

T-DMB 시스템에서 위치인식을 위한 기법 연구

배정남*, 김진영*
*광운대학교 전자공학과
e-mail:jn1112@kw.ac.kr

Novel Positioning Technique for T-DMB System

Jung Nam Bae*, Jin Young Kim*

*Dept of Wireless Communications Engineering, Kwangwoon University

요 약

본 논문에서는 T-DMB 시스템에서 위치인식을 위한 워터마킹 기법에 대해 소개하고 성능을 분석하여 보았다. T-DMB 방송용 전송신호에 확산 코드를 이용한 워터마킹 기법을 행하는 기술은 방송용 송신기를 식별하는 기능을 목적으로 사용되고 있다. 송신기 식별을 위해 GPS 기술이 가장 널리 사용되고 있지만, 전파 신호가 미약하고 음영지역이나 실내에서는 수신에 안 되는 단점이 있다. 이러한 관점에서 볼 때 이용요금이 거의 무료이며, 수신 전계강도는 강하면서 다수의 음영지역문제를 해결해 줄 수 있는 새로운 위치인식기술이 필요한 상황이라고 할 수 있고, 지상파 방송신호를 기반으로 위치인식기능과 부가적 정보를 제공해 줄 수 있는 송신기 식별기술은 새로운 솔루션을 제공한다고 할 수 있다.

1. 서론

지상파 디지털 오디오 및 비디오 방송은 크게 유럽의 DAB (Digital Audio Broadcasting)와 DVB (digital Video Broadcasting) 방식, 미국의 IBOC (In Band On Channel)와 IBAC (In Band Adjacent Channel) 방식, 일본의 ISDB-T (Integrated Services Digital Broadcasting-Terrestrial) 방식으로 분류할 수 있다. 우리나라에서는 DAB 방식을 기반으로 고품질의 음성 및 영상 서비스를 제공하는 이동 멀티미디어 방식인 T-DMB (Terrestrial-Digital Multimedia Broadcasting)를 채택하였다. T-DMB 방식에서는 다중 경로 페이딩에 강하고 SFN (Single Frequency Network) 구축이 가능한 OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 방식을 사용한다 [1].

T-DMB 방송용 전송신호에 확산 코드를 이용한 워터마킹 기법을 행하는 기술은 방송용 송신기를 식별하는 기능을 목적으로 사용되었다 [2]. 송신기 식별 기술은 주파수 부족에 따른 채널 할당의 난점을 극복하고자 대두된 SFN을 구현하기 위한 기술이다. 송신기 식별기술은 수신부에서 GPS (Global Positioning System)와 마찬가지로 확산코드의 역확

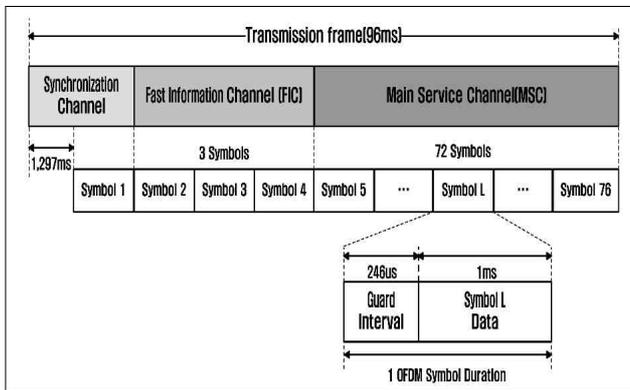
산 동작에 의하여 상관피크를 도출하고 수신된 피크간의 거리차를 이용함으로써 방송 단말기가 이동환경을 갖는 개인화된 상황 속에서 위치인식기능을 제공해 줄 수 있다는 장점을 갖는다. 기존에 널리 이용되고 있는 대표적인 위치인식 기술인 GPS의 경우, 무료 위치인식 서비스가 가능하며 글로벌한 위치인식 기능이 가능하다는 장점으로 인해서 가장 많이 이용되고는 있으나, 전파신호가 다소 미약하며, 음영지역이나 실내에서는 수신에 불가하다는 한계점을 갖고 있는 것이 사실이다. 이러한 관점에서 볼 때 이용요금이 거의 무료이며, 수신 전계강도는 강하면서 다수의 음영지역문제를 해결해 줄 수 있는 새로운 위치인식기술이 필요한 상황이라고 할 수 있다.

T-DMB 시스템에서의 송신기 식별 기술은 지상파 방송신호를 기반으로 위치인식 기능과 부가적 정보를 제공해 줄 수 있는 새로운 해법을 제공한다고 할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 EUREKA-147 전송모드 I에 해당하는 T-DMB 전송 구조에 대해 소개하고, 3장에서는 T-DMB 위치인식을 위한 워터마킹 기법에 대해 설명한다. 4장에서는 모의실험 결과를 통한 성능을 분석하고 마지막으로 5장에서 본 논문의 결론을 맺는다.

2. T-DMB 전송구조

그림 1은 T-DMB 프레임 구조를 나타낸다. 전송 프레임의 첫 부분에는 Null 심벌이 할당되고, DQPSK 변·복조를 위한 PRS (Phase Reference Symbol)의 동기화 채널이 이어진다. 다음으로 고속 정보 채널 (FIC : Fast Information Channel)가 할당되고, 그리고 이후에 오디오 데이터와 일반 데이터를 전송하는 주 서비스 채널 (MSC : Main Service Channel)이 할당된다. OFDM 심벌은 1ms의 데이터 구간과 0.25ms 길이의 보호구간으로 구성된다. 하나의 전송 프레임은 Null 심벌, PRS, FIC용 심벌 3개, MSC용 심벌 72개의 총 76 심벌로 구성되며 전체 지속 시간은 96ms가 된다 [3].



[그림 1] T-DMB 전송 프레임 구조

전송 프레임은 연속된 OFDM 심벌로 구성된다. 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].

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

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

$$T_S = T_U + \Delta$$

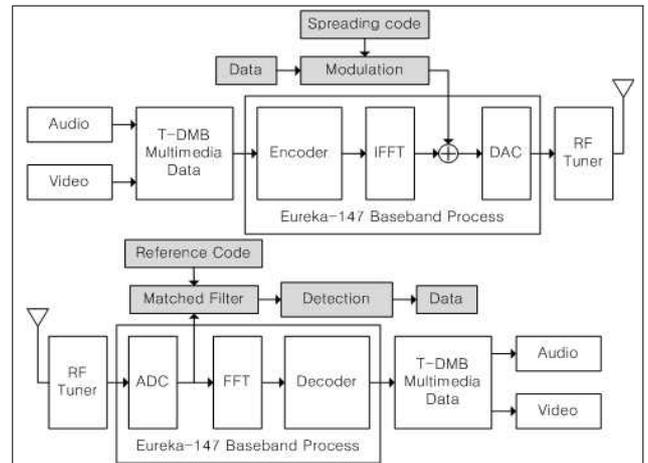
또한, T-DMB 전송모드에 해당하는 파라미터들을 살펴보면 다음의 표 1과 같다 [3]. 표에서 T는 샘플 주기를 나타내며 1/2,048,000 초이다.

[표 1] T-DMB 전송모드 파라미터 (EUREKA-147 전송모드 I 사용)

파라미터		T-DMB
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

3. 워터마킹 코드를 이용한 위치인식 기법

T-DMB 시스템에서 위치인식을 위한 워터마킹 기법은 T-DMB 송·수신 시스템의 “Baseband process” 과정에서 워터마킹코드를 삽입 및 복원하는 과정을 통해 이루어진다. 그림 2는 워터마킹 기법을 적용한 T-DMB 시스템의 블록도를 나타낸다.



[그림 2] 워터마킹 기법이 적용된 T-DMB 블록도

송신단에서 오디오 신호와 비디오 신호를 압축 효율이 뛰어난 MPEG4 방식을 통하여 코딩과정을 거친 후, 다수의 반송파에 신호를 실어 보내는 OFDM을 적용하여 전송한다. 이때, 위치인식 정보를 갖는 워터마킹용 확산코드를 생성하고, 변조된 OFDM 신호에 평균전력보다 낮은 전력의 확산코드를 더하여 전송함으로써 T-DMB 신호와 동시에 송신기 위치 정보를 갖는 확산코드를 전송하게 된다.

송신기 위치 정보를 가진 워터마킹 코드가 삽입된 T-DMB 수신 신호를 ADC과정을 거친 후, OFDM

신호 복조 전에 정합필터를 이용한 자기상관을 통해 피크 치를 도출하고, 이 피크 치를 통해 송신기의 위치 정보를 획득하게 된다. 따라서 T-DMB 신호에 워터마킹 기술을 적용할 경우 위치인식을 위한 추가적인 주파수 자원을 요구하지 않고 이동환경의 실내 및 전파 음영지역에서도 효율적인 위치인식이 가능하다.

T-DMB 워터마킹 기법은 다음과 같이 나타낼 수 있으며, T-DMB의 데이터신호는 다음 식(2)와 같이 표현할 수 있다 [4].

$$d(n) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sum_{k=0}^{N-1} X(k)e^{j2\pi(nk/N)}, \quad n = 0, 1, \dots, N-1 \quad (2)$$

각각의 OFDM 심벌은 IFFT (Inverse Discrete Fourier Transformation)를 통한 N-point 복소 변조 신호 벡터로 나타낼 수 있으며, N은 IFFT 변환시 포인트 수를 의미한다.

T-DMB 데이터 신호에 위치인식용 확산코드 $x_i(n)$ 을 워터마킹하기 전과 후의 i번째 송신기에서의 T-DMB 신호를 각각 $d_i(n)$ 와 $d'_i(n)$ 라 정의하면 식(3)과 같다 [2].

$$d'_i(n) = d_i(n) + \rho x_i(n) \quad (3)$$

여기서 n 은 이산적인 신호의 값을 나타내며, ρ 는 T-DMB 송신신호보다 낮은 전력 값을 의미한다. 이러한 식(3)의 T-DMB 신호가 i번째 송신기로부터 송출되어 채널 h_i 를 거쳐서 수신기에 수신이 된다면, 수신신호 r_i 는 식(4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$r_i(n) = d'_i(n) \otimes h_i + w_i(n) \quad (4)$$

$w_i(n)$ 은 i번째 송신기에 대한 잡음이며, 전체 수신 신호 $r(n)$ 은 다음 식(5)와 같이 표현된다.

$$r(n) = \sum_{i=1}^T [d'_i(n) \otimes h_i + w_i(n)] \quad (5)$$

여기서, T 는 송신기의 전체 수이다. 또한, 전송된 신호에 대한 상관함수의 도출을 통해 전송기의 위치 및 신호의 크기 등의 세부사항을 파악할 수 있다. 예를 들어, $r(n)$ 과 $x_j(n)$ 사이의 상호상관 값은 식(6)

과 같으며 j번째 송신기의 전송 데이터의 존재 및 수신신호의 크기를 제공한다 [5].

$$\begin{aligned} R_{rx_j}(k) &= \sum_{n=0}^{N-1} r(n)x_j(n-k) \\ &= \rho R_{x_j} \otimes h_j + \sum_{i=1, i \neq j}^T \rho R_{x_i} \otimes h_i \\ &\quad + \sum_{n=0}^{N-1} \sum_{i=1}^T [d_i(n) \otimes h_i + w_i(n)]x_j(n-k) \end{aligned} \quad (6)$$

N 은 워터마킹용 확산코드의 한 주기이며, 선택된 워터마킹용 확산코드가 직교할 때, R_{x_j} 는 크로벡 델타 함수에 접근한다. 결과적으로, 식(6)의 우측 첫 번째 요소인 ρR_{x_j} 는 ρh_j 로 근사화되며, 두 번째와 세 번째 요소들은 동일 송신기나 다른 송신기 신호로부터 송출되는 잡음과 유사한 시퀀스가 된다.

그러므로 j번째 송신기로부터 수신된 채널 응답 h_j 는 R_{rx_j} 로 근사화될 수 있다. 따라서 R_{rx_j} 는 아래 식(7)과 같다.

$$R_{rx_j} = Ah_j + noise \quad (7)$$

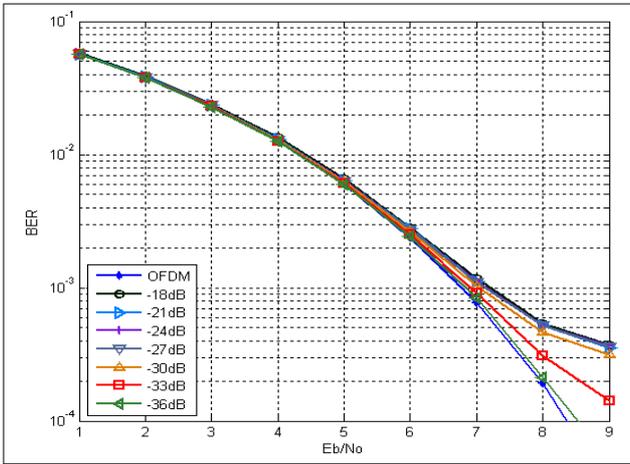
여기서 A 는 R_{x_j} 와 Gain 계수 ρ 에 의해 결정되는 상수이며, j번째 송신기로부터 수신된 채널 응답 h_j 역시 R_{rx_j}, ρ 와 마찬가지로 구해질 수 있다.

4. 모의실험

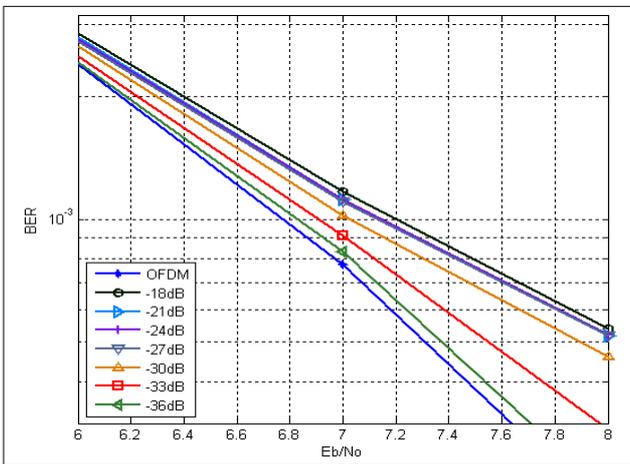
모의실험을 통하여 T-DMB 전송신호에 위치인식용 워터마킹 코드를 사용할 경우 진폭 변화에 따른 T-DMB 기존 신호의 에러 성능을 분석하였다. 모의 실험 파라미터는 표 2와 같다.

[표 2] 모의실험 파라미터

OFDM 심벌수	76
부반송파 수	1536(2048)
CP 수	504
확산코드	Walsh Code 2048 (-12dB ~ -36dB)
채널 환경	AWGN+워터마킹신호



(a) 전체 (Eb/No 1~9dB)



(b) 부분 확대 (Eb/No 6~8dB)

[그림 3] 진폭 변화에 따른 T-DMB 기준 신호의 에러 성능

모의실험결과 워터마킹을 하지 않았을 경우 Eb/No 7dB 정도에서 10^{-3} 의 성능을 나타냈다. 워터마킹용 확산코드의 진폭이 높을수록 기존 신호에 잡음의 성분으로 큰 영향을 주었고, 코드의 진폭을 -30dB 이하의 낮은 값으로 정하면 Eb/No 7dB에서 10^{-3} 의 성능으로 T-DMB 기준 신호에 거의 영향을 주지 않음을 실험을 통해 확인할 수 있다.

5. 결론

본 논문에서는 워터마킹용 확산코드를 이용한 위치인식 기술을 T-DMB 시스템에 적용함으로써 이동환경에서 실내 및 전파음영지역에서도 위치인식이 가능한 알고리즘을 제시하고 모의실험을 통해 유용성 및 성능을 입증하였다. 모의실험을 통하여 효율성을 고려한 워터마킹 코드의 전압레벨과 코드 조건에 대해 알아보았다. 또한, 데이터 전송 방식으로 OFDM을 사용하는 통신 시스템에서 워터마킹을 이

용한 위치인식 기술 연구를 위한 기반 자료로 유용하게 활용 될 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] J. Y. Kim, Wireless Multimedia Digital Broadcasting Systems, Hongreung Science Publishers, Seoul, Korea, 2009.
- [2] X. Wang, Y. Wu, and B. Caron, "Transmitter identification using embedded pseudo random sequences," IEEE Trans. on Broadcasting, vol. 50, no. 3, pp. 244-252, Sept. 2004.
- [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] X. Wang, P. Ho, and Y. Wu, "Location-aware cross-layer design using overlay watermarks," Hindawi Publishing Corporation Advances in Multimedia, vol. 2007, pp. 9, Mar 2007.
- [5] D. V. Sarwate and M. B. Pursley, "Cross correlation properties of pseudorandom and related sequences," IEEE Proc., vol. 68, pp. 593 - 619, May 1980.