https://doi.org/10.7236/JIIBC.2018.18.5.283

JIIBC 2018-5-37

무선 인지형 시스템에서 상호 비선형 간섭 감소에 관한 연구

A Study on Reduction of Mutual Nonlinear Interferences in Cognitive Radio System

이윤민*, 신진섭*

Yun-Min Lee*, Jin-Seob Shin*

요 약 본 논문은 차세대 무선 전송 시스템에서 한정된 자원을 최대한 효율적으로 이용하면서, 서로 다른 여러 전파 환경에서 높은 데이터 전송률을 가지고 전송 신호의 왜곡 없이 많은 사용자들을 지원할 수 있어야 하기 때문에, 이러한 환경에서의 효율적인 전송 시스템을 연구하였다. 제한된 주파수 대역에서 많은 양의 데이터를 취급해야 하므로 매우 복잡한 디지털 변조 방식을 채택 하게 된다. 특히 전력 증폭기의 선형성이 전체 통신 시스템의 선형성을 좌우하므로 선형 증폭기가 필요하게된다. 무선 인지형 시스템에서 Primary User 와 Secondary User와의 관계에서 Power Control Issue 가 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 시뮬레이션을 통하여 Feed-forward PA을 이용하고 선형성을 극복하는 동시에 Power Control을 하면서 인지무선 파워 선택을 할 수 있도록 하여 통신 시스템에서 상호 비선형간섭을 최소화하였다.

Abstract In this paper, it is required that the next generation wireless transmission system can support a large number of users without distortion of transmission signal with high data rate in various different propagation environment while using limited resources as efficiently as possible, and therefore an efficient transmission system is continuously required. Because of the large amount of data to be handled in a limited frequency band, a very complex digital modulation scheme is adopted. the linearity of the power amplifier determines the linearity of the entire communication system, and thus a linear amplifier is required. In cognitive radion systems, there is a power control issue in the relationship between primary and secondary users. This problem is solved by simulating the communication system so as to select the cognitive radio power while power control while overcoming linearity by using feed-forward PA.

Keywords: Linear Power Amplifier, Software Defined Radio, Cognitive Radio, Game Theory

1. 서 론

최근 전 세계적으로 휴대폰 사용 인구가 급증가함에 따라 이동통신 휴대 단말기 시장도 급성장 하고 있다. 이 와 함께 이동통신 단말기 설계, 제작 기술 및 새로운 통 신 시스템에 대한 연구들 역시 하루가 다르게 급변하고 있으며, 이러한 발전 성장 원동력에 힘입어 새로운 서비 스에 형태가 급변 하면서 우리들에게 다가오고 있다. 향 후 이동통신 단말기의 발전과 그 필요성은 지금과는 비 교할 수 없을 정도로 클 것으로 기대되며, 그만큼이나 발

*정회원, 경민대학교 정보통신과

접수일자 : 2018년 8월 25일, 수정완료 : 2018년 9월 25일

게재확정일자 : 2018년 10월 5일

Received: 25 August, 2018 / Revised: 25 September, 2018 /

Accepted: 5 October, 2018

*Corresponding Author: e-mail : lymcall@naver.com

Dept. of Information & Communication, Kyungmin University, Korea

전 하는 과정이 빠르다는 것을 알 수 있을 것이다. 그러 나 인구가 폭발 적으로 늘어남에 따라 전 세계적으로 가 입 인구가 증가 하는 추세이다. 또한 통신 시스템에 인프 라가 부족했던 나라에서도 많은 가입자 수와 서비스 창 출에 대해 연구 개발이 한창이다. 현재 통신 시스템에서 사용할 수 있는 주파수 범위를 살펴보면 9KHz~ 275GHz 대역을 사용 할 수 있다. 이는 FCC(Federal Communications Commission) 미연방 통신 위원회에서 와 같이 각 국가에서 사용할 수 있는 주파수 할당에 있어 정의를 내리지 않으면 큰 혼란이 일어 날수 있기에 정책 적으로 이를 관리하고 감시 할 수 있도록 지정 하게 되었 다. CR(Cognitive Radio)기술은 SDR(Software Defined Radio)기술을 기반으로 하여 주변의 전파환경을 측정하 고, 측정된 자료를 토대로 태스크의 방향을 정하고, 이들 태스크 중에서 최적의 자원을 결정한 후에 통신을 하는 기술이다.[1][2][3] 따라서 기존 면허권 자가 주파수 자원을 사용하지 않는 경우에는 측정을 통하여 확인한 후에 해 당 주파수 자원을 이용하고, 기존면허권 자가 사용하는 경우에는 사용에 지장을 주지 않기 위하여 다른 주파수 대역을 사용하도록 설계되어야 한다.

본 논문은 시뮬레이션을 통하여 다중 사용자 환경에서 비선형 송신기에 의한 상호간 전파 간섭 에 대한 이해와 해석 또한 게임이론을 적용하여 상호간의 전파 간섭을 저감시키는 최적 통신 방식을 도출하고자 하는 것이다. [41[61[71]8]

II. CR 시스템 환경 및 게임 이론 전송 시나리오 모델링

무선 통신 시스템에서 신호의 전달과 신호의 받기는 매우 중요한 부분으로 꼽을 수 있다. 미국에서는FCC 미연방 통신 위원회에서 주파수 고갈로 인하여DTV 전송대역에 주파수를 재사용할 수 있도록 규정 하여 CR 시스템에 적용토록 제시를 하고 있다. [9][10][11]

첫째 우선 유휴 주파수 대역을 찾는 스펙트럼 기술이 먼저 야기 되어야 할 것이다.

둘째 결정된 채널에 대한 센싱 정보를 통해 CR 사용자는 주 사용자에 대한 위치, 즉 CR 사용자와 주 사용자간의 거리를 추정한다. 이는 기지국과 환경적 요인의 정보를 수신하여 주변 환경을 알 수 있을 것이다.

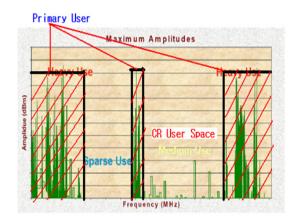


그림 1. 인지 상태의 주파수 대역 Fig. 1. Idle frequency band of cognitive

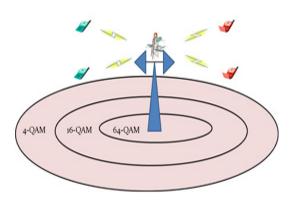


그림 2. CR 사용자간에 거리 및 변조 특성 Fig. 2. Distance and modulation characteristics between CR users

셋째 CR 사용자의 전송전력 조절 기지국과의 교신으로 주변 환경의 정보를 입수 하면 스스로 환경에 적응하기 위한 Parameter값을 조절 하게 된다. 이는 CR 사용자의 가능한 한 최대의 성능을 내기 위한 전송 전력을 결정해주는 주요한 역할을 하게 된다. 주 사용자에게 간섭 영향을 최소화 하면서 CR 사용자들 간에 간섭이 없이 주파수 스펙트럼을 사용해야 하는 가장 중요한 역할을 하게된다. 여기서 게임 이론을 바탕으로CR 사용자들끼리 통신 Traffic 을 원할 하게 해야 하는 이론이 들어가게 된다. CR 사용자간에 최적화로 형평성을 고려, 전력 제어를 통해 이루어 질것이다.

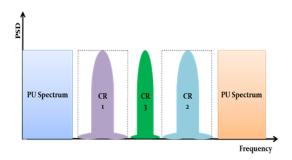


그림 3. CR Network 상에서 바라본 DEAL 한 상태 Fig. 3. IDEAL status on CR Network

Ⅲ. CR 통신 시스템에 의한 통신 성능 해석

Game Theory 기반 전력 제어 알고리즘은 경쟁 주체가 상대방 의 행동을 고려하여 자신의 이익을 효과적으로 달성하기 위한 수단을 합리적으로 선택하는 행동을 수학적으로 분석하는 이론이다. 이 게임 이론은 2차 세계 대전 이후 급속히 발전하면서 전쟁은 물론 국내외 정치, 경제, 경영과 우리 일상생활에도 폭 넓게 작용돼 왔다. 이처럼 게임 이론 이 자리 매김을 하는데 에는 내쉬 균형 (NASH Equilibrium)이 중요한 역할을 했다. 즉 자신의 선택이 어떻게 상대방의 결정에 영향을 미치고 역으로 상대방의 선택이 자신에게 어떤 영향을 미치는가를 감안해 게임 참여자가 결정을 내리게 된다. 이런 과정을 통해 참여자들 모두가 상대방이 내린 결정에 이르면 이를 내쉬 균형에 도달했다고 한다. 이런 게임이론이 CR에 적합한 기술로 주목 받고 있으며 여러 많은 논문에도 발표되었다.

여기서 게임 이론을 통해 CR 통신 시스템에 적용을 해보려 한다. 각 단말기의 목적은 최적에 통신을 하는데 목적을 주고 있다. 송신 전력, 전송 DATA Rate 등이 사용 효율을 최대로 하는 것이다. 그러나 높은 소비 전력은 단말기에 소비 전류를 높게 만들고 이는Mobile 에 치명적인 Battery에 영향을 주게 된다. 또한 높은 송신 전력은 인근 PU(Primary User)에 간섭을 일으키게 되고, 송신 전력을 높게 하게 되면 이에 따른 페널티로 BW(Band Width)를 줄이게 된다.

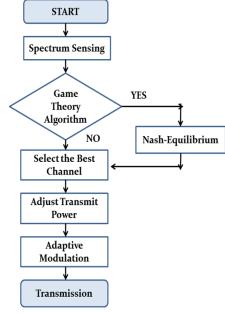


그림 4. 게임이론이 적용된 CR 전송 처리도

Fig. 4. CR transmission processing with game theory

$$U_m(P,\gamma_m) = \frac{U_e}{P_m} - P_m^b \tag{1}$$

식 1은 CR 사용자의 $U_m(Y_m)$ 송신전력 사용 효용함수 (Utility Function)을 나타낸 식으로 단말기 m, 송신전력 P_m , 사용효율 U_e 로 SINR (Signal to Interference plus Noise Ratio)로 나타낸 것이고, P_m^b 은 페널티 함수 (Penalty Function) 로 나타낸 것이다.

표 1. 시뮬레이션에 따른 통신 환경 파라미터 Table 1. Parameter of Communication Environment by Simulation

CR User	Tx Power (PR)	Rx Power (PR)	거리 (m)	간섭 (dBm)	B•W (Mbps)
CR1	30 dBm	-90 dBm	80m	33 dBm	4 QAM
CR2	20 dBm	-80 dBm	40m	25 dBm	16 QAM
CR3	10 dBm	-70 dBm	20m	15 dBm	64 QAM

Ⅳ. CR 환경에서 비선형 특성에 의한 전파 간섭 통신 성능 실험

Case 1 (모든 단말들은 동등한 거리와 동등한 파워)

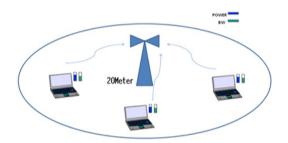


그림 5. 단말기 상태 1

Fig. 5. Terminal status case 1

Case 2 (CR1 과CR2가 사용시 CR3가 접근 CR1과 CR2 비교 균형)

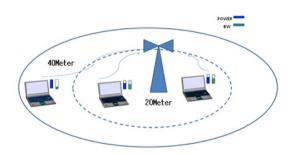


그림 6. 단말기 상태 2

Fig. 6. Terminal status case 2

Case 3 (단말기는 다른 거리에 있으며Best Channel 을 갖도록 도시 한다)

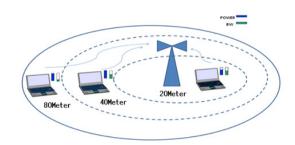


그림 7. 단말기 상태 3

Fig. 7. Terminal status case 3

모든 사용자는 유휴 주파수 속에 최적의 통신으로 사용 하다가 간섭을 받을 경우 내쉬 균형으로 CR 모든 사용자는 평등하다는 가정 하에 PU USER 들에게 피해를 주지 않는 범위에서 유휴 주파수를 사용해야 한다. 내쉬 균형(Nash Equilibrium), 자신의 선택이 상대방의 결정에 영향 미치고, 상대방의 선택이 자신에게 어떤 영향을 미치는가를 감안 게임 참여자가 결정. 참여자 모두가 상대방이 내린 결정 이르면 내쉬 균형으로 수렴 한다. 실험은 Power와 간섭 량에 따라 Power 와 BW의 페널티로 최소한에 Power를 사용하고 대역폭을 줄임으로써 데이터 전송에 있어 불이익을 줄 수 있다. 유휴 주파수 대역을 사용하는 모든 사용자는 형평성을 고려 자신에 처해진 환경에 맞게 최적에 통신을 하도록 하는 것이다. 모든 Cognitive Radio Frequency의 사용자에 대한 Nash Equilibrium 한 상태를 표현 하고자 하였다.

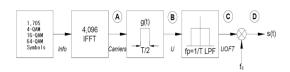


그림 8. OFDM 시뮬레이션을 위한 블록 다이어그램 Fig. 8. Block Diagram for OFDM simulation

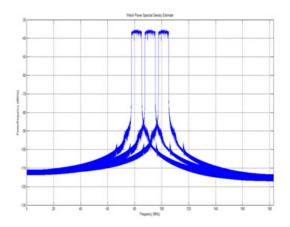


그림 9, CR 시스템에서 케이스 1 시나리오 Fig. 9, Case 1 scenario in CR system

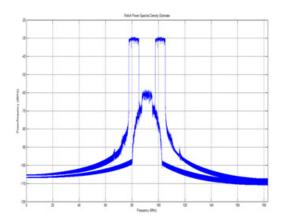


그림 10. CR 시스템에서 케이스 2 시나리오 Fig. 10. Case 2 scenario in CR system

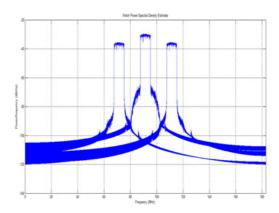


그림 11. CR 시스템에서 케이스 3 시나리오 Fig. 11. Case 3 scenario in CR system

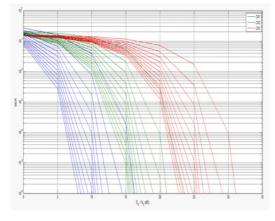


그림 12. 주파수 간섭 량에 따른BER, Eb/No 실험 Fig. 12. BER, Eb / No simulation according to frequency interference

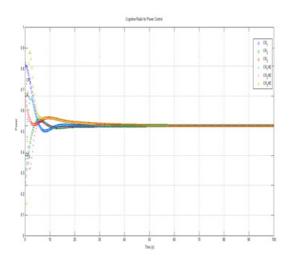


그림 13. CR 사용자의 파워 조절 Fig. 13. Power control of CR network users

V. 결론

본 논문에서는 Cognitive Radio System 환경에 적합 하도록 Game Theory을 이용하여 최적에 통신 시스템이 론을 가지고 시뮬레이션으로 도시하였다. 각 사용자들은 사용효율을 최대로 만드는 변조방식과 패널티 값에 따라 다른 사용자에게 주어질 간섭이 커질 경우 간섭을 최소 화하여 Power 줄이고 BW를 줄이는 Game Theory 이론 을 이용하여 각각에 CR 사용자들에게 맞는 최적에 통신 시스템 나타내었으며, 사용자들에게 최소한에 손실을 줄 임으로써 높은 데이터 전송에 필요한 MCPA (Multi Carrier Power Amplifier)인Feed-Forward PA을 시뮬레 이션하고 이를 바탕으로 공유 주파수를 할당 받아 원하 는 통신사용이 용이하게 도시하는데 목표를 두었다. 각 각에 사용자의 Power와 Bandwidth를 Control 하는 Game Theory의 평등 조건을 도시하였다. 많은 데이터 전송이 요구 되는 통신 서비스 시장에서 더욱더 효율이 좋은 RF Power Amplifier 또한 기술의 발달로 높아져 가 는 소비자에 요구에 맞게 차세대 통신 데이터 서비스의 시작으로 한발 더 발전하고, 주파수 자원의 한정과 사용 자수의 증가 등으로 주파수 사용 효율에 대한 연구가 지 속되어야 할 것이다.

References

- [1] Joseph Mitola, Ph, D "Cognitive Radio for Flexible Mobile Multimedia Communications", 1999.
- [2] Joseph Mitola III, "Cognitive radio: An integrated agent architecture for software defined radio", Ph.D Dissertation, Royal Institute of Technology (KTH), May 2000.
- [3] IEEE 802.22 Working Group on Wireless Regional Area Networks, http://www.ieee802.org/22/.
- [4] Federal Communications Commission (FCC), "Spectrum policy task force", Rep. ET Docket, no. 02–135, Nov. 2002.
- [5] Samir V. Ginde, "A game-theoretic analysis of link adaptation in cellular radio network", Virginia Tech, May, 2004.
- [6] J.W. Madden, "Power is as Power Does," Wireless Business and Technology, July 1998, pp. 44 - 52.
- [7] Bruce Fette PhD, SDR Technology Implementation for the Cognitive Radio, 2003
- [8] Ernest Tsui, What are Adaptive, Cognitive Radios, Intel Corporation, 2004
- [9] Samir V. Ginde, "A game-theoretic analysis of link adaptation in cellular radio network", Virginia Tech, May, 2004.
- [10] J J.W. Madden, "Power is as Power Does," Wireless Business and Technology, July 1998, pp. 44-52.
- [11] Pothecary, Nick, Feedforward Linear Power Amplifiers. Norwood, MA: Artech House, 1999.
- [12] Seidel, H., "A Microwave Feedforward Experimental," Bell System Technical Journal, vol. 50, No. 9, pp. 2879–2916, 1971.
- [13] Nagata, Y., "Linear Amplification Technique for Digital Mobile Communications," IEEE Vehicular Technology Conf., San Francisco, pp. 159–164, 1989.

저자 소개

이 윤 민(정회원)



- 2008년 : 건국대학교 정보통신대학원 전자 및 정보통신 공학과 (공학석사)
- 2014년 : 건국대학교 전자 및 정보통 신 공학과 (공학박사)
- 2016년 3월 ~ 현재 : 경민대학교 정 보통신과 조교수

<주관심분야: RF, 안테나 설계, 마이크로파 회로 등>

신 진 섭(정회원)



- 1991년 : 경희대학교대학원 전자공학 과(공학석사)
- 1997년 : 경희대학교대학원 전자공학 과(공학박사)
- 2018년 : 현재 경민대학교 정보통신 과 부교수

<주관심분야: 정보통신시스템, 초음파 & 초고주파>