

DAB 필드테스트

□ 정 신 일 / KBS 기술연구소

I. 서 론

1995년 9월에 영국, 스웨덴, 덴마크 등에서 지상파 DAB 본방송을 개시함으로써 라디오 방송의 디지털시대가 개막되었으며, 현재는 전세계의 40여개국에서 본방송 또는 시험방송을 실시하고 있다. 위성 DAB는 1999년에 월드스페이스에서 아프리카 지역을 대상으로 상용서비스를 시작하였고, 중단파대역 디지털 라디오는 2003년에 본방송을 시작할 것으로 예상된다.

국내에서는 1997년부터 지상파 DAB 도입에 관한 논의가 시작되어 현재 표준화 작업이 진행중이며, 정부에서는 본방송 일정을 2003년으로 발표하였다. 위성 DAB와 중단파대역 디지털 라디오는 아직 논의가 시작되지 않고 있다.

일반적으로 뉴미디어를 도입하기 위해서는 먼저 방송방식이 선정되어야 하며, 방송방식 선정에는 전산모의 실험을 통한 전송성능 검증, 각 방송방식들에 대한 여러

측면의 비교분석, 실제의 송수신 환경에서의 성능평가 등이 선행되어야 한다.

방송방식이 선정된 후에는 필드테스트를 통하여 방송구역을 검증하고, 방송망 계획 수립에 사용할 데이터를 수집하며, 방송망의 품질 기준을 정하는 일을 해야한다. 또한 기존 방송매체와의 혼신 가능성을 검증해야 하며, 뉴미디어에 할당될 주파수가 있는가를 검토해야 한다.

국내에서 DAB 방송서비스를 실시하기 위해서는 실제의 송수신 환경에서 전체 시스템을 광범위하게 시험하는 작업이 필요하다. 일반적으로 필드테스트의 목적으로는 실제의 송수신 환경에서의 시스템의 성능 평가, 커버리지 사정, 최소유효전계강도 등 방송망 계획에 사용할 데이터 수집 등을 들 수 있다.

KBS 기술연구소에서는 필드테스트에 사용할 송신시스템과 이동측정시스템을 구축하고, 송수신시험을 실시하였다. 방송방식의 성능평가와 커버리지 사정은 수신품질의 객관적평가와 전계강도 분포조사로 이루어지며,

이를 위하여 수신품질평가도와 전계분포표를 작성하였다. 측정은 서울과 경기 일원에서 이동수신실험의 형태로 진행하였다.

본 고에서는 KBS 기술연구소에서 수행한 제1차 DAB 필드테스트의 결과를 알리고자 한다. 먼저 시스템 구성방법에 대하여 기술하고, 측정 항목 및 방법, 측정데이터 평가, 평가결과 분석의 순으로 기술한다.

II. 시스템 구성

1. 송신시스템

시험용 송신시스템은 관악산 송신소에 설치하고, 여의도 KBS 본사와 관악산송신소 사이에 E1급 전화회선망을 이용하여 DAB 링크를 구축하였다. 세부 구성은 그림 1과 같다.

음원, 오디오 부호화기(소스인코더), 다중화기, 통신망 어댑터(송신부)는 기술연구소에 설치하고, 통신망 어댑터(수신부), COFDM 부호화기, 송신기(주파수 Up-converter 및 전력증폭기), RF 출력필터, 안테나는 관악산 송신소에 설치하였다. 송신시스템의 구성은 송신기, RF 출력필터, 안테나는 독일 텔레폰켄

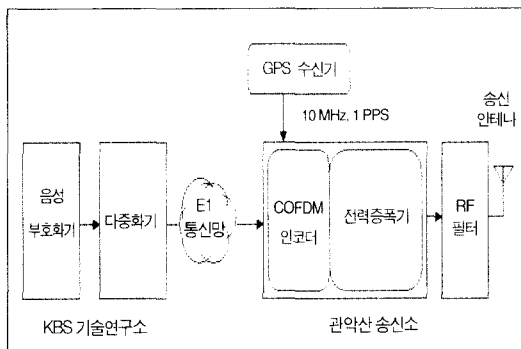


그림 1. DAB 송신시스템의 구성

(Telefunken)에서, 나머지 장비는 프랑스 ITIS에서 각각 구입하였다. 필드테스트에 사용된 송신시스템은 Eureka-147 시스템의 제4세대 장비로서 유럽 ETSI의 300 401 규격을 모두 만족한다. 대역폭은 1.536MHz이며, 전송모드 I, II, III, IV를 모두 제공하나 본 실험에서는 전송모드 I로 하였다.

1) 오디오 부호화기 및 다중화기

오디오부호화기는 ISO MPEG I audio layer 2 부호화 기법을 사용하며 최대 12채널의 아날로그 및 디지털 오디오 입력을 수용할 수 있도록 확장하였다. 오디오부호화기 출력은 다중화기에서 다중화된다. Eureka-147 DAB의 제4세대 규격에서는 사용자가 다중화구조를 마음대로 정하여 사용할 수 있으며, 본 필드테스트에서는 다음의 2가지로 다중화구조를 정하였다.

2) COFDM 부호화기

다중화된 신호는 COFDM 부호화기에서 COFDM 기저 대역 신호로 변환되며, COFDM 부호화기는 채널 부호화기, 시간 인터리버, 주파수 인터리버, OFDM 신호

표 1. 프로그램 다중구조 1

프로그램	타입	전송율
1	스테레오 오디오	256kbts/s
2	스테레오 오디오	224kbts/s
3	스테레오 오디오	224kbts/s
4	스테레오 오디오	192kbts/s
5	스테레오 오디오	192kbts/s
6	모노 오디오	64kbts/s

표 2. 프로그램 다중구조 2

프로그램	타입	전송율
1	스테레오 오디오	192kbts/s
2	스테레오 오디오	192kbts/s
3	스테레오 오디오	192kbts/s
4	스테레오 오디오	192kbts/s
5	스테레오 오디오	192kbts/s
6	스테레오 오디오	192kbts/s

호 매퍼(mapper)등으로 구성된다. 부호화기 출력은 I/Q 기저대역 신호의 ECL레벨이다.

3) DAB 송신기

COFDM 부호화기의 I/Q 출력신호는 RF 변조기를 통과하여 RF 신호로 바뀌게 된다. ECL 레벨의 I/Q 데이터는 I와 Q 신호로 분리되고, D/A 변환과 저역 통과 필터를 거쳐 아날로그 기저대역 I와 Q 신호로 변환되며, 다시 I/Q 변조 과정을 거쳐 IF 출력 신호가 된다. 변조된 36MHz DAB IF 신호는 주파수 합성기 신호에 혼합(mixing)되어 RF 신호로 바뀌게 된다. RF 변조기의 주파수 영역은 밴드 I, II, III, IV/V를 모두 수용한다.

RF 신호는 전력 증폭부에서 증폭된다. 전력 증폭부는 전력증폭기 2대와 전력결합기(power combiner)로 구성되며, 각 전력증폭기는 RF 변조기 출력을 받아 125W로 증폭한다. 2개의 125W 출력은 전력 결합기에서 합쳐져 250W의 최종 출력을 만들게 된다. 필드테스트를 위해 설치한 전력증폭기는 밴드 III용이다.

4) RF 출력필터

RF 출력 신호에서 측파대 에너지를 제거하여, 인접 TV채널에 영향을 주지 않게 하기 위해서는 대역 통과(bandpass) 필터가 필요하다. 필드테스트에 사용된 RF 필터는 독일 스피너(Spinner)사에서 제작한 6 cavity 필터로 동작 주파수는 190-250MHz의 밴드 III용이며, 대역폭은 Eureka-147 사양과 동일한 1.536MHz이다. 필드테스트에서는 RF 필터의 중심주파수를 송신주파수와 동일한 207MHz로 하였다.

5) 안테나

안테나는 텔레폰켄사에서 제작한 4개 다이폴 패널과 1개 전력 분배기로 구성된다. 안테나 다이폴 패널은 두 개의 반파장 다이폴과 반사판으로 구성되고 수직편향성

을 가지며 주파수 대역은 190-216MHz이다. 전력 분배기는 동축 스텝 변환기(coaxial step transformer)로 임피던스는 50Ω이다. 안테나의 복사 패턴은 무지향을 사용하였다. 송신 안테나는 관악산 송신소의 예비 송신탑에 설치하였다. 예비 송신탑은 해발 620m에 설치되어 있으며, 송신 안테나는 예비 송신탑의 12m 위치에 설치되어, 안테나의 유효고도는 632m가 된다.

6) 송신 시스템 제원

- 주파수 영역 : 190-216MHz(207MHz로 설정)
- 최대출력 : 250Watt
- RF 필터 삽입 손실 및 피더 손실 : 각 1dB
- 안테나 이득 : 2dB
- 차단대역 감쇄특성 : -740dB(TV채널 11과 13의 간섭허용치 이하)

7) 송신 파라미터

사용주파수(MHz)		송신출력	안테나 특성	안테나고도(m)	
중심주파수	대역폭			탑높이	유효고도
207	1.536	250Watt	무지향 수직편파	12	632

2. 이동측정시스템

이동측정시스템은 이스타나 승합차를 개조하여 설치하였다. 개조작업을 통하여 이동수신차량은 FM방송과 DAB를 스피커 또는 헤드폰으로 비교 청취하는 기능과 DAB 신호의 전계강도와 수신품질을 측정, 저장하는 기능을 동시에 보유하게 되었다. 이동수신시스템의 주요 부분인 수신품질 측정부와 전계강도 측정부의 구성은 각각 그림 2, 3과 같다.

전계강도는 Rohde&Schwarz사의 전계강도 측정기(ESVB 수신기)로 이동중 매 7.5msec마다 측정하였다. 측정 데이터는 시스템 패널을 거쳐 PC에 전달된다. 한

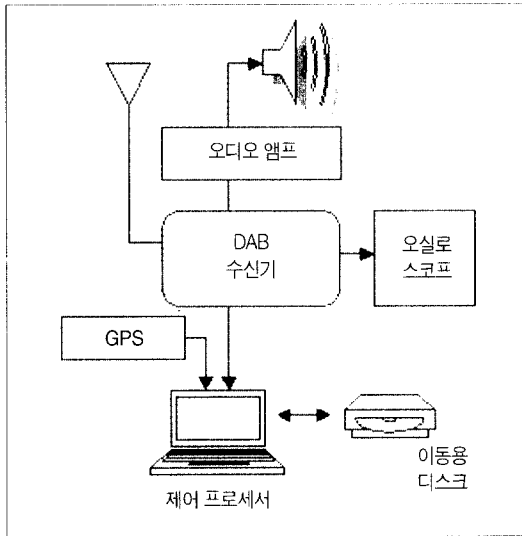


그림 2. 수신품질 측정부의 구성

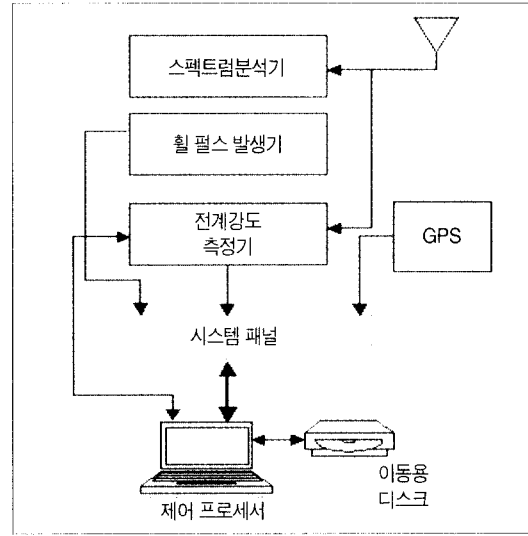


그림 3. 전계강도 측정부의 구성

지역의 세부 측정이 종료될 때마다 탈착식(removable) 디스크로 옮겨지며, 다 마친 후에는 이 디스크를 실험실의 분석시스템으로 옮겨와 분석하게 된다. 전계강도 측정 소프트웨어는 Rohde&Schwarz사의 제품을 구입하여 사용하였다.

비트 오류에 대한 측정은 필립스사의 시험용 제4세대 수신기 DAB452를 이용하여 cyclic redundancy code(CRC) 오류를 검출하는 것이다. CRC 정보는 audio scale factor CRC error와 mute 발생정보의 2가지 종류로 기록된다. CRC 정보는 매 24msec마다 PC에 전달되며, 이는 오디오 성능의 객관적인 측정 자료가 된다. CRC는 전계강도로 인한 음질열화와 과도한 지연 시간을 갖는 DAB 신호 및 인공잡음 등에 의한 간섭을 모두 고려한 종합적인 품질 평가 기준으로 사용된다. 시스템 제어기는 고속의 데이터 기록 기능과 측정 주기 제어 기능을 제공한다. 수신품질 평가 소프트웨어는 자체 개발하였다.

수신 안테나는 두 개가 차량 지붕에 설치되는데, 하나는 DAB 수신기의 안테나이고, 다른 하나는 ESVB 수

신기의 안테나이다. 이들 안테나들은 모두 수직 막대(whip) 안테나이며 무지향 특성을 갖는다. 또한 ESVB 측정기와 DAB 수신기에 위치 정보를 각각 제공하기 위해서 2개의 독립된 GPS 수신안테나를 설치하였다. 현재 수신품질 측정 시스템에서 사용하고 있는 GPS 수신기는 SVeeSix 이다.

3. 성능평가 및 분석 시스템

성능 평가 및 분석 시스템은 이동 중에 측정된 전계강도와 수신품질의 데이터를 평가, 분석할 수 있도록 구성하였으며, 실험실 내에 위치한다. 성능 평가 및 분석 시스템은 제어장치와 컬러 프린터, 컬러 플로터, 디지털 그리고 분석 및 평가 소프트웨어로 구성되었다. 분석 및 평가 소프트웨어는 측정데이터를 통계처리 하고 그 결과를 표현하는 기능을 갖고 있다. 측정 데이터를 일정한 거리 또는 시간에 따라 Lee 통계기법을 이용하여 처리하였다.

전계강도 평가, 분석은 두 가지 형태로 행하여진다.

그 하나는 level diagram의 형태로 전계강도 곡선을 표시하는 것으로, Rohde&Schwarz사에서 구입한 소프트웨어를 사용하였다. 다른 하나는 Cartographic diagram의 형태로 표시되는 것으로, 자체 개발한 소프트웨어를 사용하였다. 수신품질 평가, 분석은 Cartographic diagram의 형태로만 표시되며, 자체 개발한 소프트웨어를 사용하였다.

자체 개발한 분석 및 평가 소프트웨어는 측정 시스템으로부터 얻은 데이터를 지도상에 이동 측정 경로와 함께 표시하게 된다. 이 소프트웨어는 결과 파일을 비교적 사용이 간편하도록 비트맵 파일 형식을 따르며, 축적을 가변할 수 있다. 또한 측정차의 이동경로를 따라 선의 형태로 표시할 수도 있고, 1km×1km의 정사각형 지역에 대하여 전계강도나 수신품질을 평가하는 기능을 가지고 있다. 또한 송신기로부터의 거리를 기준으로 하여 구간별 평균 전계강도와 수신품질을 계산하여 나타내는 기능도 보유한다.

III. 측정 및 평가 결과

측정지역은 관악산 송신소를 중심으로 반경 60km 이내의 서울 및 경기지역을 대상으로 하였다. 서울시 및 근교지역은 정밀한 측정 및 분석을 위하여 조밀하게 측정하여 비교적 많은 데이터를 수집하였으며, 경기도 지역은 개괄적인 커버리지를 산출할 수 있는 정도의 데이터를 수집하였다.

1. 전계강도 분포

전계강도는 평탄한 지역에서는 송신기로부터의 거리에 비례하여 감소하며 도심의 고층빌딩 밀집지역이나 언덕과 계곡 등에서는 전계강도의 국부적인 변화가 매

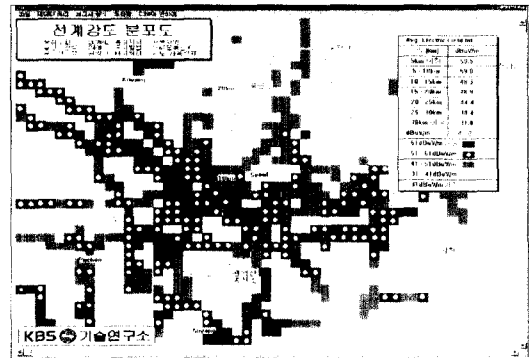


그림 4. 서울 지역의 전계강도 분포도

우 심하게 나타났다. 서울지역의 상세한 전계강도 분포도가 그림 4에 나타나 있다. 그림 4는 1km×1km의 정사각형 지역에 대하여 평균 전계강도를 5단계로 나누어 표시한 것이다.

서울지역에서는 전체면적의 20% 정도가 61dB μ V/m 이상의 전계강도를 나타내었고, 40% 정도가 51~61dB μ V/m, 30% 정도가 41~51dB μ V/m인 것으로 조사되었으며, 북한산 지역 및 고층빌딩 밀집지역 등 10% 정도의 지역에서 41dB μ V/m 이하의 전계강도를 보였다.

경기지역에서는 평탄한 지형으로 되어있는 서, 서남, 서북 방향의 전계강도가 다른 지역에 비해 높게 나타났으며, 산악의 영향을 받는 북쪽 방향과 동남 방향의 전계강도가 비교적 낮은 것으로 조사되었다. 경기지역의 상세한 전계강도 분포는 표 3과 같다.

2. 수신품질

수신품질 평가도는 CRC 오류 발생률을 기준으로 한 가청공간율로 표시된다. 서울지역의 수신품질 평가도는 그림 5에 나타나 있다. 그림 5는 1km×1km의 정사각형 지역에 대하여 평균 가청공간율을 5단계로 나누어 표시한 것이다

서울지역의 수신품질은 전체면적의 80% 정도 지역

표 3. 경기지역의 전계강도 분포

방향	전계강도 분포(dB μ V/m)
서북	김포, 일산까지 51이상, 파주, 대명리까지 41~51
북	의정부까지 41이상, 장흥 북쪽에서 31이하(북한산)
동	구리, 남양주까지 41이상
동남	하남까지 51이상, 성남, 광주까지 31~41
남	기흥까지 41이상, 오산부근까지 31~41
서남	화성까지 41이상, 안중까지 31~41
서	부천까지 41이상, 인천까지 31~41

표 4. 경기지역의 수신품질

방향	가청공간율(%)
서북	양곡, 파주까지 99이상, 통일전망대까지 50~99
북	의정부까지 99이상, 장흥 북쪽에서 50이하
동	구리, 남양주까지 99이상
동남	하남, 성남 99이상
남	오산 부근까지 99이상
서남	안중까지 99이상
서	인천까지 99이상

에서 99% 이상의 가청공간율(즉, 비트 오류율이 1% 미만)을 나타내었으며, 10%의 지역에서는 90%~99% 이었다. 10%에 해당하는 일부 지역에서 지형지물과 도시 인공잡음의 영향으로 인해 수신상태가 좋지 않았다.

10%에 해당하는 가청공간율 90% 미만인 지역은 강북지역의 고층빌딩이 밀집된 종로부터 북한산 앞까지 그리고 내부순환도로의 터널구간과 동부간선도로이다. 기타 서울 시내에서는 북한산과 같은 산악지형을 제외하고는 외곽지역이라 하더라도 대체로 90% 이상의 가청공간율을 나타내고 있다.

강남지역의 경우에는 강남구, 송파구, 서초구, 동작구 등이 관악산 송신소로부터 모두 반경 10Km 이내의 지역이라서 기본적인 전계강도가 높기 때문에 가청공간율이 99% 이상이다.

경기지역에서는 전계강도 분포의 결과와 마찬가지로

로서, 서남, 서북 방향의 수신품질이 다른 지역에 비해 우수한 것으로 나타났으며, 산악의 영향을 받는 북쪽 방향과 동남 방향의 수신품질이 비교적 열악한 것으로 조사되었다. 경기지역 수신품질의 상세한 내용은 표 4와 같다.

3. 방송구역

측정결과 방송구역은 관악산 송신소를 기점으로 반경 30~40km 내의 지역으로 나타났다. 이 지역은 의정부, 통일전망대, 대명리, 인천, 안중, 오산, 용인, 광주까지 포함한다. 방송구역의 최소 반경은 북한산에 가려지는 23km 지점이고, 최대반경은 53km인 서평택 지역이다. 방송구역 내에도 도심지역이나 직선 가시권이 확보되지 않는 산악 지형으로 인하여 수신불능 지점이 발견된다. 그림 6과 그림 7에 전계강도 기준의 방송구역도와 수신품질 기준의 방송구역도가 각각 나타나 있다.

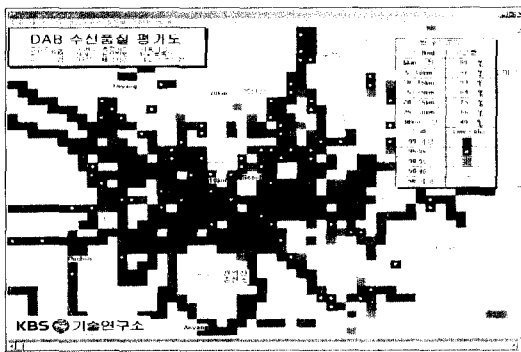


그림 5 서울지역의 수신품질평가도

IV. 결과 분석

1. 최소유효전계강도

최소유효전계강도(minimum usable field strength)는 "자연잡음과 인공잡음이 있고 다른 송신기로부터의

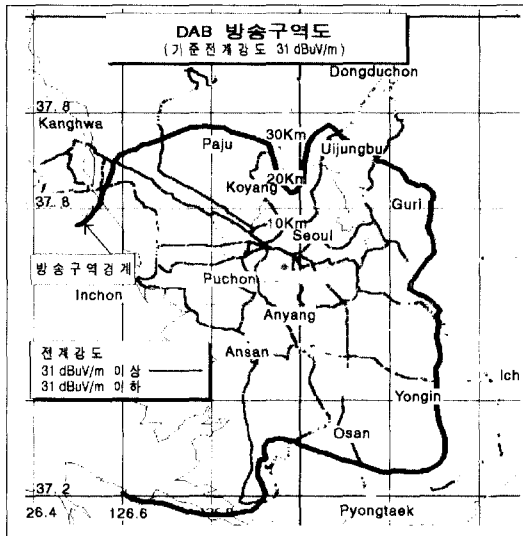


그림 6. 방송구역도 (전계강도)

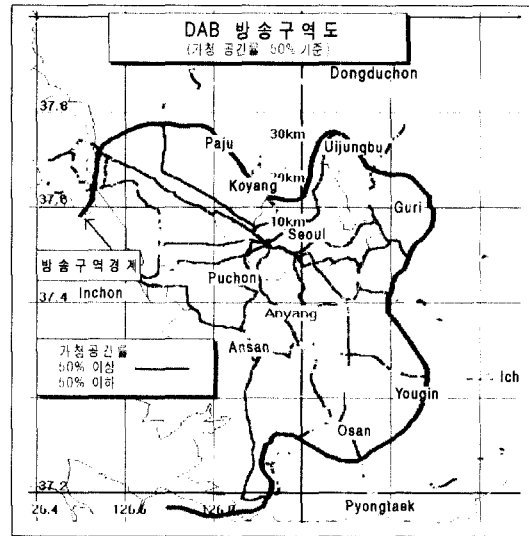


그림 7. 방송구역도 (가청공간률)

간섭이 없을 때, 특정 수신조건 하에서 원하는 수신품질 (desired reception quality)을 가능케 하는데 필요한 최소 전계강도 값으로 정의된다. 원하는 수신품질은 특히 잡음에 대한 보호비로 결정되며, 변동잡음의 경우에는 이 보호비가 보장되어야 하는 시간백분율에 의해 결정된다. 수신조건은 다음의 사항을 포함한다.

- 송신 유형, 사용 주파수대역
- 수신장비 특성 (안테나 이득, 수신기 특성)
- 수신기 운용 조건. 특히 지리적 지역, 시간 및 계절

당 연구소의 필드테스트에서는 송신유형, 사용주파수대역, 수신기 특성 등은 고정되어 있으며, 상세한 내용은 앞에서 설명한 바 있다. 수신기 운용 조건은 변화하며 특히 지리적 지역에 따른 수신환경의 변화에 따라 최소 유효전계강도는 광범위하게 변화한다. 수신환경에 따라 전송채널의 특성과 인공잡음량이 달라지기 때문이다.

MPEG Layer II 오디오 압축방법을 사용하는 DAB 시스템에서는 CD 수준의 음질을 보장하는 전송 비트 오류율(BER)을 10^{-4} 으로 본다. 이 오류율에 요구되는

C/N비는 수신환경에 따라 다르다. 수신환경에 따라 전송채널의 특성이 달라지기 때문이다.

평야지역에서는 다중경로 반사가 별로 없어 전송채널이 백색잡음채널이 되므로 필요 C/N(Carrier to Noise)비가 7dB로 낮으며, 인공잡음량이 작으므로 31dBW/m 이상의 전계강도에서는 품질저하가 없다. 도심지역에서는 다중경로반사가 심해 필요 C/N비가 15dB로 높아지며 인공잡음량이 커서 유효전계강도 값이 증가하며, 최대 45dBW/m를 나타낸 지역도 있다. 이에 따라 수신 데이터의 오류발생률도 증가한다는 것을 알 수 있었다. 이 값은 COFDM을 사용하고 오류정정 부호화율을 1/2로 하며 송신주파수를 207MHz로 대역폭을 1.536MHz로 하였을 때의 최소유효전계강도 값이다.

2. DAB와 표준 FM의 커버리지 비교

DAB의 성능이 FM방송과 어느 정도 차이가 나는지를 분석하기 위해 커버리지를 비교해 보았다. 가능한 한 같은 조건에서 비교하기 위해, DAB 송신기가 위치한

관악산 송신소에서 송신되는 KBS 표준 FM방송을 대상으로 하였다. DAB와 표준 FM의 송신사양은 표 5와 같으며, 비교 결과는 방송구역은 DAB의 커버리지 반경이 KBS 표준 FM의 2/3 정도인 것으로 나타났다.

평야지역에서의 DAB 유효전계강도는 31dB μ V/m이고 표준 FM은 48dB μ V/m로 17dB 정도의 차이를 보인다.

표 5. 송신사양 비교

	실효방사 전력(kW)	주파수 (MHz)	안테나 높이(m)
DAB	0.25	207	632
표준 FM	28	97.3	659

다. 따라서 동일 구역을 커버하는 데 필요한 실효방사전력은 FM의 1/50 정도인 것으로 분석되었다. DAB 커버리지 반경이 표준 FM의 2/3으로 나타난 것은 DAB의 실효방사전력이 표준 FM보다 20.5dB 낮고 안테나를 예비송신탑에 설치하였기 때문인 것으로 판단된다.

V. 결론

KBS 기술연구소에서는 관악산 송신소에 설치한 시험용 Eureka-147 DAB 송신기에서 발사되는 전파를 이동측정시스템에서 수신하여 전계강도와 객관적 수신

품질를 측정하고 평가하였다.

그 결과 유럽의 Eureka-147 DAB 시스템이 디지털 방송의 요구사항을 만족하고, 외국의 필드테스트 결과와 같이 이 시스템이 우수하며 특히 이동시에도 일정한 품질을 유지할 수 있음을 입증하였다. 또한 적은 출력으로도 넓은 방송구역을 확보할 수 있고, 방송구역 내에서의 가청공간율이 높음을 알 수 있었다.

그러나, 이 시험에 사용한 시스템은 실효복사전력이 250W로 낮아 실제 방송 환경에서의 특성을 완벽히 평가하기에는 무리가 있었다. 또한 방송망 계획 수립에 필요한 모든 파라미터들을 평가 소프트웨어의 기능이 미흡한 부분이 있었다.

KBS 기술연구소에서는 실제로 방송에 사용할 송신 시스템을 구축하는 작업을 진행하고 있으며, 평가 소프트웨어를 보완하고 있다. 새로이 구축되는 시스템을 사용하여 실시하는 필드테스트에서는 보다 광범위한 사항들을 정확히 검증할 수 있을 것으로 판단한다.

실제의 방송 커버리지를 산정할 수 있고, 지역별, 지형별로 신뢰성 있는 최소유효전계강도 값을 도출할 수 있을 것이며, 가청공간율 보정지수(Location correction factor)의 산출도 가능할 것이다. 또한 DAB 도입에 걸림돌로 작용할 가능성이 있는 TV와의 혼신문제 검증과 혼신보호비 기준 산정 및 가청공간율 기준 등 방송망 품질에 관한 기준들을 정할 수 있게될 것이다.

필자소개



정 신 일

- 1980년 : 한양대학교 전자공학과 졸업
- 1982년 : 한국과학기술원 전기전자공학과 졸업(석사)
- 1982년 : KBS 기술연구소 입사
- 현재 : KBS 기술연구소 차장
- 주관심분야 : 디지털 라디오방송, 오디오 부호화, 음성/음향 신호처리, 음장 합성