

# AT-DMB 시스템을 위한 자력 채널추정

\*최운락, \*장준실, \*\*김성훈, \*\*임종수, \*서보석

\*충북대학교 전자공학과 \*\*전자통신연구원

\*boseok@cbnu.ac.kr

## Blind Channel Estimation for AT-DMB Systems

\*Un-Rak Choi, \*Jun-Sil Jang, \*\*Seong-Hun Kim, \*\*Jong-Su Im, \*Bo-Seok Seo

\*Chungbuk National University \*\* ETRI

### 요약

이 논문에서는 계층변조를 적용하는 AT-DMB (advanced terrestrial digital multimedia broadcasting) 시스템을 위한 자력 채널추정 기법을 제시하고 그 성능을 살펴본다. AT-DMB 시스템은 기존 T-DMB 시스템과의 호환성을 유지하기 데이터 전송채널의 경우 DQPSK 변조를 적용한 각 신호점을 다시 QPSK 변조하는 16-QAM 계층변조 방식을 적용한다. 또 프레임의 동기신호 및 정보채널은 기존 T-DMB 신호와 동일하게 유지한다. 이 신호들을 이용하여 자력 추정을 위한 채널의 초기치를 계산한다. 데이터 신호에 대해서는 일단 판정제한 모드를 적용하여 채널을 추정한 후 시간 및 주파수 영역에서 인접 심볼 및 부반송파에 걸쳐 평균을 취함으로써 잡음의 영향을 감소시킨다. 모의실험을 통해 제시한 자력 채널추정 방식의 성능을 살펴본다.

## 1. 서론

한국의 지상파 DMB (terrestrial digital multimedia broadcasting, T-DMB) 시스템의 표준은 기존 유럽형 DAB(digital audio broadcasting) 시스템인 Eureka-147 시스템을 근간으로 하며, 기존의 MUSICAM 방식 오디오 서비스를 유지하고, 스트림 모드(stream mode)를 통하여 멀티미디어 데이터를 전송할 수 있는 구조로 되어 있다. Eureka-147 시스템의 한 개의 앙상블(ensemble)로 전송할 수 있는 전송속도는 최대 약 1.7 Mbps이며, 비디오 서비스를 위한 오류정정 및 각종 헤더정보를 위한 부가비트를 포함하였을 때 하나의 앙상블 내에 500 kbps급의 QVGA (quarter video graphics array, 320 × 240) 동영상 2 채널 정도의 데이터를 전송할 수 있다. 그러나 T-DMB를 통한 SD(standard definition)급 비디오 전송과 같이 더 나은 고품질 멀티미디어 서비스를 제공하고, DVB-H (digital video broadcasting for handheld terminals), MediaFlo와 같은 경쟁기술에 대응하기 위해서는 기존 T-DMB가 제공할 수 있는 품질 및 기능을 크게 뛰어 넘는 대용량, 고품질의 실질적인 통신·방송 융합형의 이동멀티미디어 서비스를 제공할 필요가 있다. 특히 국내의 지상파 DTV가 이동 수신 성능이 불충분한 상태에서 더 높은 해상도를 지원할 수 있는

차세대 지상파 DMB를 개발할 필요가 있다. 이와 같은 필요성으로부터 최근 T-DMB 시스템을 개량하여 전송률을 증가시킨 AT-DMB (advanced T-DMB) 시스템을 개발하기 위한 연구가 최근 활발하게 진행되고 있다.

AT-DMB 시스템은 기존 T-DMB 시스템과의 역방향 호환성을 보장하기 위해 T-DMB의 DQPSK 변조방식을 기반으로 동기식 16-QAM 계층변조(hierarchical modulation) 방식을 적용하고 있으며, 채널 부호화를 위해서는 기존과 동일한 길쌈부호(convolutional code)를 유력한 후보로 고려하고 있다.

이 논문에서는 현재 연구 개발이 진행 중인 AT-DMB 시스템을 소개하고, 채널추정용 파일럿을 전송하지 않는 경우 데이터 신호만을 이용하여 자력으로 채널을 추정하는 경우의 성능을 살펴보고자 한다.

## 2. AT-DMB 시스템 개요

AT-DMB 시스템의 송신기 구조는 그림 1과 같다. 기존의 T-DMB 방식에서 DQPSK 변조 데이터에 해당하는 HP(high priority) 데이터의 처리는 그대로 유지하고, 전송률을 높이기 위해 추가한 LP(low priority) 데이터는 부반송파의 변조 방식을 제외하고는 HP 데이터와

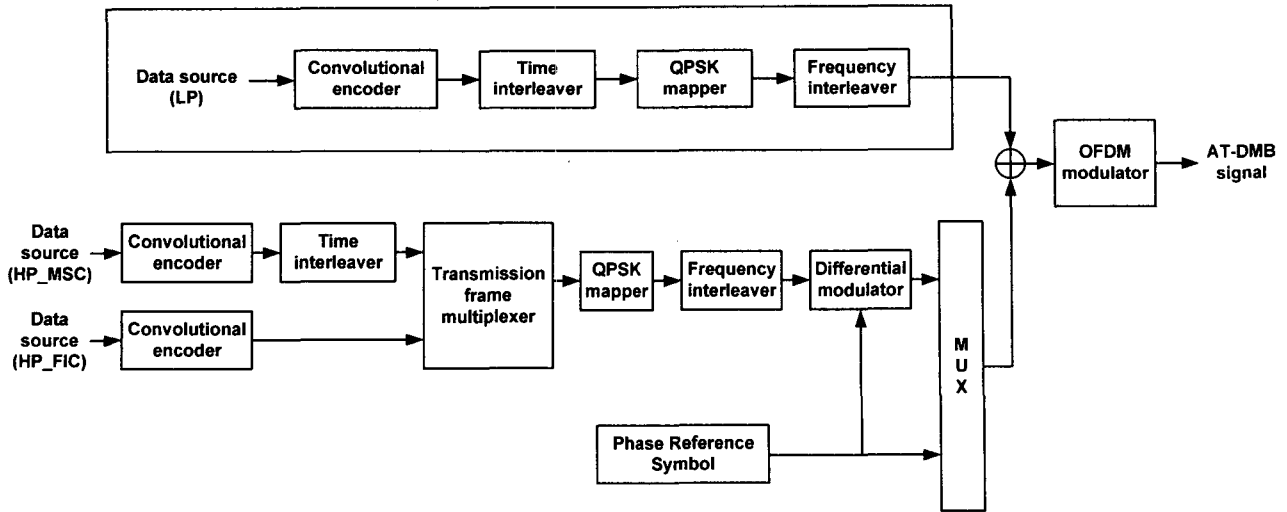


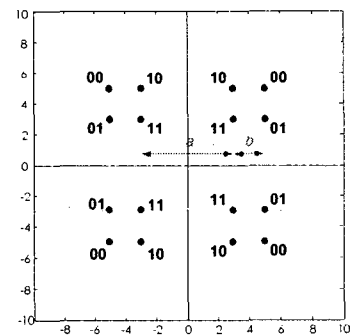
그림 1 AT-DMB 송신기 구조

동일한 방식으로 처리한다. 그림에서 빗금으로 나타낸 부분이 LP 데이터 처리 과정을 나타낸다. 이때 데이터는 그림 2와 같이 기존 DQPSK HP 신호점 각각을 LP 데이터로 QPSK 변조하는 16-QAM 계층변조를 적용한다[1]. 여기서 기존 T-DMB 수신기로는 HP 데이터를 수신할 수 있도록 신호점을 비균등 간격으로 위치시킨다. 그림 2에서 HP 및 LP 신호점 사이의 최소거리의 비인  $a/b$ 을 3 또는 4정도를 고려하고 있다. 이 경우 기존 T-DMB에 비해 HP 데이터는 약 1dB 이하의 SNR(signal-to-noise power ratio) 손실을 가져온다.

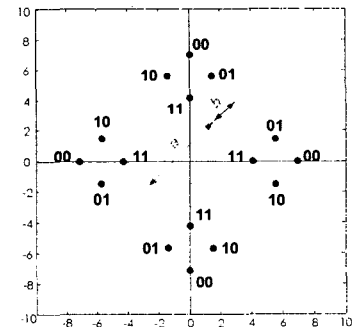
그림 1의 송신기 구조는 LP 데이터를 QPSK 매핑한 후 HP와 데이터와 산술적으로 더해 변조하는 방식을 나타내고 있다. AT-DMB 시스템에서는 이 구조 외에도 인터리버를 HP 및 LP 데이터가 공유하도록 하는 다른 구조도 고려하고 있다.

OFDM(orthogonal frequency division multiplexing) 변조된 신호는 동기를 위한 동기채널과 데이터 정보가 포함된 정보채널이 추가된 후 그림 3과 같은 96ms 길이의 프레임 구조를 가지고 연속적으로 전송된다[2]. 동기 채널은 아무 신호도 전송하지 않는 NULL 부분과 프레임 동기 및 DQPSK 신호의 기준 위상을 제공하는 Sync Symbol로 구성되어 있다. 따라서 Sync Symbol은 QPSK 변조한다 (Sync Symbol을 PRS(phase reference symbol)라고 부른다). 뒤따르는 MSC(main service channel)에 대한 정보를 담고 있는 FIC(fast information channel)는 중요 정보를 전송하므로 계층변조하지 않고 DQPSK 변조방식을 그대로 유지한다. 계층변조를 통해 전송하는 LP 데이터는 프레임의 MSC 구간에 포함된다.

AT-DMB 시스템의 수신기 구조는 그림 4와 같다. LP 데이터는 OFDM 복조 후 HP 데이터와 분리시켜 처리한다. 그림 2를 보면 LP 데이터의 QPSK 심볼 매핑은



(a)



(b)

그림 2 AT-DMB 시스템의 16-QAM 계층변조 신호점 (a) 홀수번째 OFDM 블록의 신호점, (b) 짝수번째 OFDM 블록의 신호점.

HP 데이터 (즉 DQPSK 신호점의 위치)에 따라 대칭적으로 달라진다. 따라서 그림 4에서는 나타내지 않았지만 LP 데이터를 QPSK 디매핑하기 위해서는 판정된 HP 데이터를 필요로 한다. 이때 HP 신호의 판정(decision) 시 오류가 발생하면 LP 데이터는 전혀 판정을 할 수 없다. 따라서 수신기의 구조는 그림 4와 같이 단순하지 않고 판정한 HP 데이터를 다시 부호화 및 인터리빙하고

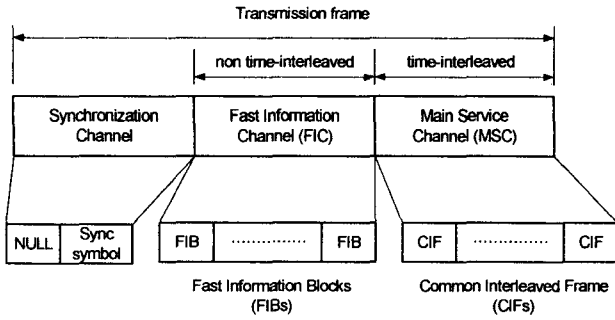


그림 3 AT-DMB 시스템의 프레임 구조

DQPSK 변조하여 송신신호를 재생하고 이 값을 LP 데이터의 판정에 이용해야 하는 과정을 거쳐야 하므로 상당히 복잡해진다. 이 과정을 피할 수 있는 방법으로 MSC에 파일럿 데이터를 전송하는 방법을 고려할 수 있다. 이 논문에서는 파일럿 데이터 전송방법은 고려하지 않기로 한다.

### 3. 전력 채널 추정

파일럿을 이용하지 않고 수신신호만을 이용하여 전력으로 채널을 추정하는 과정은 크게 두 단계로 진행된다. 먼저 그림 3의 프레임 구조에서 동기채널에 전송되는 PRS는 HP DQPSK 심볼의 기준위상을 제공하기 위한 것으로 이 신호를 복조하지 못하면 그 이하의 데이터는 전혀 검파할 수 없으므로 수신이 가능하려면 완전히 복조할 수 있다고 가정할 수 있다. FIC는 이후 MSC를 통해 전송되는 데이터의 다중화에 대한 중요한 정보를 포함하고 부호율이 약 1/3인 강력한 길쌈부호를 적용한다.. 이것은 FIC 정보를 잃으면 MSC를 복조할 수 없고 이 경우 T-DMB 신호는 수신 불가능하게 된다. 따라서 일반 데이터를 복조할 수 있기 위해서는 FIC 정보도 오류 없이 완전히 복호할 수 있다고 가정할 수 있다. 따라서

PRS와 FIC는 오류없이 복조가 가능하며 역으로 송신심볼을 계산할 수 있다. 전력채널 추정기의 초기 추정치는 PRS와 FIC의 송수신 심볼을 비교하여 추정한다. 즉

$$\hat{H}(n,k) = \frac{Y(n,k)}{\hat{X}(n,k)} \quad (1)$$

여기서  $(n,k)$ 는  $n$ 번째 OFDM 심볼의  $k$ 번째 부반송파를 의미하며,  $\hat{H}$ ,  $Y$ ,  $\hat{X}$ 는 각각 채널의 추정치, 수신심볼, 송신심볼의 추정치를 의미한다.  $n=0$ 은 PRS를 나타내고,  $n=2,3,4$ 는 3개의 OFDM 심볼로 구성된 FIC를 나타낸다. MSC 데이터는  $n=4...75$ 로 72개의 OFDM 심볼로 구성되어 있다.

채널추정 다음 단계에서는 MSC 부분 수신신호의 판정치를 이용한 판정의존(decision directed) 모드로 채널을 추정한다.  $n$ 번째 OFDM 심볼에 대해 판정의존 모드 추정은 다음과 같이 진행된다.

- 1) OFDM 복조기 출력을  $(n-1)$ 번째에서 추정한 채널  $\hat{H}(n-1,k)$ 로 나누어 채널등화를 한다.
- 2) HP 신호를 복호한 후, 다시 변조과정을 거쳐 송신신호  $\hat{X}_{HP}(n,k)$ 를 재생한다.
- 3) 2단계에서 재생한 HP 신호점을 기반으로 LP 심볼을 판정하여 송신 신호  $\hat{X}_{LP}(n,k)$ 를 추정한다.
- 4) 2, 3 단계에서 구한 두 값을 산술적으로 더하여 송신신호를 추정한다. 이 때 HP, LP 판정 데이터의 신뢰도에 따라 다음 식과 같이 가중치를 준다.

$$\hat{X}(n,k) = \gamma_{HP} \hat{X}_{HP}(n,k) + \gamma_{LP} \hat{X}_{LP}(n,k) \quad (2)$$

- 5) (2)로부터 추정한 송신신호와 수신신호 (1)식에 대입하여 채널을 추정한다.

최대 지연확산 시간에 의해 결정되는 보호구간은 T-DMB의 경우 유효구간의 약 1/4이다. 이것은 인접한 3-4개의 부채널은 상관성이 매우 큼을 의미한다. 따라서

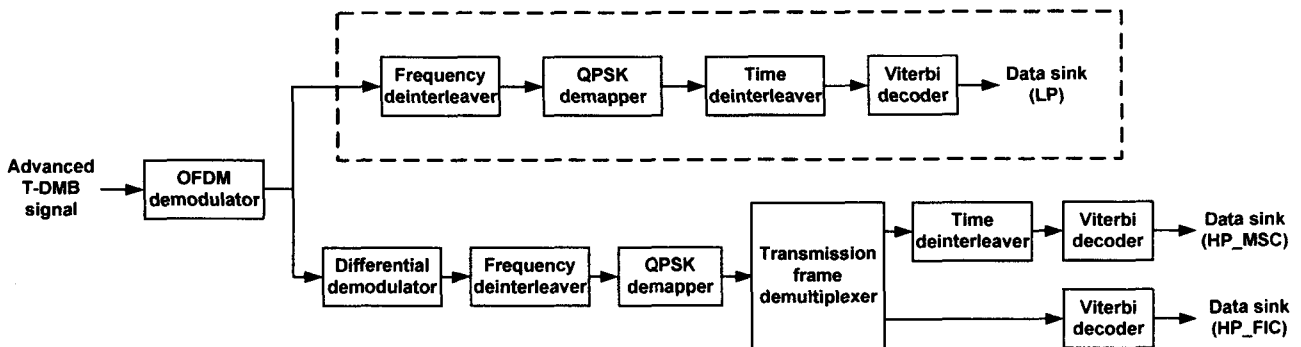


그림 4 AT-DMB 수신기 구조

다음과 같이 추정된 채널을 주파수 영역에서 평균을 취함으로써 잡음의 영향을 감소시킬 수 있다.

$$\tilde{H}(n, k) = \frac{1}{2W+1} \sum_{w=-W}^W \hat{H}((n, k+w)_N) \quad (3)$$

여기서  $2W+1$ 은 평균을 취하는 창 크기를 나타내고,  $(\cdot)_N$ 은 모듈로  $N$ 연산을 의미한다.  $N$ 은 FFT 크기를 나타낸다.

한편 채널은 주파수 영역에서뿐만 아니라 시간영역에서도 큰 상관성을 갖는다. 따라서 다음과 같이 망각률(forgetting factor)을 도입하여 채널을 갱신한다.

$$\hat{H}(n, k) = \beta \tilde{H}(n, k) + (1 - \beta) \hat{H}(n-1, k) \quad (4)$$

여기서  $0 \leq \beta \leq 1$ 로, 0인 경우 전혀 갱신이 안 되고, 1인 경우 현재 추정치에 의해서만 결정된다.  $\beta$ 는 채널의 변화속도에 따라 달라지며, 변화가 클수록 1에 가까워진다.

#### 4. 모의실험

모의실험에서는 표 1의 AT-DMB 파라미터를 기본으로, LP 데이터를 16-QAM 계층변조하여 추가로 전송하였다. 채널은 AWGN과 COST 207 TU6 Rayleigh 페이딩 채널[3] 두 경우에 대해 BER 성능을 살펴보았다. 길쌈부호의 복호를 위해 연관정 Viterbi 복호기를 이용하였다. 이 논문에서는 파일럿을 삽입하지 않고 자력동화할 수 있는 비교적 좋은 환경을 고려하여 10km/h 정도의 저속 이동채널만을 가정하였다.

그림 4는 SNR에 대해 복호기 출력의 BER (bit error rate)를 나타낸 것이다. 그림에서 페이딩 채널에서 LP 데이터의 비트오율이 HP 데이터에 비해 9-10 dB 열악한 것을 볼 수 있다. LP 데이터는 제안방식과 같이 채널

를 추정할 경우 단순히 ZF (zero forcing)만 적용하여 추정할 경우에 비해 약 2.5 dB 정도 이득이 있음을 알 수 있다.

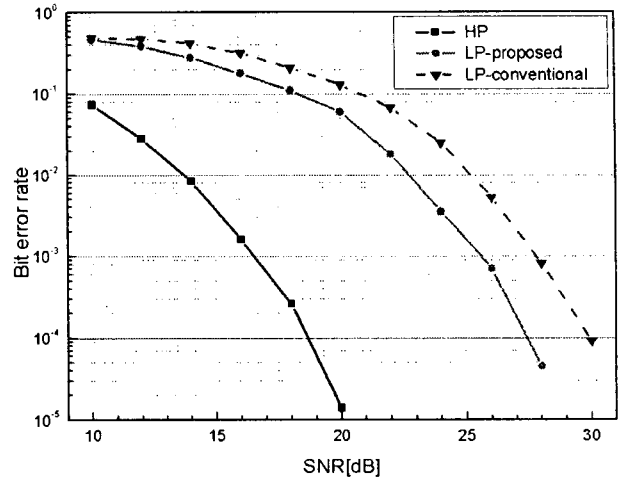


그림 5 AT-DMB 시스템의 BER 특성

#### 5. 결론

이 논문에서는 계층변조를 적용하는 AT-DMB 시스템의 전송방식을 살펴보고, 자력 채널추정 기법의 성능을 살펴보았다. 모의실험 결과 약 10 km/h의 저속 이동 환경에서 자력 채널추정 방법은 HP 데이터에 비해 LP 데이터는 약 9-10 dB 이상의 성능이 저하한다. 이것은  $a/b=3$ 일 때 이론적인 9.5 dB 차이에 근접한다.

이 논문에서는 저속 이동채널만을 고려하였으나 본래의 AT-DMB의 목표인 고속 이동환경에서의 안정적인 수신을 달성하기 위해서는 파일럿을 삽입할 필요가 있다고 판단된다. 차후에는 파일럿을 삽입하여 채널을 추정할 경우에 대해 AT-DMB 성능을 살펴보려고 한다.

#### 참고문헌

- (1) Modulation Standard of Advanced T-DMB. ETRI 내부 워크샵 자료, 2006년 6월.
- (2) ETS 300 401, Radio Broadcasting Systems: Aigital Audio Broadcasting (DAB) to Mobile, Portable and Fixed Receiver, May 1997.
- (3) Gerald Chouinard, "WRAN Multipath Channel Considerations", IEEE 802.22-05/0048r0, June 2005.

표 1 AT-DMB 전송 파라미터

| 변조기법            | OFDM/DQPSK                   |
|-----------------|------------------------------|
| 신호점 거리의 비 (a/b) | 3                            |
| 채널부호화           | 길쌈부호(모부호) $r=1/2$ ,<br>구속장:7 |
| 시간 인터리빙 깊이      | 384 ms                       |
| 주파수 인터리빙 폭      | 1.536 MHz                    |
| 시스템 대역폭         | 1.536 MHz                    |
| 부반송파 수          | 1.536                        |
| 부 반송파 간격        | 1 kHz                        |
| 보호구간            | 246 us                       |
| 유효 심볼 길이        | 1 ms                         |
| 프레임 길이          | 96 ms                        |