

DRM과 DRM+ 중심으로 디지털라디오 활성화 연구

*박성규, **박구만

서울과학기술대학교

*skpark@sbs.co.kr

The Digital Radio Research of Practical Use by DRM and DRM+

*Park, Sung-Kyu, **Park, Goo-Man

Seoul National University of Science and Technology

요약

본 보고서는 지상파방송 디지털전환 과정에서 아직 전송방식조차 선정하지 못하고 있는 라디오의 디지털화 추진과 관련하여 AM 라디오의 DRM 전송방식에 의한 실험방송 조기 추진의 필요성과 의미를 설명하고, FM의 디지털화 역시 DRM+ 전송방식 중심으로 TV채널 5번과 6번 LOW-VHF 밴드 주파수 대역에서의 OUT-OF-BAND 방법으로 검토해 봄으로써 기존 FM송신기 및 안테나와 콤팩트가 쉽고 우수한 신호 전달력을 가진 LOW-VHF대역 주파수를 효과적으로 활용할 수 있으며 각 사업자별로 출력지정파 권역설정이 자유로워 디지털시대에 맞는 새로운 서비스 환경 구축과 AM/FM대역 동일방식 디지털 라디오 보급을 할 수 있는 특징으로 인해 라디오의 디지털화 추진에 유리한 방안을 확인해 보고자 한다.

1. 서론

라디오의 디지털화에 대해서는 이미 오래전 1980년대부터 이론이 나오고 그 후 꾸준히 몇 가지 전송방식의 개발과 발전이 이루어져 왔다. 국내에서는 1997년 2월 디지털방송 추진협의회가 처음 결성되어 라디오의 디지털화가 일찍부터 거론되어 왔으나 2012년 현재까지 국내실정에 맞는 전송방식을 결정하지 못하고 있다.

라디오의 디지털화는 AM과 FM라디오의 디지털화가 있을 수 있고, 주파수 사용 형태로 보서는 기존의 아날로그 라디오밴드 내에서 추진되는 IN-BAND 방법과 별도의 주파수 대역을 할당받아 추진되는 OUT-OF-BAND 방법이 있을 수 있다. 또, 디지털라디오 전송방식으로는 현재 OUT-OF-BAND 방법으로 DAB 혹은 DAB+방식을 비롯하여 DRM과 DRM+방식이 있고, IN-BAND 방법으로 IBOC(In-Band On Channel) 라고 잘 알려져 있는 HD-Radio 방식이 있다.

현재는 디지털라디오 추진이 주로 FM의 디지털화 중심으로 검토되고 있지만 FM라디오는 아날로그 방식임에도 불구하고 오디오를 전송하는데 불편이 없는 매우 훌륭한 전송방식이고 지금도 수많은 청취자가 실내에서나 이동 중에도 수신에 잘되고 있어 FM라디오의 디지털화 추진이 늦어지고 있는 주요 원인이라고도 말할 수 있다.

거기에 비해 과거 FM라디오가 나오기 전까지 넓은 청취자 층을 모았던 AM라디오는 이미 과거에 많았던 청취층을 잃었고 이제는 수신기마저 구입하기 어려운 실정이다. 그렇다면 디지털라디오 추진을 AM밴드에서 먼저 추진해 보는 것도 의미가 있다고 본다. AM전파는

야간이나 여름에 전리층의 영향을 받아 권역을 벗어나 타 지역이나 인접국가에 까지도 전달되는 경우가 있어 전파관련 국제기구의 허가와 인접국가 간의 합의가 있어야 주파수를 할당받을 수 있다. 만약 현재 사용 중인 AM주파수 사용을 중단한다면 우리의 인접국가인 중국이나 일본이 사용권한을 가져갈 수도 있다.

그러므로 점차 쇠퇴의 길을 가고 있는 AM이지만 이미 사용 중인 주파수를 보존하고 새로운 서비스를 개척하는 차원에서 기존 아날로그 AM주파수를 이용하여 디지털라디오 전환을 고려해볼 가치가 충분히 있을 것으로 본다.

한편, FM라디오의 디지털 방식으로는 DAB와 DAB+방식 그리고 DRM+방식과 IBOC(HD-Radio)방식이 거론되고 있으며 이미 강릉 패방산중계소를 중심으로 동해안에서 여러 가지 실험을 마쳤다. 실험 결과 전달 능력에 있어서는 방식별로 약간의 차이는 있지만 비슷한 특성을 보이고 있는 것으로 알려지고 있다. 그러므로 오히려 사용 주파수 대역의 전송 특성과 어느 정도의 주파수 폭으로 서비스를 제공하느냐에 따른 주파수의 효율적 사용과 서비스의 다양화 방안이 방식 결정에 중요한 변수가 될 것 같다.

FM라디오밴드(88~108MHz) 주파수는 VHF대역 한가운데 주파수 폭을 사용하고 있으므로 TV의 VHF대역 재사용과 미래의 차세대방송 계획뿐만 아니라 DMB 사용대역의 주파수 활용계획까지 모두 고려해야 하므로 매우 복잡한 검토와 협의가 필요하다.

본 보고서에서는 AM라디오의 디지털화와 FM라디오의 디지털화 추진에 있어서 방송주파수의 효율적 활용과 디지털시대에 맞는 수신

환경 구축 및 다양한 디지털 서비스 제공 가능성에 대해 미리 점검해 보고자 함에 있다. 특히 AM의 DRM 방식에 의한 디지털화와 FM의 DRM+에 의한 디지털화 추진에 의한 중용수신기 보급의 유리한 장점 외에도 산업적 효과도 함께 설명하고자 한다.

2. AM 디지털라디오 추진과 목적

1) AM 디지털라디오 디지털화 조기 실행 제안

현재 AM라디오 청취자는 계속 줄어들었고, 심지어는 AM 수신기 조차 구입하기 어려운 현실에 비추어 AM송신기 운용은 아직도 기존 방송국의 중요한 임무로 남아있고 대용량 송신기와 높은 안테나와 넓은 부지를 계속 유지하고 있다. 현실은 당장 송신기 고장으로 방송이 중단되어도 항의나 신고가 들어오지 않을 정도로 청취자는 거의 없다. 아울러 FM주파수로도 같은 내용이 동시에 방송되고 있으므로 AM방송이 중단되어도 시청자의 불편과 불만이 없도록 되어 있다.

본 보고서는 아직 FM의 디지털화가 늦어지는 현실에서 먼저 AM의 디지털화 추진을 시도해 보는 것도 의미가 있다고 보고 있다. 먼저 AM송신기 및 곳의 아날로그 송출을 중단하고 디지털방식으로 송출을 시도해 보고 SFN(Single Frequency Network)실험까지 시도해 본다면 향후 FM 디지털화에도 도움이 될 것으로 예상된다.

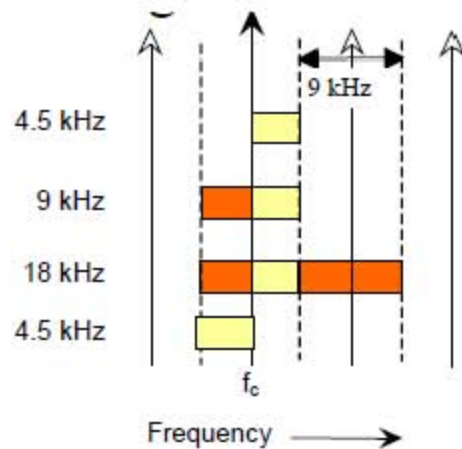
AM전파는 전리층의 변화와 날씨 변화에 따라 의외로 넓은 지역까지 전달될 수 있으므로 만약 디지털로 전환된다면 더욱 전달 범위가 확대될 수 있다. 지금은 오디오 위주의 방송이지만 디지털방송으로 각종 정보나 데이터 전송 및 스틸영상 전송 등에 의한 효과가 클 것 같다. 특히 재난·재해 방송과 장애인 서비스 등 공익적 서비스를 비롯하여 산간 오지 및 도서지역 정보 전달 역할과 다양한 서비스 제공 등 새로운 오디오 방송으로 발전시켜 볼 가능성을 연구할 필요성이 있다.

2) DRM 수신기 개발과 보급 방안 제안

AM방송의 디지털방송 규격은 DRM과 HD-Radio방식 두 가지가 있으나 주변국 중국이 DRM방식으로 추진할 예정이므로 국내에서도 DRM방식 추진이 유리하다고 볼 수 있다. 그러므로 서둘러 일부 AM 송신기를 DRM 디지털방송 실험송신기로 대체하고 시험방송을 함으로써 여기서 얻은 경험을 다시 DRM+ 방식에 의한 FM 디지털화 실험에 접목시켜 나간다면 향후 시청자 가정과 자동차의 AM/FM 디지털 수신기가 모두 DRM/DRM+의 통일된 방식으로 하나의 수신기로 조기 보급이 가능하므로 AM의 디지털 수신기 보급과 서비스 확산을 따로 생각하지 않아도 되는 장점이 있을 수 있겠다.

DRM 수신기 칩을 비롯하여 DRM+ 수신기 칩 개발은 국내 기술로 이미 완성이 되어 있고 기술력으로도 세계 선두를 갖추고 있다. 그러므로 라디오의 디지털전환 역시 국내 산업 발전과 국산 수신기의 세계 시장 선점을 위한 좋은 기회로 이용해야 하고 특히 AM 전파의 활용성을 높이고 AM디지털 수신기 보급에도 연관시킬 수 있어야 한다. 그러기 위해서는 AM과 FM의 동시 DRM 실험이 상당기간 수도권 대도시에서 동시에 실행되어야 하고, 국가 기간연구소 및 가전사와 중소기업이 우수한 디지털라디오를 개발하기 위한 전파 환경을 제공함으로써 국내 산업 기술을 발전시키는 데 기여할 수 있어야 한다.

3) AM의 디지털화 DRM 기술



<그림1> DRM 방식 All Digital Mod의 주파수 사용 방법

DRM기술은 기존 아날로그 오디오를 살리면서 디지털오디오를 함께 전송하는 Hybrid형태로 방송하는 방법과 점유대역 모두 디지털 데이터를 전송하는 All Digital 모드로 방송하는 방법이 있다. 만약 국내에서 AM 대역에서 디지털방송을 한다면 기존 AM 오디오는 어차피 청취자가 거의 없으므로 처음부터 <그림1>과 같이 All Digital 모드로 방송하는 것이 음질과 부가 서비스 및 수신환경 측면에서 훨씬 효과적일 것이다.

AM라디오의 점유 대역폭은 지역에 따라 9KHz 혹은 10KHz의 대역폭을 사용한다. 우리나라는 제3지구에 해당되며 9KHz대역폭 AM을 사용하고 있다. 디지털로 전환하면 <그림1>과 같이 9KHz 대역폭을 사용할 수 있고, 오른쪽 가드밴드까지 포함한 18KHz폭을 디지털모드로 사용할 수 있으며, 방송사의 목적과 규모에 따라 9KHz의 절반인 4.5KHz폭만 디지털로 허가할 수도 있다.

DRM은 사용대역폭과 채널환경 및 용도에 따라 64가지에 해당하는 다양한 모드가 있고, 크기는 채널환경에 따라 A, B, C, D 모드로 구분하여 사용할 수 있다. 각 모드는 에코딩 등을 서로 다르게 설정함으로써 신호의 강인성을 선택할 수 있고 유효전송용량 역시 4.872Kbps까지 가변되므로 만약 9KHz 대역폭을 사용할 경우 13.1309Kbps의 유효데이터 전송이 가능하다.

3. FM 디지털라디오 전송방식 특성과 효과

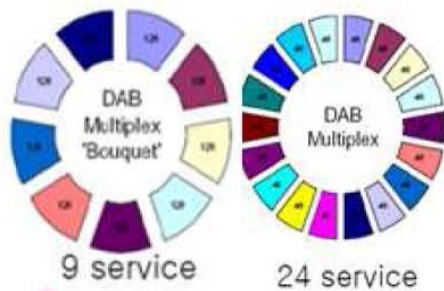
1) DAB, DAB+ 방식

(1) 기술 표준

최초의 디지털라디오는 1995년 영국에서 EUREKA-147 규격으로 DAB(Digital Audio Broadcasting) 시험방송을 시작함으로써 시작되었다. DAB방송은 OFDM 기술을 사용함으로써 이동수신을 보장하고 디지털에 의한 깨끗한 오디오 전송 효과를 얻고 있다. DAB방송은 대표적인 OUT-OF-BAND방식이며 VHF대역 상위대역인 Band-III와 위성대역으로 L-Band를 주로 사용하고 있다. 현재 국내에서는 1536MHz의 주파수 폭을 하나의 앙상블(Ensemble) 단위로 하여 6MHz폭 TV채널 하나당 3개의 앙상블사업자 령이가 허용되고 있으

며 현재 TV CH 10번과 12번에서 Video방송과 Audio방송 및 Data방송 등을 하나의 앙상블로 전송하는 Multiplex방송을 실시하고 있다. DMB는 오디오방송의 경우는 MUSICAM방식 MPEG-2 Layer-II 압축을 사용하고 비디오방송의 경우는 H.264 영상압축과 BSAC 오디오 압축을 사용하고 있다. 앙상블 데이터는 오류정정부호를 포함하여 약 1.5Mbps정도의 용량을 나타내고 있다.

DAB의 경우 오디오 코덱으로 MUSICAM규격을 사용해 왔으나 최근 새로 규정된 DAB+의 경우는 HE-AACv2(AAC+)를 사용함으로써 <그림3>과 같이 DAB 앙상블 하나로 약 9개의 DAB방송을 수용할 수 있었던 것을 DAB+ 규격을 사용하면서 앙상블 하나당 약 24개의 DAB방송을 할 수 있게 발전하였다. 그러나 DAB+ 방식은 오디오 코덱의 차이로 인해 DAB와 DMB 기준수신기와 호환성은 없으므로 새로운 수신기 보급이 필요하게 된다. 최근 2008년 플타가 DAB+ 방식으로 처음으로 방송하였고, 2011년 8월부터 독일에서 DAB+방식에 의한 전국방송 서비스를 개시하였다.



<그림3> DAB (좌) / DAB+ (우) 멀티플렉스 서비스

(2) DAB/DAB+방송 특성과 효과

DAB방송이나 DAB+방송은 하나의 멀티플렉스에 많은 수의 방송과 서비스가 함께 이용하므로 멀티플렉스 사업자와 프로그램 사업자로 구분되어 있으며, 하나의 멀티플렉스로 서비스되는 각각의 프로그램들은 사업자의 규모와 목적에 관계없이 똑 같은 출력으로 전송되므로 대규모 방송과 소규모 방송의 서비스 영역에서 차이가 없다.

특히 특정 프로그램 사업자 하나만을 위하여 특별히 중계기 설치를 따로 할 수 없으므로 프로그램 사업자간 경쟁에 의한 수신환경 개선을 기대하기보다는 Multiplex 사업자의 효율적인 송신기 운용과 각 프로그램 사업자간의 합의에 의한 협력에 의한 운영이 절실히 필요하게 된다. 영국의 Freeview방송과 DAB방송 운영이 좋은 예가 된다.

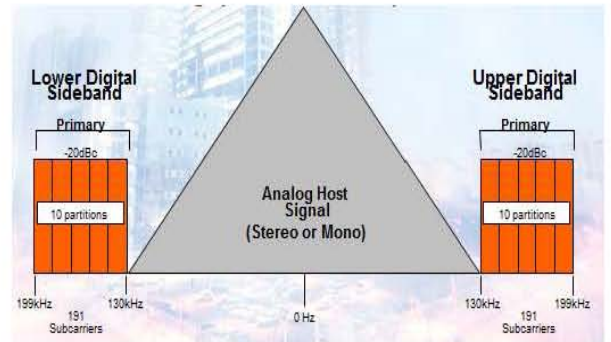
그러므로 DAB와 DAB+ 방송의 경우 학교방송이나 지역 소출력 방송 및 관광지 안내와 고속도로 등 특수 목적의 소규모 방송을 수용하고 서비스 영역을 제한하기 매우 어려운 단점이 있다. 더구나 누가 앙상블 사업자가 될지 경쟁이 발생하고, 프로그램사업자들은 권역 정비는 물론이고 지위와 운영에 있어서도 새로운 조정이 필요하게 된다.

2) HD-Radio (IBOC)

(1) 기술 표준

미국에서는 USADR, LDR, DRE 세 회사에 의해 개발된 디지털라디오 전송방식이 2001년 시험방송과 함께 표준화 작업에 착수하여 2002년 IBOC(IN-Band on Channel) 방법의 HD-Radio AM과 FM 표준으로 제정되면서 본방송이 시작되었다.

HD-Radio는 기존 AM과 FM밴드 내에서 사용하는 IN-Band방식의 특징으로 <그림4>와 같이 AM/FM 아날로그방송과 더불어 Hybrid형태로 디지털방송을 포함하여 전송할 수 있는 장점을 가지고 있다. 필요에 따라서는 아날로그 점유폭을 줄이고 디지털영역을 조금 더 늘릴 수도 있으며, 더 나아가 허가 주파수폭 모두를 디지털방송으로 사용할 수도 있는 가변성을 가지고 있다. 그러나 기존 FM방송이 꽤 폭이 들어차 있는 FM밴드(88~108MHz)주파수 내에서 과연 디지털방송을 간섭과 혼신 없이 방송할 수 있을지가 관건이 된다.



<그림4> HD-Radio Hybrid 모드 형태

(2) HD-Radio방송 특성과 효과

수도권 FM방송의 경우 인접지역의 송신기와 충돌을 예상하여 반경 150Km 내외의 모든 송.중계기의 주파수와 출력을 기준으로 상호 혼신을 검토하지 않으면 안 된다. 그리고 서로의 사용대역의 주파수 이격거리도 매우 중요하게 된다. IN-BAND방식 HD-Radio의 경우 아날로그 FM방송 캐리어 주파수를 중심으로 좌우로 약 200KHz 넓이의 주파수 폭을 필요로 하기 때문이다.

HD-Radio의 경우는 기존 사업자의 송신기 출력과 영역 및 사업자 지위를 그대로 유지하며 아날로그방송과 디지털방송을 함께 송출할 수 있어 방송 운영과 사업에 있어서 지위나 구조 개편을 필요로 하지 않는다. 청취자 역시 기존의 수신기와 새로운 수신기 모두 사용이 가능하므로 불편과 지장이 초래되지 않는 장점이 있다. 그러므로 기존 대출력 사업자 및 인지도가 높은 방송사일수록 IN-BAND방식 디지털 전환을 선호하고 있다.

그러나 단점은 기존 FM 방송에 서로 간섭이나 혼신을 주지 말아야 한다. 그러므로 인접 방송과 주파수 간격이 넓은 방송이나 인접 지역의 송.중계기가 상당히 멀리 떨어진 곳은 유리하지만 그 반대인 방송사는 디지털방송을 전파하는데 상당한 제약이 따르게 된다.

특히 아날로그방송과 디지털방송을 동시에 전송하는 Hybrid방식으로 전송할 경우 송신소 배치를 기존 아날로그방송 때처럼 가장 중요하고 높은 곳 한곳에서만 송출하는 방식이 되어야 한다. 디지털방송 영역은 OFDM변조를 사용하고 있지만 아날로그방송 영역은 FM변조 그대로 존재하므로 SFN 형태로 복수의 송.중계기를 배치할 경우 OFDM 변조 영역은 잘 견딜 수 있지만 아날로그 FM변조 부분은 서로 충돌하여 간섭으로 작용할 수 있기 때문이다.

그러나 All Digital Mod의 경우는 OFDM 기술만 사용하므로 메인송신기와 더불어 많은 수의 중.소출력 중계기를 SFN 형태로 설치할 수 있다. 이러한 부분은 DRM+ 방식을 IN-Band방식 Hybrid 모드로 사용할 때에도 매우 중요하게 고려되어야 할 요소가 된다.

3) DRM / DRM+

(1) 기술 표준

DRM 기술은 AM라디오의 디지털화에 사용되도록 30MHz이하에서 사용할 수 있다. 거기에 비해 FM의 디지털화는 DRM+ 규격으로 처음에는 120MHz이하에서 사용할 수 있도록 2007년 완성되었으나, 2009년에 174MHz 대역 이하에서 사용할 수 있는 표준이 새로 확정되었다. 즉 <그림5>에서 확인할 수 있듯이 TV채널 채널7번 이하의 LOW-VHF주파수 대역에서 사용이 가능하며 그 주파수쪽 가운데 FM 대역 88~174MHz를 포함하게 된다. 그러므로 DRM+ 기술은 IN-BAND와 OUT-OF-BAND 모두 적용이 가능하다. 오디오 압축방법으로는 AAC와 CELP, HVXC 등의 오디오 코덱을 사용한다.

현재 아날로그 TV ===> 미래 활용계획 없음 ---> 디지털라디오 DRM+ (?) VHF Low 54-80MHz 대역 Ch2- Ch6	현재 아날로그 FM -> 디지털라디오 ---> IBOC (?) FM Radio 대역 88- 108 MHz	현재 아날로그 TV & DMB ===> DMB의 미래 활용계획 없음 ---> 디지털라디오 DAB (?) VHF High 174-218MHz 대역 Ch7- Ch13
---	---	---

<그림5> VHF주파수 대역 주파수 이용 배치도

(2) DRM/DRM+ 방송 특성과 효과

DRM+ 기술은 IN-BAND 방식과 OUT-OF-BAND 방식 양쪽을 모두 사용할 수 있다. OUT-OF-BAND로 사용할 경우 기존 아날로그 방송과 혼신과 간섭이 우려되는 복잡한 FM밴드를 벗어나 충분히 넓은 LOW-VHF 대역 확보로 디지털 오디오뿐만 아니라 더 많은 디지털 서비스를 제공할 수 있으며 출력과 서비스 영역도 좀 더 자유롭게 허가할 수 있는 장점이 있다.

특히 FM밴드보다 아래쪽인 TV채널 5번과 6번 주파수를 사용할 경우 안테나는 조금 더 길어지지만 전달능력이 향상되므로 좀 더 넓은 수신환경 제공에 유리할 수 있다. DRM+는 Multiplex 사업자 형태가 아닌 개별 사업자 형태로 허가가 가능하므로 서로의 자유로운 경쟁에 의한 수신환경 개선이 빠르게 진행될 수 있으며, 대규모 사업자와 소규모 사업자가 서로 다른 형태로 발전하고 서비스 영역도 다르게 설정될 수 있어 학교방송이나 쇼퍼블 방송 또는 관광지나 고속도로방송 등 용도에 따라 다양한 특징을 가진 방송사의 탄생도 미리 예상할 수 있다. 또 기존 FM채널과 인접해 있으므로 기존 송신기와 안테나를 서로 겸바인 시키기 유리한 장점도 가지고 있다.



<그림6> Hybrid방법에서 SFN이 어려운 이유

그러나 앞서 HD-Radio에서 언급하였듯이 아날로그 FM변조 때문에 Hybrid 방식으로 사용할 경우 송신기는 한곳에만 설치해야 한다. <그림6>처럼 디지털 부분은 OFDM방식으로 SFN형태로 복수의 중계기와 앵커를 등을 설치할 수 있지만 아날로그 FM 부분은 복수의 송신기 설치시 서로 충돌에 의해 간섭과 혼신이 발생할 수 있기 때문이다.

5. 결론

본 보고서는 AM과 FM의 디지털방송 전송방식으로 DRM과 DRM+ 적용을 제안하며, AM/FM 공용수신기 보급과 다양한 서비스 창출 및 수신환경개선 가능성과 산업적 효과를 제시하고 있다.

AM은 점차 시청자도 줄어들고 방송으로서의 역할도 잃어가고 있지만 디지털방송으로 전환한다면 새로운 매체로 살아남 가능성도 있다. 그러나 수신기 보급이 문제가 되고 청취자를 끌어들이기 위한 서비스 개발이 관건이 될 수 있다. 여기서는 AM의 디지털방식으로 DRM 방식 제안으로 수신기 보급에서 AM/FM 공용 디지털수신기로 보급전략을 전개하고, 디지털 서비스는 좁은 대역이긴 하지만 디지털의 장점을 최대한 이용한 데이터방송으로 정보 전달 및 재난, 재해 방송과 장애인서비스와 산간벽지 교육과 문화 전달 통로 등 공익적 목적과 사회에 꼭 필요한 가치를 창출하는 서비스 개발을 유도할 수 있다고 본다.

FM 디지털방송의 경우에도 현재 FM 대역이 매우 복잡한 관계로 DRM+의 IN-BAND방식보다는 OUT-OF-BAND방식으로 각 방송사별로 여유 있는 주파수 배정이 가능하고, 다양한 서비스 개척이 용이한 활용을 제안하고 있다. 물론 다른 전송방식도 나름대로 장단점이 있겠지만 DRM+의 경우 TV채널 5번과 6번 주파수에서 All-Digital모드로 사용된다면 AM의 DRM과 같은 동일방식으로 공용수신기를 만들기도 쉽고 보급도 쉬워진다. 아울러 송신기도 기존 FM송신기와 안테나에 겸바인하기 쉽고 방송사별 개별 송신기 시설과 출력허가 및 권역설정이 자유로우며 경쟁에 의한 수신환경 개선을 유도할 수 있다. 지금까지 라디오는 지역별 규모별 용도별로 국지적으로 허가가 이루어져 온 만큼 디지털라디오의 경우에도 사업자별 허가와 권역 설정을 할 수 있는 시스템이 사업자 부담이 적고 경쟁에 의한 수신환경 개선과 서비스 발전에 도움이 될 것임을 제시하고 있다.

이미 국내기술로 세계 DRM수신기 시장을 선점할 수 있는 칩 개발이 이루어졌고 강릉 패방산 실험에서도 상대적으로 우수한 성능이 확인되고 있다. 그러므로 DRM 기술에 의한 AM 디지털방송과 DRM+ 기술에 의한 FM 디지털방송의 LOW-VHF밴드 활용은 다양한 목적과 형태의 방송과 서비스 창출로 디지털라디오의 활성화에 기여하게 되고 청취자들을 다시 라디오의 세상으로 끌어들이는 효과를 창출할 수 있을 것으로 본다.

6. 참고 문헌

- 1) 이상운, '디지털 라디오 도입과 주파수 소요', 방송공학회지, 제17권 제2호, 2011. 4
- 2) 조영준의 2명, '방송과 인터넷을 이용한 디지털라디오 서비스동향', 방송공학회지, 제17권, 제2호, 2011. 4.
- 3) 김성준, '차세대 유희형 디지털라디오 DRM+', 디지털라디오 워크샵 발표자료, 2010.
- 4) 이용태(2009). 디지털 라디오 비교실험방송 사업 및 디지털 라디오 기술 개요, 디지털 라디오 비교실험방송 추진협의회, 2009.10.
- 5) 오건식, "DAB 분석자료", SBS 기술연구소 자료, SBS, 2002
- 6) 박성규, '디지털라디오 표준화 방향', 방송학회 발표자료, 2006
- 7) 주정민, '디지털라디오 정책현황과 개선방안', 방송문화 2월호, 2011