

+ 임종수 · 한국전자통신연구원 방송통신융합혁신기술연구팀 팀장

# TECH&TREND

## 차세대 지상파 DMB(AT-DMB) 기술(3)

이번 호에서는 AT-DMB의 성능을 소개하고, 결론을 통하여 3회에 걸친 AT-DMB의 기고를 마친다.

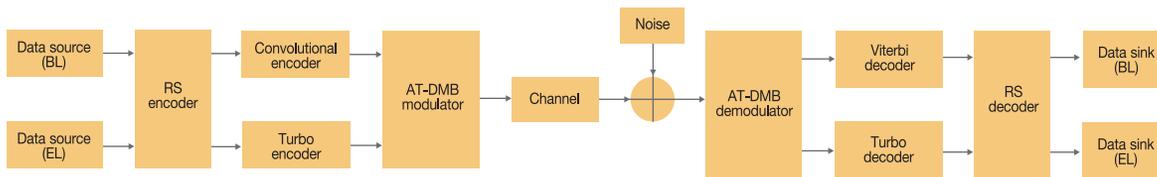
### 3. AT-DMB 성능

#### 3.1. 시뮬레이션

##### 3.1.1. 시뮬레이션 환경

데이터 소스는 T-DMB 시스템을 위한 기본계층과 AT-DMB 시스템에서 추가된 향상계층으로 나뉘어 입력된다. 향상계층의 '기저대역 변조기(Baseband Modulator)'에서 B-모드의 데이터는 BPSK로 변조되고, Q-모드의 데이터는 QPSK로 변조된다. 각각의 기본계층과 향상계층의 신호는 계층변조기를 통해서 합쳐진다. 이후의 OFDM 변조과정은 T-DMB의 경우와 동일하다. 그리고, 수신과정은 송신과정의 역 과정을 따른다.

T-DMB와 성능 비교를 위해 T-DMB 및 기본계층의 에러정정 부호율은 1/2을 적용하였다. 그리고, 시뮬레이션에서 적용한 방송파 주파수는 200MHz이다.



[그림 3-1] AT-DMB 시뮬레이션을 위한 블록도

[표 3-1] AT-DMB 성능 분석을 위한 파라미터

Parameter	specification	
	Base layer	
Modulation	$\pi/4$ -DQPSK	B mode: BPSK
Forward error correction	Convolutional code (code rate: 1/2)	Turbo code (code rate: 1/2, 2/5, 1/3, 1/4)
Time interleaving depth	384ms	B mode: 768ms
Frequency interleaving width	1.536MHz	
Constellation ratio( $\alpha$ )	1.5, 2.0, 2.5, 3.0	
Nominal bandwidth	1.536MHz	
FFT size	2048	
Number of transmitted carriers	1536	
Guard interval	504	
Sample time	1/2048000seconds	

### 3.1.2. 채널 모델

성능 분석을 위해 사용된 채널은 고정 채널 환경에서는 가우시안(gaussian) 채널 모델, 라이시안(rician) 채널 모델, 레일리(rayleigh) 채널 모델을 적용하였으며, 이동 채널 환경에서는 TU-6 채널 모델을 적용하였다[2].

### 3.1.3. 성능 평가 기준

성능 평가를 위한 판단 기준은 T-DMB와 AT-DMB의 기본계층의 경우 viterbi 복호 후, AT-DMB의 향상계층의 경우 이중이진 터보 복호 후 비트오율(BER)로 하였으며, 그 값은  $10^{-3}$ 으로 하였다[3].

### 3.1.4. 분석결과(계층변조 B-모드)

[표 3-2]의 고정 채널 환경인 가우시안, 라이시안, 레일리 채널 모델에 대해, [표 3-3]은 이동 채널환경에서 계층변조 성상비  $\alpha$  에 따라 비트오율이  $10^{-3}$ 이 되는 C/N을 나타내었다.

[표 3-2] 고정 채널환경에서의 AT-DMB 시뮬레이션 결과

구분	$\alpha$	Layer (Code rate)	AWGN		Rician		Rayleigh	
			C/N	Difference (T-DMB vs AT-DMB)	C/N	Difference (T-DMB vs AT-DMB)	C/N	Difference (T-DMB vs AT-DMB)
T-DMB	$\infty$	1/2	4.4	0	4.6	0	7	0
AT-DMB (Mode B)	1.5	BL(1/2)	8	-3.6	8.3	-3.7	10.3	-3.3
		EL(1/2)	5	-0.6	6	-1.4	8.5	-1.5
		EL(2/5)	4	0.4	4.4	0.2	6	1
		EL(1/3)	3.8	0.6	4	0.6	5	2
	2.0	EL(1/4)	2	2.4	2.7	1.9	4.4	2.6
		BL(1/2)	7.2	-2.8	7.5	-2.9	9.3	-2.3
		EL(1/2)	7	-2.6	7	-2.4	9.6	-2.6
		EL(2/5)	5.5	-1.1	5.8	-1.2	7.8	-0.8
	2.5	EL(1/3)	5	-0.6	5	-0.4	7	0
		EL(1/4)	3.7	0.7	3.8	0.8	5.7	1.3
		BL(1/2)	6.5	-2.1	6.7	-2.1	8.7	-1.7
		EL(1/2)	8	-3.6	8	-3.4	11	-4
	3.0	EL(2/5)	7	-2.6	7	-2.4	9	-2
		EL(1/3)	6	-1.6	6	-1.4	8	-1
		EL(1/4)	4.6	-0.2	4.8	-0.2	6.8	0.2
		BL(1/2)	6	-1.6	6.2	-1.6	8.2	-1.2
	EL(1/2)	9	-4.6	9	-4.4	12.2	-5.2	
	EL(2/5)	8	-3.6	8	-3.4	10	-3	
	EL(1/3)	7	-2.6	7	-2.4	9	-2	
	EL(1/4)	5.6	-1.2	5.8	-1.2	7.8	-0.8	

[표 3-3] 이동 채널환경에서의 AT-DMB 시뮬레이션 결과

구분	$\alpha$	Layer(Code rate)	TU-6 channel	
			C/N	Difference(T-DMB vs AT-DMB)
T-DMB	$\infty$	1/2	8.2	0
AT-DMB (Mode B)	1.5	BL(1/2)	11.2	-3
		EL(1/2)	9.8	-1.6
		EL(2/5)	7.8	0.4
		EL(1/3)	7.3	0.9
	2.0	EL(1/4)	5.1	3.1
		BL(1/2)	10.5	-2.3
		EL(1/2)	11	-2.8
		EL(2/5)	9.1	-0.9
	2.5	EL(1/3)	8.5	-0.3
		EL(1/4)	6.6	1.6
		BL(1/2)	9.7	-1.5
		EL(1/2)	12.5	-4.3
	3.0	EL(2/5)	10.3	-2.1
		EL(1/3)	9.6	-1.4
		EL(1/4)	7.6	0.6
		BL(1/2)	9.5	-1.3
	EL(1/2)	13.5	-5.3	
	EL(2/5)	11.5	-3.3	
	EL(1/3)	10.8	-2.6	
	EL(1/4)	8.6	-0.4	

TargetBER 10<sup>-6</sup> @120km/h(Band III)

### 3.2. Field test

#### 3.2.1. Field test 환경

AT-DMB 성능 측정을 위한 현장 시험은 한국전자통신연구원(ETRI)이 위치한 대전 지역에서 이루어졌다. 현장 시험의 총 측정거리는 약 21km이며, 송신국에서의 최대 측정거리는 4.4km이다. 송신 안테나는 한국전자통신연구원 6연구동 지상 40m 높이에 설치하였다. 송신 안테나는 수직편파를 가지는 무지향성(omni-directional) 안테나를 사용하였고, 송신 출력은 40W이며, 안테나 이득은 3dB이다.



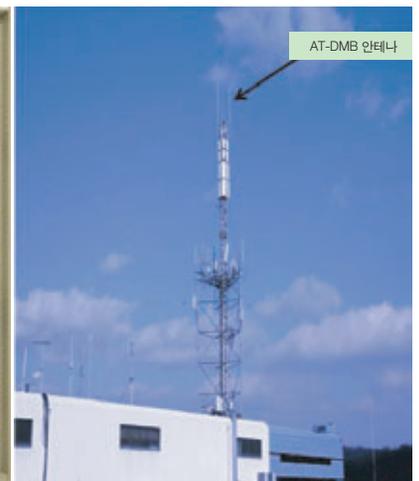
[그림 3-2] 필드 시험 지역 및 경로

#### 가. 송신 시스템

현장 시험을 위한 송신부는 비디오/오디오 인코더, 여러 개의 프로그램을 다중화하는 다중화기, 계층변조를 지원하는 변조기, AT-DMB 대역 내에 하나의 영상블만을 제공하기 위한 채널 필터, 신호를 증폭하기 위한 증폭기 및 신호를 송출하기 위한 안테나로 구성된다.



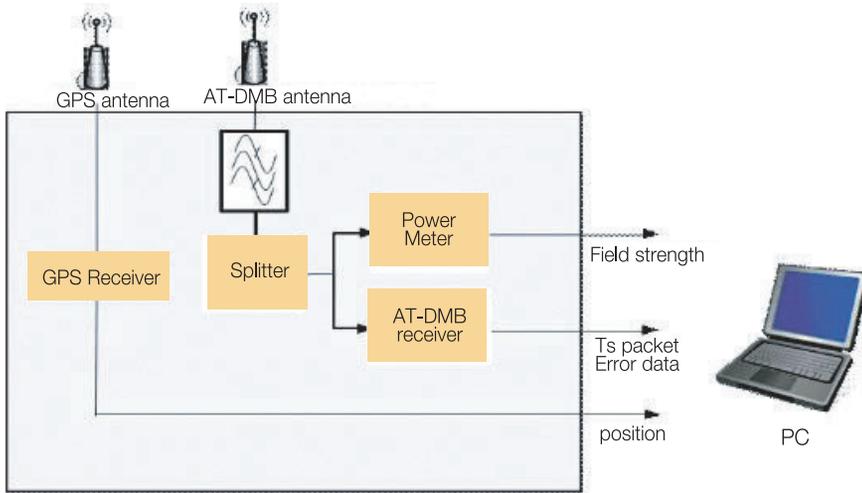
[그림 3-3] AT-DMB 송신 시스템



[그림 3-4] AT-DMB 안테나

나. 수신 시스템

측정 수신 시스템은 위치 정보를 얻을 수 있는 GPS 수신기, AT-DMB 수신신호를 포착하기 위한 수신 안테나, 수신전력 측정기, AT-DMB 수신기 및 수신 성능 분석을 위한 PC로 구성된다.



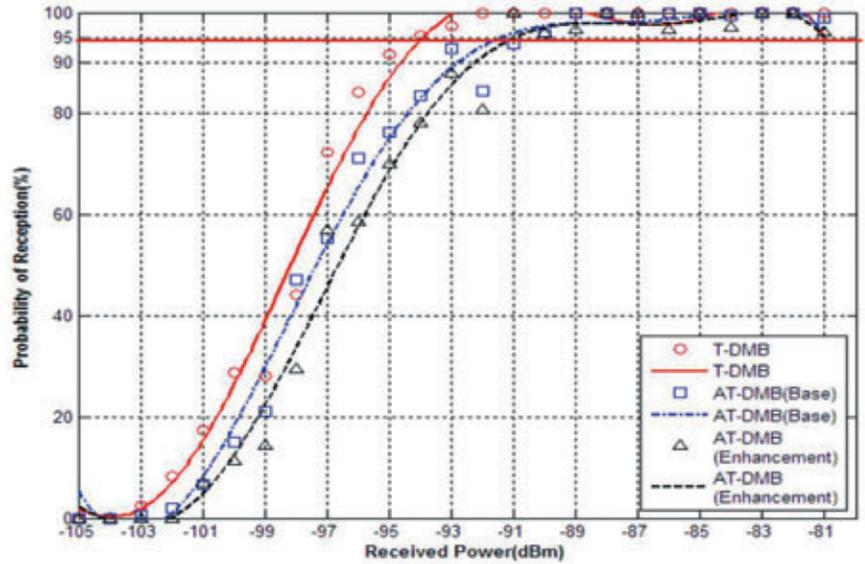
[그림 3-5] 이동 측정 시스템

3.2.2. 분석결과(계측변조 B-모드)

현장 시험의 결과를 분석하기 위하여 '수신 성공률(Receiving Success Rate; RSR)' 을 정의한다. 수신 성공은 1초 내에 수신된 데이터 중 에러가 하나도 없을 때를 의미한다.

$$RSR = \frac{\text{수신성공시간}}{\text{총수신시간}} \times 100(\%)$$

측정에서 수신 성능 평가 방법으로 RSR이 95% 이상인 경우를 수신이 양호하게 되고 있다고 판단 하였다. [그림 3-6]은 값이 1.5일 때 AT-DMB 수신 성능 결과를 분석한 그래프로, 수신 신호 전력대비 수신 성공율을 도시한 것이다. 그래프에서 T-DMB의 성능은 실선으로, AT-DMB 기본계층과 향상계층의 성능을 각각 일점쇄선과 점선으로 도시하였다. 수신신호세기에 따른 수신 성공율을 표현하기 위해 사용된 곡선의 추정은 6차 다항식을 이용하여 구하였다.



[그림 3-6] 수신신호전력 대비 수신 성공률

[표 3-4]는  $\alpha$  값에 따른 수신 성능의 분석 결과를 표시하였다.  $\alpha$  값이 작을수록 기본 계층의 수신 성능은 T-DMB 대비 성능열화가 작고, 향상계층은 그 반대의 경향을 나타낼 수 있다. T-DMB에서는 RSR이 95%가 되기 위한 최소수신신호세기는  $-93.9\text{dBm}$ 이다. 계층 변조지수  $\alpha$  가 1.5일 때 AT-DMB 기본계층의 필요한 최소수신신호세기는  $-91.4\text{dBm}$ 이고, 향상계층에서 필요한 최소수신신호세기는  $-90.9\text{dBm}$ 이다.

[표 3-4] RSR=95%를 만족하기 위해 요구되는 최소수신신호세기

구분	$\alpha$	최소수신신호세기 [dBm]	T-DMB와의 차이 [dB]	
T-DMB	$\infty$	$-93.9$	0	
AT-DMB	기본계층	1.5	$-91.4$	$-2.5$
		2.0	$-92.5$	$-1.4$
		2.5	$-93.1$	$-0.8$
		3.0	$-93.2$	$-0.7$
	향상계층	1.5	$-90.9$	$-3.0$
		2.0	$-89.7$	$-4.2$
		2.5	$-88.4$	$-5.5$
		3.0	$-87.5$	$-6.4$

#### 4. 결론

2005년 12월 국내에서 세계 최초로 상용서비스를 시작한 지상파 이동 멀티미디어 방송(T-DMB)은 서비스 개시 3년 만에 2000만대 이상의 단말기가 보급되었고, 노르웨이에서 이동멀티미디어 방송 표준으로 채택되는 등 나날이 수용이 증대되고 있는 상황이다. 하지만, Media-FLO, DVB-H, ISDB-T 1 Seg, ATSC-M/H 등 경쟁 방식들이 속속 출현하고 있어 기술적인 개선 및 비즈니스 모델의 제시 등 T-DMB의 경쟁력을 제고 하고, 이동멀티미디어 방송의 선두적인 지위를 유지하기 위한 노력이 요구되었다.

이런 요구에 부응하여 T-DMB 전송용량을 증대시키고, 비디오 품질을 향상시키면서 T-DMB와 역호환성을 유지하는 AT-DMB 기술 개발이 추진되어, 성공적으로 개발이 완료되었다. AT-DMB 기술개발에는 전송방식에 대한 연구, 다중화기 및 계층적 비디오 전송 시스템 등을 포함한 전송 시스템 개발 및 디코더를 포함한 수신기 개발 등이 포함되었다.

개발된 기술의 검증을 위해 현장 실험이 실시되었으며, 그 결과 이동서비스를 목표로 하는 B-모드와 고정 서비스를 목표로 하는 Q-모드에 대해 각각 0.576Mbps, 1.152Mbps의 전송용량이 추가된 것을 확인할 수 있었다. 물론, 새로운 전송신호가 추가됨으로 인해 기존 T-DMB 신호가 영향을 받아 기존의 T-DMB 수신감도의 약 3dB가량 감소가 발생되어 일부 수신권역의 축소도 예상된다.

그러나, AT-DMB는 점점 부족해가는 방송주파수 자원의 이용을 증대시키고, 서비스 품질을 질적으로 향상시키고, 양적으로 배가시킬 수 있는 유용한 기술로 평가될 수 있다. 다른 경쟁 방식들에 비교해서 여전히 넓은 서비스 커버리지를 유지할 수 있어, 앞으로 이동멀티미디어 방송 분야의 주목받는 기술로 부각될 것으로 기대된다.

AT-DMB 기술을 적용한 상용방송서비스를 시작하기에 앞서, 실제 방송환경에서의 실험방송 실시가 요구된다. 이 실험방송에는 T-DMB 방송사업자, 산업계, 연구소, 학계 등이 참여를 통해 수신 커버리지 측정, 비디오, 오디오 및 데이터 특성 분석, T-DMB와의 간섭여부 측정 등 상용서비스 실시를 위해 요구되는 AT-DMB의 기술 및 성능에 대한 평가를 실시하고 필요한 부분에 대한 보완을 실시해야 할 것이다.

실험방송을 통한 기술 검증 및 보완 외에 상용방송서비스의 성공적 실시를 위해서는 향후 기술기준 등 법·제도에 대한 검토 및 서비스 실시를 위해 필요한 제·개정이 요구된다. 또한, 새롭게 개발된 AT-DMB의 성공적인 도입을 위해 비즈니스 모델 개발을 위한 심도 있는 연구도 요구된다.

Tip

[AT-DMB의 전송 규격]

구분	계층변조 모드	
	B-모드	Q-모드
대역폭	1,536 MHz	
유효 데이터	기본계층	0.8~1.728 Mbps
	향상계층	0.288~0.576 Mbps
전송	에러정정코드	기본계층: RS, Convolutional code 향상계층: RS, Turbo code
	부호율(향상계층)	1/2, 2/5, 1/3, 1/4
변조 방식	$\pi/4$ -DQPSK(기본), BPSK(향상) Layered modulation	$\pi/4$ -DQPSK(기본), QPSK(향상) Layered modulation

[AT-DMB의 채널 용량]

구분	Layer	FEC, Code rate	Effective data rate(kbps)	Total (kbps)	T-DMB 대비 증대된 전송량(kbps)
T-DMB	-	CC(1/2)	1,152	1,152	0
AT-DMB (B mode)	기본계층	CC(1/2)	1,152	1,152	0
		Turbo(1/2)	576	1,728	576
	향상계층	Turbo(2/5)	448	1,600	448
		Turbo(1/3)	384	1,536	384
AT-DMB (Q mode)	기본계층	Turbo(1/4)	288	1,440	288
		CC(1/2)	1,152	1,152	0
	향상계층	Turbo(1/2)	1,152	2,304	1,152
		Turbo(2/5)	896	2,048	896
		Turbo(1/3)	768	1,920	768
Turbo(1/4)	576	1,728	576		

참고 문헌

- [1] H. Choi, I. Shin, J. Lim, and J. Hon, "SVC Application in Advanced T-DMB," EEE Trans. on Broadcasting, vol. 55, no. 1, Mar. 2009.
- [2] COST 207, "Digital land mobile radio communications," Office for Official of the Publications European Communities, Abschlussbericht, Lemburg, 1989.
- [3] K. Fazel, S. Aign, A. Romanowski, M. Ruf, "Mobile Multimedia Services via DAB:DMB." Proc. EEE Globecom'97, pp.1312-1317, Phoenix, Nov. 1997.