

## 주파수 오차 존재시 초기 프레임 동기를 위한 상관기 성능 분석 및 평가

강준규, 유희철, 성원진  
 서강대학교 전자공학과  
 (pleasebe,qorak75,wsung@sogang.ac.kr)

### Correlator Performance Analysis for the Initial Frame Synchronization in the Presence of Frequency Offsets

Junkyu Kang, Heechul Yoo and Wonjin Sung  
 Department of Electronic Engineering, Sogang University

#### 요 약

본 논문에서는 AWGN(Additive White Gaussian Noise) 채널 하에서, QPSK(Quadrature Phase Shift Keying) 변조 방식을 사용하는 통신 시스템이 주파수 오차가 있는 환경에서 전송시 초기 프레임 동기를 위한 일반적인 상관기의 성능을 확률 분포함수를 통해 분석하고 모델링한다. 도출된 확률분포함수를 통하여 추정 심볼 개수와 SNR(Signal to Noise Ratio), 주파수 오프셋에 따른 상관기 성능을 확률적으로 분석하고 실험을 통해 확인한다. 최종적으로 시간에 따른 프레임 동기 오차를 계산함으로써 각 파라미터가 수신기의 프레임 동기 성능에 미치는 영향을 확인한다.

#### I. 서론

일반적인 Packet 데이터 통신 시스템에서 동기를 위해 매 프레임의 시작에 미리 약속된 일정 길이의 데이터(프리앰블)를 사용한다. 수신기의 동기 성능은 이 프리앰블 길이와 관계가 있는데 DVB-S2와 같은 디지털 위성 방송 시스템과 같이 항상 신호가 존재할 경우 상대적으로 짧은 프리앰블을 사용하여 긴 시간동안 프레임 동기를 맞추며, WLAN과 같은 통신 시스템에서는 상대적으로 긴 프리앰블을 사용하며 한번에 동기를 맞추는 방식을 사용한다. 수신기는 프리앰블 데이터와 수신 신호와의 상관도를 측정하면서 프레임 동기를 판별하며, 이때 송수신기 사이에 존재하는 주파수 오프셋은 상관기 성능을 저하시킨다.[1][2] 따라서 주파수 오프셋이 존재하는 AWGN 채널 환경에서 최적의 성능을 낼 수 있는 상관기 설계를 위해선 이러한 상관기 동작의 확률적 분석과 성능 평가가 요구된다.

본 논문의 II 장에서는 상관기 모델에 대해 분석하고, III 장에서는 주파수 오프셋이 존재할 경우 상관기 성능을 분석한다. IV 장에서는 앞에서의 확률 분석을 토대로 프레임 동기 오차를 계산함으로써 수신기 성능에 미치는 영향을 확인하고 V 장에서 결론을 맺는다.

#### II. 상관기 모델 및 분석

##### 1. 신호 및 상관기 모델

AWGN 채널에서 한 프레임에 대한 수신신호  $r_i$ 를 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$r_i = s_i + n_i, \quad i = 1, 2, \dots, N_F \quad (1)$$

식 (1)에서  $N_F$ 은 프레임 길이이며,  $s_i$ 은 송신 신호로써 프레임 동기가 맞았을 경우 프리앰블 심볼을, 동기가 맞지 않을 경우는 데이터 심볼 또는 어긋난 프리앰블 심볼을 의미한다. 송신 신호  $s_i$ 는 QPSK 신호로 실수부  $s_i^r$ 와 허수부  $s_i^i$ 는 다음과 같은 확률을 갖는다.

$$s_i^r = s_i^e = d_i^r = d_i^e = \begin{cases} 1/\sqrt{2}, & p = 0.5 \\ -1/\sqrt{2}, & p = 0.5 \end{cases} \quad (2)$$

이 때  $d_i$ 는 동기가 맞은 경우의 프리앰블 심볼이며,  $n_i$ 는 복소 노이즈 성분으로 I, Q 성분인  $n_i^r, n_i^i$ 가 각각 평균  $m=0$ , 분산  $\sigma_n^2$ 을 갖는 i.i.d(independent identically distributed) 가우시안 분포를 따른다.

수신기에서 상관 수식  $X$ 는 다음과 같다.

$$X = \sum_{i=0}^{N-1} r_i d_i^* = \sum_{i=0}^{N-1} (s_i + n_i) d_i^* \\ = \sum_{i=0}^{N-1} s_i d_i^* + \sum_{i=0}^{N-1} n_i d_i^* \quad (3)$$

$$C = |X|^2 \quad (4)$$

여기서  $N$ 은 상관기의 심볼 길이로 프리앰블 길이와 같다. 본 논문에서는 일반적인  $N$  값에 대해 분석 결과를 유도하였고 수치 평가를 위해서는 DVB-S2의 동기열의 길이인  $N=26$ 을 사용하였다. 판별변수(Decision variable)  $C$ 는 상관값의 power이며, 수신기에서 동기 여부 판단은 Threshold(Th)값과  $C$ 와 비교를 통해 한다. 즉,  $C$ 가 Th 값보다 클 경우 프레임 동기가 맞았다고 판단하며, 작을 경우 수신 심볼을 한 심볼씩 이동시키고 위의 상관 과정을 반복한다.