
TV 주파수 대역 내 인접채널간의 최대 허용 송신 출력 레벨 분석

조주필*

An Analysis of Maximum Allowable Transmission Output Level between Adjacent Channels in TV Frequency Band

Juphil Cho*

요 약

TV 주파수 대역(TVWS : TV White Space) 내에서 인접채널 간 다른 통신 시스템이 공존할 수 있는 방안을 구하기 위해 최대허용송신출력 레벨을 분석하였다. 적용된 두 시스템은 WLAN과 WiBro이며 각 간섭 송신기의 다양한 밀도와 전송출력에 따른 실험 결과를 근거로 전체 성능이 분석되었다. 두 시스템의 간섭밀도와 허용 최대 송신출력의 관계를 알기 위해 간섭 송신기가 WLAN이고 WiBro가 희생 수신기인 경우를 고려하였다. 자유공간 채널모델을 이용한 각 실험 결과는 SEAMCAT을 이용하여 구해졌다. 실험을 통해 얻어진 상호 공존 결과는 향후 인접 주파수뿐만 아니라 동일 주파수 환경에서 다양한 통신 프로토콜을 이용하는 무선기기에 대한 상호 공존 조건을 마련하는 기술 개발에 활용될 수 있을 것이다.

ABSTRACT

We make an analysis of maximum allowable transmission output level to get the solution how heterogeneous systems between adjacent channels can be used in TVWS(TV White Space). The two applied systems are WLAN and WiBro and the overall performances are analyzed based on simulation results according to various density and transmission output of interfering transmitter. In order to get the relationship between interfering density of two systems and allowable maximum transmitter output, we consider the case that a WLAN is an interfering transmitter and a WiBro is a victim receiver. Each simulation results, obtained by free space channel model, are analyzed by SEAMCAT. Coexistence results may be widely applied into the technique development to get the coexisting condition for wireless devices using many communication protocols in an adjacent frequency and a same frequency.

키워드

TV 주파수, 인접채널, 최대허용 송신출력

Key word

TV frequency, adjacent channel, maximum allowable transmit output

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

접수일자 : 2012. 02. 13

심사완료일자 : 2012. 03. 06

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2012.16.7.1364>

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

I. 서 론

CR 개념과 같은 주파수 공유기술은 초기에는 IEEE 802.22 WRAN에서만 적용방안에 관한 검토가 이뤄졌으나, 최근에는 다양한 IEEE802의 표준기술(IEEE802.11, IEEE802.16 등)에서도 차기 표준화 아이템으로 CR의 개념을 적용하는 방안을 적극 검토하고 있는 단계라고 할 수 있다.[1] 또한 주파수 공유의 개념을 적용하는 주파수 대역도 TV 방송용으로 분배된 VHF 및 UHF 주파수 대역에서 방송사업자가 사용하지 않는 비어 있는 주파수 대역을 의미하는 TV 화이트 스페이스(white space)를 중심으로 주파수 공유기법의 적용에 관한 검토가 활발하게 이루어지고 있는 실정이라고 할 수 있다. TV 화이트 스페이스(white space)는 누구나 정부의 전과규제에 대한 조건을 만족하면 사용할 수 있는 비 면허 대역으로서 공간적으로는 방송사업자간의 주파수 간섭을 우려하여 비워둔 대역과 지역별로 사용되지 않는 주파수대역이나 방송용 전파가 미치지 못하는 지역을 의미하며, 시간적으로는 새벽에 방송사업자가 방송을 송출하지 않는 시간대에 비어있는 방송 주파수를 의미한다.[2]

TV 주파수 대역은 전파 특성이 매우 우수한데 반하여 이 채널 중에서 사용하지 않고 있는 채널이 있다. 따라서 이러한 주파수를 활용하여 사용되지 않는 TV 대역에서 무선 인터넷 서비스를 제공하기 위하여 표준화를 진행하고 있는 IEEE 802.22 워킹 그룹에서의 표준화 주제 및 동향을 보면, IEEE 802.22 WG(Working Group)은 미국, 캐나다, 브라질, 등과 같이 광활한 시골 지역에서 무선 인터넷 접속이 가능하게 하기 위하여 VHF/UHF 대역의 TV 대역 중 사용되지 않는 채널을 활용하여 ADSL이나 케이블 모뎀과 동급의 서비스를 제공할 수 있는 표준을 제정할 목적으로 2004년 11월에 결성되었으며, WG는 FCC에서 발행한 “Unlicensed operation in the TV broadcast bands(FCC 04-186)”을 토대로 2005년 1월부터 2005년 9월까지 Functional Requirements Document(FRD)를 작성하였다. 이 FRD에 따르면 서비스 커버리지는 33 km이고, CPE(Customer Premise Equipment)의 최대 전력은 4 watt, 그리고 서비스 availability F(50, 99.9)를 만족하도록 제안서를 작성하도록 되어 있다. 대부분의 제안서가 OFDMA(Orthogonal Frequency Division Multiple Access) 기술을 기반으로 한 무선 접속 기술에 스펙트럼

센싱 기술을 추가하였고, 이를 위한 MAC protocol을 제안하였다. 2006년 3월 회의에서 RUNCOM-ST Micro 등의 모든 제안 그룹이 메이저 그룹에 통합하는데 합의하였다.[3]

CR과 같은 주파수 공유기술의 대부분이 향후 TV 화이트스페이스 적용방안이라는 구체적인 방안을 토대로 연구/개발의 방향이 진화해 갈 것으로 전망된다. 따라서 최대허용 송신출력 레벨 분석을 이용한 방송대역에서 휴대통신을 위한 주파수 공유 기술간 공유 파라미터 연구는 상기한 현 상황 속에서 효율적인 방송 주파수 활용을 위한 정책결정에 있어서 중요한 백 데이터가 됨과 동시에 관련 기술 수준향상에 크게 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

본 논문에서는 방송채널에서 WiBro와 WLAN의 공용을 가능케 하기 위한 사전 단계로 필요한 파라미터 및 그를 활용한 특성 분석등을 수행하였다. Wireless LAN(WLAN)과 Wireless Broadband(WiBro)가 DTV 대역에서 작동하고, WiBro는 WLAN과 인접채널에서 작동한다고 가정한다. 또한 WLAN 단말이 간섭원, WiBro 단말은 피간섭원으로 기능한다고 가정하고, 시스템의 최적화를 위한 공유 핵심 파라미터의 적절한 값을 찾기 위해 시뮬레이션을 수행하였다. 분석 방법으로는 WLAN UE와 WiBro MS 사이의 단말분포와 보호대역 고정시 간섭확률 5%를 만족시키기 위한 최대 허용 송신 출력 레벨의 고찰을 이용하였다. 2장에서는 공유 핵심 파라미터 설정 및 주요 시나리오에 대한 설명, 3장에서는 이를 기반으로 한 주요 실험결과, 4장에서는 결론을 맺고 있다.

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.[4] 실제 1-6 GHz 대역의 주파수 사용 현황을 보면, 중간 부분에 전혀 사용하지 않는 주파수 영역이 있으며 사용량이 적은 대역도 존재한다. 이는 주파수를 할당해 놓았지만 사용 않아 심각한 주파수 낭비가 되고 있음을 알 수 있다. 우리나라의 경우 주파수를 사용하는 형

태와 모든 통신 주파수 전 대역을 조사해 보면 사용효율이 미국과 비슷한 범위에 있을 거라 생각된다. 그림 1은 한국 디지털 TV 방송통신 시스템을 위한 주파수 대역을 보이고 있다. 본 논문에서는 DMB/DTV 채널의 174 - 698 MHz 내에서 WiBro와 WLAN 시스템의 공유를 위한 시나리오가 수행되었다.

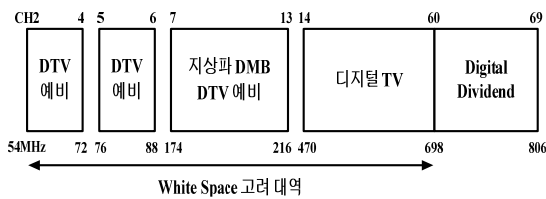


그림 1. 한국 DTV 대역
Fig. 1 korea DTV band

전파 모델 및 실제 성능 분석은 자유공간 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 dBc 가량 감쇠되도록 설정하였다. 또한, WLAN 단말의 출력은 23dBm을 적용하였으며, 적용된 주파수는 DMB/DTV 채널의 174 - 698(185/481/687) MHz에서 WiBro와 WLAN 시스템의 인접채널간 공유를 위한 시나리오가 수행되었다. 피간섭원인 WiBro 단말의 출력은 25dBm이며 잡음지수는 7dB, 대역폭은 10MHz로 설정하였으며 인접채널 사용에 따른 보호대역(guard band)을 고려하였다.

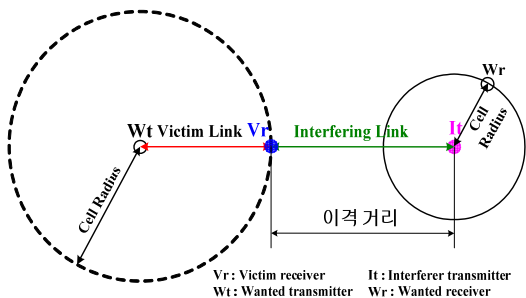


그림 2. 시스템간의 셀 공유 시나리오
Fig. 2 Scenario of cell sharing between two systems

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

그림 2에서 전파간섭 시나리오는 크게 거리와 밀도에 따른 시나리오로 구분되며 ISM 대역에서 사용되거나 사용될 기기별로 경우의 수 만큼 짝지어 간섭원과 희생원으로 적용한다. 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, Wt과 It의 경로를 interfering system link라 한다. 간섭환경에서 전파응용설비는 통신기기가 아니므로 Vr가 될 수 없고 It로만 설정할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 WLAN 단말이 It, WiBro 단말이 Vr에 해당되며 그림 2와 같은 시스템간 공유 시나리오에서 간섭확률이 0%부터 희생 단말로부터의 최대 허용구간까지 나타내는 안전 간섭 영역(SIA)을 두어 실험결과를 얻었다. 안전 간섭 영역에서 간섭확률은 간섭단말들의 다양한 밀도 분포에 의해 측정될 수 있다. 이 때 간섭송신기의 밀도는 50, 100, 150, 200개/km2 로 다양한 경우를 설정하여 실험을 수행하였다.

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 파라메타와 전파모델을 통해서 시스템이 간섭의 영향을 전혀 받지 않고 동작하기 위해 떨어져야 하는 최소한의 거리 즉 이격 거리(Protection distance)를 계산한다. SEAMCAT의 기본 방법론은 간략하게 다음과 같이 설명할 수 있다. 간섭이 발생하는 기준은 victim(피간섭) 수신기(Vr)가 최소 허용 값 이하의 간섭 비율 carrier(C/I)을 갖도록 설정된다. 피간섭 단말의 C/I 계산을 위해서, I에 방해 받는 신호 강도(IRSS) 뿐만 아니라 C에 해당하는 피간섭 단말의 원하는 신호 강도/dRSS를 확립하는 것이 필요하다.

그러나 MCL은 송수신기의 활동률(Activity factor)을

무시하고 일정한 크기의 송수신 신호가 계속 수신되는 최악의 경우로 가정하므로 실제 적용하기에는 부적절할 정도의 큰 이격 거리 값이 계산된다. 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 간섭 확률을 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 simulation tool을 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. 모의실험에 이용된 각각의 시스템에 있어서 전파 모델은 자유공간 채널모델이 이용되었으며 각 단말들간의 보호 구간은 최소 1m 이상으로 설정하였다. DMB/DTV 채널에서 세가지의 독립적 주파수인 185/481/687 MHz에 대해 인접채널에서 송신 단말기 및 수신 단말의 분포와 보호대역을 고정시 간섭확률 5%를 만족키 위한 최대 허용 송신 출력 레벨을 구하였다. 이전에 도입된 시스템 매개 변수를 기초로 하여, 간섭 시나리오와 5% 미만의 간섭 확률을 WLAN의 성능 요구 사항에 대한 허용 수준으로 선택하였다. 즉, 현재 유럽 및 관련 기술을 개발하는 회사들이 상용화 관점에서 계측을 할 때 사용하는 간섭확률의 기준이 5%이어서 본 논문에서도 그 기준을 사용하였다. 또한, WLAN UE와 WiBro간의 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 WLAN UE가 WiBro MS에 간섭 영향을 미치는 경우, 23dBm의 WLAN 단말의 전송전력 및 25 dBm의 WiBro MS의 전송 전력에 따라,

WiBro MS와 WLAN UE 사이의 보호 거리는 5%의 허용 간섭 확률을 만족시키도록 구해져야 한다. 자유공간채널 모델에서 각 단말 분포와 보호대역을 고정된 경우 성능 구현 가능 구간인 간섭 확률 5%를 만족키 위한 WLAN UE의 최대 허용 송신 출력 레벨의 상관 성능을 그림 3 - 5에서 보이고 있다. 그림 3은 자유공간 채널 모델에서 이중 시스템간의 간섭확률이 5%를 만족시키기 위한 실험결과로 WLAN의 중심주파수가 185MHz, WiBro의 중심주파수가 201MHz 인 경우에 간섭 단말의 분포를 제공킬로미터당 50, 100, 150, 200 개로 변화시키면서 간섭원인 WLAN의 최대허용 출력 레벨을 보이고 있다. 그림처럼 간섭원의 수가 가장 적은 50개/km² 인 경우 보호대역을 약 23MHz로 설정한 경우에 있어서 성능을 만족하는 23dBm의 출력을 보임을 확인할 수 있다. 단위면적당 간섭 송신기의 분포가 100, 150, 200으로 증가하는 경우 요구되는 보호대역은 약 26MHz로 밀도가 50개인 경우와 비교해 약 3MHz 정도의 보호대역구간을 더 필요로 하여 전체적인 채널 낭비의 결과를 발생시킴을 확인할 수 있다. 하지만, 이 경우 전체적인 성능에서 보호대역 손실이 상당하여 만족스럽지 못한 결과를 보여 실제 채널 공유에는 약간의 기술적 해결이 요구될 것으로 파악된다.

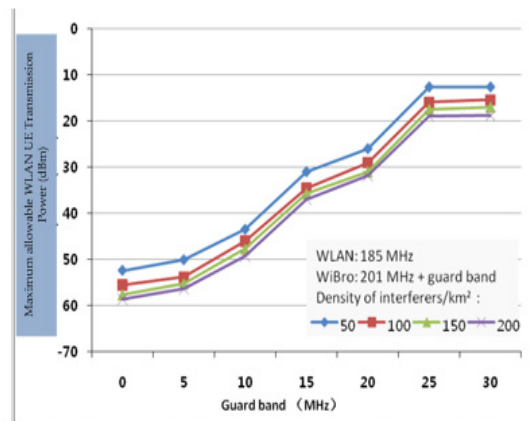


그림 3. 단말분포와 보호대역 고정시 간섭확률 5% 만족을 위한 최대허용 송신 출력레벨 (WLAN : 185 MHz, WiBro : 201MHz + 보호대역)

Fig. 3 Maximum allowable transmit power to meet the interference probability of 5% when UE and guard band are fixed (WLAN : 185 MHz, WiBro : 201MHz + guard band)

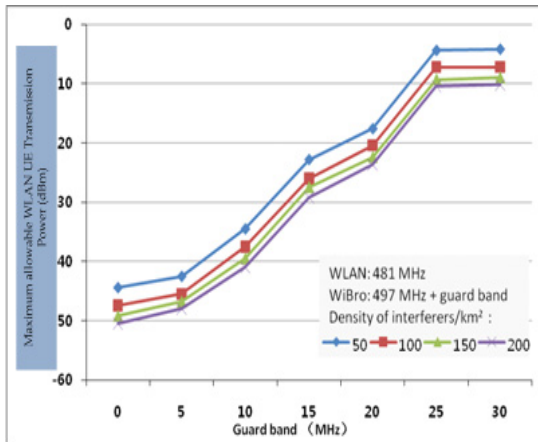


그림 4. 단말분포와 보호대역 고정시 간섭확률 5% 만족을 위한 최대허용 송신 출력레벨 (WLAN : 481 MHz, WiBro : 497MHz + 보호대역)
 Fig. 4 Maximum allowable transmit power to meet the interference probability of 5% when UE and guard band are fixed (WLAN : 481 MHz, WiBro : 497MHz + guard band)

그림 4는 자유공간 채널 모델에서 시스템간의 간섭확률이 5%를 만족하는 경우, WLAN 및 WiBro의 중심 주파수가 각각 481, 497 MHz 인 경우, 간섭 송신기인 WLAN의 분포를 제곱킬로미터당 50, 100, 150, 200 개로 변화하는 경우에 WLAN의 최대허용 출력 레벨 및 WiBro의 요구 보호 대역의 크기를 보이고 있다. WLAN의 중심주파수가 185 MHz인 경우와 비교시 전체적인 간섭원 분포에서 개선된 성능을 보이고 있다. 단말밀도가 50인 경우 WLAN 주파수 대역이 185MHz인 그림 3에서는 요구 보호 대역이 약 23MHz였으나 그림 4에서는 guard band가 9MHz 정도 감소한 14MHz로 인접채널 사용 주파수 대역이 증가함에 따라 성능이 개선됨을 확인할 수 있다. 또한, 그림 4의 경우 단위면적당 간섭 송신기의 분포가 100, 150, 200으로 증가하는 경우에도 요구되는 보호 대역이 20MHz인 경우 WLAN UE의 최대전송출력이 기준 출력인 23dBm을 만족하는 결과를 보임을 확인할 수 있다. 그림 3에서는 보호대역이 20MHz 인 경우 모든 간섭원의 밀도 경우에 있어서 원하는 송신성능을 보이지 못한다.

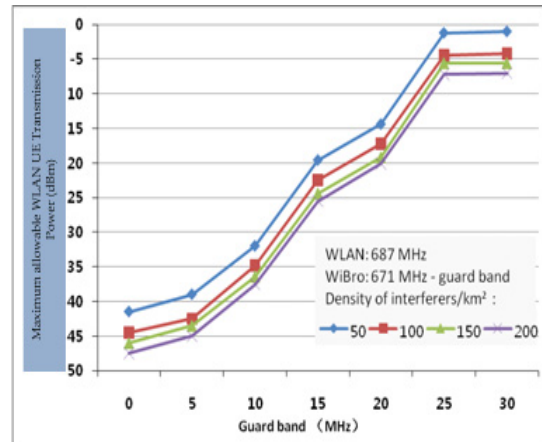


그림 5. 단말분포와 보호대역 고정시 간섭확률 5% 만족을 위한 최대허용 송신 출력레벨 (WLAN : 687 MHz, WiBro : 671MHz + 보호대역)
 Fig. 5 Maximum allowable transmit power to meet the interference probability of 5% when UE and guard band are fixed (WLAN : 687 MHz, WiBro : 671MHz + guard band)

따라서, 그림 3의 대역 결과와 비교하여 실제 두 시스템 공존시 상당히 개선된 성능을 예측할 수 있다.

그림 5는 WLAN 및 WiBro의 중심 주파수가 각각 687, 671 MHz 의 고주파인 경우, 단위 면적당 간섭 송신기의 분포를 상기 결과들과 같이 하는 경우에 있어서 결과를 보이고 있다. 세가지 중심주파수의 실험 결과에 있어서 가장 고주파인 그림 5의 경우 상대적으로 매우 개선된 성능을 보임을 확인할 수 있다. 가장 성능이 개선된 단말분포가 50의 경우 보호대역이 12MHz로 감소하고, 나머지 밀도의 경우에도 그림 4에 비해 5MHz 이상의 보호대역 감소효과를 가져와 전체 성능 향상을 보임을 예측할 수 있다. 이러한 자유공간 채널 모델에서의 실험이 비록 전체적으로 매우 우수한 보호대역 감소 결과를 보이진 못했으나, 극한적인 상황에서의 채널 공유를 위한 기술개발에 도움이 될 것으로 생각한다.

IV. 결 론

본 논문에서는 방송주파수 대역내에서 WiBro와 WLAN간의 인접채널 공유를 위한 성능 분석을 수행하였다. WiBro 단말에 대해 WLAN 이동단말이 간섭원으로 작용하였으며 자유공간 채널 모델에서 각 단말 분포와 보호 대역을 고정된 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 밀도에 상관 없이 전체적으로 보호대역이 상당히 감소하는 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] J. Mitola III, "Cognitive Radio for Flexible Mobile Multimedia Communications," IEEE Mobile Multimedia Conf, pp3-10, 1999
- [3] TTA, "TV white space 통신 종합보고서의 정보통신 중점기술 표준화 로드맵", 2010
- [4] IEEE 802.22 WG, Functional Requirements for the 802.22 WRAN Standard, Sep. 2005.
- [5] M. Marus, "Unlicensed Cognitive Sharing of TV Spectrum," IEEE CommMag, pp.24-25, May, 2005
- [6] SEAMCAT Handbook, January 2010, ECO.

저자소개



조주필(Juphil Cho)

2001년 : 전북대학교 전자공학과
공학박사

2000년~2005년 : ETRI 이동통신
연구단 선임연구원

2006년~2007년 : ETRI 초빙연구원

2011년 : 미국 USF, 교환교수

2005년~ 현재 : 군산대학교 전자공학과 부교수

※관심분야 : Cognitive-Radio, 주파수 융합기술, LTE