

# 868MHz LR-WPAN 수신기를 위한 주파수 오프셋 영향 감소에 대한 연구

\*강성민, 임재원, 이성용, 정차근  
호서대학교 정보제어공학과

e-mail : *dsk81@nate.com, happyupload@hotmail.com, yongkkum83@nate.com, cheong@hoseo.edu*

## A Study on frequency offset effect decrease for 868MHz LR-WPAN receiver

\*Sung-Min Kang, Jae-Won Lim, Sung-Young Lee, Cha-Keon Cheong  
School of Information and Control Engineering  
Hoseo University

### Abstract

In this paper, we present an algorithm which decrease a frequency offset effect for 868MHz IEEE 802.15.4b LR - WPAN (Low Rate - Wireless Personal Area Network) receiver. The proposed method improve the robustness to frequency offset and receiver's stability using the multiple delay differential filter of receiver correlator.

### I. 서론

WLAN(Wireless Local Area Network)을 기준으로 데이터 전송률은 1~2Mbps에서부터 54Mbps의 고속 전송률로 발전이 되어왔으나, 이러한 무선 통신망은 근거리 극 저 전력, 저속통신이 필요한 유비쿼터스 센서네트워크를 위한 것으로는 부적합하다<sup>[1]</sup>. 수만 개의 클러스터(cluster) 네트워크를 형성 할 수 있고 근거리 저 전력 통신이 가능하며, 최소 2년 이상의 배터리 수명을 유지한다는 점에서 IEEE 802.15.4b ZigBee의 사용이 크게 대두 되고 있다. 하지만 무선통신은 채널

에 따른 송수신단간의 반송파 주파수 오프셋이 존재할 경우 신호대잡음비(Signal-to-noise Ratio; SNR)가 크게 감소하는 단점이 있다<sup>[2]</sup>.

본 논문에서는 IEEE 802.15.4b 대역 규격 중 868MHz LR-WPAN 시스템의 수신 모듈에서 주파수 오프셋의 영향을 감소시킬 수 있는 correlator에 multiple delay differential filter를 적용하는 알고리즘에 대해 기술 한다.

### II. differential filter

868MHz LR-WPAN PHY는 O-QPSK (Offset QPSK) 변조 방식을 사용한다. ZigBee 수신 모듈에서의 symbol detector는 데이터 복조를 위해 16개의 symbol 중 하나를 detection 하는 모듈로써 저가를 지향하는 시스템의 특성상 규격에서 권고하는 frequency tolerance  $\pm 80\text{ppm}$ 의 주파수 오프셋 환경에서 신뢰성 있는 동작이 가능해야 한다<sup>[3]</sup>.

주파수 오프셋과 AWGN환경에서  $k$  번째 수신 sample 신호는 식(1)과 같이 나타낼 수 있다<sup>[4]</sup>. Differential filter의 출력 신호는 수신 신호  $r(k)$ 와  $N$ 샘플 지연된  $r(k-N)$ 신호의 complex conjugate된 신호로써 식 (2)과 같이 나타낼 수 있으며, 상판 시 사용되는 differential PN 신호는 식(3)와 같다. 또한 AWGN 은 식 (4)와 같다.

$$r(k) = s(k)e^{j2\pi\Delta f k T_c} + n(k) \tag{1}$$

$$\begin{aligned}
 D_r(k) &= r(k)r^*(k-N) \\
 &= s(k)s^*(k-N)e^{j2\pi\Delta fNTc}e^{-j2\pi\Delta f(k-N)Tc} \\
 &\quad + n(k)s^*(k-N)e^{-k2\pi\Delta f(k-N)Tc} \\
 &\quad + n^*(k-N)s(k)e^{j2\pi\Delta fNTc} + n(k)n^*(k-N) \\
 &= s(k)s^*(k-N)e^{j2\pi\Delta fNTc} + n(k)
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

$$D_s(k) = s(k)s^*(k-N) \tag{3}$$

$$\begin{aligned}
 N(k) &= s^*(k-N)n(k)e^{-j2\pi\Delta f(k-N)Tc} + s(k) \cdot n^* \\
 &\quad (k-N) \cdot e^{-j2\pi\Delta fkTc} + n(k)n^*(k-N)
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

differential filter의 출력 신호가 주파수 오프셋의 영향이 시간에 따라 변화하지 않고 상수 N에 의존하여 변화함을 확인 할 수 있다. differential filter를 수신 입력단에 적용함으로써 주파수 오프셋의 영향을 감소시킬 수 있다.

### III. 모의실험

성능 평가를 위해 가장 많이 사용하는 data 패킷 구조를 사용하고, PSDU의 전체 패킷의 사이즈를 79byte(Addressing field : 4byte, Data payload : 64byte)로 구성한 후 simulation을 수행 했다. 그림 1은 AWGN 채널 환경에서 주파수 오프셋에 따른 BER 성능을 나타낸 것이다. 주파수 오프셋을 고려한 환경에서는 성능이 많이 떨어짐을 볼 수 있다.

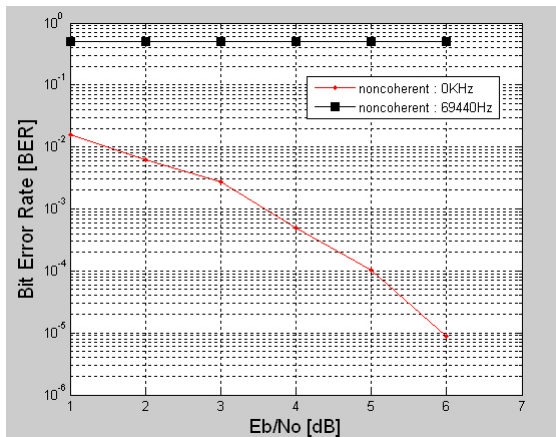


그림 1. AWGN channel 환경에서의 BER

그림 2는 본 논문에서 제시한 correlator에 multiple deley differential filter를 적용한 BER을 나타낸 것이다. AWGN 환경에서의 BER보다 크게 개선되었음을 볼 수 있다.

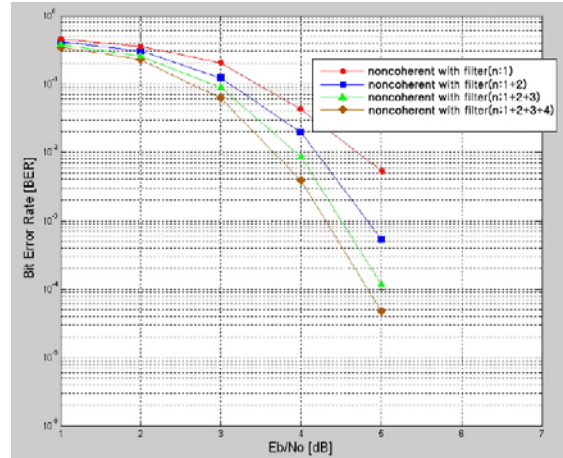


그림 2. 제안 방법의 BER

### IV. 실험결과 및 고찰

일반적인 868MHz LR-WPAM 수신기에 coherent 방식에 간단한 알고리즘의 사용으로 주파수 오프셋의 영향을 상당히 줄일 수 있는 방안을 제시하였다. differential filter의 수가 증가할수록 성능은 향상되지만 성능향상의 폭이 크지 않고 복잡도가 증가하여 ZigBee 시스템에 적용하기 전에 differential filter의 적절한 수를 예측하는 것이 필요하다.

### 참고문헌

- [1] 金太基, 무선통신을 위한 WLAN 및 Zigbee 모델 칩 개발에 관한 연구, 2006.
- [2] [http://en.wikipedia.org/wiki/Digital\\_Audio\\_Broadcasting#Coding](http://en.wikipedia.org/wiki/Digital_Audio_Broadcasting#Coding)
- [3] IEEE 802.15.4TM Part 15.4b: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs), P802.15.4REVB/D6(Revision of IEEE Std 802.15.4-2003), April, 2006
- [4] 강신우 외, “2.45GHz LR-WPAN 수신기를 위한 Timing Estimator 알고리즘의 설계”, 한국통신학회 논문지, '06-3 vol.31 No.3A'
- [5] W-C. Lin, K.-c. Liu and C.-K. Wang. Differential matched filter architecture for spread spectrum communication systems, ELECTRONICS LETTERS, 15th August 1996 vol.32 No.17.