

## SDR 시나리오 및 요구조건

한양대학교 박사과정 강 환 민, 한양대학교 정보통신대학 교수 조 성 호

차 례

- I. 서 론
- II. 사용자 요구조건
- III. 운영자 및 서비스 제공자 요구조건
- IV. 결 론

### I. 서 론

1980년대 애널로그 방식으로 시작된 이동통신 서비스는 가입자 수의 폭발적인 증가추세에 힘입어, 2세대 이동전화인 CDMA와 GSM 등의 디지털 방식으로 발전하였다. 디지털 이동통신 서비스는 애널로그 방식에 비해 상대적으로 높은 가입자 수용능력, 저렴한 단말기, 높은 서비스 품질, 낮은 통화료, 저속 데이터 통신 기능 등의 특징을 보여 왔다. 하지만 2세대 이동통신은 대륙별, 나라별로 서로 다른 표준을 정하여 사용하고 있기 때문에, 국제적인 상호접속(roaming)이 어렵고 멀티미디어 서비스와 같은 고속 데이터 통신 서비스를 제공할 수 없었다.

이러한 디지털 이동전화 단말기의 한계를 극복하고자, 지난 수년간 미국, 유럽, 일본, 한국을 중심으로 동기식 cdma2000와 비동기식 WCDMA와 같은 3세대 이동통신 서비스 개발에 박차를 가해 왔고 현재 그 상용화를 눈앞에 두고 있다. 비록 범세계적 단일 표준화에는 실패하였지만, 이 같은 국제적인 표준화를 통하여 서비스방식의 차이에 따른 상호접속 문제는 어느 정도 해결될 것이고, 언제 어디서나 고

속 데이터 통신 서비스가 제공될 것이며, 여러 가지 방식의 셀(cell)에서도 동작하도록 설계될 것이다.

그러나 최근 들어, 2세대 및 3세대 이동통신 서비스는 물론, 무선 LAN, Bluetooth, Home Network, Ad-hoc Network, 디지털 방송 등 다양한 방식의 무선 및 이동통신 서비스가 사용자에게 많은 편리성을 제공하고는 있지만, 또 다른 측면에서 이종 표준 및 이종 프로토콜이 혼재함에 따른 사용자의 혼란도 큰 문제시 되고 있다. 더욱이 음성은 물론 데이터, 텍스트, 이미지, 오디오, 비디오 등 매우 다양한 서비스가 사용자 개인의 선택에 의해 제공될 수 있는 환경이 요구되고 있다.

이미 4세대 이동통신 서비스를 위한 연구개발 및 다양한 표준화 작업이 활발히 진행되고 있는 가운데, 몇 가지 주요 이슈를 살펴보면 다음과 같다. 첫째, 서비스의 통합(convergence)을 들 수 있겠다. 여기에는 소위 all-IP 기반 코어(core) 네트워크를 구성하고자 하는 부분과, "Always being connected" 개념을 목표로 어디에서나 서비스 접속(즉, ubiquitous access)이 가능하고 어디에서도 끊김이 없는 접속(즉, seamless access)을 구현

하고자 하는 부분, 그리고 첨단 통신 단말기 간 가까운 범위 내에서의 연결 (short range connectivity)을 실현하는 부분 등을 포함한다. 둘째, 재구성 가능한 (reconfigurable) 네트워크 및 단말기에 대한 요구의 등장이라 하겠다. 이를 통해 상호운용성 (interoperability)은 물론 다양하고 재미있는 응용이 가능해질 것이다. 마지막으로, 사용자 개인에 대한 맞춤형 서비스가 요구되고 있는데, 여기에는 콘텐츠, 가격, 그리고 quality of service (QoS) 등을 포함한다. 다음 <표 1>에 이 같은 내용을 요약하였다. Software Defined Radio (SDR)은 이러한 기술적 측면, 서비스 측면, 산업적 측면에서 현재 가장 주목 받고 있는 대안으로 등장하고 있다.

표 1. 로드맵 비전

	2001	2005	2010
단말기	Single mode	Composite multimode	Fully software definable
네트워크	Circuit switched / Packet switched	Convergent	Self-organizing
법규	Static spectrum allocation	Limited spectrum sharing	Dynamic and flexible spectrum allocation

SDR 시스템은 유연성 (flexibility)을 가져서, 현재 사용되거나 개발중인 다양한 규격에 빠른 적용을 할 수 있어야 하기 때문에 개방형 구조 (open

architecture)로 하드웨어가 설계 되어야 한다. 기존 단말기 설계에서는 정해진 규격에 가장 적합한 애널로그 front-end와 ASIC (Application-Specific Integrated Circuits) 설계가 우선시 되어왔으나, 앞으로는 범용 DSP (Digital Signal Processor)와 디지털 IF (intermediate frequency)라 불리는 디지털 방식의 front-end가 그 역할을 대체할 것이다. 그림 1은 개방형 구조 개념을 바탕으로 하는 SDR 시스템의 기본 개념도를 나타낸 그림이다. 그림에서 알 수 있듯이, SDR 시스템은 현재 기저 대역에 국한되어 있는 디지털 신호처리의 범위를 중간 주파수 대역까지 넓혀 소프트웨어로 처리하자는 개념이다. 최근 들어, analog-to-digital (ADC) 및 digital-to-analog (DAC) 변환기의 성능이 점점 광대역화 되어 가고 있고, RF 부분도 다중모드 및 다중밴드를 지원할 수 있도록 tunable한 RF 회로 설계 기술이 속속 제시되고 있어 SDR의 상용화 전망을 밝게 해 주고 있다.

SDR 시스템은 궁극적으로 다중모드, 다중표준 서비스를 제공할 것이며, 시대적 요구에 맞게 대 국민 서비스의 질적, 양적 향상을 가져 올 것이다. 현재 유럽, 미국, 일본 등 통신 선진국을 포함한 많은 나라에서 2007년을 전후로 SDR 시스템의 상용화를 목표로 이 분야에 대한 연구 및 표준화 작업이 한창 진행 중에 있다. 이에 우리 나라에서도 SDR 시스템 관련 기초이론 및 알고리즘, 그리고 프로토콜 개발을 통해 핵심 원천기술을 확보하고, 더 나아가 세계 표준화 경쟁에 적극 동참하여 국가 경쟁력 향상에 많은 노력

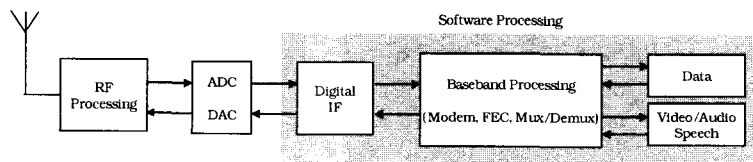


그림 1. SDR 시스템의 기본 구조

을 기울여야 할 것이라고 생각한다.

## II. 사용자 요구조건

SDR 기술은 앞으로 다가올 3세대 및 4세대 무선 및 이동 통신 환경에서 사용자의 요구에 의해서 부상하고 있는 기술이다. 이 기술은 유연성을 가지는 단말기를 가지고, 소프트웨어의 변형으로 다중모드, 다중표준을 지원할 수 있게 재구성 가능성이 가능하기 때문에, 사용자에게도 쉽게 국제적인 로밍을 할 수 있고, 또한 그 지역의 네트워크에서 가지고 있는 단말기에 가장 좋은 환경의 네트워크를 찾아서 접속할 수 있는 등 많은 이득이 있다. 그러나 유연성을 갖는 단말기의 구현을 위해서는 시스템 복잡도 측면에서의 비용을 지불해야 할 것이다.

SDR 단말기를 개발하기 위해서는 기존의 가능한 기술 위에 추가로 지속적인 기술 발전이 있어야만 가능하다. 특히, 제품 개발에 있어서 사용자 요구를 적절히 충족시키는 단말기를 제공하여야 성공할 수 있다 하겠다. 이러한 사용자 요구 사항들을 개발 초기에 파악하고, 설계에 반영하는 것은 단말기 제조업자 뿐만 아니라, 네트워크 운영자, 서비스 제공자 등 모두에게 장점을 가져다 줄 것이다. 본 장에서는 SDR 기술에 대한 사용자 요구 사항을 가상 시나리오에 의해서 살펴본다.

### (1) 사용자 관점에서 본 고려사항

SDR 기술은 시스템, 응용 분야, 비즈니스 모델, 주파수 분배 및 표준화 협회 등 많은 분야에 있어서 무선통신 환경에 영향을 준다. 사용자들은 단말기를 가지고 자신의 요구에 맞는 소프트웨어를 다운로드한다. 다운로드 되는 소프트웨어의 종류로는 아래와 같이 크게 3가지로 분류할 수 있다 [1].

- 최상위 레벨의 응용 프로그램
- Middleware, air interface, bearer service의 교체

- 물리 계층에 영향을 주는 최하위 레벨의 신호처리 알고리즘

위에서 제시한 소프트웨어의 원활한 다운로드를 위해서는 시스템과 서비스 사이에 완벽한 국제적인 seamless interoperability가 원활하게 이뤄져야 할 것이다. 그러므로 SDR 서비스가 제공 되면, 사용자가 누릴 수 있는 장점은 아래와 같이 생각해 볼 수 있다.

- 사용자는 단말기의 교체 없이 국제 로밍 서비스를 받을 수 있다. 본인의 단말기에서 가장 안정적으로 동작할 수 있는 네트워크를 찾아서 사용자가 쉽게 사용할 수 있어야 한다.
- 수많은 다른 통신 표준에 대해서 seamless 및 interoperability를 제공할 수 있어야 한다.
- 서비스와 전송 환경에 따라서, 최적화된 무선 전송을 할 수 있어야 한다.
- 사용자의 요청이 있을 때, 무선으로 새로운 소프트웨어를 즉시 다운로드 받을 수 있어야 한다.

SDR 비전은 매우 매력적이지만, 사용자 관점에서 좀 더 세심한 평가가 요구된다. 우선 사용자들의 이동성이 점점 커짐에 따라, 언제 어느 곳에서나 서비스를 받기 원하게 될 것이고, 주변 동료들과 무선으로 연결되기를 원하게 될 것이며, 인터넷, 개인용 컴퓨터, PDA (personal digital assistant)와 같은 개인 휴대장치와의 연동을 필요로 하게 될 것이다. 더욱이 사용하기에 편리해야 하며, 단말기 및 서비스의 가격이 너무 비싸지 않아야 할 것이다.

재구성 가능한 단말기를 개발하는 제조업자들은 이러한 사용자 요구조건들을 받아들여 시장 환경에 대한 조사를 바탕으로 제품에 적용할 수 있어야 한다. 다음은 사용자 요구 조건을 파악하기 위한 방법과 사용자 시나리오에 대한 설명을 하겠다.

### (2) 사용자 요구조건 파악

아직 존재하지 않는 SDR에 대한 사용자 요구조건

을 파악하기 위해서는 비즈니스 측면과 시장성에 적합한 응용 프로그램 측면에서 서로 다른 접근 방법이 필요하다. SDR 시스템은 하나의 잘 정의된 사용자 그룹만을 위한 소프트웨어 개발이 아닌, 매우 다양한 계층과 연령의 사용자에게 대한 개발을 목적으로 해야 한다.

미래 통신 수단에 대한 사용자의 요구 조건을 파악하는 것은 치밀한 실질적인 접근 방법을 필요로 한다. 그림 2는 사용자 요구를 파악하는 방법 한가지를 예로서 도식화 한 것이다. 그림 2에서 1단계는 처음의 세가지인, 사용자 그룹의 정의, 기술적 범위 결정, 선두 사용자 그룹을 나타낸 것이고, 2단계는 사용자 시나리오의 개발 등을 나타낸 것이다. 먼저 직업에 따른 사용자 정의를 하고, 이들이 필요로 하는 기능에 대한 기술 범위를 설정한 후, 앙케이트 혹은 인터뷰를 통해 선두 사용자에게 대한 요구조건들을 파악한다. 그리고, SDR 시스템을 사용하는 핵심 사용자에게 대한 보강된 시나리오를 통해 운영자 입장, 시스템 입장, 사용자 입장 등에 대한 요구사항을 추출한다. 사용자 인터페이스 관련해서 요구되는 것은 사용자의 활동 영역에 관계된 것, 시스템에 관계된 것, 그리고 인터페이스에 관련된 것으로 구분할 수 있다.

위에서 제시한 방법에 의해서 사용자들에 대한 기본적인 요구사항들을 간단히 나열하면 다음과 같다.

- 어떻게 하면 사용자들이 다양한 레벨의 단말기 재구성을 할 수 있도록 할 것인가?
- 어떻게 하면 사용자들이 네트워크를 통한 QoS (Quality of Service)를 조절하도록 할 것인가?
- 어느 정도 레벨의 인증이 이루어 질 것인가?
- 어느 정도 레벨의 보안이 될 것인가?
- 모드를 바꾸는데 어느 정도의 시간이 소모될 것인가?
- 서비스 품질과 가격과의 관계는 어떻게 결정할 것인가?
- 단말기의 크기는 어느 정도가 될 것인가?
- 얼마나 자주 소프트웨어를 다운로드할 것인가?
- 멀티모드 상황에서 멀티미디어 품질을 요구하는 사용자가 해야 할 조작용어는 어떤 것들이 있는가?

이러한 질문들은 사용자 요구분석에 있어서 방향을 설정하는데 도움을 줄 수 있을 것이다. 사용자들이 필요한 요구사항들을 더 많이 밝혀내기 위해서 시제품 사용자들이 SDR 시스템을 사용하여 자신들의 일을 한다고 가정했을 때, SDR 시스템을 개발하는데 더 많은 이슈들을 찾아낼 수 있을 것이다.

### (3) 사용자 시나리오

SDR 시스템에 대한 시나리오 작성은 매우 중요한

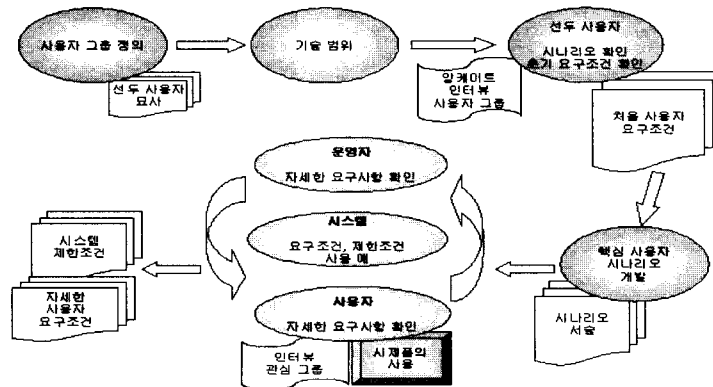


그림 2. 사용자 요구사항 도출 예

일이다. 설문지, 인터뷰 등을 통하여 사용자에게 대한 특성을 파악하고, 그에 대한 시나리오를 작성한다. 시제품 사용자를 통해서 인터넷, 소프트웨어 다운로드, 로밍 서비스, 단말기 상태 등을 기초로 SDR 시스템에서 제공되어야 할 시나리오를 유추할 수 있을 것이다.

먼저 상위 단계의 시나리오부터 분석하고, 하위 단계로의 분석을 계속 설명하겠다. 여기서 살펴볼 요소들은 사용자의 이동성, 다운로드 방식, 통신 행위, 환경, 기술적인 측면 등에 대한 것이 있겠다. 예를 들어, 어떤 사람의 직업이 여행사 영업과장이라고 가정하자. 이 사람에 대한 간단한 사항들은 표 2에 나타내었다. 또한 이 사람에 대한 사용자 시나리오와 사용 예를 표 3에 나타내었다.

표 2. 사용자 예

구분	내용
직업	영업 과장
일 관련 정보	Email, 접속, 스케줄, 주식, 호텔, 비행기, 은행, 날씨 정보 등.
일 관련 응용프로그램	소프트웨어 update, 바이러스 update, 유틸리티, 비디오/오디오 플레이어 등.
개인 관련 요구사항	스포츠, 영화, 상점, 교육, 부동산, 자동차, 주식, 은행, 그림 정보 등.
개인 응용프로그램	비디오/오디오 플레이어, 위치추적 장치 등.
사용 장소	사무실, 집, 자동차, 공공장소, 공항 등.

다음은 참고문헌 [2]에 기초하여 세 단계로 나뉘어서 사용자에게 대한 요구사항들을 정리한 것이다.

□ 상위 단계 요구조건: 사용자 필요항목

- 이동성 효율적으로 사용할 수 있어야 한다.
- 단말기 상태를 확인할 수 있어야 한다.
- PC나 PDA 같이 개인적 용무에 맞도록 구성할 수 있어야 한다.
- 내가 원하는 것을 단말기를 통해 얻을 수 있어야 한다.
- SDR이 인터넷보다 더 많은 것을 제공할 수 있어야 한다.
- 전화기로서 사용할 수 있어야 한다.
- 네트워크 종류에 관계없이 서비스를 선택할 수 있어야 한다.
- 여행시 통신할 수 있어야 한다.
- 어떤 경우에서건 작동해야 한다.
- 항상 네트워크에 접속 가능해야 한다.
- 그룹통화가 가능해야 한다.
- 어떤 형태이든 인터넷 이동디바이스로 사용할 수 있어야 한다.
- 자료는 유지되면서 단말기 구성은 바꿀 수 있어야 한다.
- 사용자의 선택에 따라서 이용하는 네트워크를 선정할 수 있어야 한다.

표 3. SDR 사용자 시나리오와 사용 예

시나리오 종류	사용 예
어디에 있던지 고객에게 제품정보 (팸플렛, 소책자, 동영상파일)를 제공하고 싶다.	1. 이동하면서 회사에 있는 저장 장치에 접속해서 제품 정보를 가져오는 경우. 2. 고객의 사이트에 접속하는 경우. 3. 사무실의 데스크에서 다운로드 되는 도중에 고객과의 미팅 때문에 사무실을 나오게 될 상황에서 이동 중에도 다운로드가 지속적으로 이어져야 할 경우.
집, 자동차, 해외 등 어디에 있던지 고객과 항상 연결할 수 있어야 한다.	1. 고객의 중요한 전화를 기다리고 있는 중인데, 운전을 하다가 다른 서비스 지역으로 옮겨갈 경우. 2. 외국 공항에 도착해서 바로 그 지역의 고객과 통화를 할 경우.
이동하면서 네트워크에 접속하여 스케줄을 확인한다.	1. 외국에 있으면서 본사의 서버에 접속해서 스케줄을 확인하는 경우. 2. 새로운 업무가 주어져서 다운로드 해야 할 경우.
인터넷으로 지속적인 정보를 받아 보아야 한다.	1. 기차로 고객과 만나러 가면서 인터넷을 통해 화상 업무 전달을 받을 경우. 2. 걸어 다니면서 영상 정보를 받아 볼 경우.
가족들간에 연락하는 경우	1. 외진 시골길에서 자동차가 고장 났을 경우, 가족들과 연락할 경우. 2. 명절 때, 멀리 있는 가족 또는 친척들에게 동영상을 보낼 경우.

- 디바이스는 안정적으로 다중기능을 지원할 수 있어야 한다.
- 스펀 방지기능이 있어야 한다.
- 장난전화 방지 기능이 있어야 한다.
- 중간 단계 요구조건: 시스템 필요항목
  - 다운로드
    - 보안을 유지하며 다운로드 되어야 한다.
    - 바이러스로부터 보호되어야 한다.
    - 사용자의 동의 없이 어떤 프로그램도 자동적으로 다운로드 되어선 안 된다.
    - 다운로드 시에 어떤 정보를 선택할 것인지, 어떤 어플리케이션을 선택할 것인지에 대해 사용자가 결정할 수 있어야 한다.
    - 다운로드 중에 단말기는 정상적으로 작동해야 한다.
    - 다운로드 정보를 보기 위해 요구되는 특수한 소프트웨어가 있다면, 자동적으로 다운로드 되어야 한다.
    - 사용자가 프로그램 버그를 발견했을 경우 신고를 통해 고칠 수 있어야 한다.
    - PC상에서 작업하던 데이터를 다운받을 수 있어야 한다.
    - 새로운 소프트웨어는 프로그램 사이 혹은 버전 별로 호환되어야 한다.
    - 소프트웨어 인스톨 시간이 짧아야 한다.
    - PDA와 같이 다운로드가 쉬워야 한다.
    - 차, 선박, 비행기 등을 이용한 장기간 여행 중에도 소프트웨어를 다운로드 할 수 있어야 한다.
    - 동료간에 소프트웨어를 상호 교환할 수 있어야 한다.
    - Air interface
      - 전화를 할 때, 네트워크 상황과 관계없이 통화 품질을 만족시켜야 한다.
      - 어디에서든지 전화를 걸기 위한 확보된 시그널이 존재해야 한다.
      - 국내외 로밍 서비스가 되어야 한다.
  - 국제번호 없이 로밍 서비스가 지원되어야 한다.
  - 네트워크의 상태에 따라서 요금제를 달리해야 한다.
  - 네트워크를 선택할 수 있는 네트워크 상태 측정 기능이 있어야 한다.
  - 단말기는 사용자의 데이터 량, 비용, 신호의 세기 등 다양한 파라미터들을 고려해서 자동으로 네트워크간에 로밍 서비스를 받을 수 있어야 한다.
  - 네트워크 간, 로밍 시에 끊김이 있어서는 안 된다.
  - 배터리
    - 배터리 수명이 정확하게 측정되어야 한다.
    - 영상을 위해서 배터리가 효율적으로 사용되어야 한다.
    - 사용자 인터페이스, 서비스, 응용 프로그램 다운로드
      - 사용자가 어디에 있던지 사용자에게 친숙한 user interface (UI)를 제공하여야 한다.
      - UI는 사용하기 쉬워야 하며 선택기능이 편하고 빠르도록 디자인되어야 한다.
      - 서비스를 사용하는 비용이 얼마인지를 알려주어야 한다.
      - 스펀 차단기능이 있어야 한다.
      - 국제 공통규격의 short messaging service (SMS) 기능이 있어야 한다.
      - e-mail이나 fax를 지원해야 한다.
      - 업무용 전화의 품질은 항상 보장되어야 한다.
      - 사용자가 원하는 서비스를 즉시 찾을 수 있어야 한다.
      - 게임을 즐길 수 있어야 한다.
      - 평가 소프트웨어는 무료 이용 가능해야 한다.
      - 빠르게 문자메시지를 어디서나 보낼 수 있어야 한다.
      - 언제나 세금 결제 같은 편의를 제공해야 한다.
      - 멀티미디어

- 실시간으로 비디오를 볼 수 있어야 한다.
- 보다 좋은 품질의 영상을 고를 수 있어야 한다.
- 업무상 통화 시 상대방의 표정을 읽을 수 있어야 한다.
- 비디오와 편지를 다운받을 수 있어야 한다.
- 음성과 화상을 가지고 e-mail을 보낼 수 있어야 한다.

□ 하위 단계 요구조건: 디바이스에서 특별히 필요로 하는 항목

■ 다운로드

- 변경이 가능한 동작 기능을 가지고 있어야 한다.
- 다른 응용분야를 위한 아이콘이 존재해야 한다.
- 다운로드 되는 응용프로그램은 웹에 있는 애플릿과 같아야 한다.

■ Air interface

- 네트워크를 바꾸기 전에, 알려주는 기능이 있어야 한다.
- 네트워크의 허용 범위를 사용자에게 알려주어야 한다.

■ 배터리

- 배터리의 수명이 얼마나 되는지 알려주어야 한다.
- 전화를 하거나 다운로드 할 때, 배터리의 수명 시간을 알려주어야 한다.

■ 사용자 인터페이스와 서비스

- 단말기 디스플레이는 해상도가 좋아야 한다.
- 번역 기능이 있어야 한다.
- 여행할 때 장소에 대한 정보를 얻을 수 있어야 한다.
- 다른 벨 소리를 제공해야 한다.
- 여행할 때 교통수단에 대한 정보를 제공해야 한다.
- 단말기의 외관을 바꿀 수 있어야 한다.
- PDA기능과 전화기능을 모두 지원해야 한다.

■ 멀티미디어

- 비디오의 변화에 따른 파라미터들을 실시간으로

볼 수 있어야 한다.

- 비디오의 품질을 관찰할 수 있어야 한다.
- 디지털 카메라를 붙일 수 있어야 한다.

### III. 운영자 및 서비스 제공자 요구조건

오늘날과 같이 무선통신 환경이 빠르게 변화하는 시점에서 통신 시장도 다른 어느 시장보다 빠르게 변화하고 있다. 또한 통신 장비 및 단말기들에 대한 life cycle도 짧아지고, 통신 회사들간의 경쟁도 더욱 심화되고 있는 실정이다. 새로운 기술들이 개발되어 상용화 되기 위해서는 기존의 통신망과 어떻게 연동을 할 수 있을지에 대한 방안이 제시되어야 하며, 따라서 서비스 운영자의 역할이 매우 중요하다.

SDR Forum에서는 소프트웨어 라디오 기술을 "소프트웨어에 의해 유연성 (flexibility)을 가지고, 다중 서비스 (multiservice) 및 다중 밴드 (multiband)를 지원하고, 재프로그램 (reprogrammable)이 가능한 radio 시스템"으로 규정하고 있다. 사실, SDR은 하나의 단말기로 전세계 어디에서든, 임의의 통신 네트워크를 임의의 시간에 접속할 수 있는 기능을 가져야 한다. 이러한 사실 때문에 운영자는 사용자들에게 그들의 홈 네트워크 안에서나 밖에서나 서비스를 제공할 수 있어야 한다. 또한 SDR 시스템의 flexibility와 reconfigurability 특성 때문에 운영자는 새롭게 추가되는 서비스를 항상 설계, 제공해야 한다. 이러한 서비스들은 사용자 관점에서 볼 때 일종의 주문형 서비스 형태가 될 것으로 여겨진다.

본 장에서는 무선 네트워크 운영자와 서비스 제공자 관점에서, SDR 시스템의 많은 잠재성을 살펴본다. SDR 기술의 척도를 가늠하기 위해서 기존의 무선 시장에 대한 동향을 요약하였으며, 특히 reconfigurable 네트워크가 지원되기 위한 요구조건과 소프트웨어 다운로드와 연관된 사용 예를 설명한다.

### (1) 시장 수요 분석

SDR의 성공은 전적으로 서비스 제공자, 운영자, 제조업자, 사용자들에 대한 상호 경제적인 효용성에 달려있다. 이 절에서는 SDR의 경제적인 생존 가능성을 설명하기 위해 현재의 무선 시장에 대한 간단한 상황 분석과 이것을 통한 미래 시장에 대한 예측을 설명 한다.

무선통신 시장은 현재 전세계 시장에서 거대한 발전을 해 오고 있다. 가입자 수만 해도 전세계적으로 7억2천5백만명 이상이고, 2000년 한해만 해도 54.2%의 성장을 가져 왔다. 특히, 유럽은 1999년 말에 1억5천3백만 가입자에서 2000년 말에 2억4천1백만 가입자의 성장을 보였다. 이 추세로 보면, 유럽에서 2005년에 4억명 이상의 가입자로 늘어날 것으로 Ovum 보고서에서는 예상하고 있다 [3].

무선통신 시장뿐만 아니라, 인터넷 시장도 전세계적으로 매우 빠르게 발전하고 있다. 전세계 인터넷 사용자의 수는 2003년쯤이면 6억명 이상이 된다고 한다. 그 중에서도 우리나라를 포함한 아시아 태평양 지역의 초고속 인터넷 사용자 수는 1999년의 1천9백7십만명에서 2003년에는 7천5백6십만명으로 늘어날 것으로 예상하고 있다.

위에서 설명한 것과 같이 무선통신 시장과 인터넷 시장은 정보통신 분야에서 가장 중요한 요소들이다. SDR 서비스를 하기 위해서는 무선통신과 인터넷이 결합된 형태의 새로운 paradigm으로 진화될 것이다. 그래서 기존의 음성 위주의 서비스 기반 위에 인터넷을 기초로 한 무선 데이터 통신 시장이 주류를 이룰 것이다. 이 상황에서 중요한 것은 서로 다른 무선통신 환경에서 도처에 있는 정보들을 어떤 프로토콜에 의해 다운로드하고, 원격지 서버에서 응용 프로그램들을 어떤 방법으로 다운로드 할지에 대한 방안이 제시되어야 한다.

Reconfigurable radio 시스템의 경제적인 생존 가능성을 추론하기 위해 기존에 사용하는 원시적 형

태의 다운로드 프로토콜에 대한 분석을 먼저 살펴보자. 상업적 목적으로 단지 응용 프로그램 단계에서 reconfiguration을 제공하기 위한 최초의 시도는 1999년 2월 일본에서 시도한 *i-mode* 이다. 이 시스템은 시작한지 단 9개월 만에 2백만명 이상의 가입자를 확보하였으며, 2001년 3월에는 2천1백만명 이상의 가입자로 늘어나는 성공을 가져 왔다. 이 *i-mode*는 wireless application protocol (WAP)과 같은 circuit-switched 기술을 사용하기 보다 Japanese packet mobile data network 라는 전용 네트워크를 통해 *i-mode*가 지원되는 단말기를 사용해야 한다. *i-mode* 서비스를 위해서 공식적으로 1000개 이상의 콘텐츠 provider가 있으며, 금융관련 서비스 (은행, 신용카드), 보험 서비스, 티켓 예매, 여행 정보, 뉴스, 교통, 음악, 도서 정보, 오락 등 매우 많은 콘텐츠들이 제공되고 있다. 그 외에 2만개 이상의 비공식 콘텐츠 개발자들이 있다.

eTForecasts [4]의 예측에 의하면 2005년에는 약 7억3천만명의 가입자가 무선 단말기를 사용하여 인터넷을 통한 정보 서비스를 사용할 것으로 예상되는데, 이것은 전체 인터넷 사용자의 62%, 전세계 무선 단말기 가입자의 50%가 되는 수치이다. 만약, *i-mode* 같이 단순한 응용계층에서의 다운로드 기술이 시장에서 성공한 경험을 살펴 본다면, 모든 통신 프로토콜 스택 (stack)에 대해서 재구성이 가능한 다운로드 프로토콜의 정의가 경제적으로 큰 이득을 가져 올 수 있다는 것을 쉽게 예측할 수 있을 것이다.

### (2) 운영자와 서비스 제공자의 요구사항

여기서는 먼저 3세대 무선통신 사업 운영자와 서비스 제공자의 요구사항을 먼저 살펴보고 이를 바탕으로 SDR 시스템으로의 진화 가능성을 확대 분석한다.

3세대 무선통신 시스템은 기존의 2세대 통신 시스



템과는 네트워크, 통신 시스템, 가입자에 대한 서비스 등에서 많은 차이가 있을 것이다. 특히, 운영자는 광대역의 멀티미디어 서비스를 가입자에게 제공해야 한다. 이 서비스는 여러 가지 응용 프로그램과 콘텐츠로 구성이 되는데, 응용 프로그램 개발자, 콘텐츠 개발자, 콘텐츠 서비스 제공자에 의해 각각 만들어진다. 그림 3에 3세대 무선통신 사업에 대한 서비스, 네트워크, 가입자에 관한 가치사슬을 도시하였으며, 각각의 내용을 살펴보면 다음과 같다 [5].

- 서비스 (Services): 사용자 요구에 맞는 서비스를 제공하여 수입을 창출한다. 3세대 통신 시스템은 많은 새로운 서비스들이 추가되고, 그것으로 인해 사람들의 생활이 좀 더 윤택해질 것이다.
- Contents: 3세대 서비스가 시작될 즈음에는 콘텐츠의 종류 및 내용이 미비하겠지만, 사용자의 요구와 필요에 의해서 비디오, 오디오, 영화, 음악, 뉴스, 쇼핑, 은행업무, 증권, 위치 서비스 등 많은 멀티미디어 관련 다양한 콘텐츠들이 개발될 것이다.
- Applications: 사용자들은 3세대 네트워크를 통해 응용 프로그램 서버에 쉽게 접속할 수 있고, 다양한 콘텐츠를 즐기기 위해서 주문형 응용 프로그램들을 요구할 것이다.
- Service portals: 3세대 무선통신에서는 다양하고 방대한 서비스 및 콘텐츠들이 제공되리라 기대되므로, 사용자가 쉽게 서비스나 콘텐츠를

찾아 사용할 수 있게 포털 서비스가 활성화되어야 한다.

- Middleware: 일반적으로 미들웨어는 2개 혹은 그 이상의 다른 응용계층을 연결해 주는 소프트웨어로 생각되어 왔지만, 3세대나 SDR 시스템에서는 그림 3과 같이 서비스와 사용자 간의 연결을 위한 모습으로 요구된다.
- 네트워크 (Network): 서로 다른 네트워크들 간에 interoperability를 보장하여, 사용자가 새로운 서비스를 어떤 네트워크를 통해서도 접속할 수 있게 해야 한다.
- Network operators: 네트워크 운영자는 새로운 서비스나 콘텐츠들이 새롭게 추가되는 것을 예상하여 네트워크에 대한 확장성을 고려해야 한다.
- Network equipment: 네트워크 장비 제조업자는 운영자의 요구에 적합한 장비를 만들어서 제공해야 한다.
- 가입자 (User): 가입자는 business 창출에 있어서 가장 중요한 부분으로, 3세대 무선통신 시스템에 대한 서비스와 네트워크의 성공 또는 실패를 결정할 것이다.
- Middleware: 서비스와 사용자 간의 서로 다른 운영체제, 프로그램 언어, 컴포넌트, 실행파일 등을 효율적으로 연동할 수 있어야 한다.
- Terminal equipment: 단말기 제조업자는 서로 다른 네트워크와 서비스를 접속하는 사용

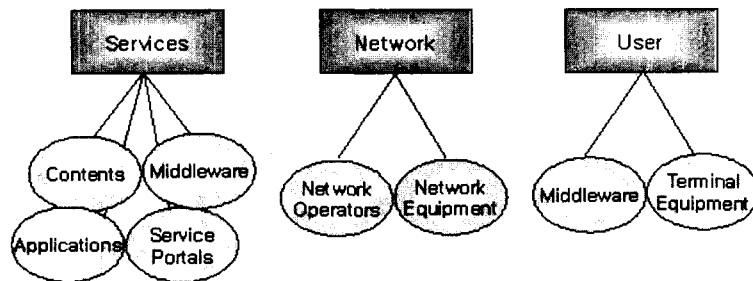


그림 3. 3세대 가치사슬

자의 요구에 적합한 단말기를 만들어서 제공해야 한다.

위에서 언급한 것처럼, 콘텐츠는 그 유용성을 가입자가 선택하는 서비스이기 때문에 가치사슬에서 매우 중요한 역할을 한다. 그림 4에 콘텐츠에 대한 가치사슬을 3단계로 구분하였다. 각각의 단계별 간단한 설명은 아래와 같다.



그림 4. 콘텐츠 가치사슬

- Content creators: 사용자의 요구에 의해 다양한 콘텐츠들을 개발한다. 영화 회사, 음반 회사, 출판 회사 등은 좋은 예이다.
- Content aggregators: 콘텐츠들은 매우 다양한 개발자에 의해 독립적으로 개발되기 때문에 한 곳에 수집되어 데이터베이스화 한다.
- Content providers: 콘텐츠를 최종적으로 가입자에게 제공한다.

때로는 콘텐츠 가치사슬의 3가지 역할을 하나의 회사에서 수행 할 수도 있지만, 다양한 콘텐츠의 개발 욕구를 확산시키기 위해서는 서로가 독립적으로 일을 수행하는 것이 바람직하다.

이제, 앞에서 설명한 3세대 내용을 바탕으로 SDR 시스템에서의 상황을 생각해 보자. 만약 3세대 시스템에 reconfiguration이 적용된다면, 그림 3의 3세대 가치사슬에서 네트워크 부분에 대한 수정이 있어야 할 것이다. 그림 5는 SDR 시스템에 적용될 수 있도록 변형된 네트워크 요소를 나타낸 것이다. SDR 시스템은 하위 단계의 configuration을 바꿔야 하는 경우도 종종 있기 때문에, 프로토콜 스택 부분은 물론 물리계층 알고리즘의 reconfiguration 개발자가 필요하다. 그림 5의 요소들에 대한 간단한

설명은 아래와 같다.

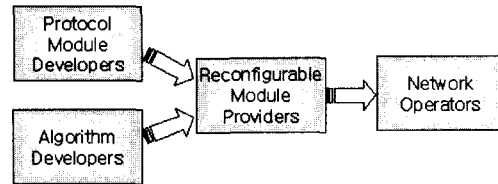


그림 5. Software radio network value chain

- Protocol module developers: 프로토콜 모듈 개발자들은 표준화된 air interface나 IrDA, Bluetooth와 같은 다양한 connectivity 프로토콜을 지원해야 한다.
- Algorithm developers: 알고리즘 개발자들은 물리계층에서 사용하는 변복조, 비디오/오디오 인코더/디코더, 채널 부호화, 암호화 알고리즘 등을 지원해야 한다.
- Reconfigurable module providers: 서로 다른 개발자들에 의해 개발된 소프트웨어 모듈들을 수집, 결합하여 사용자의 단말기에 바로 다운로드 할 수 있도록 운영자에게 제공해야 한다.

그러므로 SDR 시스템에서 운영자와 service provider의 역할이 매우 중요하고, 네트워크의 reconfiguration할 수 있는 방안에 대한 연구 또한 필수적이다. 아래는 운영자와 service provider가 SDR 시스템을 운용하기 위해서 필수적으로 고려해야 할 요소들이다.

- 서비스 정의: Reconfigurable 단말기에서 사용할 수 있는 bearer 서비스에 대한 최소한의 정의가 있어야 한다.
- 기술 검토: 모든 표준을 위해서 pilot carrier를 정의하는 것 같은 기술적인 검토가 필요하다.
- 경제성 검토: 운영자는 현재의 시스템보다

reconfiguration 시스템을 유지하는데 얼마나 더 경제적인지를 알기를 원한다. 예를 들어, 2중 모드 WCDMA-cdma2000 단말기와 reconfigurable 단말기의 경제성 비교가 있어야 할 것이다.

- Access control: 네트워크 운영자는 다운로드의 초기화, 가능, 불가능 등의 결정 등을 해야 하고, 다운로드의 실패 요소들로부터 네트워크를 보호해야 할 필요가 있다.
- 확인 및 인증: 소프트웨어 모듈, 하드웨어 모듈, 다운로드 되는 소프트웨어 등에 대한 사용자 확인 및 인증이 필요하다. 이러한 일들은 네트워크 operator에 의해 이루어 져야 한다.
- Capability exchange: 네트워크는 다운로드가 성공적으로 이루어질 수 있도록 초기화, 송신, 수신 과정은 물론, 저장, 연산, 네트워킹 등을 위한 단말기의 하드웨어 자원 능력을 모니터링 해야 한다. 이런 다운로드 과정들을 결정하기 위해서 네트워크 운영자는 다운로드 처리 과정에 대한 표준을 정해야 할 필요가 있다.
- 안정성: 다운로드 소프트웨어의 안정성을 검증해야 한다. 다운로드 된 소프트웨어는 절대적으로 바이러스, 버그, 에러 등이 없어야 하고, 네트워크나 사용자 단말기에 해를 끼치지 않아야 한다. 다운로드 되는 소프트웨어들은 다양한 개발자들에 의해 만들어지기 때문에 이런 검증은 필수적이며, 사용자 입장에서도 안정성에 대한 신뢰 없이는 reconfigurable 단말기를 사용할 수 없을 것이다.
- 다운로드 실패 대책: 다운로드가 실패하면 스스로 reset되거나 바로 전의 프로토콜로 복원될 수 있어야 한다. 다운로드 프로토콜이 아무리 잘 만들어졌다 하더라도 다운로드 실패 가능성은 늘 가지고 있게 마련이다. 그렇기 때문에 다운로드 서버와 단말기 사이에는 사용자의 조작 없이 다운로드가 실패하더라도 복원이 될

수 있도록 하는 절차가 있어야 한다.

- 과금: SDR 시스템으로 진화하면, 다운로드 방법, 점유시간, traffic 점유율 등을 감안하여 지금보다 훨씬 다양한 요금 산출 방법들이 적용되어야 한다.
- 유지 및 관리: 서비스 제공자는 다운로드 되는 소프트웨어 모듈에 대한 유지 관리에 대한 책임을 져야 한다.
- 범용성: 한번의 다운로드로 전세계 어느 곳에 서나 사용할 수 있어야 한다. 이것은 소프트웨어 제공자의 역할이고, 하드웨어와 다운로드 되는 소프트웨어 사이의 인터페이스 정의가 필요하다.
- 국제 표준화: 표준화된 다운로드 소프트웨어 코드를 위해서 국제적인 규약 단체가 필요하다.

지금까지 위에서 언급한 것들은 미래의 SDR 시스템이 실현되기 위해서는 필수적으로 갖추어야 할 최소한의 요구조건들이다. 그러나 SDR 시스템의 복잡도를 생각할 때, 더 많은 시나리오들과 요구조건들이 개발되어야 하겠다.

### (3) Interoperability관련 다운로드 시나리오 예

본 단락에서는 해외 출장을 많이 하는 사업가가 서로 다른 무선통신 시스템을 사용하는 경우에 대한 예를 들어보겠다. 이러한 예는 통신 시스템간의 완전한 interoperability가 보장되어야만 가능하다. 아래 표 4는 간단한 시나리오다.

이러한 예는 매우 복잡한 reconfiguration과 소프트웨어 다운로드 과정을 거친다. 그러므로 사용자의 요구와 필요에 의해서 장비개발자, 서비스 제공자, 콘텐츠 개발자 등 다양한 사업 요소들이 창출될 것이며, 따라서 SDR 기술은 향후 통신 시장에 있어서 커다란 마켓을 형성할 수 있는 잠재력을 갖고 있다 하겠다.

표 4. 사용자 다운로드 시나리오

사업가 A씨는 잠자리에서 일어나서 본인의 단말기를 가지고 집안의 각종 전자 기기들은 컨트롤하고, 집안의 보안 시스템을 점검한다. 그리고, 이 단말기를 통해 아침 뉴스 등 그날의 새로운 소식을 서버로부터 다운로드 받고, 회사까지 가는 교통 정보를 다운로드 받는다. 이러한 정보들은 A씨가 가장 선호하는 정보제공업체를 통해 제공받고, 또 자신이 가장 선호하는 mobile portal 사이트에 접속하여 얻은 것이다. 이렇게 다운로드 받은 정보에 대한 요금은 사용자 휴대폰 요금에 포함되어 청구된다. 물론, 서버에서 A씨의 단말기로 다운로드 되기 전에, 사용자 인증을 거친다.

A씨가 회사에 도착했을 때, 바이어들과 미팅을 위한 발표준비 때문에 오후에 있는 해외출장의 비행기 시간을 단말기에서 조정하고, 사용하는 단말기가 회사의 사설 교환기와 저절로 연동됨을 확인한다. 그러므로 회사내의 내선 전화에 대한 요금은 물론 외선 전화를 사용할 때도 A씨가 요금을 부담 할 필요가 없게 된다. 회사 내에서는 자체 네트워크를 통해 모든 사원의 단말기에 매일 새로운 정보를 자동적으로 다운로드 하며, 소프트웨어 update 및 bug fix가 자동적으로 이루어져서 편리하다. 이러한 소프트웨어 모듈은 다운로드 되기 전에 지속적인 바이러스 검사 및 해킹 방지 과정을 통해 미리 검증된 것들이다.

A씨가 회사에서 일을 끝내고 퇴근하면, 회사 내에서 무선전화처럼 사용하던 단말기는 다시 그 지역에 알맞은 무선통신 기기로 변경된다. 이 프로토콜의 변경이 있기 위해서 단말기가 어떤 서비스 지역으로 옮겨 갔는지를 알 수 있어야 한다. 그 후, A씨는 공항에 도착해서, 비행기 내에서만 사용이 허가된 무선 시스템과 접속할 수 있게 된다. 이 시스템은 비행기의 여러 통신 장비에는 영향을 주지 않는 것으로 탑승객에게 제공되는 무료 서비스이다. 또한, 요금을 지불하는 유료 서비스도 사용 가능하다. 승객의 요청에 의해 새로운 유료 서비스를 제공할 때에는, 서비스를 사용한 사람의 신용카드로 안전한 무선 전자결제 (secure mobile e-commerce) 시스템에 의해 바로 결제할 수 있다. 이것은 서로 다른 네트워크 운영자의 로밍규약에 의해서 가능할 것이다.

비행기가 해외 목적지에 도착해서 A씨는 공항의 입국수속 로비에 들어선다. 그 순간, 단말기는 현지 네트워크 운영이 다른 사업자에 의해 이루어지는 것을 감지하고, 그 지역의 무선통신 서비스를 제공 받을 준비를 하며, 하나의 무선통신 서비스를 검색하고 승인한다. 여기서, 이렇게 다른 운영자에 의해 제공되는 서비스를 인식하기 위해서는 서비스 제공자들이 공용으로 사용하는 무선 pilot 채널 (broadcast)이 있어야 할 것이다. A씨는 현지 서비스 운영자가 제공하는 통신 방식 가운데 자신의 단말기에 가장 적합한 것을 선택하여 다운로드 받고, 로밍과정이 수행될 것까지 기다린다. 이때, 단말기와 네트워크 사이의 capability exchange 과정은 지속적으로 필요하며, 다운로드 되는 소프트웨어 모듈 역시 네트워크나 단말기에 해가 없도록 미리 검증이 끝나야 한다.

마지막으로, A씨는 해외에 있는 현지 사무실에 도착해서 그 빌딩에서 제공되는 무선통신 시스템에 등록을 한다. 무선통신 시스템은 나라마다 다를 수 있기 때문에, 단말기는 내부의 configuration에 대한 변형이 자유로워야 한다.

#### (4) 비즈니스 모델의 예 (새로운 비디오 코덱 개발)

운영자가 가입자의 요구에 따라 다양하고 새로운 소프트웨어를 지속적으로 다운로드 하기 위해서는 소프트웨어 표준 플랫폼의 개발이 매우 중요하다. 이제 가입자에게 제공될 새로운 비디오 코덱에 대한 비즈니스 모델을 예로 들어 보겠다.

그림 6에서와 같이 알고리즘 개발자는 사용자에게 필요한 새로운 비디오 코덱 소프트웨어 모듈을 개발하여, 운영자에게 제공한다. 운영자는 소프트웨어의 다운로드 과정에서 발생할 수 있는 에러를 최소화하기 위하여 개발된 소프트웨어에 대한 다양한 테스트와 필요한 검증을 한다. 이러한 검증 과정에 대한 결과가 만족스럽다면, 운영자는 알고리즘 개발자에게 개발비를 지불하고, 계약을 체결한다. 그 후, 운영자는

새로운 비디오 코덱의 사용자 요청이 있을 때, 다운로드 해주게 된다.

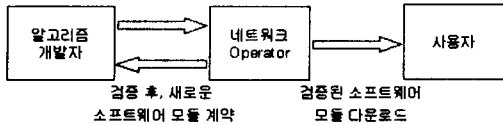


그림 6. 비디오 코덱 다운로드에 대한 business 모델

이때 새로운 비디오 코덱에 대한 알고리즘 개발자와 운영자 사이에 계약된 금액이 2백만 달러라고 가정하자. 이 개발된 소프트웨어를 가지고 운영자는 가입자에게 새로운 소프트웨어를 제공함으로써, 새로운 수익 모델을 갖게 되는데, 가입자에게 부과하는 요금체계를 아래와 같이 두 가지 방법으로 생각해 보자.

- 사용할 때마다 내는 요금제: 이 모델은 새로운 코덱을 가끔 사용하는 사람들을 위한 경우로, 가격은 \$1/use 라고 하자.
- 한달 사용에 대한 정액요금제: 이 모델은 새로운 코덱을 자주 사용하는 사람들을 위한 경우로, 가격은 \$6/month 라고 하자.

또한, 위의 두 가지 가격 모델에 대한 사용자의 선호도를 다음과 같이 예상하자.

- 사용할 때마다 내는 요금제: 사용자의 30%
- 한달 사용에 대한 정액요금제: 사용자의 70% 천만명의 가입자를 보유하고 있는 사업자라고 가정했을 때, 위에서 제시한 두 가지 형태의 새로운 비디오 코덱 사용자에게 대한 년차별 사용자 수를 아래와 같이 추정해 보자.
  - 서비스 제공 1년째: 10% (백만명 사용자)
  - 서비스 제공 2년째: 20% (이백만명 사용자)
  - 서비스 제공 3년째: 30% (삼백만명 사용자)
 첫번째 요금제를 사용하는 사람들은 한달에 3번 정도 사용한다고 가정하자. 이러한 예상에 의해서 전

체 수입을 추정해 보면, 새로운 비디오 코덱 소프트웨어 다운로드 서비스의 제공으로 운영자가 벌어들이는 예상 수입은 다음과 같다.

- 서비스 제공 1년째:  
 $\$1 \times 3\text{회} \times 0.3 \text{ million명} + \$6 \times 0.7 \text{ million명} = \$5.1 \text{ million/month}$
- 서비스 제공 2년째:  
 $\$1 \times 3\text{회} \times 0.6 \text{ million명} + \$6 \times 1.4 \text{ million명} = \$10.2 \text{ million/month}$
- 서비스 제공 3년째:  
 $\$1 \times 3\text{회} \times 0.9 \text{ million명} + \$6 \times 2.1 \text{ million명} = \$15.3 \text{ million/month}$

위에서 제안한 가격에 의하면, 운영자는 소프트웨어 개발 비용으로 \$2 million을 지불했지만, 서비스 첫해에 지출한 비용이상을 벌어들일 수 있다. 이러한 예제는 SDR 시스템의 reconfigurable 소프트웨어에 대한 비즈니스 모델의 한가지 예시에 불과하다. 사용자의 요구에 의해서 더욱 다양한 소프트웨어가 개발될 것이며, 다운로드를 위한 소프트웨어 개발은 그 자체만으로도 커다란 시장 잠재력을 갖게 될 것으로 예상된다.

#### IV. 결 론

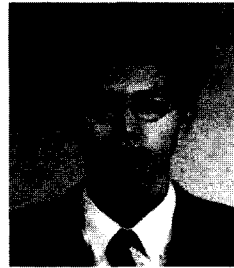
본 고에서는 SDR 시스템에 대한 사용자, 운영자, 서비스 제공자 각각의 입장에서 살펴본 요구조건들을 분석하였다. 또한 사용자에게 대한 가상 시나리오를 통하여 SDR 시스템의 필요성을 제시하였고, 사용자가 요구하는 여러 가지 기술적, 효율적, 경제적 이슈에 대한 고려사항을 분석하였다. 운영자와 서비스 제공자 요구조건을 분석하기 위하여 SDR의 잠재적 시장성을 분석하였으며, 3세대 무선통신 시스템과 SDR 시스템과의 상호 연관성을 살펴보았다. 또한, reconfigurable 네트워크가 지원되기 위한 요구조

건과 소프트웨어 다운로드를 통한 운영자와 서비스 제공자의 역할 및 시장성에 대해 분석하였다.

무선통신 환경이 3세대에서 ubiquitous하고 seamless한 4세대 convergence 네트워크로 진화하면서, 다중모드, 다중밴드에 대한 사용자의 욕구는 점점 늘어날 것이다. 현재 이 같은 진화과정에 가장 적합한 무선통신 시스템으로 SDR 시스템이 크게 주목 받고 있다. SDR 시스템이 상용화되기 위해서는 본 고에서 검토된 내용에 대한 철저한 분석이 선행되어야 하며, 사용자, 운영자, 서비스 제공자, 장비 제조자 등 간에 충분한 상호 사전 검토과정이 요구된다.

#### 참고문헌

- [1] 3GPP, *Technical Specification Group (TSG) terminals: multimode UE issues*, TR21.910 V1.3.2, 1999.
- [2] Williams, D., Ballesteros, E., Martinez, C. and Morata, E., "User assessment: reconfiguration scenarios and requirements," *Public Deliverable D2.1 from the TRUST Project (IST-1999-12070)*, 2000.
- [3] Scott, Nicky and Respini, Ines, *Ovum forecasts: global mobile markets 2001-2005*, January 2001.
- [4] eTForecasts Press Release, *Internet users will surpass 1 billion in 2005. Wireless Internet users reach 62% in 2005*, February 6, 2001.
- [5] Walter Tuttlebee, *Software defined radio: origins, drivers and international perspectives*, Wiley, 2002.



#### 강한민

1997년 2월: 한양대학교 전자공학과 졸업 (공학사)  
1999년 2월: 한양대학교 대학원 전자공학과 졸업 (공학석사) 1999년 3월 ~ 현재: 한양대학교 대학원 전자통신전파공학과 박사과정 재학중

관심분야: Software Defined Radio (SDR) 시스템, 디지털통신, 이동통신 시스템



#### 조성호

1978년 2월: 한양대학교 전자공학과 졸업 (공학사)  
1984년 12월: University of Iowa 전자컴퓨터공학과 졸업 (공학석사)  
1989년 8월: University of Utah 전자컴퓨터공학과

졸업 (공학박사) 1989년 8월~1992년 8월: 한국전자통신연구원 선임연구원 1992년 9월 ~ 현재: 한양대학교 정보통신대학 교수 2002년 8월 ~ 현재: 한양대학교 HY-SDR 연구센터 연구원

관심분야: 디지털시스템 H/W 및 S/W 설계, SDR 시스템 설계, 디지털통신, 이동통신