

SDR 플랫폼 기반의 블라인드 채널 환경의 버스트 신호 탐지를 위한 SIMO시스템 구현

서동호*, 김형운*, 남해운°

SIMO System Implementation for Burst Signal Detection in SDR Platform-Based Blind Channels

Dongho Seo*, Hyeongyun Kim*,
 Haewoon Nam

요약

본 논문에서는 소프트웨어 기반의 시스템 구성이 가능한 SDR 플랫폼인 GNU Radio와 USRP를 이용하여 블라인드 채널 환경에서 버스트 신호 검출 시스템을 구현하였으며 검출 신호의 결정을 위한 두 가지 결정 방식과 SIMO 방식을 이용한 다이버시티 이득에 따른 시스템의 신호 검출 성능을 비교 분석하였다.

Key Words : SDR, GNU Radio, USRP, Blind channel, Burst signal

ABSTRACT

SDR enables software-based system configuration to meet user's needs. In this paper, burst signal detection is implemented in blind channel environment using GNU Radio and USRP based on SDR. We use multiple USRPs in order to evaluate a SIMO system to detect the burst signal effectively and analyze the performance according to the setting the threshold to a decision of signal.

1. 서론

최근 점점 다양하고 복잡해지는 무선통신 환경에서 통신 성능의 향상을 위한 많은 기술 연구가 진행되고 있으나 대부분의 연구들이 수치 해석 기반의 시뮬레이션 프로그램을 통한 검증이 주로 이루어졌기 때문에 실제 환경에서의 시스템 구성을 통한 검증 작업을 위해 Software Defined Radio (SDR) 플랫폼을 이용하는 방안이 제시되었다. SDR의 장점은 사용자가 원하는 대로 시스템을 구성 및 재구성을 하는데 매우 용이하다¹⁾. SDR 플랫폼 중 GNU Radio는 라디오 분석, 연구 및 해킹 등을 위해 시뮬레이션 가능한 오픈소스 소프트웨어이며 RF 하드웨어인 Universal Software defined Radio Peripheral (USRP)를 함께 이용할 경우 실제 환경에서의 다양한 무선통신 시스템 구축 및 검증이 가능하다²⁾. 블라인드 통신 시스템은 일반적인 통신 시스템과 다르게 송신측의 오버헤드를 줄이기 위함이나 보안상의 이유로 송신측의 통신 시스템 정보를 수신측이 알 수 없다. 이와 같이 블라인드 채널 환경에서 신호 탐지 및 정보 획득은 다양한 분야에서 매우 중요한 요소 기술 중 하나이다. 본 논문에서는 그림 1과 같이 GNU Radio와 여러 대의 USRP를 이용하여 블라인드 채널 환경에서의 버스트 신호 탐지 및 검출 시스템을 구현하였으며, 결정 방식 및 다이버시티 이득에 따른 성능차이를 분석하였다.

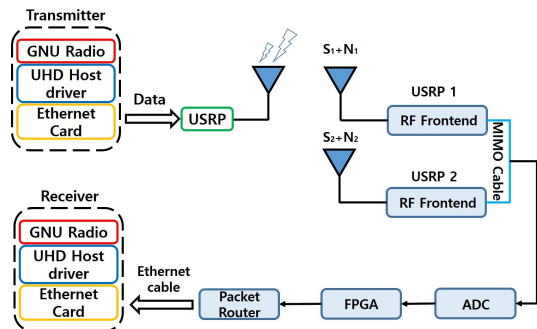


그림 1. GNU Radio와 USRP로 구성된 시스템
 Fig. 1. System structure consisting of GNU Radio and USRP

* 이 연구는 방위사업청 및 국방과학연구소의 재원에 의해 설립된 신호정보 특화연구센터 사업의 지원을 받아 수행되었음

• First Author : Department of Electronic and Communication Engineering, Hanyang University, johnseo@hanyang.ac.kr, 학생회원

° Corresponding Author : Department of Electrical Engineering, Hanyang University, hnamm@hanyang.ac.kr, 정회원

* Department of Electronic and Communication Engineering, Hanyang University, nagne03@hanyang.ac.kr 학생회원

논문번호 : KICS2017-06-184, Received June 28, 2017; Revised August 13, 2017; Accepted August 18, 2017

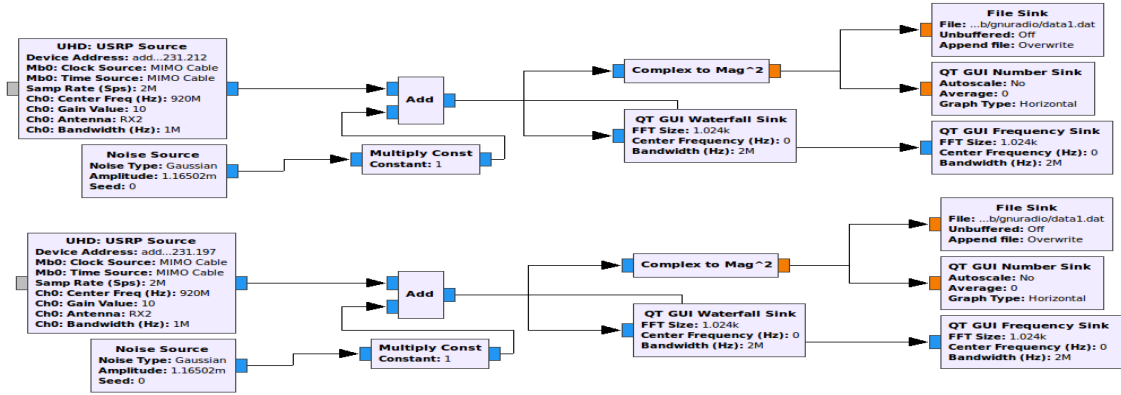


그림 2. 수신기의 에너지 검출 부분 GNU Radio 블록 다이어그램
 Fig. 2. The GNU Radio block diagram of energy detection part in receiver

II. 시스템 모델

일반적으로 특정 주파수의 버스트 신호를 탐지하기 위해 정합 필터, 신호형태 검출 및 에너지 검출방식이 주로 이용된다. 정합 필터는 특성상 signal-to-noise ratio (SNR)을 최대화 할 수 있는 장점이 있지만 송신 신호에 대한 정보가 반드시 필요하며 신호형태 검출 방식 또한 송신 신호에 대한 주기 정보를 알아야 한다는 특징이 있다. 따라서 블라인드 통신과 같은 송신측의 정보를 알 수 없는 환경에서 신호 검출을 위한 방식으로 정합 필터나 주기성 검출 방식은 적합하지 않다. 이에 반해 에너지 검출 방식은 송신측의 정보를 필요로 하지 않고 구현복잡도가 낮기 때문에 블라인드 환경에서 신호 탐지를 위한 방식으로 적합하다. 송신 신호의 존재 유무에 따라 수신되는 신호를 아래와 같이 두 가지 상태로 나누어 정의 할 수 있다.

$$\begin{aligned} H_0 : r(k) &= n(k) \\ H_1 : r(k) &= s(k) + n(k) \end{aligned} \quad (1)$$

이 때 k 는 ($k=1,2,\dots,N$) 검출된 샘플의 인덱스를 의미하며 $n(k)$ 는 AWGN, $s(k)$ 는 채널 이득을 포함한 송신측의 신호를 의미하며 H_0 와 H_1 은 각각 특정 주파수 대역에 송신 신호가 존재하지 않을 때와 존재할 때를 의미한다. 식 (1)의 N 개 샘플을 통하여 에너지 값 (T)을 아래와 같이 구할 수 있다.

$$T = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N |r(k)|^2 \quad (2)$$

N 이 충분히 크다면 중심극한정리에 따라 식(2)에

서 계산한 T 는 아래와 같은 분포를 따르게 되며

$$\begin{aligned} H_0 : T &\sim N(\sigma_n^2, 2\sigma_n^4/N) \\ H_1 : T &\sim N((1+\gamma)\sigma_n^2, 2(1+\gamma)^2\sigma_n^4/N) \end{aligned} \quad (3)$$

이때 $\gamma = \sigma_s^2/\sigma_n^2$ 이다. 에너지 검출 방식을 통해 얻은 에너지 값을 바탕으로 특정 주파수의 버스트 신호의 존재 유무를 결정하게 되는데 이때 결정 기준이 되는 문턱 값(V_{th})의 설정에 따라 시스템의 검출 성능지표인 오경보확률(P_F)과 검출확률(P_D)이 크게 달라진다.

III. 시스템 구현 및 실험

본 장에서는 Constant False Alarm Rate (CFAR)과 Constant Detection Rate^[3] (CDR) 방식을 이용한 문턱 값 설정 방식을 소개하며 이를 이용해 버스트 신호를 검출하고 각각의 방식에 따른 성능을 비교 분석한다. P_F 와 P_D 는 각각 식 (4)와 (5)에 따라 아래와 같이 정의할 수 있다.

$$P_F = \Pr(T > V_{th} | H_0) = Q\left(\frac{V_{th} - \sigma_n^2}{\sqrt{2\sigma_n^4/N}}\right) \quad (4)$$

$$P_D = \Pr(T > V_{th} | H_1) = Q\left(\frac{V_{th} - (1+\gamma)\sigma_n^2}{\sqrt{2(1+\gamma)^2\sigma_n^4/N}}\right) \quad (5)$$

이 때 P_F 와 P_D 는 각각 오경보확률 및 검출확률이며 $Q(\cdot)$ 은 Q-함수를 의미한다. 식 (4)와 (5)를 통하

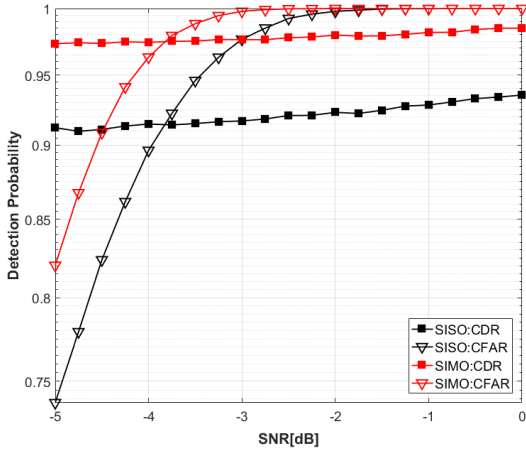


그림 3. SNR에 따른 검출확률 성능
Fig. 3. Detection probability performance versus SNR

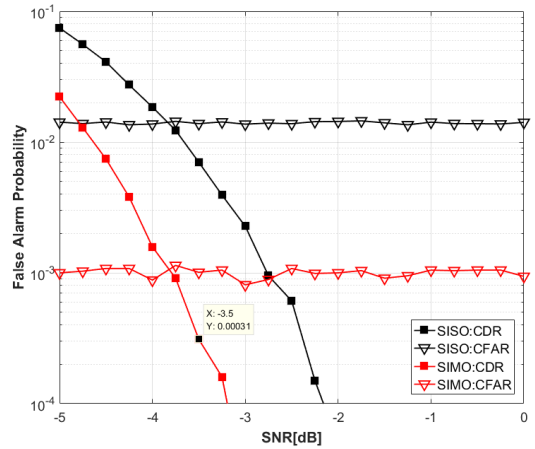


그림 4. SNR에 따른 오경보확률 성능
Fig. 4. False alarm probability performance versus SNR

여 CFAR과 CDR 방식의 문턱 값을 각각 아래와 같이 구할 수 있다.

$$V_{CFAR} = \sigma_n^2 \{ Q^{-1}(P_F) \sqrt{2/N} + 1 \} \quad (6)$$

$$V_{CDR} = (1 + \gamma) \sigma_n^2 \{ Q^{-1}(P_D) \sqrt{2/N} + 1 \} \quad (7)$$

블라인드 환경을 위해 송수신간 채널정보를 알려주는 파일럿 신호는 고려하지 않았으며 반송 주파수는 알고 있다고 가정하였다. 그림 2와 같이 GNU Radio를 기반으로 하여 에너지 검출 부분을 구현하였으며 3대의 USRP를 이용하여 무선통신 환경을 구축하였다. 시스템의 성능 평가를 위해 P_F 와 P_D 의 목표 값은 각각 0.01 및 0.9로 설정하였다. 그림 3에서 알 수 있듯이 CDR 방식을 이용해 문턱 값을 설정할 경우 -4dB 이하의 낮은 SNR 환경에서도 목표 값을 만족하는 검출 성능이 나오는 것을 확인할 수 있다. 하지만 -4dB 이상의 환경에서는 오히려 CFAR 방식을 이용한 시스템 검출 성능이 CDR보다 뛰어나며 더욱이 그림 4를 통해 알 수 있듯이 -4dB 이상의 환경에서는 목표 검출 성능뿐만 아니라 오경보확률의 성능도 만족시키고 있음을 확인할 수 있다. 또한 그림 (3)과 (4)를 통하여 동일한 실험 환경에서 SIMO 방식을 시스템에 적용할 경우 시스템의 검출 성능이 크게 향상됨을 확인할 수 있다. 블라인드 채널 환경에서는 버스트 신호의 검출 성능이 중요하기 때문에 낮은 SNR의 환경에서는 CDR 방식의 문턱 값 설정을 이용하고 상대적으로 좋은 SNR의 환경에서는 CFAR 방식을 이용하는 방법이 전체적인 시스템 검출성능 향상에 효과적임을 알

수 있다.

IV. 실험결과

본 논문에서는 GNU Radio와 USRP 그리고 에너지 검출방식을 적용한 신호탐지 시스템을 구현하였으며 CDR과 CFAR 방식에 따른 문턱 값을 설정하고 SNR의 변화에 따른 각 방식의 시스템 검출 성능과 SIMO 방식을 적용한 시스템의 성능을 비교 분석하였다.

References

- [1] A. Marwanto, et al., "Experimental study of OFDM implementation utilizing GNU Radio and USRP-SDR," *IEEE Int. Conf. Commun.*, pp. 132-135, KL, MY, Dec. 2009.
- [2] J. Park, et al., "Implementation communication system with OFDM PHY using software defined radio platform," in *Proc. KICS Winter Conf.*, pp. 433-434, Jeongseon, Jan. 2013.
- [3] H. Weilan, et al., "An iterative spectrum sensing method based on double decision threshold," *IEEE Inf. Technol. Netw. Electron. Autom. Control Conf.*, pp. 939-943, Chongqing, China, May 2016.