

IEEE 802.22 WRAN에서 Cognitive Radio를 위한 효율적인 Spectrum 할당 기법

준희원 김 주 석*, 정희원 김 경 석*, 박 우 구**, 김 진 업**

Efficient Spectrum Allocation Method for Cognitive Radio in IEEE 802.22 WRAN

Joo-seok Kim* *Associate Member*, Kyung-seok Kim* *Regular Member*,
Woo-goo Park**, Jin-up Kim** *Regular Members*

요 약

주파수 자원 가치는 무선통신의 발전과 함께 더욱 커지고 있다. 하지만 앞으로 정보화 사회에서는 주파수 자원의 수요가 공급에 비하여 매우 많기 때문에 주파수 부족 현상이 심각하게 대두된다. 따라서 사용되지 않고 있는 주파수 자원을 효율적으로 이용하기 위한 기술로서 최근 각광을 받고 있는 Cognitive Radio 기술이 필요한 시점이다. 본 논문에서는 CR 기반의 IEEE 802.22 WRAN 환경에서 효율적인 Dynamic Spectrum Allocation 기법을 제안한다. Spectrum을 좀 더 효율적으로 공유하기 위해 Variable bandwidth, Mobility의 변수를 적용한 Dynamic Spectrum Allocation 기법을 제시하고 시뮬레이션 결과들을 통해 이를 검증하였다.

Key Words : Cognitive radio, Dynamic spectrum allocation, IEEE 802.22

ABSTRACT

Frequency resource value is growing bigger more with the development of the wireless communication. But Frequency shortage phenomenon is risen seriously because the need of Frequency resource is very many compared with the supply in an information society of the future. So we need Cognitive technique Radio which is taking the attention recently to use Frequency resource not to be not using efficiently. We propose efficient Dynamic Spectrum Allocation method in IEEE a 802.22 WRAN environment of CR foundation in this paper. To share spectrum more efficiently, we presented some Dynamic Spectrum Allocation technique to apply the Variable bandwidth, Mobility and verified this through the result of the simulations.

I. 서 론

급속히 발전하는 다양한 형태의 무선 통신 기술들은 일상 생활에서 더욱 밀접하게 사용되고 있다. cdma 통신 기술을 지나서 현재는 IMT2000이라는 통신 기술을 사용하여 음성 이외의 데이터 정보도 빠르게 보낼 수 있게 되었다. 그리고 이보다 빠른

데이터를 전송하는 Wibro나 차세대 무선 통신 시스템은 보다 빠른 데이터를 보다 싸게 제공 하는 것을 목표로 되어 있다. 따라서 기존 기술과 기술 공존 문제로 인하여 다른 주파수를 필요로 하였고, 현재 거의 모든 주파 수가 할당 되어 있다. 이로인하여 수 GHz 대역, 특히 낮은 주파수 대역은 사용할 수 있는 여지가 거의 없다.

* 충북대학교 전기전자및컴퓨터공학부 정보통신공학과 (kjs7205@naver.com, kseokkim@cbnu.ac.kr)

** 한국전자통신연구원 이동통신연구단 ({wgpark, jukim, wgpark}@etri.re.kr)

논문번호 : KICS2006-08-337, 접수일자 : 2006년 8월 4일, 최종논문접수일자 : 2006년 11월 21일

그리하여 모든 국가의 주파수 할당 정책은 최소한의 대역폭을 가지고 이용률을 극대화하면서 보다 많은 가입자를 수용하기 위한 방안으로 주파수를 활용하고 있으며, 주파수 자원의 한계를 극복하기 위한 방안으로 신기술 개발을 지속적으로 연구하여 주파수 자원을 효율적으로 이용하고 있다¹⁾.

Cognitive radio 기술은 기존의 주파수 사용자에게 간섭 신호를 일으키지 않고 비어 있는 주파수를 검색하여 이를 사용하는 기술로서 현재 연구되고 있는 차세대 무선 이동 통신 기술과 더불어 사용될 수 있는 개념의 기술이다.

최근에 CR 기술이 주목을 받게 되었는데, 미국 연방통신위원회(FCC)가 주파수 부족 현상을 해결하기 위해 주파수 이용 현황 및 효율적인 주파수 관리 방법을 연구하여 개방형 주파수 관리 정책을 점진적으로 수용할 것을 제안하였다^{2)~4)}. 개방형 주파수 관리 정책은 특정 사용자에게 인가된 주파수 대역에서 주 사용자들에게 간섭을 주지 않는 한에서 다른 사용자가 그 대역을 빌려 쓸 수 있도록 하는 것이다. 이렇게 주파수 대역을 차용하는 개념을 세계 최초로 적용한 무선 통신 시스템 표준을 개발하기 위한 IEEE 802.22 표준화 그룹이 결성되어 활발하게 표준화를 수행하고 있다⁵⁾.

본 논문에서는 CR개념이 적용된 IEEE 802.22 WRAN 환경에 대해서 조사하였고, 주파수를 좀더 효율적으로 공유하기 위해 대역폭을 가변적으로 할당하는 Spectrum Allocation 알고리즘 기법을 제시하고, 다양한 시뮬레이션을 통해 성능을 검증하였다. 그리고 CR 단말기에 Mobility를 추가하여 향후 적용될 수 있는 기술에 접근하여 추가 검증을 하였다.

II. Cognitive radio 환경

IEEE802.22의 사용 대상은 미국이나 캐나다의 도시 외곽 지역이나 개발도상국이며, TV 대역에 CR(Cognitive Radio)을 사용하여 무선 통신 서비스를 제공하는 것을 목표로 한다.

정지된 사용자에게 패킷(packet) 데이터를 전송한다는 측면에서 보면 IEEE802.22의 사용자는 IEEE802.16의 Wimax에서 대상과 유사한데, 목표 시장에서 다소 차이가 있다. IEEE 802.22 WRAN은 인구 밀도가 IEEE 802.16 (WMAN: wireless metropolitan area network)에서 대상으로 하는 것보다 낮은 지역에서 사용된다. 이런 면에서 보면 현재 무선 단말기 제조 업체나 무선 통신 사업자들이

게는 시장 규모가 현재 사용되고 있는 시장보다 상대적으로 작아서 많은 관심을 끌지 못할 것으로 예상되지만 CR이라는 새로운 개념의 통신 방식이 처음으로 표준화로 진행되고, 이의 개량된 형태가 차세대 무선 통신 기술과 접목하여 사용될 수 있기 때문에 많은 회사들이 관심을 가지고 있다.

IEEE802.22의 장점 중의 하나는, 가격적인 측면에서 보면 무선 주파수 대역을 돈을 내지 않고 사용함으로써 기존의 셀룰라 형태의 무선 통신 서비스보다 가격이 저렴해지는 것이다. 하지만, BS (base station)의 CR 구현을 위한 추가 복잡도, 그리고 VHF 대역을 사용할 경우의 수신기의 안테나 크기 문제, 공용 주파수 사용으로 인한 서비스의 안정성(QoS: Quality of Service) 등도 고려되어야 할 사항이다.

IEEE 802.22 WRAN의 물리계층 요구 사항에서 서비스 범위는 33~ 100km의 넓은 범위를 커버하고 사용주파수 대역은 기존의 TV주파수 대역인 VHF/UHF대역을 사용한다. TV bands는 6,7,8 MHz로 각 나라마다 다르다.⁶⁾ 본 논문에서는 6MHz인 경우를 기준으로 하였다.

Cognitive radio 기술은 기존의 주파수 사용자에게 간섭 신호를 일으키지 않고 비어 있는 주파수를 검색하여 이를 사용하는 기술로서 현재 연구되고 있는 차세대 무선 이동 통신 기술과 더불어 사용될 수 있는 개념의 기술이다.

CR 기술에는 Spectrum sensing, Dynamic spectrum allocation, Power control 등이 있지만, 본 논문은 Spectrum sensing과 Power control은 완벽하다는 가정하에 Dynamic spectrum allocation 알고리즘을 연구하였다.

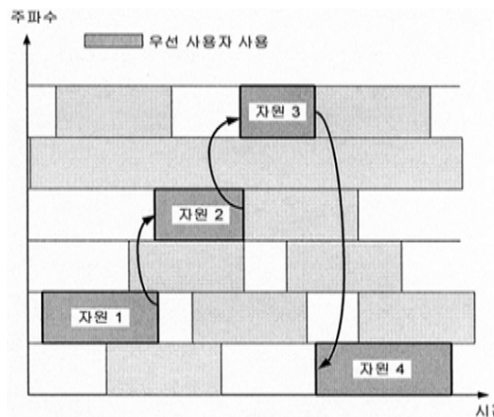


그림 1. CR환경을 위한 Dynamic Spectrum Allocation 개념

DSA는 Spectrum sensing으로 검출된 비어있는 주파수 대역을 끊임없이 사용자에게 제공하는 것으로, 사용자의 전파 수신 감도 상태나 데이터 요구량 등과 같은 요소를 근거로 QoS(Quality of Service)를 제공 하도록 주파수 대역을 할당해준다. [그림 1]에 DSA에 대한 예를 표시하였다. DSA에 의해 할당되는 주파수는 기존 사용자(primary user)의 존재 여부에 따라 수시로 변하지만 시간 상으로는 주파수가 끊임없이 제공되고 있다는 것을 보여준다.

III. Cognitive radio 환경을 위한 제한한 Spectrum 할당 기법

사용자에게 끊임없이 주파수를 제공하면서 주파수 사용 효율을 최상으로 만드는 것이 DSA의 주된 목표이다. 그러기 위해서는 주파수를 최상의 조건으로 분배하고 관리해야 한다.

본 논문에서는 CR기반의 제한된 DSA 알고리즘에서 좀 더 많은 사용자를 수용하기 위해 Variable Bandwidth 요소를 적용하였고 이를 사용하면서 발생할 수 있는 문제점을 파악하여 좀 더 효율적인 알고리즘을 제시하였다. 두 번째로 향후 무선환경에서 적용될 수 있는 CR 단말기의 Mobility를 추가하여 여러 가지 환경을 고려하였다.

3.1 Variable Bandwidth 적용

Variable Bandwidth는 한정된 주파수 공간에서 좀 더 많은 사용자를 수용하고자 하기 위한 방법이다. 현재의 무선 데이터 서비스는 하나의 단말기가 동일한 대역폭으로 여러 서비스를 이용하고 있다. 예를 들면, 휴대폰에서 일반 통화나 동영상재생 서비스를 이용할 때 기존에 주어진 대역폭을 동일하게 사용한다. 하나의 단말기에 주어진 대역폭이 일정하고 그 대역폭은 자신만이 쓸 수 있기 때문이다. 하지만 그 대역폭은 동영상 재생을 수용할 수 있을 만큼 큰 대역폭이기 때문에 일반 통화에 필요한 대역폭보다 훨씬 크다. 하지만 DSA를 적용하게 되면 필요한 대역폭만을 사용하고 남는 공간은 다른 CR 단말기를 위해 비워줄 수 있다. 여기서 서비스의 종류는 단말기 사용자가 선택을 하므로 대역폭의 크기는 단말기 자체에서 결정을 한다고 가정한다.

여기서 발생할 수 있는 문제점이 음성서비스의 주파수 배분문제이다. [그림 2]를 보면 (a)는 빈 주파수를 나타내고 있다. 6MHz씩 세 개의 빈 주파수 대역이 있을 때 1MHz를 사용하는 음성서비스가 세

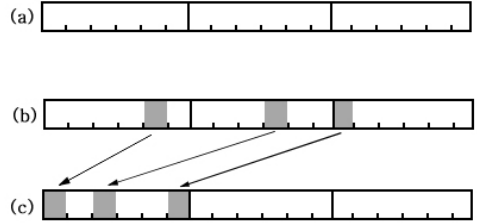


그림 2. 음성 서비스의 할당 기법

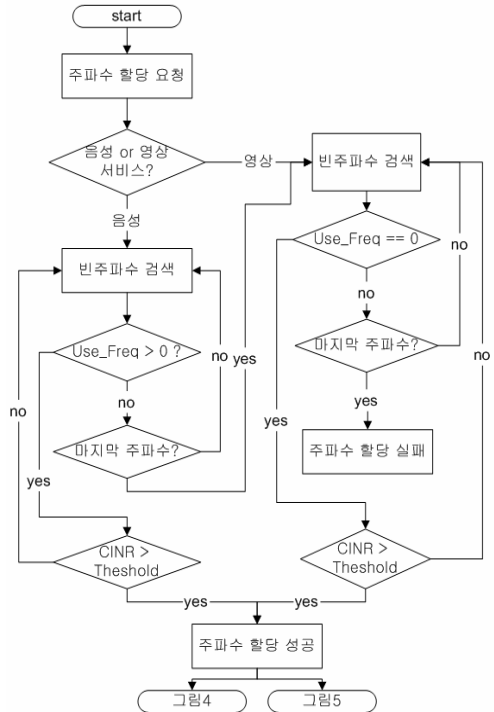


그림 3. 음성 서비스의 할당 기법에 대한 순서도

번 들어오게 되면 (b) 또는 (c)와 같이 배분될 수 있다. 만일 (b)와 같이 배분 된다면 6MHz 세 개의 대역이 모두 사용되어 6MHz를 사용하는 서비스는 할당을 받을 주파수가 없게된다. 따라서 (c)와 같이 음성서비스를 하나의 대역에 할당하게 된다면 6MHz의 빈 주파수의 공간이 두 개가 남게 되어 다음 주파수 할당 측면에서 더욱 효율적이다. 따라서 음성서비스의 할당방법에 (c)와 같은 방법을 고려하여 알고리즘을 적용하였다.

이 방식에 대한 flow chart는 [그림 3]과 같다. 처음 할당 요청이 발생하고 그 요청이 음성서비스 라면 빈 주파수를 검색하여 Use_Freq가 0이상 인지 먼저 검사 한다. 여기서 Use_Freq는 6MHz단위의 주파수를 하나로 묶어 1MHz씩 몇 개의 대역이 사

용되었는지를 저장하는 변수이다. 따라서 Use_Freq가 0이면 그 주파수는 전혀 사용되지 않는 주파수이고 Use_Freq가 6이라면 6MHz의 대역이 모두 사용되고 있는 것이다. 따라서 빈 주파수의 검색 과정은 Use_Freq가 5이하인 주파수를 찾는 과정이다. 이렇게 검색된 빈 주파수에서 음성서비스끼리 그룹화 시켜 할당 시키려면 Use_Freq가 1 이상인 주파수를 먼저 할당 시키면 된다. Use_Freq가 1 이상이라는 것은 음성서비스가 하나의 주파수 대역에 하나 이상 할당 되어 있다는 것을 말하기 때문이다. 만약 Use_Freq가 0 이상인 주파수가 없을 때 Use_Freq가 0인 주파수, 즉 6MHz 모두 비어있는 주파수를 할당 하게 된다.

Use_Freq의 조건을 만족 했을 때 마지막으로 CNIR 값을 측정하여 채널의 할당 여부를 결정하게 되는데 CNIR값은 보통

$$CNIR = \frac{Carrier Power}{Noise + \sum Interference Power} \quad (1)$$

으로 나타낸다.^[7] 본 논문에서는 파워컨트롤이 완벽하다는 가정을 하였기 때문에 간섭 파워를 주위 셀의 간섭원과의 거리의 반비례한 값으로 적용하였다.

$$CNIR = \frac{\exp(-d_c)}{\sum \exp(-d_i)} \quad (2)$$

여기서 d_c 는 CR 단말기와 해당 기지국과의 거리이고 d_i 는 CR 단말기와 간섭원과의 거리를 나타낸다. IEEE 802.22의 사용 대상은 미국이나 캐나다의 도시 외곽 지역을 모델로 하기 때문에 페이딩의 영향이 비교적 적다. 따라서 페이딩 환경을 생략하였다.

이렇게 주파수할당이 성공하게 되면 다음에 나올 Mobility와 우선사용자를 검출하는 알고리즘으로 연결되고, 모든 주파수가 사용 중이거나 CNIR값이 낮아 할당 할 수 없을 경우 주파수 할당 실패로 처리하게 된다.

$$Freq. allocation fail rate = \frac{\text{주파수 할당 실패 횟수}}{\text{주파수 사용 요청 총 횟수}} \quad (3)$$

여기서 주파수 사용 요청 총 횟수는 CR 단말기의 사용요청이 있을 때마다 누적되는 변수이다. 그리고 사용요청이 발생한 CR 단말기에게 빈 주파수가 없

거나 빈 주파수가 있어도 CNIR 값이 작아서 할당해 줄 주파수가 없을 때 주파수 할당 실패 횟수에 누적된다.

3.2 Mobility 적용

현재 IEEE 802.22 에서는 CR 단말기가 고정된 상태로 운용된다고 가정하고 Mobility를 고려하고 있지 않지만^[6], 향후 무선기술이 발달함에 따라 어느 무선 서비스라도 Mobility가 추가될 수 있기 때문에 본 알고리즘에서는 Mobility를 적용하였다.

Mobility를 적용함에 따라 변수가 될 수 있는 부분인 다른 기지국으로의 이동을 고려하였다. 다른 기지국으로 이동하게 되면 그 기지국에서 다시 통제를 받아야 하므로 주파수를 다시 할당하게 된다.

Mobility 적용 알고리즘의 flow chart는 [그림 4]와 같다. 이 알고리즘은 mobility 적용에 의해 CR 단말기의 위치저장변수 Position에 임의의 값을 더한다. Position은 CR 단말기와 해당 셀의 기지국과의 거리에 대한 정보를 저장 하고 있다. 임의의 값을 더하는 것은 자동차를 타고 통신이 이루어질 때를 생각하여 최대 120Km/h의 속도 이내에서 임의의 방향으로 CR 단말기의 위치를 변경하게 된다. CR 단말기의 이동 후 Position의 값이 셀의 반경 33km를 넘게 되면 다른 셀로 이동한 경우이므로 그 해당 셀을 찾아 다시 [그림3]의 주파수 할당과 같은 과정을 반복하게 된다. Hand-off는 Hard hand-off 방식을 적용하여 CR 단말기는 주파수를 변경한다.

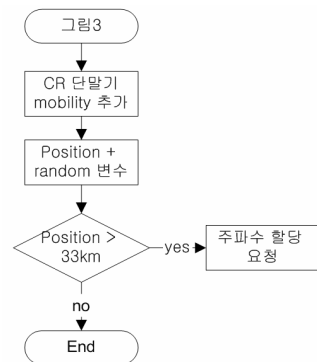


그림 4. Mobility 적용에 대한 순서도

3.3 기존사용자(primary user)의 사용을 변동 적용

CR은 기존사용자(primary user)에게 최대한 간섭을 일으키지 않으면서 원활한 통신이 이루어지는 것을 목표로 한다. 따라서 기존사용자(primary user)

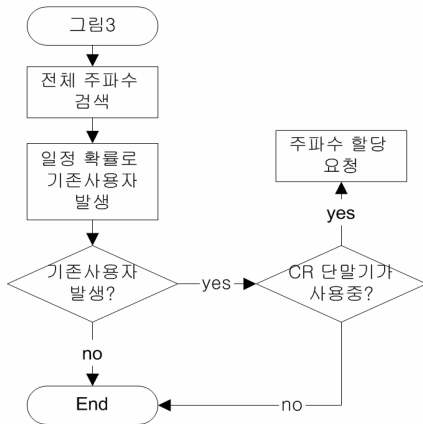


그림 5. 기존사용자 검출에 대한 순서도

의 존재여부를 수시로 체크해서 만약 존재하면 다른 빈 주파수를 검색하여 다시 할당을 해야 한다.

[그림 5]는 기존사용자 검출에 관한 flow chart이다. 모든 주파수를 하나씩 검색하며 일정확률로 기존 사용자(primary user)를 발생시킨다. 여기서 기존사용자(primary user)는 TV와 무선마이크로폰을 적용하였다. 어느 한 주파수에서 기존사용자(primary user)가 발생하면 그 주파수를 사용하는 CR 단말기를 검출해 [그림 3]의 주파수 할당 과정을 반복하게 된다.

시뮬레이션에서 TV와 무선마이크로폰의 발생확률을 여러 가지로 변동하여 다양한 채널환경에서 성능을 측정하였다.

IV. Simulation 결과

제안된 DSA알고리즘에서는 [그림 6]와 같이 총 19개의 셀을 배치하고 하나의 셀 반경을 33km로 설정하였다. 하나의 셀 당 CR 단말기 사용자 수를 200명으로 하였고, 주파수 범위는 IEEE 802.22 WRAN의 물리계층 요구 사항에 있는 TV bands 중 54~354 MHz 만을 사용하였다. 그리고 앞서 제안한 Variable Bandwidth를 위해 1, 6 MHz의 대역폭을 할당하였다.

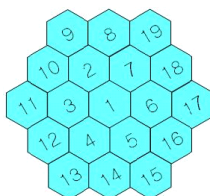


그림 6. IEEE 802.22 환경을 지원하는 다중 셀

표 1. 시뮬레이션 파라미터

Item	Value
총 cell의 수	19 개
한 cell의 범위	33 km
주파수 범위	54~354 MHz
할당 대역폭	1MHz(음성 신호) 6 MHz(영상 신호)
Cell 당 User 수	200 명
CR단말기 이동속도	0~120 km/h

기본적으로 CR 단말기가 필요한 대역을 6MHz로 놓고 음성 서비스 같은 경우 1MHz를 할당하는 방식으로 하였다. Mobility의 추가를 위해 최저 고정에서 최고 120 km/h의 속도까지 임의의 속도를 적용하였다.

기존사용자(primary user) 중 TV는 6MHz의 대역을사용하고 무선 마이크로폰은 1MHz를 사용한다 고 가정하였다.

4.1 Variable Bandwidth에 따른 결과

첫 번째 결과 [그림7]는 대역폭을 음성서비스의 발생확률을 변화시키며 측정한 그래프이다. 가로축은 음성 서비스의 발생확률을 나타내고, 세로축은 주파수 할당 실패율을 나타낸다. 음성서비스가 0% 일 때는 모든 주파수 할당이 6MHz가 되므로 Fixed Bandwidth 할당으로 볼 수 있다. 반대로 음성서비스가 0%가 아닌 값은 모두 Variable Bandwidth이다. 음성 서비스의 할당 대역은 앞에서 말했듯이 1MHz이다. 따라서 Variable일 때는 1MHz와 6MHz 중 하나를 결정하여 할당한다. 그래프에서 보듯이 음성서비스의 확률을 늘려감에 따라 성능이 좋아짐을 보인다. 고정적으로 대역폭을 할당할 경우 무조건 6MHz가 할당되지만 가변적으로 할 경우, 하나의 채널에 1MHz 씩 최대 여섯 개의 단말기가 할당될 수 있고, 따라서 그만큼 채널이 늘어나고 많은 CR 단말기를 수용할 수 있기 때문이다.

그리고 그래프에 있는 세 개의 결과는 기존사용자(primary user)의 사용 정도를 변화 시켜가며 얻은 결과이다. 기존사용자(primary user)가 전체주파수의 20%, 50%, 80%를 사용하도록 하고 측정하였다. 결과를 보면 역시 기존사용자(primary user)의 사용 정도가 가장 높은 80%일 때 가장 성능이 나쁘게 나왔다. 여기서 기존사용자(primary user)가 50%일 때 음성서비스의 비중이 커질수록 20%일 때와 성능차이가 비슷해짐을 알 수 있다. 이것은 음성서비스의 비중이 커질수록 50%까지는 채널이 총

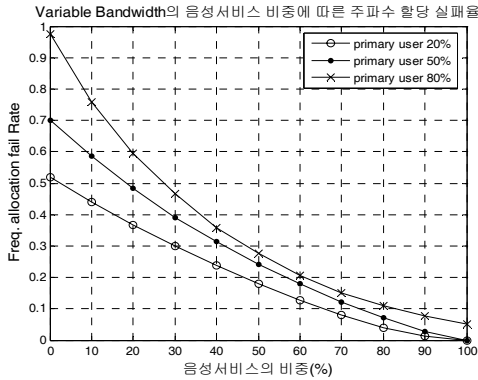


그림 7. Variable Bandwidth에 따른 결과

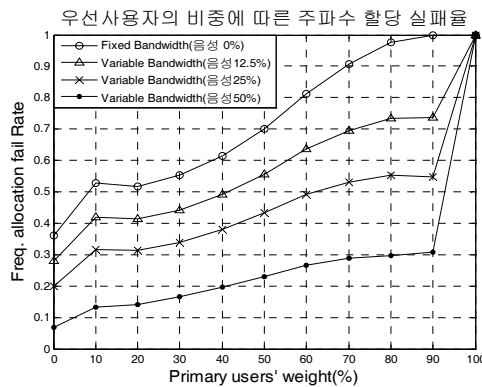


그림 8. 기존사용자의 비중에 따른 결과

분하다는 것을 말하고 있다. 하지만 80%일 때는 음성서비스의 비중이 커져도 채널이 충분하지 않아 성능 차이가 줄어들지 않았다.

여기서 세로축의 할당 실패율은 상대적인 값을 나타내고 있다. 실패율이 0.5라고 해서 실제로 절반 이상의 할당이 실패하는 것은 아니다. 단지 두 결과를 비교하기 위한 지표라고 생각하면 된다.

다음 결과 [그림 8]는 기존사용자의 비중을 변화시키며 측정한 그래프이다. 가로축은 기존사용자의 비중을 백분율 단위로 나타내고 있고 세로축은 주파수 할당 실패율이다.

Fixed Bandwidth는 모든 주파수 할당을 6MHz로 하는 경우이다. 이것은 1MHz를 할당하는 음성서비스가 전혀 없을 때와 동일하다. 따라서 가장 큰 대역폭을 필요로 하기 때문에 성능이 가장 나쁘다. 그리고 음성서비스가 12.5%, 25%, 50% 일 때를 설정해 Variable Bandwidth를 적용하였는데 음성서비스는 1MHz만을 필요로 하기 때문에 음성서비스의 비중이 높을수록 성능이 좋아짐을 보였다.

4.2 Mobility 적용에 따른 결과

다음 결과 [그림 9]는 기존사용자(primary user)의 비중에 따른 그래프에 CR 단말기의 Mobility를 추가한 결과이다. 마찬가지로 가로축은 기존사용자(primary user)의 비중을 나타내고 세로축은 주파수의 할당 실패율을 나타낸다. 속도는 Mobility가 없을 때(고정)와 Mobility가 있을 때를 측정한다. 속도는 0~120km 사이에서 랜덤으로 결정한다. 그래프를 보면 CR 단말기에 mobility를 추가한 결과 성능이 약간 나빠지는 것을 보였다.

CR 단말기가 이동을 하게 되면 채널환경이 바뀌게 되고 다른 셀로 넘어갈 경우 다른 기지국의 새로운 통제를 받아 주파수를 다시 할당 받아야 하기 때문이다. 이 결과에서 보면 mobility를 추가하게 되면서 생기는 성능 저하에 비해 가변 대역폭을 사용하였을 때 생기는 이득이 훨씬 큰 것을 알 수 있다. 또한 Variable Bandwidth가 적용된 결과가 Fixed Bandwidth 방식에 비해 Mobility에 의한 영향이 적은 것을 볼 수 있다.

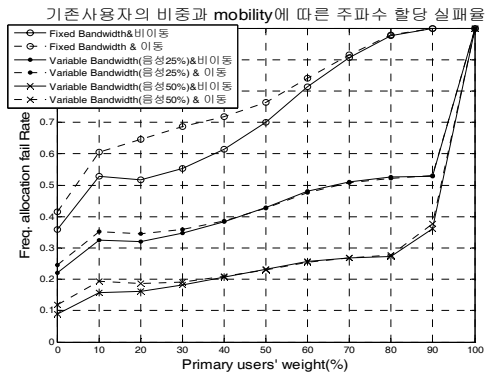


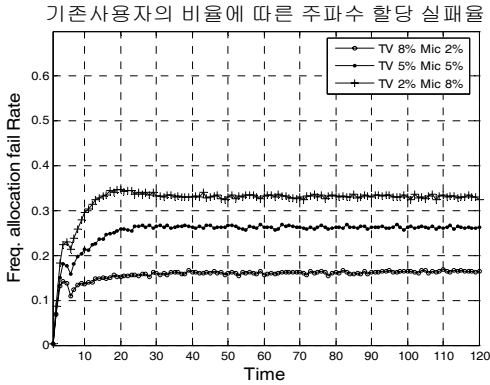
그림 9. 기존사용자의 비중과 mobility에 따른 결과

4.3 기존사용자(primary user)의 사용을 변동 적용함에 따른 결과

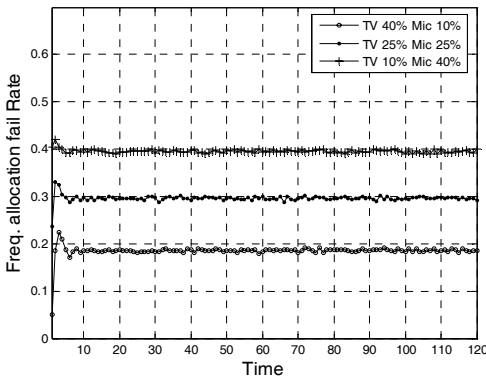
[그림 10]은 기존사용자(primary user) TV와 무선 마이크폰의 비율을 변경함에 따라 시스템에 미치는 영향을 알아본 그래프이다. 기존사용자가 사용하는 주파수 대역을 총 (a)10%, (b) 50%로 잡고 그 안에서 서로의 비율을 변경하였다.

TV와 무선마이크폰이 1) 8:2, 2) 5:5, 3) 2:8, 이렇게 세 가지 비율로 설정하였다.

결과를 보면 무선마이크폰의 비중이 커질수록, TV의 비중이 작아질수록 주파수 할당 실패율이 커



(a) 기존사용자의 비중 : 10%



(b) 기존사용자의 비중 : 50%

그림 10. 기존사용자의 비율에 따른 결과

졌다. TV는 6MHz의 대역을, 무선마이크로폰은 1MHz의 대역을 차지하기 때문에 같은 대역에서 무선마이크로폰이 TV보다 6배 많은 장비가 사용되고 있다는 것이다. 따라서 장비가 많을수록 그 장비가 사용하는 주파수의 분포도가 넓기 때문에 빈 주파수 공간의 응집도가 작아진다. 이것은 곧 CR단말기에 할당해줄 빈 주파수가 넓게 퍼져 사용할 수 없게 되는 현상, 즉 기억장치개념의 ‘외부단편화 (external fragmentation)’ 같은 현상이 발생하게 된다.

V. 결 론

본 논문에서 IEEE 802.22 WRAN에서 CR을 위한 효율적인 Spectrum 할당 기법을 연구하였다. Variable Bandwidth를 적용하면서 음성서비스의 비중을 변경하며 측정했을 때 음성서비스의 비중이 클수록 좋은 성능을 보였고, 기존사용자(primary

user)의 비중에 따른 결과 역시 Variable Bandwidth를 적용한 결과가 성능이 월등히 좋음을 보였다.

Mobility를 추가하였을 때 주파수 할당 실패율이 Fixed Bandwidth일 때 최대 0.1 정도 올라갔고 Variable Bandwidth에서는 0.02정도 올라갔다. Mobility가 성능에 미치는 악영향이 Variable Bandwidth에서 더 적음을 보였다. 마지막으로 기존 사용자(primary user)의 비중에 따른 결과에서는 TV의 비중이 클 때가 무선 마이크폰의 비중이 클 때보다 시스템 성능이 좋았다.

따라서 서비스에 필요한 대역폭만을 할당하는 Variable Bandwidth를 적용하게 되면 Fixed Bandwidth에 비해 성능이 월등히 좋아지고 Mobility 추가에 의한 영향도 Fixed Bandwidth보다 적은 결과를 보였다. 그리고 채널 환경이 TV의 비중이 크고 무선 마이크폰의 비중이 적은 채널을 사용하여 통신이 이루어질 때 더욱 좋은 성능을 보인다는 것을 시뮬레이션을 통해 알아보았다.

참 고 문 헌

- [1] D. Cabric, S. M. Mishra, and R. W. Brodersen, "Implementation issues in spectrum sensing for cognitive radios", *Proc. IEEE Signal, Systems and Computers Conference*, vol. 1, Nov. 2004.
- [2] Federal Communications Commission (FCC), "Spectrum policy task force", *Rep. ET Docket*, no. 02-135, Nov. 2002.
- [3] Federal Communications Commission (FCC), "Notice of proposed rule making", *ET Docket*, no. 04-113, May 2004.
- [4] J. Mitola, "Cognitive Radio for flexible mobile multimedia communications", *Proc. of IEEE Workshop on Mobile Multimedia Comm.*, pp.3-10, Nov. 1999.
- [5] IEEE 802.22 Working Group on Wireless Regional Area Networks, <http://www.ieee802.org/22/>.
- [6] Carl Stevenson, "Functional requirements for the 802.22 WRAN standard", *IEEE 802.22 Draft*, Feb.2006.
- [7] Xiangpeng Jing, Siun-Chuon Mau, Raychaudhuri D., Matyas R., *Global Telecommunications Conference, 2005. GLOBECOM '05. IEEE*, 5, pp. 5, Nov 2005

김 주 석 (Joo-seok Kim)

준회원



2000년 3월~현재 충북대학교 정보통신공학 학부과정
2007년 2월 충북대학교 정보통신공학과 졸업예정
<관심분야> CR, DSA

박 우 구 (Woo-goo Park)

정회원

현재 ETRI 이동통신연구단 원천기술연구 팀장

김 진 업 (Jin-up Kim)

정회원

현재 ETRI 이동통신연구단 SDR 팀장

김 경 석 (Kyung-seok Kim)

정회원



1987년 2월 한국항공대학교 전자공학과 졸업
1989년 2월 한국항공대학교 전자공학과 대학원 졸업(공학석사)
1989년 1월~1998년 12월 한국전자통신연구원 무선통신연구단 선임연구원

1999년 1월~2002년 3월 University of Surrey(영국) 전기전자공학과 대학원 졸업 (공학박사)

2002년 2월~2004년 8월 한국전자통신연구원 이동통신연구단 책임연구원

2004년 9월~2005년 2월 전북대학교 생체정보공학부 전임강사

2006년 3월~현재 충북대학교 정보통신공학과 조교수
<관심분야> 전파감시, SDR, CR, MIMO-OFDM,

DSA, UWB