

IEEE 802.22 WG에서의 CR 응용: WRAN OFDMA 기술

선태형 · 장경희

인하대학교  
정보통신대학원

요 약

전파 자원은 국가의 무형 자산으로서 자원이 한정되어 있는 반면에 이에 대한 수요가 급증하면서 전파 자원의 가치가 점점 높아지고 있다. 특히 국내의 경우 IT839 전략으로 추진 중인 WiBro(Wireless Broadband), DMB(Digital Multimedia Broadcasting), Home Network, Telematics(Telecommunication Informatics), WCDMA(Wide Code Division Multiple Access), RFID/USN(Radio Frequency Identification/Ubiquitous Sensor Network) 등 무선 주파수를 이용하는 새로운 서비스가 증가하면서 주파수 자원에 대한 중요성은 더욱 강조되고 있다. 종래의 전파 정책이 정부가 정책을 세우고 이를 관리하는 Command-and-Control 위주였다면, 향후의 전파 정책은 OpYN1020en Spectrum 정책으로 전환될 것으로 전망된다. 본 고에서는 전파 자원의 효율적인 이용을 도모하는 일반적인 CR(Cognitive Radio) 기술에 대하여 언급하고, 이를 이동성이 없는 고정 환경에 적용하기 위한 IEEE 802.22 WRAN 시스템의 물리계층 전송 규격 사양, 프레임 구조 및 현재 논의되고 있는 기술에 대하여 논의한다.

I. 서 론

급속히 발전하는 다양한 형태의 무선 통신 기술들은 일상 생활에서 더욱 밀접하게 사용되고 있다. 최근 3세대 IMT-2000 시스템 등의 디지털 무선 통신의 급격한 발달은 일반 사용자들에게 많은 정보를 손쉽게 어디서나 이용할 수 있는 기회를 주었다. 그

리고 이보다 빠른 데이터를 패킷 영역에서 전송하는 차세대 무선 통신 시스템에 대한 연구도 활발히 진행되고 있는 상태이다. 하지만 현재 거의 모든 주파수가 할당되어 있고, 특히 낮은 주파수 대역은 사용할 수 있는 여지가 거의 없다. 전파 자원은 국가의 무형 자산으로 자원이 한정되어 있는 반면에 이에 대한 수요가 급증하면서 전파 자원의 가치가 점점 높아지고 있기 때문이다. 특히, 국내의 경우 IT839 전략으로 추진 중인 WiBro(Wireless Broadband), DMB(Digital Multimedia Broadcasting), Home Network, Telematics(Telecommunication Informatics), WCDMA(Wide Code Division Multiple Access), RFID/USN(Radio Frequency Identification/Ubiquitous Sensor Network) 등 무선 주파수를 이용하는 새로운 서비스가 증가하면서 주파수 자원에 대한 중요성은 더욱 강조되고 있다.

이와 같이 한정된 전파 자원을 효율적으로 이용하기 위하여 미국을 비롯한 선진 국가에서는 국가적인 차원에서 이를 효율적으로 이용하기 위한 기술을 개발하고, 이를 토대로 전파 정책을 수립하기 위한 활동이 활발히 진행되고 있으며, 종래의 전파 정책이 정부가 정책을 세우고 이를 관리하는 Command-and-Control 위주였다면 향후의 전파 정책은 Open Spectrum 정책으로 전환될 것으로 전망된다<sup>[1]-[4]</sup>.

기존에 사용하는 전파 자원의 이용 효율을 향상시키기 위하여 최신의 무선 통신 기술을 활용하여 전파 자원의 이용 효율을 극대화하고자 하는 방안으로 CR(Cognitive Radio) 기술이 Joseph Mitola III에 의하여 제안되었다. CR(Cognitive Radio) 기술은 스펙트럼 이용 효율을 향상시키기 위하여 SDR(Software

Defined Radio) 기술을 발전시킨 개념으로 지금까지 일부 분야에서 제안된 RFID의 LBT(Listen Before Talk) 또는 WLAN에서의 DFS(Dynamic Frequency Selection) 등은 초보적인 수준의 CR에 해당되나 이를 체계적으로 정립한 것은 Joseph Mitola III에 의해서다. CR 기술을 전파 자원에 응용하기 위해서는 전파의 이용 스펙트럼을 관측하고, 관측된 스펙트럼 정보로부터 Spectrum Hole(또는 White Space)을 찾는다. 이 과정에서 White Space의 대역폭을 결정하고 통신하고자 하는 상대방과의 통신 절차 등은 별도로 정하여야 한다. 또한 전력 제어나 대역폭에 따른 전송 방식, 전송 속도 등도 협의하여야 하고, 우선 사용자가 있는 경우 다른 주파수로 바꾸는 방법에 대한 연구가 필요하다.

그리고 현재 국제 표준화 단체인 IEEE 802.22 WRAN(Wireless Regional Area Network)에서는 상황 인식 기술을 접목시킨 이동성이 없는 고정 환경에서의 통신 시스템에 대한 회의가 진행 중에 있다<sup>[5]</sup>. 본 고에서는 IEEE 802.22 WRAN 시스템의 Functional Requirements, 물리 계층 전송 규격 사양, 프레임 구조 및 현재 논의되고 있는 기술에 대하여 논의한다.

## II. Functional Requirements

IEEE 802.22 WRAN의 목표는 Cognitive Radio를 기반으로 TV 주파수 대역을 사용하고, 이 기술을 바탕으로 시스템을 구축하는데 있다. IEEE 802.22 WRAN의 사용 대상은 유선 인터넷의 설치가 어려운 미국이나 캐나다의 도시 외곽 지역이나 개발 도상국이다. 정지 중인 사용자에게 패킷(packet) 데이터를 전송한다는 측면에서 보면 IEEE 802.22 WRAN의 사용자는 이동성이 없는 IEEE 802.16 FWA(Fixed Wireless Area)의 대상과 유사하나, 목표 시장에서 다소 차이가 있다. IEEE 802.22 WRAN은 인구 밀도가 IEEE 802.16 WMAN(Wireless Metropolitan Area Net-

<표 1> Requirements of IEEE 802.22 WRAN PHY

Items	Value
Service Range	33~100 km
Frequency Range	54~862 MHz (VHF/UHF TV Bands)
Wide Range of Services	Data, Voice, Video
	Residential, SME(Small & Medium Enterprises), SOHO(Small Office/Home Office)
Band Width	TV Band(6, 7, 8 MHz)
Capability	Similar to ADSL & Cable Modem over Less Popular Rural Areas
Service Availability	50 % (Location) / 99.9 % (Time)
Spectral Efficiency	0.5 bps/Hz(Minimum) / 5 bps/Hz(Typical)
Required Minimum Peak Throughput Rate at Edge of Coverage	1.5 Mbps(Forward) / 384 kbps(Reverse)

work)에서 보다 낮은 지역에서 사용된다.

<표 1>은 IEEE 802.22 WRAN의 물리계층 요구 사항을 나타낸 것이다<sup>[5]</sup>. 각 나라별 TV Bands는 상이하기 때문에 IEEE 802.22 WRAN 물리계층 요구 사항의 BW는 6, 7, 8 MHz로 정의하였다. 본 고에서는 BW가 6 MHz인 경우를 기준으로 기술한다.

## III. CR(Cognitive Radio) 물리계층 전송 규격 사양

### 3-1 Multiple Access & Duplexing

IEEE 802.22 WRAN 시스템에서 multiple access 방법으로는 OFDMA 방식을 사용한다. OFDM은 높은 전송 효율과 간단한 채널 등화 방식으로 인하여, 4세대 이동 통신 시스템에 적용하기에 적절한 방식

중의 하나로서 주목 받고 있다. OFDMA(OFDM-FD-MA) 방식은 각 사용자마다 서로 다른 서브 채널을 할당하기 때문에, Intra Cell 안에서는 MAI(Multiple Access Interference)가 없으며, 각 사용자의 요구 전송률 및 채널 상황에 따라 각 사용자에게 할당하는 서브 채널의 수 및 Modulation Level을 효과적으로 변경시킬 수 있으므로 Adaptive Loading에 유리하다. OFDMA 시스템은 셀 간 간섭에 의하여 성능에 많은 영향을 받으므로 셀 간 간섭을 최소화시키기 위하여 Frequency Hopping 방식이나 Safety Channel 및 동적 채널 할당 기법을 OFDMA 시스템에 접목시키고 있다. OFDMA 방식은 많은 수의 부 반송파를 사용할 경우에 적합하기 때문에 시간 지연 확산(time delay spread)이 비교적 큰 넓은 지역의 셀을 갖는 무선 통신 시스템에 효율적으로 적용되며, High Vehicular 시스템에 적합하다. IEEE 802.22 WRAN에서는 OFDMA 방식에 Partial Bandwidth Allocation 방법을 적용하여 Adaptive OFDMA 방식을 사용한다.

IEEE 802.22 WRAN 시스템에서 Duplexing 방식은 FDD(Frequency Division Duplex)와 TDD(Time Division Duplex) 방식이 논의되고 있다.

FDD 방식의 특징은 UL과 DL가 서로 다른 주파수 대역을 사용하며, 이들 주파수 대역의 간격은 상호 간격을 무시할 수 있을 만큼 충분히 크다. 또한 UL과 DL이 서로 다른 주파수 대역을 사용함으로써 TDD 시스템의 보호시간이 필요하지 않는다. 이로 인하여 시간 지연 확산이 비교적 크고 High Vehicular Speed를 제공해야 하는 Macro-Cell에 주로 이용된다.

TDD 방식의 특징은 UL과 DL이 같은 주파수 대역을 공유하지만, 시간을 달리함으로써 구분된다. 또한 1 프레임을 구성하는 UL 및 DL의 슬롯 수를 조정함으로써 비대칭적인 데이터 전송률을 가지는 서비스를 제공할 수 있으며, 채널의 Reciprocity 특성에 의하여 UL 및 DL의 채널 추정을 따로 할 필요가

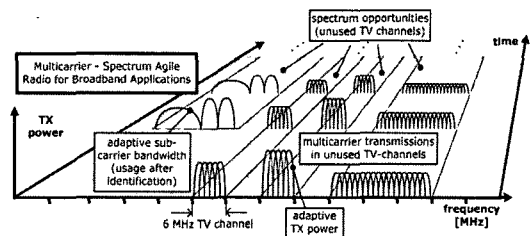
없다는 장점을 가지고 있다. 그러나, TDD 시스템은 Round Trip Time으로 인한 Guard Time이 필요하며, 전력 문제로 인하여 Micro Cell이나 Hot-Spot과 같은 셀에 주로 사용된다. IEEE 802.22 WRAN에서는 33 km 이상의 큰 지역에서의 서비스를 요구하기 때문에 FDD 방식과 TDD 방식을 혼용하여 사용하는 연구가 지속적으로 진행되고 있다.

### 3-2 Adaptive OFDMA

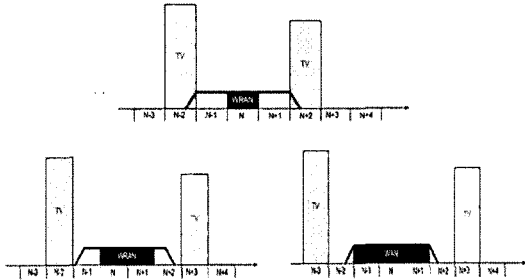
Adaptive OFDMA 방식은 채널 상황에 따라 대역폭을 다르게 할당하여 전체 시스템의 수율을 높이고 주파수 효율을 극대화 시키는 방식이다. [그림 1]은 Adaptive OFDMA 방식을 도식화 한 것이다. 기지국은 요구되는 사용자의 서비스에 알맞은 대역(1 MHz ~8 MHz)을 Spectrum Sensing을 통하여 우선 사용자와의 간섭을 피하면서 비어 있는 주파수 대역을 찾는다. 그리고 우선 사용자와의 간섭을 고려하여 적응적으로 Power 및 부 반송파를 할당하여 요구되는 서비스를 만족시킨다.

### 3-3 Channel Bonding

Channel Bonding 기법은 우선 사용자를 Spectrum Sensing을 통하여 탐지하고 우선 사용자에게 간섭을 미치지 않는 범위까지 대역폭을 할당하는 방법이다. Channel Bonding 기법은 이용 가능한 많은 대역폭을 사용함으로써 데이터 전송률과 주파수 효율을 높이는 장점이 있다. 또한 넓은 대역폭을 사용함으로써



[그림 1] Adaptive OFDMA

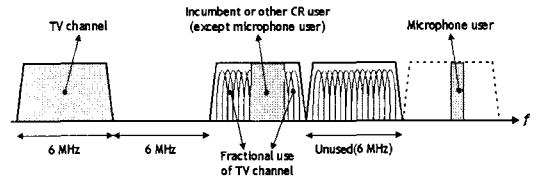


[그림 2] Channel bonding

Diversity 이득을 얻을 수 있고, 충분한 보호 대역을 보장함으로써 간섭을 줄일 수 있다. [그림 2]는 Channel Bonding을 도식화 한 것이다. [그림 2]의 상단 그림은 우선 사용자가 (N-2)와 (N+1) 대역을 사용하고 있을 경우 간섭을 고려하여 (N)만큼의 대역폭을 사용하게 되지만 하단 왼쪽 그림은 우선 사용자가 (N-3) 대역으로 옮겨감에 따라서 (N~N+1) 대역으로 대역폭을 확장하여 사용한다. 하단 오른쪽의 경우도 마찬가지로 우선 사용자가 대역을 옮겨감에 따라서 조금 더 넓은 대역의 사용이 가능함을 나타낸다. 그러나 Channel Bonding 기법을 사용하기 위하여 Selectable Analog Filter 및 Up-sampling Digital Filter를 필요로 하게 된다.

### 3-4 Fractional BW Usage

Fractional BW Usage 기법은 OFDM-FDMA의 채널 할당 특성을 이용하여, 다른 CR 사용자가 사용하는 부분을 제외한 나머지 부분을 사용하는 기법이다. [그림 3]은 Fractional BW Usage 기법을 도식화 한 것이다. CPE는 프레임의 첫 부분에 있는 Preamble를 이용하여 Microphone이나 다른 사용자가 있는지를 검출해 내어 기지국으로 Feedback한다. Feedback된 정보를 이용하여 기지국은 해당 대역 내에서 특정 부분을 제외한 나머지 영역에 대해 할당하고 사용하게 된다.



[그림 3] Fractional bandwidth usage

### 3-5 System Parameters

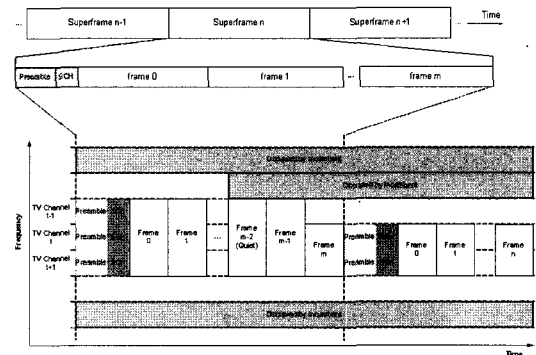
<표 2>는 IEEE 802.22 WRAN에서 제시한 System Parameter를 나타낸다. 1~6 K의 FFT Size를 통해 Flexible BW Allocation을 가능하게 한다. <표 2>에서 Bandwidth Efficiency는 아래의 수식을 이용하여 계산되고, CP(Cyclic Prefix)의 길이는 심볼의 1/4을 가 정하였다.

$$\text{Bandwidth Efficiency} = \text{Subcarrier Spacing} * \frac{1}{(\text{Number of Used Subcarriers} + 1)/\text{BW}} \quad (1)$$

## IV. CR 하향 링크 프레임 구조

### 4-1 프레임 구조

[그림 4]는 IEEE 802.22 WRAN 시스템의 하향 링크 프레임 구조를 나타낸다<sup>[5]</sup>. 전체 하향 링크 프레임 구조는 크게 슈퍼 프레임, 프레임, 슬롯의 3가지



[그림 4] CR 하향 링크 프레임 구조

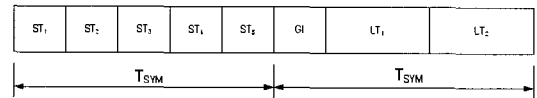
<표 2> IEEE 802.22 WRAN system parameters

Mode	1 K	2 K	3 K	4 K
FFT Size	1024	2048	4096	6144
Bandwidth ( $k=1, 2, \dots, 6$ )	MHz			
Sampling Factor	7/8			
No. of Used Subcarriers (including pilot, but not DC)	140 * k	280 * k	560 * k	840 * k
Sampling Frequency	48/7 MHz			
Subcarrier Spacing	6.696 kHz(***)	3.348 kHz	1.674 kHz	1.116 kHz
Occupied Bandwidth	6.696 kHz*140*k	3.348 kHz*280*k	1.674 kHz*560*k	1.116 kHz*840*k
Bandwidth Efficiency	93~94 %			
FFT Time	149.33 us	298.66 us	597.33 us	896 us
Cyclic Prefix Time	37.33 us	74.66 us	149.33 us	224 us
OFDMA Symbol Time	186.66 us	373.33 us	746.66 us	1120 us

로 구성된다. 슈퍼 프레임은  $m$ 개의 Frame과 Preamble로 구성되며 슈퍼 프레임의 Preamble은 모든 Subgroups의 SINR 값을 측정하고 이 값을 기지국에 Feedback하여 채널의 상태를 파악한 다음 Band-type AMC, Scattered AMC 및 Diversity 부 채널 할당 기법 중 하나를 선택한다. 또한 Spectrum Sensing 주기는 슈퍼 프레임 단위로 가정하고, 주기는 슈퍼 프레임의  $N$  배수로써 상황에 따라 MAC에서  $N$  값을 조정한다. 1 Traffic 슬롯 동안 1 RF 채널에 대하여 Spectrum Sensing을 수행한다. 그래서 프레임 # 0~# 4와 Overhead가 포함된 Traffic 슬롯을 제외한 # 1~# 3까지의 조합으로 총 15개 RF 채널에 대하여 Spectrum Sensing을 수행할 수 있다.

#### 4-2 프리앰블 구조

[그림 5]는 슈퍼 프레임의 프리앰블 구조를 나타낸다. IEEE 802.22 WRAN System에는 슈퍼 프레임 프리앰블과 프레임 프리앰블이 존재한다. IEEE 802.22 WRAN System에서 프리앰블은 2 심볼로 구성되어



[그림 5] Superframe의 프리앰블 구조

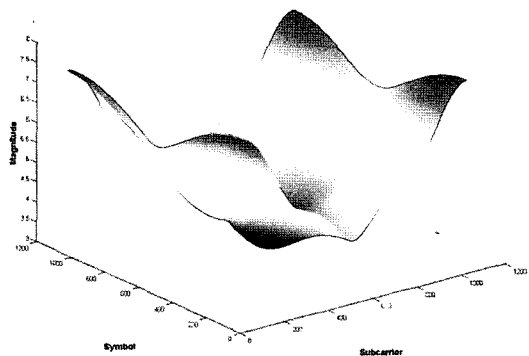
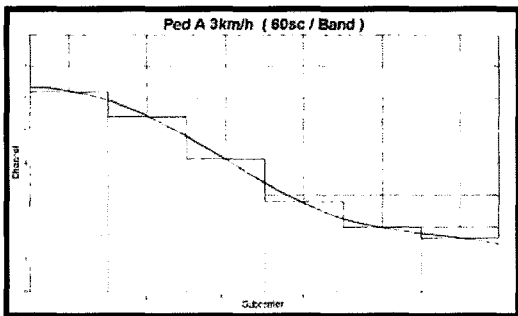
있으며, 1번째 심볼에서는 5번 반복되는 Short Training Sequence로 구성되어 있고 2번째 심볼은 2번 반복되는 Long Training Sequence로 구성되어 있다. 슈퍼 프레임의 프리앰블 중 ST는 Synchronization, AGC 및 Cell ID Detection을 위해 사용되며, LT는 Channel Estimation과 Fine Frequency Offset Estimation에 사용된다. 또한 프레임의 프리앰블 중 ST는 선택사항으로 정의되어 있으며, LT는 Channel Estimation, SINR Measurement 및 Fine Frequency Offset Estimation에 사용된다.

#### 4-3 Sub-channelization

Sub-channelization은 Band-type AMC, Scattered AMC 및 Diversity로 구분되며, 이 중 Band-type AMC와 Scattered AMC는 DCA(Dynamic Channel Allocation) 즉, 동적 채널 할당을 고려한 AMC 구조를 가지고, Diver-

sity는 랜덤 채널 할당을 고려한 AMC 구조를 가진다.

동적 채널 할당이란 BS(Base Station)에서 사용자로부터 일정 주기마다 Feedback 받은 CSI(Channel State Information)를 바탕으로 사용자에게 좋은 채널을 할당함으로써 시스템의 Throughput 및 주파수 효율을 향상시키는 장점을 가지는 기법이다. 하지만 주파수 영역에서 채널이 빠르게 변하는 경우에는 사용자가 Feedback하는 CSI 량이 너무 많아지는 단점으로 인해 오히려 시스템의 Capacity를 감소시킨다. 따라서 주파수 영역에서 채널이 빠르게 변하는 경우 동적 채널 할당을 고려하기 어렵기 때문에 사용자로부터 최소한의 채널 정보만을 받아 사용자에게 채널을 랜덤하게 할당하는 Diversity 기법을 사용한다.



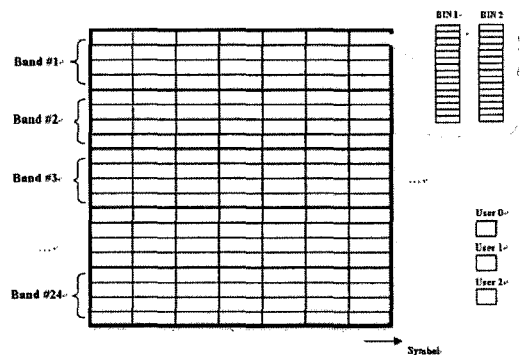
[그림 6] ITU-R M.1225 Ped-A 3 km/h 채널 환경

#### 4-3-1 Band-AMC

[그림 6]은 ITU-R M.1225 Ped-A 3 km/h 환경에서 각각 주파수 영역의 채널 변화와 시간 영역 및 주파수 영역에서의 변화를 측정할 것이다. [그림 6]에서는 ITU-R M.1225 Ped-A 3 km/h와 같은 채널 환경에서 주파수 영역의 채널 변화가 연속된 60개의 Sub-carrier에서도 변화가 적음을 볼 수 있다. 그러므로, 사용자가 BS(Base Station)에 Feedback해야 할 CSI 량이 적으므로 동적 채널 할당의 수행이 가능하다. 또한 이동성이 없는 고정 환경이기 때문에 시간 영역에서의 채널 변화도 거의 없음을 알 수 있다.

IEEE 802.22 WRAN 시스템에서 [그림 6]과 같은 채널 환경을 Best Channel Environment로 가정하고, 이 환경에서는 동적 채널 할당을 고려한 Band-type AMC 부채널 할당 기법을 사용한다.

[그림 7]은 Band-type AMC 부채널 구조를 나타낸다. Band-type AMC 부채널 구조의 가장 기본적인 단위는 BIN으로서, 주파수 영역에서 15개의 연속된 Sub-carrier가 모여서 구성된다. 제안된 Band-type AMC 구조에서는 두 종류의 BIN 구조를 사용한다. BIN 1은 15개의 연속된 Data Sub-carrier가 모여서 구성되고, BIN 2는 14개의 Data Sub-carrier와 채널 추정을 위한 1개의 Pilot Sub-carrier로 이루어진다. 그리고 주

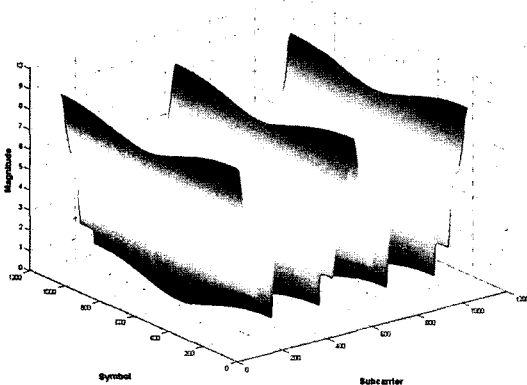
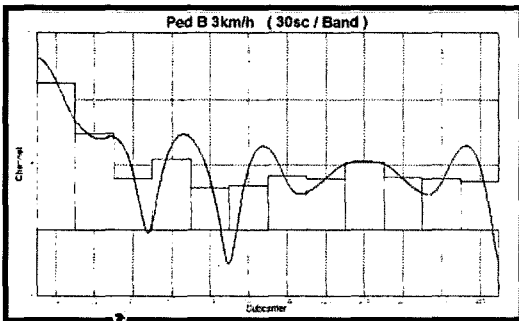


[그림 7] Band-type AMC 부채널 구조

과수 영역에서 4개의 연속된 BIN, 즉, 60개의 연속된 Sub-carrier가 모여서 하나의 Band를 이루며, 전체 24개의 Band로 구성된다. 사용자는 Band 단위로 CSI를 BS에 Feedback 하고, 요구하는 서비스에 따라 한 Band 또는 그 이상을 사용한다. 이로써 Multi-user Diversity 이득 및 Implicit Frequency Diversity 이득을 얻음으로 시스템의 Throughput 및 주파수 효율을 향상시키는 장점을 가진다.

### 4-3-2 Scattered-AMC

[그림 8]은 ITU-R M.1225 Ped-B 3 km/h 및 Veh-A 3 km/h 환경에서 각각 주파수 영역의 채널 변화와 시간 영역 및 주파수 영역에서의 변화를 측정된 것이다. IEEE 802.22 WRAN에서는 [그림 8]과 같은 채널 환



[그림 8] ITU-R M.1225 Ped-B 3 km/h 채널 환경

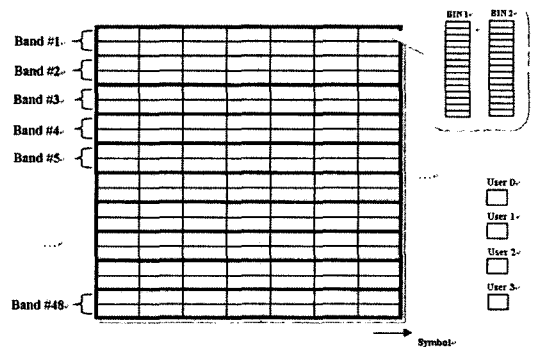
경을 Medium Channel Environment로 가정하고, 이 환경에서는 동적 채널 할당을 고려한 Scattered AMC 부채널 할당 기법을 사용한다.

[그림 9]는 Scattered AMC 구조를 나타낸다. Scattered AMC 부채널 구조는 Band-type AMC와 마찬가지로 가장 기본적인 단위는 BIN으로서, 주파수 영역에서 15개의 연속된 Sub-carrier가 모여서 구성되며, 두 종류의 BIN 구조를 사용한다. BIN 1은 15개의 연속된 Data Sub-carrier가 모여서 구성되고, BIN 2는 14개의 Data Sub-carrier와 채널 추정을 위한 1개의 Pilot Sub-carrier로 이루어진다.

그러나 Band-type AMC와는 다르게 주파수 영역에서 2개의 연속된 BIN, 즉, 30개의 연속된 Sub-carrier가 모여서 하나의 Band를 이루며, 전체 48개의 Band로 구성된다. 사용자는 Band 단위로 CSI를 BS에 Feedback하고, 요구하는 서비스에 따라 Band별로 할당하는 Band-type AMC 부채널 구조와는 다르게 BIN 별로 할당한다. 이로써 Multi-user Diversity 이득 및 Frequency Diversity 이득을 얻음으로 시스템의 Throughput 및 주파수 효율을 향상시키는 장점을 가진다.

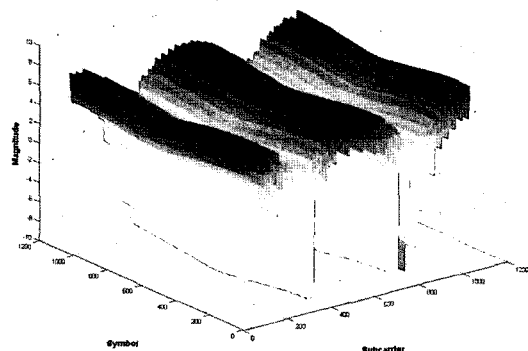
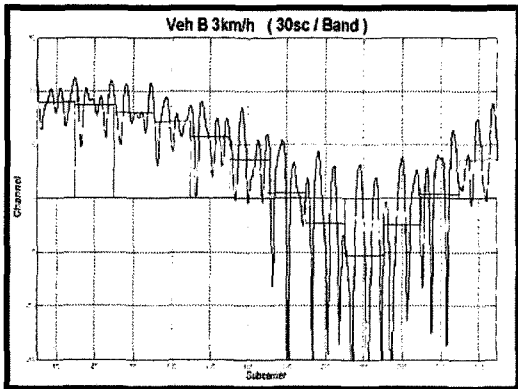
### 4-3-3 Diversity

Diversity 부채널 할당 기법은 AMC와 달리 동적 채널 할당이 아닌 랜덤 채널 할당을 수행한다. [그림

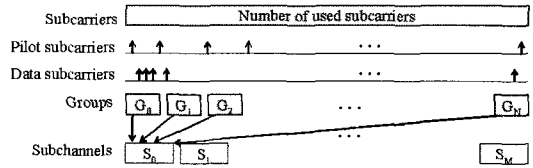


[그림 9] Scattered AMC 부채널 구조

10]은 ITU-R M.1225 Veh-B 3 km/h 환경에서 주파수 영역과 주파수 및 시간 영역에서의 채널의 변화를 보여준다. [그림 10]과 같이 채널이 빠르게 변하는 경우에는 동적 채널 할당을 고려할 경우 사용자가 Feedback해야 하는 CSI량이 너무 많아지는 단점으로 인해 오히려 시스템의 Capacity를 감소시키기 때문에 이와 같은 채널 환경을 Worst Channel Environment 라 가정하고 Diversity 기법을 사용한다. [그림 6]에서 나타나듯이 IEEE 802.22 WRAN 시스템에서 고려하는 환경은 이동성이 없는 고정 환경이기 때문에 시간 영역에서의 채널 변화가 거의 없음을 알 수 있다. [그림 11]은 Diversity Allocation 방법을 도식화한 것이다. 주파수 영역에서 160개의 고정된 위치를 가



[그림 10] ITU-R M.1225 Veh-B 3 km/h 채널 환경



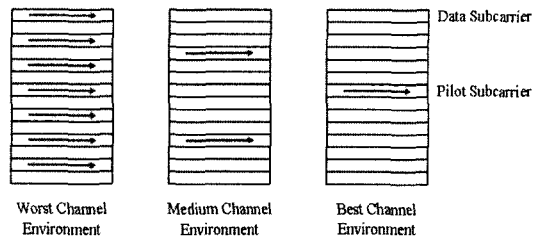
[그림 11] Diversity 부채널 할당방법

지는 Pilot Sub-carrier를 사용하며, 데이터 Sub-carrier를 48개의 Groups으로 구성된 다음 각각의 Groups에서 하나씩의 Sub-carrier를 순차적으로 가져와 30개의 부채널을 구성한다. 이로써 Multi-user Diversity 이득 및 Frequency Diversity 이득을 얻음으로 시스템의 Throughput 및 주파수 효율을 향상시키는 장점을 가진다.

#### 4-4 Pilot Pattern

IEEE 802.22 WRAN 시스템에서 Pilot Pattern은 4-3 절의 Sub-channelization에서 언급했듯이 채널의 상태에 따라 다른 Pilot Pattern을 가진다. [그림 12]는 IEEE 802.22 WRAN AMC Subchannel 시스템에서 Pilot Pattern을 나타낸다.

Worst Channel 환경에서는 1 빈에서 절반의 Sub-carrier를 Pilot로 사용하여 채널을 추정하여 통신을 가능하게 하며 Medium Channel 환경에서는 1 빈에서 2개 Subcarrier를 Pilot로 사용한다. 그리고 Best Channel 환경에서는 1 빈당 1개 Subcarrier를 Pilot로 사용하여 채널을 추정한다.



[그림 12] IEEE 802.22 WRAN System에서 AMC Sub-channel을 위한 Pilot Pattern



<p>- Best Channel Environment</p> <p><math>14k + 3m + 1</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>k</math> : pilot subcarrier index, 0, ..., 119 for 2K mode</li> <li>• <math>m</math> : [symbol index] mod 3</li> </ul> <p>- Medium Channel Environment</p> <p><math>7k + 3m + 1</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>k</math> : pilot subcarrier index, 0, ..., 239 for 2K mode</li> <li>• <math>m</math> : [symbol index] mod 3</li> </ul> <p>- Worst Channel Environment</p> <p><math>2k + 3m + 1</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>k</math> : pilot subcarrier index, 0, ..., 839 for 2K mode</li> <li>• <math>m</math> : [symbol index] mod 3</li> </ul>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

[그림 13] IEEE 802.22 WRAN system에서 diversity subchannel을 위한 pilot pattern

Diversity 모드에서는 3심볼마다 Pilot을 사용하고 채널 환경에 따라 Pilot 수를 달리하여 채널을 추정한다. Diversity 모드에서는 각 심볼에서 정해진 인덱스에 Pilot을 삽입한다. [그림 13]은 Diversity 모드에서 각 채널 환경에 따른 Pilot Index를 나타낸다.

### V. Forward Error Correction

IEEE 802.22 WRAN 시스템에서 FEC(Forward Error Correction)를 사용하고 있다. FEC는 전송 데이터에서 발생한 오류의 검출뿐만 아니라 수정도 가능하도록 부호화하여 수신 측에서 오류 수정을 할 수 있도록 하는 방식으로, 일반적으로 오류가 발생한 경우 재전송을 요구하게 되나 단 방향 방송 등과 같이 재전송이 부적절한 경우에 사용한다. IEEE 802.22 WRAN 시스템에서 사용하는 FEC 방법으로는 CC(Convolutional Code), DTC(Duo Binary Turbo Code), LDPC(Low Density Parity Check), SBTC(Shortened Block Turbo Code) 등이 있다. 현재 CC가 Mandatory로 되어 있으며, 나머지는 Optional로 되어 있다.

### VI. Multiple Antenna Scheme

IEEE 802.22 WRAN 시스템에서 Spectrum Efficiency, Data Rate, Capacity를 향상시키는 기술로 Downlink Closed Loop SDMA(Spatial Division Multiple Access), Adaptive Beam-Forming, STBC(Space Time Block Coding) 및 Virtual MIMO(Multiple Input Multiple Output) 등의 Multiple Antenna 기술이 Optional로 제안되고 있다.

SDMA 기술은 사용자의 정확한 위치를 추적하여 Interference 제거 기능과 한 Cell 안에서도 주파수를 재활용 GKDU 최적화된 주파수 구성을 제공할 수 있으나, 각 전송 장치의 신중한 지형적 선택과 정확한 안테나 정렬이 요구된다. 이는 작은 오류에 의하여 여러 채널의 고장이나, 채널들 간의 상호 간섭, 그리고 커버하는 지역들 간의 혼란 등을 유발시킬 수 있기 때문이다. Adaptive Beam-Forming 기법은 Antenna Gain, Diversity Gain, Capacity의 증가를 가져오지만, 빔 형성을 위한 가중치 벡터의 실시간 계산을 위하여 고도의 DSP 처리 기술이 필요하다. STBC 기법은 간단한 부호화를 통해 시공간 Diversity Gain을 얻을 수 있는 방법이나, 채널의 변화가 심할 경우 OFDM 시스템에 적용이 어렵고, 직교 STBC 기법은 안테나 개수가 2개일 때만 가능하므로 시스템의 구성이 제한된다. Virtual MIMO 방식은 시스템의 전력 소모를 감소시키고 Capacity를 향상시킬 수 있지만, 기지국 측면에서 사용자를 정확히 구분하는 기술을 필요로 한다.

### VII. 결 론

CR(Cognitive Radio) 기술은 주변 전파 환경을 감지하여 주파수 대역, 변조 방식, 출력 등의 무선 전송 파라미터를 적응적으로 결정하는 기술로서, 지역과 시간에 따라 유휴 주파수를 자동으로 검색하여 주변의 허가된 사용자를 보호하면서, 목적으로 하는

통신을 가능토록 하는 기술이다. 본 고에서는 이동성이 없는 고정 환경에서 유선으로 제공되는 Cable/ADSL 서비스 정도의 성능을 무선으로 제공하기 위하여 상황인식 기술을 기반으로 현재 표준화가 진행 중인 IEEE 802.22 WRAN의 Functional Requirements를 분석하고, 시스템 파라미터, Multiple Access, Duplexing 및 적응 가능한 통신 기술에 관하여 서술하였다. 이로부터 제안된 IEEE 802.22 WRAN의 물리계층 사양과 제안된 프레임 구조가 채널 환경에 따른 적응 부채널 할당 기능을 고려한 IEEE 802.22 WRAN 시스템의 요구사항을 만족시킴을 알 수 있다. 현재 표준화가 진행되고 있는 IEEE 802.22 WRAN 기술은 CR 개념을 활용한 효율적인 주파수 자원 관리라는 궁극적인 목표를 위한 가교 역할을 하고 있으며, 이를 위해서는 사용자의 간섭을 최소화 하기 위한 효율적인 주파수 감지 기술 및 효율적인 주파수 공유를 위한 잉여 주파수 확보문제 등의 기술적 과제들이 해결되어야 한다.

## 참 고 문 헌

- [1] J. Mitola, "Cognitive Radio for flexible mobile multimedia communications", *Proc. of IEEE Workshop on Mobile Multimedia Comm.*, pp. 3-10, Nov. 1999.
- [2] D. Cabric, S. M. Mishra, and R. Broderon, "Implementation issues in spectrum sensing for cognitive radios", *Proc. of Asilomar Conf. on Sig., Sys. & Comp.*, 2004.
- [3] FCC, Spectrum policy task force report, ET Docket No. 02-155, Nov. 2002.
- [4] FCC. ET Docket No. 03-322, "Notice of Rule Making and Order", Dec. 2003.
- [5] Carl Stevenson, "Functional requirements for the 802.22 WRAN standard", *IEEE 802.22 Draft*, Feb. 2006.

≡ 필자소개 ≡  
선 태 형



2005년 2월: 인하대학교 컴퓨터공학과 (공학사)  
2005년 3월~현재: 인하대학교 정보통신대학원 석사과정  
[주 관심분야] 4세대 이동통신 시스템, MIMO 시스템 및 WiBro 시스템 무선 전송규격

장 경 희



1985년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학사)  
1987년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학석사)  
1992년 8월: Texas A & M Univ., EE Dept. (Ph.D.)  
1989년~1990년: 삼성종합기술원 주임

연구원  
1992년~2003년: 한국전자통신연구원 이동통신연구소 무선 전송방식연구팀장 (책임연구원)  
2003년~현재: 인하대학교 정보통신대학원 부교수  
[주 관심분야] 4세대 이동통신 및 3G LTE 무선전송방식, WMAN 및 DMB 시스템 무선전송기술, Cognitive Radio, Cross-layer Design