 전파는 대기 입자, 예를 들어 수증기, 물방울, 얼음 입자들에 의해 신호감쇠가 나타난다. 대기 가스 및 강우는 전파를 흡수하거나 산란시켜 링크의 성능을 열화시킨다. 강우는 5GHz 이상의 M/W 전파 감쇠의 주요 원인이며, 열대지방 및 적도지방에서 강우강도는 더욱 커서 지상 및 지구국-위성 M/W 링크를 설계하는데, 가장 중요한 문제이다. 강우감쇠 예측 문제는 국내외적으로 장기간에 걸쳐 연구가 진행되어 왔으며, 이를 토대로 경로 감소 인자로서 고려해야 할 중요인자는 특정 운영 주파수에서 특정 링크에 대한 최대 경로 길이이다.

자유공간 손실과 자유공간에서의 강우감쇠를 고려하여 수신된 신호레벨(RSL; received signal level) 또는 Fris 방정식을 이용하여 경로길이를 결정한다. M/W 링크의 경로길이를 설정하는데 중요한 인자는 강우율과 DSD (drop size distribution)에서의 회귀계수이다. DSD는 M/W 지점의 지형적 인자로서 다양한 값으로 여러 주파수 대역에 대한 조사가 ITU-R Rec. P.530-16에 주어져 있으며, 이는 지상 P-P 통신에 대한 대표적인 경로 손실 모델이다[5].

국립전파연구원에서 표준안으로 제공하고 있는 대전지역의 강우강도와 ITU-R P.837[6]에서 제공하는 강우강도를 표 1에 비교하였으며, 일본 정보통신심의회의보고서에 제공되는 11/15/18/22 GHz 대역의 규격의 예를 표 2에 나타낸다.

그림 3은 경로길이를 계산하기 위한 블록도이며, 수신된 신호레벨(RSL)은 다음 식으로 주어진다[7][8].

$$RSL = P_t + G_t + G_r - FSL - A_g - A_R - A_W - L_t - L_r \quad (1)$$

표 1. 대전지역의 강우강도
Table 1. Rain rate in Daejeon area.

% of Time Rain Rate Exceeded	0.01	0.05	0.1	0.5	1.0
Measured Rain Rate in mm/h	81.98	41.68	28.65	13.42	6.25
ITU-R P.837	50.70	22.30	14.20	4.70	2.80

표 2. M/W 규정 예
Table 2. Example of M/W Specifications.

Frequency Band [GHz]	Maximum Transmit Power [dBm]	Rx Threshold [dBm]	Tx and Rx Gains [dBi]
11.7	28	- 65	34
15.2	24		36
18.7	20		38
23.2	18		40

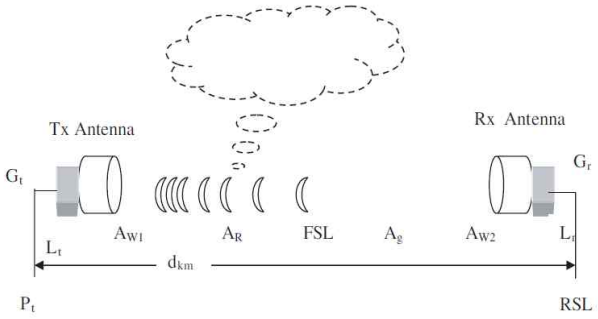

그림 3. 지상 M/W 링크[8]
Fig. 3. Terrestrial M/W link.

여기서,

P_t : 송신전력

G_t, G_r : 송수신 안테나 이득

FSL : 자유공간 손실

$A_g, A_R, A_W (= A_{W1} + A_{W2})$: 가스흡수, 강우감쇠, wet 안테나에 의한 손실

L_t, L_r : 송수신시스템의 손실

프레넬 존에서는 경로손실은 단지 자유공간 손실(FSL)과 강우감쇠만 고려하면 되고, 나머지 항은 무시되므로 unfaded RSL은 식(3-1)에서 다음과 같이 고쳐 쓸 있다.

$$Unfaded\,RSL = P_t + G_t + G_r - 32.45 - 20\log_{10}(d_{km}) - 20\log_{10}(f_{MHz}) \quad (2)$$

한편, 강우에 의한 faded RSL은

$$Faded\,RSL = Unfaded\,RSL - kR_{\%}^{\alpha} \cdot r_{\%} d_{km} \quad (3)$$

ITU-R 강우감쇠 모델에 따라 다음의 표현을 사용하였다.

$$A_{0.01} = \alpha R_{0.01}^{b} r_{0.01} d \quad (4)$$

여기서, 경로감쇠 계수 r 은 다음과 같다.

$$r_{0.01} = 1/(1 + d/d_0) \quad (5)$$

$$d_0 = \begin{cases} 35e^{-0.015R_{0.01}} & R_{0.01} \le 100\,mm/h \\ 35e^{-1.5R_{0.01}} & R_{0.01} \ge 100\,mm/h \end{cases} \quad (6)$$

식(4) ~ (6)의 ITU-R 모델은 강우감쇠 계산을 위한 표준모델로서 R 은 강우 강도, a 및 b 는 회귀계수, r 은 경로감쇠 계수, d 는 경로길이이다[8]. 표 1에 주어진 국내 표준 강우강도는 실제 지점에서의 측정값으로 ITU-R에서 제공하는 강우강도보다 큰 값을 보이고 있으며, 이 두 가지 경우를 비교하여 경로길이를 계산하였다.

경로길이를 파라메타로 하여 11/15/18/22 GHz 대역에서 식(3)과 식(4)를 이용하여 Faded RSL 값과 강우감쇠 값을 구하였다. 11/15/18/22 GHz 대역에서 ITU-R 모델과 국내 표준 강우강도에 의한 Faded RSL 값인 Rx_{ITU} 및 Rx_M과 강우감쇠 값인 A_{ITU} 및 A_M 의 각각의 결과를 표 3 ~ 표 6에 나타내었다. 여기서 색칠한 부분은 수신 기준 값을 초과하는 Faded RSL 값을 나타낸다.

표 3. 11 GHz 대역의 경로길이
Table 3. Path length in 11 GHz band.

Freq. [GHz]	Tx [dBm]	Gt, Gr [dBi]	Path Length [km]	FSL [dB]	A_{ITU}	A_M	Rx_{ITU}	Rx_M	Threshold [dBm]
11.7	28	34	1	113.8	1.96	3.40	−19.78	−21.21	−65
			2	119.8	3.71	6.24	−27.54	−30.08	
			3	123.4	5.28	8.65	−32.63	−36.01	
			4	125.9	6.69	10.73	−36.55	−40.58	
			5	127.8	7.97	12.53	−39.76	−44.32	
			6	129.4	9.14	14.11	−42.51	−47.49	
			7	130.7	10.20	15.50	−44.92	−50.22	
			8	131.9	11.18	16.75	−47.06	−52.62	

표 4. 15 GHz 대역의 경로길이
Table 4. Path length in 15 GHz band.

Freq. [GHz]	Tx [dBm]	Gt, Gr [dBi]	Path Length [km]	FSL [dB]	A_{ITU}	A_M	Rx_{ITU}	Rx_M	Threshold [dBm]
15.2	24	36	1	116.1	3.47	5.76	−23.56	−25.85	−65
			2	122,1	6.57	10.58	−32.68	−36.69	
			3	125.6	9.35	14.67	−38.98	−44.30	
			4	128.1	11.85	18.19	−43.98	−50.32	
			5	130.1	14.12	21.24	−48.18	−55.31	
			6	131.7	16.18	23.92	−51.83	−59.57	
			7	133.0	18.07	26.29	−55.06	−63.28	
			8	134.2	19.81	28.40	−57.96	−66.55	

표 5. 18 GHz 대역의 경로길이
Table 5. Path length in 18 GHz band.

Freq. [GHz]	Tx [dBm]	Gt, Gr [dBi]	Path Length [km]	FSL [dB]	A_{ITU}	A_M	Rx_{ITU}	Rx_M	Threshold [dBm]
18.7	20	38	1	117.9	4.66	7.58	−26.55	−29.47	−65
			2	123.9	8.82	13.92	−36.73	−41.83	
			3	127.4	12.54	19.30	−43.97	−50.73	
			4	129.9	15.90	23.93	−49.83	−57.86	
			5	131.9	18.95	27.95	−54.81	−63.81	
			6	133.5	21.72	31.47	−59.17	−68.92	
			7	134.8	24.26	34.59	−63.04	−73.38	
			8	135.9	26.58	37.36	−66.53	−77.31	

표 6. 22 GHz 대역의 경로길이
Table 6. Path length in 22 GHz band.

Freq. [GHz]	Tx [dBm]	Gt, Gr [dBi]	Path Length [km]	FSL [dB]	A_{ITU}	A_M	Rx_{ITU}	Rx_M	Threshold [dBm]
23.2	18	40	1	119.8	6.68	10.55	−28.44	−32.31	−65
			2	125.8	12.64	19.38	−40.42	−47.16	
			3	129.3	17.98	26.88	−49.28	−58.18	
			4	131.8	22.79	33.32	−56.59	−67.12	
			5	133.7	27.16	38.91	−62.90	−74.65	
			6	135.3	31.13	43.82	−68.45	−81.14	
			7	136.7	34.77	48.16	−73.43	−86.82	
			8	137.8	38.10	52.02	−77.92	−91.84	

표 7. M/W 링크 경로길이
Table 7. M/W link path length.

Frequency [GHz]	11.7	15.2	18.7	23.2
PL_M [km]	15	7	5	3
PL_{ITU} [km]	23	10	7	5

표 3의 11 GHz 대역에서의 경로길이는 국내 표준 및 ITU-R 강우강도 모델 모두 8 km 이상으로 구해지고 있으며, 표 4의 15 GHz 대역에서 국내 표준 강우강도에 의한 경로길이는 색칠한 8 km에서 수신신호레벨(RSL) 기준치를 초과하고 있지만, ITU-R 강우강도에 의한 경로길이는 8 km 이상이다. 또한, 표 5의 18 GHz 대역에서 색칠한 부분의 국내 표준 강우강도에 의한 경로길이는 6 km, ITU-R 강우강도에 의한 경로길이는 8 km로 2 km 이상의 마진을 보이고 있다. 표 6의 22 GHz 대역에서 국내 표준 강우강도에 의한 색칠한 경로길이는 4 km, ITU-R 강우강도에 의한 경로길이는 6 km로 2 km 마진이 얻어진다.

이로부터 얻어진 경로길이를 표 7에 요약하여, ITU-R 강우모델에 의한 경로길이, PL_{ITU}과 국내 강우강도 표준모델에 의한 경로길이, PL_M을 비교해 놓았다. 주파수가 낮을수록 경로길이의 차가 크고 주파수가 높을수록 그 차이는 좁아지지만, 경로길이는 짧아진다는 점을 알 수 있다. 11.7 GHz 대역에서의 경로길이는 ITU-R 모델이 국내 측정모델에 비해 35% (8 km) 이상 길게 가져갈 수 있다. 마찬가지로 15.2 GHz, 18.7 GHz, 23.2 GHz 대역에서 각각 30% (3 km), 29% (2 km), 40% (2 km) 이상의 경로길이 마진을 얻을 수 있다.

Ⅲ. M/W 링크 설계

3-1 백홀 설계

이동통신용 단거리 백홀 설계를 위한 경로길이 설정에는 어스 벌지 (earth bulge)와 프레넬 존 클리어런스 (Fresnel zone clearance)에 대해 고려해야 한다.

3-2 어스 벌지

지구 대기환경은 M/W 전파에 여러 형태로 영향을 미치게 되며, 굴절을 일으키는 대기상의 굴절경사 변동에 의해 다른 속도로 전파해 나간다. 굴절된 전파는 직선보다 약간 아래로 굽어 진행하게 되어 전파의 LOS (line-of-sight)는 지형적 LOS 보다 아래쪽으로 길어지는 형태를 보인다. 이 현상을 유효지구반경계수 k(정상조건 = 4/3)를 도입하여, 유효지구반경을 정의하고 있다[9].

3-3 프레넬 존 클리어런스

빌딩이나 산악 등 M/W 전파 경로상이거나 가까이에 놓이면 전파에 감쇠를 일으키는 문제를 해결하기 위해서는 LOS 주변의 프레넬 존을 정의하여 이를 클리어런스 영역으로 가져가야 한다. 1차 프레넬 존은 M/W 전파경로 양끝의 송수신 안테나에서 초점을 갖는 타원형으로 정의하고 있으며, 운용 주파수에 따라 프레넬 존 직경은 증가한다[9].

3-4 SMIS 분석

대도시환경을 설정하기 위해 그림 4와 같이 대전 둔산동 일대의 전파경로를 포함하는 곳으로 M/W 송신국은 경도 127° 21’ 43.65”, 위도 36° 20’ 54.84”의 해발 117.85m에 위치하고, M/W 수신국은 경도 127° 24’ 59.28”, 위도 36° 22’ 40.71”의 해발 100.34 m에 위치한다고 가정한다.

M/W를 구축하고자 하는 지점간의 지구앙각 및 장애물의 높이 등을 고려하기 위해 SMIS 분석 툴[10]을 사용하여 그림 5와 같이 대전의 한 지역의 전파경로 프로파일을 구하였다.

프레넬 반경은 최대 4.53 m이며, 15 GHz 대역 M/W 링크의 수신한계레벨을 −35 dBm으로 설정할 때 경로길이가 5 km 정도로 얻어지고 있지만, 프레넬 존에 한 빌딩의 장애물이 놓여 있어 M/W 백홀을 구축한다면, 2.4 km에 놓여 있는 빌딩에 안테나를 구축해야 한다.

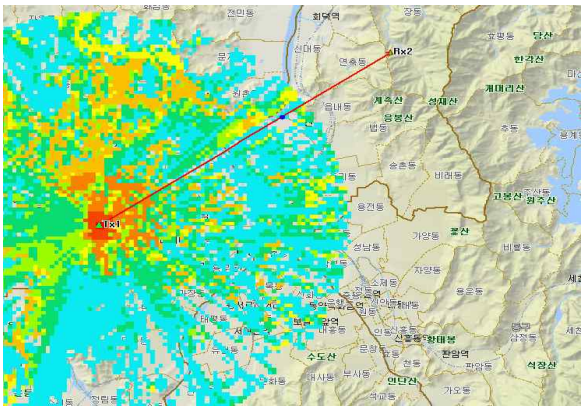

그림 4. M/W 송수신국의 위치 예
Fig. 4. Example of M/W transceiver locations.

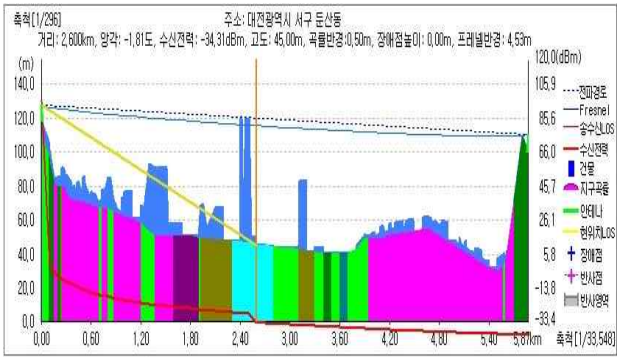

그림 5. 대전지역의 경로프로파일의 예
Fig. 5. Example of path profile on Daejeon area.

Ⅳ. 최소 경로길이 기준

국내는 전파지정기준 고정부분에 주파수 대역에 상관없이 최소 경로길이로 10 km 기준을 두고 있지만, 미국은 47 CFR Part 101 Fixed Microwave Services[11]에 개인용도 및 일반 캐리어 P-P M/W 서비스에서 고정링크의 최소 경로길이를 10 GHz 이하에서 17 km와 10 GHz 이상에서 5 km의 두 가지 기준을 정의하고 있다. 한편 영국은 RA(radiocommunications agency)에서는 주파수 할당기준을 포함하여 무선 인터페이스 기술적 조건에 대한 규정을 두고 있으며, 주파수 대역의 선택을 원천적으로 링크 경로길이와 트래픽 용량에 따라 다양한 최소 경로길이 기준을 두고 있다. 이는 짧은 경로길이의 높은 주파수 대역 사용을 촉진시켜 낮은 대역에서의 혼잡을 피하고 있다[12]. 대부분의 고정서비스를 P-P 구성으로 운용하는 호주도 영국과 유사하게 1.5 ~ 58 GHz 주파수에서 일반 캐리어 및 개인망 운용을 위한 전송용량을 대역별로 제공하고 있으며, 여기에 최소 경로길이 기준을 포함하고 있다[13]. 표 8에 국내외 최소 경로길이를 주파수 대역별로 비교해 놓았다.

표 8. M/W 링크 경로길이[km]
Table 8. Comparison of minimum path length [km].

Frequency [GHz]	GB	Australia	US	Korea
1.350 ~ 1.517	30.0	20.0	17.0	13.0
3.600 ~ 4.200	24.5			
5.925 ~ 7.125	16.0			
7.425 ~ 7.900	15.5			
12.75 ~ 15.35	9.50	5.0	5.0	
17.70 ~ 23.60	4.0	2.0	N/A	
24.50 ~ 26.80	3.0			
37.00 ~ 39.50	1.0			

표 8로부터 외국은 주파수 대역에 따라 8 GHz 이하의 낮은 대역에서는 최소 경로길이를 15.5 km 이상으로 12 ~ 16 GHz 주파수 대역에서는 5 ~ 9.5 km, 17GHz 이상에서는 1 ~ 4 km 기준을 적용하고 있다. 한편, 표 7의 국내 강우강도를 고려한 경로길이 계산결과로부터 국내의 최소 경로길이 기준도 8 GHz 이하의 대역에서는 15 km 이상, 12 ~ 16 GHz 대역에서는 5 km, 17 GHz 이상의 대역에서는 2 ~ 3 km의 기준을 고려해서 향후 국내 이동통신 백홀 설계에 대비해 나가야 한다.

Ⅴ. 결 론

국내외적으로 증가하는 이동통신 트래픽 수요에 대처하기 위해 광대역의 확보가 용이한 높은 주파수대인 18 GHz 대역 이상을 사용하는 M/W 고정무선 시스템의 수요증가가 예상되고 있다. 이에 10 GHz 이상의 M/W 이동통신용 단거리 백홀을 설계하기 위해서는 구축지점에서의 강우 페이드에 의한 감쇠와 어스 벌지 및 프레넬 존 등 지형적 대기조건을 종합적으로 고려해야 한다. ITU-R에서 권고하고 있는 강우강도는 국내 주요 지역에서의 실제 측정값과 많은 차이를 보이고 있으며, 이에 따라 M/W 경로길이에도 11 GHz, 15 GHz, 18 GHz, 22G Hz 대역에서 각각 8 km, 3 km, 2 km, 2 km 정도의 차이를 보이고 있다. 또한 대전의 도심지역에서의 M/W 전파경로 프로파일을 분석해보면 높은 빌딩들에 의한 프레넬 존 클리어런스가 확보되지 않아 이에 대한 구축지점 선택이 중요한 이슈로 높은 주파수 대역에서는 더욱 짧은 최소 경로길이를 필요로 하고 있다. 이에 본 논문에서는 국내 강우강도 표준 값에 의해 얻어진 경로길이와 해외의 최소 경로길이 기준을 분석하였으며, 이 결과로부터 현재 모든 주파수에 대해 최소 경로길이를 10 km로 정하고 있는 국내 전파지정에서의 기준 값을 12 GHz 이하에서 15.5 km 이상, 15 ~ 17 GHz 대역에서는 5 km, 17 GHz 이상의 대역에서는 2 ~ 3 km의 최소 경로길이 기준으로 개선하는 게 바람직하다.

감사의 글

본 연구는 2015년도 KCA 연구과제(과제번호: KCA연구 2015-16)의 일환으로 서, 관계부처에 감사드립니다.

참고 문헌

[1] Y. H Kang, etc, A study on the spectrum sharing and technical criterion of the microwave relay spectrum, R&D Report of Broadcasting & Communication Policy, December 2014.

[2] ECC Report 173, Fixed service in Europe; current use and future trends post 2011, March 2012.

[3] ITU-R Report F.2323-0, Fixed service use and future trends, 2014.

[4] ITU-R Rec. P.838-3, Specific attenuation model for rain for use in prediction methods, 2005.

[5] ITU-R Rec. P.530-16, Prediction data and prediction methods required for the design of terrestrial line-of-sight systems, 2015.

[6] ITU-R, Rec. P.837-6, Characteristics of precipitation for propagation modelling, 2012.

[7] R. K. Manjunath, etc, “Design of high capacity microwave link between two cities,” *International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering*, Vol. 2, Issue 7, pp.5164-5169, July 2014.

[8] U. Kesavan, etc, “Comparison of microwave path lengths between temperate and tropical region based on effects of rain,” in *Progress in Electromagnetics Research Symposium Proceedings*, Moscow: Russia, pp. 504-507, August 2012.

[9] R. K. Manjunath, etc, “Design of short haul high capacity intra city microwave access link for transport of cellular traffic,” *International Journal of Emerging Engineering Research and Technology*, Vol. 2, Issue 6, pp. 167-175, September 2014.

[10] Y. H. Kang and J. P. Chung “Analysis of prediction models for DTV field strength in domestic rural propagation Environment,” *The Journal of Korea Navigation Institute,* Vol 17, No 6, pp. 638-645, December 2013.

[11] FCC, 47 CFR Part 101-Fixed Microwave Services.

[12] RA, UK radio interface requirement 2000, February 2002.

[13] ACA, Microwave radio spectrum trends: accommodating the demands of growth, new technologies and relocation, February 2000.

강 영 흥 (Young-Heung Kang)

1984년 2월 : 한국항공대학교 통신공학과 (공학사),
1986년 2월 : 한국항공대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
1993년 2월 : 한국항공대학교 대학원 전자공학과 (공학박사),
1988년 3월~1990년 2월 : 한국항공대 통신공학과 조교
1995년 8월~1996년 8월 : 일본 오사카대학 개원교수,
2003년 8월~2005년 2월 : 영국 York대학 방문교수
1990년 4월~현재 : 군산대학교 컴퓨터정보통신공학부 교수

※ 관심분야: 위성통신공학, 통신공학, 이동통신공학, 정보통신 표준화, USN