

# SDR(Software Defined Radio)



김지연 • ETRI 이동통신연구소  
SDR 연구팀



김진엽 • TTA Ad hoc Group-SDR 부의장  
ETRI 이동통신연구소 SDR 연구팀장

## 1. 서론

SDR(Software Defined Radio)은 다양한 무선접속 환경에 유연하게 적응가능한 시스템 구축을 위하여 개방형구조 단일 하드웨어 플랫폼상에 객체지향 구조 응용소프트웨어를 다운로드하여 끊임없이(seamless) 전역(global) 통신이 가능하게 하는 기술이며, 기존 시스템(legacy system)과의 역호환성(backward compatibility) 제공과 All-IP 기반 무선 멀티미디어를 추구하는 미래 시스템(4G(generation) 이동통신)의 무선망 통합을 위한 해결 방안으로 고려되고 있다.

SDR 기술은 크게 신호처리 관점, 규제 관점, ITU-R 관점에서 정의를 내리고 있다. 먼저, 신호처리 관점에서 본 SDR은 수신된 신호의 디지털화를 안테나와 최대한 가까운 곳에서 실행하여 고정된 하드웨어 기능을 축소, 부분적으로 프로그램 가능한 하드웨어 부분을 확장하고 증대된 소프트웨어 프로그램 능력을 이용하여 시스템의 유연성(flexibility)을 증가시키는 무선기술로 정의하고 있다. 규제 관점에서의 SDR은 유한 주파수 자원의 사용효율 증대를 위하여 무선주파수 방출에 영향을 끼치는 주파

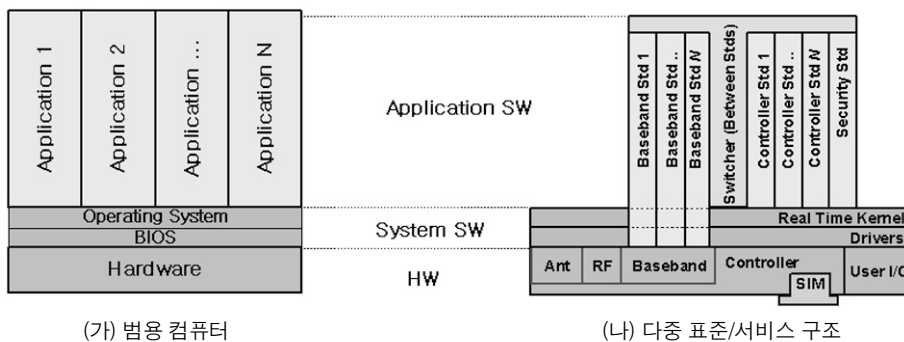
수 동작범위, 변조방식, 최대 출력 등 동작 파라미터들을 하드웨어 구성요소의 교체없이 소프트웨어 변경에 의하여 조정가능한 무선기술로 정의하고 있다. ITU-R의 4G 시스템 구축을 위한 SDR 기술은 다양한 무선 네트워크(W-LAN, W-PAN, 셀룰러, 디지털 방송, 위성통신 등) 구성요소의 동작 모드들이 시스템 제조후 소프트웨어 다운로드에 의하여 변경되거나 증대될 수 있는 무선기술로 고려되고 있다 [1].

미국에서의 SDR 연구는 군 작전 수행시 언제, 어디서나 연속통신이 가능한 단일 시스템 구축의 필요성에서 시작되었다. 자연재해 및 전시상황 등으로 인한 군 통신 네트워크 파괴시 민간 통신 네트워크를 이용하여 상호 동작가능한 시스템의 구축은 통신의 연속성을 위한 한가지 접근방식으로 고려되었다. 군용 통신기술로 제한되었던 SDR 기술의 상용화로의 접근은 1990년대 초 DARPA 주관으로 수행된 SPEAKeasy 프로젝트 시연 성공후 경제적 이익을 가져다 줄 수 있는 차세대 기술로 인식하게 되었다. 이와 달리 유럽에서의 SDR은 1994년부터 유럽 위원회(European Commission: EC)를 중심으로 통신 인프라 구조정의와 서비스 질의 향상을 위한 노력으

로 출발하여 사용자 요구사항을 기반으로 시스템을 구축하는 상용화 시스템 개발을 위한 연구가 진행되고 있다 [2], [3].

SDR 기반 시스템은 기존의 시스템과는 달리 다양한 시스템 규격에 적응이 가능하여 사용자, 통신사업자, 제조업체들에게 시스템간의 상호운용성(interoperability), 제품수명의 최대화, 개발기간의 최소화와 같은 혜택을 제공함으로써 미래지향적(future-proof) 시스템을 구성할 수 있도록 하여준다. SDR의 재구성 능력(reconfigurability) 및 소프트웨어 다운로드 기술은 시장성, 실시간 시스템 업그레이드, 디버깅 및 서비스환경에 따른 시스템 모드의 적절한 배치가 가능한 특성으로 무선통신기기 이외에 유선모뎀, 네트워크 기기, 정보가전 등 다양한 분야에 적용하기 위하여 연구중이며 칩 효율성 향상을 위해 재구성 컴퓨팅(reconfigurable

소프트웨어 다운로드에 의해서 현지에서 재 프로그래밍 가능한 유연한 통신장치를 제공할 수 있는 SDR 기반시스템은 이동통신기술의 디지털화 증대와 컴퓨터통신의 무선화에 따라, 이동통신은 점점 더 컴퓨터와 같이 하드웨어에 의존적이지 않고 소프트웨어에 의한 유연한 적용이 가능한 특징으로 퍼스널 컴퓨터와 무선기술의 융합으로 생각할 수 있다 [5]. (그림 1)은 범용 컴퓨터 하드웨어/소프트웨어 구조와 다중 표준/서비스를 제공하는 단말기의 하드웨어/소프트웨어 구조를 비교한다. 각 서비스에 대해 기저대역(baseband) 동작은 시스템 소프트웨어 계층과 하드웨어 계층을 직접 인터페이스하여 소프트웨어 처리에 의해 발생하는 전력소모와 동작속도 단점을 줄이는 구조로 규격 및 서비스 변경은 서비스 교환기(service switcher)와 제어기(controller)에 의해서 수행된다 [6].



(그림 1) 범용 컴퓨터와 다중 표준/서비스 단말기의 H/W, S/W 구조 비교

computing)에 대한 연구가 컴퓨터 분야에서 진행 중이다 [4]. 본 고에서는 SDR의 표준화 방향, 기술의 주요 특징과 요구사항 및 시장성에 대하여 알아 본다.

## 2. SDR 기술특성 및 요구사항

다중모드, 다중표준, 다중대역, 다중기능 서비스 제공이 가능할 SDR 기술은 개방구조 특성을 갖는 하드웨어 플랫폼 구성을 위하여 선형특성을 갖는 PA(power amplifier)/LNA(low noise amplifier), 빠른 샘플링율과 고해상도를 제공할 수 있는 광대역 A/D, D/A 변환기 등 상용화된 제품개발(COTS: commercial off the shelf)이 선행되어야 하며, 디지털 IF단의 고속 신호처리를 위하여 낮은 소비전력과

규모가 작은 범용 디지털 신호처리 및 재구성 가능한 FPGA가 요구된다. 또한, 서비스 플랫폼의 교체없이 사용자 요구에 따른 신속한 서비스 변경을 가능하게 하기 위해서는 객체지향 구조기반 미들웨어 기술을 필요로 하고 시스템 모듈 변경을 위한 모듈간 정보/제어 인터페이스(API: application program interface) 정의가 필요하다. 응용소프트웨어는 ATM, Smart card, OTA(over-the-air) 등을 이용하여 모듈간 인터페이스와 파라미터의 변경 및 추가가 가능할 것이다. 서로 다른 서비스 플랫폼 상에 응용소프트웨어 다운로드를 위한 미들웨어 기술의 적용은 실시간 다운로드에 따르는 트래픽 영향 및 보안, 과금방식에 대한 연구도 수반되어야 한다.

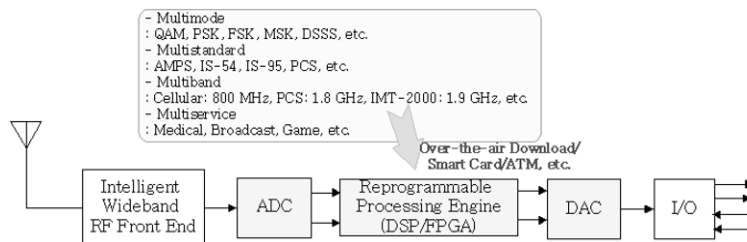
## 2.1 SDR 시스템 구조

SDR은 (그림 2)와 같이 고속 디지털신호처리기(DSP), 재구성 가능한 FPGA(field programmable gate array)를 사용하여 기저대역에서 재구성 가능한 신호를 RF/IF단으로 천이시켜 기존 시스템과 새로운 시스템 규격에 적용가능한 시스템 구성을 가능하게 하므로 시스템간 상호운용성, 제품수명 증대, 개발기간의 최소화 실현을 가능하게 한다. 하드웨어 동작에 크게 의존하였던 기존 시스템들은 재구성 가능한 하드웨어로의 대체로 응용소프트웨어 다운로드에 의하여 에러정정, 사용자에 따른 서비스 변경, 새로운 서비스의 실시간 수용 등이 가능하다. 제조업자는 단일 SDR 플랫폼을 제작후 무선규격 및 프

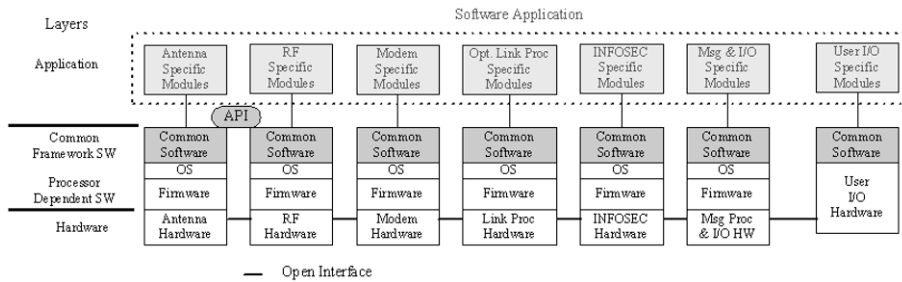
로토콜 등을 소프트웨어 다운로드로 제공이 가능하여 발빠른 통신시장 적응 및 가격경쟁력을 키울 수 있을 것이다. 망 운용자 측면에서는 다중 무선규격이 단일 기저국 플랫폼에 의하여 지원되므로 망 전개(network deployment)가 간단해지고 응용소프트웨어 변경에 의하여 시스템 업그레이드가 용이하여 시스템 역호환성 및 발전을 지원할 수 있을 것으로 예상된다. 사용자는 시스템의 고정 서비스 이용에서 사용자 요구에 따른 서비스 선택으로 각자 개성에 맞는 서비스를 공급받을 수 있으며 시스템의 실시간 버그 수정 및 업그레이드가 가능할 것이다.

SDR 구조의 각 모듈들은 개방 인터페이스에 의해 연결되고 각 모듈에 특정 동작을 할당하기 위한 소프트웨어 동작으로 구성되며, 시스템 동작을 위해 필요한 소프트웨어를 응용소프트웨어(software application)라고 정의한다. (그림 3)은 개방 인터페이스로 독립된 기능의 서브시스템들을 연결하는 구조를 보여주고 있으며 각 서브시스템은 시스템의 동작상태에 의해 결정될 것이다.

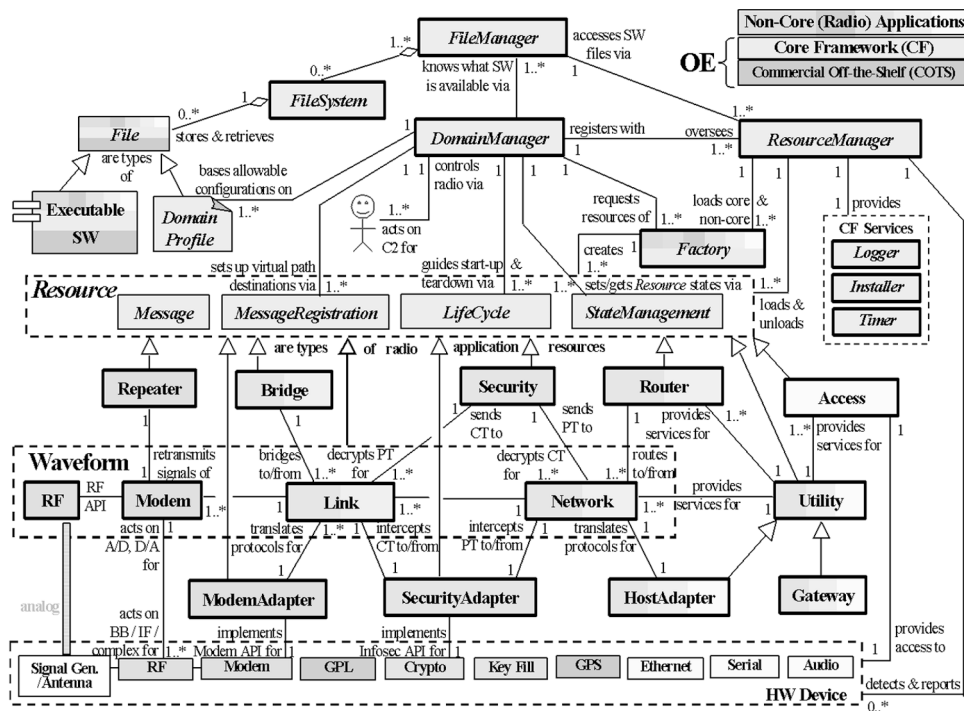
(그림 4)는 SDR 소프트웨어의 핵심적인 구조 개념과 코어 프레임워크 구성요소, Non-core 응용 리소스, 물리적 장치들간의 상호관계를 보여주는 SDR의 개념적 소프트웨어 구조를 설명하고 있다. 하드웨어 장치는 그림 하단에 위치하며, Non-core 응용 리소스는 파형 리소스, 어댑터, 액세스, 사용자 리소스를 포함하고, 사용자는 SDR 프레임워크를 제어한다 [6].



(그림 2) 다중 표준/서비스 SDR 시스템 구조



(그림 3) SDR 소프트웨어/하드웨어 개방구조 동작 예

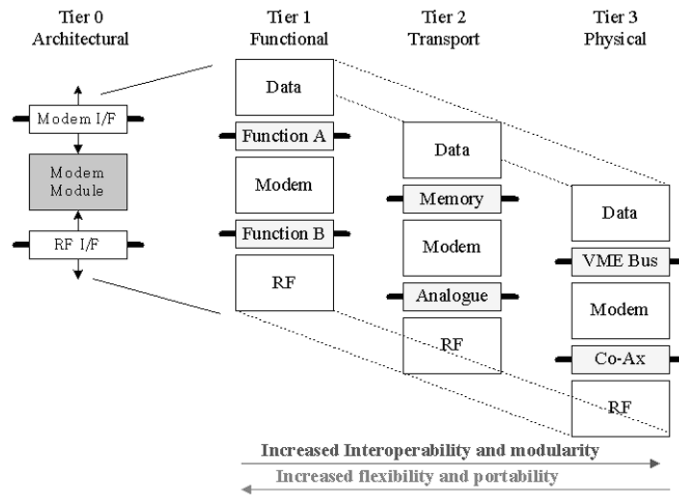


(그림 4) SDR 소프트웨어 구조

## 2.2 SDR API 구조

API는 SDR 포럼의 표준 디바이스 정의를 위한 핵심사항으로 시스템 하드웨어/소프트웨어 모듈간의 동작상태를 설명하는 것이 아니라 모듈간 관계를 설명하는 인터페이스 정의이다. SDR 구조내에 기능적 인터페이스들이 혼동을 일으키거나 새로운 기능을 배제하는 등의 오류를 범하지 않도록 API 계층을 4단계로 나누어 각 레벨의 양립성을 제공하도록

특 정의한다. API 구조의 최상위 추상 레벨인 Tier 0는 무선구조를 정의하기 위해 사용되는 API 정의의 시작점으로, 이를 기반으로 특정 동작을 나타내기 위하여 정보와 제어흐름을 갖는 Tier 1 기능레벨로 세분화한다. 시스템의 물리적 특성과 메시지 전송을 위한 부가정보를 제공하기 위하여 Tier 1에 Tier 2와 3 모델이 추가된다 [6]. (그림 5)는 SDR 구조와 인터페이스 계층도를 설명한다.



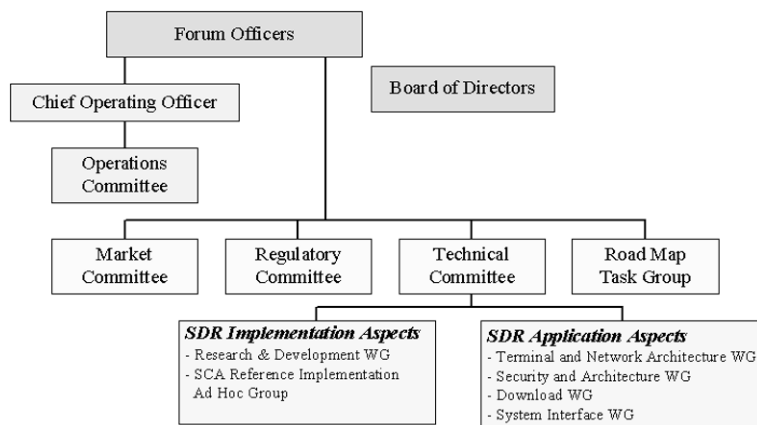
(그림 5) SDR 구조와 인터페이스 계층 세분화

### 3. SDR의 표준화 활동

군(military)과 상업적(commercial) 무선통신 분야의 새롭고 도약적인 기술로 고려된 SDR 기술의 보편화된 표준화를 위하여 1996년에 형성된 SDR 포럼(1998. 12 이전 MMITS(Modular Multi-function Information Transfer System)으로 불리움)은 비영리 단체로서 군을 포함한 100여 산·학·연이 개방구조하에서 SDR의 상용화를 위한 표준안 구축을 위하여 연 5회의 정기적인 모임을 갖고

있다. SDR 포럼은 상업용, 공공기관(경찰서, 항공, 소방서 등), 군용 세 분야의 무선통신에서 모두 수용 가능한 SDR 표준을 마련하기 위하여 global regulatory 프레임워크의 창출을 주요 목적으로 각 국가와 국제단체와의 긴밀한 공조하에 표준화를 진행중이다.

다음 (그림 6)은 SDR 포럼의 조직도를 보여주고 있다 [7]. Market Committee(MC)는 국제 컨퍼런스 참가, 언론배포 등을 통하여 세계 무선통신 분야에 SDR 포럼의 인지도를 높이며 SDR의 시장성 및



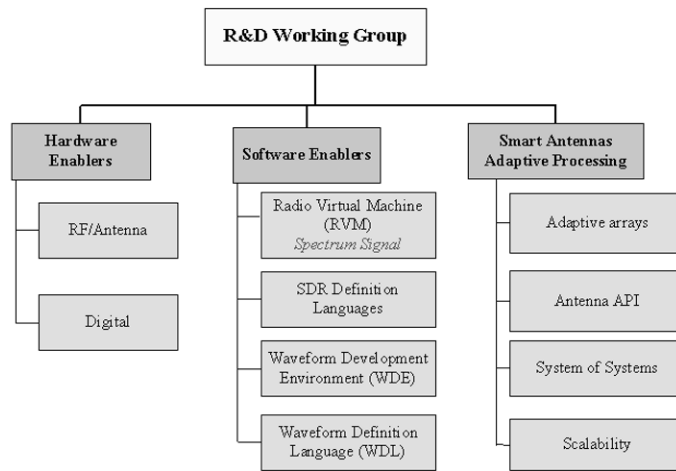
(그림 6) SDR 포럼 조직도

SDR의 발전방향 예측 및 홍보를 수행한다. Regulatory Committee(RC)는 전세계에서 SDR 시스템 개발을 수용할 수 있는 global regulatory 프레임워크를 세우기 위하여 미국의 FCC(Federal Communication Commission)와 같은 서로 다른 regulatory 조직과 연계하여 활동중이다. 이의 활동으로 FCC에서는 SDR 기술에 대한 미 정부의 정책적 지원방향을 SDR 포럼으로부터 제시받기 위하여 NOI(Notice of Inquiry)에 대한 답변제출을 요구하였다. 2000년 6월 SDR 포럼회원들의 의견이 제출되었고, 2000년 7월 FCC로부터 이에 대한 회신을 받은 상태이다.

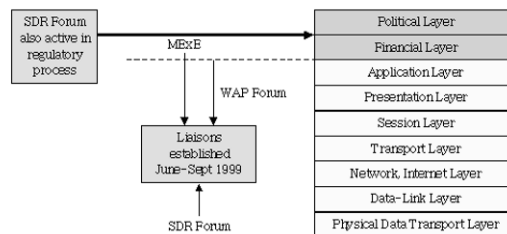
Technical Committee(TC)의 경우 SDR 포럼내 기술적인 모든 측면을 다루고 SDR 다중 프로세서 시스템 디자인 참고모델로 사용될 수 있는 개방구조

를 정의한다. 이 구조는 시스템의 서로 다른 블록들 사이에 통신을 허용하는 API들을 포함한다. TC내에는 여러 WG(working group)들이 구성되어 원격회의 및 워크숍을 진행한다. (그림 7)은 TC내 WG 중 R&D WG내 Task Group들과 해당 연구분야를 설명하고 있다. 이 WG은 현재 SDR 포럼에서 상용화 시스템 모델 제시를 위하여 형성된 그룹으로 조직도 정리단계로서 SDR 소프트웨어, 하드웨어, 시스템에 관련된 연구와 개발을 총괄할 것이다 [8].

SDR 포럼에서는 WAP(Wireless Application Protocol) 포럼과 ETSI SMG4-MExE(Mobile Execution Environment)와 함께 프로토콜 스택의 상부로부터 소프트웨어 다운로드, 보안과 암호화를 위한 표준화 작업을 하고 있으며, SDR은 프로토콜 스택의 하부구조로부터 소프트웨어 다운로드와 재



(그림 7) SDR 포럼 Technical Committee 내 R&D Working Group 구성도



(그림 8) SDR 포럼의 표준화 단계

구성력을 표준화하기 위한 일을 진행 중이다. 또한, SDR 포럼은 (그림 8)의 표준화 구축방향과 같이 이러한 모든 프로토콜들에 대한 정책적, 경제적인 규정에 대한 방침까지 제시할 계획으로 있다.

ITU-R에서의 SDR은 이동통신 시스템에 기술적 가능성과 규제환경에 큰 영향을 미칠 새롭고 유연한 기술로 고려하여 WG 결성을 제안하였고 이 그룹은 ITU-R vision group하에 결성되어 기술적 영향과 규제에 대하여 다룰 것이다. SDR 포럼은 ITU-R과 연계하여 SDR 정의와 구조 등에 대한 문서를 제출하고 기술보급에 열중하고 있다 [9].

#### 4. 결론

SDR 기술은 사용자 특성에 의해 요구사항 및 시

스템 구성이 다양화될 것으로 예측되며 (표 1)은 SDR 기술 이용자별 요구사항 및 특성을 설명하고 있다. SDR은 2G/3G 이동통신 시장뿐만 아니라 무선LAN을 포함한 시장성이 새롭게 부각되고 있다. 고성능 COTS 소자를 이용한 SDR 시스템 구축은 가격, 크기, 복잡도, 전력소비 측면 등의 장점을 고려할때 단말기보다는 기지국에 SDR 기술응용이 우선할 것으로 예상된다. 현재 SDR 기술을 이용한 기지국 테스트베드 시스템이 개발되고 있고 상용화 제품출시는 기지국의 경우는 2004년, 단말기는 2006년으로 전망하고 있다 [10]. COTS 개발속도에 크게 의존하고 있는 SDR 기술의 특성상 상용소자의 개발정도와 제조업자의 전문 기술수준에 따른 다양한 개방형 하드웨어 구조를 갖는 제품의 출시가 예상되며 객체지향 미들웨어 구조의 표준화로 서비스의 다양화를 달성할 수 있을 것이다.

(표 1) SDR 이용자별 요구사항 및 특성

	통신 사업자	군사 기관	공공 기관	판매자
SDR 이점	단말기 에러 정정 서비스의 차별화 Time to Market	상호동작능력 경제성 유연성 신뢰성	새로운 서비스 공급 및 선택가능 다중 주파수 액세스 서비스 환경에 따른 동작	가격 경쟁력 장비의 유연성 국제 로밍
기술의 변화	고속 데이터 통신	언제, 어디서나 누구든지 통신할 수 있는 유연한 통신	기존의 네트워크를 이용한 통신	다중 환경을 지원하는 경쟁력 있는 장비
통신장치내 SDR 기술	고유의 기능	고유의 기능	고유의 기능	선택적 기능
SDR 서비스	2G/2.5G/3G/4G 등을 수용	기존 50여 개의 파형/ 미래 개발 파형 수용	공용 무선 주파수와 일반 무선 주파수 전역 서비스 가능	2G/2.5G/3G/무선 LAN 액세스 가능
스펙트럼 효율성	동적 채널할당에 의한 효율성 증대	효율성이 보다 높은 데이터율과 QoS 제공과 관리	동적 채널할당에 의한 효율성 증대	엔지니어에 한정된 효율성
재구성 능력	무선에 의한 단말기 에러 정정	원격 네트워크 관리	무선 다운로드와 주파수 대역 호환성	무선에 의한 단말기 에러 정정
응용서비스	이메일/메시징 멀티미디어 메시징 서비스(MMS)	이메일/메시징 위치서비스 MMS	이메일/메시징 위치서비스 MMS	이메일/메시징 MMS 웹 접속
SDR 기술의 발전방향	공통 표준/개방 인터페이스 기반	공통 표준/개방 인터페이스 기반	공통 표준/개방 인터페이스 기반	다양한 표준/인터페이스 기반

## 참고 문헌

- [1] 김지연, 김진업, “차세대 이동통신시스템을 위한 SDR 기술”, IT Standard Weekly (www.tta.or.kr/weekly), 2002. 5.
- [2] 김지연, 김진업, 박남훈, “미국의 SDR 기술개발 동향”, 주간기술동향 1034호, 2002. 2.
- [3] 김지연, 박남훈, 김진업, “유럽 및 아시아의 SDR 기술개발 동향”, 주간기술동향 1037호, 2002. 3.
- [4] TTA SDR Ad-hoc Group 보고서, SDR 연구반, 2001. 12.
- [5] Gudaitis S.M and Hinman D.R, “ Tactical Software Radio Concept,” IEEE MILCOM 97 Proceedings Volume: 3 , 1997 , Page(s): 1207 -1211 vol.3
- [6] SDR Forum Technical Report 2.1, Nov. 1999.
- [7] J. Rosa, “Generalized Commercial SDR Base Station Architecture,” SDR Forum Input Document, Base Station WG, SDRF-01-I-0020-V0.00, April 2001.
- [8] S.Blust, “Perspective on Software Defined Radio Forum Workplan and Deliverables in Support of Critical Industry Developments,” SDR Forum Input Document, Technical Committee, SDRF-02-I-0021-V0.00, April 2002.
- [9] [225e\_ww9] <http://www.itu.int/itudoc/itu-r/sg8/docs/wp8f/2000-03/contrib/225e.html>
- [10] SDR Market Survey, Gartner Consulting, Jan. 2002. 

## 컴포넌트SW 표준안 마련

컴포넌트기반개발(CBD)을 위한 일반화된 가이드라인을 제시해줄 컴포넌트SW 개발 표준이 마련돼 관련 산업에 큰 활력을 불어넣을 것으로 보인다. 한국소프트웨어컴포넌트컨소시엄(KCSC·회장 김흥기) 산하 컴포넌트표준화포럼(의장 이단형)은 최근 2001년 컴포넌트 공모 사업결과와 포럼의 연구과제 성과물을 토대로 컴포넌트 개발 산출물 및 용어에 대한 표준안을 마련했다고 6월 19일 밝혔다. 이번에 포럼이 제시한 표준안에는 기업들이 CBD 개발 프로젝트 추진시 개발자들이 작성해야 하는 최소한의 표준 산출물과 이에 대한 세부 구성요소 등이 포함돼 있으며 J2EE·닷넷 등 플랫폼별로 산재된 CBD 관련 용어 200여 개 등도 체계적으로 정의·정리돼 있다. CBD와 관련해 국내 개발자들이 표준으로 참고할 만한 표준안이 발표되는 것은 이번이 처음이다. 이로써 개발자들은 이번 표준안을 통해 필수 산출물의 종류와 바람직한 개발방법 등을 참고할 수 있게 됐을 뿐만 아니라 각종 프로젝트의 발주자 입장에서는 컴포넌트SW 발주 및 검수시 이를 평가기준으로 활용할 수 있게 될 전망이다. 포럼은 이 안을 6월 중 KCSC 회원들에게 공개하고 최종 의견을 수렴한 뒤 늦어도 7월 중에 운영위원회에서 이를 최종 확정, 발표할 계획이다. 이번 표준안은 지난해 KCSC가 정부부의 SW컴포넌트 공모사업 추진과정에서 실시한 연구결과와 올해 상반기에 개최한 5차례 표준안 개발 회의 등을 거쳐 1년 여 만에 완성한 것이다.