

<http://dx.doi.org/10.7236/IIBC.2015.15.3.73>

IIBC 2015-3-10

에너지 하베스팅이 적용된 스펙트럼 감지 방안

Spectrum Sensing Method of Cognitive Network applying Energy Harvesting

김태욱*, 공형윤**

Tae-Wook Kim*, Hyung-Yun Kong**

요약 본 논문에서는 인지 통신의 스펙트럼 감지 기법에 에너지 하베스팅 기법을 적용하여 2차 송신단의 전력 소모 없이 스펙트럼을 감지할 수 있을 뿐만 아니라 전력을 저장할 수 있는 방안을 제안하였다. 에너지 하베스팅 방법을 통해 수집된 전력과 임계값을 비교하여 1차 네트워크의 스펙트럼 사용 유무를 판단한다. 2차 송신단이 메시지를 전송하려는 경우, 1차 네트워크가 사용 중이라면 주파수를 변경하여 스펙트럼의 사용 유무를 판단하게 된다. 또한 전송하려는 메시지를 가지지 않는 경우, 지속적으로 전력을 수집하게 된다. 따라서 2차 네트워크의 지속적인 스펙트럼 감지로 인한 전력 낭비를 제거할 수 있으므로 인지 기술의 활용도 및 효율성을 증가시킬 수 있다.

Abstract In this paper, we propose energy harvesting apply to spectrum sensing. In this case, we can be spectrum sensing without consume energy. Algorithms of sensing and harvesting are determine active or idle of primary network, Compares with the threshold energy and the amount of energy that is harvested by energy harvesting scheme. If the secondary network want to send a message while the primary network is active, secondary users will change frequency to use the spectrum. Further, if the secondary network has not message, it will continues harvest energy. Therefore, spectrum sensing applied the energy harvesting method, energy of secondary network is remove waste and charge energy. So, efficiency and utilization of cognitive network can be increase.

Key Words : Cognitive Network, Spectrum Sensing, Energy Harvesting

1. 서 론

주파수 자원을 효율적으로 사용하기위해 인지 통신이 제안되었다. 이 기법을 통해, 주파수 대역을 허가 받지 않은 기기(2차 네트워크)의 대역 접근이 가능하게 되었다. 그러나 2차 네트워크의 주파수 대역 접근은 주파수 대역을 허가 받은 기기(1차 네트워크)의 간섭 요인으로 작용하게된다. 따라서 1차 네트워크의 주파수 사용 여부를 판단하기 위해 스펙트럼 감지 기법이 제

안되었다^[1]. 이러한 기법의 경우, 1차 네트워크의 사용 유무를 판단하기 위해 스펙트럼을 지속적으로 확인하기 때문에 전력의 낭비가 초래된다.

따라서 본 논문에서는 인지 통신 네트워크에 에너지 하베스팅 기법을 적용하여 스펙트럼 감지로 인한 전력 낭비를 방지함과 동시에 전력을 수집할 수 있는 기법을 제안한다. 본 논문의 시나리오에서는 1차 송신단, 수신단으로 이루어진 1차 네트워크, 2차 송신단, 수신단으로 이루어진 2차 네트워크로 구성되어 있다. 또

*준회원, 울산대학교 전기공학부

**정회원, 울산대학교 전기전자정보시스템공학부(교신저자)
접수일자 2015년 3월 2일, 수정완료 2015년 5월 2일
게재확정일자 2015년 6월 12일

Received: 2 March, 2015 / Revised: 2 May, 2015 /

Accepted: 12 June, 2015

**Corresponding Author: hkong@ulsan.ac.kr

School of Electrical Engineering, University of Ulsan, Korea

한 2차 네트워크는 에너지 하베스팅 기법을 통해 1차 네트워크의 메시지를 전력으로 전환한다. 전환되는 전력을 통해 1차 네트워크의 사용 유무를 판단할 수 있으며 2차 네트워크는 1차 네트워크가 유휴 상태로 판단될 경우, 오버레이(Overlay) 방식을 통해 스펙트럼을 사용하게 된다.

II. 시스템 모델

본 장에서는 1차 송신단(PT: Primary Transmitter), 1차 수신단(PR: Primary Receiver)로 구성된 1차 네트워크(Primary Network)와 2차 송신단(ST: Secondary Transmitter), 2차 수신단(SR: Secondary Receiver)로 구성된 2차 네트워크(Secondary Network)로 시스템 모델을 정의하며 전력 수집 기법을 통한 스펙트럼 감지 방법에 대해 소개한다.

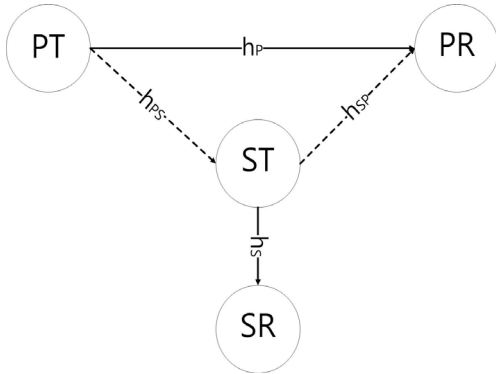


그림 1. 시스템 모델
Fig. 1. System model

그림 1은 1차 네트워크(Primary Network)와 2차 네트워크(Secondary Network)로 구성된 시스템 모델을 도식화한 것이다. 그림 1의 h_p , h_{sp} , h_{ps} , h_s 는 각각 1차 송신단과 수신단, 1차 송신단과 2차 송신단, 2차 송신단과 1차 수신단, 2차 송신단과 2차 수신단 사이의 채널 상태 정보이다.

기존의 전력 감지 방법에서는 H_0 , H_1 으로 주어질 때, 각 값은 $H_0: \sum_i |n(i)|^2$ 과 $H_1: \sum_i |x(i) + n(i)|^2$ 으로 이루어진 가설 검증 방법을 사용하였으며 $x(i)$ 은

1차 네트워크의 메시지, $n(i)$ 은 $n(i) \sim \mathcal{N}(0, \sigma_i^2)$ 으로 이루어진 잡음이다. 이 방법을 통해 감지, 오경보 확률을 다음과 같이 얻을 수 있다^[2].

$$\begin{cases} P_{false}^{ED} = \Pr(r > \tau | H_0) = \frac{\Gamma(W/2, \tau/2\sigma_i^2)}{\Gamma(W/2)} \\ P_{detection}^{ED} = \Pr(r > \tau | H_1) = Q_{W/2}\left(\sqrt{\frac{x^2}{\sigma_i^2}}, \sqrt{\frac{\tau}{\sigma_i^2}}\right) \end{cases} \quad (1)$$

위 식 (1)에서 $Q(\cdot)$ 은 Marcum's Q 함수이며 $\Gamma(\cdot)$ 은 Gamma 함수, τ 은 임계값, r 은 수신된 신호의 전력이다. 또한 W 는 감지 주기의 표본 수이며 σ^2 은 분산이다.

1. 제안하는 에너지 하베스팅 감지 방법

본 논문에서는 에너지 감지 기법에 에너지 하베스팅을 적용하여 1차 네트워크의 상태를 감지한다. [3-5]에서 정의된 수식을 본 논문에서 적용하는 스펙트럼 감지 방법에 적용할 경우 아래와 같은 식을 얻을 수 있다.

$$E_h = \sum_{i=0}^{T_{E_h}} \frac{\eta P_s h_{sR}^2}{L \times d_{PS}^m} \times i \quad (2)$$

식 (2)의 E_h 는 한 주기(T_{E_h})동안 수집되는 전력량, L 은 표본 수를 의미한다. 또한 수집되는 전력량 E_h 를 이용하여 에너지 하베스팅 기법이 적용된 스펙트럼 감지에 관한 식을 유도할 수 있다.

$$\begin{cases} E_h \geq E_h^{th} : \text{primary network is active} \\ E_h < E_h^{th} : \text{primary network is idle} \end{cases} \quad (3)$$

따라서 수집된 전력량과 임계값을 비교하여 1차 네트워크의 상태를 결정할 수 있으며 다음과 같은 알고리즘 모델을 얻을 수 있다^[6].

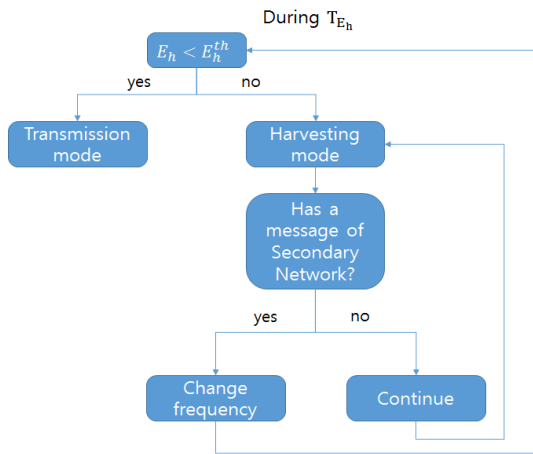


그림 2. 에너지 하베스팅을 이용한 스펙트럼 감지 알고리즘
 Fig. 2. Spectrum sensing algorithms applied energy harvesting

그림 2에 표현된 스펙트럼 감지 알고리즘을 통해 일정 값 이상의 전력량이 수집될 경우 1차 네트워크가 스펙트럼을 사용한다고 판단하여 전력 수집 활동을 한다. 또한 일정량 이하일 경우, 1차 네트워크를 유희상태로 판단하여 2차 네트워크의 메시지를 전달한다.

III. 모의실험

본 장에서는 시스템 모델의 성능을 평가하기 위해 모의실험을 진행하였다. 모의실험에 적용한 파라미터는 아래 표 1과 같다.

표 1. 모의실험 파라미터
 Table 1. Simulation parameters

Fading	Rayleigh fading
Path loss exponent	3
Modulation	BPSK
SNR of Primary	0dB
Harvesting period(T_{E_h})	1
Conversion efficiency(η)	1
Samples	25

표 1에 나타난 것과 같이 모의실험에서는 레일리 페이딩을 적용하였으며, 경로 손실 지수는 3, 1차 신호의 신호 대 잡음 비는 0dB, 수집 주기는 1, 전환 효율은 1,

표본 수는 25개로 정의하였고 1차 네트워크와 2차 네트워크 각각의 거리는 0.5로 정규화 하였다.

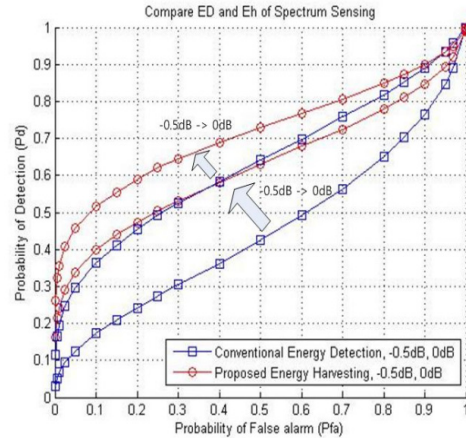


그림 3. 제안된 방법과 기존 방법 간의 감지, 오 경보 확률
 Fig. 3. Detection and false probabilities of conventional and proposed

그림 3에서는 두 기법간의 성능이 나타나있으며 제안된 기법의 경우, 기존의 에너지 감지 기법보다 전체적으로 우수한 것을 알 수 있다.

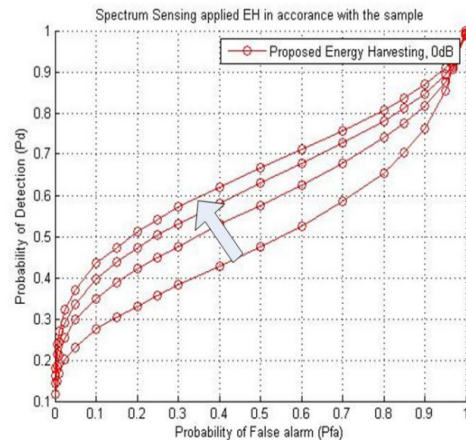


그림 4. 표본 수 증가에 따른 스펙트럼 감지 결과
 Fig. 4. Spectrum sensing in accordance with the sample

이것은 오 경보 확률이 어떻게 나타나더라도 1차 시스템의 메시지를 감지할 수 있다는 것을 의미한다. 기존의 방법과 제안된 방법의 경우 -0.5dB에서 0dB의 감

지 확률 수치가 높게 나타났다. 이 결과를 통해, 에너지 하베스팅 방법을 적용한 2차 네트워크는 1차 네트워크에 대한 감지 성능이 우수한 것을 확인할 수 있다. 스펙트럼 감지는 1차 네트워크의 대역을 사용하기 위한 중요한 연구 분야로서 위의 시뮬레이션 결과를 통해 제안된 기법이 우수하다는 것을 의미한다.

그림 4는 1차 네트워크의 메시지 표본 수가 5, 15, 25, 35개로 주어졌을 때 얻을 수 있는 감지 확률 결과이다. 표본의 수가 증가함에 따라 감지 확률이 지속적으로 증가하고 있으며 이는 표본 수가 증가할수록 감지 능력이 우수하다는 것을 의미한다.

IV. 결 론

본 논문에서는 인지 통신의 스펙트럼 감지 기법에 에너지 하베스팅 기법을 적용하여 2차 송신단의 전력 소모 없이 스펙트럼을 감지할 수 있을 뿐만 아니라 전력을 저장할 수 있는 방안을 제안하였다. 에너지 하베스팅 기법으로 수집되는 전력량을 임계값과 비교하여 1차 네트워크의 스펙트럼 사용 유무를 판단하며 2차 송신단이 메시지를 전송하려는 경우, 주파수를 변경하여 1차 네트워크의 사용 유무를 판단하게 된다. 또한 전송하려는 메시지를 가지지 않는 경우, 지속적으로 전력을 수집하게 된다. 따라서 2차 네트워크의 지속적인 스펙트럼 감지로 인한 전력 낭비를 제거할 수 있으므로 인지 기술의 활용도 및 효율성을 증가시킬 수 있다.

References

- [1] Tevfik Yucek, Huseyin Arslan, "A Survey of Spectrum Sensing Algorithms for Cognitive Radio Applications", Communications survey & tutorials, IEEE, Vol 11, No 1, pp 116-130, Mar 2009.
- [2] F. Digham, M.S. Alouini, M.K. Simon, "On the Energy Detection of Unknown Signals Over Fading Channels", IEEE Transaction on wireless comm., Vol 55, No 1, Jan 2007.
- [3] L. Liu, R. Zhang, and K.-C. Chua, "Wireless information transfer with opportunistic energy harvesting," IEEE Trans. Wireless Commun., Vol 12, No 1, pp. 288~300, Jan, 2013.
- [4] Tae Wook Kim, Hyung Yun Kong, "Performance Analysis of Relay applied to Energy Harvesting", IIBC, Vol 14, No 5, pp 67-72, Oct 2014.
- [5] Truc Thanh Tran, Hyung Yun Kong, "Block-Time of Arrival/Leaving Estimation to Engance Local Spectrum Sensing Under the Practical Traffic of Primary User", JCN, Vol 15, No 5, pp 514-526, Oct 2013
- [6] Tae Wook Kim, Hyung Yun Kong, "Method of Spectrum Sensing and Energy Harvesting in Cognitive Communication Network", IIBC, Vol 15, No 2, pp 45-49, Apr 2015.

저자 소개

김 태 욱(준회원)



- 2007 2월 ~ 2014년 2 월 : 울산대학교 전기공학부 학사
- 2014 3월 ~ 현재 : 울산대학교 전기공학부 석사
- <주관심분야 : 인지 기술, 협력 통신, 전력 수집>

공 형 윤(정회원)



- 1989년 2월 : New York Institute of Technology(미국) 전자공학과 학사
- 1991년 2월 : Polytechnic University (미국) 전자 공학과 석사
- 1996년 2월 : Polytechnic University (미국) 전자 공학과 박사
- 1996년 ~ 1996년 : LG전자 PCS팀장
- 1996년 ~ 1998년 : LG 전자 회장실 전략 사업단
- 1998년 ~ 현재 : 울산대학교 전기전자정보시스템공학부 교수
- <주관심분야 : 모듈레이션, 채널 부호화, 검파 및 추정 기술, 협력통신, 센서네트워크>