

논문 2009-6-2

확산코드 슬라이싱 기술을 이용한 AT-DMB 시스템에서의 송신기 검출 기법

Transmitter Detection Technique with Spreading Code Slicing Scheme for AT-DMB System

김윤현*, 배정남*, 임종수**, 조경룡***, 차재상****, 김진영*****

Yoon-Hyun Kim, Jung-Nam Bae, Jong-Soo Lim, Kyung-Ryong Cho,
Jae-Sang Cha, Jin-Young Kim

요 약 본 논문에서는 단일 주파수 망을 이용하는 AT-DMB 시스템에서의 효율적인 송신기 검출을 위한 확산코드 슬라이싱 기술을 제안하였다. 각 송신 단말기 신호에 상관특성이 좋은 고유의 확산코드를 AT-DMB 프레임의 Null 심벌의 일부에 나누어 할당하고, 수신기에서는 송신 단말기의 고유 코드를 이용하여 다른 단말기의 신호 간섭 상황 하에서도 원하는 신호를 검출하여 수신할 수 있게 한다. 제안된 기법에 의해 얻어진 송신기 정보는 주파수를 효율적으로 사용하기 위한 기술인 SFN 구현을 위해 필요하다. 본 논문의 결과는 무선 디지털 방송 통신 시스템 구현에 적용될 수 있다.

Abstract In this paper, we proposed spreading code slicing technique for efficient transmitter detection in AT-DMB system with single frequency network. At the transmitter, the spreading code for transmitter identification inserted using slicing technique on forehead of null symbol and then transmitted. In this point, it requires high correlation characteristic spreading code. At the receiver, peak to peak value calculated by correlation process before signal demodulation. The transmitter information by proposed technique is employed to implement the single frequency network (SFN) which is proposed for solving a frequency inefficiency problem of the MFN. The results of the paper can be applied to wireless multimedia digital broadcasting system.

Key Words : AT-DMB, transmitter detection, spreading code slicing

I. 서 론

T-DMB는 타 모바일 방송 기술에 비해 초기 설치비용이 저렴하고, 상대적인 신호의 커버리지가 넓다는 장점을 바탕으로 많은 연구가 진행되어 왔다. 하지만 기존 T-DMB 기술은 주파수 대비 가용 채널수가 적다는 단점

을 가지고 있다. 이러한 단점을 해결하기 위해서는 T-DMB의 유효 데이터 전송률을 증대시켜야 하며, 이를 위해서 기존 T-DMB와의 역호환성이 유지되면서 SD (Standard Definition)급 정도의 고품질 멀티미디어 서비스를 제공하여야 한다^[1].

이러한 요구사항에 발맞추어 개발 중인, AT-DMB 기술은 기본적으로 기존 T-DMB와의 역호환성을 유지함과 동시에 고전송효율/고품질의 서비스를 제공할 수 있어야 한다는 요구사항에서 출발하였다. 이러한 요구사항에 의해 개발되고 있는 AT-DMB는 크게 두 가지 기술

*정회원, 광운대학교 전파공학과

**정회원, 한국전자통신연구원

***정회원, 숭실대학교 정보통신공학과

****정회원, 서울산업대학교 매체공학과

*****정회원, 광운대학교 전파공학과(교신저자)

접수일자 2009.10.8, 수정일자 2009.11.6

을 적용하고 있다. 첫 번째는 역호환성을 유지면서 유효 데이터 전송률을 증대하기 위한 계층변조기법이고, 두 번째는 스케일러블 AV 코딩 기술을 이용하면 역호환성이 보장된 고품질 및 고음질의 서비스가 가능하게 하는 것이다. 송신기 검출 기술은 주파수 부족에 따른 채널 할당의 난점을 극복하고자 대두된 단일 주파수 망 (SFN: Single Frequency Network)을 구현하기 위한 기술이다. SFN은 작은 양의 전력으로 쉽게 해당 지역의 커버리지를 확대할 수 있는 장점을 제공한다. 하지만 SFN 기술을 사용할 경우 단일 주파수 사용에 따른 인접 송신 단말기의 전송 신호에 대한 간섭 문제가 발생 할 수 있다^[2].

이를 해결하기 위한 방법으로 본 논문에서는 각 송신 단말기에 상관특성이 양호한 확산코드를 AT-DMB 프레임의 Null 심벌의 앞에 나누어 할당하고, 수신기에서는 송신 단말기의 고유 확산코드를 가지고 있어 다른 신호의 간섭에도 불구하고 자신이 원하는 신호를 수신할 수 있다. 코드 할당은 Null 심벌의 지속 시간에서 OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 심벌의 지속시간을 뺀 나머지의 부분에 할당하여 Null 심벌이 원래의 역할을 할 수 있도록 보장하여 주었다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II, III 장에서는 AT-DMB의 전송 프레임구조와 계층변조에 대해 소개하고, IV장에서 본 논문에서 제안한 기법에 대해 설명한다. V장에서 모의실험 결과를 보여준 후, 마지막으로 VI 장에서 결론을 맺기로 하겠다.

II. AT-DMB의 전송프레임 구조

AT-DMB 전송 프레임은 기존의 T-DMB 전송구조와 동일하다. 전송 신호는 그림 1에서 나타낸 바와 같이 프레임의 첫 부분에는 Null 심벌이 할당되고, 다음으로 고속정보 채널 (FIC : Fast Information Channel)이 할당되고, 그리고 이후에 오디오 데이터와 일반 데이터를 전송하는 주 서비스 채널 (MSC : Main Service Channel)이 할당된다.

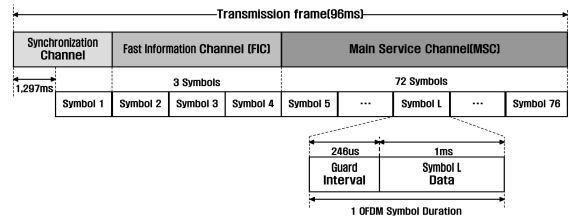


그림 1. AT-DMB 전송프레임 및 심벌구조
Fig. 1. Layered Modulated AT-DMB System.

AT-DMB시스템의 전송 프레임은 연속하는 OFDM 심벌들로 구성된다. 하나의 전송 프레임 내의 OFDM 심벌의 개수는 전송 모드에 따라 다르며, T-DMB의 경우 동기채널에 1심벌, 고속 정보 채널에 3심벌, 주 서비스 채널에 72심벌을 차한다.

전송 프레임의 첫 번째 OFDM 심벌은 길이 T_{Null} 의 널 심벌(null symbol)에 해당한다. 전송 프레임의 나머지 부분은 길이 T_S 을 가는 OFDM 심벌들로 구성한다. 여기서 각 OFDM 심벌은 반송파 $1/T_U$ 간격을 갖는 동일 간격의 반송파들로 구성한다. 주 신호 $s(t)$ 는 다음 식(1)과 같이 정의한다^[3].

$$s(t) = Re \left\{ e^{j2\pi f_c t} \sum_{m=-\infty}^{+\infty} \sum_{l=0}^L \sum_{k=-K/2}^{K/2} Z_{m,l,k} \cdot g_k(t - mT_F - T_{Null} - (l-1)T_S) \right\}$$

$$g_k(t) = \begin{cases} 0 & \text{for } l=0 \\ e^{j2\pi k(t-\Delta)/T_U} \cdot \text{Rect}(t/T_U) & \text{for } l=1, 2, \dots, L \end{cases}$$

(1)

$$T_S = T_U + \Delta$$

로 표현할 수 있다.

본 논문에서는 각 전송 프레임의 동기 채널 부분의 Null 심벌에 확산코드 슬라이싱 기법을 적용하여 송신기를 검출한다. Null 심벌의 역할 수행에 간섭을 주지 않기 위해서, Null 심벌 길이에서 OFDM 심벌 구간만큼을 뺀 나머지 부분에 확산 코드를 슬라이싱하여 삽입한다.

III. 계층 변조가 적용된 AT-DMB 시스템

AT-DMB는 계층변조 기법을 적용함으로써, 역방향 호환성을 보장함과 동시에 유효 데이터 전송률을 향상시

킬 수 있다. 그림 2는 계층 변조가 적용된 AT-DMB의 송신기 구조를 나타낸다. 현재 T-DMB의 전송신호에 해당되는 HP 채널 스트림은 현재의 전송표준에 부합되게 QPSK 심벌로 매핑된 후 주파수 인터리빙 된다. 계층 변조를 위해서는 추가적으로 LP 채널 스트림이 입력되어, 계층 변조기에서 LP 심벌로 맵핑되게 된다. 결과적으로 HP 심벌이 차등 변조된 위에 LP 심벌이 형성되게 된다^[2].

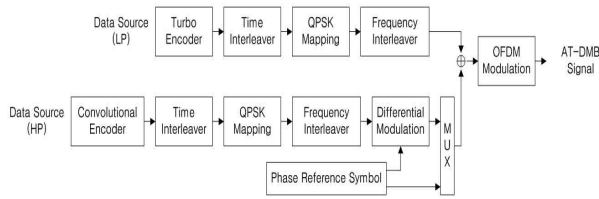


그림 2. 계층 변조가 적용된 AT-DMB 시스템
Fig. 2. Layered Modulated AT-DMB System.

기본계층의 전송품질을 유지하면서 강화계층의 전송 품질을 보장하기 위해서는 보다 강력한 에러정정 방식이 요구된다. AT-DMB에서는 HP 채널의 컨볼루션 인코더보다 우수한 비트 에러 정정 부호기를 LP 채널용으로 사용하여 수신 성능 열화를 어느 정도 보강할 수 있다. 현재 LP 채널을 위해 가장 고려가 되고 있는 에러 정정 부호기는 터보 인코더이다.

IV. 확산코드 슬라이싱을 이용한 송신기 검출

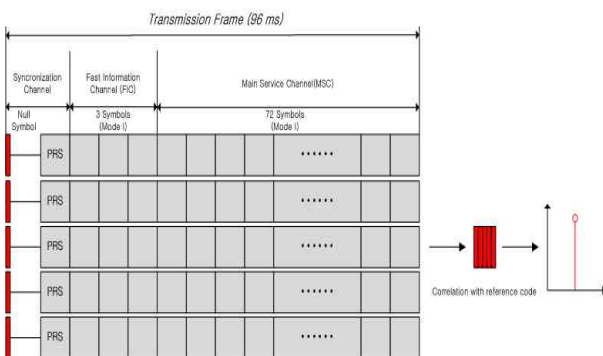


그림 3. 확산 코드 슬라이싱을 이용한 송신기 검출
Fig. 3. Transmitter detection technique with spreading code slicing.

프레임 구조는 Eureka-147 규격의 전송모드 I을 사용하였다^[3]. Null 심벌 지속시간에서 OFDM 심벌의 지속시

간을 뺀 나머지 부분에 확산코드를 슬라이싱 하여 전송하였다. 확산코드가 전송될 부분의 시간은 다음의 식 (2)와 같이 구할 수 있다.

$$T_{Null} - T_S = 1.297ms - 1.246ms = 0.051ms \quad (2)$$

여기서 T_{Null} 은 Null 심벌 지속시간, T_S 는 OFDM 심벌 지속시간이다. 0.051ms 동안에 보낼 수 있는 비트는 약 100비트로 확산코드의 길이에 따라 프레임의 수가 결정된다. 코드의 길이가 긴 확산코드를 사용할 경우, 여러 프레임에 약 100비트씩 나누어 전송을 하고 마지막에 합하여 피크를 확인함으로써 송신기를 검출하게 된다. 반대로 코드의 길이가 128 이하의 작은 코드를 사용할 경우, 매 프레임 마다 송신기의 정보를 검출할 수 있지만, 확산코드 이득이 작으므로 채널의 상태가 좋지 못할 경우에 송신기를 검출 못할 수도 있다. 1 프레임의 전송 시간이 96ms이고, 지상파 DMB 환경을 고려하였을 경우 1초 동안은 수신기 주변의 상황이 많이 변하지 않을 것으로 가정하였다. 최대 10 프레임을 넘지 않는 범위 내에서 확산코드를 슬라이싱하여 송신기를 검출하는 기법을 제안하고자 한다. 그리고 Null 심벌 지속시간을 다 사용하지 않고, OFDM 심벌의 지속시간 만큼 제한 나머지 부분을 사용한 이유는 기존의 Null 심벌의 역할을 수행하게 하기 위함이다.

V. 모의실험

표 1. 실험 파라미터
Table 1. Simulation Parameters

| Parameter | 전송모드 I |
|------------|--------------------------------------|
| L | OFDM 심벌수 76 |
| K | 부반송파 수 1536(2048) |
| T_F | 전송 프레임 주기 196,608T 96 ms |
| T_{NULL} | Null 심벌 지속 시간 2,656T ~1,297 ms |
| T_S | OFDM 심벌 지속 시간 2,552T ~1,246 ms |
| T_u | 반송파 간격의 역수 2,048T 1 ms |
| Δ | 보호 구간 지속 시간 504T ~246 us |

모의실험은 표 1의 파라미터에 준하여 실험하였다. 프레임 구조는 Eureka-147 규격의 전송모드 I을 사용하여 실험하였다^[3]. 실험한 채널 환경으로는 AWGN, 옥외 Rician 채널 그리고 실내 Rayleigh 채널 환경에서 실험하였으며, 각 채널의 delay profile은 표 II와 III에 자세히 나타나 있다^[4]. 또한 모의실험에 사용한 확산코드로 PN sequence 와 m-sequence를 사용하였다. 각 확산 코드에 따른 각 채널 환경 하에서의 수신 단말에서의 자기 상관 값을 이용하여 송신기를 검출하게 된다.

표 2. Rician 채널의 delay 프로파일
Table 2. Delay Profile of Rician Channel

| # of Tab | Delay (μ s) | Amplitude | Level(dB) |
|----------|------------------|-----------|-----------|
| 1 | 0 | 1 | 0 |
| 2 | 0.475 | 0.146 | -16.71 |
| 3 | 0.645 | 0.119 | -18.49 |
| 4 | 1.933 | 0.117 | -18.64 |
| 5 | 2.754 | 0.089 | -21.01 |
| 6 | 3.216 | 0.103 | -19.74 |

표 3. Rayleigh 채널의 delay 프로파일
Table 3. Delay Profile of Rayleigh Channel

| # of Tab | Delay (μ s) | Amplitude | Level(dB) |
|----------|------------------|-----------|-----------|
| 1 | 0.050 | 0.360 | -8.87 |
| 2 | 0.479 | 1 | 0.00 |
| 3 | 0.621 | 0.787 | -2.08 |
| 4 | 1.907 | 0.587 | -4.63 |
| 5 | 2.764 | 0.482 | -6.34 |
| 6 | 3.193 | 0.451 | -6.92 |

1 프레임의 전송시간이 96ms 이므로, 5 프레임을 전송하는데 대략 0.5초가 걸리게 된다. 이 시간 동안에 수신기의 주변 상황이 많이 변하지는 않는다고 가정하였다. 확산코드는 100비트 씩 5 프레임에 슬라이싱하여 전송하였고, 코드 길이는 500 비트이다. 그림 4~6는 각 채널환경에 따른 수신 신호 검출 성능을 보여준다.

그림 4는 SNR이 10dB인 경우의 일반적인 AWGN 채널 환경에서의 PN sequence와 m-sequence의 수신 신호 검출 성능을 보여준다. 그림에서 보이듯이, PN sequence는 자기상관 특성이 완벽하지 않기 때문에, 수신 단말에서의 자기상관 값에 의한 수신 신호 검출성능이 뛰어나지 않음을 확인할 수 있다. PN sequence에 비해, 자기상

관 특성이 좋은 m-sequence는 수신 단말기에서의 자기상관 값의 최대치가 주위 값들에 비해 매우 커서, 이를 이용해 효율적인 수신 신호 검출이 가능하다.

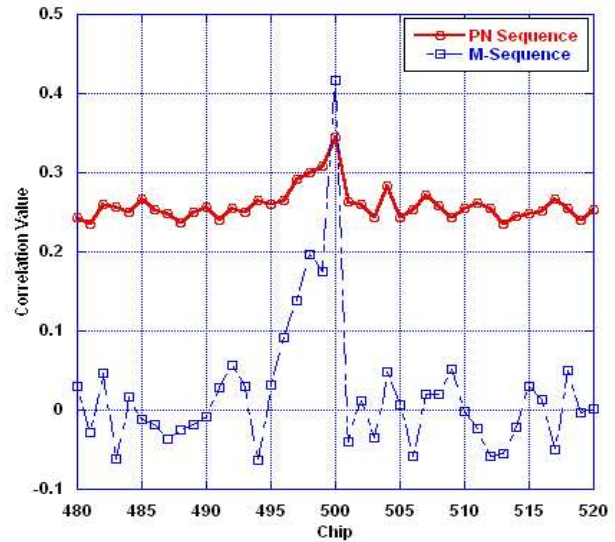


그림 4. 수신 신호 검출 성능 (AWGN Channel)
Fig. 4. Detection Performance of Receive Signal. (AWGN Channel)

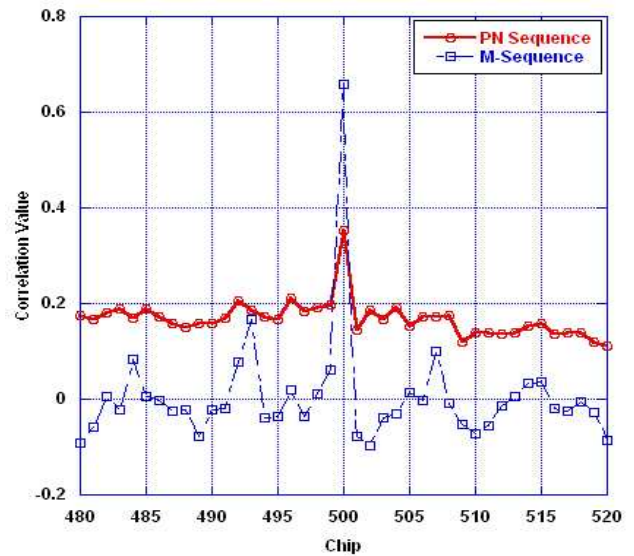


그림 5. 수신 신호 검출 성능 (Rayleigh Channel)
Fig. 5. Detection Performance of Receive Signal. (Rayleigh Channel)

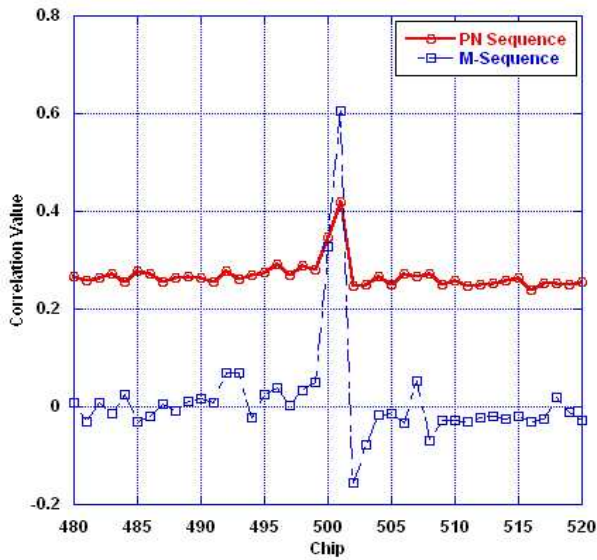


그림 6. 수신 신호 검출 성능 (Rician Channel)
Fig. 6. Detection Performance of Receive Signal.
(Rician Channel)

그림 5와 6은 각각 SNR이 10dB인 상황에서 Rayleigh/Rician 채널 환경에서의 수신 신호 검출 성능을 보여준다. 먼저 그림 5의 Rayleigh 채널 환경은, 일반적인 실내 채널 모델로서 LOS (Line of Sight)가 존재하지 않는 환경에서의 모의실험 결과이다. 그림 4의 결과와 유사하게, PN sequence는 주위 값들에 비해 자기상관 값의 최대치가 뚜렷이 크지 않았고, m-sequence는 multipath fading 환경에서도 수신 신호 검출 성능이 뛰어난 것을 확인할 수 있다.

마지막으로, 그림 6은 옥외 채널 모델로서 LOS가 존재하는 Rician 채널 모델에서의 모의실험 결과이다. 그림 5의 Rayleigh 채널에 비해 자기상관 최대값을 제외한 주변값들이 0에 더 가까이 수렴함을 알 수 있고, 이는 일반적인 채널 특성에 따른 성능의 차이를 반영하는 것으로, 본 논문에서 제안한 방법이 각 채널 모델에 적용하여 신호 검출에 뛰어난 성능을 보여줌을 알 수 있다.

VI. 결 론

본 논문에서는, AT-DMB 시스템에서 SFN 기술을 사용할 경우 단일 주파수 사용에 따른 인접 송신 단말기의 전송 신호에 대한 간섭 문제가 발생 할 수 있다는 점을 해결하고자, 각 송신 단말기에 상관특성이 양호한 확산 코드를 AT-DMB 프레임의 Null 심벌의 앞에 나누어 할당하는 확산코드 슬라이싱 기법을 제안하였다. 확산코드로는 PN sequence와 m-sequence를 이용하였으며, AWGN, Rayleigh, Rician 채널 환경에서 각각 모의실험을 하였다. 모의실험 결과에서 m-sequence는 각 채널 환경에서 뛰어난 자기 상관 최대값을 가지며 이를 이용하여 효율적인 송신기 검출에 적용 가능할 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] J. Y. Kim, Wireless Multimedia Digital Broadcasting Systems, Hongreung Science Publishers, Seoul, Korea, 2009.
- [2] J. H. Kim, H. N. Kim, H. S. Lim, and J. S. Lim "Performance improvement of terrestrial DMB receivers in hierarchical modulation mode," ICCE07 International Conference on. Jan. 2007.
- [3] European Standard, "Radio broadcasting systems; digital audio broadcasting (DAB) to Mobile, portable and fixed receivers," ETSI EN 300 401 V1.4.1, June 2006.
- [4] IEC 62002-1, Ed. 2.0, Mobile & portable DVB-T/H radio access - Part1 : Interface. Specification, May 2008.

※ 본 연구내용의 일부는 방송통신위원회, 지식경제부 및 한국산업기술평가관리원의 IT산업원천기술개발사업의 일환으로 수행하였음. [AT-DMB 기반 SFN을 위한 PHY 계층 전송 및 Detection 기술연구]

저자 소개

김 윤 현 (정회원)



- 2006년 광운대학교 전파공학과 공학사
 - 2006년~2008년 광운대학교 전파공학과 석사
 - 2008년~현재 광운대학교 전파공학과 박사과정
- <주관심분야: 디지털 통신, Cognitive Radio>

배 정 남(정회원)



- 2009년 광운대학교 전파공학과 학사
 - 2009년~현재 광운대학교 전파공학과 석사과정
- <주관심분야: 디지털통신, 무선통신, 디지털 방송 전송 기술>

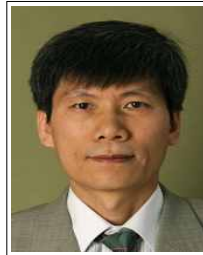
임 중 수 (정회원)



- 1988년 경북대학교 전자공학과 학사
- 1990년 경북대학교 정보통신학과 공학 석사
- 1990년~1995년 SK 텔레콤 중앙연구소 근무
- 1995~1999년 한국통신기술 근무
- 1999년~현재 ETRI 근무

<주관심분야: 지상파 이동방송 전송 기술 >

조 경 룡(정회원)



- 1989년 숭실대학교 전자공학과 공학석사
- 1995년 숭실대학교 전자공학과 공학박사
- 1990년~1996년 SK 텔레콤 중앙연구소 근무
- 1996년~현재 순천향대학교 정보통신공학과 교수

<주관심분야: 통신방식, 이동통신, 채널코딩>

차 재 상 (정회원)



- 2000년 일본 東北대학교 전자공학과 공학박사
- 2002년 ETRI 이동통신연구소 무선 전송기술팀 선임연구원
- 2002년~2005년 서경대학교 정보통신공학과 교수
- 2005년~현재 서울산업대학교 매체 공학과 교수

<주관심분야: 디지털 방송 전송 기술, Cognitive Radio, UWB, 홈네트워크 무선통신기술, 대역확산 및 다중접속기술, 4세대 이동통신기술>

김 진 영(정회원)



- 1998년 서울대학교 전자공학과 공학박사
- 2000년 미국 Princeton University, Research Associate
- 2001년 SK 텔레콤 네트워크 연구소 책임연구원
- 2001년~현재 광운대학교 전파공학과 부교수

2009년 현재 미국 MIT 공대 Visiting Scientist
<주관심분야: 디지털통신, 무선통신, 채널부호화>