

지상파 수신환경 개선 기술 개발 및 사업 현황

□ 서영우 / KBS 기술연구소

I. 개요

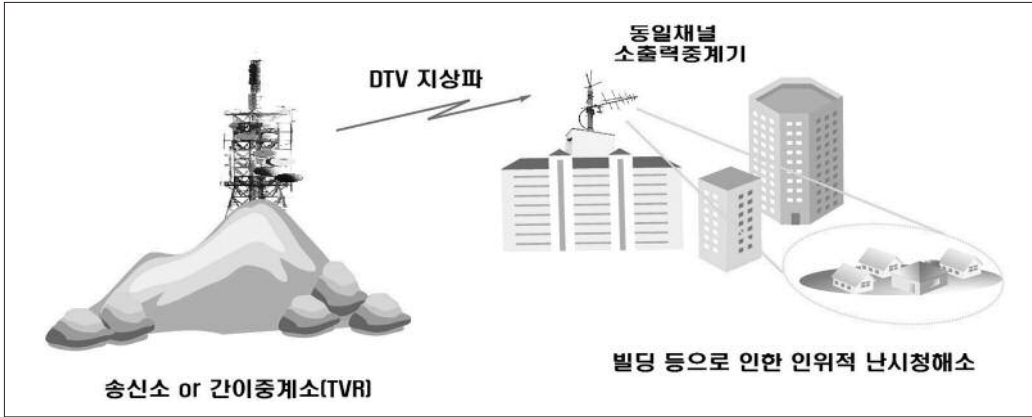
지상파 직접수신 환경을 개선하기 위한 다양한 노력이 지상파 방송사를 통해 이루어지고 있다. 우리나라는 70%가 넘는 산악지형과 도심지의 고층 건물 등에 의해 방송 전파 환경이 양호하지는 못하다. 기존 아날로그 방송의 경우 낮은 수신전계 강도와 고스트로 인해 많은 시청자들이 유선방송의 재전송에 의존하였다. 그러나 디지털 방송의 경우는 아날로그 때와는 상황이 다르다. 우선 안정된 수신을 위한 최저 신호 대 잡음비가 기존 아날로그의 35dB 수준에서 15dB로 대폭 향상 되었으며 지속적인 수신기의 성능 개선 등으로 수신감도 또한 개선되어 실외 안테나 뿐 아니라 실내 안테나를 통한 수신도 가능한 지역도 확대되고 있다. 특히 공동주택과 공동수신 시설의 확산으로 지상파 수신 설비를 갖춘 대규모 수신 가구가 증가하고 있어 소위 디지털

방송을 수신 가능한 'DTV ready' 가구가 점차 확대되고 있다. 지상파 방송사들 역시 2012년 DTV 전환을 앞두고 직접 수신율을 높이려는 다양한 노력을 수행하고 있어 앞으로도 이러한 직접 수신 가능 가구는 크게 늘어날 것으로 기대된다. 본 고에서는 지상파 방송을 중심으로 진행되고 있는 지상파 수신환경 개선 사업과 지상파의 확대를 위한 기술들을 그 개발 현황과 함께 소개하고자 한다.

II. DTV 소출력 중계기 사업

1. DTV 소출력 중계기의 개요

DTV 소출력 중계기는 <그림 1>에서와 같이 지형 또는 빌딩에 의한 국부적인 난시청을 해소하기 위해 해당지역의 방송과 동일채널로 재전송하는 장비이



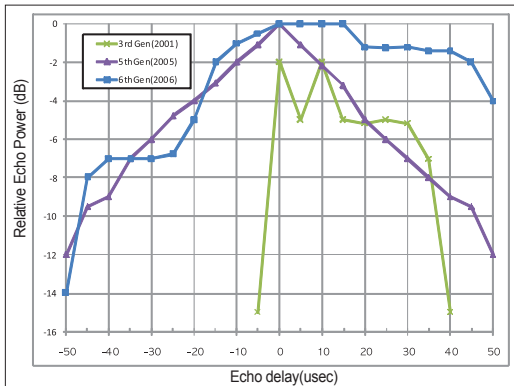
〈그림 1〉 DTV 동일채널 소출력중계기 서비스 개념도

다. 동일채널로 중계하므로 특별히 주파수 허가를 받지 않고서도 민간에서 형식승인 등 허가를 받은 제품을 설치하여 국부적인 난시청을 해소할 수 있다.

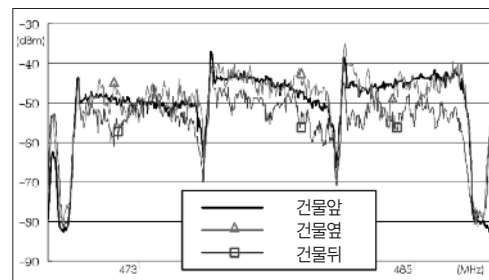
소출력 중계기는 DMB의 경우 수년 전부터 규정이 마련되어 있었으며 10mW/MHz의 규정 출력 이하에서 신고에 의해서 운영될 수 있었다. 우리나라의 DTV 방식인 ATSC의 경우 초창기에는 취약한 고스트 처리 성능 때문에 동일채널 중계기에 대한 고려는 이루어지지 않았었다. 그러나 〈그림 2〉와 같이

2005년도부터 본격적으로 도입된 5세대급 이상 수신기의 고성능 등화기(equalizer)성능에 의해 짧은 거리 내에서는 동일채널중계기술을 통해 난시청을 해소할 수 있음이 다양한 연구 결과를 통해 소개된 바 있다. 이를 토대로 정부와 방송사들은 2010년부터 점차적으로 소출력중계기의 적용 방안을 검토하고 시범 서비스를 실시하게 되었다.

실제 고층 빌딩 주변에서는 수신전계강도가 약 10dB 이상 감쇄된다. 〈그림 3〉은 초창기 DTV 필드 테스트에서 일산지역의 5층 건물 주변을 돌아가며 측정한 결과로서, 건물 주변의 도로에서 10m의 안



〈그림 2〉 각 세대별 수신기의 등화기 성능



〈그림 3〉 5층 건물 주위에서의 스펙트럼의 변화 (일산지역, 채널 14~16번)

테나를 세우고 측정한 결과이다. 만약 안테나의 높이가 더 낮아진다면, 송신점의 위치가 더 멀다면, 혹은 건물의 높이가 더 높아진다면 수신환경은 더 열악해 질 수 있을 것이다. 이와 같이 인공장애물에 의한 국부적이고 인위적인 난시청을 해소하기 위해서는 어느 건물에도 설치 가능하고 혼신의 영향이 적은 소출력중계기가 필수적인 것이다. 하지만 수많은 인위적인 난시청 지역의 해소를 위해 일일이 개별적인 중계기를 설치하는 것은 비용 면에서 큰 부담이 되므로 적절한 출력의 DTV 중계기로 넓은 범위의 음영 지역들을 보완하고 일부 인위적인 지역에 대한 소출력중계기의 운용이 효율적일 것이다.

2. DTV 소출력 중계기의 동일채널 운용과 변파 운용 비교

소출력 중계기의 설치가 처음 제기된 이유는 고층빌딩 등에 의한 인위적인 난시청의 경우 그 범위가 작고 음영지역이 다수 발생하는데 반해 정식 중계소의 설치를 위해서는 주파수 배정 및 중계소 설치 가능 위치의 선정이 매우 제한적이기 때문이었다. 먼저 운용되고 있던 DMB 중계기의 10mW/MHz 이하의 규정 출력을 DTV에 그대로 적용한 실험을 통해서 중계기 설치지점으로 부터 약 1.5km이내의 서비스가 적정함을 소출력중계기의 도입 이전에 확인한 바있다. 즉 전파 경로로 환산하면 커버리지 내에서 최대 5 μ sec 정도의 지연이 발생함을 의미한다. <그림 2>에서와 같이 최근 수신기들의 수신 성능이 선형 고스트 기준으로 10 μ sec 범위 내에서 향상되고 있으므로 중계기 내부의 지연을 감안하더라도 완벽하지는 않지만 충분히 해당 지역의 국부적인 음영에는 적용될 수 있다는 사실이 소출력중계기가 도입된 배경이다.

이러한 소출력중계기를 동일채널로 운용하는 것이 적정한지 또는 주파수 변환형(변파형)으로 운용하는 것이 적정한지에 대한 다양한 의견들이 있다. 소출력의 특성상 커버리지 자체가 매우 제한되므로 해당 지역에서는 주파수를 바꾸든 동일채널로 운용하든 주파수 운용적인 측면에서는 크게 달라지지는 않을 것이다.

동일채널 방식의 장점은 수신자가 채널 변경 없이 동일한 채널에서 개선된 DTV 신호를 수신할 수 있다는 것이다. 만약 중계기 설치 이전에 약 30%의 방향에서 수신이 가능했다면 중계기를 설치한 이후에 경우에 따라서는 50% 이상의 방향에서 수신이 가능해 질 수 있다. 따라서 설치만 가능하다면 동일채널 중계방식이 서비스 구역 내의 수신자 입장에서는 가장 편리한 방식이 될 것이다. 그러나 동일채널 방식의 문제점은 설치 위치나 출력에 제약이 많다는 것이다. 이는 중계기에서 송출한 신호가 다시 중계기의 수신안테나로 타고 들어오는 신호간섭 현상 때문이다. 마치 마이크의 소리가 스피커를 통해 다시 마이크로 들어와 발진하게 되는 하울링 현상과 유사한데, 이 간섭신호 때문에 송출 안테나의 방향이나 송출 가능 출력에 많은 제약을 받게 된다.

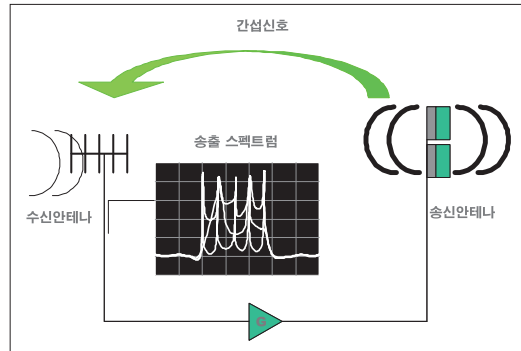
주파수 변환형 주파수는 이러한 간섭신호 문제가 없다. 따라서 주파수만 확보 된다면 원하는 위치에 원하는 출력으로 언제든지 설치 가능한 장점이 있다. 문제는 적절한 주파수를 얼마나 용이하게 찾아서 적용할 수 있는가에 있다. 적용을 위해서는 반드시 해당 지역의 주파수 활용 상황에 대한 검토가 선행 되어야 하므로 비록 소출력이라도 주변 주파수 배치에 대한 면밀한 검토가 필수적이다. 물론 CR(Cognitive Radio) 방식을 적용하여 자동으로 여유 주파수를 찾는 기술을 적용할 수도 있지만 방송용 중계기 특성상 주변 채널환경에 따라 중계용 주

파수를 그때그때 마음대로 변경할 수 없으므로 좀 더 신중하게 접근하여야 한다. 일부에서는 중계기용 주파수를 별도로 지정하는 방안에 대해서도 의견을 제기하였다. 이렇게 된다면 소출력중계기는 항상 중계기용 주파수만 사용하므로 타 매체와의 혼신문제를 염려할 필요가 없다. 오직 인근 지역의 소출력중계기들과의 간섭만 주의하면 되는 것이다. 따라서 보다 효율적인 소출력중계기의 적용을 위하여 중계용 주파수를 할당하는 것도 좋은 방안이 될 것이다.

3. DTV 소출력 중계기의 사양

지상파 방송사의 DTV 소출력 중계기의 설치 및 운용은 방송통신위원회고시 제2010-50호(10.12.17) “신고하지 아니하고 개설했 수 있는 무선국용 무선기기 일부 개정”에서 10mW/MHz 이하의 DTV 소출력 중계기를 포함하도록 개정된 전파법 고시에 따른다. 다만 이 고시는 비방송사업자의 무분별한 설치를 통한 기존 방송과의 혼신 등을 방지하기 위해 방송사업자와 비방송사업자(건물주)간의 합의를 권고하고 있다.

소출력중계기의 경우 기존 DTV 중계기의 엄격한 무선국 송출규정을 적용하지 않고 형식인증을 위해서는 최소한의 무선국 규정만 적용된다. 해당 규정으로는 출력(상한 20% 규정), 주파수 허용편차 및 대역외발사강도의 불요발사 허용치만을 적용하고 있다. 다만, 동일채널로 운용되는 특성상 설치지역의 전파수신환경에 의해 설치 가능성 및 송출출력 등이 제한되므로 방송사에서는 가급적 높은 성능의 ICS(Interference Cancellation System) 기능을 채택한 제품의 사용을 권고하고 있다. ICS 기능이란 동일출력의 송출 전파가 중계기의 수신안테나로 다시 입력되어 생기는 간섭신호를 제거하는 기술로 일



(그림 4) 동일채널 중계기의 간섭신호에 의한 신호 왜곡

반적으로 간섭신호를 최대도 했을 때의 입력신호 대비 간섭신호의 크기를 비율로 표시하거나 제거되는 간섭신호의 절대 값을 그 성능으로 표현한다. 일반적으로 방송사에서는 전자의 사양 즉 입력신호대비 간섭신호 임계값을 그 사양으로 규정하고 있으며, 2012년 2월에 KBS에서 실시된 구입장비 품질평가에서의 규정은 5개 채널 동시 운용시 +25dB (입력신호 보다 간섭신호가 25dB 더 큰 경우)를 임계 ICS 성능으로 규정하고 있다. <그림 4>는 간단한 소출력 동일채널 중계기의 모델로 간섭신호가 임계신호를 넘어설 경우 송출 스펙트럼이 어떻게 왜곡되는지를 보여주고 있다. 따라서 설치 장소에서의 간섭신호에 발생에 대한 분석과 이에 대한 적절한 대비가 소출력중계기의 운용을 위해 필수적이다.

III. DTV 수신 환경 측정 및 분석 장비 개발 및 응용

1. DTV 수신환경 측정장비 개발

지상파 DTV의 수신환경을 개선하기 위해서는

DTV 전파환경을 올바르게 분석하는 것이 매우 중요하다. ATSC 방식을 채택한 나라들 중 난시청 해소를 위해 가장 노력하는 국가가 우리나라이며, 이를 대비한 기술개발 역시 매우 활발하다. KBS 에서는 DTV전파 환경을 면밀히 분석하기 위한 채널분석기를 2009년도에 최초로 개발하였으며 NAB Show 2010에 전시한 바 있다. 또한 이 장비의 성능을 개선한 필드측정기 역시 2011년에 개발하여 2011년 12월 현재 30대를 KBS 전파측정차량에 설치하였다. <그림 5>에서는 DTV 필드측정기의 다양한 형태와 측정 파라미터를 보여주고 있다. 측정차량의 크기와 운용 형태에 따라 수신화면을 함께 보여주는 3RU 크기의 장비 형태로부터 배터리를 내장한 소형으로 구성되어 민원 장소를

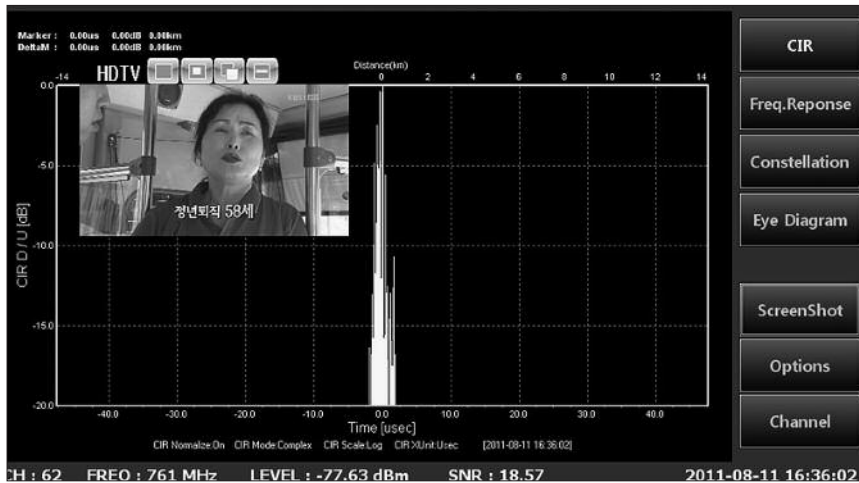
직접 방문하여 측정 및 분석을 할 수 있는 포터블 형태 제품까지 다양하다. 측정 파라미터로는 주로 수신화면, 수신 SNR, 수신전력, 성상도 및 채널 환경(고스트 패턴, ghost pattern)의 분석 등이 있다.

2. DTV 수신환경분석 측정장비 응용 사례

DTV 수신망에서 제일 중요한 측정 파라미터는 수신 전계강도와 채널 환경이다. 채널환경을 측정할 수 있으면 그 결과에 대한 분석을 통해서 DTV 난시청의 다양한 사례에 대해서 그 원인을 추정할 수 있다. 대부분의 DTV 난시청 사례는 수신전계강도가 매우 약하거나 고스트가 너무 심해서 수신이



<그림 5> DTV 필드측정 시스템의 구성 및 측정결과 예시



〈그림 6〉 여의도 렉싱턴 호텔 부근에서 수신한 남산 송신소의 신호

안 되는 경우이다. 특히 고스트 분포의 상태에 따라서 어느 정도의 수신전계강도가 부족한 지가 결정되므로 고스트의 분석이 가능하다면 효율적인 DTV 수신환경 분석 및 대책마련이 가능하다. 〈그림 6〉에서 〈그림 8〉은 DTV 필드측정시스템의 채널 분석 기능을 활용한 다양한 수신형태에 대한 분석 사례로서, KBS의 수신 서비스 지원 차량에 DTV 필드 측정기를 설치하고 여의도 지역의 DTV 전파 수신 형태를 분석한 것이다.

1) 하나의 신호가 수신되는 지역

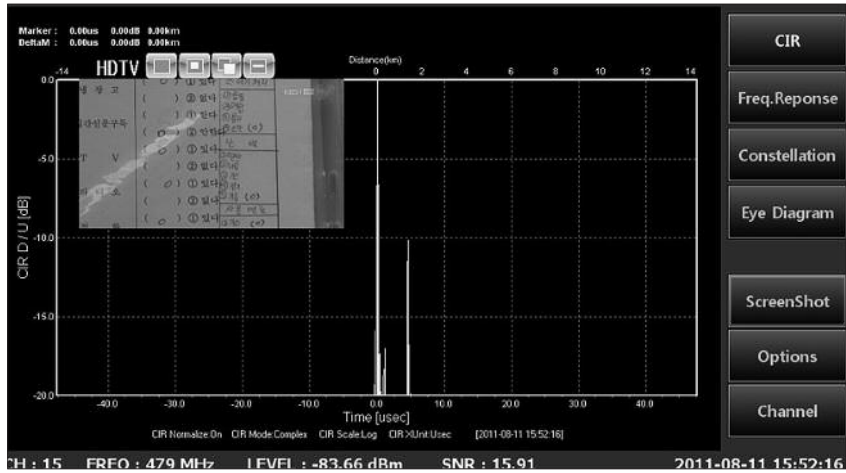
반사파 없이 하나의 신호가 수신된다면 당연히 이상적인 수신환경이며 수신 성능 또한 양호할 것이다. 그러나 송신기 방향으로 있는 장애물에 의해서 신호가 회절하여 들어오는 경우가 있다. 〈그림 6〉이 대표적인 사례로 송신기 방향으로 다수의 건물 존재하는 경우이다. 이 때 수신 신호는 〈그림 6〉에서와 같이 다양한 경로 선분을 지닌 신호를 수신하게 된다. 이러한 경우에는 일반적으로 이상적인 수신환경에서보다 약 5내지 10dB의 신호 마진

(margin)을 필요로 하며 〈그림 6〉의 측정지점에서는 약 7dB 정도의 마진을 필요로 하였다.

2) 1개의 반사파가 있는 지역

수신점에서 송신소의 반대편으로 높은 건물이 존재하는 경우 송신소의 신호와 뒷편의 건물로부터 반사된 2개의 신호를 수신하게 된다. 먼저 오는 신호를 주 신호로 수신하게 되면 후행 고스트의 경우이고 반사된 신호를 주 신호로 수신하게 되면 선행 고스트 환경이 된다. 상용 수신기의 경우 선행 고스트보다 후행 고스트 대비 성능이 더 우수하므로 고스트의 선행 및 후행 여부에 따라 측정 지역의 수신 용이성이 판정된다.

〈그림 7〉의 경우 약 5μsec의 후행 고스트 환경으로 1.5km 정도 떨어진 건물에 의해 반사된 신호가 동시에 들어옴을 알 수 있다. 측정 결과는 감쇄기를 사용하여 임계 수신상태에서 측정한 것으로 측정 결과에서 확인 가능하듯이 최저수신전력 -83.7dBm 정도로 이상적인 수신감도와 크게 차이가 없었다. 이와 같이 후행 고스트 환경에서 수신기는



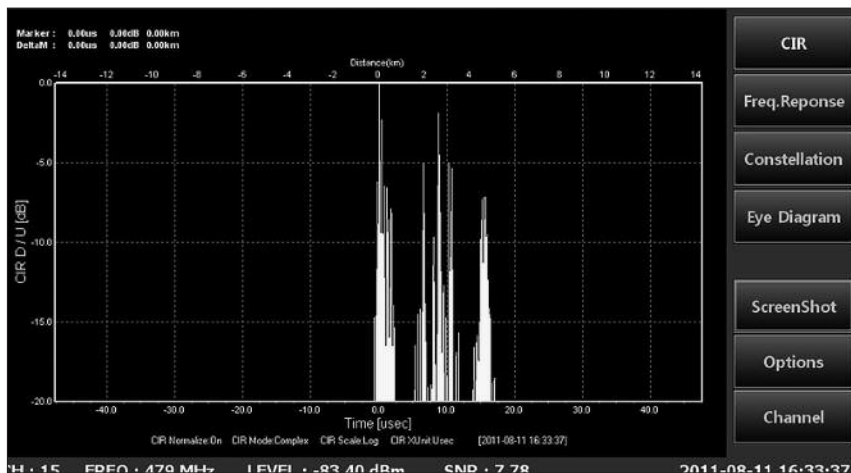
〈그림 7〉 여의도 국회대로에서 측정한 관악산 송신소의 신호

완벽하게 동작할 수 있으나 선행 고스트 환경에서는 이보다 수신 성능이 나빠질 수 있다.

3) 다수의 반사파가 있는 지역

단순히 다수의 반사파가 있다고 수신이 어려워지는 것은 아니다. 그러나 〈그림 8〉에서와 같이 반사 신호자체가 많은 회절 성분을 가지고 있으면 수신

기의 수신 성능은 현격히 떨어지게 된다. 그림의 측정 결과에서 보면 전계강도는 -83.3dBm 으로 열악하며 최소 6개의 건물로부터 반사된 신호를 수신하고 있다. 이 경우는 최소 10dB 이상의 임계수신값에 대한 여유가 있어야 그나마 수신을 기대할 수 있으며 〈그림 8〉과 같이 낮은 수신 전계 강도의 해당 채널 환경에선 수신이 거의 되지 않았다.



〈그림 8〉 여의도 렉싱턴 호텔 앞에서 수신한 관악산 송신소의 신호

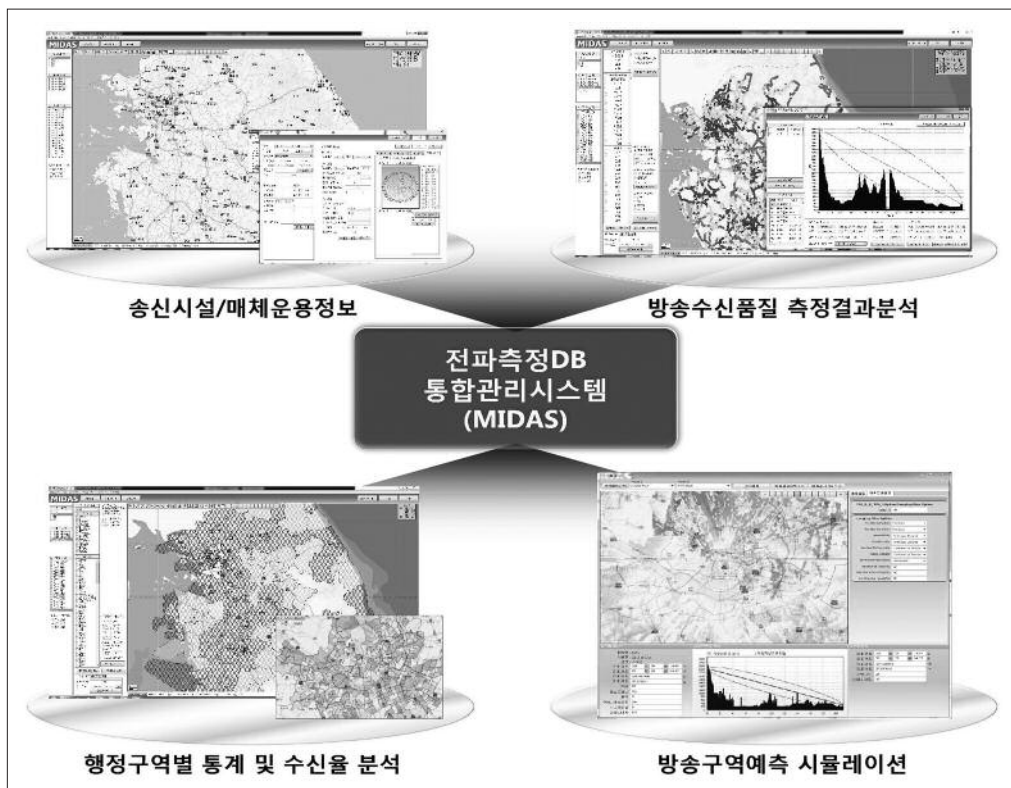
3. DTV 수신환경 측정결과 분석 및 보완

전국 각지에서 측정된 데이터를 좀 더 효율적으로 운용하기 위해 KBS에서는 전파 측정 정보 데이터베이스 분석 시스템(MIDAS, Measurement Information Database Analysis System)을 구축하고 각 매체별 전파측정 결과를 체계적으로 관리하여 전파 음영지역의 최소화를 위해 노력하고 있다. MIDAS의 도입을 통해서 송신시설 및 매체 정보를 체계적으로 운용하고, 다양한 매체의 측정 결과를 해당 지역의 지형 고도 정보와 함께 분석하며, 행정 구역별로 수신 현황을 통계를 산출하며 다양한 전파 모델의 적용을 통한 새로운 증계소 및 전파

보완 방안을 검토한다. 특히, 측정차량과 수신서비스 차량들로부터 전국 각지에서 측정되고 수집된 정보들이 네트워크를 통해 실시간으로 업데이트 되므로 각 매체별 수신환경의 변화를 보다 더 체계적으로 관리하고 이들 정보를 통해 수신환경 개선 사업에 보다 더 적극적으로 노력하고 있다.

IV. 지상파 수신환경 개선 사업

수신환경개선 사업이란 지상파 TV 방송사업자의 TV 방송을 직접 수신할 수 있는 지역적 환경 혹은 주거형태에 따른 환경을 개선하는 사업을 의미한



〈그림 9〉 전파측정 DB 통합관리 시스템의 주요 기능

다. KBS는 2006년부터 공동주택의 공시청 시설 수신환경 사업을 실시하고 있다. 2004년 이후 준공되는 모든 공동주택은 DTV 공시청망이 의무화 되어 있으므로 사업대상은 주로 2004년 이전에 만들어진 공동주택의 공시청망이다. 이들 공동 주택의 경우 유료방송을 단체로 가입하여 서비스를 받거나 기존 VHF 대역의 아날로그 방송망에 대한 공시청 설비가 주류를 이루고 있어 이들 설비를 지상파 DTV 공시청이 가능하도록 개선하는 것을 단지별로 지원하고 있다.

이 사업의 주요 내용은 지상파 공동 수신 안테나 설치, 디지털 신호처리 장치를 통한 디지털 TV 신호 복원 및 재전송이다. 디지털 신호처리 장치란 수신된 ATSC DTV 신호를 복조하고 이를 다시 재변조하여 깨끗한 DTV 신호를 만들어 내는 장치로서 공동 수신 안테나의 수신환경이 열악하더라도 각 세대에서는 깨끗하고 안정적인 DTV 신호를 수신할 수 있도록 신호를 재변조하는 매우 중요한 기능을 수행한다. 하나의 대단위 공동주택 단지에 대해 수신환경 개선 사업을 실시하면 평균적으로 800여 세대에서 지상파 직접수신의 혜택을 볼 수 있다. KBS는 2011년 12월 기준 1200여 단지 이상 수신환경을 개선하였으며 앞으로도 지

속적으로 지상파 직접수신 환경을 개선하고자 노력할 예정이다.

V. 정리 및 결론

지금까지 지상파 직접수신을 위한 지상파 방송사의 다양한 노력에 대해 최신 기술 동향과 함께 간략히 설명하였다. 지상파 방송사에서는 DTV 전환과 관련하여 보다 많은 사람들이 안테나를 통해 직접 수신을 할 수 있도록 방송 시설을 개선하고 또 장비를 지원하는 등 지속적인 노력을 하고 있다. 이러한 노력에는 DTV 수신환경에 대한 면밀한 측정과 분석이 기반이 되며, 보다 성능이 좋은 중계기를 적절히 배치하고 공시청 설비를 지원하는 것 등이 포함된다. 또한 적극적인 홍보를 통해 지상파 DTV의 수신 방법을 알리고 품질 좋은 TV 화면을 체험할 수 있도록 노력하고 있다.

2012년 12월 DTV 전환이 완료되면 많은 시청자들은 디지털 방송의 혜택을 직접적으로 볼 수 있다. 지상파의 수신환경 개선 사업을 통해 보다 많은 사람들이 HDTV의 고품질 영상을 저렴한 비용으로 편리하게 즐길 수 있기를 기대한다.

참고 문헌

- [1] 방송통신위원회고시 제2010-50호(‘10.12.17) “신고하지 아니하고 개설했을 수 있는 무선국용 무선기기 일부 개정”, 2010년
- [2] 지상파 DTV 실험방송전담반 최종보고서, 2000년 10월, 정보통신부
- [3] 수신환경개선사업 보고서, 2011년 12월, KBS
- [4] KOBA 2011 KBS 홍보자료 - DTV 필드측정시스템 / MIDAS / 수신환경개선사업, 2011년
- [5] 서영우, 유호진, 박민호, 박준성, 김규영, 서중수, “디지털TV 실내수신 환경 분석”, 방송공학회 논문지 제13권 5호, 2008년 9월

필자소개



서영우

- 1995년 2월 : 서울대학교 제어계측공학과 공학학사
- 1997년 2월 : 서울대학교 제어계측공학과 공학석사
- 2011년 2월 : 연세대학교 전기전자공학과 공학박사
- 1997년 ~ 현재 : KBS 기술연구소 모바일/DTV방송연구팀 수석연구원
- 주관심분야 : DTV/DMB 전송시스템, DTV/DMB 측정시스템, 멀티미디어 방송 및 네트워크