

SDR 기술 동향

김용진 · 박종민 ·

이병욱 · 조성호

한양대학교

개 요

1980년대 기저 대역 신호 처리의 프로그래밍화라는 개념으로 출발한 디지털 무선 통신은 1990년대에 접어들어 시스템 컴포넌트 기술의 급진적 발전으로 RF/IF단에서 디지털 변환하는 Software Defined Radio(SDR)로 변천하였고, 현재는 SDR 기지국 시스템의 상용화에 활기를 띠기 시작하였다. SDR 개념은 이동 통신 시장의 현존하는 다양한 단일 표준, 단일 주파수 기반 고정 하드웨어 시스템을 재구성 가능한 다중 표준, 다중 주파수, 다양한 서비스 제공 등이 가능한 시스템 기술로의 변화로 대표된다.

본 고에서는 현재 Software Defined Radio(SDR) 관련 기술인 Joint Tactical Radio System(JTRS), Software Communications Architecture(SCA), Cognitive Radio(CR) 기술들의 연구 및 개발 동향을 알아본다.

I. JTRS 기술

JTRS는 1990년대 후반부터 시작하였으며, 미군의 Software Radio Architecture(SRA) 프로그램 진행의 중요한 역할을 하는 미국 국방부 프로그램이고, 군에서 사용되는 무선 시스템의 상호 운용성과 legacy 시스템 문제를 해결하기 위한 것이다. JTRS는 군사 작전 수행을 위해 이동중인 군인들간 상호 통신 서비스 제공 능력의 문제점과 새로운 시스템으로의 확장 요구를 만족시킬 만큼 충분한 대역폭을 갖지 못하는 문제점을 갖고 있다. 그래서 JTRS는 기존 시스템의 상호 운용 능력 향상을 위하여 개방형 시스템 구

조에 기반한 소프트웨어의 객체 분산 능력의 향상을 주 목적을 두고 시작하였다^[1]. 그리고 개방형 시스템 구조에 기반한 소프트웨어 객체 분산이 가능한 SCA를 제시하고 여러 표준화 기구와의 협력 하에 프로젝트를 진행 중이다.

JTRS에서 개발된 SCA는 SDR 플랫폼을 구현하기 위한 소프트웨어 프레임워크의 표준이고, 전 세계 산업계로부터 SDR의 실질적인 소프트웨어 표준으로 인정되고 있다. SCA는 waveform의 이식성을 극대화하기 위하여 설계된 프레임워크로, 애플리케이션들을 위한 공통 운영 환경(common operating environment)을 제시할 뿐만 아니라, 응용 프로그램을 구성하는 컴포넌트들의 인터페이스를 위한 표준도 포함하고 있다.

JTRS는 연구 개발과 필드 테스트의 중복되는 부분을 피하고 군 Radio 시스템의 서비스들 사이의 상호 운용 능력을 향상시키기 위해서 유사한 요구 사항들을 기반으로 분야를 만들어 'Cluster'로 나누어 연구를 진행 중이다.

Cluster 1은 육군과 공군에게 다중 채널의 재-프로그래밍 가능한 소프트웨어, 하드웨어 시스템으로 구성 가능한 디지털 무선 네트워킹 시스템을 제공할 목적으로 만들어졌으며, Boeing사에서 담당한다. Cluster 2는 육군, 해군, 공군을 위한 휴대용 및 포켓용 통신 장비 개발을 목적으로 현재 Multi Band Intra Team Radio(MBITR) handheld의 기능을 확장하여 제공하기 위하여 JTRS의 SCA 구조를 따르고 30~512 MHz 범위의 동작 파형을 지원하는 프로젝트로 Thales Communication사에서 연구 및 개발을 진행 중이다. Cluster 3와 4는 2003년 11월 Airborne, Maritime and Fixed

Station(AMF) cluster로 통합되어 AMF JTRS를 위한 시스템 구조와 초기 디자인에 초점을 맞추어 동작 영역에 가격 효율적인 하드웨어와 소프트웨어 공유하기 위한 것으로 Motorola사에서 연구 및 개발을 진행 중이다. 마지막으로 cluster 5는 General Dynamics사에서 진행하며 cluster 2의 요구 사항을 만족시키며 2 MHz~2.5 GHz 주파수 범위에서 동작하는 Small Form Factor(SFF) 라디오에 적절한 플랫폼 개발을 위한 목적의 프로젝트이다^[1]. <표 1>은 cluster별로 기본적인 내용들을 정리한 것이다.

JTRS는 현재 위성 통신에 SCA 구조를 적용하는 방안과 주파수 범위를 2~55 GHz로 확장하는 방안을 고려하며 미래의 군 통신은 JTRS가 전시에서 주요 네트워크 backbone 망으로 사용될 것으로 예측하고 있다^[2]. JTRS는 이러한 네트워크 통신을 위하여 동맹국과의 긴밀한 협조와 경쟁으로 SDR 기반 군 통신망을 개발하고 있다.

II. SCA 기술

SCA는 JTRS의 목적을 이루기 위해 JTRS와 Modular Software-programmable Radio Consortium(MSRC)에 의해 만들어진 표준 소프트웨어 아키텍처이다. SCA는 특정 시스템에 한정되는 규격이 아니고, JTRS

의 목적을 만족시키는 통신 시스템을 만들기 위한 독립적인 시스템 디자인 프레임 워크라고 말할 수 있다. SCA는 다음과 같은 몇 가지 기본 원칙을 가지고 구축되어야 한다^[3].

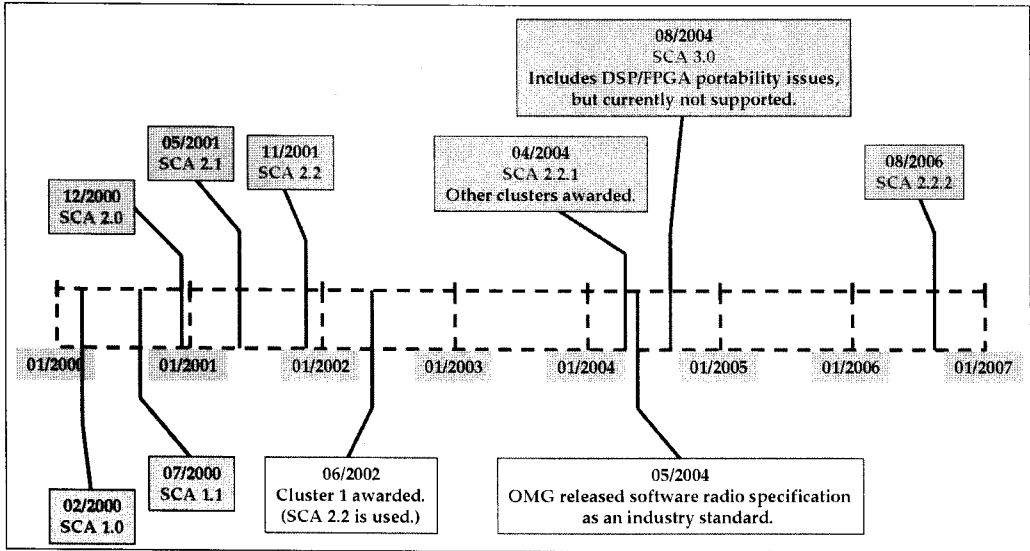
- SCA 기반이 구현된 서로 다른 시스템 사이의 응용 소프트웨어의 이식성을 제공하여야 한다.
- 개발 비용의 최소화를 위해 상용 제품 표준을 최대한 사용하여야 한다.
- 모듈화 소프트웨어의 재사용을 통하여 새로운 시스템 개발의 시간을 단축시킨다.
- 상용 프레임워크와 구조를 발전시키는 것을 토대로 해야 한다.

이러한 원칙하에 개발된 SCA의 소프트웨어의 프레임워크는 군사 전용 응용 분야에서 일반 상업용 응용 분야에까지 이르게 되었고, 실제 이동 통신 분야에서의 SDR 기술에 적용되는 단일 플랫폼 형성을 위한 내장형 제어 소프트웨어의 표준 규격으로 자리 잡게 되었다.

SCA v1.0 규격을 통하여 프레임 워크 규격의 개발과 더불어 SCA 규격의 검증을 MSRC를 통하여 Raytheon사를 비롯한 여러 회사에 각각 다른 프로토타입을 가지고 수행하게 되었다. [그림 1]은 SCA 버전의

<표 1> JTRS cluster 별 서비스 내용과 주관사

Cluster	One	Two	Three	Four	Five
Description	Ground Vehicle and Helicopter Radios	Hand-held Radios	Fixed Site and Maritime Radios	High Performance Aircraft(Fixed Wing) Radios	Hand-held, Dismounted, and Small Form Fit Radios
Service Lead	U.S. Army	U.S. Special Operations Command (USSOCOM) U.S. Army, Navy, and Air Force	U.S. Navy Merged into a Single Program in early 2004 - Airborne, Maritime, and Fixed Station Program (AMF-JTRS)	U.S. Air Force	U.S. Army
Lead Developer	Boeing	Thales	Motorola		General Dynamics



[그림 1] SCA의 Version History 및 JTRS 적용 시점

발표 시점과 JTRS에 적용된 시점을 보여주고 있다.

최초의 SCA 버전은 2000년 2월에 발표되었으며, SCA의 현재 버전은 2004년 8월에 발표된 v3.0이며, 2005년 1월에는 v3.0을 개선하여 v3.1을 만들기 위한 워크샵이 개최되었다. 현재 버전인 v3.0이 이전 버전인 v2.2에 비해 다른 점은 HAL(Hardware Abstraction Layer)을 추가하여 DSP와 FPGA 소프트웨어가 CORBA가 없이 동작하도록 SCA의 기능을 향상시켰다는 점이다. 현재 논의 중인 버전인 v3.1에서는 HAL과 보안 관련 표준 부분을 중점적으로 보완할 예정이다. v3.0 이후 버전은 비공개되어 있으며, 공개 버전으로는 SCA 2.2.2까지 발표되었다.

SCA에서 명시하고 있는 운영 환경은 POSIX 기반 실시간 운영 체제와 CORBA 미들웨어로 구성된 Commercial off the Shelf(COTS) 소프트웨어와 SCA에서 새로이 정의한 Core Framework(CF) 미들웨어로 구성된다. CF 미들웨어는 domain profile이라는 컴포넌트와 응용 프로그램의 설치 정보를 나타내는 XML 파일들, Logical Devices라고 불리는 플랫폼 의존적인 컴포넌트들, 그리고 응용 프로그램들의 설치, 제거, 수

행, 정지, 구성 등을 관장하는 플랫폼 비의존적인 서비스들로 구성된다^[4].

CF 기술 표준 문서는 크게 4개의 영역으로 나누어져 있는데, 기본적인 소프트웨어 아키텍처 규격, 군사 보안용 보충 문서(supplement), 응용 프로그램 인터페이스(Application Program Interface: API) 보충 문서 그리고 SCA Support and Rationale Document(SRD)로 구성된다. 소프트웨어 기본 아키텍처는 SCA의 전반적인 소프트웨어 구조를 설명하고 있다. 군사 보안용 보충 문서는 SCA가 군사 용도로서 사용될 때 추가로 필요한 요구 사항 및 API들을 기술하고 있다. API 보충 문서는 API 개발을 위한 요구 사항들을 정의하고 있다. SRD 문서는 SCA 아키텍처를 구현하기 위한 기술적 이론과 근거를 상세히 설명하고 있다.

SCA가 SDR의 실질적인 소프트웨어 표준으로 자리매김하면서, CF를 구현한 소프트웨어들이 COTS로서 등장하기 시작하였다. 현재 시중에 있거나 습득 가능한 대표적인 CF로는 캐나다 CRC(Communications Research Centre)의 SCARI++, 미국 Harris사의 dmTK (Domain Manager Tool Kit) CF, 서울대 실시간 운영

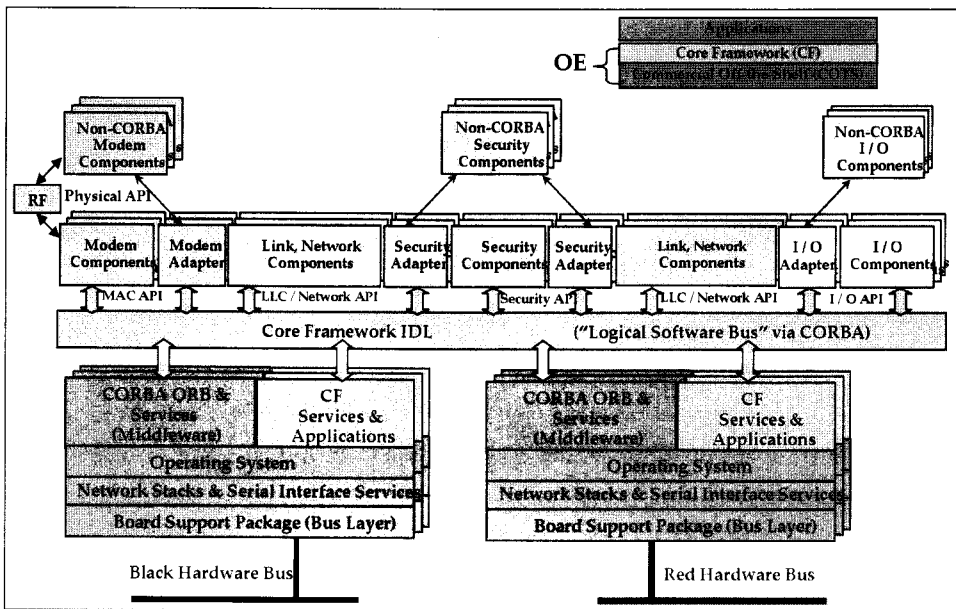
체제 연구실의 SNU-SCA, PrismTech사의 Spectra OE (Operating Environment), 미국 Virginia Tech의 Mobile and Portable Radio Research Group(MPRG)의 OSSIE, 미국 L-3 Communications Government Services사의 OrcaCF 등이 있다. 또한, SCA 표준을 따르는 waveform 소프트웨어를 개발하는 그래픽 기반 모델링 도구들도 등장하기 시작하였다. 현재 시중에 있거나 습득 가능한 대표적인 소프트웨어로 Zeligsoft사의 Component Enabler, CRC의 Component Editor와 Code Generator, Harris사의 dmTK Visual Modeler, 서울대 실시간 운영체제 연구실의 Design Capturer 등이 있다^[5].

SCA 기본 아키텍처는 소프트웨어 자원간의 상호 연결 및 관리를 위한 상용 프레임워크(OS, Common Object Request Broker Architecture(CORBA)) 기반의 개방형, 계층적, 분산 처리 환경을 제공한다. [그림 2]는 SCA 소프트웨어의 기본 아키텍처이다. [그림 2]에서 SCA는 크게 OE와 애플리케이션으로 이루어져 있으며, OE는 COTS(RTOS와 CORBA)와 CF(Core

Framework)를 말하며, 애플리케이션은 Portable Software Resource를 나타낸다. 즉 아래 4개의 주요 부분으로 구성되어 있다^[6].

- A Real Time Operating System(RTOS)
- CORBA Middleware
- Core Framework(CF) Services & Application
- Non-core Application(Portable Software Resource)

SDR 소프트웨어 내의 계층은 크게 하부 운영 환경(OE) 계층과 운영 환경 계층에서 제공하는 서비스를 이용하여 구현되는 무선 애플리케이션(radio application) 계층으로 구성된다. 하부 운영 계층은 다시 CF 서비스, CORBA 미들웨어, POSIX 기반 운영 체제로 이루어져 있다. SCA는 애플리케이션 소프트웨어 컴포넌트들간 AP를 정의하기 위해 빌딩 블록 구조를 제공하며, 빌딩 블록 구조 적용은 컴포넌트 수준의 재사용을 용이하게 하고, 개발자들이 waveform에 특



[그림 2] SCA 기본 아키텍처^[6]

별한 API들을 정의하도록 유연성을 제공한다.

SCA 소프트웨어 구조에서 CF는 CORBA 기반으로 SDR 애플리케이션 프로그램의 컴포넌트 기반 컴퓨팅을 제공해 주는 부분이다. CF는 소프트웨어 애플리케이션 설계자가 사용할 수 있는 하부 소프트웨어/하드웨어 계층에 대한 추상화(abstraction)를 제공하기 위한 개방형 애플리케이션 계층 인터페이스와 서비스들의 집합이며, [그림 2]와 같이 구성된다. 애플리케이션 프로그램 설계자들은 CF에서 제공하는 인터페이스를 사용하여 하나의 애플리케이션 프로그램을 구성하는 컴포넌트를 프로세싱 노드에 배치, 설치/제거, 시작/정지 등의 관리 작업을 수행할 수 있다.

모든 애플리케이션 컴포넌트에서 구현해서 제공해야 하는 인터페이스로 Port, LifeCycle, TestableObject, PropertySet, PortSupplier, Resource Factory, Resource 인터페이스가 있다. Resource 인터페이스는 애플리케이션 컴포넌트 수준에서의 설치, 제거, 실행, 정지 메소드를 제공하며, Port 인터페이스는 애플리케이션 컴포넌트 수준에서의 통신 기능을 제공한다.

CF에서 제공되는 인터페이스로 시스템의 제어와 관련된 기능을 제공하는 Application, Application-Factory, DomainManager, Device, LoadableDevice, ExecutableDevice, AggregateDevice, DeviceManager 인터페이스로 구성되어 있다. 이 중 DomainManager는 애플리케이션 프로그램 수준에서의 설치, 제거 및 하드웨어 디바이스의 등록, 해지를 위한 인터페이스를 제공하며, 애플리케이션 인터페이스는 애플리케이션 프로그램이 설치되는 순간 CF에 자동 생성되어 애플리케이션 프로그램과 구성 리소스의 관리를 수행한다. Device 인터페이스는 하드웨어 장치에 필요한 기능을 제공한다.

프레임워크 서비스 역시 CF에서 제공하는 인터페이스로 File, FileSystem, FileManager, Timer 인터페이스가 있다. 이중 FileManager 인터페이스는 물리적으로 다른 파일 시스템들을 논리적으로 하나의 파일

시스템처럼 다룰 수 있는 기능을 제공한다.

컴포넌트들을 배치하고 연결하여 애플리케이션 프로그램이 동적으로 구성될 수 있도록, 시스템 내의 하드웨어 장치 및 소프트웨어 컴포넌트 특성을 기술하는 XML 파일을 통칭하여 도메인 프로파일이라 한다. 하드웨어 및 소프트웨어 컴포넌트의 인터페이스, 기능적인 면에서의 능력, 논리적 위치, 상호 의존성 및 관련 파라미터 등의 내용이 포함된다. 도메인 프로파일들은 CF에 애플리케이션 프로그램, 애플리케이션 프로그램 구성 컴포넌트, 노드 정보, 노드를 구성하는 하드웨어 정보를 제공한다.

III. SDR 기술

SDRF에서는 “무선 통신의 재구성이 가능한 시스템 구조를 가능하게 하는 소프트웨어와 하드웨어 기술의 집합체” 혹은 “하드웨어(플랫폼) 변경 없이 소프트웨어 업그레이드만으로 다중 모드, 다중 밴드, 다기능의 무선 시스템 구현을 가능하게 하는 기술”로 SDR을 정의하였다⁴⁾. 이러한 기능들을 만족시키기 위한 소프트웨어와 하드웨어 시스템은 계층적, 개방적 구조를 가져야 하고, 표준화 되어 있어야 한다. 이를 위해서 SDRF에서는 JTRS Joint Program Office(JPO)에 의해서 정의된 SCA를 모바일 플랫폼 구성을 위한 소프트웨어 프레임워크의 표준으로 삼고 있다⁷⁾.

언제, 어디에서나 시스템 변경 없이 군 작전 수행이 가능한 장비 구축의 필요성에서 시작된 연속 통신이 가능한 군 장비에 대한 연구는 자연 재해 및 전시 상황 등으로 인하여 군용 통신 네트워크의 이용이 불가능할 경우, 민간 통신 네트워크를 이용하여 상호 동작이 가능한 시스템을 구축하고자 하는 접근 방식이 고려되었으나, 세계의 단일화에 따라 군 장비는 자국 내 통신뿐만 아니라 타국에서의 통신을 요구 받게 되었다. 이에 장비의 교체 없이 전역 통신이 가능한 SDR 기반 군용 통신 장비의 연구가 시작

되었다. 초기 SDR 연구는 군용 단말기 개발에 한정되었으나 미군 DARPA가 주관하였던 SPEAKeasy 프로젝트 시연 성공 후 경제적 이익을 얻을 수 있는 차세대 기술로 고려되어 상용화로의 연구가 시작되었다^[7].

통신 사업자 중심의 서비스 제공에서 서비스 이용자의 요구에 의한 차별화된 서비스 제공으로 패러다임이 변화하고 있는 정보 통신 사회에서 다양한 무선 시스템 규격에 따라 시스템이 변경이 필요한 기존 시스템으로는 한계가 있으며, 이와는 달리 SDR은 다양한 무선 시스템 환경에 적응이 가능하고, 시스템간의 상호 운용성, 제품 수명의 최대화, 개발 기간의 최소화, 디버깅의 간소화 등을 제공함으로써 미래 지향적 시스템을 구성 가능하게 하기 때문에 단말기 측면에서 SDR의 필요성이 강하게 요구되고 있다. 또한, 국제 표준이 연구 개발 및 부분 초안 단계이므로 표준 개발의 연구를 통한 기술 선도 및 IPR을 확보할 가능성이 매우 큰 주요 기술로 인식되고 있다^[8].

SDR 기술은 통신 방식의 다양화에 의한 문제를 해결하기 위한 새로운 통신 시스템의 개념으로서, 단일 통신 시스템 하드웨어를 바탕으로 여러 가지 통신 서비스 방식을 지원하는 소프트웨어를 이용하여 다양한 통신 서비스를 이용할 수 있을 뿐만 아니라, 효율적인 시스템의 업그레이드, 유지 및 보수가 가능하게 한다. 이러한 개발 기술은 통신 시스템 이론을 핵심으로 하여 소프트웨어 기술, 터미널 재구성 기술, 보안 및 인증 기술, 디지털 및 RF 기술을 바탕으로 한 다목적 시스템을 도출하고 이 시스템을 운영하는 구체적인 소프트웨어를 개발하는 과정과 관련된 총체적 통신 시스템 기술을 의미한다.

소프트웨어 기술은 무선 시스템의 기본 구조 모듈과 각 모듈간 API를 정의하고, 소프트웨어 다운로드를 위한 프로토콜을 정의하고 있다. SDR이 개방형 구조를 추구하나, 각 업체에서 개발한 SDR 하드웨어에 사용하는 부품(FPGA, DSP, ADC, DAC)에 따라

세부적으로는 다른 구조를 가진다. 서로 다른 하드웨어 구조에서 소프트웨어 다운로드를 위해서는 현재 인터넷에서 사용 중인 virtual machine 개념이 도입되어야 한다. SCA에서는 virtual machine화하기 위해 CORBA를 기본으로 사용하며, 각 SDR 시스템은 CORBA로 정의된 각 모듈 기능을 고유의 하드웨어 구조에서 수행할 수 있어야 한다. 상용 무선 시스템에서는 CORBA, Personal JAVA, UML, Java HTML 등 필요한 각종 방식이 연구되고 있다^[8].

터미널 재구성 기술은 소프트웨어 다운로드가 필수적이며 소프트웨어 다운로드를 통해 새로운 공중 인터페이스 표준을 변경하여 SDR 장치에 대한 새로운 기능을 추가하거나 교체하는 기술을 말한다. 최근 소프트웨어 다운로드 기술을 표준화하기 위한 작업이 진행되고 있으나 아직 확정된 바가 없다. 소프트웨어 다운로드 중에서도 글로벌 로밍의 기반이 되는 Over the Air(OTA)에 의한 형상 재구성 방안은 각 단말기가 갖는 다양성과 다운로드 과정의 복잡성으로 인하여 요구사항을 정하는 것이 쉽지 않다.

SDR 보안 시스템 구축을 위한 보안 및 인증 기술은 단말기와 서비스 제공자, 네트워크 서버 사이에 발생할 수 있는 보안 위협 요소를 최소화하여 시스템 성능 향상과 무결성(Integrity) 서비스, 데이터와 단말기 인증(Data and Terminal Authentication) 그리고 재전송 방지(Anti-Reply Service) 서비스들을 제공한다. 또한, 소프트웨어의 다운로드 할 때 발생하는 전송 보안에 대한 보안 방안도 고려되어야 한다.

재구성이 가능한 디지털 및 RF 기술의 신호 처리용 하드웨어 기술에는 스마트 안테나/MIMO 기술과 Signal Processing Subsystem(SPS) 개발 기술이 있다. 스마트 안테나/MIMO 기술은 3G와 4G의 통신 시스템에서 통신 용량 증대와 cell coverage 증대를 위해 주목 받고 있는 다중 안테나 기술로서, 스마트 안테나/MIMO 기술에는 시스템 구현 기술, 빔 형성 알고리즘, 개방형 구조 개발 기술 등이 있다. SPS 개발

기술은 다양한 HW 플랫폼상에서 통신 시스템을 구현하는 기술로서 직접적인 표준화 대상이 아니나 SDR 포럼에서는 Hardware Abstraction Layer-Working Group (HAL-WG) 주도하에 다양한 SPS HW 플랫폼에서 동작할 수 있도록 소프트웨어의 이식성, 상호 동작성 등을 가능하게 하는 기술과 표준을 개발하려고 노력하고 있다.

SDR이 적용되는 네트워크는 소프트웨어가 많은 기능을 수행하고 제공하는 서비스나 기능 측면에서 매우 유용적이므로 시스템 및 네트워크의 안정성을 확보하기가 쉽지 않다. SDR을 제공하기 위한 하드웨어나 소프트웨어 각 구성 요소가 안정성 확보를 위하여 많은 고려를 하지만 이것만으로는 충분하지 않다. SDR 시스템 및 네트워크 관리는 SDR 기능을 제공하기 위한 각 시스템 및 네트워크를 서비스 제공을 위한 최적의 상태로 구성하고 고장이나 성능 저하 같은 위험 요소를 감시하며, 필요한 경우에 적절한 제어를 통하여 시스템 및 네트워크를 안정적인 상태로 유지될 수 있도록 관리한다. 이와 같은 관리를 통하여 SDR이 적용되기 이전에 하드웨어나 고정적인 기능 때문에 고도의 안정성이 제공되던 이전의 무선 네트워크보다도 고도의 안정성을 확보해야 한다.

SDR이 적용되는 단말기는 휴대용 시스템이기 때

문에 일반 컴퓨터와 같이 많은 컴퓨팅 자원(CPU 사일클, 메모리)을 가지고 있지 못하다. 뿐만 아니라 이러한 컴퓨팅 자원은 서비스를 위한 기본 기능에 주로 활용되므로 부가적인 기능으로 제공되는 관리 기능은 컴퓨팅 자원 활용을 최소화 해야 한다. SDR 시스템 및 네트워크 관리에 있어서 다양한 관리 기능을 제공하기 위한 관리 플랫폼은 이러한 요구 사항을 만족시킬 수 있어야 하며, 단말기에서 적용될 수 있는 소규모이어야 한다. 다양한 기능들을 제공하기 위한 프로세서의 시장 동향은 프로그램 flexibility, power consumption, high performance 등을 중요한 요소를 만족시키는 방향으로 발전을 거듭하고 있다. 다음의 <표 2>는 DSP의 경우 co-processor 또는 multi-processor 갖는 구조로 발전하고 있고, FPGA의 경우는 임베디드 프로세서와 결합한 하이브리드 형태로 발전하고 있는 것을 보여주고 있다.

IV. Cognitive Radio(CR) 기술

무선 통신 및 방송 시스템에 적합한 새로운 기술들은 급속하게 발전하고 있으나, 이를 지원하기 위한 신규 주파수 자원은 고갈되어 가고 있는 상태이다. 그리고 비 면허(licensed) 주파수 대역 조차도

<표 2> 업체별 주요 프로세서의 발전 형태

FPGA	Altera, Xilinx
Intermediate Granularity Processor Chips	Elixent, Mathstar, Quicksilver, Silicon Hive
Multiprocessor Chips	PACT, picoChip, Morpho
Hybrid Approach: DSP plus Co-/Multi-processor	Altera + ARM, Xilinx + PowerPC Infineon(In-house DSP + acquired MorphICs technology) Intrinsity, LSI Logic, Motorola(Starcore + Morpho)
DSP	Analog Devices(Optimized instruction set, plus 'smarts') Texas Instruments(Hard macros) Sandbridge(Optimized architecture)
Hybrid Approach: General Purpose Servers plus Interface Hardware	Intel/Vanu

다양한 홈 네트워크 및 단말기 간의 간섭이 큰 문제가 되고 있는 실정이다. CR 기술은 포화 상태에 놓여 있는 기존 주파수 자원을 최대한 효율적으로 이용하기 위한 기술이다. 하지만 현재 CR 기술은 아직까지 구체적인 표준 규격 및 상용화 레벨 기술 개발이 확립되지 않은 상태이다.

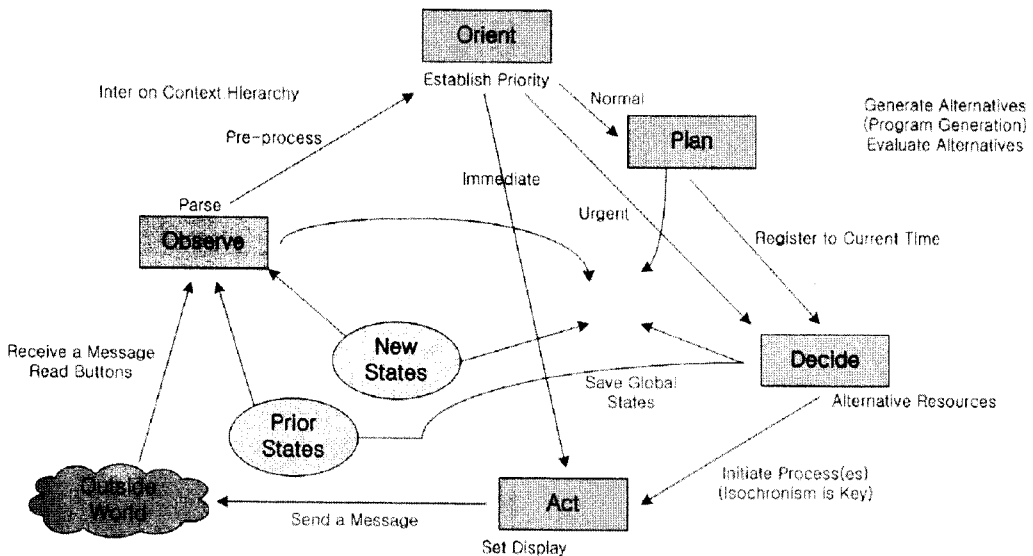
CR은 SDR 기술을 발전시킨 개념으로써 Joseph Mitola에 의해 제시되었다^[9]. 넓은 의미의 CR은 시간, 공간적으로 유휴 주파수 대역을 검출한 다음, 기존 사용자에게 영향을 주지 않는 범위에서 송수신 파라미터를 설정하는 기술으로써 궁극적으로는 실시간으로 무선 환경의 인지(awareness), 학습(learning) 및 추론(reasoning) 등 인간과 유사한 지적 능력을 이용해서 스스로 동작 결정(autonomous decision)이 가능하고, 어느 상황에서든지 무선 장치가 연결되어 통신이 가능하도록 하는 기술이다^[10]. [그림 3]은 전파 환경을 인지하고 CR 기술을 적용하는 과정을 나타낸 흐름도이다. 우선 무선 단말기는 주변의 스펙트럼을 관찰하여 주변 상황에 대한 정보를 얻는다. 다음으로 처

리 과정에 있어 우선 순위를 하여 즉시 처리, 긴급 처리, 보통 처리 나누어 동작 결정 및 동작을 한다^[11].

Cognitive Radio의 주요 기술로는 다음 4가지로 구분 지을 수 있다.

- 스펙트럼 검출 기술(spectrum sensing): 정합 필터(matched filter), 에너지 검출(energy detection), 신호 형태 검출(feature detection)
- 동적 주파수 선택(dynamic frequency selection)
- 잉여 주파수 대역 확보
- 충돌 회피 방법

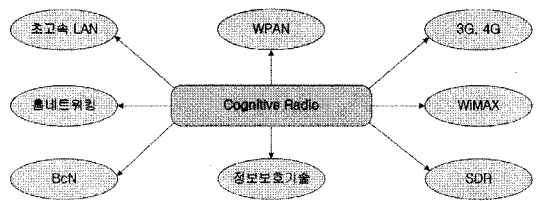
최근 무선 통신 시장이 급격히 커지면서 주파수 부족 현상이 심화되고 이를 극복하기 위한 CR이나 UWB 같은 주파수 공유 기술이 필요하다. CR 기술을 적용한 시스템은 현재 국내외적으로 아직 개념이 도입되고 있는 상황이다. CR 기술은 SDR 및 IEEE 802.22 WRAN system과의 연계되어 활발한 논의가 진행 중이다.



[그림 3] CR 처리 흐름도

현재 국내에 CR 기술을 적용한 시스템은 전무한 상태이다. 기존 시스템에 CR 기술을 적용할 경우, 새로운 비 면허 대역 생성으로 새로운 시장 창출이 기대되며, 이동 통신 기반 시설이 잘 구축되어 있는 국내에서 향후 CR을 이용하여 여러 통신 방식을 수용한 통합 기기 시장의 발전도 예상된다. SDR forum에 2007년 9월 25일 발표된 기고문을 보면 “CR 기술이 산업분야와 공공 안전 분야와 군 시장에서의 무선 시장 경향의 기초적인 가능 점으로 보인다.”고 발표 하였다. 새로운 SDRF study에서도 CR 기술이 "Multimedia Wireless Services Anywhere, Anytime and with Any Device"를 실현 시켜줄 것이라고 예상하며, ubiquitous 세계로의 기초 기술이 될 것이라고 예상하고 있다^[12].

2006년 말부터 IEEE가 TV 주파수 대역의 CR 이용 기술 표준화 작업을 하고 있으며 이르면 2007년 경에 완료될 것으로 예상하여 정통부는 CR 기술 개발을 서두르고 있는 상태이다. 정통부는 이를 위해 주파수 스펙트럼 측정 알고리즘 기술과 국제 표준화 동향 파악 작업을 ETRI를 통해 추진하고 있으며, CR, SDR, UWB 등 주파수 공유 기술을 이용하여 주파수 사용 효율성을 증대하는 스펙트럼 관리 정책 방향을 설정하고 현재 운용중인 주파수 시스템과 미국, 캐나다, 일본 등의 주파수 시스템을 비교하여 장기적인 주파수 스펙트럼 관리를 위한 로드맵을 수립할 방침이다. 한편, Federal Communications Commission (FCC)가 SDR 다음 단계로 산업, 과학, 의료용(ISM) 대역인 900 MHz, 2.4 GHz, 5 GHz 대역에 CR 기술 도입을 추진하고 있으며, TV 방송 주파수대에도 CR 적용을 검토하고 있다. IEEE 802.22 WRAN과 IEEE 802.16의 WiMAX 간의 기술의 차이는 있지만 CR이라는 새로운 개념의 통신 방식이 처음으로 표준화가 진행되고 있으며, CR의 개량된 형태가 차세대 무선 통신 기술과 접목하여 사용될 수 있기 때문에 관심을 가지고 있다. 그 밖에 CR 기술과 연관된 응용 분야는



[그림 4] CR 기술과 연관될 수 있는 응용 분야의 관계도

[그림 4]에서 보듯이 다양한 분야에 응용 가능성을 보여 주고 있다.

군이나 공공 안전 망의 경우, 할당된 주파수 자원이 부족한 상황에서도 끊임없는 통신(seamless connection)이 유지되어야 한다. 미 국방성(DoD)에서 기존 독점적 주파수 할당 체계의 한계 극복을 위한 스펙트럼 관리 변화를 6단계 이행 계획을 수립하여 추진 중이며, 5단계가 인지 기반의 스펙트럼 이용 효율 증대 단계이다. 미 국방성 산하 DARPA에서 2002년부터 CR을 활용한 next generation(XG) 프로젝트를 추진 중이다. JTRS의 확장성, 기능성 및 상호 동작성을 위한 SCA 연구 중에 있다^[13].

영국의 경우는 OFCOM의 "Spectrum Framework Review"에서 UWB, CR 기술을 통한 주파수 공유 정책을 확대할 계획임을 발표(2004) 하였다. OFCOM에서는 무선 주파수 관리 모델을 OFCOM 규제 영역, 시장 관리 영역, 비 면허 영역 등 3가지 영역으로 구분하고 있고, OFCOM 규제 영역을 점차 줄여 나가고 현재 0%인 시장 관리 영역을 2010년에는 72%로 넓혀 갈 계획이다. 일본에서는 총무성이 중심이 되어 CR에 대한 연구 개발 추진 중에 있다.

V. 결 론

본 고에서는 SDR 기술과 관련된 기술들 중에서 JTRS 기술에서는 JTRS의 기본적인 연구 내용과 현재까지 연구 진행된 각 Cluster에 대하여, SCA 기술에서는 SCA 기술 내용과 발표된 SCA 버전 그리고

기본적인 구조에 대하여, SDR 기술에서는 SDR 기술의 기본적인 개념과 필요성 및 요소 기술에 대하여, CR 기술에서는 CR 기술의 기본적인 내용과 현재까지 연구 개발된 기술과 사례 및 시장동향에 대하여 알아보았다.

SDR 기술은 무선 이동 통신의 주파수 자원의 재사용율을 증대시킬 수 있는 기술일 뿐만 아니라 다중 표준, 다중 주파수, 다중 서비스 시대에 시스템의 통합을 위한 해결책을 제시하였고, 차세대 기술로도 고려되고 있다. 개방형 시스템 구조를 기반으로 공통 하드웨어 시스템에 SCA 기술 지향적인 소프트웨어 다운로드에 의한 모드 및 규격 등의 재구성이 가능하도록 구성된 SDR 기반 시스템은 이동 통신에 있어서 다양한 서비스 및 양질의 서비스 제공을 가능하게 할 것이다. CR 기술은 포화 상태에 놓여 있는 기존 주파수 자원을 최대한 효율적으로 이용하기 위해서 수시로 유휴 스펙트럼을 찾아 활용함으로써 전체적인 주파수 효율성을 향상시킬 수 있는 획기적인 기술이라 할 수 있다. CR 기술은 아직까지 구체적인 표준 규격 및 상용화 레벨의 기술 개발이 이루어지지 않은 단계이므로, CR 기술의 최신 경향과 핵심 기술의 특성을 분석하고 연구 개발하는 것이 무엇보다 중요하다.

SDR 시스템의 사용화로 예상되는 SDR 기반 네트워크 구조는 최상의 이동 통신 서비스를 제공을 위해서 self-organization이 가능한 유연한 네트워크 구조의 능동적인 네트워크로 발전할 것이며, SDR 기반 기지국과 단말기 시스템에 의한 서비스 제공이 가능할 것으로 보인다.

참 고 문 헌

- [1] <http://www.army.mil>.
- [2] <http://www.rockwellcollins.com>.
- [3] 김세화, 홍성수, 장래혁, "SDR을 위한 SCA 기반 컴포넌트 소프트웨어 프레임워크", 한국정보과학회 추계학술대회, 2002년 10월.
- [4] 김창기, 이찬용, 신연승, "SDR 모바일 플랫폼을 위한 SCA 소프트웨어 프레임워크", 전자통신동향분석, 18(5), 2003년 10월.
- [5] 김지연, 김진업, "SDR 기술의 현재와 발전방향", 한국통신학회지, 19(11), pp. 14-23, 2002년 11월.
- [6] SDR Forum, "Summary of SDR aspects of the March-April 2003 ITU-R WP8F meeting and recommendation for future SDR Forum activities in ITU-R", SDRF-03-I-0008-0V.00, 2003.
- [7] <http://www.sdrforum.org>.
- [8] IT 839 전략 표준화 로드맵 ver 2007, pp. 58-62, 2007년.
- [9] 백용대, "무선인지 기술 개발 본격 추진", 디지털타임즈 통신시장의 동향, 2005년 1월.
- [10] J. Mitola III, Cognitive Radio: An Integrated Agent Architecture for Software Radio Architecture, Ph. D Dissertation, Royal Institute of Technology(KTH), May 2000.
- [11] Facilitating Opportunities for Flexible, "Efficient, and reliable spectrum use employing cognitive radio technologies", FCC-03-322A1, 2003.
- [12] 김창주, "Cognitive Radio(CR) 기술 동향", 한국전자과학회지 전자파기술, 17(2), pp. 1-2, 2006년 4월.
- [13] 차재상, "Cognitive Radio의 국내외 기술 동향 분석", 방송공학회지, 11(4), pp. 14-95, 2006년 12월.

≡ 필자소개 ≡

김 용 진



2003년 2월: 홍익대학교 전자공학과 (공학사)

2007년 8월: 한양대학교 전자통신컴퓨터공학과 (공학석사)

2007년 9월 ~ 현재: 한양대학교 전자컴퓨터통신공학과 박사과정

[주 관심분야] DSP/FPGA Applications,

RFID/USN System Design

이 병 옥



2000년 2월: 경기대학교 전자공학과 (공학사)

2002년 2월: 한양대학교 정보통신대학 미디어통신공학과 (공학석사)

2002년 3월 ~ 현재: 한양대학교 전자컴퓨터통신공학과 박사과정

[주 관심분야] Wireless and Mobile Comm-

unications, Software Defined Radio Systems, Embedded System Architecture, Digital Signal Processing, DSP/FPGA Applications

박 종 민



2006년 2월: 세종대학교 전자공학과 (공학사)

2006년 3월: 한양대학교 전자컴퓨터통신공학과 석박사과정

[주 관심분야] Wireless and Mobile Communications, Software Defined Radio Systems, Embedded System Architec-

ture, Digital Signal Processing, DSP/FPGA Applications

조 성 호



1989년 8월: Department of Electrical Engineering, University of Utah Salt Lake City, Utah, U.S.A.

1989년 8월 ~ 1992년 8월: 한국전자통신연구원(ETRI) 선임연구원

1992년 9월 ~ 현재: 한양대학교 교수

[주 관심분야] Wireless and Mobile Com-

munications, Software Defined Radio Systems, Embedded System Architecture, Digital Signal Processing, DSP/FPGA Applications, RFID/USN