

# ISDB-T 시스템에서 4 심볼 지연을 이용한 분산 파일럿 위치 추정 방법

김 성 일\*

## Scattered Pilot Position Estimation Method Using 4 Symbol Delay for ISDB-T System

Seong Ihl Kim\*

요 약

본 논문에서는 OFDM 시스템에서 채널을 추정하기 위해 사용하는 분산 파일럿의 위치를 추정하는 방법에 대해 연구하였다. 수신 신호와 4 심볼 지연된 신호의 상호상관을 통하여 위상 오차를 제거함으로써 다중 경로 환경에서 정확한 분산 파일럿의 위치를 추정할 수 있다.

ABSTRACT

In this paper, this study is aimed how to estimate the position of scattered pilot to be used to estimate channel in the OFDM System. The proposed method is possible to estimate the accurate position of scattered pilot to remove the phase error through cross-correlation between received signal and 4 symbol delay received signal.

**Key Words** : ISDB-T, Scattered Pilot, 4 Symbol Delay, Cross-correlation, Phase Offset

### I. 서 론

ISDB-T 시스템은 OFDM 방식을 채택한 일본의 지상파 방송 표준으로 전체 대역을 다수의 부반송

파를 갖는 세그먼트 단위로 분할하여 계층별 전송이 가능한 시스템이다. 이러한 OFDM 방식은 전체 대역폭을 다수의 직교 부반송파로 분할하여 전송하는 다중 반송파 시스템으로서 심볼 간 간섭에 강하다는 장점으로 인해 디지털 방송 시스템 및 무선랜의 표준으로 많이 채택되어 사용되고 있다<sup>[1]</sup>.

동기 방식의 OFDM 시스템에서는 채널 추정이 반드시 필요하며 이는 수신기의 성능을 향상시킨다<sup>[2]</sup>. 채널을 추정할 때 ISDB-T 시스템에서 제공하는 분산 파일럿을 사용하는데 이 분산 파일럿은 시간축의 심볼과 주파수축의 반송파에 따라 위치가 다르다. 따라서 채널 추정에 앞서 분산 파일럿의 위치를 추정하는 작업이 선행되어야 하며 효과적인 채널 추정을 위해서는 정확한 분산 파일럿의 위치를 추정하는 것이 매우 중요하다.

분산 파일럿의 위치를 추정하는 방법에 대해 다양한 연구가 진행되고 있는데 기존의 방법들은 복잡도가 크며 다중 경로 페이딩 환경에서 성능이 저하되는 단점이 있다<sup>[3-5]</sup>.

따라서 본 논문에서는 ISDB-T 시스템에서 채널 추정에 필요한 분산 파일럿의 위치를 다중 경로 페이딩 환경에서도 정확하게 추정할 수 있는 방법에 대해 제안한다.

### II. ISDB-T 시스템의 구조

ISDB-T 시스템에서 사용하는 변조 방식으로는 DQPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM이 있다. ISDB-T 시스템은 차등변조 방식인지 동기변조 방식인지에 따라 2개의 OFDM 세그먼트로 나뉜다.

ISDB-T 시스템의 동기변조 방식에서의 OFDM 세그먼트 구조는 그림 1과 같다. 그림 1에서 보는 것과 같이 ISDB-T 시스템에서의 분산 파일럿은 주파수축에 혼련 심볼로 존재하며 12개의 간격으로 발생하고 시간축에 4심볼마다 반복되며 이러한 분산 파일럿의 배열을 나타내는 수식은 (1)과 같다.

$$k = 3 \times (l \bmod 4) + 12p \quad (1)$$

식 (1)에서  $l$ 은 0~3을 갖는 정수이며 이는 시간축에서 4 심볼마다 분산 파일럿이 반복되는 것을 의미하며  $p$ 는 0부터 시작하는 정수로 그 끝은 ISDB-T 시스템의 모드에 따라 달라지며 이는 주파

\* First Author : 광운대학교 전자공학과 반도체 계면현상 연구실, shootout@gmail.com, 정회원  
논문번호 : KICS2013-10-450, 접수일자 : 2013년 10월 17일, 최종논문접수일자 : 2013년 11월 7일

수축에서 12개의 반송파마다 분산 파일럿이 반복되는 것을 의미한다.

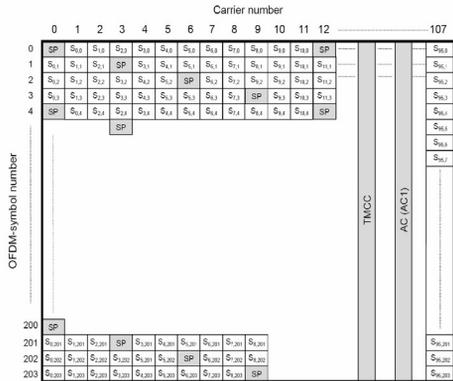


그림 1. 동기변조 방식에서의 OFDM 세그먼트 구조  
Fig. 1. OFDM Segment configuration for synchronous modulation

### III. 분산 파일럿 위치 추정 방법

#### 3.1. 기존의 분산 파일럿 추정 방법

기존의 분산 파일럿의 위치를 추정하는 방법은 PRBS 생성 회로의 출력과 수신 신호를 곱하여 분산 파일럿을 추출한 후 한 심볼 내 이전 분산 파일럿으로 현재 분산 파일럿을 나누어 위상차를 구하여 누적값 중 최대값을 찾아 분산 파일럿의 패턴을 찾는 방법으로 그림 2에 블록도를 나타내었다<sup>5)</sup>.

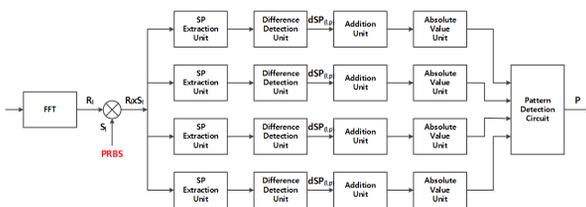


그림 2. 기존의 분산 파일럿 위치 추정 방법  
Fig. 2. Conventional SP Position Estimation Method

기존의 분산 파일럿 위치 추정기에서 사용하는 수신 신호와 PRBS 생성 회로를 통해 재생한 분산 파일럿 패턴의 곱은 식 (2)와 같다.

$$R_i \times S_i = s(n) \times [r(n)]^* = s(n) \times [s(n)e^{-j2\pi\theta n}]^* \quad (2)$$

식 (2)에서  $r_i$ 는 수신 신호,  $\theta$ 는 수신 신호의 위상차,  $s$ 는 PRBS 생성 회로에서 발생하는 송신 신호를 나타낸다. 이 신호를 각 패턴에 따른 분산 파일럿 추출기를 통해 추출된 분산 파일럿 중 이전 부반송파로 현재 부반송파를 나누어 위상차를 구하며 위상차는 식 (3)과 같다.

$$\begin{aligned} dSP_{(l,p)}(i+1) &= SP_{(l,p)}(i+1)/SP_{(l,p)}(i) \\ &= S_{(l,p)}(i+1) [S_{(l,p)}(i+1)e^{-j2\pi\theta(i+1)}]^* / [S_{(l,p)}(i) [S_{(l,p)}(i)e^{-j2\pi\theta i}]^*] \quad (3) \\ &= S_{(l,p)}^2(i+1) / S_{(l,p)}^2(i) \times e^{-j2\pi\theta} \end{aligned}$$

식 (3)에서  $i$ 는 12개의 부반송파마다 반복되는 분산 파일럿을 추출한 것이며 4개의 분산 파일럿 패턴의 경로 중 수신 신호와 분산 파일럿의 패턴이 일치하게 되면 진폭은 제거되고 위상차만 존재한다. 이 위상차를 누적 후, 최대값으로 분산 파일럿의 위치를 추정하는 기존의 방법은 식 (3)에서 보는 것과 같이  $\theta$ 에 의해 왜곡이 발생하게 된다. AWGN 환경에서는 위상차 누적으로도 분산 파일럿의 위치를 추정할 수 있지만 다중 경로 페이딩 환경에서는 CFO 및 SFO에 취약하게 되어 정확한 분산 파일럿의 위치를 추정할 수 없는 단점이 존재한다.

#### 3.2. 4심볼 지연을 이용한 분산 파일럿 추정 방법

본 논문에서는 기존의 분산 파일럿 위치 추정 방법의 단점인 위상차를 제거하기 위해 수신 신호의 4심볼 지연을 이용한 분산 파일럿 위치 추정 방법을 제안한다. 제안한 방법의 블록도는 그림 3과 같다.

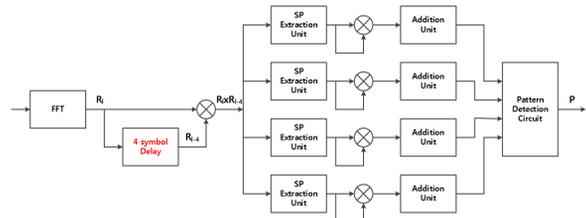


그림 3. 제안한 분산 파일럿 위치 추정 방법  
Fig. 3. Proposed SP Position Estimation Method

수신 신호와 4심볼 지연된 신호와의 상관값은 식 (4)와 같으며 동일한 위상을 갖는 두 신호간의 상호 상관을 수행함으로써 위상차가 제거되고 두 신호간의 진폭 스펙트럼 곱의 결과값으로 산출된다. 따라서 다중 경로 페이딩 환경에서도 분산 파일럿의 위치를 추정할 수 있다.

$$\begin{aligned} R_i \times R_{i-4} &= r_{i-4}(n) \times [r_i(n)]^* \\ &= s_{i-4}(n) e^{-j2\pi\theta n} \times [s_i(n) e^{-j2\pi\theta n}]^* \\ &= s_{i-4}(n) \times [s_i(n)]^* \quad (4) \end{aligned}$$

### IV. 모의실험 결과

모의실험 환경은 ISDB-T 풀세그로 전송하였으며 64QAM 변조에 보호구간은 1/4을 삽입하였고 채널 코딩 및 인터리빙은 사용하지 않았으며 COST207 TU6 채널과 다중 경로를 가진 0dB 공명 채널을

사용하였다.

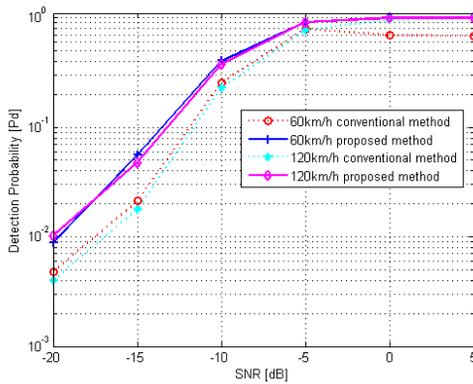


그림 4. COST207 TU6 채널에서 검출 확률  
Fig. 4. Detection probability in COST207 TU6 channel

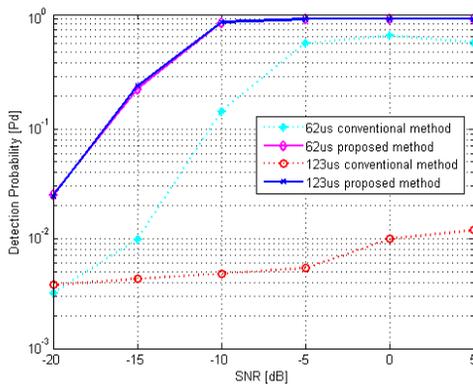


그림 5. 0dB 공명 채널에서 검출 확률  
Fig. 5. Detection probability in 0dB echo channel

그림 4는 COST207 TU6 채널을 적용한 성능 결과이고 그림 5는 0dB 공명 채널을 적용한 성능 결과이다. 그림 4에서 도플러에 따른 성능 차이는 제안한 방법과 기존의 방법 모두 존재하지 않으며 기존의 방법보다 제안한 방법의 성능이 우수함을 확인할 수 있다. 그림 5에서 기존의 방법은 다중 경로 지연에 따른 성능 차이가 존재하지만 제안한 방법은 다중 경로 지연에 따른 성능 차이가 존재하지 않으며 기존의 방법보다 제안한 방법의 성능이 우수함을 확인할 수 있다.

COST207 TU6 채널은 주파수 선택적 페이딩 채널로 0dB 공명 채널보다 위상차 왜곡으로 인한 영향이 적기 때문에 도플러에 따른 성능 차이가 작아 기존의 방법으로도 성능 차이가 존재하지 않지만 0dB 공명 채널의 경우 대역 전체에 페이딩이 존재하기 때문에 기존의 방법은 다중 경로의 지연에 따라 성능 차이가 크게 나타난다. 그러나 제안한 방법

은 위상차를 제거했기 때문에 다중 경로의 지연과 상관없이 성능이 유사함을 확인할 수 있다.

## V. 결론

본 논문에서는 ISDB-T 시스템에서 채널을 추정할 때 사용하는 분산 파일럿의 위치를 추정하는 방법에 대해 제안하였다. 다중 경로 환경에서 수신 신호의 4심볼 지연을 통한 상관값을 이용하여 위상차를 제거함으로써 정확한 분산 파일럿의 위치를 추정할 수 있음을 모의실험을 통해 확인하였다.

## References

- [1] Y. Lee, C. Song, and S. Yoon, "Integer frequency offset estimation scheme robust to timing offset for OFDM-based CR systems," *J. KICS*, vol. 35, no. 6, pp. 554-561, June 2010.
- [2] J. K. Cavers, "An analysis of pilot symbol assisted modulation for rayleigh fading channels," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 40, no. 4, pp. 686-693, Nov. 1991.
- [3] M. Speth, S. Fechtel, G. Fock, and H. Meyr, "Optimum receiver design for OFDM-based broadband transmission. II. A case study," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 49, no. 4, pp. 571-578, Apr. 2001.
- [4] S. Nam and W. Sohn, "Studies on synchronization techniques for power saving of DVB-H terminal," *J. Broadcast Eng.*, vol. 10, no. 2, pp. 174-181, June 2005.
- [5] M. Tanaka and H. Akaheri, "Scattered Pilot Location Detector," U.S. Patent No. 8,045,630 B2, Sep. 2007.