

# 대도심 DTV 전계강도 측정에 기반한 전파예측 모델 비교

## Comparison of propagation models based on DTV field strength measurement in urban environment

강영흥\*, 권용기\*\*, 김형섭\*\*

Young-Heung Kang\*, Yong-Ki Kwon\*\*, and Hyeong-seob Kim\*\*

### 요 약

VHF 및 UHF 대역에서 무선통신의 급격한 발전에 따라 신뢰할 만한 전파예측 기법에 대한 요구가 증가하고 있다. 따라서 국내뿐만 아니라 세계 각국에서는 자국의 환경에 맞는 전파모델을 확보하려고 노력하고 있고, 많은 모델이 개발되어 전파분석에 이용되어 왔지만, 아직도 측정결과와 상이한 결과를 제공하고 있다. 이에 본 연구에서는 국내 대도시지역의 DTV 방송서비스 방송 주파수에 대해 측정된 후, 측정된 데이터와 전파자원분석 시스템(SMIS)내의 예측모델 P.1546 및 BCAST에 대한 실측/예측 비교분석 및 이의 오차 분석을 수행하여 SMIS 향후 개선방안을 제시한다. P.1546 및 BCAST 모델적용에 있어 실측/예측 오차, 특히 BCAST 모델인 경우 상하로 큰 오차를 보이는 문제점 등이 도출되어 고층건물에 의한 회절손실 등에 대한 면밀한 분석이 향후 필요하다.

### Abstract

With the rapid development of wireless communication at VHF and UHF bands, there is an increasing need for the reliable propagation prediction tools. Therefore, the different propagation models that have been developed in many countries as well as Korea has been trying to secure a model suitable for their geographical area but then it is giving us a different result when we compared it to measured values. In this paper, based on the measurements of DTV broadcasting services in domestic urban area, analysis and comparison of ITU-R P.1546 and BCAST models provide errors between measured and predicted values, and some points for improving SMI system has been proposed. As a result, P.1546 model provides the valid predicted data similar to measured data, but BCAST model has some problems of large deviation and higher prediction to measured data. In future, these problems and diffractions due to high buildings need to be studied further.

Key words : DTV, propagation models, BCAST, SMIS, urban environment

### I. 서 론

VHF(Very High Frequency) 및 UHF(Ultra High Frequency) 대역에서 무선통신의 급격한 발전에 따라

동일 또는 인접채널에서 상호 유해한 간섭의 위험성이 발생할 수 있으므로 무선통신 서비스 계획에 있어 신뢰할 만한 point-to-area 예측 기법에 대한 요구가 증가하고 있다[1]. 특히 원활한 방송서비스를 제공하

\* 군산대학교 정보통신공학과(Dept. of Information & Telecommunication Eng, Kunsan National Univ.)

\*\* 국립전파연구원 미래전파연구팀(National Radio Research Agency, Advanced ICT Research Team)

· 제1저자 (First Author) : 강영흥(Young-Heung Kang, tel : 010-4527-4693, email : yhkang@kunsan.ac.kr )

· 접수일자 : 2013년 8월 19일 · 심사(수정)일자 : 2013년 8월 20일 (수정일자 : 2013년 10월 21일) · 게재일자 : 2013년 10월 30일

http://dx.doi.org/10.12673/jkoni.2013.17.5.484

고 손쉬운 방송망 구축을 위해서 가장 중요한 것은 서비스 하고자 하는 주파수대역과 환경에 맞는 전파 모델을 선택하는 것이다. Okumura나 Hata 모델[2]같은 대표적인 모델들이 있긴 하지만, 개발된 지역 환경에 대한 영향이 크게 반영되어 있다. 따라서 세계 각국에서는 자국의 환경에 맞는 전파모델을 확보하려고 노력하고 있으며, 이렇게 확보된 모델을 전파분석시스템(SMIS; Spectrum Management Intelligence System)에 탑재하였다. 국내에서도 BCAST(Broadcast)[3] 모델 등과 같은 여러 모델들이 개발되었으며, 실제 이러한 모델들이 방송망 자원분석시스템에 탑재되어 전파분석에 이용되어 왔다[4].

ITU-R(International Telecommunication Union-Radiocommunication Sector)에서는 P.370[5], P.529[6], P.1146[7]과 같은 예측모델이 개발되어 왔지만, 이 권고안들은 유사하거나 동일한 환경에서조차 그 예측값이 상이한 결과를 제공해왔다. 이에 P.1546 권고[8]는 이전의 권고안들의 한계를 극복하고 여러 방법들을 하나의 특정방법으로 압축하여 방송망 전파예측 모델로서 널리 이용되고 있다. 지상 환경에서 지형이나 인공 장애물에 의한 산란으로 전계강도 예측은 매우 복잡한 작업이다. ITU 권고 P.1546은 전계강도 예측을 위해 여러 인자(factor)들 중에 송신/기지국 안테나의 실효 높이, 수신/이동국 안테나 높이의 함수로 보정, TCA(Terrain Clearance Angle)의 함수로 보정을 포함하고 있다[9].

한편, 국내에서도 방송망 주파수 자원분석을 위해 국내에서 진행된 측정결과를 바탕으로 ITU-R 권고안 P.1546 모델의 일부 인자에 대한 보정이 이루어졌으나[4][10], 전파연구소의 전파자원분석시스템 내의 전파예측 모델 비교분석에 대한 연구는 미비한 실정이다. 이에 본 연구에서는 국내 대도심지역으로 서울 코엑스 지역에서 관악산 중계소로부터 수신되는 473 MHz MBC DTV, 479 MHz KBS 제1 DTV, 485 MHz SBS DTV, 491 MHz KBS 제2 DTV의 4개 방송 서비스와 관련된 주파수에 대해 측정한 후, 측정된 데이터와 SMIS 예측모델 P.1546 및 BCAST에 대한 실측/예측 비교분석 및 이의 오차분석을 수행하여 SMIS 향후 개선방안을 제시하고자 한다.

## II. 전파예측 모델

ITU-R P.1546 전파모델[8]은 30 MHz ~3 GHz 주파수 범위에서 지상 서비스를 위한 점 대 지역 전파 예측을 위한 방법을 설명하고 있으며, 3000 m 이하의 유효 송신 안테나 높이에서 1~1000 km 길이의 육상, 해상 및/또는 육상-해상 복합경로에 대한 대류권 무선회로에서 사용한다. 예측방법은 거리, 안테나 높이, 주파수 및 (%) 시간의 함수의 전계강도 곡선으로부터 내삽법/외삽법에 근거하여 계산과정은 TCA 및 TCO(Terminal Clutter Obstructions)를 보상하기 위해 내삽법/외삽법으로 얻어진 결과에 대한 보정을 포함하고 있다. BCAST 전파모델[3]은 방송통신위원회 고시 제 2009-27 호로서 방송구역 전계강도의 기준 제공, 방송서비스에 대한 예측모델로서 표준방송을 하는 방송국 및 초단파방송, 텔레비전방송을 하는 방송국으로 구분하고 있다. 또한, 안테나의 특성을 고려하였으며, 혼성전파로에 대한 전계강도 계산방법, 산악지형에 대한 단일 모서리형 및 다중 모서리형 등을 이용하여 전계강도 계산에 의한 전파 예측을 가능하게 한다.

## III. 전파 측정

### 3-1 시스템 구성

그림 1의 안테나 이득 특성을 갖는 방향성 그림 2(a)의 Log-Periodic 안테나 및 그림 2(b)의 A사의 RF 분석기를 사용하여 서울의 대도심지역으로 코엑스 일원에 대해 안테나를 4m 높이로 구성하여 서울의 대도심지역에서는 도보로 직접 이동하면서, 약 1000 포인트에서 DTV 방송국 주파수에 대한 전파측정을 수행하였다. 또한 RF(Radio Frequency) 분석기는 GPS(Global Positioning System) 신호를 외부입력으로 하여 측정위치를 기록하도록 하였다.

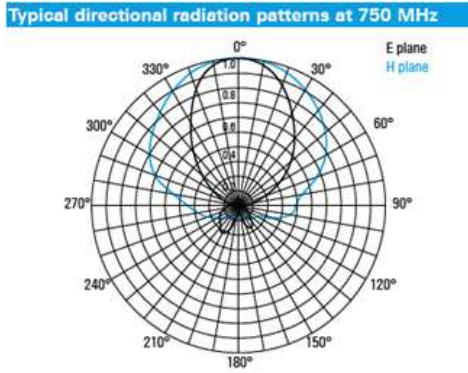


그림 1. 안테나 이득 특성  
Figure 1. Antenna gain characteristic

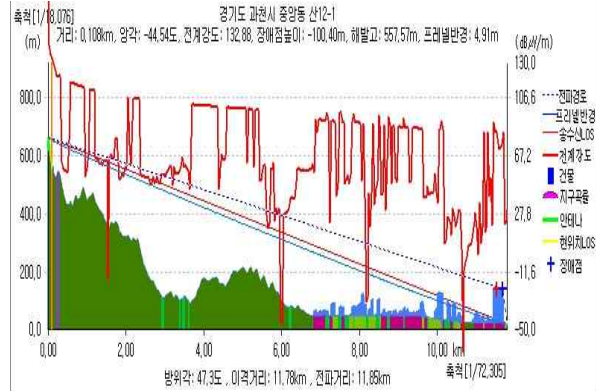


그림 3. 측정환경 프로파일  
Figure 3. Profile for measuring environment



(a) LP 안테나



(b) RF 분석기

그림 2. 측정 시스템  
Figure 2. Measurement system

3-3 측정 루트

그림 4에는 GPS 수신에 의한 서울 코엑스 부근의 측정루트를 표시하고 있으며, 그림 5에는 관악산 및 남산 중계소로부터 수신되는 전계강도 측정의 예를 보인다. 관악산 중계소나 남산 중계소로부터 들어오는 전파의 전계강도는 높은 건물에 의한 NLOS 전파 환경으로 감쇠가 심해 약 50 dBuV/m의 낮은 스펙트럼을 보이고 있다. 따라서 이 지역에서는 NLOS 전파 환경에 대해서만 측정 데이터 분석을 수행하였다. 본 측정에서는 관악산 중계소로부터 수신되는 473 MHz MBC DTV, 479 MHz KBS 제1 DTV, 485 MHz SBS DTV, 491 MHz KBS 제2 DTV의 4개 방송서비스와 관련된 주파수에 대해 측정하였다.

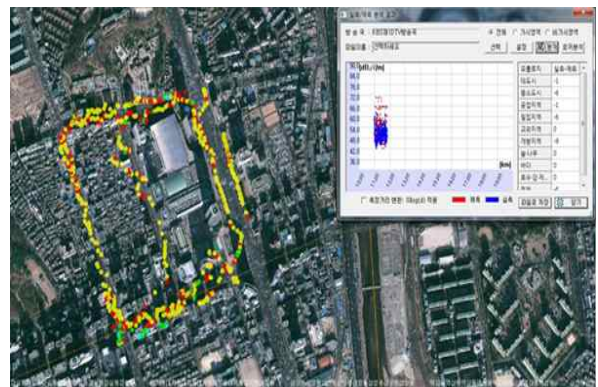
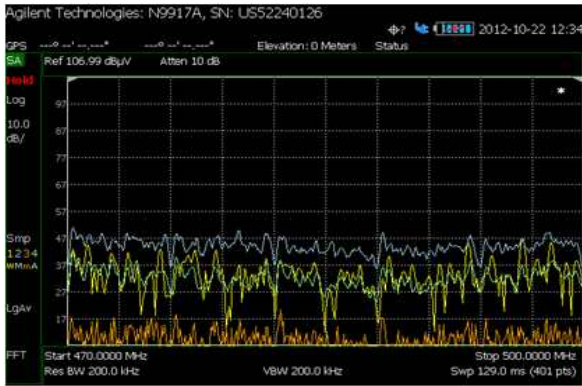


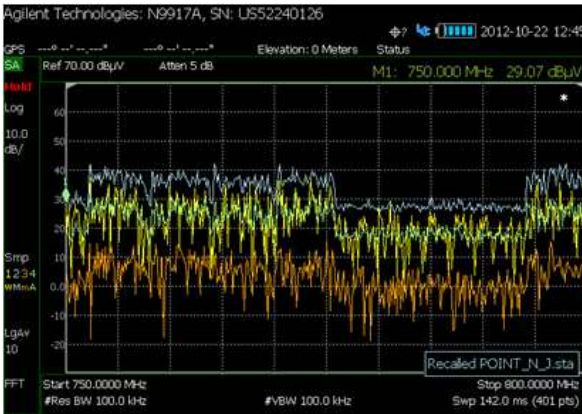
그림 4. 측정 루트  
Figure 4. Measured route

3-2 측정 환경

그림 3과 같이 관악산 중계소로부터 약 11 km 거리에 위치한 서울의 코엑스 부근의 0.8 km x 1.0 km 지역을 도보로 이동하면서 대도시 밀집지역의 건물에 의한 NLOS(Non-Line Of Sight) 전파환경을 고려하였다.



(a) 관악산 중계소



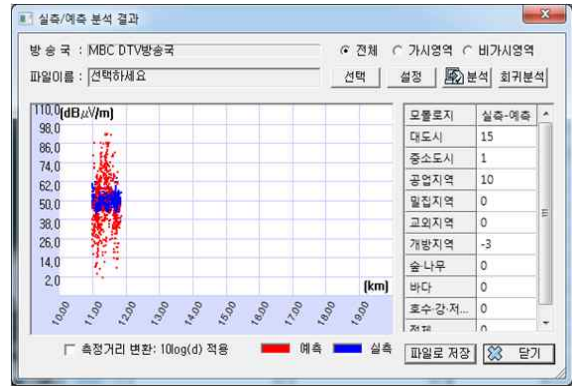
(b) 남산 중계소

그림 5. 측정 스펙트럼 예

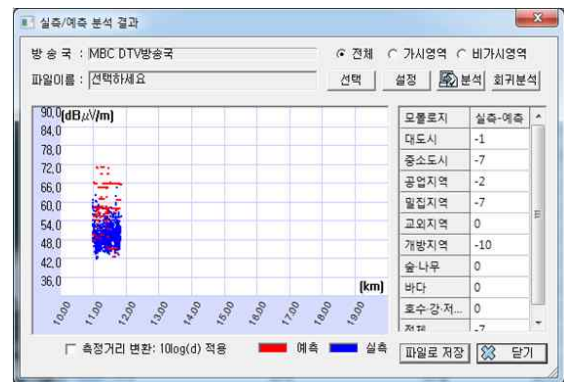
Figure 5. Examples of measured spectrum

#### IV. 비교 분석

그림 6은 4개의 DTV 방송 서비스 중에서 473 MHz MBC DTV 서비스에 대한 측정된 데이터를 SMIS 시스템에 입력하여 시간을 및 공간을 50%, 수신기 높이 4 m에서 건물포함을 적용했을 때, 473 MHz에서 BCAST 모델 및 P.1546 모델을 사용하여 실측과 예측 데이터의 분포를 비교한 것이다. 실측치는 42~60 dBμV/m 분포에 대해, P.1546 모델은 42~72 dBμV/m, BCAST 모델은 2~92 dBμV/m의 폭 넓은 분포를 보이고 있다.



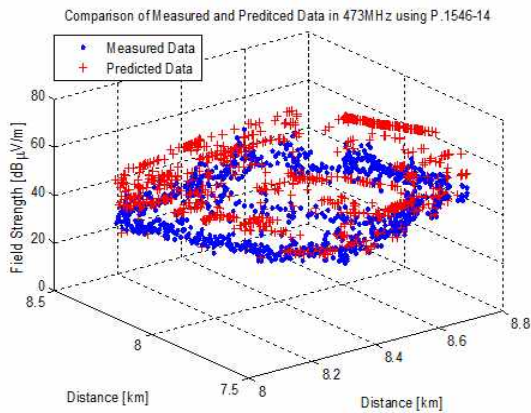
(a) P.1546



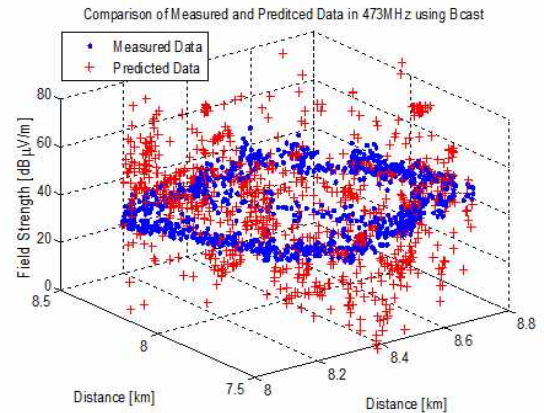
(b) BCAST

그림 6. 473 MHz에서 SMIS 실측/예측 데이터 비교  
Figure 6. Comparison of measured and predicted values at 473 MHz in SMIS

좀 더 구체적으로 분석하기 위해 3차원적 데이터 분포를 그림 7에 나타내었다. 이로부터 BCAST 모델이 실측치에 비해 전계강도 분포가 폭 넓게 예측되고 있으며, 이는 그림 8의 실측-예측치 오차에서 알 수 있듯이 표준편차가 P.1546 모델은 7.9인 반면, BCAST 모델은 17.3으로 오차편차가 매우 크다는 점을 알 수 있다. 한편 오차평균은 BCAST 모델이 0.09로 상하 오차의 중심에 놓이나 P.1546 모델은 -7.6으로 실측치보다 좀 높게 예측되고 있다. 이는 그림 9의 실측/예측 전계강도 분포에서 알 수 있듯이 P.1546 모델은 대각선 오른쪽으로 치우쳐 있지만, BCAST 모델은 좌우로 균등하게 분포되고 있다.



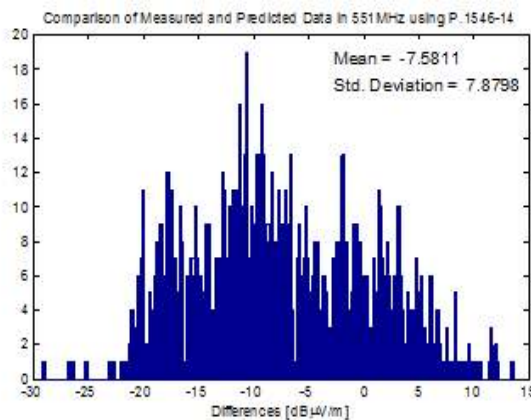
(a) P.1546



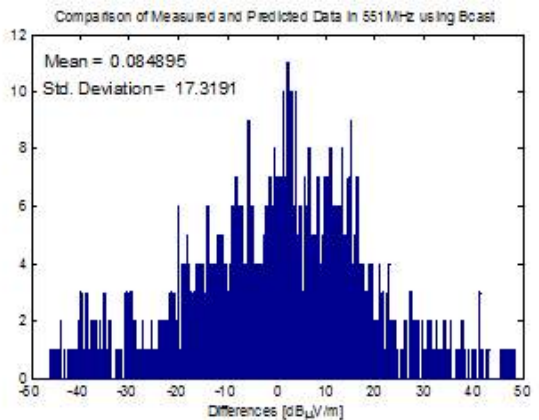
(b) BCAST

그림 7. 473 MHz에서 거리에 따른 실측/예측 전계강도 분포

Figure 7. Distribution of measured and predicted field strengths with distance at 473 MHz



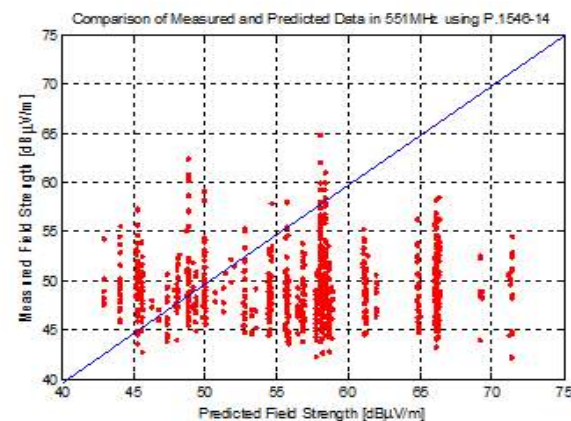
(a) P.1546



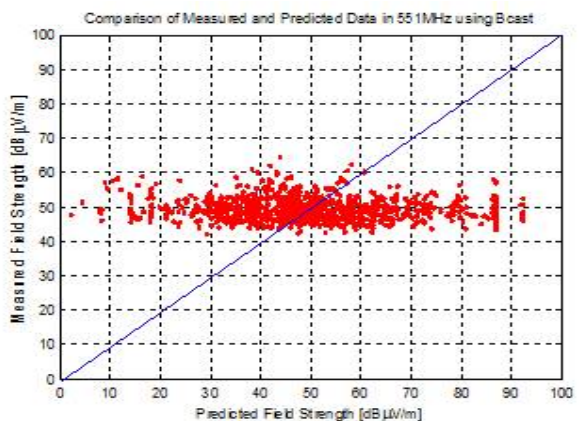
(b) BCAST

그림 8. 473 MHz에서 실측/예측 전계강도 오차 분포

Figure 8. Error distribution of measured and predicted field strengths at 473 MHz



(a) P.1546



(b) BCAST

그림 9. 473 MHz에서 실측/예측 전계강도 분포

Figure 9. Distribution of measured and predicted field strengths at 473 MHz

표 1. 실측/예측 오차 평균 및 표준편차  
Table 1. Error average and standard deviation of measured and predicted values

		ALL	
		P.1546	BCAST
MBC DTV (473 MHz)	Mean	-7.58	0.09
	Std. Dev	7.88	17.3
KBS 제1 DTV (479 MHz)	Mean	-6.60	-0.98
	Std. Dev	8.00	17.5
SBS DTV (485 MHz)	Mean	-9.18	-1.34
	Std. Dev	7.86	17.3
KBS 제2 DTV (491 MHz)	Mean	-8.25	-0.51
	Std. Dev	7.83	17.6

### V. 분석 결과

표 1은 코엑스 지역에서 전파측정이 가능한 방송 주파수에 대한 실측-예측 오차에 대한 평균 및 표준편차를 구한 결과이다. P.1546 모델의 오차 평균은 최저 -6.6에서 -9.18로 모든 주파수에서 약간 높게 측정된 결과를 보인다. 한편, BCAST 모델의 오차평균은 -1.34~0.09로 중심 근처에서 예측이 되고 있으나, 표준편차가 주파수에 따라 17.3~17.6으로 실측치 보다는 큰 예측오차를 나타내고 있어 이의 문제점 분석 및 검토가 필요하다. 이에 반해 P.1546 모델의 표준편차는 7.83~8.0으로 BCAST 표준편차에 비해 60 % 이상 감소한 형태로 측정된 방송 주파수에 대해 대체로 양호한 예측 값을 제공하고 있다.

본 연구에서는 DTV 방송망 관련 전파자원분석시스템(SMIS) 개선을 목표로 대도심 전파환경인 서울의 코엑스 지역에서 4개의 방송서비스에 대한 전계강도를 측정하여 SMIS 내의 전파예측 모델인 P.1546과 BCAST에 의한 예측 값과의 비교 분석을 수행하였다. 코엑스 지역에서 전파측정이 가능한 방송 주파수에 대한 실측-예측 오차에 대한 평균 및 표준편차를 구한 결과, P.1546 모델의 오차 평균은 최저 -6.6에서 -9.18

로 모든 주파수에서 약간 높게 측정된 결과를 보인다. 한편, BCAST 모델의 오차평균은 -1.34~0.09로 중심 근처에서 예측이 되고 있으나, 표준편차가 주파수에 따라 17.3~17.6으로 실측치 보다는 큰 예측오차를 나타내고 있어 향후 이의 문제점 분석 및 검토가 필요하다. 이에 반해 P.1546 모델의 표준편차는 7.83~8.0으로 BCAST 표준편차에 비해 60 % 이상 감소한 형태로 측정된 방송 주파수에 대해 대체로 양호한 예측 값을 제공하고 있다.

### VI. 결 론

본 연구에서 수행된 전파측정 및 SMIS 예측치와의 비교분석을 통해 SMIS 시스템의 문제점 및 이의 개선방안을 제시하면, 서울 코엑스 지역에서는 고층 건물에 의한 회절손실 등에 대한 면밀한 분석과 P.1546 및 BCAST 모델적용에 있어 실측/예측 오차, 특히 BCAST 모델인 경우 상하로 큰 오차를 보이는 문제점 등이 도출되었으며, 방송서비스에서는 9 m의 안테나 높이로 측정기준을 두고 있어 현재 SMIS 시스템은 9 m 방송전파 환경을 분석하고 있지만, 본 측정에 사용된 4 m 안테나 또는 1 m 안테나 수신환경을 고려한 전파자원분석시스템 개발연구가 요구되고 있다. 또한, 현재 SMIS 시스템은 전파업무용도로만 되어 있어 대학 및 연구기관이 소스코드에 접근이 불가능하여 실측/예측 간의 오차 원인분석 및 이의 개선에 어려운 점이 있으므로 별도의 연구용 SMIS 서버구축을 통해 전파업무 및 전파모델 개선 등 관련연구에 효율적으로 이용할 수 있는 연구가 필요하다.

### 감사의 글

본 논문은 2012년도 국립전파연구원의 정책연구용역 결과의 일부임

## Reference

- [1] K. Para and N. Noori, "Tuning of the propagation model ITU-R P.1546 Recommendation," *Progress in Electromagnetics Research B*, Vol.8, pp.243-255, 2008.
- [2] Young-Heung Kang, "Study on the Spectrum Sharing based on Analysis of Channel Interference between LTE/LTE-Advanced Systems", *The Journal of Korea Navigation Institute*, Vol.8, No.2, pp.219-226, Apr. 2012.
- [3] Notification of MSIP, The Frame Point and the Expression Method for the Requirement of Field Strength in Broadcasting Area, Vol. 2013-155, 2013.
- [4] RRA Report, A Study on the Illustration of Analysis Algorithm for Broadcasting Network, 2008.
- [5] ITU-R Recommendation P.370-7, "VHF and UHF propagation curves for the frequency range from 30MHz to 1000MHz," Oct. 1999.
- [6] ITU-R recommendation P.529-3, "Prediction methods for the terrestrial land mobile services in the VHF and UHF bands," Oct. 1995.
- [7] ITU-R Recommendation P.1146, "The prediction of field strength for land mobile and terrestrial broadcasting services in the frequency range from 1 to 3GHz," Oct. 1999.
- [8] ITU-R Recommendation P.1546-4, "Method for point-to-area predictions for terrestrial services in the frequency range 30MHz to 3000MHz," Oct. 2009.
- [9] E. Ostlin, H. Suzuki, H.-J. Zepernik, "Comparison and evaluation of ITU-R Recommendation P.1546 versions", *IEEE Semiannual Vehicular Technology Conference*, vol. 6, Melbourne, Victoria, pp.2896-2900, 2006
- [10] RRA Report, A Study on the Frequency Resources Analysis Algorithm for Broadcasting Network, 2007.

## 강 영 흥 (Young-Heung Kang)



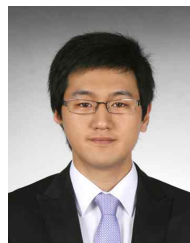
1984년 2월 : 한국항공대학교 통신공학과(공학사)  
 1986년 2월 : 한국항공대학교 대학원 전자공학과(공학석사)  
 1993년 2월 : 한국항공대학교 대학원 전자공학과(공학박사)  
 1988년 3월~1990년 2월 : 한국항공대 통신공학과 조교  
 1995년 8월~1996년 8월 : 일본 오사카대학 개원교수  
 2003년 8월~2005년 2월 : 영국 York대학 방문교수  
 1990년 4월~현재 : 군산대학교 전자정보공학부 교수  
 관심분야 : 위성통신공학, 통신공학, 이동통신공학, 정보통신 표준화, USN

## 권 용 기 (Yong-Ki Kwon)



1989년 2월 : 고려대학교 물리학과 (이학사)  
 1992년 2월 : 고려대학교 물리학과 (이학석사)  
 2010년 2월 : 한국과학기술원 정보통신공학과(공학박사)  
 1996년 2월~현재 : 국립전파연구원 미래전파연구팀근무  
 관심분야 : 전파전파, 전파의 강우감쇠, 전파 잡음

## 김 형 섭 (Hyeong-seob Kim)



2009년 12월~현재 : 국립전파연구원 미래전파연구팀 근무  
 관심분야 : 전파전파, 강우감쇠, 전파잡음