DBpia

PN 시퀀스 기반 Advanced T-DMB 시간 동기 방법

정회원 배 재 휘*, 김 영 수*, 임 종 수*, 송 윤 정*, 이 수 인*, 종신회원 한 동 석**

Time Synchronization Performance Improvement based on PN sequence for Advanced T-DMB system

JaeHwui Bae*, YoungSu Kim, JongSoo Lim, YunJeong Song, Soo In Lee, *Regular Members*
DongSeog Han** *Lifelong Member*

요 약

AT-DMB 수신에 적용하기 위한 PN 시퀀스 기반 시간 동기 방법을 제안한다. AT-DMB 변조 모드 정보를 전송하기 위해 PRS에 PN 시퀀스를 삽입하여 전송하는 방법을 적용할 수 있는데, 이 PN 시퀀스를 이용하여 효과적으로 AT-DMB의 시간동기를 획득할 수 있다. 제안한 PN 시퀀스 기반 시간동기 방법에 대해 이동 채널에서 BER 분석을 통해 성능 분석을 하였고 그 결과를 도시하였다.

Key Words : PN sequence; Time Synchronization; AT-DMB; BER; Hierarchical Modulation.

ABSTRACT

A time synchronization method for Advanced T-DMB is proposed using PN sequence inserted in PRS for the transmission of hierarchical modulation mode information. The time synchronization offset is estimated through the cross-correlation of the PN sequence and the received PRS. The performance of the proposed method is analyzed by the BER analysis in mobile channel and the results are shown.

Ⅰ. 서 론

방송의 디지털 전환과 더불어 언제 어디서나 TV 방송을 시청할 수 있는 DMB(digital multimedia broadcasting) 방송이 출현하였고, 전세계적으로 점점 시장이 커지고 있는 추세이다[1]. 특히 우리나라는 T-DMB(terrestrial-DMB) 표준을 채택하여 2009년 12월 현재 전국방송을 실시하고 있다. 이동방송에 대한 사용자의 요구가 점점 다양해짐에 따라 T-DMB의 전송율을 높이는 필요성이 커졌고, 이것을 위해 동일한 주파수 대역폭에서 T-DMB의 전송율을 높이기 위한 AT-DMB(advanced T-DMB) 시스템이 개발되었다. AT-DMB는 기존 T-DMB 시스템을 기반으로 계층변조를 적용하여 데이터 전송율을 높인다[2]. AT-DMB에서 적용하는 계층변조는 BPSK (binary phase shift keying) 변조를 이용하는 B모드와 QPSK(quadrature phase shift keying)변조를 이용하는 Q모드가 있다[3]. AT-DMB의 계층변조 모드 정보를 수신기에 전송하기 위한 방법 중에 서로 다른 2개의 PN (pseudo random number) 시퀀스를 각각 B모드 및 Q모드에 할당하고, 적용되는 계층변조 방식에 따라 해당하는 PN 시퀀스를 PRS(phase reference symbol)에 삽입해서 전송하는 방법을 사용할 수 있다[4].

본 논문에서는 PRS에 PN 시퀀스를 삽입하여 AT-DMB의 계층변조 정보를 전송하는 경우에, 삽입된 PN 시퀀스를 이용하여 효과적으로 시간동기를 획득하는 방법을 제안한다. 제안된 PN 시퀀스 기반 시간동기 방법은 PRS에 삽입된 PN 시퀀스를 검출하기

※ 본 연구는 지식경제부 선도기반기술개발과제(2006-S-017-04)의 일환으로 수행되었습니다.
* 한국전자통신연구원(jhbae@etri.re.kr), ** 경북대학교
논문번호 : KICS2009-12-645, 접수일자 : 2009년 12월 30일, 최종논문접수일자 : 2010년 3월 10일

www.dbpia.co.kr

위해 상호상관을 수행할 때 PN 시퀀스 검출과 동시에 시간동기를 획득할 수 있는 장점이 있으며 또한 매우 우수한 동기 값을 얻을 수 있다. 제2장에서는 AT-DMB 시스템에 대해서 간략하게 소개한다. 제3장에서는 제안된 PN 시퀀스 기반 시간동기 방법에 대해 설명하고, 제4장에서 실험을 통한 제안방법의 성능을 분석하였다. 그리고 제5장에서 제안 방법의 적용성 및 향후 연구내용에 대해 언급한다.

Ⅱ. AT-DMB 시스템 개요

이 장에서는 T-DMB 이동멀티미디어 방송 시스템의 전송표준 및 계층변조가 적용된 T-DMB 시스템에 대해 소개한다[3].

2.1 T-DMB 전송 시스템 구조

T-DMB 시스템은 고정, 휴대 및 이동환경에서 CD급 음질을 제공하는 Eureka-147 DAB 시스템을 기반으로 만들어졌다[5]. Eureka-147 DAB 시스템의 물리계층은 그림 1에 나타난 것과 같이 5가지의 데이터 경로를 가진다. FIC와 SI는 다중화 및 서비스 정보를 보내고, DAB 오디오 프레임 채널은 DAB 오디오 서비스에 이용된다. Eureka-147 시스템에서 입력되는 서비스 신호는 먼저 확산 스크램블러(energy dispersal scrambler)를 통해 입력신호의 에너지를 분산시키는 과정을 거치고, 다음 단계로 컨벌루션널 부호화를 거친다. 이 때 각 서비스 마다 적용하는 보호수준(protection level)에 따라 다양한 부호율(code rate)이 적용된다. 그 다음에는 군집에러가 컨벌루션널 부호의 성능 열화를 막기 위한 시간 인터리버(time interleaver)를 거친다.

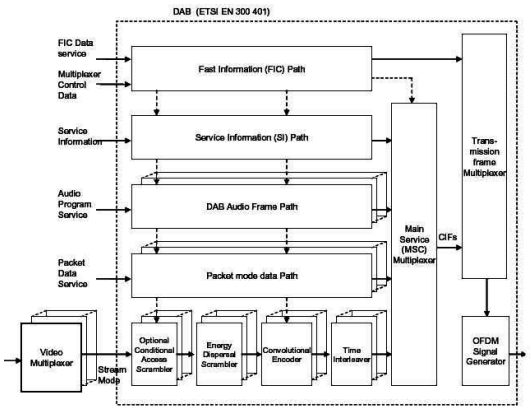


그림 1. T-DMB의 서비스 전송 구조

시간 인터리버는 4개의 데이터 프레임에 걸쳐서 일어나며, CIF 단위로 이루어진다. 데이터 프레임은 synchronization 채널(2 OFDM 심볼=Null 1개+PRS 심볼 1개), FIC(fast information channel) 심볼 3개 그리고 실제 payload를 실어 나르는 72개의 MSC(main service channel) 심볼로 구성되는 총 76개의 OFDM 심볼로 구성된다. 또한 18개의 OFDM 심볼을 묶어서 하나의 CIF로 정의하기 때문에, 1 프레임은 synchronization 채널 1개, FIC 심볼 3개 그리고 4개의 CIF로 구성된다고도 할 수 있다. 이 때 FIC 심볼(1/3)과 MSC 심볼(사용자 정의)에는 서로 다른 수준의 컨벌루션널 부호율이 적용되며, FIC 심볼에 대해서는 시간 인터리빙이 적용되지 않는다. 여기까지 처리된 다양한 서비스 신호는 주서비스 멀티플렉스에서 하나의 스트림으로 만들어지고, 다음 단계에서 데이터 프레임 구조로 만들어져서 DQPSK 변조 및 주파수 인터리빙을 거쳐 OFDM 신호로 만들어진다.

T-DMB는 스트림 모드에 비디오 멀티플렉스를 추가하여 이동멀티미디어 방송 서비스를 제공한다. T-DMB에서는 FIC는 부호율 1/3 그리고 MSC는 부호율 1/2을 적용한다.

2.2 AT-DMB 전송 시스템

AT-DMB 시스템은 T-DMB 시스템에 계층변조를 적용하여 전송율을 높이는 시스템이다. AT-DMB 시스템은 기존 T-DMB 서비스를 제공하는 기본계층(base layer)과 새로 추가된 향상계층(enhancement layer)으로 구성된다. AT-DMB 신호 $S_H(n)$의 수학적 표현은 다음 식과 같다[6].

$$S_H = S_{TDMB} + S_{\neq W}$$

여기서 S_{TDMB}는 기본계층의 T-DMB 신호이고, S_{NEW}는 새로 추가된 향상계층 신호이다.

AT-DMB는 새로 추가되는 향상계층 신호가 기본계층 신호인 기존 T-DMB에 미치는 영향을 최소화하기 위하여 다음과 식과 같이 신호의 크기를 성상비 α 만큼 크기를 감소시켜 더한다. 특히 Q모드의 경우에는 성상간의 거리를 최대로 하기 위해 PRS 기준 홀수번째 신호의 성상은 $-\pi/4$만큼 회전시킨다.

$$S_H(l,k) = S_{BL}(l,k) + \frac{1}{1+\alpha} S_{EL}(l,k) e^{j(\angle S_{BL}(l,k)+\theta)}$$

$$\theta = \begin{cases} \text{if } EL \text{ is } QPSK, \ \theta = -\dfrac{\pi}{4} \\ \text{if } EL \text{ is } \ BPSK, \theta = 0 \end{cases}$$

www.dbpia.co.kr

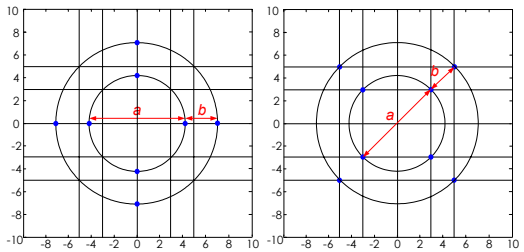
$$S_{BL}(l,k) = S_{BL}(l-1,k) \times y_{BL}(l,k)$$

여기서 $S_{BL}(1,k) = y_{BL}(1,k)$이고, $y_{EL}(1,k)$는 PRS이고, y_{BL}은 QPSK 심볼이다. α는 성상비이고, k는 서브 캐리어 인덱스이며 $k = 1,2,3,\cdots,K$의 값을 가진다. θ는 EL에 QPSK 변조가 적용되었을 때 성상 회전각이다.

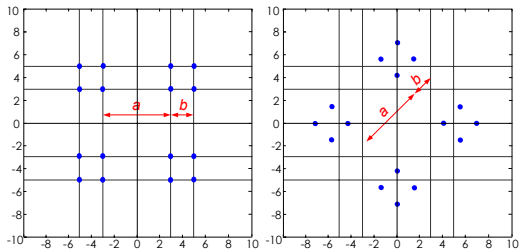
적용된 계층변조 모드에 따라 AT-DMB 성상은 그림 2와 같이 나타난다[3]. B모드 및 Q모드에 대한 성상비 α는 그림 2에 나타난 a,b에 대하여 다음과 같이 정의된다.

$$\alpha = \frac{a}{b}$$

여기서 a는 성상군간의 거리이고, b는 성상간의 거리이다.



(a) B모드 신호 성상도 (DQPSK+BPSK)



(b) Q모드 신호 성상도 (DQPSK+QPSK)

그림 2. AT-DMB 신호 성상도

2.3 AT-DMB 시스템에서 계층변조모드 전송 방법

AT-DMB 시스템에서 수신단에서 수신된 신호의 계층변조모드를 구분하기 위해 별도로 계층변조 모드 정보를 전송하는 방법이 요구된다. 이것을 위해 기본계층 FIC 신호 안에 새로운 FIG(fast information group)를 정의해서 계층변조 모드 정보를 전송할 수 있다[3]. 그러나 이 방법은 기본계층의 FIC에 새로운 신호를 추가하므로, 기본 계층 FIC는 T-DMB의 FIC와 다르게 된다. 만약 T-DMB와 AT-DMB가 동일 주파수 망으로 방송을 실시하는 경우에, T-DMB의 FIC와 AT-DMB의 FIC가 다르게 되면 비록 MSC가 같아도 DQPSK변조 특성상 그림 3 및 그림 4와 같이 FIC 신호를 기준으로 MSC의 DQPSK 변조가 수행되므로 DQPSK 변조 이후 T-DMB와 AT-DMB의 MSC 신호는 서로 달라지게 된다. 따라서 이 신호는 상호간에 동일 주파수 대역에서 잡음으로 작용하여 AT- DMB 신호의 수신은 물론 T-DMB 신호의 수신에도 문제가 발생하게 된다.

이 문제점을 극복하기 위해서는 AT-DMB의 FIC와 T-DMB의 FIC가 동일해야 한다. 따라서 AT-DMB는 기본계층 FIC의 변경이 없이 계층변조 모드를 전송할 수 있어야 한다. 이것을 위해 AT-DMB 신호에서 B모드 및 Q모드에 각각 서로 다른 PN 시퀀스를 할당하고 계층변조가 수행되지 않는 PRS 신호에 삽입해서 전송하여, 수신단에서 상호상관을 취해서 삽입된 PN 시퀀스의 종류를 검출하여 계층변조 모드를 전송할 수 있다[4]. AT-DMB 시스템에서 계층변조 모드 정보 전송을 위해 기존 송신기에 PN시퀀스 삽입기를 추가하는 과정은 그림 5와 같이 나타난다. 그리고 수신단에서 PRS에 삽입된 PN 시퀀스를 검출하여 AT-DMB 변조모드를 찾는 과정은 그림 6과 같이 나타난다. 이 때 적용되는 PN 시퀀스는 페이딩 채널을 통과한 이후에 PN 시퀀스의 검출성능과 기존 시스템의 수신에 문제가 없도록 길이와 크기를 설정해야 한다.

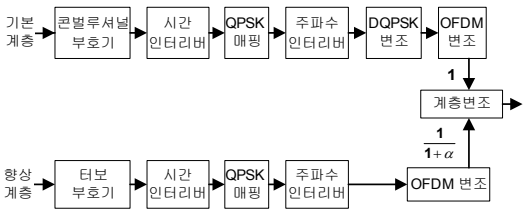


그림 3. AT-DMB 송신단 구성도

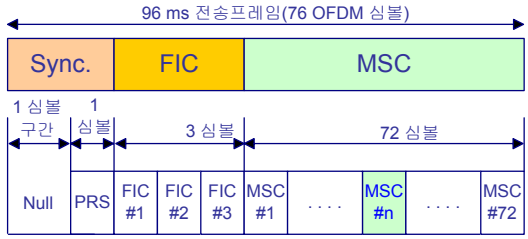


그림 4. AT-DMB 데이터 프레임 구조

www.dbpia.co.kr

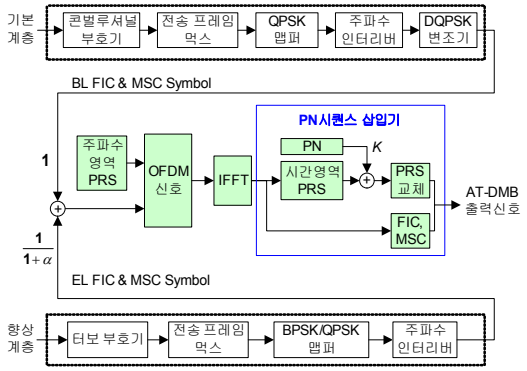


그림 5. AT-DMB에 PN 시퀀스 추가 과정

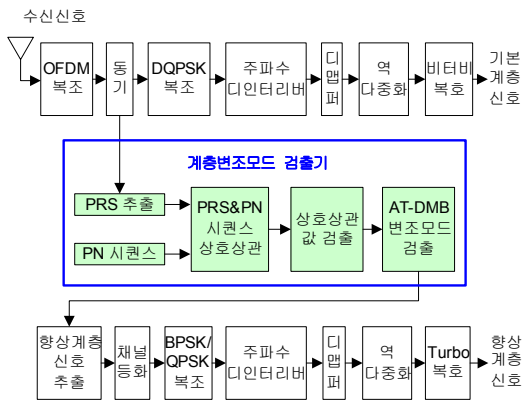


그림 6. AT-DMB 변조모드 검출 과정

Ⅲ. 제안한 PN 시퀀스 기반 시간 동기 방법

이 장에서는 T-DMB 수신에 적용되는 기존 시간동기 방법 및 제안한 PN 시퀀스 기반 시간동기 방법에 대해 기술한다.

3.1 기존 시간동기 방법

기존의 시간동기 방법은 다음 식과 같이 입력신호 구간(L)에서 프레임간에 삽입된 Null 심볼을 검출하여, Null 심볼과 데이터 심볼간의 크기를 비교하여 프레임 시작점을 찾는다[7].

$$y(n) = ax(n) + bx(n+N) + c(n+2N)$$
$$y_A(n) = y_A(n-1) + y(n)$$
$$y_{\max} = \max(y_A(n))|n = n_{\max}$$
$$F_o = n_{\max} + N$$

여기서 a, b, c, N은 상수이고, $1 \le n \le L$이다. $y_A(n)$는 순간전력 $y(n)$의 누적전력이다. $p_{\max}$는 $p_A(n)$의 최대값이고, $n_{\max}$는 $p_{\max}$의 시간 인덱스이다. F_o는 검출된 시간 동기 옵셋이고, N은 순간 전력 계산에 적용된 샘플간의 간격이다.

3.2 제안된 시간동기 방법

제안된 시간동기 방법은 AT-DMB의 계층변조 모드 전송을 위해 적용되는 PN 시퀀스를 사용한다. T-DMB와 AT-DMB의 동일 주파수망으로 방송 서비스를 실시하기 위해서는 상호간의 간섭이 없어야하며, 이것을 위해 그림 5와 같이 PRS에 각각 B모드 및 Q모드에 해당하는 서로 다른 두 가지 PN 시퀀스를 삽입하여 계층변조 모드 정보를 전송할 수 있다[4].

제안된 시간동기 방법은 AT-DMB 변조 모드 정보를 전송하기 위해 PRS에 삽입된 PN 시퀀스를 사용한다. 적용된 PN 시퀀스의 종류를 알아내기 위해 시간영역에서 PRS와 PN 시퀀스의 상호상관을 취하면 채널 프로파일이 얻어진다. 이 채널 프로파일에서 최대값이 주경로 신호에 해당하고, 시간동기는 이 주경로 신호의 시간위치로 프레임의 시작점을 맞추는 것이다. 따라서 PN 시퀀스 기반 시간동기는 AT-DMB 변조모드를 검출하는 과정에서 동시에 이루어진다고 볼 수 있다.

$$y_c(n) = \sum_{k=1}^{L_x+L_p-1} x_r(k)p(n-k)$$

여기서 $x(n)$ 은 입력신호이고 길이는 L_x이다. $p(n)$은 PN 시퀀스이고 길이는 L_p이다. $y_c(n)$은 입력신호 $x(n)$과 PN 시퀀스 $p(n)$의 상호상관이고 길이는 $L_x + L_p - 1$이다.

시간동기 옵셋 추정은 상호상관 출력의 최대값 $y_{\max}$의 인덱스 $n_{\max}$를 찾는 것이다. 시간 동기 옵셋 F_o의 추정과정은 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$y_{\max} = \max(y_c)|n = n_{\max}$$

$$F_o = n_{\max} - L_p - 1 - T_g$$

여기서 T_g는 보호구간 길이이며, 504의 값을 가진다.

위에서 설명한 PN 시퀀스 기반 시간동기 과정은 그림 7과 같이 나타난다. 그림 7의 시간동기 과정과 그림 6의 AT-DMB 변조모드 검출과정은 PRS와 PN 시퀀스의 상호상관을 구하는 과정은 동일하다. 그러나 시간동기 과정은 상호상관을 통해 얻어지는 채널 프

www.dbpia.co.kr

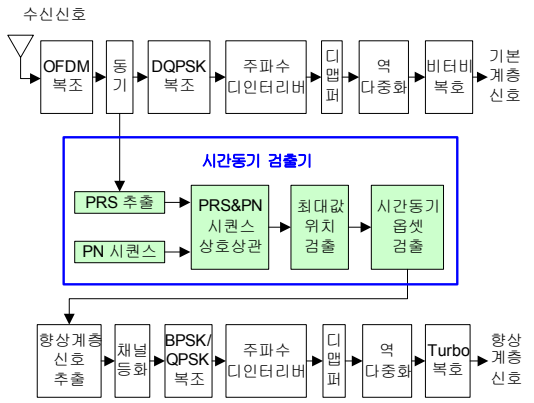


그림 7. 제안한 시간동기 블록도

로파일에서 주경로의 시작점을 찾기 위해 최대값을 검출하는 반면에, AT-DMB 변조모드 검출과정은 PN 시퀀스의 종류를 알아내기 위한 PN 시퀀스 검출에 주안점이 있다. 따라서 변조모드 검출과정에서 얻어진 PRS와 PN 시퀀스의 상호상관 값을 제안한 시간동기 과정에 사용할 수 있다.

적용되는 PN 시퀀스는 목적에 따라 PN 시퀀스의 종류 및 길이를 다르게 설정할 수 있다. 만약 단순히 PN 시퀀스의 검출 목적에만 사용한다면, PN 시퀀스의 길이는 시간영역 AT-DMB OFDM 심볼의 길이에 해당하는 2048개의 긴 길이를 사용하지 않고, 이보다 짧은 약 500개 정도의 길이를 가지는 PN 시퀀스를 사용할 수도 있다. 그것은 AT-DMB의 수신단에서 수신신호의 변조모드가 B모드인지 Q모드인지를 구별하는 것은 한번만 필요하기 때문에, 페이딩으로 인해 비록 현재 PRS 구간에서 적용된 PN 시퀀스를 검출하지 못하더라도 다음 PRS에 구간에서는 검출할 수 있기 때문이다. 그러나 PN 시퀀스를 시간 동기에 사용하기 위해서는 매 PRS 구간마다 신뢰성 높은 PN 시퀀스 검출 성능이 확보되어야 한다. 이것을 위해 AT-DMB의 시간영역 OFDM 심볼의 전체 구간에 걸쳐 PN 시퀀스를 삽입하는 것이 검출에 유리하다. 따라서 본 논문에서는 2047의 길이를 가지는 M 시퀀스를 적용하였고, PRS 신호 대비 -9dB의 크기로 중첩하여 더하였다[8]. PN 시퀀스의 크기를 -9dB를 적용한 것은, 기존 시스템에 미치는 영향을 최소화하면서 시간동기 성능 열화가 발생하지 않는 PN 시퀀스 크기 값을 반복 실험을 통해 찾은 값이 -9dB이기 때문이다. 실제로 길이 2047인 M 시퀀스의 상호상관은 최대값과 평균값의 비가 약 21dB 의 값을 가진다. 따라서 PN 시퀀스를 PRS 대비 -9dB 더 작게 추가하더라도 여전히 12dB의 상호상관 이득이 발생하기 때문에 페이딩 채널에서도 정상적인 PN 시퀀스의 검출이 가능하게 된다.

Ⅳ. 실험 및 고찰

이 장에서는 기존 시간동기 방법 및 제안한 PN 시퀀스 기반 시간동기 방법을 적용한 경우에 BER (bit error rate) 분석을 통해 성능 분석을 수행한다. 실험에서 적용한 기존 시간 동기 방법은 그림 4에 나타나 있는 것과 같이 AT-DMB 데이터 프레임 사이에 존재하는 Null 심볼 구간과 데이터가 시작되는 데이터 구간 사이에 존재하는 신호의 크기를 비교하여 프레임의 시작점을 검출한다. 반면에 제안한 방법은 시간영역에서 PRS와 PN 시퀀스의 상호상관을 통해 최대값이 얻어지는 시점을 검색하여 프레임의 시작점을 검출한다.

실험에 적용된 시뮬레이션 모델의 블록도는 그림 8과 같이 나타난다. 입력된 AT-DMB 신호가 페이딩을 통과한 이후에 SNR(signal to noise ratio)을 설정하기 위한 AWGN (additive white Gaussian noise)을 더한다. 시간동기 과정은 그림 7의 동기검출 과정에서 이루어지고, 채널등화 및 계층복조 과정을 통해서 송신신호의 복원이 수행된다.

기존 시간동기 방법과 제안한 시간동기 방법의 성능분석은 고정채널에 비해 훨씬 복잡한 특성을 가지는 이동 채널에서 BER(bit error rate) 분석을 통해 수행하였다. 이동 채널 모델로는 COST207에서 정의된 TU6 모델을 적용하였다[9]. AT-DMB의 계층변조 모드는 이동방송 모드인 B모드를 적용하였고, 88 프레임의 데이터를 적용하였다. 입력 AT-DMB 신호에 대해 TU6 채널에서 여러 속도에 대해 BER을 분석하여 제안한 시간 동기 방법과 기존의 시간동기 방법의 성능을 비교하였다. TU6 채널에서 동기 오차가 없는 경우, 기존 시간동기 방법을 적용한 경우 및 제안한 PN 기반 시간동기 방법에 대한 BER 분석결과가 각각 그림 9, 그림 10 및 그림 11에 나타나 있다. 동기오차가 없는 경우 대비 기존의 방법은 기본계층은 최대 2dB, 향상계층은 최대 1dB의 성능저하가 발생한다. 그러나 제안한 시간동기 방법은 동기오차가 없는 경우와 매우 유사한 성능을 가지는 것을 볼 수 있다. 따라서 제안한 방법은 시간동기 오차가 없는 이상적인 경우에

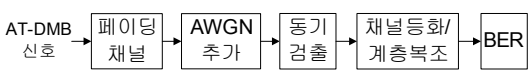


그림 8. BER 분석 모델 구조

www.dbpia.co.kr

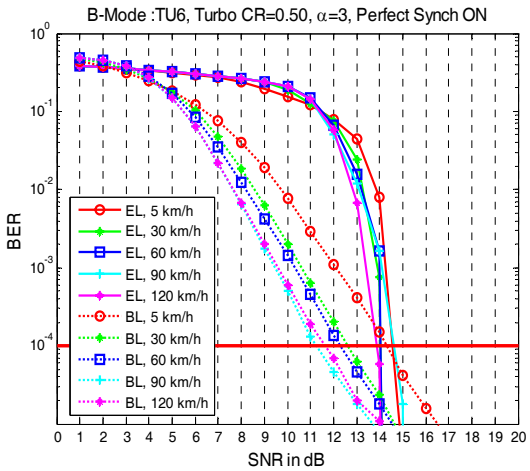


그림 9. 시간동기 오차가 없는 경우의 BER

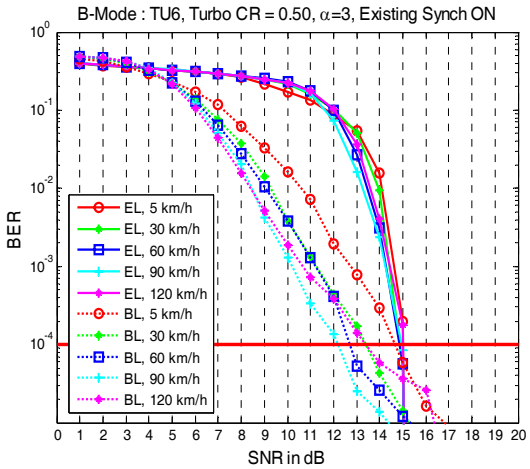


그림 10. 기존 시간동기 방법의 BER

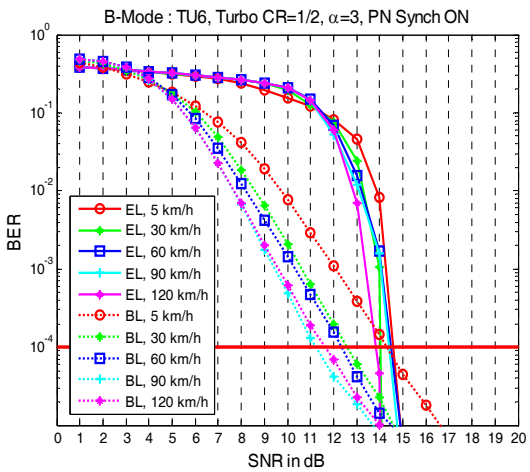


그림 11. 제안한 PN 기반 시간동기 방법의 BER

매우 근사한 성능을 가진다는 것을 확인하였다.

V. 결 론

본 논문에서는 AT-DMB 시스템에서 계층변조 모드 정보를 전송하기 위해 PRS에 PN시퀀스를 삽입하는 경우에, 이 PN 시퀀스를 이용하여 시간동기를 맞추는 방법을 제안하였다. 제안 방법은 BER 분석을 통해 성능 분석한 결과 기존 방법에 비해 우수한 성능을 가지며. 시간동기 오차가 없는 경우와 유사한 결과가 얻어진다는 것을 알 수 있었다. 따라서 제안한 PN 시퀀스 기반 시간동기 방법의 성능은 매우 우수하다는 것을 확인하였다. 또한 제안한 방법은 시간영역에서 수행하므로 주파수 영역으로의 변환이 필요 없고, AT-DMB 변조 모드를 검출하는 과정에서 동시에 시간동기 획득이 이루어지는 장점이 있다.

향후의 연구에서는 동일한 길이에 대하여 상호상관 특성이 우수한 PN 시퀀스를 적용하는 것이 동기 검출 측면에서 유리하므로, 상호상관 특성이 우수한 PN시퀀스에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

〔1〕 J.H.Bae, G.S.Lee, J.S.Lim, S.I.Lee, D.S.Han, “An overview of terrestrial multimedia broadcasting systems : T-DMB and DVB- H,” *ABU DTV Symposium* Oct. 2005.

〔2〕 Michael J. Ruf, H. Schulze, “Erhohung der Datenkapazitat bei DAB durch hierarchische Modulation,” *ITG-Fachtagung Codierung*, März 1998 in Aachen, ITG Fachbericht 146, S. 249-257

〔3〕 한국정보통신기술협회, *TTAK.KO-07.0070, 고전송률 지상파 디지털멀티미디어 방송(AT-DMB) 송수신 정합*, 2009. 6.

〔4〕 배재휘 외,“계층변조가 적용된 T-DMB 시스템에서 변조방식 검출기법에 대한 연구”, *한국방송공학회 2009년 학술대회*, pp.95-98, 2008.11.

〔5〕 ETSI, *ETSI TS 102 428 - Digital Audio Broadcasting (DAB) ; DMB video service ; User Application Specification*, Jun 2005.

〔6〕 Y.S.Kim, J.H.Bae, J.S.Lim, Y.J.Song, and S.I. Lee, “The Implementation of Advanced T-DMB Based on Hierarchical Modulation,” *The 20th PIMRC Symposium2009*,Sep.2009.

www.dbpia.co.kr

〔7〕 Z.Y.Choi, and Y.H.Lee, "Frame Synchronization in the Presence of Frequency Offset," *IEEE Trans. on Communications*, vol.50, no.7, Jul. 2002.
〔8〕 J. T. Harvey, "High-Speed m Sequence Generation," *Electronics Letter*, vol.10, Issue23, pp.480-481, Nov. 1974.
〔9〕 Mattias Patzold, *Mobile Fading Channels*, Jon Wiley & Sons, 2002.

배 재 휘 (JaeHwui Bae) 정회원

1991년 2월 경북대학교 전자공학과
1993년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 석사
2010년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 박사
2000년 12월~현재 한국전자통신연구원
<관심분야> 이동멀티미디어방송, 차세대모바일방송

김 영 수 (YoungSu Kim) 정회원

1984년 2월 연세대학교 전자공학과
1986년 2월 연세대학교 대학원 전자공학과 석사
1999년 8월 연세대학교 대학원 전자공학과 박사
1988년 5월~현재 한국전자통신연구원
<관심분야> 이동멀티미디어방송, 차세대모바일방송

임 종 수 (JongSoo Lim) 정회원

1988년 2월 경북대학교 전자공학과
1990년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 석사
2010년 2월 순천대학교 대학원 전자공학과 박사
1999년 3월~현재 : 한국전자통신연구원
<관심분야> 디지털방송시스템

송 윤 정 (YunJeong Song) 정회원

1987년 2월 경북대학교 전자공학과
1990년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 석사
2004년 2월 충남대학교 대학원 전자공학과 박사
1990년 7월~현재 한국전자통신연구원
<관심분야> 이동멀티미디어방송, 디지털방송

이 수 인 (Soo In Lee) 정회원

1985년 2월 경북대학교 전자공학과
1989년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 석사
1996년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 박사
1990년 2월~현재 한국전자통신연구원 방송시스템연구부장
<관심분야> 이동멀티미디어방송시스템, DCATV 방송시스템, 3DTV방송시스템

한 동 석 (DongSeog Han) 종신회원

1987년 2월 경북대학교 전자공학과
1989년 2월 KAIST 전기 및 전자공학과 석사
1993년 2월 KAIST 전기 및 전자공학과 박사
1996년 8월~현재 경북대학교 전자공학부 교수
<관심분야> 디지털방송 및 이동통신 신호처리

www.dbpia.co.kr