

# SDR 네트워크를 위한 스마트 안테나 시스템의 표준화

현승헌 | 백미진 | 최승원

한양대학교

## 요약

본고에서는 SDR 네트워크를 위한 스마트 안테나 시스템의 표준화에 대하여 알아본다. 스마트 안테나 시스템이 SDR 네트워크에서 동작하기 위해서는 시스템의 개방성, 유연성, 상호 운용성 및 호환성이 보장되어야 한다.

이러한 특성을 위해서는 스마트 안테나 시스템이 소프트웨어 모듈로 잘게 나뉘어 컴포넌트화 되어야 하고, 각 컴포넌트를 제어하기 위한 어플리케이션 프로그래밍 인터페이스(API)가 표준화 되어야 한다.

본고에서 제안하는 스마트 안테나 API는 한양대학교 HY-SDR 연구센터에서 정의하여 SDR Forum의 공식 표준으로 승인되었으며, 현재 SDR Forum의 공식 표준화 기고 절차를 통해 Object Management Group (OMG)에 제출되어 표준화 작업 중에 있다.

## 1. 서론

스마트 안테나 기술은 배열 안테나를 이용하여 통신 시스템의 성능을 향상시키고, 용량을 증대시키며, 셀 반경을 확장시키기 위한 신호 처리 기술이다 [1]-[3].

그러나 스마트 안테나가 지니는 여러 장점을 상용 통신 시스템에 적용하려면 기존에 사용하고 있는 통신 시스템을 스마트 안테나 시스템으로 전환해야 하고, 수많은 스마트 안테나 알고리즘을 단일 플랫폼에 적용해야 하므로 비용이나

기술적인 면에서 많은 문제가 발생한다. 이러한 상황에서 개방성 (open), 이식성 (portability), 상호 운용성 (interoperability), 호환성 (compatibility), 객체 지향성 (object oriented), 유연성 (flexibility)을 가지는 Software Defined Radio (SDR) 기술은 스마트 안테나를 상용화 하기 위한 기반 기술로 고려될 수 있다.

SDR 기술은 하드웨어의 수정 없이 모듈화된 소프트웨어를 변경함으로써 단일 플랫폼에서 다중대역, 다중 모드의 무선 통신 규격을 통합 수용할 수 있는 기술이다 [4].

본고에서는 시스템의 개방성을 지향하는 SDR 기술에 기반하여 스마트 안테나 시스템의 표준화를 위한 스마트 안테나 어플리케이션 프로그래밍 인터페이스 (Smart Antenna Application Programming Interface; SA API)를 제안하며 이를 이용한 스마트 안테나 시스템의 표준 모델을 제시한다.

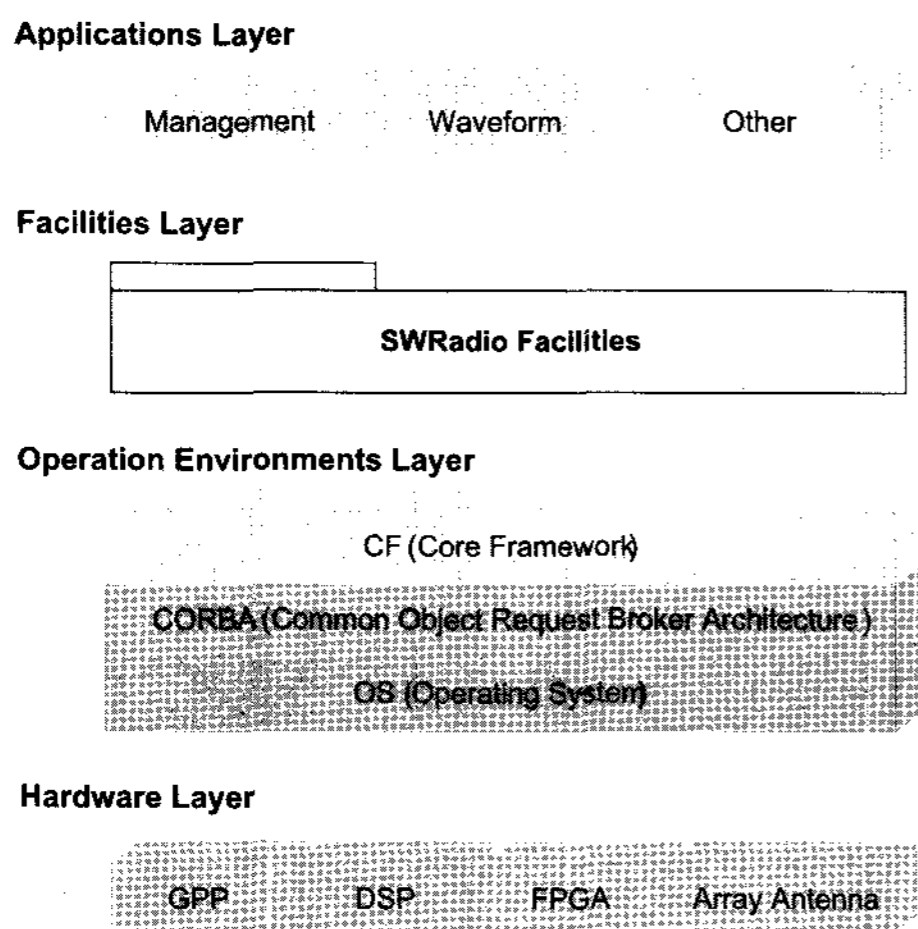
본고는 다음과 같이 작성되었다.

본론의 1절에서는 스마트 안테나 시스템의 일반적인 분류와 SDR 관점에서의 개방형 스마트 안테나 시스템의 구조 등 스마트 안테나 API를 이해하기 위한 배경 지식과 스마트 안테나 API의 개념에 대해 설명하고, 2절에서는 플랫폼 독립적 모델 (Platform Independent Model; PIM)을 통해 스마트 안테나 API를 정의하며 3절에서는 제안된 PIM을 Interface Definition Language (IDL) [5]과 eXtensible Markup Language (XML) [6]로 구성된 플랫폼에 구현하기 위한 특정 플랫폼 모델 (Platform Specific Model; PSM)을 제시한다. 4절에서는 제안된 스마트 안테나 API의 표준화 활동에 대하여 소개하고, 제안된 스마트 안테나 API에 대하여 결론을 내리며 마친다.

## II. 본 론

### 1. 개방형 스마트 안테나 구조

SDR 시스템에 스마트 안테나 기술을 적용하려면 다양한 스마트 안테나 기술을 모두 수용할 수 있는 개방형 구조를 가져야 한다. 또, 개발된 개방형 구조의 스마트 안테나 시스템이 다양한 스마트 안테나 알고리즘을 모두 수용하기 위해서는 상호 운용성, 호환성, 이식성을 지원할 수 있는 어플리케이션 프로그래밍 인터페이스가 정의되어야 한다. 이러한 요구조건은 스마트 안테나 시스템을 기능에 따라 소프트웨어 모듈인 컴포넌트(component)로 분리하고, 각 컴포넌트를 제어할 수 있는 어플리케이션 프로그래밍 인터페이스를 정의함으로써 만족시킬 수 있다.



(그림 1) SDR 기반 개방형 스마트 안테나 구조

(그림 1)은 본고에서 제안하는 SDR 기반의 스마트 안테나 시스템의 구조로 크게 네 부분으로 구성된다. 먼저 하드웨어 계층(hardware layer)은 기저대역 신호처리를 위해 일반 용도 프로세서(General Purpose Processor), FPGA(Field Programmable Gate Array), 디지털 신호 처리기(Digital Signal Processor)와 스마트 안테나 시스템을 위한 배열 안테나 등으로 구현된다.

또 기존의 하드웨어 의존적인 시스템에서는 볼 수 없었던

Operating Environment(OE) Layer와 Facility Layer는 SDR 시스템에 있어 표준 소프트웨어 플랫폼이라 지칭되는 Software Communication Architecture(SCA)로, SDR 시스템의 특성을 만족시키는 구조를 가지고 있다.

이 중 OE는 CF(Core Framework)와 CORBA(Common Object Request Broker Architecture), Operating System(OS)으로 구성되는데, CF는 Application Layer에 탑재될 응용프로그램의 실행과 개발 등의 환경을 구축한다. CORBA는 middleware로 응용프로그램을 이루는 컴포넌트들 간의 분산처리를 지원하며, OS는 시스템의 실시간 스케줄링을 지원한다. Facility Layer에는 모뎀과 스마트 안테나 부시스템을 구성하는 컴포넌트들과 이 컴포넌트를 제어할 수 있는 어플리케이션 프로그래밍 인터페이스로 구성되어 있다.

본고에서 제안하는 스마트 안테나 API는 스마트 안테나 부시스템을 구성하는 컴포넌트들을 제어하기 위해 OE Layer의 CF와 Facility Layer 사이에 존재하는 어플리케이션 프로그래밍 인터페이스 중 하나이다.

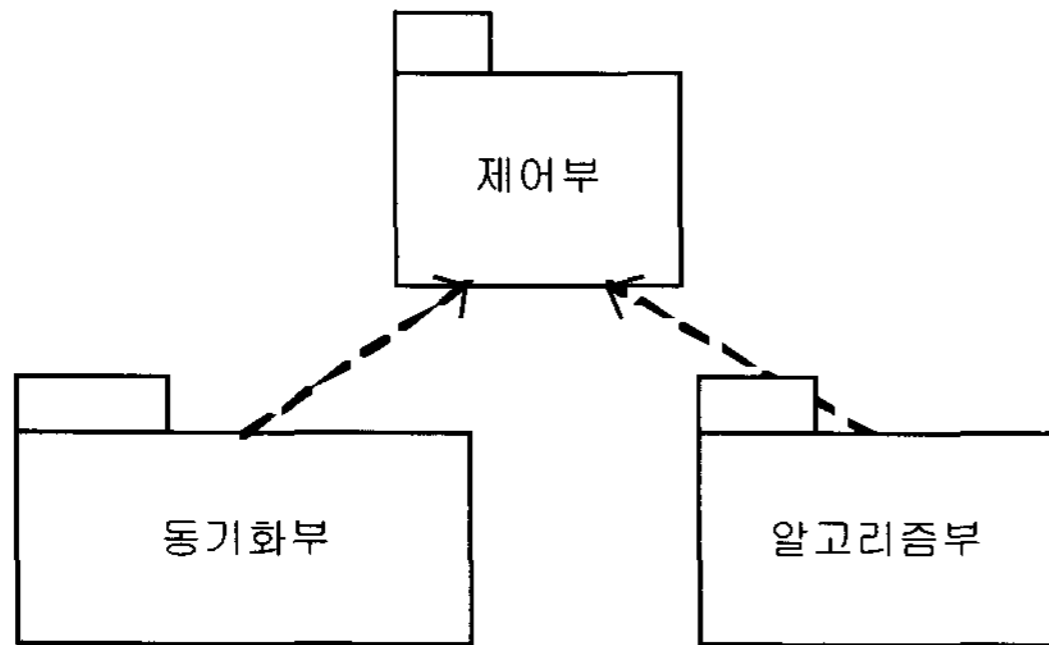
(그림 1)의 SDR 기반 개방형 스마트 안테나 구조에 있어 스마트 안테나 부시스템과 스마트 안테나 API의 개념은 스마트 안테나 기술을 지원하지 않는 기존의 통신 시스템을 소프트웨어 모듈을 추가함으로써 간단히 스마트 안테나 시스템으로 변환할 수 있다는 점에서 매우 중요하다. 즉, 어떠한 SDR 통신 시스템이라도 스마트 안테나 API를 지원하는 스마트 안테나 모듈을 시스템에 장착하는 것만으로 간단히 스마트 안테나 시스템으로 전환이 가능하다.

### 2. 스마트 안테나 API의 플랫폼 독립적 모델

스마트 안테나 API는 Object Management Group(OMG)에서 제안한 Model Driven Architecture(MDA)를 기반으로 정의되었다. MDA의 궁극적인 목표는 IT(Information Technology)시스템 개발에 있어서 그 시스템의 기능이 플랫폼에 독립적으로 모델링되어 어떠한 플랫폼에도 이식과 재사용이 가능하도록 하는데 있다.

이는 일반적으로 Unified Modeling Language(UML)과 같은 언어로 기술되며, MDA의 목표를 달성하기 위해서는 먼저 UML을 사용하여 플랫폼과 특정 구현 기술에 독립적인 플랫폼 독립적 모델(PIM)을 정의하여야 한다. 이후 플랫폼 독립적 모델이 정의되면 이 모델에서 정의하는 다양한 기능

을 특정 플랫폼에 맵핑하여 특정 플랫폼 모델(PSM)을 정의할 수 있다.



(그림 2) 스마트 안테나 API의 플랫폼 독립적 모델

(그림 2)는 스마트 안테나 API의 플랫폼 독립적 모델을 UML로 간략히 기술한 것이다. 스마트 안테나 API의 플랫폼 독립적 모델은 크게 세 개의 부(facilities) 즉, 제어부, 동기화부, 알고리즘부로 구성되어 있다.

### 2.1. 제어부

스마트 안테나 부시스템 전체의 제어를 담당하는 제어부는 RFIFComponent를 제어하는 RFControl, SAAlgorithmComponent를 제어하는 AlgorithmControl, 그리고 SASynchronization을 제어하는 SynchronizationControl이라는 세 개의 제어 인터페이스와 이 제어 인터페이스를 구현화(realization)한 SAControl 컴포넌트를 가지고 있다.

제어부를 구성하고 있는 RFControl 인터페이스, AlgorithmControl 인터페이스, SynchronizationControl 인터페이스는 각각 RF/IF 컴포넌트, Algorithm 컴포넌트, Synchronization 컴포넌트를 참조(referencing)할 수 있는 여러 개의 속성(attribute)을 가지고 있다. SAControl 컴포넌트는 스마트 안테나 부시스템 내의 모든 컴포넌트에 대해 리셋(reset), 실행(run), 멈춤(halt) 등의 명령을 내릴 수 있는 명령(operation)을 가지고 있다. SAControl 컴포넌트는 자기 자신이 가지고 있는 속성과 연산 그리고 각 제어 인터페이스로부터 상속받아 구현한 속성과 연산을 어플리케이션 프로그래밍 인터페이스로 제공함으로써 응용 프로그램 개발자는 제어부를 통해 스마트 안테나 부시스템을 제어하는 것

이 가능하다.

### 2.2. 동기화부

동기화부는 스마트 안테나 시스템의 캘리브레이션을 담당한다. 스마트 안테나 시스템에서 캘리브레이션 기술은 각 안테나 경로마다 서로 다른 위상과 크기 특성을 보정한다. 캘리브레이션은 송신 빔형성을 하기 위해 수행되는데, 이는 송신시의 빔형성이 수신기에서 얻은 웨이트 벡터를 사용하여 이루어지므로 각 안테나 경로(path)의 위상과 크기의 특성이 다르면 정확한 송신 빔형성을 수행할 수 없기 때문이다.

동기화부는 무선에서 생기는 delay를 보정하기 위한 Calibration 인터페이스와 SACalibrationDevice 컴포넌트, 심볼과 프레임의 동기를 맞추기 위한 Synchronization 인터페이스, SASynchronizationDevice 컴포넌트로 구성된다. Calibration 인터페이스는 스마트안테나 부시스템 내에서 캘리브레이션을 실행시키고, 캘리브레이션 정확도, 구간 등을 설정할 수 있는 속성을 가지고 있으며, SASynchronizationDevice 컴포넌트는 SACalibrationDevice 컴포넌트의 상태 보고를 요청(query)할 수 있는 속성을 가지고 있다. 이러한 속성과 연산은 모두 SACalibrationDevice컴포넌트에 의해 상속되어 구현되어 지므로, 프로그램 개발자는 SACalibrationDevice컴포넌트를 통해 스마트 안테나 시스템의 캘리브레이션을 제어할 수 있다.

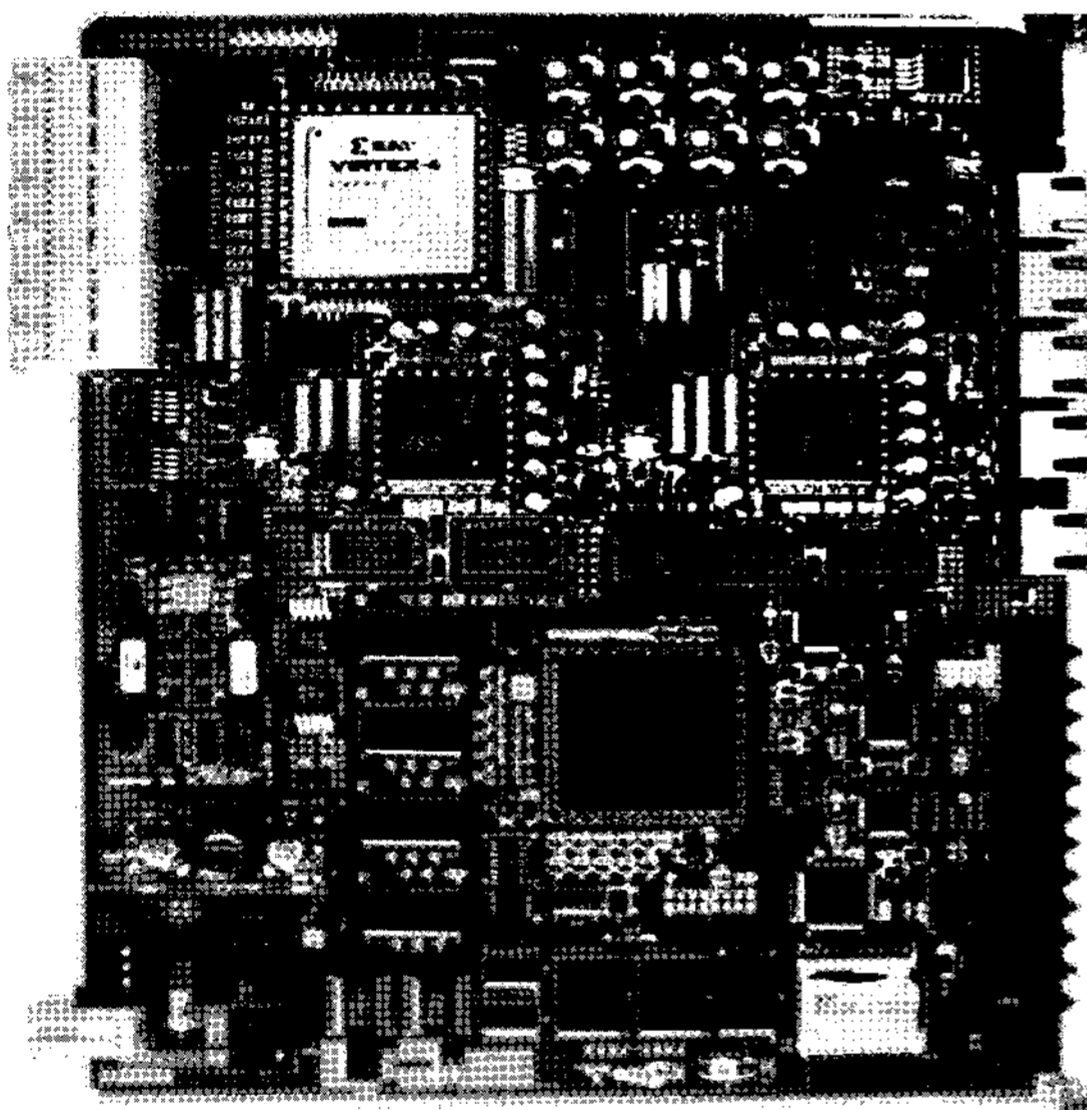
### 2.3. 알고리즘부

스마트 안테나 부시스템의 알고리즘을 수행하는 핵심 컴포넌트들로 구성되어 있는 알고리즘부는 스마트 안테나 부시스템의 유형에 따라 채널 추정 및 보정 알고리즘의 수행을 담당하는 Channel Estimation Component, 시공간 부호화 알고리즘의 수행을 담당하는 STCCComponent, 빔형성 (beamforming) 알고리즘의 수행을 담당하는 Beamforming Component, 공간 다이버시티 알고리즘의 수행을 담당하는 Spatial Multiplexing Component, 도달각 추정 알고리즘의 수행을 담당하는 DOAEstimation Component 등의 알고리즘 컴포넌트들과 모든 알고리즘 컴포넌트에서 공통으로 구현되어야 하는 속성 및 연산을 가지고 있는 SAAlgorithm 컴포넌트와 특정 알고리즘 컴포넌트에서만 구현되어질 속성

및 연산을 가지고 있는 SpaceTimeCoding 인터페이스, ChannelEstimation 인터페이스, SpatialMultiplexing 인터페이스, DOAEstimation 인터페이스, Beamforming 인터페이스 등의 제어 인터페이스들로 구성되어 있다.

### 3. 스마트 안테나 API의 특정 플랫폼 모델

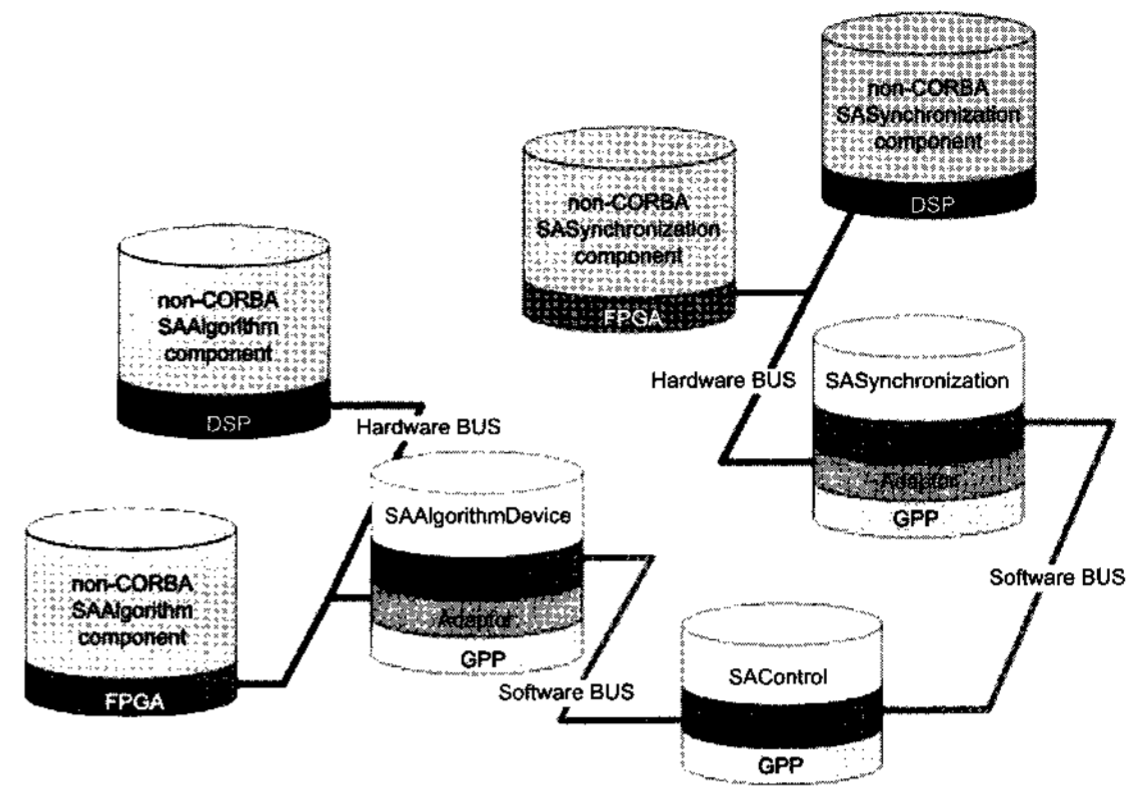
2절에서 시스템이나 특정 기술에 대해 독립적으로 스마트 안테나 API를 정의하였다. 이를 시스템의 특성에 따라 맵핑하면 특정 플랫폼 모델이 된다. 본 절에서는 스마트 안테나 API의 특정 플랫폼 모델을 위해 SDR 시스템 구현에 보편적으로 사용되고 있는 IDL과 XML 기술로 구현된 플랫폼을 타겟으로 선정하였다.



(그림 3) 개방형 SDR 하드웨어 플랫폼

(그림 3)은 스마트 안테나 API를 장착하기 위한 개방형 하드웨어 플랫폼으로 Field Programmable Gate Array(FPGA), Digital Signal Processing(DSP), General Purpose Processor(GPP)를 이용하여 구현된다.

(그림 4)는 스마트 안테나 API의 각 컴포넌트들이 하드웨어 플랫폼을 이루는 각 장치에 어떻게 배치되어있는지를 보여주는 배치도(deploy diagram)이다. (그림 3)과 (그림 4)를 통해 GPP, DSP, FPGA 등의 하드웨어 장치에 스마트 안테나 API를 이루고 있는 각 컴포넌트들이 어떻게 배치되는지 알



(그림 4) 스마트 안테나 API의 배치도

수 있다.

스마트 안테나 시스템 전체를 제어하고 논리적인 연산을 주로 하는 SAControl 컴포넌트는 GPP에 로딩(loading)하고, 고속의 디지털 신호처리 연산을 요구하는 SAAlgorithm 컴포넌트와 SASynchronization 컴포넌트는 FPGA와 DSP와 같은 디지털 신호처리 장치에 로딩하도록 구성하였다. 각 하드웨어 간의 분산처리를 위해서는 CORBA 미들웨어의 탑재가 필수적인데, DSP나 FPGA와 같은 장치를 위한 CORBA 기술은 아직까지 널리 사용되지 않고 있기 때문에, SAAlgorithm, SASynchronization 컴포넌트와 DSP, FPGA 장치들 간의 연결은 어댑터(adaptor)를 통해 이루어졌다.

즉 현재는 CORBA가 GPP에만 탑재되어 있기 때문에 SASynchronization과 SAAlgorithm 컴포넌트 역시 GPP에 로딩 하되 이들의 수행 알고리즘은 FPGA와 DSP에 로딩한다. 각 스마트 안테나 API 모듈이 하드웨어 장치에 다운로드 되면 스마트 안테나 시스템은 CORBA를 초기화 시키고 각 컴포넌트의 연결과정을 수행한다. 각 컴포넌트간의 연결은 CORBA BUS를 이용하여 이루어지며, FPGA와 DSP는 하드웨어 버스를 이용하여 연결된다.

### 4. 스마트 안테나 API의 표준화 활동

본고에서 제안된 스마트 안테나 API는 한양대학교 HY-SDR 연구센터의 주도 하에 국제 SDR 표준화 그룹인 SDR 포럼 산하 Smart Antenna Working Group(SA WG)에 의해 제창(promotion) 되었으며 2007년 하반기에 SDR 포럼의 투표

를 통과하여 OMG 산하 Software Based Communications Domain Task Force (SBC-DTF)에 제출되어 표준화 상정을 위한 절차를 진행하였다. 현재 스마트 안테나 API는 SBC-DTF를 거쳐 Software Based Communications Final Task Force (SBC-FTF)[8]에 제출되어 표준화 상정을 위한 마지막 절차를 진행 중에 있다.

한편 SBC-RTF는 현재 SDR 통신 시스템의 표준화를 위해 Software Radio Components 표준화[9] 작업을 진행 중에 있다. 그러나 Software Radio Components가 스마트 안테나에 대하여 고려하고 있지 않아 SBC-RTF는 스마트 안테나 API와 Software Radio Components를 취합하는 방안을 검토 중이다. 이에 대하여 한양대학교 HY-SDR 연구센터에서는 각 표준에 맞는 시스템을 개발하여 상호 운용성을 검증하는 작업을 진행 중에 있다.

### III. 결 론

본고에서는 SDR 네트워크에서 동작하는 스마트 안테나 시스템을 위한 개방형 스마트 안테나 구조를 제안하고, 개방형 스마트 안테나 시스템의 상호 운용성, 호환성, 이식성을 위한 스마트 안테나 API를 제시하였다.

제안된 스마트 안테나 API와 이를 통해 구현된 스마트 안테나 부시스템의 개념은 새로운 상용 기성품(Commercial Off The Shelf; COTS) 시장을 개척할 뿐만 아니라 스마트 안테나 시스템 개발을 위한 비용 및 시간을 단축시킬 수 있다는 점에서 매우 중요하다.

또한, 스마트 안테나를 지원하지 않는 기존의 통신 시스템이 제안된 스마트 안테나 API를 탑재함으로써 손쉽게 스마트 안테나 시스템으로 변환할 수 있다는 것도 주목할 만한 점이다.

#### Acknowledgement

본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT 연구센터 육성·지원사업의 연구결과로 수행되었음.

### 참 고 문 헌

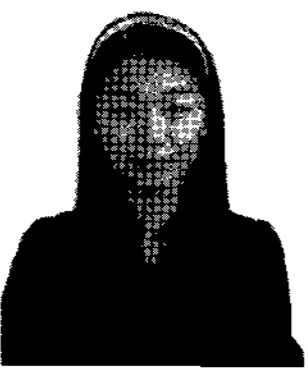
- [1] S. Anderson, M. Millnert, M. Viberg, and B. Wahlberg, "An adaptive array for mobile communication systems," IEEE Trans. Veh. Technol., vol. 40, pp. 230-236, 1991.
- [2] J. C. Liberti and T. S. Rappaport, "Analytical results for reverse channel performance improvements in CDMA cellular communication systems employing adaptive antennas," in Proc. IEEE Globecom' 93, Houston, TX, pp. 42-47.
- [3] A. Naguib, A. Paulraj, and T. Kailath, "Capacity Improvement with Base-Station Antenna Arrays in Cellular CDMA," IEEE Transaction on Vehicular Technology, vol. 43, No. 3, pp. 691-698, August, 1994.
- [4] W. Tuttlebee, Software Defined Radio Baseband Technology for 3G Handsets and Basestations, John Wiley & Sons, 2003.
- [5] CORBA Scripting Language, ver.1.1, formal/2003-02-02, Middleware and Related Services PTF, Object Management Group, <http://www.omg.org/>
- [6] Extensible Markup Language (XML) 1.1, REC-xml11-20060816, world wide web consortium.
- [7] MDA Guide v 1.0.1, doc. number: omg/03-06-01, Object Management Group, <http://www.omg.org/>
- [8] Software-Based Communication Final Task Force(SBC-DTF), <http://sbc.omg.org/>
- [9] Platform Independent Model (PIM) & Platform Specific Model (PSM) for Software Radio Components, dtc/05-09-05, SBC-DTF, OMG

약 력



현 승 현

2002년 한양대학교 전자통신 컴퓨터 공학과 졸업  
2004년 한양대학교 전자통신 컴퓨터 공학과 석사  
2004년 ~ 현재 한양대학교 전자통신 컴퓨터 공학과 박사과정  
관심분야: SDR, 스마트안테나



백 미 진

2007년 서울여자대학교 컴퓨터공학과 졸업  
2007년 ~ 현재 한양대학교 전자통신 컴퓨터 공학과 석사 과정  
관심분야: SDR, 스마트안테나



최 승 원

2002년 ~ 현재 HY-SDR 연구센터 센터장, SDR Forum 부회장  
관심분야: SDR, 스마트안테나

1980년 한양대학교 공과대학 졸업  
1982년 서울대학교 공과대학 석사  
1985년 미국 Syracuse대 공과대학 석사  
1988년 미국 Syracuse대 공과대학 박사  
1988년 ~ 1989년 Syracuse 대학 전기및전산과 교수  
1990년 ~ 1992년 일본 우정성 통신연구소 선임연구원  
1989년 ~ 1992년 ETRI 선임연구원  
1992년 ~ 현재 한양대학교 전자통신 컴퓨터 공학부 교수  
(현 학부장)

