

AT-DMB 시스템에서 채널정보를 이용한 Viterbi 복호방법

*신지혜, *최운락, **김성훈, **김양수, *서보석

*충북대학교 전자공학과 **전자통신연구원

*boseok@cbnu.ac.kr

Viterbi Decoding for AT-DMB Systems Using Channel State Informations

*Ji-Hye Shin, *Un-Rak Choi, **Seong-Hun Kim, **Yang-Su Kim, *Bo-Seok Seo

*Chungbuk National University ** ETRI

요약

이 논문에서는 AT-DMB (advanced terrestrial digital multimedia broadcasting) 시스템에서 채널정보를 이용하여 Viterbi 복호기의 성능을 향상시키는 방법을 제시하고 그 성능을 살펴보았다. 채널정보는 부반송파를 16-QAM 계층변조한 수신신호로부터 자력적으로 추정한다. 모의실험을 통해 채널정보를 이용한 Viterbi 복호기가 채널정보를 이용하지 않는 복호기에 비해 약 1 dB의 성능향상을 나타냄을 알 수 있었다.

1. 서론

최대 1.152 Mbps의 전송률을 나타내는 기존 T-DMB (terrestrial digital multimedia broadcasting) 시스템을 통해 제공되는 비디오는 전형적으로 초당 30 프레임을 전송하여 QVGA (quater video graphics array, 320 × 240) 크기의 해상도를 가지며, 최대 353 × 288 해상도를 지원한다[1]. 이 정도의 해상도는 PDA나 휴대전화 같은 소형 단말에서는 충분한 크기이지만, 7인치 이상의 노트북이나 차량용 소형 TV 등에는 더 높은 해상도를 필요로 한다. 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 시스템과 역방향 호환성을 보장하기 위해 T-DMB의 DQPSK 변조방식을 기반으로 동기식 16-QAM 계층변조(hierarchical modulation) 방식을 고려하고 있으며, 채널 부호화를 위해서는 기존과 동일한 길쌈부호(convolutional code)를 유력한 후보로 고려하고 있다.

이 논문에서는 길쌈부호를 적용한 AT-DMB 시스템의 수신기에서 Viterbi 복호기 입력에 계층변조 방식의 신호특성을 고려한 가중치를 줌으로써 수신기의 비트오율 성능을 향상시키는 방법을 적용하고 비트오율 성능

을 살펴보았다. Viterbi 복호기 입력에 채널정보를 이용하여 성능을 향상시키는 방법은 DTV에서 제안되었다 [2]. 계층변조한 AT-DMB 신호는 기존의 T-DMB 신호 (high-priority (HP) signal)와 추가된 신호(low-priority (LP) signal)의 합으로 구성되어 있다. 따라서 채널도 HP 신호와 LP 신호의 합에 의해 추정해야 한다. 한편 기존 T-DMB 신호인 HP 신호와 AT-DMB에서 추가한 LP 신호는 신호점 사이의 거리가 서로 다르기 때문에 심볼오류 특성이 큰 차이를 나타낸다. 그 결과 각 심볼을 이용하여 추정한 채널의 정확도도 크게 다르게 된다. 이 논문에서는 이와 같은 채널 추정치의 정확도 차이를 이용한 새로운 추정치를 Viterbi 복호기 입력에 곱해줌으로써 성능을 향상시킨다.

2. AT-DMB 시스템 개요

AT-DMB 시스템의 송신기 구조는 그림 1과 같다. HP 데이터의 처리는 기존 T-DMB와 동일하며, LP 데이터도 HP 데이터와 동일한 처리를 하는 것으로 가정다. 단, 심볼 매핑은 기존 T-DMB 시스템(즉 HP 데이터)에서는 DQPSK(differential quadriphase shift keying)를 적용하지만, LP 데이터는 QPSK를 적용한다. HP 및 LP 심볼은 산술적으로 더해져서 OFDM 변조기에 입력된다.

변조된 신호는 동기를 위한 동기채널과 데이터 정보가 포함된 정보채널(FIC) 이 추가된 후 그림 2와 같은

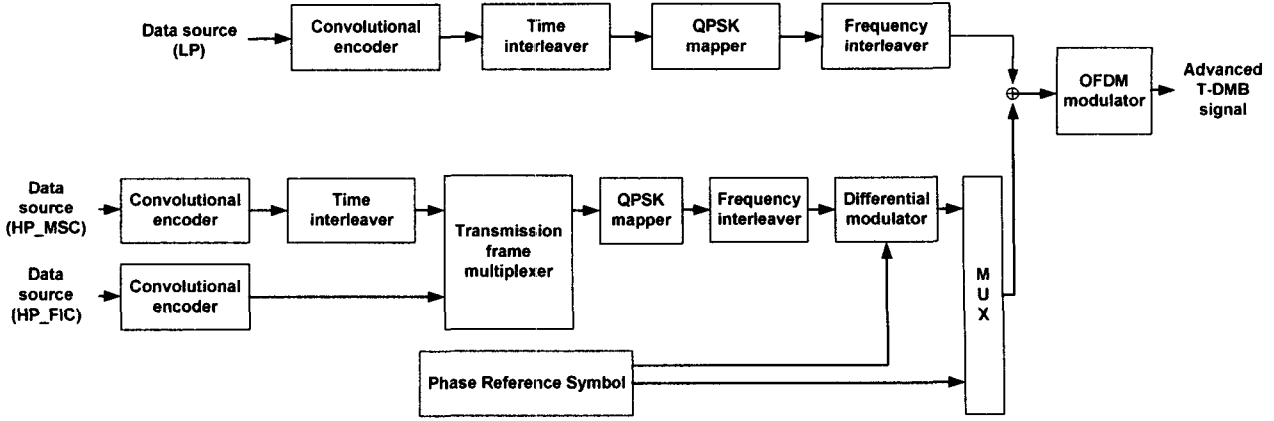


그림 1 AT-DMB 송신기 구조

96ms 길이의 프레임 구조를 가지고 연속적으로 전송된다.

정한다. 즉

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

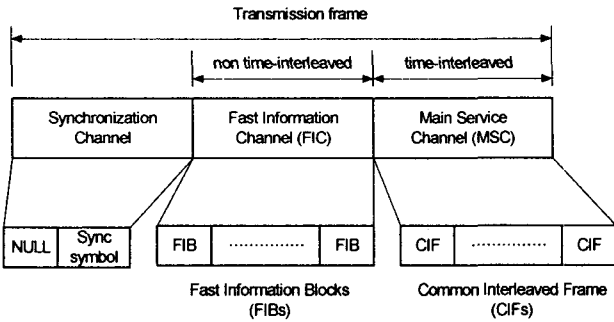


그림 2 AT-DMB 시스템의 프레임 구조

3. 채널 추정 및 Viterbi 복호

Viterbi 복호에 사용되는 채널정보는 자력추정 방법을 이용하여 구한다. 먼저 동기채널(Synchronous Channel)에 전송되는 PRS(phase reference symbol)는 HP DQPSK의 기준위상을 제공하기 위한 것으로 이 신호를 복조하지 못하면 그 이하의 데이터는 전혀 검파할 수 없으므로 완전한 복조를 가정할 수 있다. FIC(Fast Information Channel)는 이후 MSC(Main Service Channel)를 통해 전송되는 데이터의 다중화 정보를 포함하고 부호율이 약 1/3인 강력한 길쌈부호를 적용한다. 이것은 FIC 정보를 잃으면 MSC를 복조할 수 없기 때문이다. 일반 데이터를 복조할 수 있기 위해서는 FIC 정보도 오류없이 완전히 복호할 수 있다고 가정할 수 있다. 따라서 PRS와 FIC는 오류없이 복조가 가능하며 역으로 송신심볼을 계산할 수 있다. 자력채널 추정치의 초기 추정치는 PRS와 FIC의 송수신 심볼을 비교하여 추

여기서 (n,k) 는 n 번째 OFDM(orthogonal frequency division multiplexing) 심볼의 k 번째 부반송파를 의미하며, \hat{H} , Y , \hat{X} 는 각각 채널의 추정치, 수신심볼, 송신심볼의 추정치를 의미한다. $n=0$ 은 PRS를, $n=2,3,4$ 는 3개의 OFDM 심볼로 구성된 FIC를 나타낸다. MSC 데이터는 $n=4...75$ 로 72개의 OFDM 심볼로 구성되어 있다. MSC 심볼은 HP 심볼과 LP 신호로 이루어져 있으며, 이 때 채널은 다음과 같이 추정한다.

$$\hat{H}(n,k) = \beta \tilde{H}(n,k) + (1-\beta) \hat{H}(n-1,k) \quad (2)$$

여기서 $0 \leq \beta \leq 1$ 로, 0인 경우 전혀 갱신이 안 되고, 1인 경우 현재 추정치에 의해서만 결정된다. β 는 채널의 변화속도에 따라 달라지며, 변화가 클수록 1에 가까워진다. $\hat{H}(n,k)$ 는 수신 신호만을 이용하여 자력적으로 추정된 채널이며 다음과 같이 두 부분으로 구분할 수 있다.

$$\hat{H}(n,k) = \gamma_{HP} \hat{H}_{HP}(n,k) + \gamma_{LP} \hat{H}_{LP}(n,k) \quad (3)$$

여기서 \hat{H}_{HP} , \hat{H}_{LP} 는 각각 HP 심볼과 LP 심볼의 판정하여 판정의존 모드로 추정된 채널을 나타내고, γ_{HP} , γ_{LP} 는 가중치를 낸다. 두 형태의 데이터는 그림 3과 같이 서로 분리된 과정을 통해 복조 및 복호한다. LP 데이터를 수신하고 복조 가능하기 위해서는 이 때 HP 데이터는 매우 낮은 비트 오류로 수신 가능한 환경임을 가정한 것이다. 따라서 복호된 비트로부터 재생한 송신 신호를 훈련데이터로 간주하고 채널을 추정할 수 있다.

한편 LP 데이터는 이전($n-1$) OFDM 심볼에서 추정된 채널을 바탕으로 현재(n)의 LP 심볼을 추정하고, 이

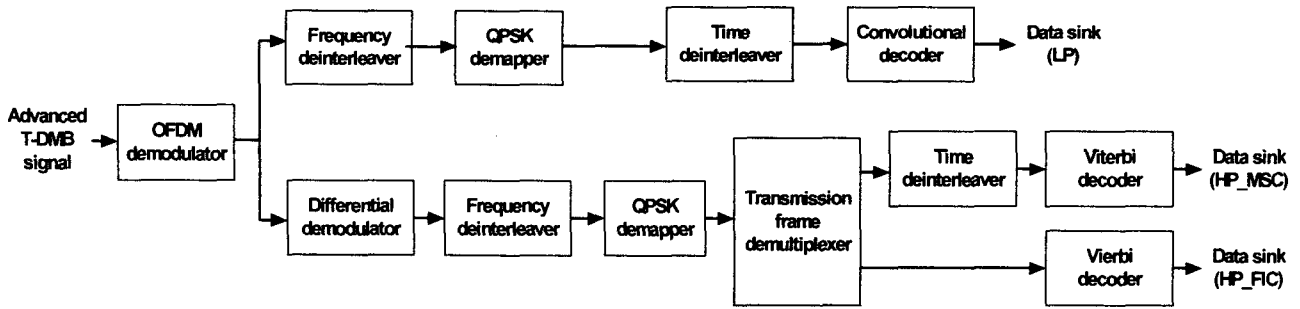


그림 3 AT-DMB 송신기 구조

로부터 LP 심볼에 대한 현재(n)의 채널을 추정한다. 이와 같은 가정은 채널이 급격하게 변하지 않는다는 가정일 때 유효하며, 정확성이 감소하기 때문에 $\gamma_{LP} < \gamma_{HP}$ 가 되도록 하여 가중치를 감소시킨다.

n 번째 OFDM 심볼에서 k 번째 부채널의 LP 심볼을 $\tilde{X}_{LP}(n,k)$ 라 하면, 채널 이득을 이용하여 다음과 같이 가중을 둔 값을 Viterbi 입력 $\hat{X}_{LP}(n,k)$ 이 되도록 한다.

$$\hat{X}_{LP}(n,k) = |\hat{H}(n,k)|^2 \tilde{X}_{LP}(n,k) \quad (4)$$

이것은 채널이득이 높은 데이터에 더 큰 가중치를 줌을 의미한다.

4. 모의실험

모의실험에서는 표 1의 T-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. 이 논문에서는 Viterbi 입력의 가중치를 위한 채널을 자력적으로 추정하였지만, 지표 부반송파 (pilot subcarrier)를 전송하는 경우 지표 부반송파를 이용하여 더 정확하게 추정할 수 있다. 따라서 이 논문에서는 10km/h 정도의 저속 이동채널만을 가정하였다.

그림 4는 SNR (signal to noise power ratio)에 대해 BER (bit error rate)를 나타낸 것이다. 그림에서 페이딩 채널에서 LP 데이터의 비트오율이 HP 데이터에 비해 9-10 dB 열악한 것을 볼 수 있다. 또 LP 데이터는 가중치를 둔 경우 그렇지 않은 경우에 비해 약 1.5 dB정도 이득이 있음을 알 수 있다.

표 1 T-DMB 전송 파라미터

변조기법	OFDM/DQPSK
채널부호화	길쌈부호(모부호) $r=1/2$, 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

5. 결론

이 논문에서는 계층변조를 적용하는 AT-DMB 시스템에서 계층변조 신호의 특성을 이용해서 자력적으로 채널을 추정하고, 그 추정치를 이용하여 Viterbi 복호기 입력에 가중치를 적용했을 때의 성능을 살펴보았다. 모의실험 결과 가중치를 둔 경우 두지 않은 경우에 비해 오율 10^{-4} 에서 약 1.5 dB의 SNR 이득이 있음을 확인할 수 있었다. 이 논문에서는 지표 부반송파가 없이 자력적으로 채널을 추정하였으나 고속 이동 채널에서 수신할 수 있기 위해서는 지표 부반송파의 전송이 필수적이다. 이 경우 좀 더 채널을 정확하게 추정할 수 있기 때문에 Viterbi 복호기의 성능도 달라질 것으로 예상된다. 따라서 차후에는 이 경우의 AT-DMB 성능을 살펴보고자 한다.

참고문헌

- [1] Gwangsoon Lee, et al., "Development of Terrestrial DMB Transmission System based on Eureka-147 DAB System", IEEE Trans. on Consumer Electronics, Vol. 51, No. 1, pp. 63-68, Feb. 2005.

[2] Weon-cheol Lee, Hyung-Mo Park and Jong-Seok Park, "Viterbi Decoding Method Using Channel State Information in COFDM System", IEEE Trans. on Consumer Electronics, Vol. 45, No. 3, pp. 533-537, Aug. 1999.

[3] Gerald Chouinard, "WRAN Multipath Channel Considerations", IEEE 802.22-05/0048r0, June 2005.

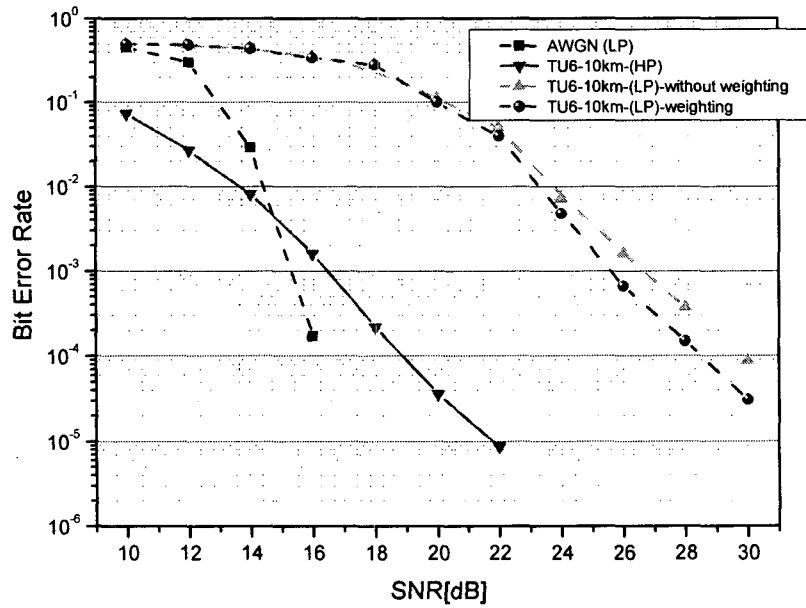


그림 4 AT-DMB 시스템의 BER 특성