

재구성 가능한 SDR 이동국 설계 및 구축 방안 연구[☆]

A Survey for the design and development of Reconfigurable SDR Mobile Station

정 상 국* 김 한 경**
Sang-Kook JEONG Han-Kyoung KIM

요 약

재구성(reconfiguration) 기능을 갖춘 SDR (Software Defined Radio) 시스템이 가져야할 소프트웨어 아키텍처와 컴포넌트들 사이에 필요한 프로토콜에 대한 분석을 수행하고 기능 구현을 위한 시스템 설계 내용을 제시한다. 이를 위해 SDR의 기술동향을 분석하고, SDR 시스템을 구축하기 위한 모델을 임베디드 시스템 (Embedded System)에 입각하여 설계하였다. SDR 시스템 아키텍처는 하드웨어, 운영체제, 미들웨어, 서비스 객체, 응용 계층으로 이루어지는 5계층 구조를 제시한다. SDR 시스템은 리눅스 운영체제 기반에서 구축하였으며, SDR의 주요 특징인 확장성 (scalability)과 재구성 기능이 상호보완적이 되도록 하였다. 5계층 구조에서 SDR의 핵심 기능인 소프트웨어 다운로드 (Software Download) 기능을 구현하기 위한 프로토콜 및 객체의 상태천이도를 수용하는 소프트웨어 설계 내용을 제시한다.

Abstract

Software architecture and protocols to be maintained between components for the reconfigurable SDR system is analyzed and suggest system design idea for the implementation of software. To do this, related surveys are reviewed and set up the system model with the structure of embedded system. SDR system architecture is suggested with five layered structure, consisted with hardware, operating system, middle-ware, service objects and application layer. SDR system is designed to be work on the basis of Linux operating system, and aimed to be scalable and reconfigurable. It is introduced the design result of software protocol and state transition diagram for the implementations of software download function which is the most important feature in SDR.

☞ Keyword : SDR, 이동통신, SCA, Software Download, Reconfiguration

1. 서 론

기존 시스템이나 서비스 사용에 한계를 느끼는 사용자와 이러한 욕구 충족으로 더 많은 이익을 얻으려는 서비스 제공자는 지금보다 더 향상된 기술로 더 좋은 서비스 이용 및 제공에 관심을 기울이고 있다[1,2]. 현재 국내 이동통신 가입자는 2002년 말 기준으로 3,234

만 명이며, 2003년 말 기준으로는 3,359만 명으로 증가하였다[3]. 이는 2003년 현재 국내 총 인구의 70.1%에 해당하는 가입자가 있는 것으로 판단되며, 앞으로 이 통계치는 점점 더 발전하여 1인 1단말기 형태로 진전되리라 예상된다. 이러한 서비스 사용자 측면에서의 증가 추세는 서비스 제공자의 입장에서 더 많은 이익을 추가할 수 있는 형태로 발전될 것이며, 여러 사업자의 발생 가능성 또한 적지 않다. 물론 적자생존의 입장에서 서비스 사용자는 더 좋은 서비스를 이용하려 할 것이며, 사업자는 이러한 욕구를 충족시키면서 좀더 저렴한 가격 경쟁력의 형태로 발전될 것으로 전망된다. 또한 세계적으로 기존 망의 통합

* 준 회 원 : 창원대학교 컴퓨터공학과 박사과정 수료
noory@sarim.changwon.ac.kr

** 정 회 원 : 창원대학교 컴퓨터공학과 교수
hkim@sarim.changwon.ac.kr

[2005/05/04 투고 - 2005/09/15 심사 - 2005/11/18 심사완료]

☆ 본 논문은 정보통신부 정보통신연구진흥원에서 지원하고 있는 정보통신 기초연구지원사업 및 창원대학교 연구비에 의하여 연구된 연구결과임.

(Next Generation Network, NGN)에 관한 연구가 계속 이루어지고 있는 가운데 국내에서는 이동통신망과 유선망 통합을 위한 Next Generation convergence Network (NGcN) 포럼의 창립으로 세계적인 추세에 발맞추고 있다. 이러한 통합에 있어서, 이동통신망의 통합은 물리적으로 사용되는 주파수에 의거하게 될 것으로 예상되며, 이를 위해서는 먼저 SDR로 이동통신망에 사용되는 단말기의 단일성이 요구되며, 이로써 이동통신망의 통합을 위한 기반구조를 갖추게 되리라 의심하지 않는다.

본 논문은 이러한 이동통신에서 사용 중인 단말기의 재구성으로 이루어지는 통합에 주되게 관심을 가지는 SDR에 대하여 논의하게 될 것이며, 아직까지 상용화되지 않은 단말기의 구현에 필요한 아키텍처 등 기반기술을 서술하게 될 것이다. 또한 테스트베드 구현을 위한 시작으로, 구현에 적용되는 임베디드 시스템에 대해 논의하게 될 것이다.

2. 관련 연구 및 기술

2.1 Software Defined Radio

로밍, 더 낮은 단말기 가격, 동적 스펙트럼 관리, 버그 수정, 새로운 기능, 제3자에 의한 소프트웨어 창출, 개인화 등의 촉진을 위한 소프트웨어 재구성은 SDR의 소프트웨어 다운로드에 의해 적용된다. 또한, 다운로드된 스펙트럼을 이용하여 재구성되는 소프트웨어의 형태[4,23]로는 프로토콜 소프트웨어 운영과 무관한 사용자 애플리케이션, 잘못 제작된 소프트웨어의 버그 수정과 운영자가 변경하기를 원하는 알고리즘의 변경 등과 같은 프로토콜, 물리계층에서 사용자 인터페이스까지 단말기에 영향을 주는 대용량 소프트웨어의 다운로드를 포함한 새로운 코덱, 완전히 다른 표준

규약의 무선 인터페이스로 단말기를 재설정된 새로운 무선 인터페이스, 그리고 각 무선 인터페이스 연결의 시작점에서 소프트웨어 다운로드에 의해 정의된 모든 무선 인터페이스 파라미터들에 의해 재설정된 단말기의 무선 인터페이스 등이다.

무선 인터페이스를 이용한 소프트웨어 다운로드에는 터미널 재설정을 취득하기 위한 유일한 방법이다. 그래서 블루투스, 적외선(Infrared), 직접 연결(direct connection), 스마트카드 등을 이용한 여러 재설정 방법들은 주의 깊게 고려되어야 한다. 또한, 변경하기 위해 사용될 수 있는 소프트웨어 다운로드 기능의 범위[22]는 매우 다양하다.

2.2 임베디드 시스템

임베디드 시스템[5]이란 미리 정해진 특정한 기능들을 수행하기 위하여 컴퓨터의 하드웨어와 소프트웨어가 결합된 고기능의 전자 제어 시스템을 말한다. 즉, 실생활에서 사용되고 있는 각종 전자기기, 가전제품, 제어장치는 단순히 회로만으로 구성된 것이 아니라 마이크로프로세스가 내장되어 있고, 그 마이크로프로세스를 구동하여 특정한 기능을 수행하도록 프로그램이 입력되어 있는 내장시스템을 가진다는 것이다. 이러한 시스템을 구동하기 위해서는 내부에 운영체제 및 응용 소프트웨어 등이 탑재되어야 한다. 즉 해당 플랫폼을 갖추어야 할 것이다.

상용 운영체제의 채택은 임베디드 시스템을 이용하여 상용 제품 개발에 있어서는 많은 이점을 가져다 줄 수 있지만 연구를 위한 운영체제의 비용 면에서는 적당하지 않다. 이러한 문제를 어느 정도 해결해 줄 수 있는 것이 일반 리눅스 커널을 최적화하여 만든 임베디드 리눅스 시스템 운영체제라 할 수 있다. 이 운영체제는 라이선스가 무료이며, 커널 소스 또

한 공개되며 현재 전 세계의 수많은 개발자들에 의해 지속적으로 업데이트 되고 있다. 주요 장점으로는 오픈 소스, 최적화와 개발 용이성, 안정성, 편리성을 들 수 있다[5]. 그러나 임베디드 리눅스 위에서 실행될 수 있는 애플리케이션이 상당히 부족하여 임베디드 리눅스를 운영체제로 채택하고 이를 확산시키는데 걸림돌이 되고 있는 실정이다. 또한 임베디드 리눅스를 이용하여 장비 개발 시 개발환경에 접근하는데 상당히 어렵다. 커널을 비롯하여 마이크로 프로세스, 네트워크, 각종 도구 등을 다루어야 하는 내용이 방대함으로 단시일 내에 전문적인 개발자 양성에 문제가 있다. 이러한 단점은 상용이 아닌 무료로, 그리고 커널을 손쉽게 조작할 수 있는 등의 커다란 장점이 있어 국내에서는 주로 사용하는 편이다.

3. 기존 연구 및 구현 사례

3.1 ARS (Amateur Radio Service)를 이용한 SDR Transceiver

미국 아마추어 무선 연맹(ARRL)과 GNU.org에서는 GNU Software Radio를 이용하여 소프트웨어로 처리하는 주파수 대역변화를 시도하는 연구를 하였다[6]. SDR의 재구성과 관련하여 사운드 카드와 비디오 카드를 이용하여 주파수 수신율이 떨어지면 자동으로 주파수 대역을 변경하여 언제나 양질의 방송 상태를 유지하도록 구현하였다. 이 시스템은 라디오 주파수 대역뿐만 아니라 HDTV 수신을 할 수 있는 주파수 선택 시뮬레이터이다. 이 시뮬레이터는 각 주파수 대역에 대한 직접 선택이 가능하며, 항상 시변적인 주파수 수신 상태를 분석하여 자동으로 주파수가 변경되도록 구현되어져 있다. 이 시스템은 SDR의 재구성에 초점이 맞추어져 있으며, 무선 통신의 핸드오프와 연관된 글로벌 로밍의 관점과 관련

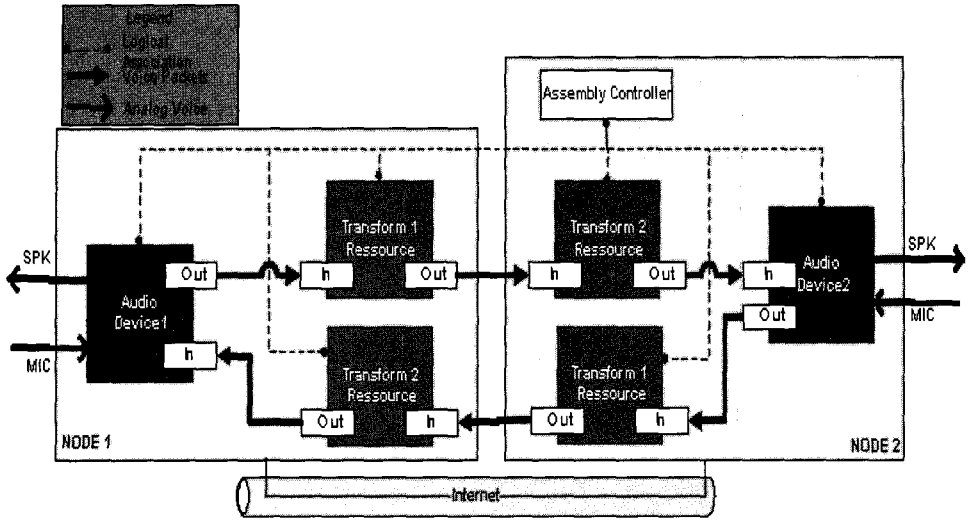
된 시스템이다.

3.2 소프트웨어 기반 이동통신 시스템을 위한 프로토콜과 가상 머신

이 시스템은 소프트웨어 다운로드를 실행하기 위해 Java와 WAP을, 실시간 운영체제로서 Velos를 사용하였다[7]. WAP을 이용하여 SDR 클라이언트/서버 모델을 제시하며, WAP 프로토콜을 이용하여 SDR을 위한 환경을 구축하고 시뮬레이터를 개발하였다. 또한 Personal Java API를 이용하여 계산, 저장, 디스플레이, 네트워크 자원을 요구하는 시스템에 지원하였으며, 실시간 운영체제를 사용하여 서로 다른 이동통신의 표준(WCDMA와 CDMA2000)에 따른 로밍을 시도하였다. WCDMA 서비스 지역에서 CDMA2000 서비스의 지역 이동할 때 신호의 세기의 변화를 감지하여 한 쪽 표준의 서비스 영역에서의 신호 세기가 다른 표준 서비스 영역의 신호 세기보다 상대적으로 커지게 되면 소프트웨어에 의해 파라미터를 전송받아 시스템이 재구성되는 방법을 사용한다.

3.3 CRC의 SDR-Scari(SCA Reference Implementation) Project

캐나다 CRC (Communications Research Centre)와 국방연구 개발국 (Defence Research and Development)과 공동으로 프로젝트를 수행하였고, 부분적으로 SDRF에서 지원한 이 프로젝트의 목적은 JTRS (Joint Tactical Radio System)에 의해 정의된 SCA (Software Communications Architecture)의 참조 모델 (Reference Implementation)을 구현하는 것이다 [8]. CRC는 이 프로젝트를 구현함으로써 SCA 사양에 대한 문서(specification documents)의 모호성 감소, 수행자가 전체 구조를 다시 작



〈그림 1〉 AudioDevice 개발 구성도

성하지 않고 참조 모델을 사용자가 지정 (customize)하는 것을 허용하여 상호운용성을 위한 잠재력 증가, 예제를 통한 구조의 이해 증가, 구현의 유용성을 통한 SDR의 출현 가속, 비용 감소와 SDR과 Waveform Application, GUI, 개발 도구와 같은 관련된 도구를 위한 적기 시장 진출 등을 목적으로 하고 있다. 즉 해당 플랫폼에서 소프트웨어 아키텍처에 대한 참조 모델을 구현하는 것을 주요 목표로 하고 있다<그림 1>.

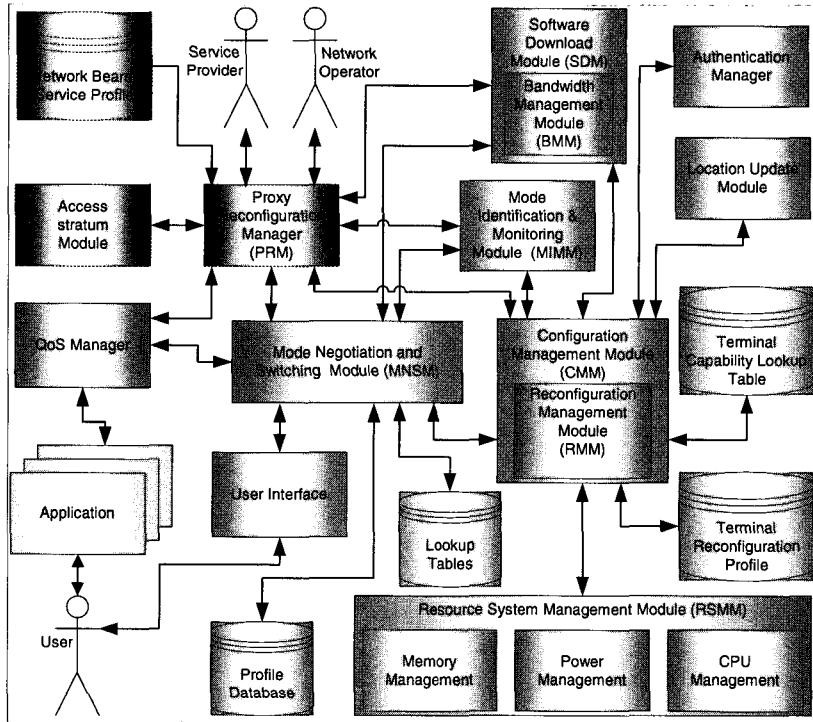
3.4 IST의 TRUST(Transparently Reconfigurable Ubiquitous Terminal)

소프트웨어로 정의되는 재구성 가능한 터미널의 모든 구성 요소들을 포함하는 완벽한 전체 시스템 구조를 정의한 IST(Information Society Technologies)의 TRUST는 “seamless wireless utopia”를 실현시키고자 하였다[9-12].

그림 2는 TRUST System Aspects working group에서 제시한 것으로 SDR 시스템에 대한 상위 레벨의 기능적인 아키텍처를 나타내고 있으며, 주요 모듈들과 각 모듈이 가지고 있

는 기능들, 그리고 모듈 사이의 상호연동 관계를 보여주고 있다.

Mode Negotiation and Switching Module (MNSM) 은 모드 협상을 주도하며, 원하는 모드에서 서비스 사용 여부를 점검하고, 네트워크와 베어러 서비스 제공에 대한 협상 과정에서 시스템의 부하와 링크의 품질을 고려하여 단말기가 원하는 모드에서 요구하는 수준의 성능을 보장받을 수 있는지 확인한다. 확인 후 결과에 따라 나중에 다른 모듈에서 처리한 결과를 같이 고려하여 원하는 모드로 변환할 것인지 여부를 결정한다. 그리고 **Mode Identification and Monitoring Module (MIMM)** 은 현재 사용 중인 모드와 단말기의 자원을 고려하여 전환 가능한 모드들을 검출, 확인 및 감시하는 기능을 갖는다. 검출 과정에서 단말기는 사용자 중심의 주위 지리적인 여건에서 이용 가능한 모드를 검출하기 위하여 서로 다른 주파수 대역을 스캔해야 한다. 그리고 스캔된 목록에서 대체할 모드를 찾아내어 새로운 모드를 인식하는 작업 후, 해당 모드로 전환시 만족할 수 있는 수준의 서비스 제공 가능과 링크의 품질을 보장받을 수 있는



〈그림 2〉 TRUST의 기능적인 아키텍처 모델

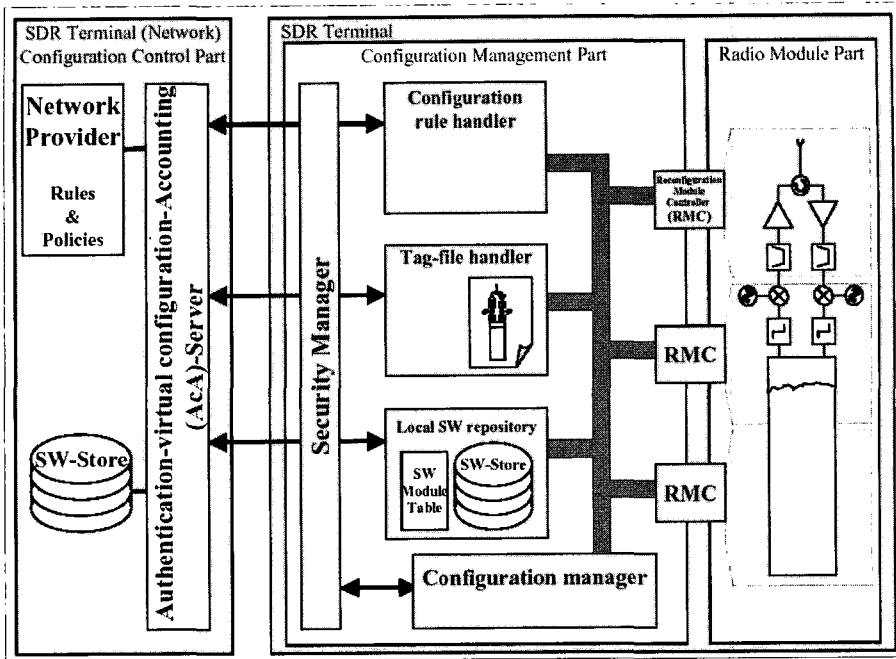
지 여부에 대한 확인 및 감시가 이루어진다.

현재 모드와 장치 사용할 모드에 대한 단말기 형상 통제, 그리고 세부적으로 모드 전환, 소프트웨어 다운로드, 모드 확인 및 모니터링 기능을 담당하는 **Configuration Management Module (CMM)**, 그리고 **Bandwidth Management Module (BMM)** 모듈이 최적의 다운로드 전략을 계산해내어 전해주면 다운로드 작업에 대한 책임을 지고 네트워크에 존재하는 엔티티로부터 소프트웨어를 다운로드 받는 기능을 수행하는 **Software Download Module (SDM)**, **MIMM**, **MNSM**, **CMM**, **SDM**에 필요한 정보 제공, 모드 협상 과정에서 중심적인 역할 수행, 그리고 네트워크 기반의 소프트웨어 다운로드 메커니즘을 이용한다면 소프트웨어 다운로드에서도 중요한 역할을 수행하는 **Proxy Reconfiguration Manager (PRM)**, 이외에도 OS와 통신 관련 기능들로부터 품질

관련 정보를 수집하여 관리하는 **QoS Manager**, 액세스 네트워크의 특성에 따라 필요한 기능을 제공해주는 **Access Stratum Module**, 재구성 절차에서 보안에 관련된 AAA 기능을 책임지는 **Authentication Manager**, 재구성 가능한 단말기가 서로 다른 모드로 운용되는 지역을 이동하는 것을 처리해주는 **Location Update Module**, UI 및 **Profile DB**, **Network Bearer Service Profile Module**들이 있다.

3.5 영국의 Mobile VCE (Virtual Centre of Excellence)

Mobile VCE[13,14]는 이동통신 산업에 대한 협력적 연구를 기반으로 SDR에 대한 접근을 시도하고 있다. 1997년부터 2000년까지 진행된 Core 1 Program은 미래 이동 멀티미디어



〈그림 3〉 MVCE 아키텍처

어 네트워크를 위한 서비스, 트래픽과 사용 모델 구현을 목적으로 네트워크, 서비스와 서비스 품질, 무선 환경, 그리고 터미널 분야로 나누어 연구가 진행되었는데 특히 미래 이동 통신을 위한 서비스, 네트워크, 터미널과 무선 (radio) 환경검사 분야의 연구가 진행되었다. Core 2 Program은 4 세대 모바일 시스템을 타겟으로 시스템 기반 소프트웨어(Software Based Systems), 네트워크와 서비스, 무선 접속(Wireless Access) 분야의 연구가 진행되었다. 지난 9월에 종료된 Core 3 Program은 Core 2 Program의 확장된 버전으로 4세대 모바일 시스템을 위한 네트워크의 상호 동작과 서비스, 개인 분산 환경(Personal Distributed Environment)에 목적을 두고 기존 방송과 이동통신 산업의 기술력 발전에 새로운 고객 서비스를 허용하기 위한 필요한 기술을 다루기 위하여 2002년부터 2005년까지 진행되었다. 현재 2008년까지 Core 4 Program을 시작하고

있다.

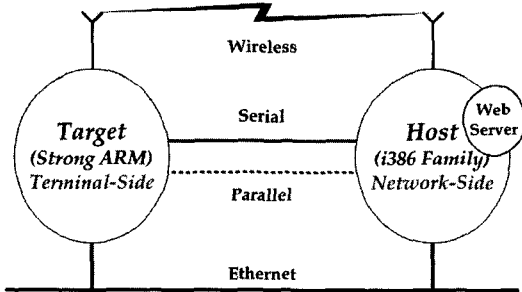
MVCE에서는 재구성 가능한 터미널들과 상호 동작하는 분산된 관리 구조를 기반으로 하는 이동 통신 네트워크인 RMA (Reconfiguration Management Architecture)를 제안하였다. RMA는 터미널과 네트워크 사이의 재구성 과정을 지원하는 것을 목적으로 제시되어 RF, BB(Baseband), 재구성 지원 관리에 초점을 두고 터미널 구조 부분을 정의하기 위해 만들어진 결과물이다<그림 3>.

또한, 프로토콜 스택을 구성하고 또 재구성할 수 있도록 적절한 API가 준비된 아키텍처인 RA (Reconfiguration Architecture)와 재구성 절차를 통제하기 위한 최소한의 신호 메시지를 주고받기 위한 기본적인 기능으로 네트워크 사이의 기본적인 연결 설정과 신호처리를 수행하도록 설계된 URSA (Universal Reconfiguration Signaling Architecture)가 있다.

4. 설계 및 개발 환경

4.1 시스템 환경

그림 4는 재구성을 위한 SDR 이동국 (Mobile Station)의 도식화된 구현 환경[15-16]이다. 본 연구실에서 구현했었던 데모 시스템으로, 재구성보다는 임베디드 시스템에 보다 많은 초점을 기울였다. 이 임베디드 시스템을 이용하여 PDA나 휴대전화 등과 같은 휴대용 단말기 기능을 이용하였는데, 이는 범용의 일반 PC 보다는 특정 용도의 휴대용 단말기와 유사한 임베디드 시스템을 활용하여 구현하는 것이 더 적합하다고 판단되었기 때문이다.



(그림 4) 시스템 환경

SDR 단말기 기능 (Terminal-Side) 은 Strong ARM 프로세서가 내장된 임베디드 시스템으로, 그리고 기지국 기능 (Network-Side) 은 일반 PC를 이용하였다. 또한 다운로드 는 유선과 무선을 이용하였으며, 다운로드 되는 소프트웨어는 해당 디바이스 드라이버 파일과 음악 데이터 파일을 대상으로 하였다. 그리고 해당 환경의 재설정을 위한 다운로드 시도는 임베디드 시스템의 사용자 요구로 시작된다.

데모 시스템의 작동에 있어서 시작한 기본적인 환경구축을 위한 제어 데이터를 이용하였고, 그 후 SDR 기능이 동작된다. 이 때 다운로드 는 유선을 이용하였고, 재구성된 후의

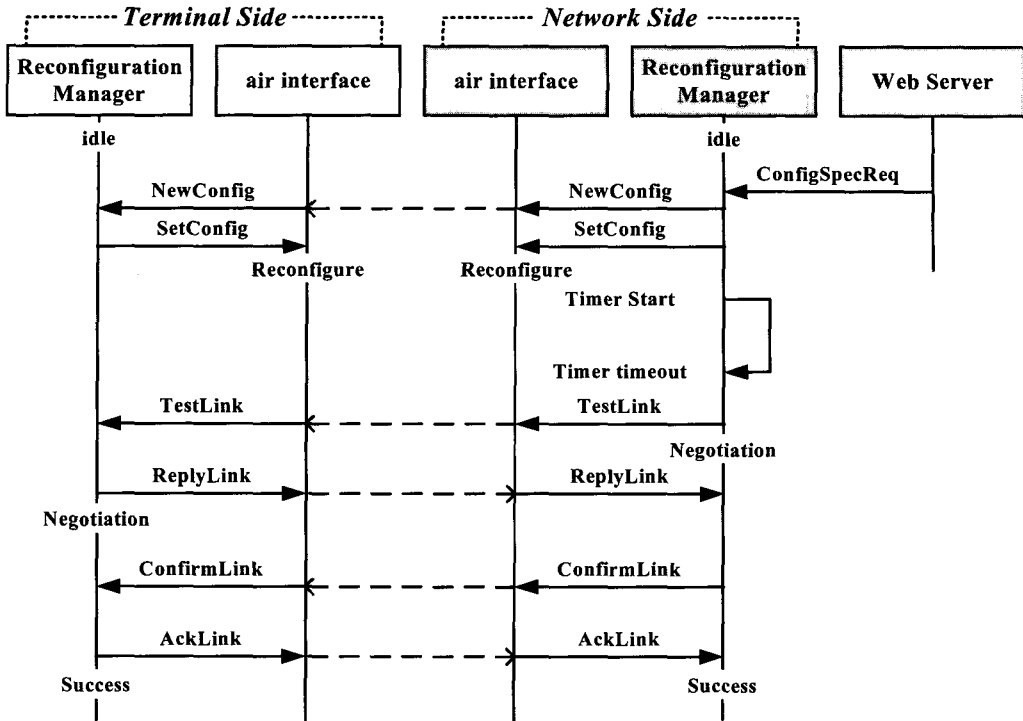
환경에는 무선을 이용해 다운로드를 수행하게 된다. 제대로 다운로드를 받아서 재구성이 수행되는지의 여부를 알기 위해서, 먼저 음악 데이터는 Network-Side에서 스트리밍 방식으로 재생이 되며 중간 부분에서 매체를 교체하여 끊겼던 음악 데이터 파일의 재생을 계속 시도하도록 하였다.

4.2 재구성 절차

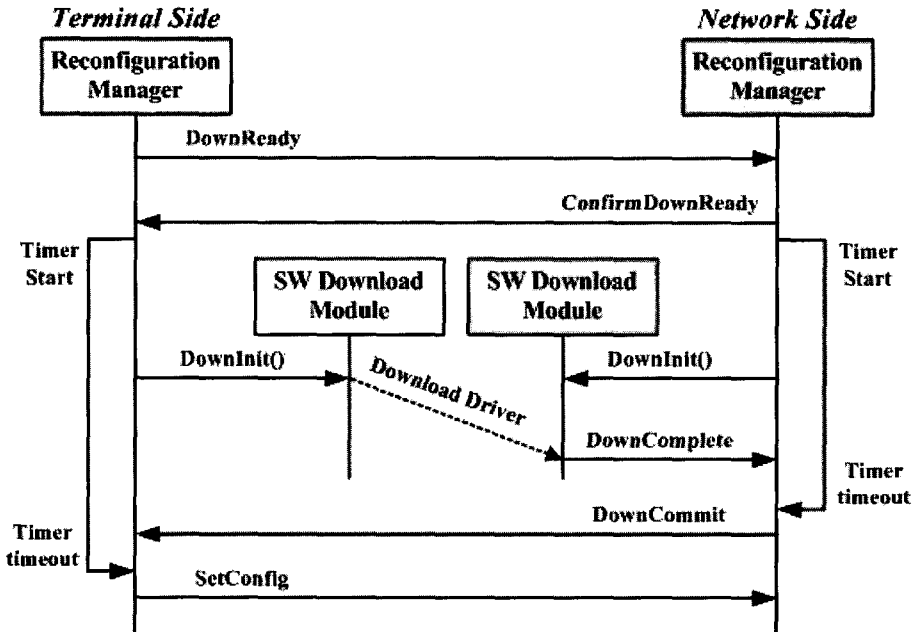
재구성은 Network-Side의 RM (Reconfiguration Manager)에 의해 수행을 하는데 그 절차는 그림 5와 같다[17].

먼저 Terminal-Side의 RM은 해당 인터페이스를 이용하여 Network-Side의 RM을 거쳐 웹 서버로 재구성하려고 하는 환경에 대한 디바이스 드라이버 등의 소프트웨어를 요구하게 된다. 그런 후 웹 서버는 해당 소프트웨어를 먼저 Network-Side의 RM에게 전달하고, 다시 Terminal-Side로 전달하게 된다. 저장 받은 해당 소프트웨어를 이용하여 각 환경을 새로 설정한 후 테스트 과정을 거치게 된다[25].

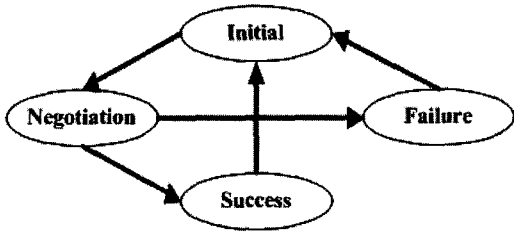
그림 6은 다운로드와 재구성 부분을 세부적으로 묘사한 것이다. Network-Side의 RM과 Terminal-Side의 RM은 소프트웨어 다운로드 프로세스를 활성화 시키고 DownReady 메시지와 ConfirmDownReady 메시지를 송·수신하여 다운로드 준비가 완료된 것을 확인하고, DownInit()으로 소프트웨어 다운로드 모듈을 초기화 시킨 후 RM은 타이머를 세팅하고 디바이스 드라이버를 전송한다. Terminal-Side에서 다운로드가 완료되면 DownloadCommit 메시지를 전송하여 모든 다운로드를 완료하고, 각 RM은 다운로드된 소프트웨어를 통해 형상 재구성을 시작한다. 여기에서 RM이 주된 동작을 수행하게 되는데 RM의 동작상태는 그림 7과 같다.



〈그림 5〉 메시지 순서 다이어그램



〈그림 6〉 다운로드 절차 다이어그램



〈그림 7〉 RM의 상태 전이 다이어그램

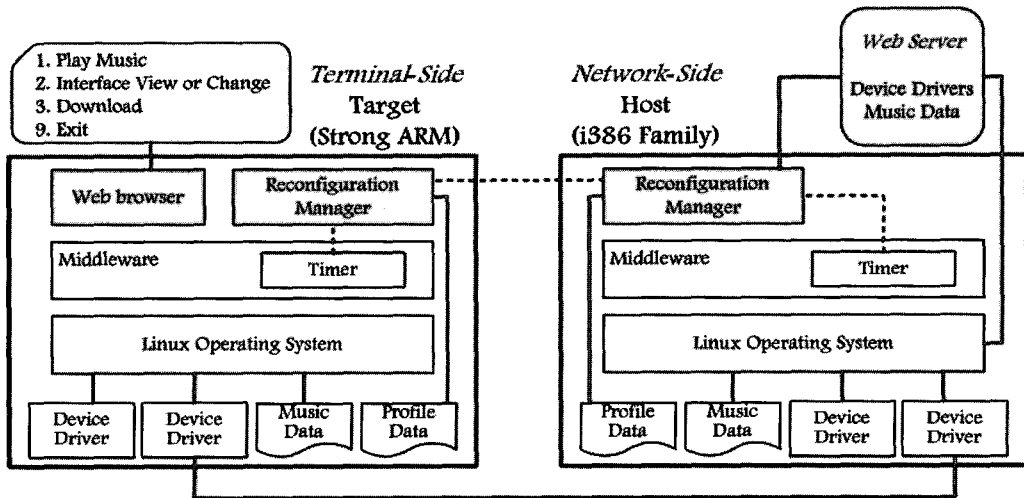
Initial은 초기 상태로서 재구성 기능이 가동되기 전의 상태이다. 즉 해당 소프트웨어를 다운로드 받아서 환경설정까지의 상태라고 할 수 있다. 환경설정이 끝난 후 Network와 Terminal-Side 환경에 대한 테스트 과정을 수행하게 되는데 이것이 바로 Negotiation 상태가 된다. Negotiation 상태에서는 구축된 환경에 대한 테스트를 수행한다. 테스트에는 총 4개의 메시지를 주고받게 되는데 먼저 Network-Side측에서 TestLink를 보내고, Terminal-Side측에서 여기에 대한 응답으로 ReplyLink를 보낸다. 그런데 ReplyLink는 보낸 메시지에 대한 응답의 의미이므로 새롭게 구성된 환경에서의 동작상태를 시험하기 위해서 Terminal-Side측에서 새로운 메시지를 보내게 된다. 이

러한 메시지의 송·수신이 완벽하게 동작하면 새롭게 구성된 환경의 동작이 정상적인 것을 인식하게 되어 새로운 디바이스를 통해서 음악 데이터 파일을 전송하게 될 것이다. 이 과정 이후 RM은 Success 상태로 전환되어 현재 설정된 환경이 초기상태가 될 것이다. 바로 처음 상태인 Initial 상태로 복귀하게 된다. 그렇지만 새로운 환경설정이 이루어지는 Negotiation 상태에서 실패가 일어날 경우 Failure 상태가 되어 이전의 상태로 복귀하게 된다.

4.3 시스템의 아키텍처

데모 시스템의 아키텍처는 SCA[18]에서 제시하는 규칙에 적합하도록 노력하였다. 완전한 아키텍처를 구축하려 하였으나 본 연구실에서 제작한 시스템의 초기 버전으로 먼저 최소한의 구축에 힘썼으며, 제대로 동작되는지를 보기 위하여 최소의 형태로 구축하였다<그림 8>.

Terminal-Side의 **Web Browser**는 Network-Side와 연결을 위한 매개체와 요청하는 소프트웨어의 저장소로서 역할을 수행한다. 각종



〈그림 8〉 시스템 아키텍처

소프트웨어 파일을 다운로드하거나 음악 데이터 파일을 재생하기 위한 요청 등을 수행하게 된다. 또한 사용자에게 의해 재구성을 요청하는 기능도 가지고 있다. **Web Server**는 **Network-Side**에서 구현되며 이는 위 웹 브라우저를 동작시키기 위한 서버로서 수행을 하게 된다. 각종 소프트웨어 파일과 음악 데이터 파일을 저장하여 **Terminal-Side**가 웹 브라우저로 요청을 하게 되면 다운로드해주는 역할 등을 수행하게 된다.

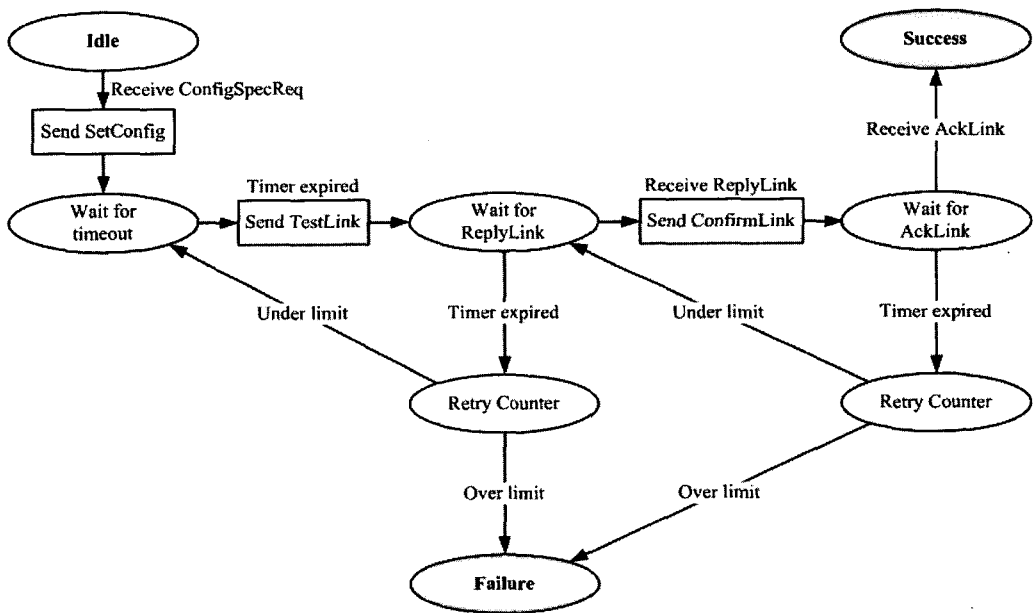
웹 브라우저가 웹 서버로 드라이버 파일을 요청하고 다운로드하게 되면 **RM**에 의해 재구성을 수행하게 된다. 이 때 재구성 동작은 지정된 시간 내에 이루어져야 하는데 이를 위한 인터페이스가 바로 **Timer**이다. 만약 지정된 시간 내에 재구성이 이루어지지 않으면 이전 상태로 복귀하게 된다.

두 시스템에서 적절한 하드웨어를 이용하여 통신을 하기 위해선 여기에 부합되는 디바이스 드라이버가 있어야한다. 현재의 시스템에

는 유선과 무선을 위한 **Device Driver** 파일이 사용되고 있다. 그리고 **Profile Data**는 시스템에서 사용이 가능한 디바이스 전체 목록과 현재 사용 중인 디바이스 목록을 가지고 있다. 시스템내의 사용 가능한 디바이스 목록에서 현재 사용 중인 디바이스를 알아내어 다른 디바이스로 변경하기 위한 프로필 데이터를 저장하고 있다.

4.4 Network, & Terminal Side의 상태천이

두 시스템의 재구성에 대한 상태천이는 그림 9, 10과 같다. 먼저 **Network-Side**의 **RM**은 **Terminal-Side**의 **RM**에 대해 능동적으로 동작한다. 즉 재구성 요구는 **Terminal-Side**의 웹 브라우저를 통하여 웹 서버에게 요청하지만, 일단 요청이 접수되면 웹 서버는 **Network-Side**의 **RM**에게 재구성을 하도록 통보한다. 웹 서버의 지시에 따라 **Network-Side**의 **RM**이 다운로드 기능을 주도적으로 수행하게 된다.



〈그림 9〉 Network-Side의 재구성 상태 천이도

Terminal-Side의 다운로드 기능이 진행되는 지 여부를 판단하기 위하여 Network-Side의 RM은 타이머 3개를 운용한다. 이 타이머들은 Terminal-Side로 메시지를 전송한 다음, 일정한 시간이 경과하여도 응답 메시지가 도착하지 않으면 Terminal-Side에서의 다운로드 기능에 문제가 있다고 판단하고 원래 상태로 복구하기 위한 작업을 수행한다.

아래 그림 10에서 보듯이 Terminal-Side의 RM이 가져야 할 상태는 다운로드가 성공적으로 완료되거나 실패할 경우에 그 마무리를 수행하기 위한 것까지 고려하여 기본적으로 5개로 정의한다. 다운로드가 성공적으로 마무리 되면 Terminal-Side의 상태는 재구성된 형상에서의 초기 상태로 된다. 이는 전원을 인가한 상태인 초기 상태를 말한다. 그러나 이는 SDR 다운로드 프로토콜을 적용할 경우에 보안, 인증, 검증 등의 작업이 수행되어야 하므로 성공 상태는 더욱 세분화되고 확장이 될 것이다.

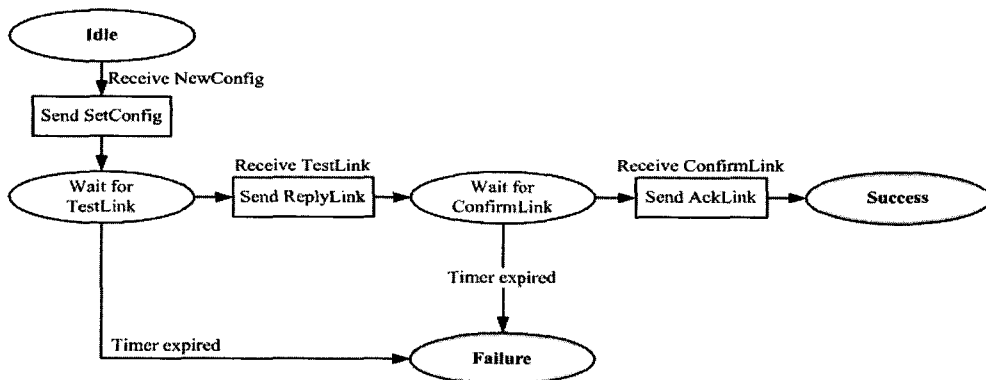
5. 구현 결과 및 향후 계획

전체적인 동작의 흐름은 Terminal-Side의 웹 브라우저에서 해당 항목을 클릭하면 Network-Side에서 해당 항목의 요청을 처리한다. 요청

항목으로는 4가지<그림 8>가 있는데, 먼저 Play Music은 웹 서버로부터 Music Data를 다운로드받아 Terminal-Side에 저장하고 플레이어를 가동시키는 것이다. 그리고 Interface View or Change는 현재 Network-Side와 연결된 매체를 확인하는 것이며, 다른 매체로의 변경이 가능하다. 나머지 Download는 웹 서버에 있는 데이터를 다운로드 받는 것이며, Exit는 웹 브라우저를 종료하는 것이다.

이동통신에서의 핸드오프와 유사한 기능으로, 본 시스템에서 적용한 것은 Music Data를 이동통신의 이동국을 이용하여 통화를 한다는 개념으로 적용하였으며, 매체의 변경을 핸드오프의 개념으로 이용하였다. 그래서 예를 들어, 하나의 매체(유선)를 이용하여 Music Data를 다운로드 받고 있는 도중에 그 매체를 강제로 끊어 다른 매체로 이어받기 기능을 구현한 것이다.

결과적으로 구현하고자 했던 시스템의 주요 목적은 첫째, 재구성 기능[22], 둘째, 임베디드 시스템의 활용, 셋째, SCA를 만족하고자 하였다. 재구성은 SCA의 구축에 목적을 둔 CRC의 Scari 프로젝트와 유사하게 사운드 기능을 이용하였다. 즉 서버에서 사운드 관련 파일을 보내 클라이언트에서 청취하는 기능이다. 그러나 구축했던 시스템은 SCA의 아키텍처를 완벽히



〈그림 10〉 Terminal-Side의 재구성 상태 천이도

갖추지는 못했으며, Scari와도 비교한다면 기능이 너무 미약하다. 이미 구현했던 시스템을 더욱 더 개선해야 될 것으로 판단된다. 이를 위해서 SDR 소프트웨어 컴포넌트와 CORBA[26]를 구축해야 될 것이며, 또한 소프트웨어 설치 기능도 추가해야 될 것으로 판단된다. 임베디드 시스템의 활용에 있어서는 제대로 이루어졌다고 판단되어 진다. 하지만 텍스트 환경에서 웹 브라우저 등을 구축하는데 있어서, 그리고 플랫폼 구축에도 상당한 시간이 걸렸다. 이를 위해 GUI 환경에서의 구축, 즉 윈도우즈 환경에서의 구축도 고려하고 있다.

5.1 SDR 소프트웨어 컴포넌트 구축

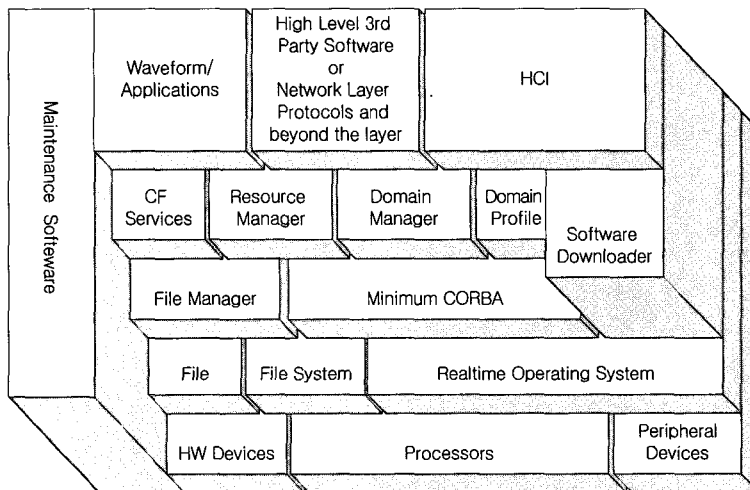
그림 11에서 Waveform[24]이 변경될 경우에 처리를 위한 컴포넌트가 소프트웨어 다운로드와 도메인 관리자, 자원 관리자가 연동이 되어 하드웨어 형상에 맞추어 관련 소프트웨어를 다운로드하고 형상 변경을 한다. 필요한 애플리케이션이 다운로드 되면 그 애플리케이션은 통신 하드웨어와 HCI (Human Computer Interaction)가 함께 연동이 되어 사용자 서비

스를 제공할 수 있다 사용자 서비스는 HCI를 거쳐 애플리케이션으로 전달될 수도 있지만 제3의 서비스 제공자가 제공하는 서비스 프로그램에 의해 이루어질 수도 있다. 제3의 서비스 소프트웨어는 필요에 따라 네트워크와 전달 계층 그리고 세션이나 애플리케이션 계층의 소프트웨어가 될 수 있지만 필요에 따라서는 SDR case class로 제공될 수도 있을 것이다. 이것은 향후 발전 모델을 따라 더 구체적으로 설계 내용을 결정할 필요가 있을 것이다 [10,19].

SDR 단말기가 병행처리 환경을 가질 것에 대비하여 동시성 제어에 대하여 설계가 되어야 하나 반영하지 않았다. 이는 SDR 단말기의 능력이 HCI를 통한 단일 트랜잭션만 처리하는 것을 생각하였는데 만일 다중 병행처리가 SDR 단말기에서 가능해진다면 Waveform/Application과 HCI가 스레드에 의한 수행 체제로 바뀌면 될 것으로 판단된다.

5.2 CORBA

SDR은 기본적으로 소프트웨어로 환경을 재



〈그림 11〉 소프트웨어 컴포넌트 구조도

구성하는 형태를 지니기 때문에 소프트웨어의 통로 역할을 하는 ORB 구축이 핵심이 될 수 있다. 또한 SCA에서도 CORBA 사용을 기본적인 아키텍처로 규정하고 있다. 이런 여러 여건을 감안하여 향후 미들웨어로 CORBA를 이용하여야 될 것이라 판단된다. 구축을 시도하려는 CORBA 제품은 프리웨어인 gibraltar이다. gibraltar[20]는 minimum CORBA로서, 표준 CORBA 운영과 완전히 연동한다. 또한 full CORBA가 요구하는 것 보다 더 적은 리소스들을 사용하여 CORBA 호환 시스템을 창출하는 것을 목적으로 두고 있는데 특별히 임베디드 시스템에 유용한 것으로 알려져 있다. 특징은 스레드(threaded), 재진입 환경에 안전하고, 비우선적인 커널을 사용하는 임베디드 시스템에 적합한 아키텍처를 따른다.

5.3 소프트웨어 설치 기능

소프트웨어 다운로드를 이용하여 재구성을 수행하는 동안 여러 가지 문제점이 나타날 수 있다. 여기에는 소프트웨어 다운로드 동작 중 SDR 이동국의 전원이 꺼지거나 소프트웨어 다운로드 동작이 중단되거나 SDR 이동국이 Cell A에서 다른 이동통신기술을 이용하는 Cell B로 전환이 일어나 재구성 시도를 하다가 다시 Cell A로 돌아온다거나 또는 Cell A로 넘어오다가 다시 Cell B로 넘어가거나 할 경우 등 여러 가지 이유로 소프트웨어 다운로드를 잠시 중단한 상태에서 다시 동작시킨다고 했을 때 해당 파일을 처음부터 다시 다운로드 받는 것보다 이전의 작업을 재실행하는 것, 즉 기존 다운로드받았던 파일을 이어받는 것이 더 효율적인 작업이 될 것이다.

또한, 리눅스의 1:1 통신에서 소켓을 이용할 때 bind() 함수는 blocking 상태가 되어 클라이언트의 connect() 함수를 무한정 기다리게 된다. 이것을 non-blocking 상태로 만들어주면

클라이언트가 재구성 작업이 실패한다거나 다시 이전의 파일을 사용한다고 했을 때 효율적인 메커니즘이 될 수 있을 것이며, 이를 위해서는 이전의 파일을 사용할 수 있는 기능이 추가되어야 할 것이다.

5.4 윈도우즈 CE (Win CE)

Win CE[21]는 임베디드 시스템에 탑재될 수 있는 또 다른 운영체제로서 현재 임베디드 리눅스와 치열한 시장 경쟁을 치르고 있다. 우선 Win CE는 텍스트 기반의 리눅스와는 다른 형태의 운영체제인데, 먼저 그래픽 기반이며, 기본적으로 사용자의 PC에 설치되어 많이 익숙하다는 게 커다란 장점으로 부각될 수 있다. 물론 요즘 리눅스도 그래픽 기반으로 사용이 되곤 하지만 사용자 층이 Win CE 만큼 따르지 못함이 리눅스의 한계가 될 수 있다. 따라서 본 데모시스템에 리눅스가 아닌 Win CE를 구축하여 다른 형태의 모델로의 전환이 가능하리라 예상된다.

5.5 기타

구현에 있어 발생하는 문제점이나 새로운 아이디어의 도출은 상당히 많았다. 추가하거나 변경해야 할 사항인 위의 항목 이외에 도래된 사항은 큰 용량의 파일들을 다운로드해야 하는가에 대한 의문이었다. 또한 본 모델은 듀얼모드로 동작했기 때문에 큰 용량의 파일들도 단순히 다운로드한다는 차원에서 구현되어졌다.

듀얼모드가 아닌 더 복잡한 모드에서는 저장 공간의 한계로 인해 큰 용량의 파일들은 다운로드가 불가능해질 것이다. 여기에 대처 방법은 필요로 할 때 다운로드를 수행하거나 재구성을 위해 필요한 파일일 경우에는 이전 다운로드했던 파일은 그대로 사용하는

것이다. 또한 다운로드 되었던 파일에서 일부 구성요소(파라미터 등)만이 바뀌었을 경우에는 그 구성요소만을 다운로드 받아 설정한다든지 하는 것으로 해결이 가능할 것이다.

6. 결 론

현재의 임베디드 시스템은 대용량 파일을 저장할 공간이 따로 없다. 플래시 메모리를 이용하여 파일을 저장하는데 여기에는 운영체제 및 디바이스 드라이버, 음악 파일 등이 상주하고 있다. 좀 더 많은 여유 공간이 있을 경우에는 여러 가지 디바이스 드라이버들을 저장시켜 재구성을 위하여 드라이버 파일을 다운로드 받지 말고 해당 파라미터만을 다운로드 하여 부하를 줄일 수 있을 것이다. 이렇게 되면 재구성에 관련된 절차가 아주 빨리 수행이 되어 동작과정을 여러 번 수행할 수 있을 것이라 예상된다.

그리고 SCA에서 제시하는 아키텍처를 완벽하게 갖추어지지 않아 제대로 되는 SDR 기능을 수행한다는 보장이 없다. 이러한 문제점을 개선하기 위해서 차후에 임베디드 시스템으로의 적용에 보다 더 많은 노력을 기울여야 할 것이며, 또한, 이를 위해서 “5. 구현 결과 및 향후 계획”의 CORBA와 Win CE를 사용하여 리눅스 기반이 아닌 GUI 기반의 Win CE 데모 시스템을 구축하여 현재의 단말기와 유사한 형태로 구축되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] SDR Forum Documents List, <http://www.sdrforum.org>
- [2] 이원철, 신요안, “4세대 이동통신을 위한 소프트웨어 라디오 기술”, 전파진흥지, 9월호, 2001.
- [3] 한국정보통신수출진흥센터(ICA), “2004 이동통신 백서”, http://www.ica.or.kr/board/it_info, 2004.
- [4] Walter Tuttlebee, “Software Defined Radio: enabling technologies”, John Wiley & Sons Inc., July, 2002.
- [5] “임베디드 리눅스 시스템”, HyBus Co. Ltd., 2003.
- [6] FlexRadio Systems-Software Defined Radios, <http://www.flex-radio.com/>
- [7] 김용건, 홍성수, 장래혁, “소프트웨어 기반 이동통신 시스템을 위한 프로토콜과 가상 머신”, 2001 SoC Design Conference, Vol. 1, pp. 59-66, 2001. 11.
- [8] Communications Research Centre (CRC) Software Defined Radio, <http://www.crc.ca/en/html/crc/home/research/satcom/rars/sdr/sdr/>
- [9] 김지연, 김진업, “SDR 동향 및 개발 방향”, 한국전자통신연구원 주간기술동향 통권 1190호, 2005.
- [10] 한국전자통신연구원, “이중모드 수용을 위한 객체지향 소프트웨어 구조 및 다운로드 방식에 관한 연구”, 최종보고서, 2002. 02. 12.
- [11] Didier Bourse, Markus Dillinger, Tim Farnham, Nikolas Olaziregi, “TRUST System Research Architectures and UML Modelling”, SDRF Contribution Document Number SDRF-02-I-0017-V0.0, Jan. 11, 2002.
- [12] Nikolas Olaziregi, Didier Bourse, “Architecture supporting SDR Terminals”, SDRF Contribution Document Number SDRF-01-I-0050w-V0.00, Aug. 22, 2001.
- [13] Mobile Virtual Centre of Excellence Programmes, <http://www.ee.surrey.ac.uk/CCSR/Mobile-VCE>
- [14] Mobile VCE Research Programmes, <http://www.mobilevce.com/>

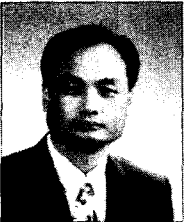
- [15] 서영진, 정상국, 김한경, “SDR 소프트웨어 다운로드와 재구성 기법”, 한국정보처리학회 제20회 추계학술대회 논문집, 제10권 제2호, pp. 891-894, 2003.
- [16] 서영진, 정상국, 김한경, “SDR 터미널을 위한 Pilot System 개발”, 한국정보과학회 영남지부 제11회 학술대회 논문집, 제11권 제1호, pp. 47-52, 2003.
- [17] 서영진, “소프트웨어 다운로드에 의한 SDR 단말기 재구성 기법 연구”, 공학석사학위논문, 창원대학교, 2003.
- [18] The Joint Tactical Radio System (JTRS) Program Technical Overview, <http://jtrs.army.mil/>
- [19] Distributed-Object Computing Software Radio Architecture v1.2 in SDR Forum Mobile Working Group Area Page(http://www.sdrforum.org/tech_comm/mobile_wg.html)
- [20] Bionic Buffalo Corporation, Tatanka™ gibraltar Minimum CORBA Implementation, <https://www.tatanka.com/prod/info/gibraltar.html>.
- [21] Microsoft, Windows Embedded, <http://www.microsoft.com/korea/windows/embedded/>
- [22] “Overview and Definition of Radio Software Download for RF Reconfiguration”, SDRF Working Document, No. SDRF-02-W-0002-V1.30, May. 01, 2002.
- [23] “Requirement for Radio Software Download for RF Reconfiguration”, SDRF Document, No. SDRF-02-A-007-V0.00, Nov. 13, 2002.
- [24] Annamarie Miller, Byron Tarver, Eric Christensen, Motorola Systems Solutions Group, “Architecture Foundation for Software Defined Radios”, SDR Forum, Mar. 13-15, 2000.
- [25] Satish Jamadasni, “Recommendations toward the development of an SDR Download mechanism”, SDRF Contribution Document, No. SDRF-02-I-0011-V0.00, Jan. 22, 2002.
- [26] Arthur Akhurst, “Scalability Aspects of the SRA”, SDRF Contribution Document, No. SDRF-01-I-0034-V0.00, May. 25, 2001.

● 저자 소개 ●



정 상 국 (Sang-Kook, Jeong)

1996년 창원대학교 전자계산학과 졸업(학사)
1998년 창원대학교 대학원 전자계산학과 졸업(석사)
2002년 ~ 현재 창원대학교 대학원 컴퓨터공학과 수료(박사)
관심분야 : SDR, 이동통신, Embedded System, etc.
E-mail : noory@sarim.changwon.ac.kr



김 한 경 (Han-Kyoung, KIM)

1973년 서울대학교 원자력공학과 졸업(학사)
1987년 충북대학교 대학원 전산통계학과 졸업(석사)
1992년 충북대학교 대학원 전자계산학과 졸업(박사)
1983년 ~ 1997년 한국전자통신연구원 책임연구원
1997년 ~ 현재 창원대학교 컴퓨터공학과 교수
관심분야 : ATM, MPLS, SDR, Software Engineering, etc.
E-mail : hkim@sarim.changwon.ac.kr