

DVB-H 수신기의 전력소모감소를 위한 동기화 기법에 관한 연구

남승우*, 손 원*

경희대학교 전자정보학부 전파공학과

Studies on Synchronization Techniques for Power Saving of DVB-H Terminal

Seungwoo Nam*, Won Sohn*

Department of Radio Engineering, Kyung Hee University

E-mail: zealot96@hitel.net

요 약

이 연구는 DVB-H 수신기의 전력소모를 줄이기 위한 새로운 동기방법을 제안하였다. DVB-H 시스템에서는 수신기의 전력소모를 줄이기 위하여 Time-Slicing 방법을 사용하는데 버스트 주기가 작을수록 수신기의 유효동작시간 이 줄어들게 되어 전력소모가 감소된다. 수신기의 유효동작시간에는 버스트를 동기화하기 위한 시간이 포함되므로 이 동기화시간을 줄이면 DVB-H 수신기의 전력소모를 줄일 수 있다. 제안방식은 한 프레임(68개 OFDM 심볼) 또는 연속된 5개의 OFDM 심볼을 이용하는 기존방식과 달리 이전 수신버스트의 OFDM 심볼 네 개 또는 송신기의 OFDM 심볼 네 개와 현재 수신되는 심볼 1개를 사용하기 때문에 동기시간을 1/68 또는 1/5 까지 줄일 수 있다. 제안방식의 강건성을 분석하기 위하여 다양한 이동수신 채널환경에서 최소보호비를 구하여 기존 방식과 비교분석하였다.

I. 서 론

초기의 디지털방송 시스템은 옥외 수신을 위해서 설계되어 위성, 지상파, 케이블을 통해 콘텐츠를 전달하였다. 하지만 점차적으로 휴대이동방송수신에 대한 요구가 증가하면서 이에 대응하기 위해 위성파와 지상파를 이용하는 휴대이동방송 시스템들이 등장하였다. 이 중에서 지상파를 이용하는 시스템으로 DVB-T[1]를 개량한 DVB-H[2], DAB[3]를 개량한 DMB[4], 그리고 퀄컴의 MediaFLO[5] 등이 있다.

이 논문에서는 휴대이동방송시스템의 하나인 DVB-H 시스템에서 수신기의 전력소모감소를 위한 방안으로 동기화 시간을 줄이는 연구를 수행하였다.

DVB-H 시스템은 전력사용이 제한된 이동전화기에 멀티미디어 서비스를 제공하기 위한 시스템으로써 단말기의 전력소모를 줄이기 위한 Time-Slicing 기법이 핵심 기술로 쓰인다. DVB-T 송신시스템이 보통 10Mbps 이상의 높은 전송율을 제공하는데 비해서 DVB-H 시스템의 서비스는 MPEG-4와 소형수신모니터를 이용하기 때문에 전송율이 단지 수백kbps 밖에 되지 않는다.

이러한 이유로 DVB-H 에서는 시분할다중화를 기반으로 하는 Time-Slicing 기술을 사용하여 수신기의 전력소모를 대폭 줄일 수 있다. 하지만 데이터를 시간차에 따라 버스트로 나누어 보내야 하기 때문에 각 버스트마다 동기화를 수행해야 하며 이 동기화 시간이 길면 수신기의 유효동작시간이 길어지기 때문에 Time-Slicing의 이점을 살리기 어렵게 된다. 따라서 동기화 시간을 줄이는 작업이 꼭 선행되어야 한다.

동기화시간감소와 관련된 연구는 Nokia사에서 수행한 Fast Scattered Pilot Sync 방식이 있으며, 이 방식은 68개의 OFDM 심볼이 필요한 동기시간을 5개의 OFDM 심볼시간까지 줄였다. 이 연구는 동기시간을 5개의 OFDM 심볼시간에

서 1개의 OFDM 심볼시간까지 줄이는 방안을 제안하였다.

이 논문의 2장에서는 기존의 동기화 방식인 TPS 동기화와 Nokia사에서 제안한 Fast Scattered Pilot Sync 방식에 대하여 간략히 소개했고 3장에서는 제안한 두 가지 방식에 대해서 소개하였으며 4장의 모의실험에서는 기존의 Fast Scattered Pilot Sync 방식과 함께 제안한 두 가지 방식의 최소보호비를 AWGN채널과 이동수신채널에서 각각 모의실험하였다.

II. 기존의 동기화 방식

1. TPS-bit을 이용한 동기화 방식

일반적인 DVB-T 동기화를 위한 시스템은 (그림 1) 과 같다.

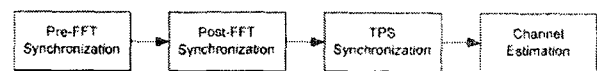


그림 1 DVB-T 동기화 순서

DVB-T시스템은 채널추정을 위한 분산파일럿의 위치를 결정하기 위해서 TPS 동기화를 이용한다. 분산파일럿의 위치는 OFDM 프레임 내에서 OFDM 심볼 번호에 의해 결정되기 때문에 DVB-T 시스템에서는 이 분산파일럿의 위치를 결정하기 위한 동기화 기법이 따로 없으며, TPS bit를 이용하여 프레임의 동기화를 수행 후 분산파일럿의 위치를 결정한다. TPS 동기 이전의 동기화 과정에서는 7 OFDM 심볼시간을 소요하지만 TPS 동기화는 68개의 심볼(한 프레임)을 모두 수신해야 하기 때문에 68 OFDM 심볼시간이 소요되며 동기화에 할애되는 총 시간은 75 OFDM 심볼시간이 된다.

이는 8k 모드, 1/4 보호구간의 시스템에서 84ms 로 환산되며 146ms 의 버스트주기를 감안하면 수신기의 유효동작시간 중에서 37%를 차지하게 된다.

2. Fast Scattered Pilot Sync 방식

Nokia사는 2003년에 분산파일럿 동기시간을 단축할 수 있는 새로운 방식을 제안하였으며, 이 방식에 대한 기능블록도는 (그림 2)와 같다.

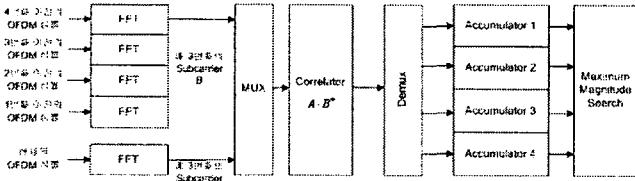


그림 2 Fast Scattered Pilot Sync의 기능 블록도

이 방식은 식 (1) 과 같이 표현되는 scattered pilot 위치의 특성을 이용하여 현재의 OFDM 심볼과 이전의 4번째 OFDM 심볼의 상관계수값을 구하여 현재 OFDM 심볼의 scattered pilot 위치를 결정한다. 따라서 이 동기화기법은 총 5 OFDM 심볼시간이 소요된다.

분산파일럿의 위치 k 는 다음과 같이 표현된다.

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

여기서, l 은 OFDM 심볼 인덱스이고, p 는 k 가 $[K_{\min}, K_{\max}]$ 를 넘지 않도록 하는 0이상의 정수이며, K_{\min} 은 0, K_{\max} 는 2K모드에서 1704, 4K에서 3408, 8K에서 6816 이다.

분산파일럿의 위치는 (그림 3)과 같이 OFDM 심볼 네 개 마다 반복되며, 이렇게 반복되는 분산파일럿 간에는 유사성이 높고, 데이터 부반송파들 간에는 유사성이 낮다. 따라서 식 (2) 와 같은 네 가지 상관계수식을 구성하여 상관계수값을 구한 후 이 값이 다른 세 개의 값과 구분되는 큰 값이 나올 때 서로 유사성이 큰 분산파일럿끼리 상관되었다고 볼 수 있다.

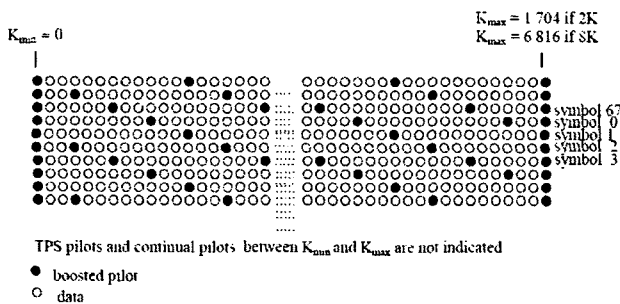


그림 3 분산파일럿의 위치

$S(n,c)$ 를 현재 OFDM 심볼의 c 번째 부반송파라고 하면, 네 개의 상관계수식은 다음과 같이 표현된다.

$$C_1(n) = \left| \sum_{p=0}^{p_{\max}} S(n, 12p) \cdot S^*(n-4, 12p) \right|$$

$$C_2(n) = \left| \sum_{p=0}^{p_{\max}} S(n, 12p+3) \cdot S^*(n-4, 12p+3) \right| \quad (2)$$

$$C_3(n) = \left| \sum_{p=0}^{p_{\max}} S(n, 12p+6) \cdot S^*(n-4, 12p+6) \right|$$

$$C_4(n) = \left| \sum_{p=0}^{p_{\max}} S(n, 12p+9) \cdot S^*(n-4, 12p+9) \right|$$

여기서 p_{\max} 는 2K 모드에서 141, 4K 모드에서 283, 8K 모드에서 567 이다.

네 개의 모든 가능한 분산파일럿 위치에 대한 상관계수를 구한 후에 다음의 식과 같은 확실히 구분되는 최대 상관계수값을 구할 수 있다.

$$C_{\max}(n) = \max(C_p(n)) \quad (3)$$

여기서 $p \in \{1, 2, 3, 4\}$

또한 이를 바탕으로 현재 OFDM 심볼의 분산파일럿 위치 (Scattered Pilot Raster Position)를 알 수 있다.

$$SPRP(n) = \arg_{p, \max}(C_p(n)) \quad (4)$$

여기서 $p \in \{1, 2, 3, 4\}$

이 방식으로 분산파일럿의 위치를 결정할 때는 단지 5 OFDM 심볼시간만 소요된다. 따라서 Pre-FFT, Post-FFT 를 모두 포함해서 총 12 OFDM 심볼시간이 걸리며, 8K 모드에서 11-13.4ms 로 환산이 된다. 이 경우 수신기 유효동작 시간의 8%만 동기화에 할애되므로 기존의 TPS를 이용한 동기화에 비해 동기시간이 84%가 향상된다.

III. Ultra Fast Scattered Pilot Sync 방식

1. UFSPS I

Nokia사에서 제안한 Fast Scattered Pilot Sync의 경우에는 분산파일럿의 위치를 결정하기 위해 모두 5 OFDM 심볼 시간이 소요된다. 하지만 수신기에서 분산파일럿의 위치를 알고 있는 네 개의 OFDM 심볼을 항상 저장하고 있다면 단 하나의 OFDM 심볼만 가지고도 그 OFDM 심볼의 분산파일럿 위치를 알 수 있다. 수신기에서 저장하고 있는 네 개의 OFDM 심볼은 이전 버스트

트에서 분산파일럿의 동기화가 이루어진 후 현재 버스트의 동기화를 위해 수신기에 저장하게 된다.

Fast Scattered Pilot Sync는 현재의 OFDM 심볼과 네 번째 이전의 OFDM 심볼의 매 세 번째 부반송파(the potential scattered pilots)간에 상관계수값을 구하는 반면에 UFSPS I 방식은 식 (5) 와 같이, 현재의 OFDM symbol 과 수신기가 간직하고 있는 네 개의 OFDM symbol모두와 상관계수값을 구하게 된다. 이 UFSPS I 방식의 기능 블록은 (그림 4)와 같다.

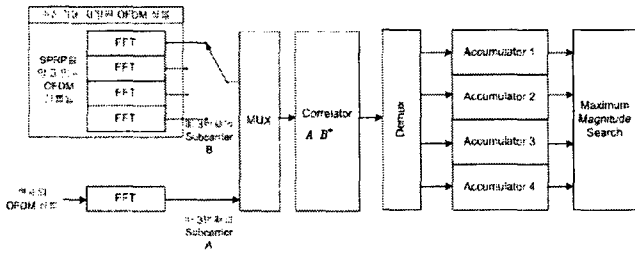


그림 4 제안한 동기화 방식의 기능 블록

$S(k1,c)$, $S(k2,c)$, $S(k3,c)$, $S(k4,c)$ 를 각각 수신기가 저장하고 있는 네 개의 OFDM symbol 의 c 번째 부반송파 라고 하면, 네 개의 상관계수값은 다음과 같이 표현된다.

$$C_1(n) = \left| \sum_{p=0}^{p_{\max}} S(n, 12p) \cdot S^*(k1, 12p) \right|$$

$$C_2(n) = \left| \sum_{p=0}^{p_{\max}} S(n, 12p+3) \cdot S^*(k2, 12p+3) \right| \quad (5)$$

$$C_3(n) = \left| \sum_{p=0}^{p_{\max}} S(n, 12p+6) \cdot S^*(k3, 12p+6) \right|$$

$$C_4(n) = \left| \sum_{p=0}^{p_{\max}} S(n, 12p+9) \cdot S^*(k4, 12p+9) \right|$$

여기서 $S(n,c)$ 는 현재 OFDM 심볼의 c 번째 subcarrier이고 p_{\max} 는 2K 모드에서 141, 4K 모드에서 283, 8K 모드에서 567 이다.

2. UFSPS II

이 두 번째 방식은 기능블럭 및 상관계수값을 구하는 방법이 UFSPS I 방식과 같지만, UFSPS I 방식이 분산파일럿의 동기화를 위하여 현재 OFDM 심볼과 이전 수신 버스트의 심볼 네 개와 상관계수값을 구하는 반면, UFSPS II는 현재 OFDM 심볼과 인위적으로 생성한 OFDM 심볼 네 개와 상관계수값을 구해서 동기화를 수행한다. 이 UFSPS II 방식에서 인위적으로 생성한 OFDM 심볼 네 개는 분산파일럿 부반송파만 원래의 값을 가지고 그 외의 부반송파는 모두 '0'의 값을 가지도록 하였다.

IV. 모의실험

분산파일럿의 위치를 얼마나 강건하게 결정할 수 있는지에 대한 척도로 식 (6) 과 같은 보호율(PR)을 사용할 수 있다.

$$PR(n) = \min \left(\frac{C_{\max}(n)}{C_p(n)} \right) \quad (6)$$

여기서 $p \in \{1, 2, 3, 4\}$

이 식을 이용하여 일정 횟수만큼 시행을 반복한 후 그중에서 가장 작은 보호율(PR)을 구할 수 있으며 식 (7) 과 같이 최소보호율(MPR)로 표현할 수 있다.

$$MPR = \min (PR(n)) \quad (7)$$

여기서 $n \in [0; \text{최대시행횟수}]$

시뮬레이션에서는 4K 모드, 보호구간 1/4 을 사용하여 AWGN 채널환경과 이동수신채널환경에서 Fast Scattered Pilot Sync, UFSPS I 및 UFSPS II 방식의 최소보호율을 구하였으며 모의실험결과의 신뢰성을 위하여 시행횟수는 300 번으로 하였다.

1. AWGN 채널에서의 모의실험

(그림 5) 는 AWGN 채널환경에서 Fast Scattered Pilot Sync 방식, UFSPS I 방식 및 UFSPS II 방식에 대하여 모의실험을 수행한 결과이다. AWGN 채널환경에서 Fast Scattered Pilot Sync 방식과 UFSPS I 방식은 구현환경이 유사하기 때문에 서로 같은 결과가 나온다.

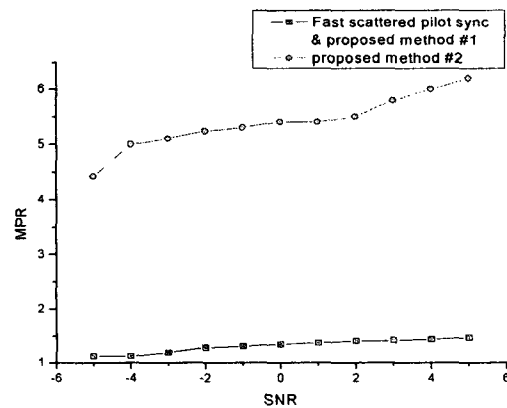


그림 5. AWGN 채널에서의 최소보호비

이 두 방식의 PR은 대부분 UFSPS II 에 비해 높은 편이지만 (그림 6)의 5번째와 8번째의 시행과 같이 간간이 피크점 이외의 점에서 상관계수값이 커져서 전체적인 최소보호율

을 낮추는 현상이 생겼다. 이러한 현상으로 인해서 AWGN 채널환경에서는 Fast Scattered Pilot Sync와 UFSPS I 이 UFSPS II 의 최소보호율보다 낮게 나타났다.

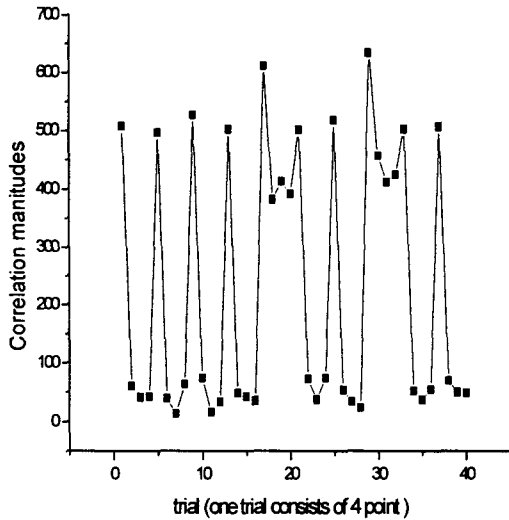


그림 6 AWGN 채널에서의 Correlation 결과

2. 이동수신 채널에서의 모의실험

(그림 7) 은 모의실험에 사용한 이동수신채널의 profile을 보여준다. 채널 모델은 (그림 8) 의 Mobile terrestrial channel model 을 이용하였고 각 delay의 신호크기는 (표 1)의 6-tap channel for portable reception(Rayleigh channel)의 값을 사용하였다.

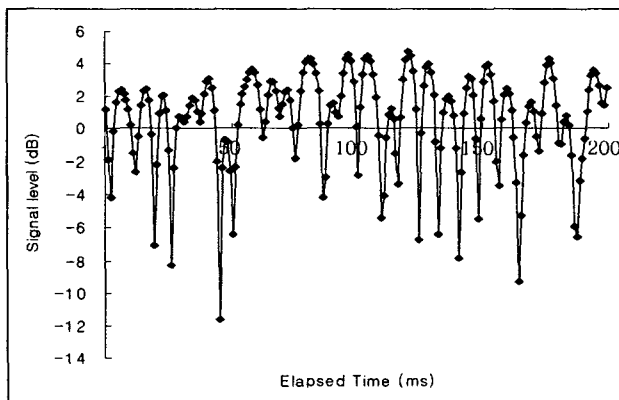


그림 7 이동수신채널의 profile (도플러주파수=100Hz)

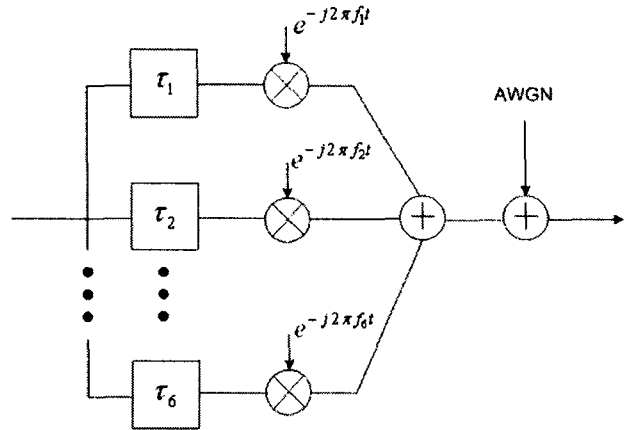


그림 8 Mobile terrestrial channel model

(그림 8) 의 채널모델에서 $f_i = f_{\max} \cos(\theta_i)$ 이며, θ_i 는 0과 2π 사이에서 일정한 확률분포를 갖는 랜덤변수 이고 f_{\max} 는 도플러주파수이다.

표 1 Approximate 6-tap channel for portable reception (Rayleigh channel)

Tap number	Delay τ (μ s)	Amplitude r
1	0.050	0.36
2	0.479	1
3	0.621	0.787
4	1.907	0.587
5	2.764	0.482
6	3.193	0.451

(그림 8) 의 도플러주파수에 따른 최소보호율은 UFSPS I 방식이 가장 좋은 결과를 보이며 그 뒤를 이어 Fast Scattered Pilot Sync 방식과 UFSPS II 방식의 순서로 이동수신채널에서의 강건성을 나타내었다.

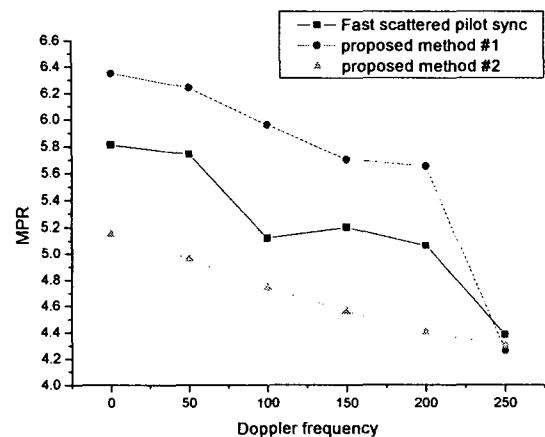


그림 8 이동수신채널에서의 최소보호비

VII. 결 론

이전 버스트의 OFDM 심볼을 사용하는 UFSPS I 방식과 인위적으로 생성한 OFDM 심볼모델을 사용하는 UFSPS II 방식 모두 Fast Scattered Pilot Sync 방식에 비해 시간이 1/5로 단축되었으며 AWGN 채널환경과 이동수신채널환경에서 최소보호율이 1이상으로 분산파일럿의 동기화를 정상적으로 수행할 수 있는 것을 볼 수 있었다. Fast Scattered Pilot Sync 방식의 경우는 기존의 TPS 동기화 방식에 비해 동기시간을 84% 가량 단축시켰고, 새로 제안한 방안들은 분산파일럿의 동기화에 총 1 OFDM 심볼시간만을 소비하기 때문에 TPS 동기화 방식에 비해 동기시간을 89% 가량 단축시킬 수 있다.

UFSPS I 방식의 경우 이동수신채널 환경에서 좋은 강건성을 보여주지만 최초의 동기에는 TPS 동기화를 사용해야 하고 이전 버스트로부터 SPRP를 알고 있는 OFDM 심볼 네 개를 순서에 맞게 저장해야 하기 때문에 여분의 메모리와 복잡도가 필요하다. 또한 UFSPS II 방식의 경우는 복잡도가 UFSPS I 방식보다는 낮지만 이동수신환경에서 최소보호율이 다른 방식들에 비해 낮은 단점을 볼 수 있다. 하지만 제안된 방식들은 동기화시간을 단축시키면서도 안정적으로 동기화를 수행할 수 있기 때문에 Fast Scattered Pilot Sync 방식의 좋은 대안이 될 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] DVB, "Digital Video Broadcasting(DVB); Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television", ETSI standard EN 300 744 V1.5.1, June 2004.
- [2] DVB, "Transmission System for Handheld Terminals (DVB-H)", ETSI standard EN 302 304 V1.1.1, June 2004.
- [3] DVB, "Radio Broadcasting Systems; Digital Audio Broadcasting (DAB) to mobile, portable and fixed receivers", EN 300 401 V.1.3.3, May 2001.
- [4] 정보통신단체표준초안, "초단파 디지털라디오방송 송수신 정합표준", 1996.
- [5] QUALCOMM Incorporated, "The MediaFLO system : An Overview", 80-T0307-1 Rev A, March 2004.
- [6] Ludwig Schwoerer and Jussi Vesma, "Fast Scattered Pilot Synchronization for DVB-T and DVB-H", Proc. 8th International OFDM Workshop, Hamburg, Germany, Sept. 24./25.

2003.

- [7] Speth,M., Fechtel,S., Fock,G. and Meyr,H., "Optimum receiver design for OFDM-based broadband transmission. II. A case study", IEEE Transactions on Communications, Vol. 49, Issue. 4, April 2001.
- [8] Jukka Henriksson, "CHANNEL MODELS FOR PRACTICAL MEASUREMENTS", EACEM v.1.2 Doc: DVB-H 233, October. 9. 2004.
- [9] Louis Thibault and Minh Thien Le, "Performance Evaluation of COFDM for Digital Audio Broadcasting Part 1: Parametric Study", IEEE TRANSACTIONS ON BROADCASTING. VOL. 43, NO. 1, MARCH 1997.