

논문 2011-2-4

# 모바일 멀티미디어 방송시스템의 성능개선 연구

## Study on Performance Improvement of Mobile Multimedia Broadcasting System

최규석\*, 박종진\*\*, 임종수\*\*\*

Gyoo-Seok Choi, Jong-Jin Park, Jong-Soo Lim

요 약 본 논문에서는 기존 지상파 이동멀티미디어 방송시스템인 Terrestrial-DMB(T-DMB) 시스템의 성능개선을 위하여 이동환경에서 고전송 효율, 고품질 서비스를 제공할 수 있는 새로운 휴대 이동 멀티미디어 방송 시스템인 Advanced T-DMB 시스템의 시험시스템 구현 및 현장 시험결과를 기술한다. 기존 방식보다 멀티미디어 방송성능이 한층 개선된 Advanced T-DMB 시스템은 계층변조 및 터보 코드 방식을 이용하여 기존 T-DMB와 역호환성을 유지하면서 동일한 주파수 대역폭에서 전송률을 최대 2배로 높이기 위해 연구개발되었다. 제안된 시스템의 성능검증을 위해 현장 시험을 하였으며, 그 결과 이동서비스를 목표로 하는 B-모드와 고정 서비스를 목표로 하는 Q-모드에 대해 각각 0.576Mbps, 1.152Mbps의 전송용량이 증가된 것을 확인할 수 있었다.

**Abstract** In this paper, we describes about implementations of Advanced Terrestrial DMB prototype system which can provide high higher efficiency of transmission and better quality of service than Terrestrial DMB(T-DMB) system for performance improvement of conventional mobile multimedia broadcasting system. And also we analyze field test results of the system. Advanced T-DMB system has been developed to increase data rate up to double of conventional T-DMB in same bandwidth while maintaining backward compatibility, using hierarchical modulation and turbo code. We conducted field tests to verify the performance of the proposed system through implementing of test system. As a result, we confirmed 0.576Mbps and 1.152Mbps were added to mode B and mode Q of Advanced T-DMB respectively than T-DMB system.

**Key Words :** Terrestrial DMB, Hierarchical modulation, Turbo code

### I. 서 론

현재 국내에서 모바일 멀티미디어 방송서비스를 제공하고 있는 지상파 멀티미디어 방송시스템(T-DMB)의 전송방식으로는 Eureka-147 DAB의 4개 전송 모드 중 VHF 대역의 전송모드 I을 채택하고 있고, 변조방식으로 이동수신 성능이 우수한 OFDM 방식을 기반으로 하여  $\pi$

/4-DQPSK (differential quadrature phase shift keying) 방식을 사용하고 있으며, 시스템 대역폭은 1.536MHz이다<sup>[1][2]</sup>. 디지털 방송기술의 실현 이후 방송과 통신의 융합으로 인해 전 세계적으로 언제 어디서나 고품질 디지털 TV 서비스와 고품질 오디오 및 영상을 포함한 부가 데이터 서비스가 가능한 차세대 디지털 멀티미디어 전송 방식 개발을 다양하게 시도하고 있다. 현재 국내에서 서비스를 제공하고 있는 T-DMB 시스템은 최대 CIF급 해상도의 동영상을 384 Kbps 정도의 비트율로 압축하여 비디오 CD급의 화질을 제공하고 있다<sup>[2]</sup>. 그러나 큰 화면을 통해 T-DMB 방송을 시청할 경우 해상도 부족 등으로

\*종신회원, 청운대학교 컴퓨터학과

\*\*정회원, 청운대학교 인터넷학과 (교신저자)

\*\*\*정회원, 한국전자통신연구원 방송시스템연구부

접수일자: 2010.10.2, 수정일자: 2011.2.26

게재확정일자: 2011.4.15

인한 화질 열화를 느낄 수 있다. 따라서 이러한 단점을 극복하고 T-DMB와의 역호환성을 유지하며 보다 나은 화질을 제공할 수 있는 고품질 지상파 DMB 기술이 국내에서 그동안 연구되어왔다. 고품질 지상파 DMB 시스템에서는 T-DMB와 역호환성을 보장하고 SD (standard definition)급의 고품질 멀티미디어 서비스를 제공하기 위하여 Scalable Video Coding (SVC)<sup>[3][4]</sup>된 계층적 비트 스트림을 계층변조(hierarchical modulation)<sup>[5]</sup>를 통해 서로 다른 채널을 통해 전송하는 방안을 도입한다. 계층변조는 T-DMB의  $\pi/4$ -DQPSK의 기본계층의 각 성상에 항상계층이라 불리는 심벌을 매핑(mapping)하여 동일 주파수 대역에서 T-DMB 방송에 비해 최대 2배까지의 가용 서비스 수를 증가시킬 수 있으며, 또한 SD급의 해상도로 제작된 비디오 콘텐츠를 고품질 지상파 DMB 시스템을 통하여 VGA 크기의 화면으로 제공이 가능하다. 즉 현재 지상파DMB 방송에 사용되는 주파수를 그대로 사용하면서 전송용량을 50%(이동용)에서 최대 100%(고정용)까지 늘릴 수 있는 획기적인 기술이다. 또한 기존 T-DMB 서비스 커버리지에 대한 영향을 최소화하기 위하여 항상계층에는 오류성능의 개선을 위하여 강력한 오류제어 부호인 이중이진터보부호를 채택하여 사용하였다. 본 논문에서는 모바일 멀티미디어 방송시스템인 Advanced T-DMB 기술의 연구를 통해 기존 T-DMB 시스템의 성능개선을 피하고 이를 실제적으로 실현 및 기술 검증을 하기 위해서 Advanced T-DMB의 시험시스템을 구현한 내용에 대해서 기술하였다. 또한 다양한 조건에서의 현장시험을 통해서 Advanced T-DMB 시스템의 실제적 성능개선 사항 및 상용화의 가능성을 확인하였다.

## II. Advanced T-DMB 기술

### 1. 기본개념

현재 사용되고 있는 지상파 DMB(T-DMB) 시스템에서는 최대 CIF급 해상도의 동영상을 384 Kbps 정도의 비트율로 압축하여 제공한다. 큰 화면을 통해 T-DMB 방송을 시청할 경우 해상도 부족 등으로 인한 화질 열화를 느낄 수 있다. 특히 향후 출시될 이동단말은 고해상도를 지원하는 추세이므로 디스플레이에 보다 나은 화질의 표현이 요구될 것으로 전망된다. 따라서 이러한 단점을

극복하고 T-DMB와의 역호환성을 유지하며 보다 나은 화질의 디지털 방송서비스와 광대역 네트워크의 보편화에 따른 사용자들의 요구에 부응하는 고품질의 이동 멀티미디어 방송 기술의 개발이 필요하게 된다. 이러한 필요성에 부응하고자 기존 T-DMB와의 역호환성을 유지함과 동시에 고전송효율/고품질의 서비스를 제공할 수 있도록 하는 보다 개선된 기능의 이동 멀티미디어 방송 시스템이 연구되었으며 이 시스템을 Advanced T-DMB라 칭한다. Advanced T-DMB 시스템에서는 T-DMB 시스템과의 역호환성을 유지하면서 전송용량을 증대시키기 위하여 계층변조 방법을 적용한다. 즉, T-DMB 신호를 기본계층으로 하고 여기에 추가적으로 항상계층 신호를 새로 추가하여 전송하는 방식이다(그림 1 참조).

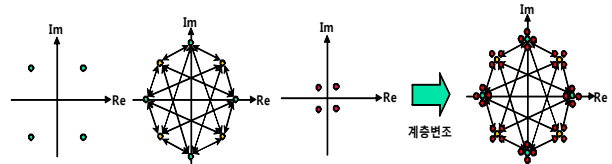


그림 1. Advanced T-DMB의 계층변조된 신호  
Fig. 1. Hierarchical modulated signal of Advanced T-DMB.

현재의 T-DMB는  $\pi/4$ -DQPSK 변조 기법을 이용하고 있으므로, 계층변조를 통하여 이를 16APSK 또는 8APSK로 확장하면 T-DMB와의 역호환성 보장과 유효 데이터 전송률 증대효과를 동시에 얻을 수 있다. 항상계층은 수신환경을 고려하여 계층변조 B-모드와 계층변조 Q-모드로 나뉘어진다. 계층변조 B-모드는 계층변조에서 새로 추가되는 신호에 BPSK 심벌 매핑을 적용한 것이고, Q-모드는 새로 추가되는 신호에 QPSK 심벌 매핑을 적용한 것이다. 계층변조 B-모드는 Q-모드와 비교하여 채널 유효 전송용량은 줄어들으나, 이동 채널에서의 수신 성능이 더 우수한 장점이 있다. 그림 2는 증대된 데이터 전송율을 이용하여 고품질 서비스를 위한 Advanced T-DMB 서비스 개념도를 보여준다. 그림 2에서 기본계층 (base layer, BL) 채널은  $\pi/4$ -DQPSK로 변조되는 T-DMB의 전송채널을 의미하며, 항상계층 (enhancement layer, EL) 채널은 계층변조를 통해 추가적으로 확보되는 전송채널을 의미한다. 이와 같은 방법으로 현재 T-DMB의 유효 데이터 전송률을 갖는 기본계층 채널 외에 항상계층 채널에서 추가로 데이터를 얻을 수 있다.

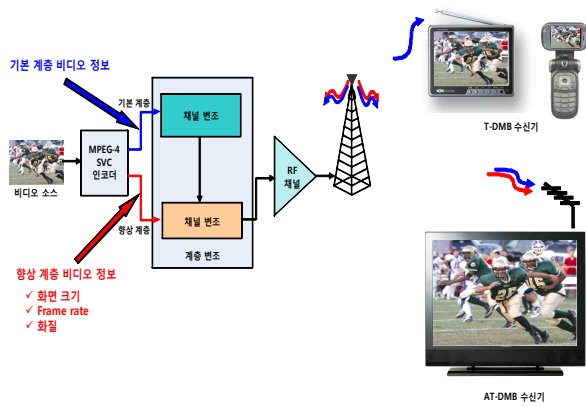


그림 2. Advanced T-DMB 서비스 다이어그램  
Fig. 2. Advanced T-DMB service diagram.

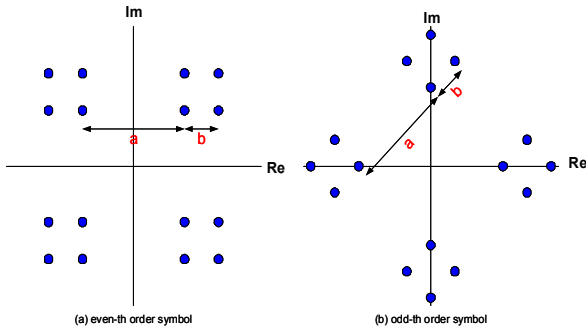


그림 3. Advanced T-DMB 신호의 성상도  
Fig. 3. Constellation of Advanced T-DMB signal.

T-DMB에 계층변조 기법을 적용하여 신호를 전송할 경우에 T-DMB 수신기에서는 향상계층 신호가 잡음처럼 작용하게 되어 T-DMB의 수신 성능이 다소 저하될 수 있다. 이러한 성능저하를 완화하기 위해서 향상계층 신호의 성상 간격을 줄여야 하는데, 성상 간격을 지나치게 줄일 경우 향상계층 신호의 복원성능이 저하되므로 기본계층 신호와 향상계층 신호의 크기에는 상호간에 수신 성능을 고려한 절충 (trade-off)이 필요하며, 이러한 절충을 결정하는 요소는 기본계층과 향상계층 간의 신호의 비례인 성상비 (costellation ratio)  $\alpha$  이다. 성상비  $\alpha$  는 그림 3에 나타난 것과 같이 성상군간의 간격과 성상군의 간격비로 정의되어  $\alpha = a/b$ 의 관계를 가진다. 동일한 성상군의 간격에 대해  $\alpha = 2$ 보다  $\alpha = 3$  일 때가 성상군 간의 간격이 더 커져서, 상대적으로 새로 추가되는 신호의 크기는  $\alpha = 3$ 일 때 더 작아지게 된다. 따라서 성상비 값이 클수록 기본계층 신호는 수신성능의 열화가 적은 반면 향상계층 신호는 신호의 크기가 작아져서 수신성능 저하가 발생하게 된다. 반대로 성상비 값이 작으

면 향상계층 신호의 크기가 커져서 향상계층 신호의 수신성능은 개선되지만, 기본계층 신호는 향상계층 신호의 영향이 더 커지므로 수신성능 열화가 커지게 된다.

## 2. 시스템 구성

Advanced T-DMB 시스템은 기본계층과 향상계층의 두 계층으로 구성된다. T-DMB 서비스를 지원하는 기본계층 신호는 T-DMB 수신기와 AT-DMB 수신기로 수신될 수 있다. 향상계층은 T-DMB의 데이터 전송용량을 증대시키기 위하여  $\pi/4$ -DQPSK 방식으로 변조된 기본계층 위에 계층변조 기법을 적용하여 QPSK 또는 BPSK 변조를 추가한 방식으로 향상계층의 신호는 Advanced T-DMB 수신기만으로 수신 가능하

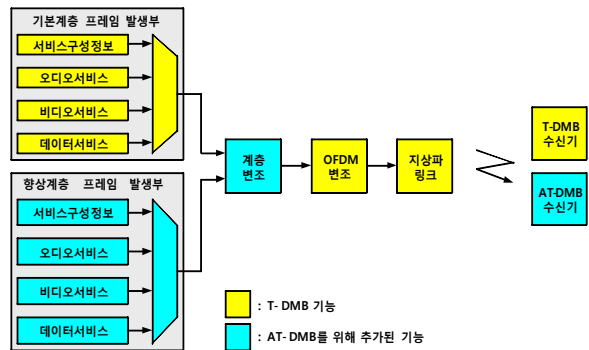


그림 4. Advanced T-DMB 시스템 블럭다이어그램  
Fig. 4. Advanced T-DMB system block-diagram.

T-DMB 시스템은 그림 4에 나타난 바와 같이 송신단과 수신단으로 구성되며, 송신단은 기본계층 프레임 발생부, 향상계층 프레임 발생부, 계층변조부, OFDM 변조기 및 지상파 링크 등으로 구성된다. 향상계층 프레임 발생부는 오디오, 비디오 및 데이터 서비스 신호의 입력 장치, DAB프레임다중화기 등으로 구성된다.

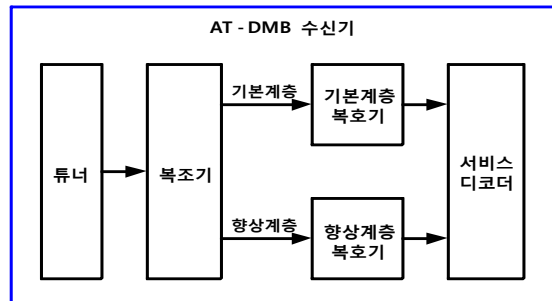


그림 5. Advanced T-DMB 수신기 블록도  
Fig. 5. Advanced T-DMB receiver block diagram.

Advanced T-DMB 수신기의 개요도는 그림 5와 같다. Advanced T-DMB 수신기의 OFDM 복조기에서 출력되는, 기본계층 및 향상계층 복조 신호는 각각 기본계층 및 향상계층 복조기로 전송된다.

### III. 시험시스템의 구현

#### 1. Advanced T-DMB 송신시스템

구현된 송신시스템은 비디오/오디오 인코더, 여러 개의 프로그램을 다중화하는 다중화기, 계층변조를 지원하는 변조기, Advanced T-DMB 대역내에 양상블만을 제공하기 위한 채널 필터, 신호를 증폭하기 위한 증폭기 및 필드로 송출하기 위한 안테나로 구성된다.

송신 안테나는 지상 40 m 높이에 설치하였다. 송신 안테나는 수직편파를 가지는 무방향성 (omni-directional) 안테나를 사용하였고 송신 출력은 40 W이며 안테나 이득은 3 dB이다.



그림 6. Advanced T-DMB 시험시스템의 송신기  
Fig. 6. Transmitter of Advanced T-DMB prototype system.

#### 2. Advanced T-DMB 수신시스템

구현된 수신 시스템은 그림 7에 나타낸 것과 같이 위치 정보를 얻을 수 있는 GPS 수신기, Advanced T-DMB 수신신호를 포착하기 위한 수신 안테나, 수신전력 계측기, Advanced T-DMB 수신기 및 수신 성능 분석을 위한 PC로 구성된다.

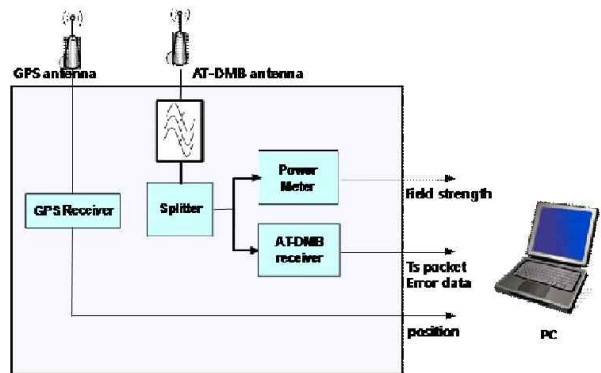


그림 7. 이동 수신시스템  
Fig. 7. Mobile unit equipment.

### IV. 현장시험 및 결과분석

#### 1. 시험환경

구현된 Advanced T-DMB 시험시스템의 기술 검증의 일환으로 실제 환경에서의 성능 시험을 하였다.



그림 8. 필드 시험 지역 및 경로  
Fig. 8. Field test area and route.

Advanced T-DMB 시스템의 성능 측정을 위한 현장 시험은 다양한 전파환경을 갖는 도시 지역에서 주로 이루어졌다. 현장 시험의 총 측정 거리는 약 21 km이며, 송신국에서의 최대 측정 거리는 4.4 km이다. 측정 주변 환경은 개활지, 도심지, 전파 음영지역 및 고속도로를 포함하고 있다. 그림 8에 현장 시험 지역과 루트를 나타내었다.

#### 2. 시험결과 및 성능분석

현장 시험의 결과와 분석은 부호율이 1/2인 길쌈 부호 및 이중이진 터보부호를 사용하는 AT-DMB B-모드에

서 계층 변조지수  $\alpha$ 가 1.5, 2.0, 2.5, 3 일 때 이루어졌다. 측정 차량의 속도는 시속 5km에서 시속 85km이며 속도의 분포도에서 가장 많은 분포를 차지하는 속도는 약 60km/h 이다. 현장 시험의 결과를 분석하기 위하여 다음 식과 같은 수신 성공률 (receiving success rate; RSR)을 정의하였다. 식(1)에서 수신 성공은 1초 내에 수신된 데이터 중 에러가 하나도 없을 때를 의미한다.

$$RSR = \frac{\text{수신 성공시간}}{\text{총 수신 시간}} \times 100(\%) \quad (1)$$

본 시험에서는 수신 성능 평가 방법으로 RSR이 95% 이상인 경우를 수신이 양호하게 되고 있다고 판단하였다. 그림 9에서 그림 11은 Advanced T-DMB 수신성능을 계층 변조지수에 따라 현장 측정한 결과를 분석한 그래프로서, 수신 신호 전력(received signal power; RSP)대비 수신 성공율을 도시한 것이다. 그래프에서 수신 성능의 기준이 되는 T-DMB의 성능을 실선으로 도시하고 Advanced T-DMB 기본계층과 향상계층의 성능을 각각 일점쇄선과 점선으로 도시하였다. 수신신호세기에 따른 수신 성공율을 표현하기 위해 사용된 곡선의 추정은 6차 다항식을 이용하여 구하였다. 성능 분석은 수신 성공율이 95%를 넘기 시작하는 수신 세기를 기준으로 하여 수행하였다. 그림에서 보듯이,  $\alpha$  값이 작을수록 기본계층의 수신 성능은 T-DMB 대비 성능열화가 작고, 향상계층은 그 반대의 경향을 나타냄을 알 수 있다.

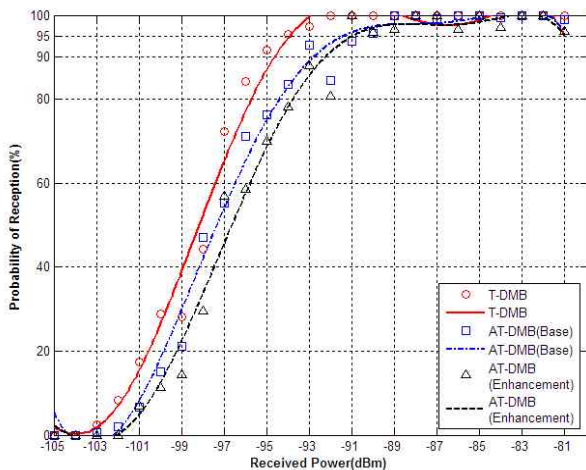


그림 9. 수신신호에 따른 RSR ( $\alpha=1.5$ )  
Fig. 9. RSR according to received power ( $\alpha=1.5$ ).

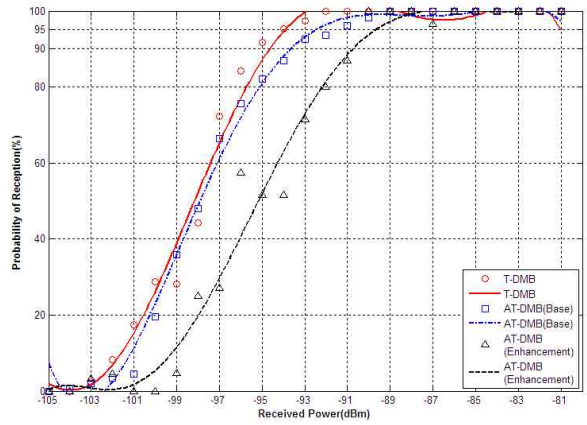


그림 10. 수신신호에 따른 RSR ( $\alpha=2.0$ )  
Fig. 10. RSR according to received power ( $\alpha=2.0$ ).

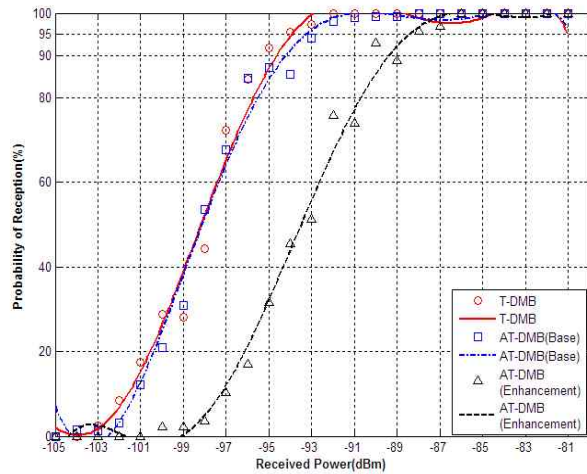


그림 11. 수신신호에 따른 RSR ( $\alpha=2.5$ )  
Fig. 11. RSR according to received power ( $\alpha=2.5$ ).

그림에서 성능 분석의 기준이 되는 기존의 T-DMB의 RSR이 95%가 되기 위하여 필요한 RSP는 -93.9dBm이다. 계층 변조지수  $\alpha$ 가 1.5일 때 Advanced T-DMB 기본계층의 필요한 RSP는 -91.4dBm이고 향상계층에서 필요한 RSP는 -90.9dBm이다. 따라서  $\alpha$ 가 1.5일 때 Advanced T-DMB의 수신성능 열화는 기본계층과 향상계층 각각 2.5dB, 3dB이다. 그리고  $\alpha$ 가 2인 경우 약 4dB의 추가 전력으로 T-DMB에 비해 1.5배의 데이터를 전송할 수 있다. 그 외  $\alpha$ 에 따른 RSR이 95%를 만족하기 위해 필요한 RSP는 표 1에 나타내었다. 이 표에서 알 수 있듯이 효율적인 Advanced T-DMB 서비스를 위해서 적절한  $\alpha$  값이 선택되어야 한다. 현장 시험 결과를 표 1에 제시한 TU-6 60km/h 채널의 모의 실험 결과와 비교

하면  $\alpha$  변화에 따른 전체적인 성능 변화는 유사하나 그 성능 열화의 정도는 약간의 차이를 보인다. 이는 모의실험에서는 이상적인 수신기를 가정한 결과이고 현장 시험에 사용된 수신기는 동기, 채널 등화 등으로 인해 성능 열화 발생하였기 때문이다.

표 1. Advanced T-DMB (B-모드) RSP=95%를 만족하기 위해 요구되는 RSP  
Table 1. Required RSP for target RSR=95% of Advanced T-DMB (mode B)

		$\alpha$	RSP[dBm]	T-DMB와 비교한 RSP [dB]
T-DMB		$\infty$	-93.9	0
Advanced T-DMB	기본 계층	1.5	-91.4	-2.5
		2.0	-92.5	-1.4
		2.5	-93.1	-0.8
	향상 계층	1.5	-90.9	-3.0
		2.0	-89.7	-4.2
		2.5	-88.4	-5.5

## V. 결론

본 연구에서는 보다 개선된 형태의 모바일 멀티미디어 방송시스템의 실현을 위해서 기존 T-DMB의 전송용량을 증대시키고, 비디오 품질을 향상시키면서 T-DMB와 역호환성을 유지하는 Advanced T-DMB 전송 기술을 제안하고 이를 위한 Advanced T-DMB 시험시스템을 구현하였다. Advanced T-DMB 시험시스템은 계층 변조 방식에 대한 연구, 다중화기 및 계층적 비디오 전송 시스템 등을 포함한 전송시스템 및 복호기를 포함한 수신기로 구현하였다.

기존 T-DMB와 역호환성을 유지하면서 전송용량을 증대시키는 핵심기술은 T-DMB에 사용하는 기본계층인  $\pi/4$ -DQPSK 변조 성상에 새로운 성상인 향상계층이 추가된 계층변조 기술이다. 향상계층의 변조는 기본계층에 성능 열화를 최소화하기 위하여 성상간의 거리를 가깝게 설계하였다. 비교적 양호한 채널 환경인 고정 채널환경에서는 전송용량의 증대를 극대화하기 위하여 향상계층의 변조를 QPSK를 사용하는 Q-모드를 제안하였고, 채널환경이 열악한 이동 채널환경에서는 수신 성능이 비교

적 우수한 향상계층의 변조로 BPSK를 사용하는 B-모드를 제안하였다. 제안된 방식으로 계층변조를 함으로써 B-모드인 경우 기존의 T-DMB에 비해 1.5배로 데이터를 전송할 수 있었고, Q-모드의 경우 2배로 데이터를 전송할 수 있음을 확인하였다. 성상거리가 가까운 향상계층의 수신 성능을 개선하기 위하여 보다 강력한 오류정정 부호인 이중이진터보부호를 제안하여 시스템에 적용하였다. 제안된 전송 기술의 실제적 검증을 위해 시험시스템을 구현하여 현장 시험을 하였으며, 그 결과 이동서비스를 목표로 하는 B-모드와 고정 서비스를 목표로 하는 Q-모드에 대해 각각 0.576Mbps, 1.152Mbps의 전송용량이 증가된 것을 확인할 수 있었다. 물론 새로운 전송신호가 추가됨으로 인해 기존 T-DMB 신호가 영향을 받아 기존의 T-DMB 유효수신감도의 약 3dB 감소가 발생되었다.

그러나 제안된 고품질의 모바일 멀티미디어 방송시스템 기술은 점차 부족해가는 방송주파수 자원의 이용을 증대시키고, 서비스 품질을 질적으로 향상시키며, 양적으로 배가시킬 수 있는 유용한 기술로 평가되고 있다. 또한 타 이동 멀티미디어 방송방식인 Media FLO, DVB-H 등과 비교하여 넓은 서비스 영역을 유지할 수 있기 때문에 앞으로 이동멀티미디어 방송 분야의 주목받는 기술로 부각될 것으로 기대된다.

## 참고 문헌

- [1] K. Fazel, S. Aign, A. Romanowski, M. Ruf, "MobileMultimedia Services via DAB:DMB." Proc.IEEEGlobecom'97,pp.1312-1317,Phoenix,No v.1997.
- [2] S. Cho, G. Lee, B. Bae, K. Yang, C.-H. Ahn, S.-I. Lee, and C. Ahn, "System and Services of Terrestrial Digital Multimedia Broadcasting (T-DMB)," IEEE Trans. Broadcasting, vol. 53, no. 1, pp. 171-177, Mar. 2007.
- [3] H. Choi, I. Shin, J. Lim, and J. Hon, "SVC Application in Advanced T-DMB," IEEE Trans. on Broadcasting, vol. 55, no. 1, Mar. 2009.
- [4] Heiko Schwartz, Detlev Marpe and Thomas Wiegand, "Overview of the Scalable Video

- coding Extension of the H.264/AVC Standard,” IEEE Trans. On circuits and System For Video Technology, vol. 17. no. 9, pp. 1103 -1120, Sep. 2007.
- [5] A. Schertz and C. Weck, “Hierarchical modulation- the transmission of two independent DVB-T multiplexes on a single frequency,” EBU Techn. Apr. 2003.
- [6] C. Berrou, et. al., “Near Optimum Error Correcting Coding and Decoding: Turbo-Codes,” Proc. IEEE ICC '93, Geneva, Switzerland, vol. 20, pp. 1063-1070, May 1993.
- [7] TTAS.KO-07.0026 초단파 디지털라디오방송 비디오 송수신 정합표준, 2004.

저자 소개

최 규 석(중신회원)



- 제9권 6호 참조
  - 2011년 현재 청운대학교 컴퓨터학과 교수
- <주관심분야 : 인공지능, 이동통신, 디지털방송시스템, 이동컴퓨팅>

박 종 진(정회원)



- 1989년 연세대학교 전기공학과 공학사
- 1991년 동대학원 공학석사
- 1997년 동대학원 공학박사
- 2011년 현재 청운대학교 인터넷학과 교수.

<주관심분야 : 지능시스템, 임베디드시스템, 인터넷 프로그래밍>

임 종 수(정회원)



- 1988년 경북대학교 전자공학과 공학사
- 1994년 경북대학교 정보통신공학과 공학석사
- 2010년 순천대학교 전산학과 박사
- 1990년 ~ 1995년 SK텔레콤 연구소
- 1995년 ~ 1999년 한국통신기술(주)

• 1999년 ~ 현재 한국전자통신연구원 방송시스템연구부 책임연구원

<주관심분야 : 지상파이동방송, 디지털방송시스템, 영상통신 등>