
Extended Hata 채널 환경에서 인접채널간 시스템 공존을 위한 파라미터 분석

조주필*

A Parameter Analysis for System Co-existence between Adjacent Channels in Extended Hata Channel Environment

Juphil Cho*

요 약

본 논문에서는 인접채널에서 다른 통신 시스템이 공존할 수 있는 방안으로 공유 파라미터를 분석하였다. 이기종 시스템에서 간섭 송신기의 다양한 밀도와 전송출력에 따른 성능 결과를 분석하였다. 두 시스템간의 간섭밀도와 허용 최대 송신출력의 관계를 분석하기 위해 간섭 송신기가 WiBro이고 WLAN이 희생 수신기인 경우를 고려하였다. 간섭원 밀도가 $50\text{개}/\text{km}^2$ 이고, WLAN, WiBro의 중심주파수가 각각 185, 201MHz 인 경우 요구되는 보호대역은 4MHz 이었다. 분석된 상호 공존 결과는 향후 동일 주파수 환경에서 다양한 통신 프로토콜을 이용하는 무선기기에 대한 상호 공존 조건을 마련하는 기술개발에 활용될 수 있을 것이다.

ABSTRACT

In this paper, we analyze the sharing parameters in order to co-use of different communication systems in adjacent channels. We analyze the performance result according to various density of interfering transmitter and transmitter output in hetero systems. In order to get the relationship with between density of interfering transmitter and transmitter output, we consider the case that WiBro is an interfering transmitter and WLAN is a victim receiver. When the interferer density is $50/\text{km}^2$ and the center frequency of WLAN and WiBro are 185 and 201MHz respectively, required guard band is 4MHz. Analyzed coexistence results may be widely applied into the technique developed to get the coexisting condition for wireless devices using many communication protocols in same frequency.

키워드

TV방송대역, 간섭확률, 인접주파수 대역, 상호 공존

Key word

TVWS, Interference probability, adjacent channel, coexistence

* 정회원 : 군산대학교 전파공학과(stefano@kunsan.ac.kr)

접수일자 : 2012. 02. 09

심사완료일자 : 2012. 03. 23

I. 서 론

미국연방통신위원회(Federal Communications Commission, 이하 FCC)는 2008년 11월 4일에 DTV(Digital Television)에서 사용하는 UHF(Ultra High Frequency) 및 VHF(Very High Frequency) 대역의 주파수에 대해 FCC가 정한 규제 조건을 만족하면 누구나 사용이 가능한 비면허 대역으로 승인하였으며 국내에서도 이에 상응하는 TV 화이트스페이스(TV White Space, TVWS) 주파수 이용에 관한 정책, 전파 사용 및전파 출력 등에 대한 규제가 마련되고 있다. 이러한 관점에서 방송대역에서 휴대통신을 위한 주파수 공유 기술간 공유 파라미터 최적화 기술의 연구는 그 의미와 필요성이 크다고 할 수 있다. 현재 전 세계적으로 무선통신분야에서 통신과 방송의 융합을 추진하고 있으나 이런 기술적인 발전과 변화에 대응하기 위한 주파수 자원은 극히 부족한 상황이다.[1] IEEE, ECMA, 1900.6으로 대표되는 북미 및 유럽의 CR 표준화 관련 단체 및 국내에서도 스펙트럼 센싱에 대한 표준화 역시 특정 기술보다는 센싱 요구 조건 및 센싱 기능 함수의 입출력 인터페이스 기술로 진행될 것으로 예상된다. 또한 IEEE 802 산하의 표준화 기구에서는 TV WS를 이용한 무선 전송기술 표준을 개발하기 위한 활발한 연구를 진행하고 있다.[2]

많은 이동통신기술과 인접주파수를 이용하는 단말들의 엄청난 사용으로 인하여 한정된 주파수 자원에 대한 부족 문제가 꾸준히 제기되고 있으며 그로 인한 이기종간의 전파간섭 및 혼신 문제는 시스템의 안정성을 열화시키고 있는 현실이다. 이에 대한 해결책의 일환으로 주파수 낭비를 줄이고 앞으로 다가올 주파수 고갈의 문제를 해결하고자 Cognitive Radio 기술이 제안되었으며 [3], 그것에 관한 내용들을 논의하고 표준화 시키는 개념이 IEEE 802.22 관련 기술이다. IEEE 802.22 WRAN은 미국, 캐나다, 브라질 등 유선랜을 가설하기 힘든 광활한 지역에서 무선 인터넷 접속이 가능하기 위하여 VHF/UHF대역(54~862 MHz)의 TV대역 중 사용되지 않는 채널을 활용하여 통신하는 방식을 다루고 있다.[4] 국내에서는 서로 다른 전파형식 또는 통신방식을 갖는 무선 시스템들이 상호간 간섭을 주지 않는 조건 하에서 공통으로 사용하는 주파수 대역을 의미하는 개념이 제시되었다. 방송대역에서 휴대통신을 위한 주파수 공유 기술간 공유 파라미터 최적화 기술의 연구는 중요한 것으로 사

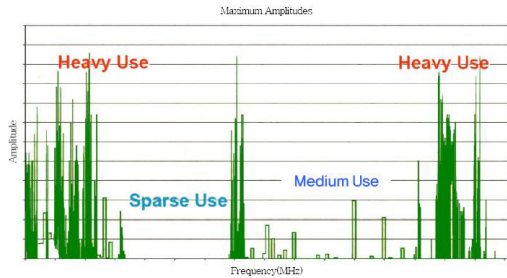
료되며, 본 논문에서는 그 성능 및 효과를 기본 동향자료의 분석과 더불어 시나리오 기반의 시뮬레이션 결과를 통해 정량적인 분석을 제시하였다.

또한, 방송채널에서 WiBro와 WLAN의 공용을 가능케 하기 위한 사전 단계로 필요한 파라미터 및 그를 활용한 특성 분석등을 수행하였다. 본 논문에서는 Wireless LAN (WLAN)과 Wireless Broadband (WiBro)가 DTV 대역에서 작동하고, WiBro는 WLAN과 인접채널에서 작동하며 WLAN 단말이 희생원, WiBro 단말은 간섭원으로 각각 기능한다고 가정한다. 또한, 한국형 도심공간 및 실내, 개방형 공간의 환경에 대한 분석을 진행하기 위해 Extended Hata 및 Extended Hata SRD 채널 모델을 적용하여 분석을 진행하였다. 본 논문은 시스템의 최적화를 위한 공유 핵심 파라미터의 적절한 값 및 결과를 분석하기 위해 시뮬레이션을 수행하였으며 공유 파라미터로 WLAN UE와 WiBro MS 사이의 단말분포와 보호대역 고정시에 유럽에서 현재 사용되고 있는 기준치인 상호 간섭확률 5%를 만족시키기 위한 최대 허용 송신 출력 레벨을 이용하였다.

II. 공유 핵심 파라미터 설정 및 시나리오

미국의 FCC에서 발표된 자료에 보면 뉴욕, LA와 같은 대도시 몇몇 지역을 제외하고 대부분 주파수 활용 효율이 평균 30%이어서 주파수 효율성이 너무나 부족한 현실이다.[5] 그림1은 1-6 GHz 대역의 주파수 사용 현황을 나타낸 것인데 중간 중간에 전혀 사용하지 않은 영역이 있으며 사용량이 적은 대역도 존재한다. 이는 주파수를 할당해 놓았지만 사용 않아 심각한 주파수 낭비가 되고 있으며 한국 또한 사용효율에 있어서 크게 다르지 않는 실정이다. DMB/DTV 채널의 174 - 698 MHz에서 WiBro와 WLAN 시스템의 공용을 위한 시나리오가 수행되었다.

전파 모델 및 실제 성능 분석은 Extended Hata 채널모델에 대해 수행되었다. WiBro 실험 채널 모델은, 해당 시스템의 수신 sensitivity인 -90.6 dBm 에 해당하는 값을 적용하여 와이브로 시스템의 서비스 영역을 계산하였다. WiBro 이동단말의 경우, 주파수 오프셋이 -5 ~ 5 MHz인 경우 감쇠값은 0 dBc이고, ±5.45 MHz의 경우에 -36 dBc가량 감쇠되도록 설정하였다.



FCC, Spectrum Policy Task Force, Technology Advisory Council (TAC) Briefing (December 2002).

그림 1. FCC에서 조사한 2002년 12월에 조사한 미국 주파수 사용현황

Fig. 1 Frequency usage of US in December 2002 from FCC.

이기종 시스템간의 인접 주파수 공유를 위한 성능을 분석하기 위해 간섭(Interfering) 시스템으로는 WiBro 시스템을, 희생(Victim) 시스템으로는 WLAN 시스템을 가정하였다.

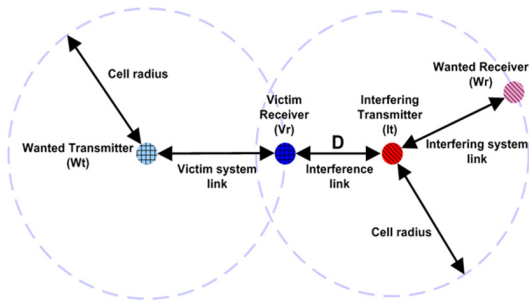


그림 2. 시스템간의 셀 공유 시나리오
Fig. 2 Scenario of cell sharing between two systems

그림 2에서 전파간섭 시나리오는 크게 거리와 밀도에 따른 시나리오로 구분되며 ISM 대역에서 사용되거나 사용될 기기별로 경우의 수만큼 짝지어 간섭원과 희생원으로 적용된다. 시나리오에서 간섭원에 의해 간섭을 받는 희생원은 victim receiver (Vr), 간섭의 영향이 전혀 없는 통신환경에서 희망신호를 Vr로 송신하는 기기를 wanted transmitter (Wt), Vr에 간섭신호를 발생시키는 간섭원을 interfering transmitter (It)로 정의한다. 그리고 Vr와 Wt 사이의 전파경로를 victim system link, Vr과 It의 경로를 interference link, Wr과 It의 경로를 interfering system link라 한다. 간섭환경에서 전파용용설비는 통신기기가

아니므로 Vr가 될 수 없고 It로만 설정할 수 있다.

그림 3은 이기종 시스템간의 인접채널 이용 패턴을 보이고 있다. 일정 보호구간을 설정하였으며 보호구간 변화에 따른 분석을 수행하였다. 그림 4는 셀 내에서의 시스템간 최소거리와 간섭확률이 0%인 영역등을 보이고 있다. 안전 간섭 영역(SIA)은 간섭확률이 0%부터 희생 단말로부터의 최대 허용구간까지를 나타내고 있다. 안전 간섭 영역에서 간섭확률은 간섭단말들의 다양한 밀도 분포에 의해 측정될 수 있다. 이 때 간섭송신기의 밀도는 50, 100, 150, 200개/km² 로 설정한다.

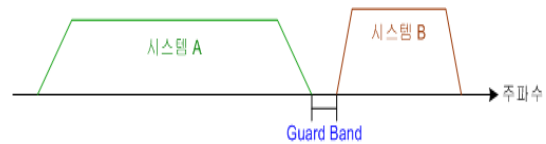


그림 3. 시스템간 인접채널 사용 패턴
Fig. 3 Co-use scenario using adjacent channels between systems

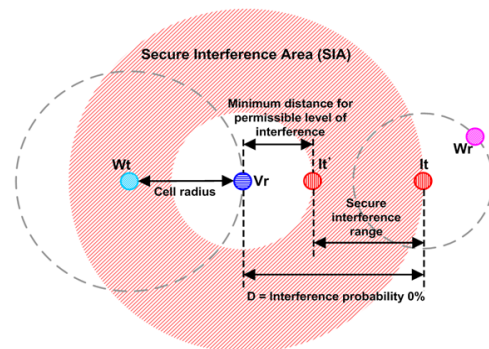


그림 4. 시스템간 최소거리 및 간섭허용구역 분포
Fig. 4 Minimum distance btw. systems and distribution of interference allowance area

전체 시나리오에 대한 영향 분석은 간섭 발생여부를 결정하는데 사용되는 신호감지레벨을 추출하기 위한 공유 시나리오를 통해 진행되었다.[5] 무선 시스템간의 간섭분석 방법으로 많이 사용되는 방법은 크게 MCL (Minimum Coupling Loss), E-MCL(Enhanced MCL) 및 Monte-Carlo 방식으로 나눌 수 있다. MCL은 시스템 파라미터와 전파모델을 통해서 시스템이 간섭의 영향을 전혀 받지 않고 동작하기 위해 떨어져야 하는 최소한의

거리 즉 이격 거리(Protection distance)를 계산한다.

MCL을 개선한 E-MCL은 링크 가용성(Link availability)을 고려하면서 이격거리와 간섭확률을 계산한다. Monte-Carlo 방법은 간섭환경과 관련된 모든 파라미터 값들을 지정하고 통계적인 방법에 의해 간섭확률을 계산하는 방식으로 모든 간섭 환경을 시뮬레이션 할 수 있으나 복잡도가 큰 간섭분석 방법이다.

본 논문에서는 Monte-Carlo 방식을 기반으로 ERO(European Radiocommunications Office)에서 개발한 SEAMCAT(Spectrum Engineering Advanced Monte Carlo Analysis Tool)을 사용하여 앞에서 제안된 간섭 시나리오에 따라 방송 및 비면허 대역에서 사용되는 기기 중에서 WLAN(802.11g)과 WiBro의 간섭 시뮬레이션 결과를 고찰하였다.[6]

III. 모의 실험

주파수 공유 분석시 적용된 WLAN 시스템의 공유 성능 분석을 위해 WiBro 기지국의 송신출력은 33 dBm, 이동단말의 송신출력은 25dBm으로 가정하였다. 한국형 도심공간 및 실내, 개방형 공간의 환경에 대한 분석을 진행하기 위해 Extended Hata 및 Extended Hata SRD 채널 모델을 적용하여 분석을 진행하였으며, 모의실험에 이용된 각각의 시스템에 있어서 서로 다른 링크에 대한 전파 모델은 별도로 다음과 같이 가정된다: 간섭 링크인 WiBro 시스템을 위해 확장형 Hata 모델이 사용되었고 (Wt: 원하는 송신기(Wanted transmitter) → Vr: 희생(Victim) 수신기), 확장형 Hata 모델은 희생 링크인 WLAN(It: Interfering transmitter → Wr: Wanted receiver), 확장형 Hata SRD model은 간섭링크(It: 간섭 송신기 → Vr: 희생 수신기)에 각각 적용되었다.

DMB/DTV 채널에서 세가지의 독립적 주파수인 185/481/687 MHz에 대해 인접채널에서 송신 단말기 및 수신 단말의 분포와 보호 대역을 고정시 간섭확률 5%를 만족키 위한 최대 허용 송신 출력 레벨을 구하였다. 유럽에서는 현재까지 이중 시스템간 동일 채널 및 인접채널의 공용을 위한 기준으로 상호 간섭확률 5%를 정하고 있으며, 본 논문에서도 이를 적용하였다. 실험 결과는 Extended Hata 채널 모델을 적용하여 분석되었다. 이전에 도입된 시스템 매개 변수를 기초로 하여, 간섭 시나리오

오와 5% 미만의 간섭 확률을 WLAN의 성능 요구 사항에 대한 허용 수준으로 선택하였고, WLAN UE와 WiBro 간의 동시 사용을 위해 각각의 인접 채널 간섭을 SEAMCAT으로 평가하였다.

WLAN UE 및 WiBro간 시스템에서 인접채널 간섭 시나리오는 동일한 주파수로 WiBro와 WLAN을 동시에 운영하는 것으로 가정한다. 단일 WiBro MS가 WLAN UE에 간섭 영향을 미치는 경우, 25 dBm의 WiBro MS의 전송 전력에 따라, WiBro MS와 WLAN UE 사이의 보호 거리는 5%의 허용 간섭 확률을 만족시키도록 구해져야 한다. Extended Hata 채널 모델에서 각 단말 분포와 보호 대역을 고정한 경우 성능 구현 가능 구간인 간섭 확률 5%를 만족키 위한 최대 허용 송신 출력 레벨의 상관 성능을 그림 5 - 7에서 보이고 있다.

그림 5는 Extended Hata 채널 모델에서 이중 시스템 간의 간섭확률이 5%를 만족하는 경우, WLAN 및 WiBro의 중심 주파수가 각각 185, 201 MHz 인 경우, 간섭 단말의 분포를 제곱킬로미터당 50, 100, 150, 200 개로 변화되는 경우의 간섭원인 WiBro의 최대허용 출력 레벨을 보이고 있다. 그림에서처럼 간섭원의 수가 가장 적은 50개/km² 인 경우 보호 대역을 약 4MHz로 설정한 경우에 있어서 성능을 만족하는 25dBm의 출력을 보임을 확인할 수 있다.

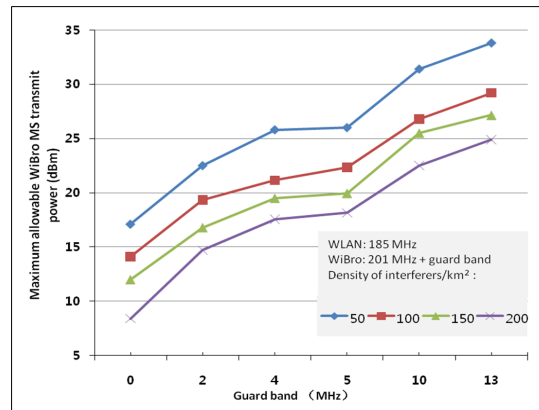


그림 5. 보호대역과 최대허용 송신 출력 비교(WLAN : 185 MHz, WiBro : 201MHz + 보호대역)

Fig. 5 Comparison of performance between guard band and maximum allowable transmit power (WLAN : 185 MHz, WiBro : 201MHz + guard band)

단위면적당 간섭 송신기의 분포가 100, 150, 200으로 증가하는 경우 요구되는 보호 대역은 각각 8, 10, 13 MHz로 증가함을 알 수 있었다. 이러한 경우, 실제 채널 공유에는 약간의 기술적 해결이 요구될 것으로 파악된다.

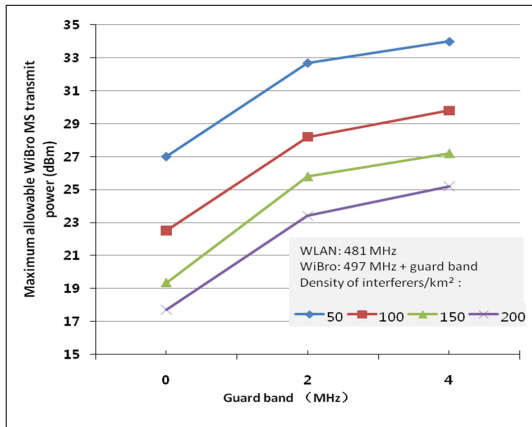


그림 6. 보호대역과 최대허용 송신 출력 비교(WLAN : 481 MHz, WiBro : 497MHz + 보호대역)
 Fig. 6 Comparison of performance between guard band and maximum allowable transmit power (WLAN : 481 MHz, WiBro : 497MHz + guard band)

그림 6은 Extended Hata 채널 모델에서 이중 시스템간의 간섭확률이 5%를 만족하는 경우, WLAN 및 WiBro의 중심 주파수가 각각 481, 497 MHz 인 경우, 단위 면적당 간섭 송신기(WiBro)의 분포를 제곱킬로미터당 50, 100, 150, 200 개로 변화되는 경우에 있어서 간섭원의 최대허용 출력 레벨 및 요구 보호 대역의 크기를 보이고 있다. WLAN의 중심주파수가 185 MHz인 경우와 비교시 전체적인 간섭원 분포에서 개선된 성능을 보이고 있다. 간섭원 단말밀도가 50인 경우 그림 5에서는 요구 보호 대역이 4MHz였으나 그림 6에서는 요구보호대역이 없어도 양호한 성능이 보여짐을 확인할 수 있다.

또한, 전체적으로도 그림 6의 경우 단위면적당 간섭 송신기의 분포가 100, 150, 200으로 증가하는 경우 요구되는 보호 대역은 각각 약 1, 1.8, 4 MHz로 단말분포가 100과 150의 경우 최대 90%에 근접하는 보호 대역 감소가 있음을 알 수 있었고 특히, 단위면적당 간섭원의 밀도가 가장 높은 200의 경우에서도 보호 대역 감소가 60%가량 이루어져서 전체 성능 개선에 도움이 될 것임을 확인할 수 있었다. 따라서, 그림 5의 대역 결과와 비교하여

실제 두 시스템 공존시 상당히 개선된 성능을 예측할 수 있다.

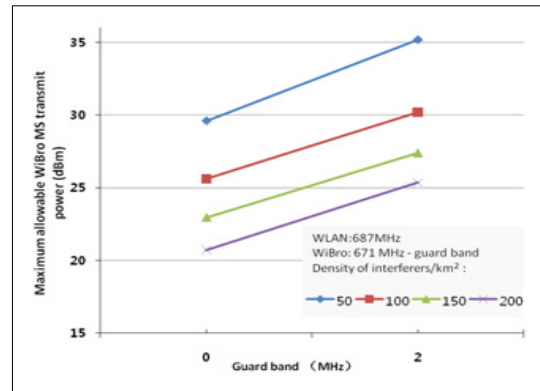


그림 7. 보호대역과 최대허용 송신 출력 비교(WLAN : 687 MHz, WiBro : 671MHz + 보호대역)
 Fig. 7 Comparison of performance between guard band and maximum allowable transmit power (WLAN : 687 MHz, WiBro : 671MHz + guard band)

그림 7은 WLAN 및 WiBro의 중심 주파수가 각각 687, 671 MHz 의 고주파인 경우, 단위 면적당 간섭 송신기(WiBro)의 분포를 상기 결과들과 같이 하는 경우에 있어서 결과를 보이고 있다. 세가지 중심주파수의 실험 결과에 있어서 가장 고주파인 그림 7의 경우 상대적으로 매우 개선된 성능을 보임을 확인할 수 있었다.

가장 성능이 개선된 단말분포가 50의 경우뿐만 아니라, 100의 경우에도 보호대역 없이도 성능을 보임을 확인하였으며, 150, 200개의 밀도분포에서도 약 1, 2MHz의 최소 보호대역만을 요구하여 매우 우수한 성능 향상의 효과를 보임을 알 수 있었다. 자유공간 채널을 적용한 경우엔 요구 성능을 만족키 위한 보호구간의 비중에 너무 높아서 기술적 해결사항이 많이 존재했으며, IEEE 802.11 채널을 적용한 경우엔 본 논문과 비교해 부족한 성능 결과를 보였으며 이는 추후 연구를 통해 보일 것이다. 결과적으로 본 논문에서 전체 방송주파수 고려 대역에 대해 일정한 보호구간 설정이 요구되며, 주파수에 따라 적응 가변형 보호구간을 두어 주파수 사용의 효율을 높이고 성능 개선을 도모해야 할 것이다. 이러한 Extended Hata 채널모델에서의 실험을 기반으로 도심 환경에서도 두 시스템이 상호 공존할 수 있는 기술들을 바탕으로 좋은 성능을 보일 수 있을 것으로 기대된다.

IV. 결 론

본 논문에서는 방송주파수 대역내에서 WiBro와 WLAN간의 인접채널 공유를 위한 성능 분석을 수행하였다. WLAN 단말에 대해 WiBro 이동단말이 간섭원으로 작용하였으며 Extended Hata 채널 모델에서 각 단말 분포와 보호 대역을 고정한 경우 성능 구현 가능 구간인 간섭 확률 5%를 만족키 위한 최대 허용 송신 출력 레벨의 상관 성능을 검증했고 주요 중심주파수별 파라미터 성능 분석에서 고주파수로 중심주파수가 이동할수록 개선된 성능을 보임을 확인하였다.

특히, WLAN 및 WiBro의 중심주파수가 각각 687MHz, 671MHz 인 경우 간섭단말의 밀도가 50개/km², 100개/km²이면 두 시스템간의 요구보호대역 구간이 없어도 양호한 성능을 보임을 확인하였다. 이러한 결과를 기반으로 방송통신대역의 인접채널간 시스템 공존을 위한 보호대역 배치 방안을 활용할 수 있을 것으로 기대한다.

참고문헌

[1] S. Haykin, "CR : Brain-empowered Wireless Comm." IEEE JSAC, vol,23, No.2, pp.202-220, Feb, 2006.

[2] 고헌진, 황성현 외 3명, "IEEE 802.22 WG에서의 CR 응용 : WRAN MAC 설계", 한국전자과학회, 전자과학기술 제 17권 제 2호, pp.38-49, Apr. 2006

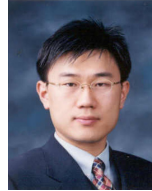
[3] J. Mitolar, "Cognitive Radio for Flexible Mobile Multimedia Communications," IEEE Mobile Multimedia Conf, pp.3-10, Aug. 1999

[4] Niels Hoven, Anant Shahai, "Power Scaling for CR" WCom05 Symposium on Emerging Networks, Technologies and Standards, maui, Hawaii, pp.97-101, June 2005.

[5] M. Marus, "Unlicensed Cognitive Sharing of TV Spectrum," IEEE Comm. Mag., pp.24-25, May, 2005.

[6] ECO, "SEAMCAT Handbook", Jan. 2010.

저자소개



조주필(Juphil Cho)

2001년 : 전북대학교 전자공학과 공학박사

2000년~2005년 : ETRI 이동통신 연구단 선임연구원

2006년~2007년 : ETRI 초빙연구원

2011년 : 미국 USEF, 교환교수

2005년~ 현재 : 군산대학교 전파공학과 부교수

※관심분야 : Cognitive-Radio, 주파수 융합기술, LTE