

T-DMB 시스템의 이동 수신 성능 분석

(Performance Analysis of Mobile Reception of the T-DMB System)

권순영, 김호재, 김형남
(Soon-Young Kwon, Ho Jae Kim, Hyoung-Nam Kim)

부산대학교 전자공학과

Abstract : A DMB(Digital Multimedia Broadcasting) system is a kind of wireless digital broadcasting communication and is useful when the receiver is moving. However, the performance of the digital broadcasting system varies with the mobile condition. In this paper, we analyze the bit error rate(BER) performance of DMB mobile reception. Simulation results show the performance change according the mobile speed.

Keywords : DMB(Digital Mobile Broadcasting), OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing), Digital communication system

I. 서론

아날로그 방송에서 디지털 방송으로 전환되면서, 무선 디지털 방송에 대한 관심이 높아지고 있다. 디지털 방송은 아날로그 방송에 비해 고화질, 고음질 방송이 가능하고, 주파수의 효율성이 높다는 장점이 있다[1]. 2005년 12월, 지상파 이동 수신 TV인 DMB(digital multimedia broadcasting) 서비스가 시작된 이래로 많은 DMB 수신단말이 보급되었다. DMB는 모든 국민이 사용 가능한 서비스로서, 이동 중 다양한 콘텐츠 시청을 보장하며 대국민 안전 서비스를 위해 재난방송 서비스 제공에 가장 적절한 매체로 평가 받고 있다[2].

DMB는 이동 상황에서도 방송 시청이 가능한 방송 시스템으로, 기존의 아날로그 방식에서는 이동 중 방송 시청이 어려웠으나, 무선 디지털 방송인 DMB 방식이 출현하면서 고품질의 이동 수신 서비스를 제공할 수 있게 되었다. 본 논문에서는 DMB 시스템의 신호를 이용하여 수신기 이동 상황에서 다양한 속력에 대한 비트 오류율(BER, bit error rate) 성능을 분석한다.

II. DMB 시스템 구조

DMB 시스템은 그림 1과 같은 송신 신호 처리 과정을 통하여 신호를 전송한다. 수신 과정은 송신 과정의 역과정으로 신호 처리가 진행된다.

1. 길쌈 부호(convolutional code)

길쌈 부호란, 오류 정정 부호의 한 종류로, 데이터 전송 도중 오류가 발생 하더라도 수신측에서 오류를 검출하여 정정할 수 있게 해주는 부호화 방식이며, DMB 오류 정정 부호의 표준으로 사용된다.

길쌈 부호는 입력 정보를 기억 소자에 통과시켜, 패리티 부분이 추가되어 부호어가 생성되는 구조를 가진다. 이때 한 번에 입력되는 정보 비트 수를 k , 출력 비트의 수를 n 으로 정의하고 부호화에 사용되는 메모리의 개수가 m 개일 경우, 이러한 길쌈 부호를 (n, k, m) 부호라고 한다. 이때 $m+1$ 을 구속장(constraint length)이라 하며 K 로 정의한다. 길쌈 부호의 부호율(code rate)은 k/n 으로 정의한다[3]. 길쌈 부호 규칙은 마더 부호에 의해 정해지며, DVB-T2 표준의 마더 부호는 식 (1)과 같다.

* 교신저자(Corresponding Author)

김형남 : 부산대학교

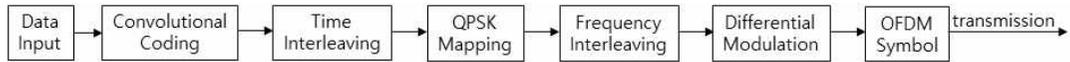


그림 1. DMB 시스템 신호 처리 과정 블록도

Fig. 1. Block diagram of DMB system signal processing

$$\begin{aligned}
 x_{0,i} &= a_i \oplus a_{i-2} \oplus a_{i-3} \oplus a_{i-5} \oplus a_{i-6}; \\
 x_{1,i} &= a_i \oplus a_{i-1} \oplus a_{i-2} \oplus a_{i-3} \oplus a_{i-6}; \\
 x_{2,i} &= a_i \oplus a_{i-1} \oplus a_{i-4} \oplus a_{i-6}; \\
 x_{3,i} &= a_i \oplus a_{i-2} \oplus a_{i-3} \oplus a_{i-5} \oplus a_{i-6};
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

여기서 \oplus 연산은 modulo-2 덧셈을 의미하고, a 는 연산에 참여하는 기억 소자(입력), x 는 출력 정보를 의미한다. DMB 시스템에서 사용되는 길쌈 부호의 부호율은 1/4을 사용한다.

길쌈 부호화를 통해 생성된 코드워드는 천공 패턴(puncturing pattern)을 통해 부호율을 조절한다. 천공 패턴이란, 길쌈 부호를 통과한 정보를 규칙에 맞게 제외시키는 방법이다. 위의 길쌈 부호화와 천공 패턴을 통해 부호율을 조절하며, DMB의 데이터는 1/2 부호율을 사용한다.

2. 직교 위상 편이 변조(Quadrature Phase Shift Keying, QPSK)

DMB 시스템의 변조 방식은 QPSK를 사용하며, 식 (2)와 같이 표현할 수 있다.

$$q_{l,n} = \frac{1}{\sqrt{2}} [(1-2p_{l,n}) + j(1-2p_{l,n+K})] \tag{2}$$

($n = 0, 1, 2, \dots, K-1$)

여기서 $p_{l,n}$ 은 시간 인터리빙의 출력을 n 비트씩 l 개의 심볼로 나눈 값이며, $q_{l,n}$ 은 l 번째 심볼의 n 번째 값을 의미한다. 한 심볼의 길이는 K 개이며, DMB에서는 1536개를 사용한다.

3. 인터리빙(interleaving)

인터리빙이란, 정보들을 특정한 규칙으로 섞는 과정을 의미한다. 인터리빙은 시간 축을 기준으로 섞는 시간 인터리빙과 주파수 축을 기준으로 섞는 주파수 인터리빙으로 나누어진다. 정보들이 인터리빙을 통과하여 신호가 전송되면 특정 부분에 오류

가 집중되는 연립 오류(burst error)에 강한 장점이 있다.

4. 차등 변조(differential modulation)

주파수 인터리빙의 출력을 이용하여 차등 변조 신호를 생성한다. 차등 변조 신호의 출력은 식 (3)과 같이 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 z_{l,k} &= z_{l-1,k} \cdot y_{l,k} \\
 \left(-\frac{K}{2} \leq k \leq \frac{K}{2}\right)
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

여기서 $y_{l,k}$ 은 주파수 인터리빙 출력 신호이다. $z_{1,k}$ 은 PRS(phase reference symbol)로, 데이터를 가지지 않지만, 기준 심볼의 역할을 한다.

5. 직교 주파수 분할 다중화 (OFDM, orthogonal frequency division multiplexing)

차등 변조의 출력 $z_{l,k}$ 를 이용하여 OFDM 신호를 생성한다. OFDM 하나의 심볼은 1536개의 부 반송파를 가지며, 부 반송파의 양 끝에 256개의 zero padding을 추가하여 2048개의 부 반송파를 가지는 OFDM 심볼 하나가 완성된다. 이 정보들로 IFFT(Inverse Fast Fourier Transform)와 Cyclic Prefix를 이용하여 송신 신호를 생성한다. 이 때, 76개의 OFDM 심볼이 하나의 DMB 프레임을 구성한다[4].

6. 도플러 효과(Doppler effect)

DMB와 같은 이동 수신 시스템에서 수신되는 신호의 주파수가 변하게 되는데 이를 도플러 효과라고 하며, 이때 발생하는 전파의 주파수를 도플러 주파수(Doppler frequency)라고 한다. 수신기의 이동 방향과 수신되는 신호의 방향에 따라 도플러 주파수가 달라지기 때문에, 수신기의 속력에 따른 최대 도플러 주파수를 고려하여야 한다. 최대 도플러 주파수는 식 (4)와 같이 표현할 수 있다.

$$f_d = f_c \cdot \frac{v}{c} \quad (4)$$

여기서 f_c 는 반송파 주파수, c 는 빛의 속력인 $3 \cdot 10^8$ m/s, v 는 수신기의 속력이다.

III. 모의실험

모의실험은 수신기 이동 상황을 고려하여 SNR (signal to noise ratio)에 따른 BER 성능을 분석하였다. 채널 모델은 이동 수신 채널로 널리 알려진 TU-6 채널을 사용하였고, code rate는 1/2을 사용하였다. 중심 주파수는 200MHz로 고정하였다. DMB는 이동 수신을 목표로 하기 때문에 수신기 이동에 대한 도플러 효과를 고려하여 모의실험을 진행하였다. 그림 2는 각각의 수신기 속력(5, 60, 120, 200, 300 km/h)에서 SNR에 따른 BER 그래프를 나타내었다. SNR이 증가함에 따라 BER은 감소하는 모습을 보였고, 수신기의 속력이 증가함에 따라 BER도 증가함을 확인할 수 있다. BER이 10^{-4} 에서 수신기의 속력이 5km/h일 때의 요구 SNR은 약 8 dB이며, 수신기의 속력이 300km/h일 때의 요구 SNR은 약 13 dB로 약 5 dB 정도의 차이가 난다.

IV. 결 론

본 논문에서는 DMB 방송 시스템 신호를 이용하여 수신기의 속력에 따른 BER 성능을 분석하였다. 모의실험을 통하여 DMB 방송 수신 신호는 SNR 값이 증가함에 따라 BER이 감소함을 확인하였고, 수신기 속력이 증가함에 따라 BER이 증가함을 확인하였다.

그림 2. SNR과 수신기 속력에 따른 BER
Fig. 2. BER based on SNR and receiver speed

참 고 문 헌

- [1] 안중배, “해외사례 분석을 통해 본 디지털방송전환 성공 전략 연구”, 문화산업연구, 제 12권, 제 3호, 43-40쪽, 2012.
- [2] 김영수, 이훈희, 윤정일, 배병준, 송윤정, 정행운, 임형수, “차세대 DMB (AT-DMB) 기술개발 현황”, 한국통신학회지 (정보와통신), 제 30권, 제 5호, 51-58쪽, 2013.
- [3] 이재환, 이현, 강인식, 윤상범, 박철순, 송영준, “길쌈 부호 복원 및 성능 분석”, 한국통신학회논문지 (통신이론 및 시스템), 제 37권, 제 4호, 260-268쪽, 2012.
- [4] European Standard, “Radio Broadcasting Systems; Digital Audio Broadcasting (DAB) to mobile, portable and fixed receivers”, Draft ETSI EN 300 401 v2.1.1, 2016.
- [5] 장현, “Jakes 모델을 이용한 레일리 페이딩 채널 시뮬레이션”, 한국통신학회 종합 학술 발표회 논문집 (추계), 837-840쪽, 2007.