

Cognitive Radio 기술 및 표준화 동향

고광진 | 황성현 | 정병장 | 김창주

한국전자통신연구원

요 약

본고에서는 Cognitive Radio (CR)기술에 대한 개요 및 최근 진행되고 있는 표준화활동을 소개한다. 먼저 CR 기술의 시스템에서 달성하고자 하는 목적과 이를 수행하는 기능들에 대해 CR시스템의 구조를 통하여 요약하고, CR기술과 관련된 각 표준화 단체들의 최근 동향 및 표준내용에 대해 중요사항을 소개한다.

1. 서 론

CR기술은 초기의 정의[1]와 같이 통신시스템이 통신시스템의 주변환경을 인지 (Cognition)하고 이를 기반으로 주변환경을 지능적으로 판단을 내려 각 통신시스템을 주변환경에 최적화된 환경에서 동작시키는 기술이다. 이러한 개념은 SDR (Software Defined Radio)의 기본개념과 유사하나 현재까지의 기술개발 진행상황을 볼 때 SDR이 통신전송장치에 집중하여 연구가 진행된 반면에 CR기술은 RF (Radio Frequency)환경을 최적화하는 것에 집중하여 연구가 진행되었다. 따라서 CR기술을 전파환경(RF)에 대해 최적화된 환경에서 통신시스템을 동작시키는 기술로 정의하는 것이 CR기술의 이해에 대한 효율적인 접근방식이라 할 수 있다.

현재까지 진행중인 CR기술에 대한 표준화를 정리하면 세 가지의 접근방식에서 CR기술에 대한 표준화를 진행하고 있다고 할 수 있다. 이 세가지 방식은 상호 보완적인 사항이지만 본고에서는 구분하여 정리한다.

첫 번째는 정부의 법개정이 기술을 유발한 경우이다. CR기술이 효과적으로 동작하기 위해서는 CR기술의 동작을 허가하는 정부의 법 제정이 선행되어야 하는데 미국의 경우에는 2004년 5월에 FCC (Federal Communications Commission)의 NPRM (Notice of Proposed Rule Making)[2] 발표에 따라 CR기술이 개발될 수 있는 직접적¹⁾인 계기가 마련되었다. 이 문서를 기반으로 IEEE 802.22WG(Working Group)에서 2004년부터 표준화가 시작되었으며 2010년 6월 현재 Draft version 3.1[3]에 대한 Comment & Resolution작업 중에 있다. 특히 FCC에서 두 번째 R&O(Rule and Order)[4]를 발표한 후에 TVWS (TV White Space)에서 비록 전송전력이 제한되기는 하지만 Portable 기기에 대한 사용을 허가 함으로써, IEEE 802.22에서는 2009년 11월에 Modified PAR(Project Authorized Request)를 통과시켜 기지국 주변에서의 이동 CPE를 지원하는 것을 포함시켰다. 또한 [4]를 기반으로 ECMA-international TC48-TG1 (Technical Committee 48-Task Group 1)에서는 2009년 3월부터 TVWS대역에서의 CR 표준화를 진행하여, 2009년 12월에 초판 표준인 ECMA-392를 발표하였다[5]. ECMA-392 표준 개발은 실제로는 CogNeA (Cognitive Networking Alliance) 그룹[6] 내의 주요 멤버들이 2007년 8월

01_ 직접적이라 함은 표준화 초기에 표준의 기능 요구사항(Functional Requirements)에 포함시켜 고려했다는 의미임.

본 연구는 지식경제부, 방송통신위원회 및 한국산업기술평가관리원의 산업원천기술개발사업(정보통신)의 일환으로 수행하였음. [10035585, UHF TV white space 이용 CR 통신 기술 개발]

부터 토의하여 제정한 규격에 기반하여 도출된 결과이다.

두 번째 범주의 CR 표준화 개발은 CR기술의 기본적인 개념을 표준화한 IEEE P1900에서의 표준화 활동이다. 즉, 특정시스템 표준화 진행에 있어, CR기술의 필요성에 따라 진행된 표준화가 아닌 CR기술의 기본개념에 대해 표준화를 추진한 경우이다. 앞서서도 언급했던 바와 같이 CR기술은 주변환경을 인지하고 시스템 또는 네트워크의 특정위치에서 주변환경에 대한 판단을 내리며 이 판단을 기반으로 시스템의 동작변수를 재조정하는 시스템이다. 이러한 일련의 CR기능을 수행하기 위해서는 주변환경을 인지하는 장치와 판단을 내리는 장치 그리고 동작변수를 재조정하는 절차에 대해 개념적인 정의와 이에 대한 구체적 절차가 명시되어야 한다. 이러한 CR기술의 기본적인 개념을 구체화 시키는 표준화는 2005년부터 IEEE P1900 Standard Committee (SC) 및 2007년 3월 재조정된 SCC(Standard Coordination Committee) 41에서 진행하였으며, 2010년 현재 SCC41에서는 P1900.1~P1900.6까지의 표준을 완성 또는 진행 중에 있다[7].

마지막으로 CR기술의 표준화를 분류하는 기준은 종래의 표준 중에서 각 표준이 기술적으로 CR기술을 일부 또는 상당부분을 시스템 운용상 필요에 의하여 개발한 경우이다. 예를 들면 면 ISM대역에서 IEEE 802.11, 802.15등의 시스템이 대역을 서로 다른 표준이 공유하여 사용하기 위해 CR기술의 기본개념 중에 하나인 공존 (Coexistence) 기술을 도입한 것이다. 또한 5GHz 대역에서의 802.11시스템이 레이더 신호를 보호하면서 동작하는 경우와 같이 표준 내에 일부의 CR기술을 도입한 경우도 이와 같은 경우라 할 수 있다. 여기서 일부의 CR기술이라 함은 DFS(Dynamic Frequency Selection)와 같은 CR기술 중의 일부분에 대한 지원을 말하는데 IEEE 802.15.4, 16a, 11h, 15.2등의 표준이 이 범주에 해당한다고 할 수 있다. 이와 같이 IEEE WG내에서 요구된 공존상황에 대한 표준화는 CR기술의 표준화 측면에서 중요한 고려사항이기는 하나 방대한 내용이므로 본고에서는 지면 관계상 논의하지 않는다. 이와 관련된 사항은 [7]에 정리되어 있으니 참고하기 바란다.

본고에서는 먼저 2장에서는 CR시스템을 정의하고 이와 관련한 CR기술을 요약한다. 3장에서는 앞에서 언급한 각 표준들에 대해 CR기술의 측면에서 중요내용 및 표준화 현황을 요약하고 4장의 결론으로 본고를 마치도록 한다.

II. Cognitive Radio 기술 및 시스템 구조

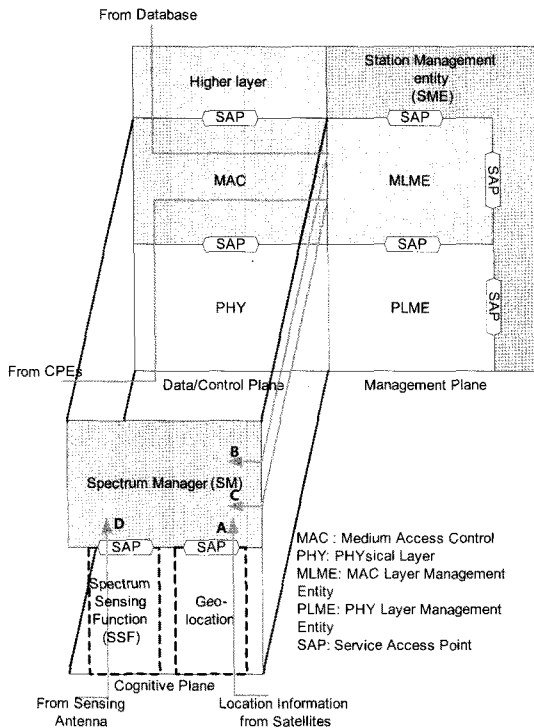
본 절에서는 [1]에서와 같이 개념적으로 정의된 CR 시스템의 구체적인 구조 및 동작을 설명하기 위해 IEEE 802.22 WRAN (Wireless Regional Area Network) 시스템을 예를 들어 설명한다. IEEE 802.22 WRAN시스템은 기본적으로 기지국(BS)/단말기 (CPE: Customer Premises Equipment)로 구성되어 있으며 하향/상향 링크전송률은 각각 1.5Mbps/384kbps의 Internet 서비스를 위한 시스템이다.

CR시스템이 효과적으로 동작하기 위해서는 실제 시스템에서는 다수의 기본 블록이 필요하다. (그림 1)은 WRAN 시스템의 PRM(Protocol Reference Model) 이다[3]. 일반적으로 각 표준은 PRM을 통하여 해당 통신시스템을 구성하는 필수 블록들을 정의하며, 블록의 위치에 따라서 해당블록의 기본적인 역할을 표시한다. 각 블록들은 SAP (Service Access Point)을 통하여 상호간에 유기적으로 동작하며, SAP을 통하여 각 블록간의 Interface를 정의한다.

CR시스템은 일반적으로 세 가지 기본요소로 구성되는데 첫째는 주변환경을 인지하여 정보를 수집하는 센싱 장치 및 센싱 보조장치, 둘째는 정보수집 후 정보를 처리하여 지능적인 판단을 내리는 Cognitive Engine (CE), 셋째는 CE의 판단 후 통신전송장치 (MODEM)의 동작 변수를 조정 (Reconfiguration)을 가능하게 하는 MAC/PHY로 구성된다.

WRAN시스템의 센싱 장치 및 보조장치는 그림 1에서와 같이 WRAN시스템은 센싱 장치로 SSF (Spectrum Sensing Function), Geo-location, Incumbent Database접속장치를 지원한다. WRAN시스템은 주변 RF환경에 대한 정보를 효율적으로 수집하기 위해 통신기기의 동작위치를 파악하며, 이를 위한 GPS (Global Positioning System) 등의 Geo-location장치(A화살표) 및 Internet등의 상위 네트워크와 연결되는 Incumbent Database에 대한 접속을 지원한다(B화살표). 수집된 위치를 기반으로 Database에 접속하면 해당위치에서 사용 가능한 채널의 정보나 해당위치에서 동작하는 다른 통신시스템의 동작상태 및 과거 동작이력, 해당지역에서의 정부, 또는 서비스 Operator의 시스템 동작정책 등에 따른 부가적인 정보를 습득할 수 있다. 이러한 주변 RF에 대한 기본

정보들은 해당위치에서의 물리적인 스펙트럼 센싱을 통하여 측정된 결과와 결합되어 종합적으로 주변 Radio환경을 파악한다. WRAN시스템은 이러한 스펙트럼 센싱을 담당하는 센싱 장치(D화살표)를 지원한다.

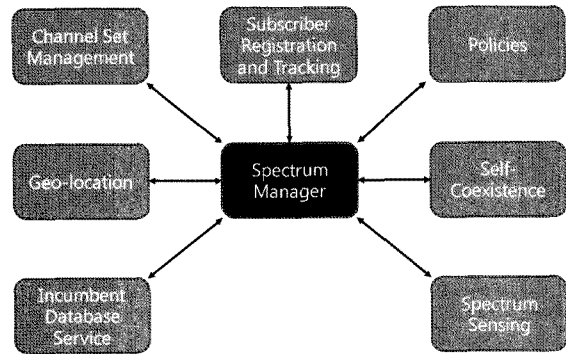


(그림 1) IEEE 802.22 Protocol Reference Model(PRM)

추가적으로 기지국은 필요에 따라서 단말기에게 채널정보의 수집을 명령할 수 있는데 이렇게 다른 디바이스 또는 단말기로부터 수집된 정보는 시스템 자체의 프로토콜을 통하여 교환이 가능해야 하기 때문에 CR시스템의 MAC/PHY는 수집된 정보의 교환을 위한 별도의 MAC메시지, IE (Information Element), Beacon, Primitive등을 지원한다(C 화살표).

이와 같이 다양한 경로를 통하여 수집된 환경정보는 CE에서 종합되어 결정을 내리는데 WRAN시스템에서의 CE의 역할은 기지국의 Spectrum Manager(SM)에서 수행한다. SM의 기능은 (그림 2)에서 요약한 바와 같이 스펙트럼에 대한 정책(Policies) 및 스펙트럼 센싱 정보, WRAN시스템간의 공존을 위한 인접 셀과의 공존정보 교환, Incumbent Database 접속관리 및 정보관리, Geo-location정보관리, 채널집합관

리, 단말기의 인증 및 접속관리 등을 수행한다[8].

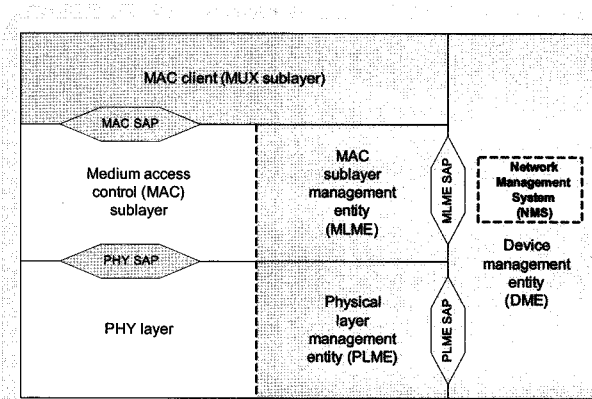


(그림 2) WRAN SM의 기능

WRAN시스템은 SM의 결정에 따라 조정 가능한 MAC/PHY를 지원하기 위해, MAC계층에서는 IDR (Incumbent Detection Recovery Protocol: 채널전환 프로토콜), Spectrum Etiquette (주변 기지국에서 사용하지 않는 채널을 사용하여 사용 가능한 채널이 중복되게 사용하지 않는 프로토콜), Spectrum Contention (전체 슈퍼프레임을 인접 셀과 시간 축에서 공유하여 사용하는 프로토콜)등의 기능을 통하여 인접 셀과의 공존 및 Incumbent에 대한 보호를 수행한다. PHY계층에서는 최적의 전송환경을 보장하기 위해 TPC (Transmission Power Control) 및 Modulation/Coding 방식을 조정한다.

(그림 3)은 ECMA-392의 PRM이다. ECMA-392는 서론에서 언급한 바와 같이 CR기술이 직접적으로 적용된 최초의 발표된 표준이다. WRAN PRM에서 Cognitive Plane에 분류되어 있는 SM, SSF, Geo-location관련 블록들은 ECMA-392 PRM에서 생략되었으며 이러한 기능들은 모두 DME (Device Management Entity) 내에 구현되어 있는NMS (Network Management System)에 포함되어 있다. 즉 ECMA-392시스템에서는 CE의 기능은 NMS에서 수행한다. 시스템을 구현 시에 Cognitive Plane에 있는 기능들은 DME 또는 (그림 1)의 SME (Station Management Entity)내에 구현될 것이다. ECMA-392의 PRM은 간략하게 작성된 그림이며, WRAN의 경우에는 구체화 시켜 도시한 것일 뿐 기능적으로는 차이는 없다. 주목할 만한 사항은 ECMA-392표준에서는

NMS의 기능에 대한 정의가 WRAN의 SM기능만큼 자세히 정의되지는 않았는데 이는 첫 번째 ECMA-392버전[5]에서는 NMS의 기능에 대한 사항은 표준화 범위에서 제외시켰었기 때문이다.



(그림 3) ECMA-392 Protocol Reference Model

III. CR시스템 표준화 동향

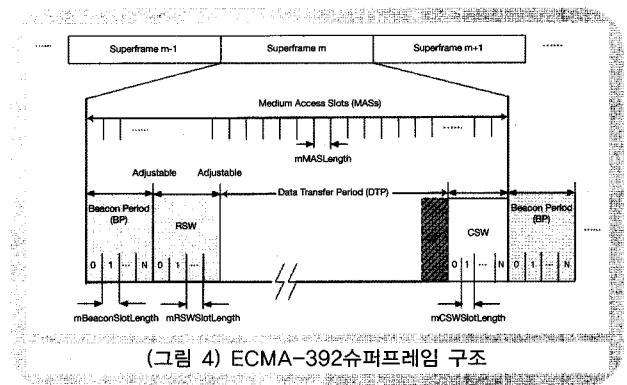
1. IEEE 802.22 WRAN System

IEEE에서는 FCC의 NPRM (Notice of Proposed Rule Making)[2] 발표에 보조를 맞추어 2004년 11월 IEEE 802.22 WG을 신설하고 CR 기술을 이용한 TV 대역 고정 무선통신망인 WRAN 시스템에 대한 PHY/MAC 표준 제정을 시작하였다. 북미의 인구밀도가 낮은 지역에서 Internet 서비스를 지원하기 위한 서비스모델로 2005년 FRD (Functional Requirements Document)를 완성하고[9], 2005년 11월 제안서를 접수한 이래 2006년 초안 v0.1을 완성하고 2008년 초안 v1.0을 완성하였으며, 2010년 6월 현재 Draft v.3.1[3]에 대한 C&R (Comment and Resolution)작업을 진행 중에 있다. IEEE802.22 WG에서는 2010년 11월에 Sponsor ballot을 통과시키는 것이 현재 목표이며, 이를 위해 Security지원 부분, Spectrum manager 관련 절차에 대해 중점적으로 수정을 하고 있다. 아울러 2008년 11월에 발표된 FCC R&O 문서[4]를 기반으로 한 Portable CR CPE에 대한 지원을 위해 WRAN 표준의 수정을 수행 중에 있으나 기술적인 내용보다는 Edit-

orial과 관련된 내용을 주로 논의하고 있다.

2. ECMA-392 System

ECMA에서 진행되고 있는 CR 기술의 표준화는 TC48-TG1 그룹에서 2009년 3월부터 Cognitive Networking Alliance (CogNeA)에서 개발해온 기고서를 바탕으로 진행하였으며, 2009년 12월 ECMA-392표준[5]을 발표하였다. CogNeA그룹은 현재 CogNeA는 ETRI, HP, Philips, 삼성전기가 board member로 참여하고 있고, Georgia Electronic Design Center (GEDC), Motorola가 contributor member로 참여하고 있다 [6]. CogNeA 표준은 Ultra High Frequency (UHF) TVWS 대역을 이용하여 인터넷 접속 및 High Definition (HD) 멀티미디어 스트리밍 서비스를 제공하기 위한 저전력 개인 휴대형 장치를 개발하기 위한 것으로, [4]의 요구사항을 만족하는 전제하에 개발되었으며, 네트워크 커버리지는 30m를 가정하고 있으나 수백 미터까지 확장하는 것을 고려하고 있다. 기본 전송률은 디바이스간에 MAC SAP을 기준으로 19.4 Mbps를 지원한다. 2010년 6월 현재 CogNeA그룹에서는 ECMA-392표준 내용에 대한 ISO 표준화를 진행 중에 있으며, ISO 표준이 완성되면 ECMA-392표준에 대한 2번째 버전에 대해 표준화를 진행할 예정이다. 2번째 표준에서는 전송률 향상을 위한 MIMO 및 Multi-channel 동작을 포함할 예정이다.



(그림 4) ECMA-392슈퍼프레임 구조

(그림 4)는 ECMA-392표준의 슈퍼프레임 구조이다. 한 개의 슈퍼프레임은 256개의 MAS (Medium Access Slot)으로 구성되어 있으며 한 개의 MAS는 한 개의 Beacon Frame이 전송될 수 있게 설계되었는데 Beacon Frame이 클 경우에는

두 개의 MAS를 이용하여 전송될 수도 있다. 처음 Beacon Period (BP) 구간 동안에는 네트워크 내에 비콘 전송이 허가된 모든 디바이스가 비콘을 전송하여 상호간의 네트워크 제어 정보를 전송한다. 제어정보 내에는 이어지는 DTP (Data Transfer Period)의 사용에 대한 각 디바이스간에 소유권을 협상하며 협상한 결과에 따라서 해당 DTP구간 내에 MAS를 사용하여 데이터를 전송하는 메커니즘으로 동작된다. ECMA-392는 RSW (Reservation based Signaling Window)와 CSW (Contention based Signaling Window)라 불리는 두 개의 Signaling Slot이 정의되어 있는데, RSW는 네트워크가 한 개의 Master 디바이스만 비콘을 전송하고 다수의 Slave 디바이스가 Master 디바이스의 제어를 받는 상황에서 Master와 Slave 디바이스간에 경쟁 없이 제어정보를 전송하는 목적으로 설계되었다. 하지만 각 디바이스가 모두 비콘을 전송하는 Peer모드인 경우에는 RSW는 설정되지 않고, BP가 Peer 디바이스 개수만큼 할당되어 비콘을 통하여 제어정보를 전송한다. CSW는 초기 접속을 원하는 디바이스와 같은 MAS가 할당되지 않은 디바이스가 경쟁방식으로 초기 접속을 요청하거나, QP(Quiet Period)이후에 센싱 결과를 다른 Peer 디바이스나 Master 디바이스에게 전송하기 위해 사용된다.

ECMA-392표준에서 고려되는 CR기술은 기본적으로 Incumbent User가 검출되었을 경우 채널을 전환하는 Channel Evacuation 절차를 지원하며, 스펙트럼 센싱 요구사항은 [2], [4]를 만족한다. 아울러 동작채널에 대한 센싱을 수행하기 위한 (In-band Sensing) 융통성 있는 QP할당을 지원하기 위해 Regular QP 및 On-Demand QP를 지원한다. ECMA-392 표준의 가장 두드러진 특징은 다양한 자기공존 (Self-Coexistence)방식을 제공하는데 이는 네트워크를 제어하기 위한 비콘 방식이 Hybrid 비콘 방식을 사용하기 때문이다. ECMA-392에 대한 보다 자세한 내용은 [10]을 참조하기 바란다.

3. IEEE P1900.4

2005년부터 IEEE Communication Society와 IEEE Electromagnetic Compatibility Society에서는 1900 프로젝트에 대한 새로운 표준화를 진행하였다. 이 1900프로젝트의 목적은 DSA (Dynamic Spectrum Access)와 CR, 간섭 관리, Spectrum 관리에 대한 시스템간 Coordination으로 요약된

다. 2007년 3월에 1900프로젝트는 IEEE SCC 41로 재구성되어 1900시리즈에 대한 표준화를 진행 중에 있다[11].

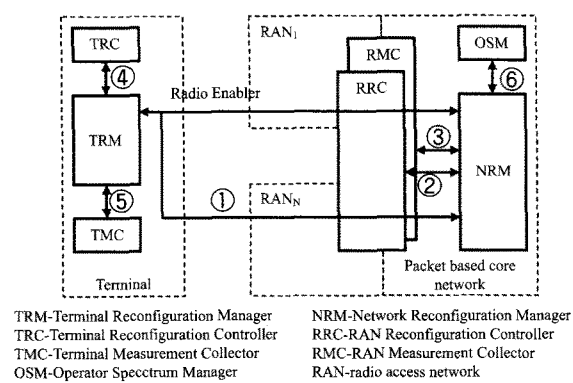
2010년 현재까지 SCC41에서는 P1900.1에서 P1900.6까지의 표준화를 진행 하고 있다.

P1900.1에서는 Next Generation Radio System 및 Spectrum Management에 대한 용어정리 및 개념에 대한 표준을 2009년 9월에 발표하였다.

P1900.2에서는 P1900.1에서 정의된 Radio System간 동일 주파수 또는 다른 주파수에서 동작 시에 간섭 및 공존능력을 분석하는 기술적인 가이드라인을 제공하는 Recommended Practice 이다. P1900.2표준은 2008년 3월에 IEEE SB (Standard Board)의 승인을 마쳤다.

P1900.3에서는 SDR 모듈 분석에 대한 기술적인 가이드라인을 제공하는 Recommended practice이며, 2008년 10월부터 P1900.5와 P1900.6, 두 개의 WG (Working Group)이 추가로 활동하고 있다. P1900.5에서는 DSA (Dynamic Spectrum Access)제어를 위한 Policy Language 및 Policy Architecture에 대해 정의하며, P1900.6에서는 DSA를 위한 Spectrum Sensing Interface와 Data 구조에 대해 표준화를 진행 중에 있다.

P1900.4에서는 Heterogeneous 네트워크에서 Radio Resource의 최적화를 위한 분산화된(Distributed) 판단블록에 대한 구조를 정의하는데, 2007년 2월부터 표준화를 진행하여 2009년 2월에 표준을 발표하였다[12]. 또한 P1900.4a에서는 P1900.4표준에 대한 Amendment 문서를, P1900.4.1에서는 Interface에 대한 추가 수정사항을 2009년 3월부터 표준화 중에 있다[13].



(그림 5) P1900.4 시스템 구조

(그림 5)는 P1900.4의 시스템 구조이다. 기본적으로 전체 네트워크에 대해 Cognitive Engine 역할을 하는 NRM (Network Reconfiguration Manager)이 네트워크의 특정 위치에 존재하고 터미널이라 정의된 각 단말기 또는 디바이스가 NRM에 접속하여 최적의 네트워크 동작환경을 할당 받는 구조로 구성되어 있다. 2장 CR시스템 구조에서 언급하였듯이 세가지 CR시스템의 기본요소가 네트워크 측과 터미널 측에 각각 정의되어 있다. 측정 (Measurement) 및 부가 정보를 수집을 담당하는 Measurement Collector, CE를 담당하는 OSM2과 Reconfiguration Manager, 동작변수 조정을 담당하는 Reconfiguration Controller가 네트워크 측 (RMC, NRM, OSM, RRC) 과 터미널 측(TMC, TRM, TRC)에 각각 정의되어 있다.

P1900.4의 표준을 이해하는데 있어 가장 중요하게 고려되는 것은 (그림 5)에 표시된 6개의 Interface 중에 ①번 interface 즉, Radio Enabler를 통하여 네트워크 단과 터미널 단 사이의 통신링크이다. 왜냐하면 그 외의 interface는 P1900.4표준 내부의 Interface이기 때문에 상대적으로 정의 및 구현이 용이하기 때문이다. 하지만 ①번 interface는 다른 표준의 물리계층을 통해야 하기 때문에 상대적으로 중요하게 고려된다. P1900.4와 같은 구조가 통신시스템에 구현된다면, (그림 3)의 DME에 TRM, TRC, TMC가 구현될 것이다. 이때 TRM의 Radio Enabler는 MLME/MAC을 통하여 종래의 통신시스템을 이용하여 NRM과 접속하게 될 것이다. 2010년 6월 현재 ①, ②, ③, ⑥번 interface에 대해서는 P1900.4.1에서 추가적인 표준화가 진행 중에 있다[13]. P1900.4에 관하여 자세한 사항은 [7], [11~13]을 참고하기 바란다.

IV. 결 론

본고에서는 CR시스템의 기본 구성요소를 IEEE 802.22 WRAN시스템의 PRM모델을 통하여 설명하였으며 이를 통해 요구되는 CR기술들을 살펴보았다. CR시스템은 기본적으로 Radio환경에 대한 정보의 수집, 정보의 처리 및 결정, 결

정에 따른 통신시스템의 변수 재조정이라는 세가지 단계를 통하여 CR기술의 개념을 구현한다.

WRAN시스템에서는 스펙트럼환경에 대한 정보를 습득하기 위해 스펙트럼 센싱을 담당하는 SSF이외에 Geo-location 정보나 Incumbent DB를 사용하여 입체적인 Radio환경을 결정하는 과정에 대해 정리하였다. 아울러 CE를 담당하는 SM의 기능들에 대해서도 소개하였다. ECMA-392의 경우에는 CR기술이 스펙트럼 센싱과 채널전환기능을 기반으로 동작됨을 언급하였으며, P1900.4표준을 통하여 CR시스템의 기본 구성요소들에 대한 확인과 각 블록간의 Interface에 대한 의미를 정리하였다.

지면관계상 CR시스템의 중요한 기능중의 하나인 공존기능과 이를 수행하기 위한 표준인 IEEE 802.11, IEEE 802.16, IEEE 802.19 등의 WG에서 진행했던 사항들에 대해서는 언급하지는 않았지만 관련문서를 소개하였다.

주목할 만한 사항은 IEEE 802.11af에서 2009년 1월부터 TVWS에서의 WLAN시스템의 동작을 위해 표준화를 시작하여 2010년 6월 현재 표준초안을 작성 중에 있으며, IEEE 802.19.1에서도 2010년 9월 회의에서 TVWS에서의 이종 시스템간 공존방식에 대한 표준화에 대한 Call for Proposal을 진행 중에 있다.

본고에서 고찰한 바와 같이 현재 CR기술은 다양한 표준에서 발생한 대역공유 및 Dynamic Spectrum Access라는 문제를 해결하기 위한 중요한 대안으로 고려되고 있으며 직면한 문제해결에 중요한 기여를 하고 있다. 아울러 추후에 진행되는 표준에서도 CR기술의 Radio환경에 대한 융통성 제공이라는 측면에서 많은 기여를 할 것으로 기대한다.

참 고 문 헌

- [1] S. Haykin, "Cognitive radio: brain-empowered wireless communications," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol.23, no.2, pp. 201-220, Feb., 2005.
- [2] U.S. FCC, "Notice of Proposed Rule Making, in the

02_ 약어는 (그림 5)에 정리되어 있다.

matter of Unlicensed Operation in the TV Broadcast Bands (ET Docket 04-186),” May, 2004.

[3] “IEEE P802.22/D3.1 Draft Standard for Wireless Regional Area Networks Part 22: Cognitive Wireless RAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications: Policies and Procedures for Operation in the TV Bands,” June, 2010.

[4] U.S. FCC, ET Docket 08-260, “Second Report and Order and Memorandum Opinion and Order, in the Matter of Unlicensed Operation in the TV Broadcast Bands Additional Spectrum for Unlicensed Devices Below 900 MHz and in the 3GHz Band,” October 18, 2008.

[5] ECMA International, “ECMA-392: MAC and PHY for Operation in TV White Space,” 1st Edition, December, 2009.

[6] Cognitive Networking Alliance (CogNeA), <http://www.cognea.org/>

[7] Matthew Sherman et al., “IEEE Standards Supporting Cognitive Radio and Networks, Dynamic Spectrum Access, and Coexistence,” IEEE Magazine, July, 2008.

[8] Apurva N. Mody et al., “Overview of IEEE 802.22 Standard on Wireless Regional Area Networks and Core Technologies,” IEEE 802.22-10-0073-02-0000

[9] IEEE802.22, “Functional Requirements for the 802.22 WRAN Standard,” IEEE802.22-05/007r46, September, 2005.

[10] 황성현 외, “개인 휴대용 최초 CR 표준 ECMA-392 소개,” 통신학회지, 8월, 2010.

[11] S. Buljore et al., “Architecture and Enablers for Optimised Radio Resource usage: The IEEE P1900.4 Working Group” to appear in Communications Magazine, IEEE, January, 2009.

[12] IEEE Standard 1900.4 for Architectural Building Blocks Enabling Network-Device Distributed Decision Making for Optimized Radio Resource Usage in Heterogeneous Wireless Access Networks, Feb., 2009.

[13] Stanislav Filin et al., “IEEE Draft Standards P1900.4.1 and P1900.4a for Heterogeneous Type and Spectrum

Sharing Type Cognitive Radio Systems,” to appear Proceeding of Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, 2009 IEEE 20th International Symposium, Sept., 2009.

약 력



1995년 동국대학교 전자공학과 졸업(학사)
 1997년 광주과학기술원 정보통신공학과 졸업(석사)
 2003년 광주과학기술원 정보통신공학과 졸업(박사)
 2003년 ~ 2005년 고려대학교 통신수학연구소 연구교수
 2005년 ~ 현재 한국전자통신연구원 선임연구원
 관심분야: Cognitive Radio, 무선통신 MAC 설계 및 무선통신 이론

고 광 진



1996년 성균관대학교 공학사
 1998년 성균관대학교 공학석사
 2001년 성균관대학교 공학박사
 2001년 ~ 2005년 삼성전자 SOC연구소 책임연구원
 2005년 ~ 현재 한국전자통신연구원 인지무선연구팀 선임연구원
 관심분야: Cognitive Radio, 이동통신시스템 및 디지털 모뎀 설계

황 성 현



1988년 경북대학교 전자공학과 (공학사)
 1992년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학석사)
 1997년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학박사)
 1994년 ~ 2003년 삼성종합기술원 전문연구원
 2003년 ~ 2010년 한국전자통신연구원 인터넷연구부문 차세대이동통신 방식연구팀 책임연구원
 2010년 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 방송통신융합연구부문 인지무선연구팀장
 관심분야: Cognitive Radio, 통신신호처리 및 이동통신 물리계층

정 병 장



1980년 한국항공대학교 공학사
 1988년 한국과학기술원 공학석사
 1993년 한국과학기술원 공학박사
 1979년 ~ 1983년 ADD 연구원
 1983년 ~ 현재 한국전자통신연구원 전파기술연구부장
 관심분야: 이동통신, 전파기술 및 Cognitive Radio

김 창 주