

# DTV 커버리지 측정을 위한 다중 안테나 이동측정시스템

정영석\*, 양해솔\*\*

호서대학교 벤처전문대학원 IT환경학과\*, 호서대학교 벤처전문대학원 정보경영학과\*\*

## A Multi-Antenna Mobile Measurement System for DTV Coverage Measurement

Young-Seok Jeong\*, Hae-Sool Yang\*\*

Dept. of IT Environment, Graduate School of Venture, Hoseo University\*

Dept. of Information Management, Graduate School of Venture, Hoseo University\*\*

**요약** 본 논문에서는 기존 DTV 커버리지 측정차량의 문제점을 해결하고 효율적으로 전파 음영지역을 찾아내기 위해 고정식 DTV전파측정차량의 기능을 포함하면서도 이동하며 전파수신현황 및 수신상태를 측정할 수 있는 다중 안테나 이동측정시스템을 제안한다. 제안된 시스템은 모두 4개의 무지향성(omni-directional)안테나와 고정측정을 위한 1개의 지향성(directional)안테나를 포함하며, 공간 다이버시티(space diversity)를 활용하여 운용할 수 있도록 각각의 안테나마다 측정장비를 배치하고 각각의 측정값을 실시간으로 수집하고 처리한다. 제안된 시스템의 효용성을 보이기 위해 국내 수신 전파 환경을 3가지 유형으로 모델링하고 이들 지역에서 집중적인 측정을 실시하였다. 또한 측정 결과의 상세한 분석을 토대로 이동측정 및 고정측정간의 상관관계를 밝히고자 하였다. 특히 제안된 시스템의 적용을 위한 실험에는 방송사 현업 실무자들이 측정 및 결과 정리에 공동으로 참여하는 등 객관성을 확보하고자 하였으며 개발 장비를 국책 연구기관의 인위적 난시청 조사사업에 일부 적용하는 등 실제 방송 커버리지 관리 업무에 적극적으로 활용하고 있다.

**주제어** : ATSC, DTV, 측정, OCR, 보급, 모바일, 지역 테스트

**Abstract** This paper presents a novel mobile measurement system with multi antennas which enable mobile measurement as well as fixed measurement with telescope mast. Proposed system installed 4 omni directional antennas for the space diversity process and one directional log periodic antenna for the simultaneous conventional fixed measurement. Whole antenna systems are connected to the custom DTV channel analyzers with Ethernet networks respectively and processed by the main controller to calculate real time average receive levels. To prove the performance of proposed system, the typical receive models are categorized as 3 area types - open area, building area and house area, and then intensive field tests were performed through mobile and fixed measurement phases. With these measurement data, the relationships between mobile and fixed measurement are analyzed, and the concept of compensation factor is proposed to assume the average receive level of signal. The field test is fulfilled as a co-work with public broadcasters and the proposed system is applied to the intensive coverage measurement projects for metropolitan areas by the korean government agencies.

**Key Words** : ATSC, DTV, measurement, OCR, propagation, mobile, field test

Received 25 September 2013, Revised 17 October 2013  
Accepted 20 November 2013  
Corresponding Author: Hae-Sool Yang(Graduate School of Venture, Hoseo University)  
Email: hsyang@hoseo..ed

ISSN: 1738-1916

© The Society of Digital Policy & Management. All rights reserved. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<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.

## 1. 서론

지상파 DTV 신호를 측정하는 고전적인 방식은 높이 9m의 안테나를 세우고 인위적인 장애물 등 지형지물에 가리지 않는 지역을 선택해서 송신소 방향으로 측정하는 것이다. 이와 같은 측정을 일정 간격으로 실시하여 측정 지역의 평균적인 전파 수신레벨을 측정한다. 이 방식은 아날로그 방송 시절부터 수행되어 왔으며 방송 커버리지를 측정하고 관리하는 방법으로 일반적으로 사용되었다. 그러나 디지털 방송이 실시되고 시청자들의 직접수신에 대한 요구가 높아지면서 좀 더 세밀한 전파환경의 관리가 필요해지고 있다. 일례로 통상적인 측정으로는 강전계 지역으로 분류되지만 근처 고층건물에 의해 전파가 가리는 경우는 일부 영역에서 수신전계의 급격한 감소가 발생하고 영상의 복조 자체가 곤란할 수도 있다. 특히 국내 대도시의 경우 고층 건물들이 밀집되어 있기 때문에 이러한 전파 음영 현상은 보다 더 광범위하게 관측될 수 있다[1].

이러한 DTV 커버리지 내의 전파 음영지역을 개선하기 위해 방송통신위원회와 지상파 방송사들은 도심지의 인위적인 전파음영지역을 중심으로 전파 분포를 좀 더 세밀하게 관측하며 수신환경을 개선하는 노력을 수행하고 있다[2]. 기존의 DTV 수신환경 측정은 지향성 고정안테나를 사용하며 측정 지점을 수 백 미터 간격의 격자형으로 선정한 후, 9m 높이 마스트를 이용해서 안테나를 올려 측정하는 것이 일반적이다. 그러나 인위적인 전파 음영지역의 조사를 위해서는 보다 더 세밀한 전파 분포를 측정해야 하므로 기존 방식과는 다른 이동측정기법이 도입될 필요가 있다.

본 논문에서는 지상파 DTV 방송 신호의 분포를 보다 더 효율적으로 측정하기 위한 다중안테나를 이용한 이동측정 시스템을 제안한다. 제안된 시스템은 고정측정을 병행할 수 있도록 고정측정용 지향성 안테나와 접이식 마스트가 장착되어 있으며 이동측정을 위한 4개의 무지향성 안테나를 설치하였다. 무지향성 안테나들은 중앙 마스트에 의한 전파간섭을 최소화하고 전파의 다중경로 페이딩(fading)을 상쇄하기 위해 공간 다이버시티(space diversity)효과를 얻을 수 있도록 차량 지붕의 4개의 지점에 설치되었다. 시스템의 검증을 위해 LOS(Line of Sight)지점에서 고정 및 이동측정을 다양한 형태로 측정

하여 각 안테나의 수신 양상과 각각의 조합을 통해 최적의 효과를 내기위한 신호처리 방법을 도출한다. 또한 실제 측정에서의 유용성을 검증하기 위하여 국내 DTV 수신지역을 세 개의 유형으로 분류하여 각각에 대해 집중적인 측정을 실시하고 그 결과를 분석한다.

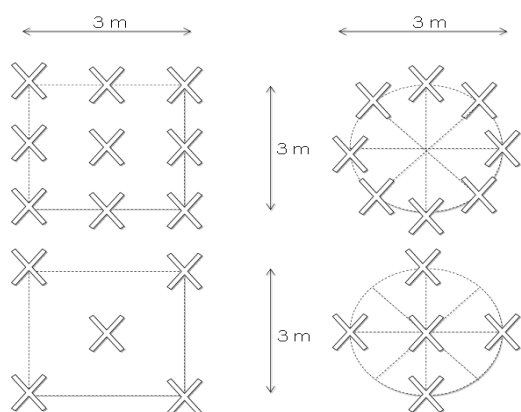
## 2. 지상파 DTV 신호의 측정

### 2.1 일반적인 DTV 신호의 측정

국내 지상파 DTV 방송신호의 측정은 ATSC에서 제시한 A/75[3]의 필드테스트 가이드라인에 따라 주로 이루어진다. A/75의 목적은 실제 전파환경에서 발생할 수 있는 가능한 모든 변수들을 찾아내고 이를 측정을 통해 분석하는 것으로, 전파모델을 통한 예측 결과와 실제 측정 결과를 비교하였으며, 이를 통해 DTV 전파 환경을 개선하기 위해 필요한 유용한 데이터를 수집하는 방법을 제시하였다.

그 중 가장 일반적인 것은 방송 서비스 구역을 대상으로 측정하는 커버리지 측정(coverage measurement)이다. 이를 위해, 9m 높이에서 지향성 안테나를 이용하여 측정하며, 개별 측정지점은 송신점을 기준으로 방사형(radial) 또는 원호형(arc) 선상에서 최소 8지점 이상 일정 간격으로 선택한다. 디지털 복조된 신호의 수신전계 강도 측정은 보통 일정 시간 간격의 평균전압 또는 전력의 측정으로 이루어진다. A/75에 제시된 측정방법 중 특이한 것은 클러스터(cluster)측정과 모바일(mobile) 측정이다. 클러스터 측정은 한 측정 지점의 전계강도 측정이 주변 영역을 대표할 수 있도록 약 3m x 3m의 영역 안에서 최소 다섯 지점 이상에서 측정을 하는 것이다. 이는 방송 주파수의 파장을 고려한 것으로 수신점의 배치는 [Fig. 1]과 같이 정사각형 또는 원의 형태를 제안하고 있다.

모바일 측정은 30m 정도 차량을 움직여가며 연속해서 측정하는 것으로 도로를 따라 전파의 세기가 어떻게 분포하는지 측정하기 위해 전체 측정 지점의 20%가량을 할당하도록 권장하였다. 특이한 점은 모바일 측정 역시 마스트를 올려서 측정하는 기존 방식과 동일한 것으로 사고 등을 방지하기 위해 이동하는 동안 마스트나 안테나를 방해하는 물체가 없도록 하며 안테나 방향은 최대 전계강도 방향으로 조정하도록 한다.



[Fig. 1] Arrangements of cluster measurement points

그러나 이러한 측정 방식들을 국내 방송환경에 그대로 도입하기엔 여러모로 어려운 점이 많다. 대부분의 지역이 도로가 좁고 길이 굽어 있으며 가로수 및 전깃줄로 인하여 클러스터 측정 및 모바일 측정 모두 쉽지 않다. 따라서 국내 방송사들은 커버리지 측정을 위해 이들 방식을 그대로 따르기 보다는 해당 지역의 도로 여건 등을 감안하여 송신점을 기준으로 방사상 또는 격자형으로 일정간격을 유지하도록 선택된 수십개의 포인트에서 측정을 수행한다. 측정에서는 차량이나 건물 등 인공 장애물에 의한 전파 간섭을 최소화하기 위해 주로 학교 운동장이나 공원, 주차장 주변 등이 측정위치로 주로 선택된다.

일반적으로 사용되는 DTV 고정수신용 안테나로는 특정 주파수 대역에 최적화 되어있는 야기(Yagi) 안테나가 보편적이며 NTSC 측정차량에도 설치되었었다. 그러나 UHF 방송 대역 38개의 채널(470MHz~698MHz) 전반을 정확히 측정하기 위해 기존 DTV 측정차량에서는 측정 주파수 대역 전반에서 고른 감도를 보이는 로그파리어딕(log-periodic, LP) 안테나를 주로 사용한다. 정확한 측정을 위해 사전에 주파수 대역별로 안테나 이득(gain)을 측정한 후 이를 안테나 팩터(antenna factor)로 환산하여 실제 수신전계강도의 계산에 적용한다[4-7].

## 2.2 DTV신호의 이동측정

ATSC 방식의 지상파 DTV 커버리지 측정이 측정차량을 세우고 지향성 안테나로 측정하는 고정측정 위주인 것과 달리 지상파 DMB 등 이동 및 휴대 수신을 목표로

하는 디지털 방송의 경우는 이동하며 전계강도를 측정하는 방식이 일반적이다. DMB 이동측정 차량은 일반적으로 무지향성 whip(whip)안테나를 차량 위에 설치하고 측정을 수행한다. DMB는 수직편파로 송출하므로 폴(pole)형 안테나 또는 유리에 부착하는 안테나 등을 차량에 설치한다. 기존 연구결과에 의하면 1/4 파장 안테나를 차량 지붕의 중앙에 설치하는 것이 가장 이상적이며, 전면 유리에 설치하는 경우 차량 내부의 승무원이나 장치에 의해 영향을 받을 수 있고 지붕의 중앙이 아닌 곳은 상대적으로 차량 내부의 전기장차나 노면 등에 의한 간섭을 적게 받는다[8-12]. 따라서 대부분의 DMB 이동측정 차량은 지붕의 중앙에 안테나를 설치하고 측정을 수행한다.

그러나 DTV 측정의 경우는 이러한 방식이 쉽지 않다. 기본적으로 고정수신에 최적화 되어 차량이 설계되며 송출 전파는 수평편파로 전송된다. 따라서 하나의 DTV 측정차량에서 고정 및 이동수신을 동시에 수행하기 위해서는 이동수신용 옴니(omni-directional) 안테나와 고정수신용 LP 안테나를 동시에 설치하여야 하는데 그 설치위치에 대한 세밀한 고려가 필요하다. 기존의 연구들을 조사해보면, 차량의 지붕에 수신 안테나를 설치하였을 때 전파의 수신형태에 대한 다양한 연구결과를 찾을 수 있다.

[Fig 2]는 지붕의 가운데에 고정측정을 위한 마스트가 설치되어있는 측정차량에 두 개의 옴니 안테나를 설치한 이후 전파의 이동경로를 모델링 한 것이다[8].

일반적으로 장애물이 없을 경우 송수신점의 전파 모델은 수식(1)과 같다.

$$\frac{P_r}{P_t} = \frac{G_t G_r \lambda^2}{(4\pi d)^2} \tag{1}$$

여기서  $G_t$ 는 송신안테나 이득,  $G_r$ 는 수신안테나 이득,  $d$ 는 송신기와 수신기 사이 거리,  $\lambda$ 는 반송파 파장을 의미한다.

이 수식에서처럼, 중간에 장애물이 없다면 송신안테나의 이득에 의한 송신출력이 자유공간을 통해 전달되어 수신안테나로 유입되는 형태로 나타나게 된다.

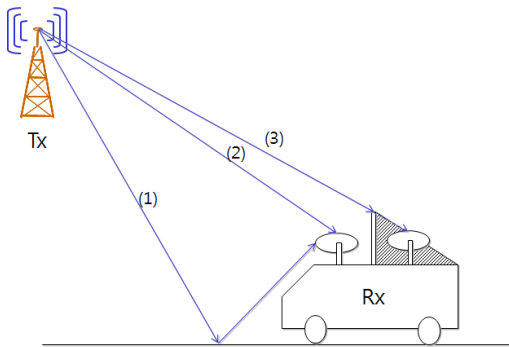
그러나 [Fig 2]에서와 같이 다양한 경로의 전파가 도달하게 된다면 실제 수신안테나에 유입되는 신호는 이들 신호들의 합으로 표현된다. 만약  $x(t) = \text{Re}\{s(t)\exp[j\omega_0 t]\}$

의 신호가 송신점에서 송출되었다면 수신 안테나에서 수신되는 신호를  $y(t) = \text{Re}\{\rho(t)\exp\{j\omega_0 t\}\}$ 라고 할 때 다음과 같이 표현 가능하다[13].

$$\rho(t) = \sum_{k=0}^{N-1} a_k s(t-t_k) e^{j\theta k} + n(t) \quad (2)$$

여기서 고스트 성분인  $s(t-t_k)$  들은 산란, 반사 등에 의해  $a_k$  만큼 크기에 변화가 생긴 것이며, 각각의 신호는 수십  $\mu\text{sec}$  만큼의 시간이 지연되어 입사된다.

[Fig 2]의 측정차 지붕 수신 모델에서 주목할 것은 가운데 설치된 마스트에 의한 신호 장애이다. 특정 각도에서는 뒤쪽의 안테나로 입사되는 직접파가 마스트에 가릴 수도 있는 것이다. 따라서 작은 공간이지만 자동차 지붕 위에 여러개의 안테나들을 설치할 때 상당히 다양한 양상의 전파 수신 상태가 예상된다. 따라서 고정수신용 마스트가 있는 차량에서 이동측정을 위한 적절한 옴니 안테나를 설치하기 위해서는 이러한 다양한 전파경로를 보상할 수 있는 방법을 찾아내는 것이 필수적이다.

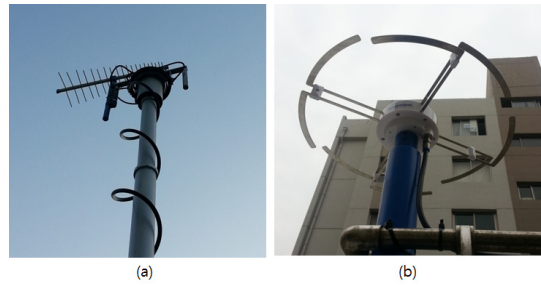


[Fig. 2] Various radio propagation paths to antennas of the field test vehicle

### 3. 제안 시스템

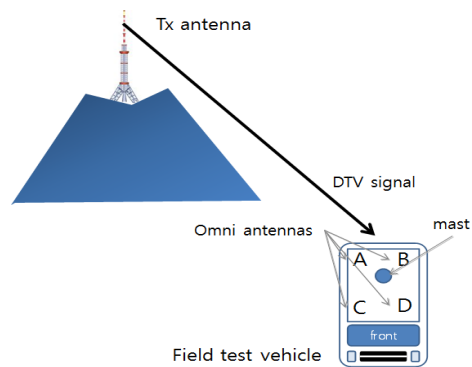
#### 3.1 측정 시스템의 구성

제안 시스템에서는 고정측정 및 이동측정을 동시에 수행할 수 있도록 [Fig 3]과 같은 LP안테나와 4개의 옴니 안테나를 고정측정용 마스트 주변에 [Fig 4]와 같이 배치하였다.



[Fig. 3] Antennas for the proposed measurement system

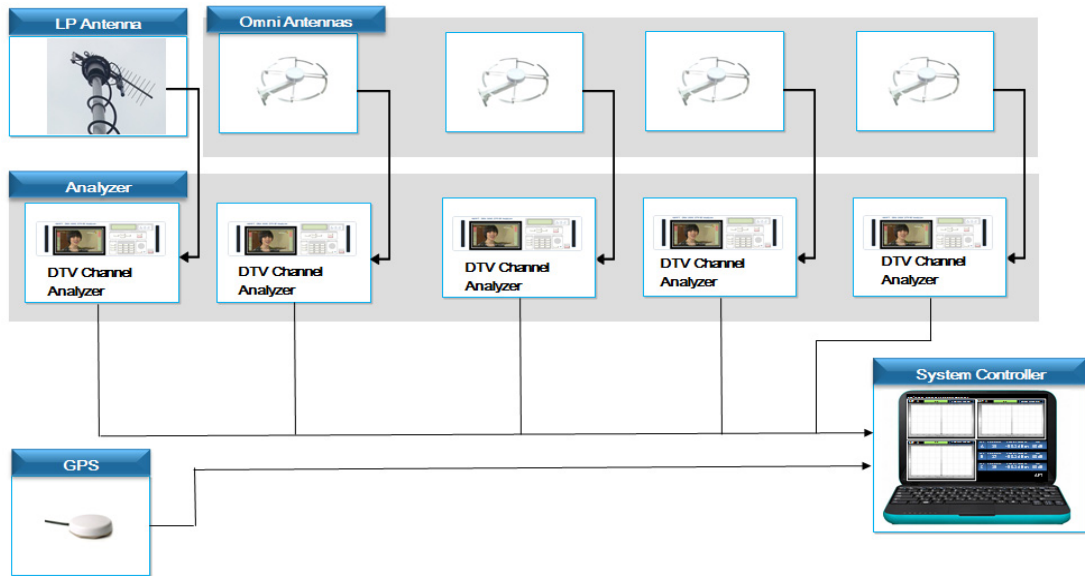
이렇게 함으로써 마스트에 의해 발생하는 특정 안테나에서 발생하는 전파 음영현상과 회절과 반사에 의한 페이딩(fading)도 효율적으로 제거 하였다. 특히 안테나 별로 측정기를 [Fig 5]와 같이 독립적으로 연결하여 안테나간의 단순 결합으로 인한 위상 결합 효과를 방지하고 효과적으로 공간 다이버시티(space diversity)를 확보할 수 있었다. 각각의 DTV 측정기는 Ethernet 네트워크를 통해 시스템컴퓨터와 연결되어 제어되며, 자체 개발한 이동측정프로그램을 통해 동시에 측정을 실시하고 그 결과를 측정 데이터베이스에 기록한다. 각 옴니 안테나는 최소 1.2~1.5m이상의 간격을 유지하고 있어 앞서 설명한 ATSC A/75의 클러스터 측정의 효과를 얻을 수 있도록 하였다.



[Fig. 4] Omni directional antenna arrangement of the proposed measurement system

#### 3.2 측정 시스템의 검증

제안하는 안테나 시스템을 검증하기 위해 LOS(Line of Sight)를 확보할 수 있는 지역에서 수신 실험을 실시



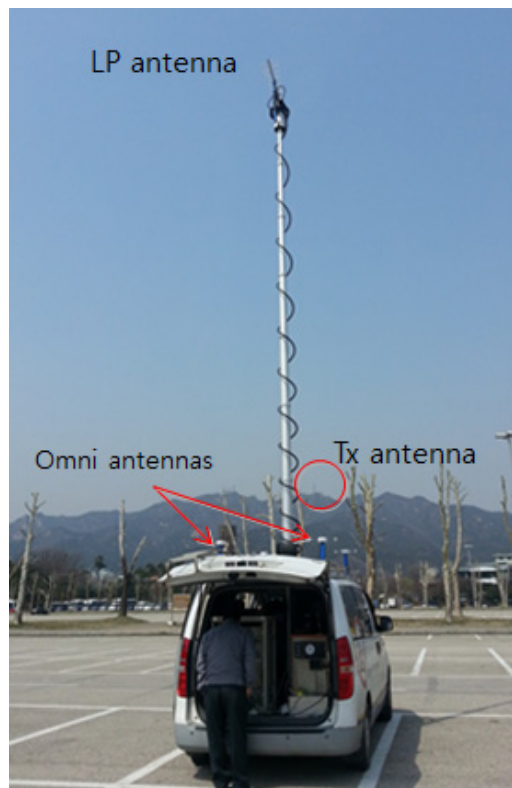
[Fig. 5] System block diagram of the proposed measurement system

하였다. 측정대상 DTV 무선국은 관악산 송신소의 KBS1TV(479MHz)이며 2.5kW(TPO, Transmitter Power Output)로 고도 683m의 안테나에서 송출하고 있다. 수신점은 관악산 송신소에서 약 4km 떨어진 과천 서울대공원 주차장이며 차량의 고정측정 모습은 [Fig 6]과 같다.

각 안테나의 지면의 전파반사 및 안테나 마스트에 의한 간섭 영향을 보기 위해 차량을 제자리에서 90도씩 회전하며 각 안테나별로 수신레벨을 측정하였다. <Table 1>의 결과에서 각 안테나는 방향별로 각기 다른 수신레벨 값을 표출하고 있으며 최대 6~7dB 가량의 전계강도의 편차를 보이고 있다. 이를 평균하게 되면 이 편차는 최대 3.7dB로 줄어들게 된다.

<Table 1> directions measurement results at one point (dB $\mu$  V)

| No. | Antenna A | Antenna B | Antenna C | Antenna D | Max difference (dB) | Average level |
|-----|-----------|-----------|-----------|-----------|---------------------|---------------|
| 1   | 65        | 65        | 71        | 69        | 6                   | 67.5          |
| 2   | 64        | 67        | 71        | 69        | 7                   | 67.7          |
| 3   | 68        | 68        | 62        | 66        | 6                   | 66            |
| 4   | 65        | 60        | 67        | 64        | 7                   | 64            |

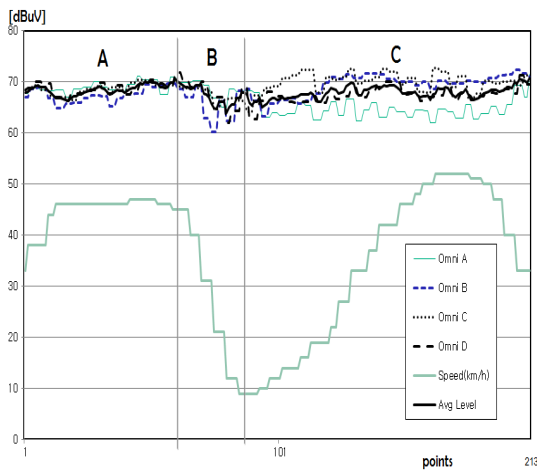


[Fig. 6] Measurement for the calibration of antennas

이동측정을 실시할 경우 수신안테나별 수신레벨의 변화를 관찰하였다. [Fig 7]과 같이 등속구간(A), 감속구간(송신소방향, B), 가속구간(C) 등 세 개의 구간으로 나누어서 측정했다. 등속구간 A와 가속구간 C는 송신안테나의 직각방향이며 감속구간 B는 송신안테나를 향하는 방향으로 이동했다.

속도의 편차가 크지 않은 A구간의 경우 네 안테나의 편차가 5dB내외로 정지했을 때보다 오히려 줄어드는 경향을 보였다. 송신안테나를 향해 움직이며 속도를 감속하는 B구간에서는 최대 8dB 가량으로 편차가 늘어났다. 이후 시속 50km까지 가속하는 C구간에서는 이들 편차가 좀 더 확대되며 최대 10dB 정도로 편차가 늘어남을 볼 수 있다. 특히 전 구간에 걸쳐 최저 수신전계를 보이는 안테나가 거의 일정(Omni-A)하여 특정 각도에서는 각 안테나 별로 편차가 유지됨을 알 수 있다.

이들 안테나의 값을 평균한 경우 전체 구간에서 편차를  $\pm 2.5\text{dB}$ 가량으로 줄일 수 있어 평균적인 수신전계값을 추정하는데 도움이 됨을 알 수 있다.



[Fig. 7] Mobile measurement results for antenna calibrations

### 3.3 보정팩터

제한하는 측정 시스템의 4개의 옴니 안테나(높이 2.4m)를 이용한 측정결과와 비교할 때 각각의 안테나 이득 및 6.6m 만큼의 수신 높이 차이만큼 수신전계강도의 차이를 보인다.

다. 기존 연구결과에서 보면 안테나의 높이별 수신전계 강도의 차이는 LOS 지점을 기준으로 거리에 따라 대략  $0.5 \sim 1\text{dB/m}$ 를 보인다고 알려져 있다[14]. 기존 연구결과와 측정 결과를 종합하여 보면, 4개의 안테나를 이용한 평균 측정방법을 통해 얻은 결과에 고정 안테나 측정결과와의 편차가 일정하게 유지될 수 있다면 이 편차를 이동측정으로부터 고정측정결과를 추정하기 위한 상수로 볼 수 있다.

이 상수를 보정팩터(CF, Calibration Factor)라고 한다면 이동측정을 수행한 후 이들 측정값에 CF를 적용하여 해당 구간의 고정측정 값을 추정할 수 있다[15-16]. 즉, 일정 간격으로 측정하는 고정측정의 단점을 보완하여 도심지의 전계강도의 분포를 보다 더 세밀하게 측정하고 분석할 수 있는 것이다. 물론, 측정지역이 LOS를 보장하는 개활지라면 앞서 측정된 바와 같이 CF에 의한 측정값 환산이 용이할 것이지만 만약 전과 경로상에 건물 등과 같은 장애물이 있다면 페이딩 현상이 발생할 것이고 CF 수치도 어떻게 변할지 검증이 필요하다. 따라서 여러 가지 측정 유형별로 CF의 변화를 검증하기 위해 국내 전과 환경을 대표할 수 있는 세 개의 수신 유형을 집중적으로 측정하여 각각의 측정 결과를 분석하였다.

## 4. 필드 테스트

### 4.1 개요

측정 유형별로 제안 시스템이 어떻게 적용될 수 있는지를 검증하기 위해 측정지역을 개활지, 도심지, 주택지의 세 개의 유형으로 분류하고 측정을 실시하였다.

개활지는 주변에 낮은 건물만 분포하고 있어 9m 안테나 측정을 기준으로 볼 때 LOS가 유지되는 지역으로 인천시 계양구를 선택하였다. 도심지는 20층 이상의 고층 빌딩이 들어서있는 대도시 내부의 지역으로 주상복합 건물들이 촘촘히 들어서 있는 서울시 가산동을 선택하였다. 그리고 주택지는 국내 단독주택의 대표적인 형태인 3층 이하의 주택이 밀집한 지역으로 서울시 신림동 주택단지를 선택하였다.

측정방법은 해당 지역의 도로 여건을 감안하여 약 3km 내외의 구간을 제한된 측정 시스템을 이용하여 이동측정을 실시하였다. 또한 CF를 환산하기 위해 이동 구

간 중간에 일정 간격으로 주변 전파 간섭이 적은 지역을 선정하여 마스트를 올리고 고정측정을 실시하였다.

### 4.2 개활지 측정

개활지측정은 관악산 송신소로부터 약 24km 떨어진 인천광역시 계양구 계양IC 일원을 대상으로 하였으며 이동측정 반경은 대략 1.5km이다. 고정측정은 이동측정구간 중간의 10곳을 선정하였다.

측정한 결과를 고정과 이동측정으로 나누어 지도에 표시하면 [Fig 8]과 같다. 고정측정지점을 기준으로 고정측정과 이동측정결과를 함께 비교하면 [Fig 9] 및 <Table 2>와 같다. 이 결과에서 보듯 고정측정과 이동측정의 결과는 최대 28.5dB에서 최소 8.8dB가량의 편차를 보이는데 최대값을 포함하면 약 14dB, 제외하면 대략 12dB정도의 평균적인 차이를 확인할 수 있다. 이 경우 CF로 약 12dB정도를 계산하면 기타 이동측정점에서의 대략적인 고정측정 전계강도를 추정해 볼 수 있다.



(a) Fixed measurement results of the open area

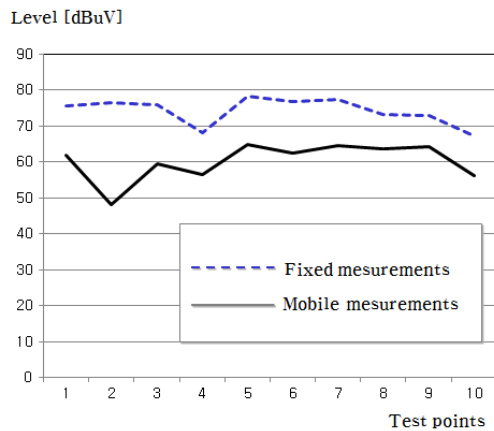


(b) Mobile measurement results of the open area

[Fig. 8] Fixed and mobile measurement results for the open area

(Table 2) Comparison of the fixed and mobile measurement results for the open area (dB $\mu$  V)

| No.     | Fixed Meas. | Mobile Meas. | Difference |
|---------|-------------|--------------|------------|
| 1       | 75.7        | 62.0         | 13.7       |
| 2       | 76.6        | 48.1         | 28.5       |
| 3       | 75.9        | 59.4         | 16.5       |
| 4       | 68.0        | 56.4         | 11.6       |
| 5       | 78.2        | 64.8         | 13.4       |
| 6       | 76.8        | 62.3         | 14.5       |
| 7       | 77.4        | 64.5         | 12.9       |
| 8       | 73.3        | 63.7         | 9.6        |
| 9       | 73.0        | 64.3         | 8.8        |
| 10      | 67.1        | 56.2         | 10.9       |
| Average | 74.2        | 60.2         | 14.0       |



[Fig. 9] Comparison of the fixed and mobile measurement results for the open area

### 4.3 도심지 측정

도심지측정은 관악산 송신소로부터 약 9km 떨어진 서울특별시 금천구 가산동 구로세관 일원을 대상으로 하였으며 이동측정 반경은 대략 0.8km이다. 고정측정은 개활지 측정과 마찬가지로 이동측정구간 중간의 10곳을 선정하였다.

측정한 결과는 [Fig 10], [Fig 11] 및 <Table 3>과 같다. 이 결과에서 보면 개활지 측정과 상당한 차이를 보이는데 고정측정과 이동측정의 결과는 최대 10.6dB에서 최소 -3.8dB가량의 편차를 보이고 있으며 두 지점에서 이동측정값이 고정측정값보다 높게 나왔다. 해당 지역에서 안테나 마스트의 높이별 측정값을 확인하면 오히려 낮은 높이에서 더 높은 수신전계강도를 보이는 것을 확인할

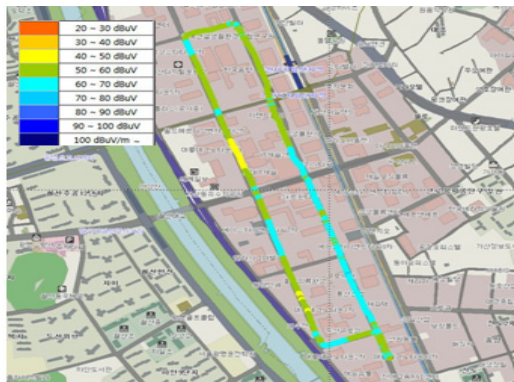
수 있다.

이처럼 건물의 전파 경로 차단이나 반사파의 유입에 의해 도심지에서의 측정값은 높은 안테나에서의 측정값이 더 높은 수신전계강도를 보장하지 않았다. 다만 이 지역의 경우 평균 약 4.5dB 정도의 편차를 고려할 수 있었으며, 이를 통해 이동측정값으로부터 대략적인 고정측정 전계강도를 예측할 수 있다.

물론 전파의 변화가 심해서 일괄적으로 적용하기는 곤란하지만 실제 고정측정 역시 측정 위치를 조금만 이동해도 상당한 편차를 보이고 있으므로 대략적인 분포를 추정하는데 어느 정도 오차는 감안할 수 있을 것이다.



(a) Fixed measurement results of the building area

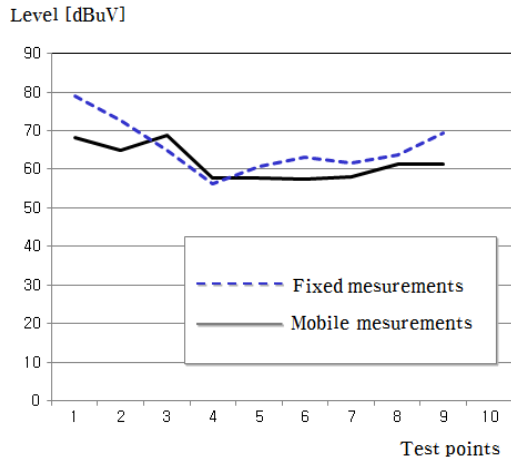


(b) Mobile measurement results of the building area

[Fig. 10] Fixed and mobile measurement results for the building area

(Table 3) Comparison of the fixed and mobile measurement results for the building area (dB $\mu$  V)

| No.     | Fixed Meas. | Mobile Meas. | Difference |
|---------|-------------|--------------|------------|
| 1       | 79.0        | 68.3         | 10.6       |
| 2       | 72.8        | 64.8         | 8.0        |
| 3       | 65.1        | 68.9         | -3.8       |
| 4       | 56.2        | 57.7         | -1.5       |
| 5       | 60.6        | 57.7         | 3.0        |
| 6       | 63.0        | 57.4         | 5.6        |
| 7       | 61.6        | 58.2         | 3.4        |
| 8       | 63.8        | 61.3         | 2.5        |
| 9       | 69.5        | 61.3         | 8.3        |
| 10      | 69.5        | 60.8         | 8.7        |
| Average | 66.1        | 61.6         | 4.5        |



[Fig. 11] Comparison of the fixed and mobile measurement results for the building area

#### 4.4 주택지 측정

주택지측정은 관악산 송신소로부터 약 6km 떨어진 서울특별시 관악구 신림동 일원을 대상으로 하였으며 이동 측정 반경은 대략 1.5km이다.

측정 결과는 [Fig 12], [Fig 13] 및 <Table 4>와 같다. 이를 보면 개활지 측정과 유사한 결과를 보이며 고정측정과 이동측정의 결과는 최대 13.6dB에서 최소 2.3dB가량의 편차를 보이고 있으며 평균적으로 9.3dB가량 높게 나옴을 알 수 있다.

이는 주택지의 건물이 전파의 진행을 심각하게 가릴 정도는 아니므로 전파의 수신 레벨이 어느 정도는 고르게 분포함을 의미한다.





(a) Fixed measurement results of the house area



(b) Mobile measurement results of the house area

[Fig. 12] Fixed and mobile measurement results for the house area

<Table 4> Comparison of the fixed and mobile measurement results for the house area (dBμ V)

| No.     | Fixed Meas. | Mobile Meas. | Difference |
|---------|-------------|--------------|------------|
| 1       | 66.3        | 64.0         | 2.3        |
| 2       | 60.6        | 47.7         | 12.9       |
| 3       | 65.7        | 58.2         | 7.4        |
| 4       | 78.7        | 67.7         | 10.9       |
| 5       | 76.1        | 62.9         | 13.2       |
| 6       | 81.5        | 75.3         | 6.2        |
| 7       | 72.2        | 63.8         | 8.3        |
| 8       | 75.8        | 66.6         | 9.2        |
| 9       | 82.4        | 68.7         | 13.6       |
| 10      | 84.0        | 74.7         | 9.3        |
| Average | 74.3        | 65.0         | 9.3        |

따라서 이 지역의 경우 CF로 평균 약 9dB정도를 이동

측정값에 합산하여 대략적인 고정측정 전계강도를 예측할 수 있다.

이와 같이 세 개의 유형별로 주변 환경에 따라 다양한 수준의 CF를 도출하였으며 적어도 해당 지역 및 구간에서 적절한 레벨을 유지함을 알 수 있었다.

즉, 제안 시스템을 활용하여 이동측정과 고정측정을 병행하면 CF의 계산을 통해 해당 이동측정 구간에서의 실제 수신 전계강도 값을 추정하는데 도움이 됨을 알 수 있다.

## 5. 결론

본 논문에서는 DTV 수신환경을 보다 더 자세하게 파악하기 위해 다중 안테나를 이용한 이동측정시스템을 제안하였다.

제안한 시스템은 측정차량의 지붕에 모두 5개의 안테나를 설치하는 것으로 각 모서리 부근에 4개의 옴니(Omni-directional) 안테나를 설치하고 가운데 부근에 9m 높이의 접이식 마스트와 지상파 DTV대역을 두루 측정할 수 있는 LP(Log-periodic)안테나를 설치하고 있다. 각각의 안테나는 공간 다이버시티(space diversity)효과를 얻기 위하여 개별적으로 측정기에 연결되어 실시간의 평균값을 구할 수 있도록 하였으며 중앙 제어 시스템을 통해 동시에 측정되고 분석하였다.

LOS(Line of Sight)지역에서 실시된 집중적인 필드테스트를 통해서 하나의 옴니 안테나를 활용할 때 보다 4개의 안테나를 통하여 보다 더 안정적이고 균일한 측정을 할 수 있음을 검증하였으며 이는 이동측정에도 적용이 가능함을 보였다.

측정 결과 이동측정값은 고정측정값과 안테나 이득 및 높이의 차이에 해당하는 만큼의 일정한 측정값이 있었으며 이를 보정팩터(CF, Calibration Factor)로 활용하면 이동측정값으로부터 고정측정 수신전계를 추정할 수 있다.

제안 시스템의 성능을 검증하기 위해, 개활지, 도심지 및 주택지 등 세 개의 수신 유형을 대상으로 집중적인 이동측정 및 고정측정을 실시한 결과 각 측정지역별로 각각 12dB, 4dB, 8dB 등 고정측정과 이동측정 사이에 어느 정도의 일정한 편차를 가질 수 있었다. 이를 통해 그

지역 유형에 적합한 CF를 산출하여 이동측정 구간의 수 신진계강도를 추정하는데 활용 가능성을 보였다.

물론 이러한 추정값은 실제 무선국을 검사 등을 위한 절대적인 지표로는 활용될 수 없지만, 소출력 중계기를 설치하기 위해 도심지의 인위적인 난시청 지역의 분포를 파악하고 또한 지역별 대략적인 진계강도의 분포를 추정하거나 건물에 의한 음영지역의 분포를 파악하는 데는 매우 유용하게 활용될 수 있음을 알 수 있었다. 제안된 시스템은 방송통신위원회를 비롯한 다양한 기관에서 실시하는 인공장애물에 의한 도심지 난시청의 현황 파악 등에 일부 활용되고 있다.

## REFERENCES

- [1] ATSC, "Receiver Performance Guidelines," ATSC Recommended Practice A/74, June 2004.
- [2] ATSC, "Developing DTV Field Test Plan", ATSC Recommended Practice A/75, July 2001.
- [3] Y.W. Suh, et al, "A Novel Integrated Measurement and Analysis System for Digital Broadcasting", IEEE Trans. on Consumer Electronics, Vol.55, No. 1, pp.56-62, Feb. 2009.
- [4] Y. W. Suh, S. I. Park, J. Lee, J. Y. Choi, and J. S. Seo, "A Novel Receive Power Analysis System for DTV Broadcasting Network", IEEE Trans. Consumer Electronics, Vol. 56, Issue 1, pp. 236-230, Feb. 2010.
- [5] Arnaud Guena, Didier Zapparata, and Alain Sibille, "Mobile Diversity Reception of DVB-T Signals using Roof or Window Antenna", UEI, Jan. 2004.
- [6] S. Kaul, K. Ramachandran, P. Shankar, S. Oh, M. Gruteser, I. Seskar and T. Nadeem, "Effect of Antenna Placement and Diversity on Vehicular Network Communications", IEEE SECON07, June 2007.
- [7] Commercial Radio Australia, "Car antenna placement", June 2011
- [8] R.Ehmann, B. Wagner, T. Weiland, "Farfield Calculations for Car Antennas at Different Locations", IEEE Trans. on Magnetics, Vol. 33, No. 2, March 1997.
- [9] Lester Low, Richard Langley, Richard Breden, and

- Peter Callaghan, "Hidden Automotive Antenna Performance and Simulation", IEEE Trans. on Antennas and Propagation, Vol. 54, No. 12, Dec. 2006.
- [10] H. Hashemi, "The Indoor Propagation Channel", Proceedings of the IEEE, pp.943-968, Vol. 81, No. 7, July 1993.
  - [11] Young-Woo Suh, Young-Seok Jeong, Sungho Jeon, Il-Soo Kyung, Hae-Sul Yang, "An Efficient Mobile Coverage Measurement System for ATSC DTV Network", IEEE BMSB 2013, June 2013.

## 정 영 석(Jeong, Young Seok)



- 1987년 2월 : 인하대학교 물리학과 졸업(학사)
- 2008년 8월 : 호서대학교 벤처전문대학원 IT응용기술학과(공학석사)
- 2011년 3월 ~ 현재 : 호서대학교 벤처전문대학원 박사과정
- 2008년 1월 ~ 현재 : (주)에니퓨처택 대표이사

- 관심분야 : ATSC, DTV, OCR, 디지털방송융합, IT품질경영, IT프로젝트관리
- E-Mail : [hscop@nate.com](mailto:hscop@nate.com)

## 양 해 술(Hae-Sool Yang)



- 1975년 2월 : 홍익대학교 전기공학과 졸업(학사)
- 1978년 8월 : 성균관대학교 정보처리학과 졸업(석사)
- 1991년 3월 : 日本 오사카대학 정보공학과 SW공학 전공(공학박사)
- 2006년 2월 : Kazakhstan 유러시아경제대학(명예경영학박사)

- 1975년 5월 ~ 1979년 6월 : 육군중앙경리단 전자계산실 시스템분석장교
- 1980년 3월 ~ 1995년 5월 : 강원대학교 전자계산학과 교수
- 1986년 12월 ~ 1987년 12월 : 日本 오사카대학 객원연구원
- 1995년 6월 ~ 2002년 12월 : 한국소프트웨어품질연구소 소장
- 2010년 3월 ~ 2012년 2월 : 호서대학교 창업대학원 원장
- 2012년 11월 : 대통령표창(SW산업발전유공) 수상
- 1999년 11월 ~ 현재 : 호서대학교 벤처전문대학원 교수
- 관심분야 : SW공학(특히, SW품질보증과 품질평가, 품질 관리 및 컨설팅, SI), SW프로젝트관리, 품질경영.
- E-Mail : [hsyang@hoseo.edu](mailto:hsyang@hoseo.edu)