

김해지역 소방무선통신시스템의 전파특성 연구

A Study on the Propagation Characteristics of Wireless Communication System for Firefighters in Kimhae Site

이수빈 · 고봉진*

창원대학교 전자공학과

Su-bin Lee · Bong-jin Ko*

Department of Electronic Engineering, Changwon National University, Gyeongsangnam-do 641-773, Korea

[요 약]

소방무선통신시스템은 화재, 구조, 구급 등 재난현장에서 지휘관과 현장 요원 간 최후의 통신으로서 중요한 역할을 하고 있다. 하지만 경남 소방무선통신시스템의 운영은 예산범위의 한계와 전문적인 통신 인력의 부재로 송신국 부지선정, 전파환경 분석 등의 정량적 기준 없이 설치 및 유지 관리되고 있는 실정이다. 따라서 본 논문에서는 이러한 문제점을 개선하기 위하여 경남 김해 소방무선중계국(신어산)을 기준으로 도내 전 소방관들이 실제 운용중인 UHF 400 MHz 대역을 자유공간손실과 단일, 다중 장애물에 의한 회절량을 이론적으로 계산하고, 한국전파연구원에서 운영 중인 주파수자원분석시스템을 통해 시뮬레이션 및 실제 측정 결과 값을 비교하여 그 오차를 산정하였다. 그 결과, 김해지역에서의 400 MHz 대역 전파예측모델은 회절모델인 Deygout 모델이 측정치와 일치하였다.

[Abstract]

Wireless communication system for firefighters has an important role as the last communication method between the commander and the firefighters in disaster sites like fire. But the operation of Gyeongnam wireless communication system is installed, and maintained and controlled without criteria for the selection of a transmitting station and the analysis of propagation environment because of the lack of budget and the absence of professional personnel. To improve the performance of the radio station, this paper theoretically calculated free space loss of UHF 400 MHz band used by all firefighters in Gyeongnam and diffractions caused by single and multiple obstacles and computed the error after comparing the results of the actual measurement to those of simulation with FRAS operated by KFL. In the results, Deygout model was the most consistent with the actual measurement for 400MHz band in Kimhae site.

Key word : Wireless communication system for firefighters, Ultra high frequency, Disaster safety, Deygout, Gyeongnam.

<http://dx.doi.org/10.12673/jant.2015.19.2.168>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution NonCommercial License (<http://creativecommons.org/licenses/bync/3.0/>) which permits unrestricted noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 14 April 2015; Revised 14 April 2015

Accepted (Publication) 24 April 2015 (30 April 2015)

*Corresponding Author; Bong-jin Ko

Tel: +82-55-213-3656

Email: bjko@changwon.ac.kr

I. 서론

소방무선통신은 화재, 구조, 구급 등 재난현장에서 지휘관과 현장 요원 간 최후의 통신으로서 중요한 역할을 하고 있다. 하지만 경남 소방무선통신시스템의 운영은 예산범위의 한계와 전문적인 통신 인력의 부재로 송신국 부지선정, 전파환경 분석 등의 정량적 평가나 검증없이 설치 및 유지 관리되고 있는 실정이다. 현장 내부는 전기차단 등에 의해 시야확보가 불가능하고, 장비 등의 가동으로 각종 소음, 개인 안전 장비(방화복, 공기호흡기, 면체)의 착용 그리고 양손에 재난 탐조등 또는 관창 등을 잡고 있으므로 행동제약에 따른 의사소통에 제약을 받는다 [1],[2].

또한 소방무선통신에 관한 다각적인 측면의 연구는 911테러 이후 지속적으로 대두되고 있지만 우리나라에서는 이에 대한 연구가 활발하지 않은 실정이다[1]-[3].

이에 따라 본 논문에서는 경남 김해 소방무선중계국(신어산)을 기준으로 실제 김해지역 소방관들이 사용하고 있는 UHF 400 Mhz 대역을 전파예측모델을 이용하여 이론적으로 계산하고, 한국전파연구원에서 운영 중인 주파수자원분석시스템을 통해 시뮬레이션 및 실제 측정 결과 값을 비교하여 그 오차를 산정하였다.

II. 경남 소방무선통신시스템 구성

2-1 경남 소방무선통신시스템 개요

경남 소방무선통신시스템에서의 통신망은 UHF대의 아날로그 직접통신방식으로 음성통신망으로 이용되며 재난현장에서 현장지휘관과 현장대원간의 주 무선통신 수단으로 사용된다 [4],[5].

경남 소방무선통신시스템의 주 송신국인 소방무선중계소는 총 27 개소로서 산 정상 인근에 모두 설치되어 있다. 평균 해발고는 742 m, 최저 해발고 330 m(통영 미륵산), 최고 해발고는 1330 m(함양 기백산)이다. 주 송신국의 역할을 수행하는 원격기지국은 총 87 개소로서 소방서, 안전센터 또는 외곽 지역대에 설치되어 운용되고, 소방서와 소방본부 간 통신 또는 중계소 장애 발생 시 예비 무선통신망으로도 사용된다. 소방현장에서 소방관들이 현장지휘 및 활동을 위해 사용하고 있는 무전기는 총 3 종 1,550 대로서 UHF 휴대국 1,021 식 차량국 507 식 항공국 22 식으로 표 1과 같다. 소방무선통신용 채널은 총 47 개로 구성되며 작전통신망 21 개, 무선중계망 21 개 예비채널 5 개로 이루어져 있다. 경남 도내 무선통신 현황은 7 종 1704 식으로 표 1 과 같다[4]-[6]

2010년 경상남도 소방본부에서는 소방무선통신용 채널을 기존 24 개에서 47개로 확대하였다. 이 중에서 42 개 채널 작전통신망 21 개, 무선중계망 21 개를 그 중 채널 1, 2 번은 전국 작

표 1. 경남 소방무선통신시스템 현황

Table 1. Status of the wireless communication systems for firefighters in Gyeongnam.

계	무선시설				무 전 기		
	중계국	원격기지 중계장치	대역 변환국	HAM	휴대용	차량용	항공용
1,704대	27	87	30	10	1,021	507	22

전통신망 및 무선중계망으로 사용하며 5 개가 예비채널로 사용된다. 경남 도내 무선통신 현황은 7 종 1704 식으로 표 1과 같다[4]-[6].

2-2 김해 신어산 소방무선중계소

김해시는 2013 년 12 월 기준으로 관할면적 463.33 km², 약 552 천명이 거주하고 있고, 소방서 및 구조대 1, 안전센터 10, 지역대 2 개소 총 13 개소, 차량 56 대, 근무현원은 256 명(정원 258 명), 소방대상물은 15,358 개소로 도내에서 가장 많은 숫자이다[5]. 지형적 특성은 인구밀집지역, 공장, 산악, 평야, 공항 등 다양한 지리적 여건을 갖추고 있다[4],[5].

신어산 소방무선중계국은 김해 소방관들이 사용하는 무선국의 주 송신국으로 산 정상에는 상전이 공급되지 않아 태양광 방식으로 전원을 공급하고, 원격기지국 10 식을 설치하여 운영하고 있으며 4 개 동, 6 개리 총 10 개가 음영지역으로 분류되고 있다[4]-[6].

III. 전파예측모델 및 시뮬레이션

3-1 일반경로모델

1) 자유공간 모델

자유공간 모델은 자유 공간에서의 경로손실만을 고려한 것으로 다중경로 페이딩 현상은 제외한다. 이 자유공간에 안테나 거리를 d 만큼 이격시켰을 때 전파가 방사되어 도달되는 동안의 손실 값은 주파수와 거리에 의해 결정된다. 거리에 따른 경로 손실을 보면 20dB/dec 으로서 나타난다. 여기서, f 는 주파수, d 는 송신기와 수신기 사이의 거리이다[3],[7],[8]

$$L_{fs} = -147.56 + 20\log f + 20\log d \quad (1)$$

2) 하타 모델

하타 모델은 대표적인 경로 손실 모델로 널리 사용되고 있다. 도심 지역에서의 하타 경로 모델의 환경변수 제한 조건은 $150 \leq f_c \leq 1500 \text{ MHz}$, $30 \leq h_b \leq 200 \text{ m}$, $1 \leq d \leq 20 \text{ km}$ 와 같고, $a(h_r)$ 은 수신안테나 높이에 대한 보

정인자이며 지역특성에 따라 각각 다르게 계산된다. 적용 주파수 범위는 150 MHz ~ 1500 MHz이며, 송신 안테나 높이는 30 m ~ 200 m 이고, 측정거리는 1 km ~ 20 km이다 [3],[7].

$$L_p(dB) = 69.55 + 26.16 \log f_C - 13.82 \log h_t - a(h_r) + (44.9 - 6.55 \log h_t) \log d. \quad (2)$$

3) P.1546 모델

P.1546 모델은 VHF (30 MHz ~ 300 MHz) 및 UHF (300 MHz ~ 3000 MHz) 대역에서 적용되는 지상서비스의 점대지역 전파 특성 예측방법이다. 거리 1 ~ 1000 km (육상경로, 해상경로 또는 육상 지상의 혼합 경로), 유효 송신고도 3000 m 이하이며 적용하고자 하는 주파수, 시간율, 송신안테나 높이가 주어진 곡선 그래프와 일치하지 않는 경우, 보간법과 외삽법을 이용하여 전계강도를 산출한다. 송신 및 중계국 안테나 높이 h_1 이 10, 20, 37.7, 75, 150, 300, 600, 1200 m 중 하나의 값과 일치하지 않는다면 다음 식을 이용하여 전계강도, $E(dB(\mu V/m))$ 보간법으로 구할 수 있다. 여기서 h_{lwr} 은 전계강도 곡선에 가장 근접한 작은 값의 평균 유효 높이 h_1 을 적용하고, (단, $h_1 > 1200 m$, 600 m) h_{upr} 은 가장 근접한 큰 값의 유효 높이 h_1 을 적용한다 (단, $h_1 > 1200 m$, 1200 m 적용). E_{lwr} 는 요구되는 거리에서 h_{lwr} 에 대한 전계강도 값이다. E_{upr} 는 요구되는 거리에서 h_{upr} 에 대한 전계강도 값이다. $h_1 > 1200 m$ 인 경우에는 외삽법을 적용하며, $h_1 > 3000 m$ 인 경우에는 이 모델은 적절하지 않다[8]-[10].

$$E = E_{lwr} + (E_{upr} - E_{lwr}) \log(h_1/h_{lwr}) / \log(h_{upr} - H_{lwr}) \quad (3)$$

3-2 회절손실 모델

회절손실 모델은 지형형태를 기준으로 지형 형태 개수에 따라 장애물에 의한 회절 손실을 분석한다. 회절 손실에는 2가지가 존재하며 첫 번째로는 전송거리가 가시거리를 넘는 장거리 전송일 경우 지구의 굴곡으로 인해 발생하는 지구 표면에 의한 회절손실이 있으며, 두 번째로는 가시거리 내에서 산악, 건물, 초목 등에 의한 회절손실이 있다. 지형은 지형의 불규칙도와 프레넬 반경을 적용하여 완곡지형과 뾰족 장애물 지형을 분류하며 장애물 개수를 분석하여 단일 장애물 회절손실과 다중 장애물 회절손실 모델을 적용한다[8],[10].

1) 단일 장애물 회절손실 모델

단일 장애물 회절손실 모델은 장애물의 폭을 고려되지 않은 한 개의 전파 장애물에 의한 회절손실을 예측하는 방법이다. 여

$$r = \sqrt{\frac{N\lambda d_1 d_2}{d_1 + d_2}} \quad (4)$$

표 2. 단일 장애물 회절손실 회절 모델 손실 $J(v)$.
Table 2. Single knife edge model diffraction $J(v)$.

연번	조 건	수 식
1	$v \geq 1$	0
2	$0 \leq v \leq 1$	$20 \log(0.5 + 0.62v)$
3	$-1 \leq v \leq 0$	$20 \log(0.5 \exp^{0.45v})$
4	$-2.4 \leq v \leq -1$	$20 \log(0.4 - \sqrt{0.1184 - (0.1v + 0.38)^2})$
5	$v \leq -2.4$	$20 \log(-0.225/v)$

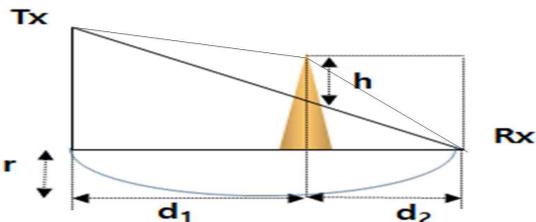


그림 1. 단일 장애물 회절손실 모델 회절 손실 $J(v)$.
Fig. 1. Single knife edge model diffraction $J(v)$.

기서 제 N 차 프레넬 반경은 (4)와 같이 정의되며 r 은 프레넬 반경, N 은 N 차 프레넬 반경, h 는 장애물의 높이, 양국 간의 거리 d_1, d_2 로 구할 수 있으며 프레넬 영역은 저장된 모든 에너지가 관찰점에서 보강 간섭하는 것으로 정의한다.

송신점과 수신점의 가상선이 장애점과 맞닿는 경우 자유공간에 비해 6.4 dB 의 손실이 발생되고, 높이가 증가하면 진동이 멈추며 전계강도는 꾸준히 감소하게 된다. 회절손실 파라미터 $J(v)$ 는 표 2 의 식으로 계산할 수 있으며 단일회절 손실에 의한 손실계산의 기본파라미터로 정의된다[10]-[12].

2) 다중 장애물 회절손실 모델

다중 장애물 회절손실 모델은 지형형태를 기준으로 장애물 개수에 따라 회절 손실을 분석한다. 이는 UHF 및 VHF 대역에서 사용하기 적합하다. 단일 회절물에 의한 회절손실 방법을 연속 적용하여 회절손실을 예측하며, 각 장애물 지점에서 장애물 높이 h 에 대한 첫 프레넬 반경 r 과의 비 (h/r) 를 전부 계산하여 가장 큰 주 장애물 손실 $J(v_1)$ 을 먼저 구하고, 이러한 주 장애물 과 수신국 사이의 장애물인 서브 장애물 $J(v_2)$ 회절 손실을 계산하여 최종 회절손실 $J(v)_{total}$ 을 산출할 수 있다 [8],[10],[13].

$$J(v)_{total} = J(v_1) + J(v_2) \quad (5)$$

3-3 이론값 시뮬레이션

시뮬레이션은 한국전파연구원의 주파수 분석 시스템을 활용하여 주파수 분석 시스템의 회절손실 분석은 패스프로 파일

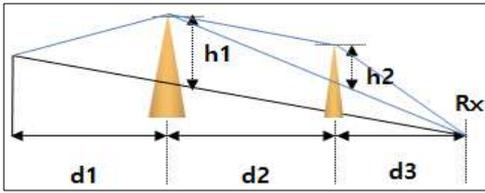


그림 2. 다중 장애물 회절손실 회절 손실 $J(v)$
 Fig. 2. Deygout diffraction $J(v)$.

을 분석하고 지형의 불규칙도와 장애물의 곡률반경을 비교하여 회절손실모델을 적용하였다. 그 결과 김해지역에 지형에 적합한 회절손실모델로 다중 장애물 회절손실 모델을 적용하였다. 무선국 상세정보는 그림 3과 같이 무선국종은 기지국, 허가사항의 좌표는 WGS84 좌표계, 지상고 10.0 m, 해발고는 606.0 m, 공중선전력 20 W, 대역폭은 1.32 MHz, 수신한계레벨 -70 dBm 였다. 니 디렉셔널 안테나를 사용하였으며 이득은 6 dBi, 설정환경은 그림4 와 같이 반경 18 km, 상수 K 값은 4/3, 프레벨반경은 F1 * 0.60, 공간모델은 자유공간손실, 분석각은 1.00 도, 수신레벨은 -118 dBm 이다. 시뮬레이션 결과는 불모산 초입은 -70 dBm 이상, 북부산IC 인근은 -80 dBm 이상, 동창원IC 및 김해시청의 경우 -90 dBm 이상의 수신레벨을 가지며 그림 5와 같다.

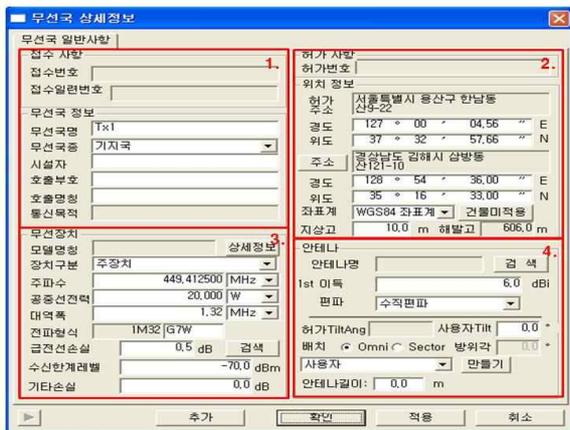


그림 3. 무선국상세정보
 Fig. 3. Particular information about wireless station.

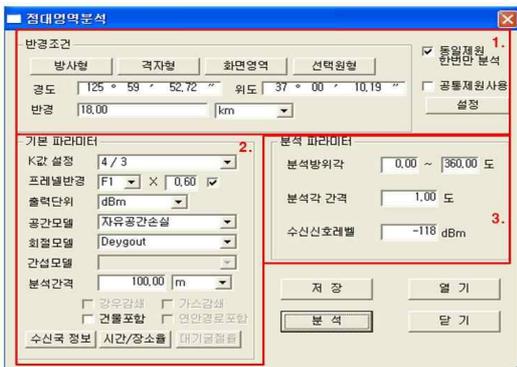


그림 4. 설정환경
 Fig. 4. Setting the environment.

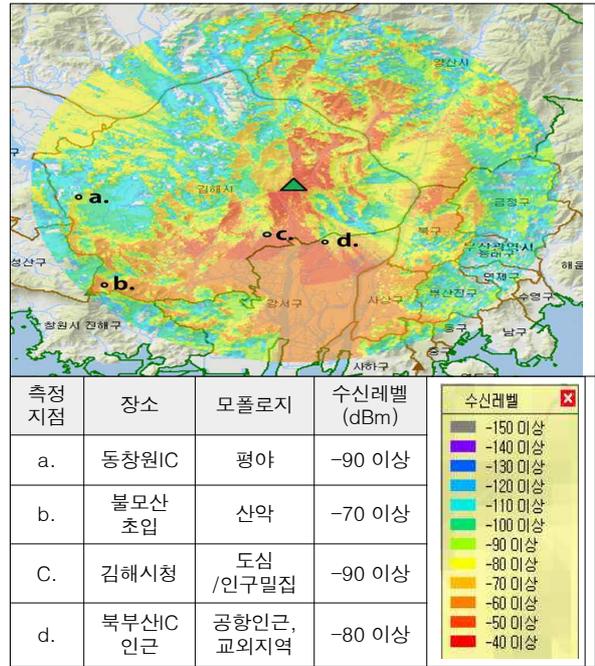


그림 5. 시뮬레이션 결과
 Fig. 5. Simulation results.

IV. 전파 측정

4-1 전파 측정 개요

전파 측정은 경남 도내 소방서에서 운용중인 소방차량을 측정지점까지 이동 후 정착하여 차량국으로부터의 신호를 그림 6 과 같은 측정장비로 분석하였으며 1~5 차까지 5 회씩 총 50 회 측정하였다. 또한 측정 장비는 그림 6과 같이 차량국은 Motorola사의 MOTOTRBO XiR M8660UHF, 측정 장비는 Gencomm사의 GC7601A 모델의 RF분석기를 사용하였다. 측정 지점은 그림 7과 같이 a, b, c, d 총 4 개 지점이며 모폴로지는 a. 평야, b. 산악, c. 도심/인구밀집, d. 교외지역(공항 인근)이다.

4-2 링크버짓

링크버짓은 표3과 같다. 김해소방서에서 사용하는 주파수는 송신주파수 449.4125 MHz, 수신주파수 444.4125 MHz이며 신 어산 소방무선중계국의 해발고는 615 m, 송신출력은 20 W, 실효등방성복사전력은 70.84 W이다.

4-3 측정결과

측정결과는 소방차량을 측정지점까지 이동하여 차량을 정착한 상태에서 측정장비를 이용하여 측정한 결과값을 나타내며 표 4 와 같다. 측정횟수는 1~5 차로 나눠서 10 회씩 총 50회씩 측정하였으며 측정지점마다 송 · 수신 감도는 평균 -79.7 ~

-93.9 dBm 이며, 편차는 0.5 dB 이하이다. 측정결과 값과 주파수 분석 시스템에서 예측된 예측 값의 범위는 일치하였다.

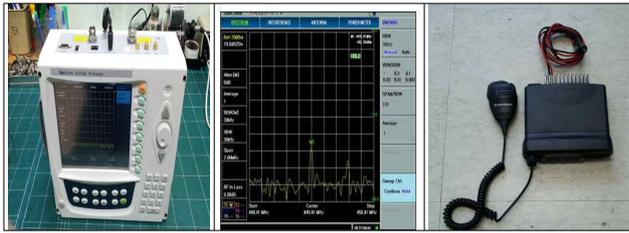


그림 6. 측정 장비
Fig. 6. Measuring equipment.



그림 7. 측정지점 및 경로
Fig. 7. Measurement point and the path.

표 3. 신어산 소방무선중계소 송신국 링크 버짓
Table 3. FWCS site transmitter station link budget.

연번	분류	Spec	단위
1	주파수	Tx : 449.4125 Rx : 444.4125	Mhz
2	고도(해발/지상고)	615 / 5	m
3	수신부한계레벨	-118 dBm / 0.28 μ V	dBm
4	좌표	동128. 54"36, 북 35. 16"33	
5	전파형식/대역폭	8K50FXE, 8K50FXD,8K50F3E	
6	송신 출력	미포함	20 W
		급전선 손실포함	17.8 (0.465) W
7	케이블 표준전송손실	4.65	dB
8	안테나	이득	6 dBi
		지향각	360 도
		지상고	5 m
		대역	\pm 5 Mhz
9	실효등방성복사전력	70.84	W

표 4. 측정결과
Table 4. Measuring result.

장소	고도 (m)	평균 (dBm)	측정결과 (dBm)				
			1차	2차	3차	4차	5차
동창원 IC부근	9	-93.6	-93.6	-93.3	-93.8	-93.6	-93.8
불모산 초입	358	-79.7	-79.7	-79.8	-79.7	-79.6	-79.7
김해시 청인근	0	-93.8	-93.9	-93.8	-93.8	-93.7	-93.9
북부산 IC 인근	20	-81.7	-81.8	-81.8	-81.7	-81.8	-81.7

표 5. 자유공간경로손실 예측값 및 실측값 비교
Table 5. Compared to predicted value and the actual value in frees pace path loss.

장 소	모폴 로지	거리 (km)	오차 (dB)	자유공 간(dBm)	실측값 (dBm)
동창원 IC	평야	18	17.4	-111	-93.6
불모산 초입	산악	18.1	32.23	-111	-78.77
김해 시청	도심 /인구밀집	5.78	7.2	-101	-93.8
북부산 C 인근	공항, 교외지역	6.9	20.3	-102	-81.7
평균		12.2	19.28	-106.25	-86.97

V. 전파예측모델 선정 및 검토

5-1 전파예측모델 선정

1) 자유공간경로손실

자유공간경로손실에서 실제 측정값의 평균오차는 표 5 와 같다. 예측값과 실측값은 산악지형의 회절손실은 고려하지 않았기 때문에 산악지형의 불모산 초입에서의 자유공간경로 손실과 실제 측정값의 오차는 32.23 dB 로 나타났다.

2) 하타모델

하타모델의 주요 파라미터 값의 범위에 있어서 150 ~ 1,500 MHz, 송수신거리 1 ~ 100 km, 송신 안테나 높이는 30 ~ 200 m, 단말기 안테나 높이 1 ~ 10 m 범위이다. 하지만 신어산 소방무선중계국의 고도는 620 m (해발고 615 m, 지상고 5 m) 로 위치하므로 적용대상에서 제외하였다.

3) P.1546

P.1546 의 권고에서 수신 안테나를 둘러싼 지면 덮개의 높이는 최소 10 m 이지만 실제 신어산 소방무선중계소 수신 안테나

의 지상고의 높이는 10 m 이하이므로 제외하였다.

4) 단일 장애물 회절손실 모델

단일 장애물 회절손실 모델을 이용한 회절손실 결과값은 표 6 과 같다. 실제 측정값과 단일 장애물 회절손실 모델 이론값 계산 결과의 평균 오차는 11.03 dB 로 자유공간에서 발생된 이론값과 실측값의 오차보다 완화되었다. 동창원 IC와 김해시청은 오차가 비교적 작게 발생되었으나 낙동강, 공항, 인구밀집지역이 위치한 즉 한 개 이상의 전파장애물이 발생하는 북부산 IC 인근에는 오차가 높게 나타났다. 이 모델은 평탄한 지역의 중소도시 전파환경 조사 시 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

5) 다중 장애물 회절손실 모델

다중 장애물 회절손실 모델을 이용한 회절손실 결과값은 표 7과 같다. 실제 측정값과 다중 장애물 회절손실 모델 이론값 계산 결과의 평균 오차는 1.68 dB 로 타 모델 대비 가장 낮다. 또한 전파연구원에서 시뮬레이션 값 범위 내에도 모두 포함 되었다. 거리가 멀고 평탄한 평야 지역인 동창원 IC, 공항, 낙동강 해수

면, 인구밀집지역 등의 지역적 특성을 가지는 북부산 IC 지역은 오차가 높게 나타났다. 김해시 지역과 비슷한 전파환경이라면 회절모델 중에서 다중 장애물 회절손실 모델을 사용하는 것이 타당하다고 판단된다.

5-2 검토

예측 값은 자유공간모델, 단일 장애물 회절손실 모델, 다중 장애물 회절손실 회절손실모델을 산정하였고, 시뮬레이션은 전파연구소의 주파수자원분석시스템을 이용하여 회절모델인 다중 장애물 회절손실 모델을 사용하였으며, 모폴로지는 평야, 산악, 도심, 공항 및 교외지역을 대상으로 측정을 실시하였다. 그 결과 거리가 가깝고 가시거리가 구현되는 지형의 경우 예측값과 실측값의 오차 범위는 낮게 발생되었지만 회절손실 모델에 따라, 거리와 고도, 장애물, 해수면, 인구밀집지역, 반사파, 회절, 간섭 등의 영향 등에 따라 실측 값과 예측 값의 차이가 높게 발생되었다.

표 6. 단일 장애물 회절손실모델에서 회절손실 예측값 및 실측값 비교

Table 6. Compared to predicted value and the actual value in Single

장 소	모폴로지	거리 (km)	오차 (dB)	단일회절 (dBm)	실측값 (dBm)
동창원IC	평야	18	5.4	-99	-93.6
불모산 초입	산악	18.1	13.23	-92	-78.77
김해시청	도심 /인구밀집	5.78	9.2	-103	-93.8
북부산IC 인근	공항인근, 교외지역	6.9	16.3	-98	-81.7
평균		12.2	11.03	-98	-86.97

표 7. 다중 장애물 회절손실 회절손실에서 예측값 및 실측값 비교

Table 7. Compared to predicted value and the actual value in Deygout.

장 소	모폴로지	거리 (km)	오차 (dB)	다중 장애물 회절손실 (dBm)	실측값 (dBm)
동창원 IC	평야	18	2.6	-91	-93.6
불모산 초입	산악	18.1	1.23	-80	-78.77
김해시청	도심 /인구밀집	5.78	0.2	-94	-93.8
북부산IC 인근	공항인근, 교외지역	6.9	2.7	-79	-81.7
평균		12.2	1.68	-86	-86.97

VI. 결 론

본 논문에서는 경남 김해시 지역의 최적의 전파 예측 모델을 선정하기 위해서 신어산 중계국과 김해시 내 특정 지점 간 수신 레벨을 측정하였고, 측정된 실측값과, 자유공간손실 및 회절손실의 이론값, 전파연구소의 주파수자원분석시스템을 이용한 전파 시뮬레이션 값과의 비교를 통해 가장 알맞은 전파예측모델을 구한 결과, 다중 장애물을 고려한 다중 장애물 회절손실 모델의 시뮬레이션값이 실측값과의 오차가 0.2 ~ 2.7 dB 로서 다중 장애물 회절손실 모델이 김해지역에서 가장 유사한 전파 예측모델이었다. 하지만, 공항, 낙동강 해수면, 인구밀집지역 등의 복합적인 지역적 특성을 가지는 북부산 IC 지역은 측정값이 반사파, 회절, 간섭 등에 의해 시뮬레이션 값과의 오차 값이 다른 지점에 비해 컸다.

또한 전파예측모델에 따른 분석은 주파수자원분석시스템을 운용하고 있는 전파연구원과 소방기관간에 협조체제를 구축하여, 신호의 품질 및 양호한 전파환경 구축에 필요한 중계국 위치 설정 및 간섭에 대한 분석을 직접 활용할 수 있을 것이다.

참고 문헌

[1] E. S. Son, T. S. Park, J. N. Kim, and M. O. Yoon, "A study for the management of the wireless communication for safety of firefighter in fire scene," *Korean Institute of Fire Science & Engineering(KIFSE)*, Vol. 27, No. 1, pp. 60-65, Feb. 2013.

[2] J. W. Han, "A study on the wireless communications

- operations in disaster site,” *The 24th journal of fired Technology*, National Fire Service Academy, Cheonan, 11-1660000-000478-14, pp. 277-304, 2014.
- [3] E. S. Hang: Radio-wave propagation data and method of forecast for terrestrial broadcasting and ground moving service more than 30MHz : ITU-R 203-1/3, Korea Radio Station Management Agency, Seoul, 11-B550467-000037-01-20000814, 2000.
- [4] Gyeongsangnam-do Fire Department: Emergency response plan, Gyeongsangnam-do, Changwon, 76-6480000-000110-10, 2014.
- [5] Ministry of Public Safety and Fire Department : Basis present condition [Internet]. Available : http://www.mpss.go.kr/news/news_list_BD012.html.
- [6] C. H. Han: Radio commentary for firefighter, Seoul Emergency Operations Center, Seoul, 51-610000-000002-01, pp. 59-86, 2010.
- [7] K. T. Park, A Study on the Prediction Method of propagation Model in the Cellular Band, Dr. A dissertation, Korea Maritime University, Seoul, 2011.
- [8] J. M. Ku, Study on optimizing prediction model of wave propagation by radio measurement in the small city, M.A. dissertation, Hanyang University, Seoul, Feb. 2010.
- [9] S. W. Suh, “The prediction of electric field intensity from DTV transmitting signal,” in *Proceedings of the Korean Society of Broadcast Engineers Conference*, Seoul: Korea, pp.384-387, Jul. 2010.
- [10] RRA : A study on the propagation prediction models for spectrum management science : https://tra.go.kr/board/research2/view.jsp?bd_seq=895&cpage=1&bd_type=&searchCon=RS_TITLE&searchTxt=스펙트럼관리&sortOrder=
- [11] D. S. Kim, Study on the radio propagation model for digital TRS(trunked radio system) in 800MHz frequency band, M.A. dissertation, Yonsei University, Seoul, 2007.
- [12] C. S. Yu : Study on construction about resource analysis system II, National Radio Research Agency, Seoul, GOVP1200725331, Dec. 2006.
- [13] J. Deygout, “Correction factor for multiple knife-edge diffraction”, *IEEE Transaction on Antennas and Propagation*, Vol. 36, No. 8, pp. 1256-1258, Aug. 1991.



이 수 빈 (Su-bin Lee)

2013년 3월 ~ 현재 : 창원대 전자공학과 박사과정
 2014년 7월 ~ 현재 : 국민안전처 민방위과
 2009년 12월 ~ 2014년 7월 : 경남소방본부 소방정보통신담당
 2010년 8월 : 아주대 정보통신대학원 정보통신석사
 ※ 관심분야 : 재난무선통신, 소방무선통신, 재난통신망 구축



고 봉 진 (Bong-jin Ko)

1994년 ~ 1996년 : 인하공업전문대학 통신과 조교수
 1996년 ~ 현재 : 창원대학교 전자공학과 교수
 ※ 관심분야 : 이동통신, WSN, 재난통신시스템