

범용 DSP를 이용한 RRS 기반 기지국 통신 플랫폼 구현

김 호 일* · 안 흥 섭** · 최 승 원***

Implementation of RRS-based Base station Communication platform using General-Purpose DSP

Kim Hoil · Ahn Heungseop · Choi Seungwon

〈Abstract〉

One of the problems with the base station equipment is that there is a large difference between the replacement time of the hardware equipment such as the base station equipment and the radio access equipment, and the evolution period of the communication standard. Therefore, the base station communication platform must be flexible enough to handle the evolving communication standards after purchase. Recent research on reconfigurable communications platforms has focused on the efficient architecture of the communications platform to meet these requirements through software downloads while still using existing hardware. This paper presents a prototype of a base station communications platform based on the ETSI standard reconfigurable architecture. The communication platform presented in this paper is implemented as an ETSI standard reconfigurable architecture using a general-purpose DSP (Digital Signal Processor). In the implemented prototype, we verify the real-time feasibility of communication protocol updates through software reconfiguration.

Key Words : Base Station Platform, Digital Signal Processor (DSP), ETSI-standard, Reconfigurable Radio System, Software Reconfiguration

I. 서론

4세대를 넘어 5세대가 찾아옴에 따라 3GPP(3rd Generation Partnership Project)에서는 LTE(Long Term Evolution) 진화 기술과 신규무선접속기술(NR)을 더한 5세대 이동통신 규격을 정하고 있다. 5세대

통신 규격에는 수신 신호의 크기를 최대화 시켜주는 빔포밍, 대량의 안테나를 사용하는 Massive MIMO(Multi-Input Multi-Output) 기술이 포함되어 데이터 전송률이 4세대 이동통신에 비해 훨씬 증가할 것이다[1]. 이처럼 계속해서 진화하는 통신 규격을 지원하기 위하여 무선접속 장비, 기지국 장비 등 다양한 하드웨어 장비들이 통신 규격이 진화할 때마다 새로운 하드웨어로 교체되어야 한다. 그런데 무선접속 장비, 기지국 장비 등의 하드웨어 장비들의 교체주기

* 한양대학교 전자컴퓨터통신공학과 석사과정
** 한양대학교 전자컴퓨터통신공학과 박사과정
*** 한양대학교 전자컴퓨터통신공학과 교수

(~10년)와 통신표준 진화 주기(~2년) 간의 차이가 존재한다. 결과적으로, 2년만 지나도 새롭게 등장하는 통신 규격을 지원하기 위해서는 하드웨어 장비들의 교체가 이루어져야 한다는 것을 의미한다. 따라서 하드웨어를 변경하지 않고 소프트웨어 다운로드만으로도 새로운 통신표준을 지원할 수 있는 재구성 가능한 기지국 통신 플랫폼에 대한 연구가 수행되고 있다[2].

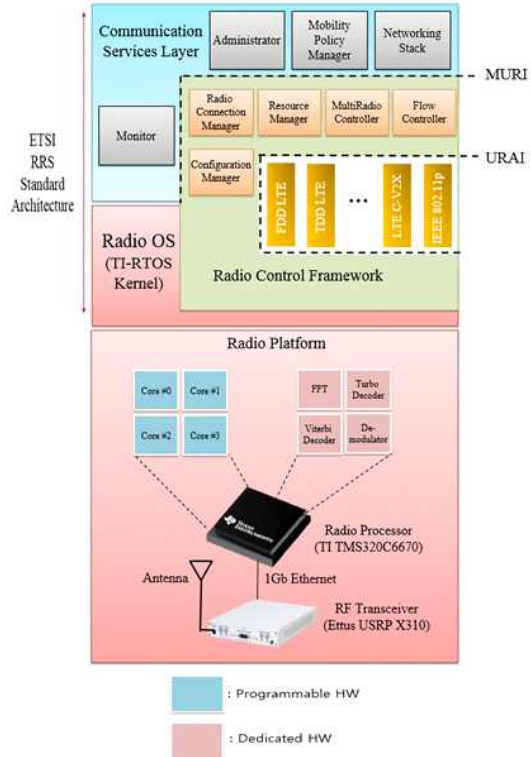
본 논문에서는 ETSI(European Telecommunications Standards Institute)의 기술위원회에서 표준화 한 RRS (Reconfigurable Radio System) 기술을 기반으로 하는 기지국 통신 플랫폼의 프로토 타입을 제시한다. 제안하는 시스템을 구현하기 위해 범용 Digital Signal Processor (DSP) 인 TMS320C6670[3]에 ETSI 표준 소프트웨어 재구성 아키텍처[4]를 구현하였다. TDD (Time Division Duplex) LTE 및 FDD (Frequency Division Duplex) LTE[5]와 같은 사전 설정된 두 통신 프로토콜 간의 무선 과형 스위칭을 통해 RRS 기반 기지국 통신 플랫폼의 소프트웨어 재구성 가능성을 검증한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 RRS 아키텍처 기반의 통신 플랫폼에 대하여 소개하고, 3장에서는 시스템 구현에 사용된 하드웨어 및 개발 툴에 대해 설명한다. 4장에서는 DSP를 이용한 RRS 기반 통신 플랫폼의 구현을 살펴본다. 마지막장에서는 결론을 맺는다.

II. RRS 아키텍처 기반의 기지국 통신 플랫폼

<그림 1>은 RRS 아키텍처에 기초한 기지국 통신 플랫폼을 도시한다.

본 플랫폼은 TMS320C6670 DSP[3]에 효율적인 소프트웨어 재구성을 지원하는 ETSI 표준 RRS 아키텍처를 구현함으로써 구현되었다. <그림 1>에 도시하는



<그림 1> RRS 아키텍처 기반 기지국 통신 플랫폼

통신 서비스 계층 및 무선 제어 프레임 워크 내의 각 소프트웨어 개체의 기능에 대한 상세한 설명은 다음과 같다[4].

(1) 통신 서비스 계층(Communication Services Layer, CSL)

- 관리자 개체(Administrator entity) : 최소한 URA(Unified Radio Application)의 설치 또는 제거를 요청하고 URA의 인스턴스를 만들거나 삭제하는 기능을 포함해야 한다. 이것은 일반적으로 URA에 대한 정보 제공, 상태 등을 포함한다.
- 이동성 정책 관리자 개체(Mobility Policy Manager, MPM) : 무선 환경 및 모바일 디바이스 기능을 모니터링하고 URA의 활성화 또는 비활성

화를 요청하고, URA 목록에 대한 정보를 제공하는 기능을 포함해야 한다.

- 네트워킹 스택 개체(Networking Stack entity) : 적어도 사용자 데이터를 송, 수신하기 위한 기능을 포함해야 한다.
- 모니터 개체(Monitor entity) : 적어도 URA에서 모바일 디바이스의 사용자 또는 적절한 대상 개체로 정보를 전송하는 기능을 포함해야 한다.

(2)무선 제어 프레임 워크(Radio Control Framework, RCF)

- 구성 관리자 개체(Configuration Manager entity) : 최소한 URA의 인스턴스를 설치, 제거하고 인스턴스를 생성, 삭제하는 기능과 URA의 무선 매개 변수에 대한 관리 및 액세스 기능을 포함해야 한다.
- 무선 연결 관리자 개체(Radio Connection Manager entity) : 적어도 사용자 요청에 따라 URA를 활성화, 비활성화하는 기능과 사용자 데이터 흐름을 관리하는 기능을 포함해야 하며, 사용자 데이터 흐름은 RM(Resource Manager) 간에 전환할 수도 있다.
- 흐름 컨트롤러 개체(Flow Controller entity) : 최소한 사용자 데이터 패킷을 송, 수신하고 신호 패킷의 흐름을 제어하는 기능을 포함해야 한다.
- 다중 무선 컨트롤러 개체(Multi-radio Controller entity) : 적어도 동시에 URA를 실행함으로써 발생하는 무선 자원에 대한 요청을 스케줄링하고 동시 실행된 URA 간의 상호 운용성 문제를 탐지 및 관리하는 기능을 포함해야 한다.
- 자원 관리자 개체(Resource Manager entity) : 최소한 연산 자원을 관리하고, 동시에 활동 중인 URA 간에 공유하며 실시간 실행을 보장하는 기능을 포함해야 한다.

구현한 플랫폼은 RF 트랜시버인 USRP(Universal Software Radio Peripheral) X310[6]을 포함하며, 모델

과 RF 트랜시버 사이의 인터페이스로는 1Gb 이더넷을 사용한다. 제안하는 플랫폼은 프로그래밍 가능한 코어뿐만 아니라 통신 프로토콜 물리 계층의 실시간 처리를 위해 고속 푸리에 변환기(Fast Fourier Transform)[7], 터보 디코더(Turbo Decoder)[8] 및 비터비 디코더(Viterbi Decoder)[9]와 같은 전용 하드웨어 가속기를 사용한다.

III. 시스템 구현 환경

본 시스템의 기지국과 단말의 모델은 DSP를 사용하였고, RF 트랜시버로는 Ettus사에서 제공하는 USRP X310을 사용하였다. DSP에서 제공하는 하드웨어 가속기와 프로그래밍 가능한 코어를 구현하기 위해 TI사에서 제공하는 Code Composer Studio(CCS)[10] 개발 툴을 사용하였다.

이번 절에서는 RRS 기반 기지국 통신 플랫폼의 구현하기 위한 모델, RF 트랜시버 그리고 개발 툴에 대하여 설명한다.

3.1 DSP(Digital Signal Processor)

본 플랫폼 구현을 위해 TI에서 제공하는 TMS320C6670을 사용한다. C6670에는 레이어 1 및 레이어 2 기지국 프로세싱의 대량의 데이터 처리를 위한 하드웨어 가속기가 포함되어 있다. 이러한 하드웨어 가속기는 CPU와 병렬적으로 실행됨으로써 자원을 최적으로 사용할 수 있다는 장점을 갖고 있다. 또한, C6670은 TDD LTE 및 FDD LTE 뿐만 아니라 WiMAX, WCDMA, GSM 등 많은 무선 표준을 지원하며 고성능 매크로 기지국 플랫폼 개발을 위한 PCIe, EDMA, AIF 등의 인터페이스를 제공한다.

C6670은 하드웨어 가속기를 이용하여 빠른 속도 로 비트 프로세싱을 할 수 있기 때문에 높은 데이터 전

송률을 요구하는 통신 프로토콜 구현이 가능하다. 소프트웨어 기반 통신 프로토콜 구현에 주로 사용되는 하드웨어 가속기로는 전체 하향링크 프로세싱 체인과 많은 수의 비트 프로세싱을 처리하는 BCP(Bit Rate Coprocessor), 최대 548Mbps를 지원하는 TCP(Turbo Decoder Coprocessor), 2048 포인트 고속 푸리에 변환이 4.8(us) 안에 가능한 FFT(Fast Fourier Transform Coprocessor)가 있다.

3.2 USRP X310

USRP X310은 Ettus사에서 제작한 RF 트랜시버로써 차세대 무선통신 시스템을 설계 및 배포하기 위한 고성능, 확장성 SDR(Software Defined Radio) 플랫폼이다.

1 또는 10 기가 이더넷, PCIe 등 다중 인터페이스 옵션을 지원하고 2개의 광대역 RF 도터보드 슬롯을 사용하여 채널 당 최대 120MHz 대역폭이 가능하다. 특히, 중심 주파수와 대역폭을 프로그래밍을 통해 유연하게 변경하여 사용할 수 있다는 장점을 갖고 있다.

3.3 Code Composer Studio

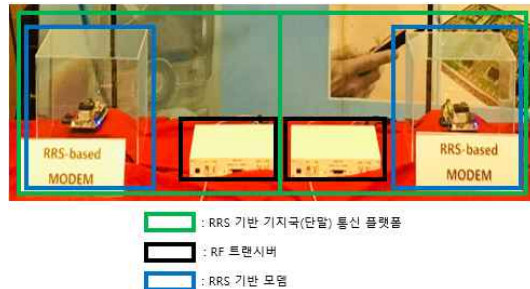
TI사에서 제공하는 CCS는 임베디드 응용 프로그램을 개발하고 디버깅하는데 사용되는 도구 모음을 포함한다. 여기에는 최적화된 C/C++ 컴파일러, 소스 코드 편집기, 프로젝트 빌드 환경 등 여러 가지 기능이 포함된다. 또한, 이클립스 오픈 소스 개발 환경 기반이므로 여러 툴과 통합할 수 있다는 장점이 있다. 이 개발 툴은 TI 홈페이지에서 다운로드하여 사용할 수 있다.

IV. DSP를 이용한 RRS 기반 기지국 통신 플랫폼 구현

<표 1>은 RRS 기반 기지국 통신 플랫폼에서 사용된 시스템 매개 변수를 보여주며, <그림 2>는 구현한 기지국 통신 플랫폼(송신) 및 단말(수신)에 대한 전체 사진을 보여준다. 구현한 플랫폼은 FDD LTE와 TDD LTE 간의 무선 파형 스위칭의 실현 가능성을 보여준다. <그림 1>에 도시된 정책 관리자(Mobility Policy Manager)의 사전 설정된 기준을 통해 플랫폼은 2개의 무선파형, 즉 FDD LTE 및 TDD LTE 중 하나를 선택할 수 있다. 결과적으로 통신 프로토콜의 변경이 일어나도 하드웨어를 변경하지 않고 소프트웨어 다운로드로 간단히 지원할 수 있다.

<표 1> 시스템 파라미터

Waveform	FDD LTE / TDD LTE
Configuration	Configuration 5
Antenna configuration	1 X 1
Center frequency	2.4 GHz (Bandwidth :5MHz)
Modulation	64 QAM
Channel Coding	Turbo code (code rate : 0.75)
Peak data rate	13.8 Mbps(FDD) / 11.2 Mbps(TDD)
DSP	TI TMS320C6670
RF Transceiver	Ettus USRP X310



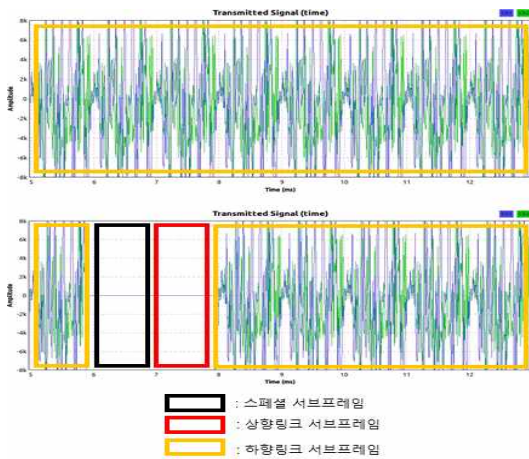
<그림 2> 전체 시스템 사진

<표 2>는 TDD LTE 환경에서 Frame Configuration

종류들을 보여준다. 각 Configuration에 따라 일부 서브프레임은 하향링크 전송에 할당되며 일부 서브프레임은 상향링크 전송에 할당되고, 특수 서브프레임에서 하향링크와 상향링크 사이의 전환이 일어난다 [5]. 본 플랫폼에서는 사전 설정된 기준을 통해 소프트웨어 변경만을 통해 FDD LTE와 TDD LTE(Configuration 5)간에 전환이 일어나도록 구현하였다. 이를 통해 구현한 플랫폼이 통신 프로토콜의 변경이 일어나도 하드웨어를 변경하지 않고, 소프트웨어 다운로드를 통해 지원됨을 검증하였다. <그림 3>은 FDD LTE와 TDD LTE(Configuration 5)의 하향링크 송신 신호를 나타낸다. 이 때 본 플랫폼은 하향링크만 구현했고, 스페셜 서브프레임과 상향링크는 구현하지 않았기 때문에 <그림 3>과 같이 서브프레임 1번과 2번이 비어있음을 보여준다.

<표 2> TDD Frame Configuration

Configuration	Subframe number									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	DL	SS	UL	UL	UL	DL	SS	UL	UL	DL
1	DL	SS	UL	UL	DL	DL	SS	UL	UL	DL
2	DL	SS	UL	DL	DL	DL	SS	UL	DL	DL
3	DL	SS	UL	UL	UL	DL	DL	DL	DL	DL
4	DL	SS	UL	UL	DL	DL	DL	DL	DL	DL
5	DL	SS	UL	DL	DL	DL	DL	DL	DL	DL
6	DL	SS	UL	UL	UL	DL	SS	UL	UL	DL



<그림 3> FDD LTE(위), TDD LTE(아래)

V. 결론

본 논문에서는 하드웨어를 변경하지 않고 소프트웨어 다운로드를 통해 재구성할 수 있는 RRS 기반 기지국 통신 플랫폼의 프로토 타입을 제시하고 검증했다. 본 프로토 타입은 FDD LTE 및 TDD LTE와 같은 2개의 사전 설정된 프로토콜만 지원했지만, 플랫폼이 ETSI 표준 아키텍처를 준용한다면 모든 통신 프로토콜을 소프트웨어 재구성을 통해 지원할 수 있다. 이처럼 범용 DSP를 이용한 RRS 아키텍처 기반 기지국 통신 플랫폼은 소프트웨어 변경만을 통해 유연하고 효율적으로 적용될 수 있다는 장점이 있다.

Acknowledgment

이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기술진흥센터(IITP)의 지원을 받아 수행된 연구임. (No. 2017_0_00723, Reconfigurable Radio System 기술을 적용한 소프트웨어 기반 서비스 지향 통합 기지국 플랫폼 개발)

참고문헌

- [1] Qualcomm, "Five wireless inventions that define 5G NR", 2017.12.19.
- [2] Daejin Kim, Heungseop Ah, Seungwon Choi, Vladimir Ivanov, Markus Mueck, Reconfigurable Base-station Platform for Supporting Various 5G Network Services Based on ETSI-Standard Radio Virtual Machine, ICEIC 2018, 2018.01
- [3] Texas Instruments, TMS320C6670 Multi-core Fixed and Floating-Point System-on-Chip Data Manual

- [4] ETSI, EN 303 095 V1.2.1, Reconfigurable Radio Systems(RRS); Radio Reconfiguration related Architecture for Mobile Devices, 2015-06.
- [5] Erik Dahlman, "4G LTE/LTE-Advanced for Mobile Broadband," Elsevier, 2011, pp. 135-140.
- [6] Ettus Corporation, USRP Hardware Driver and USRP Manual (USRP X3x0 Series), http://files.ettus.com/manual/page_usrp_x3x0.html
- [7] Texas Instruments, "Fast Fourier Transform Coprocessor (FFTC) for KeyStone Devices User's Guide," Rev. C, Dec. 2011, <http://www.ti.com/lit/ug/sprugs2c/sprugs2c.pdf>
- [8] Texas Instruments, "Turbo Decoder Coprocessor (TCP3d) for KeyStone Devices User's Guide," Rev. 1.0, Nov. 2010, <http://www.ti.com/lit/ug/sprugs0/sprugs0.pdf>
- [9] Texas Instruments, "Viterbi Coprocessor (VCP2) for KeyStone Devices User's Guide," Rev. A, June. 2011.
- [10] Texas Instruments, Introducing TI's Integrated Development Environment-Code Composer Studio(CCS) to Expert Engineers, <http://www.ti.com/lit/an/swra526/swra526.pdf>
- [11] 이승학, 김경훈, 안치영, 최승원, "GPU를 이용한 SDR 시스템 용 LTE MIMO 기지국 기능 구현," 디지털산업정보학회 논문지, 제8권, 제4호, 2012, pp. 91-98
- [12] 박종근, 최승원, "GPU를 이용한 TDD LTE MU-MIMO 시스템에서의 재전송 구현," 디지털산업정보학회 논문지, 제13권, 제2호, 2017, pp. 35-42

■ 저자소개 ■



김 호 일
(Kim Hoil)

2017년 9월~현재
한양대학교 전자컴퓨터통신공학과
석사과정
2017년 8월 가천대학교 전자공학과(공학학사)
관심분야 : DSP, vehicular comm, LTE-A,
etc
E-mail : hoil.kim@dsplab.hanyang.ac.kr



안 흥 섭
(Ahn Heungseop)

2016년 3월~현재
한양대학교 전자컴퓨터통신공학과
박사과정
2016년 2월 한양대학교 전자컴퓨터통신공학과
(공학석사)
2013년 2월 한양대학교 융합전자공학부
(공학학사)
관심분야 : vehicular comm, 5G, LTE, Cell
planning, SDR etc.
E-mail : ahs90@dsplab.hanyang.ac.kr



최 승 원
(Choi Seungwon)

2012년 3월~현재
HY-MC 연구센터 센터장
2002년~2011년
HY-SDR 연구센터 센터장
1992년~현재
한양대학교 전자전기공학부 교수
1990년~1992년
일본 우정성 통신연구소 선임연구원
1989년~1990년
ETRI 선임연구원
1988년~1989년
미국 Syracuse대학 진지 및
전산과 교수
1988년 12월 미국 Syracuse대학 전기공학
(공학박사)
1985년 12월 미국 Syracuse대학 전기공학
(공학석사)
1982년 2월 서울대학교 전자공학 (공학석사)
1982년 2월 한양대학교 전자공학 (공학학사)
관심분야 : SDR, 이동통신, 신호처리
E-mail : choi@dsplab.hanyang.ac.kr

논문접수일 : 2018년 10월 22일
수 정 일 : 2018년 11월 12일
계재확정일 : 2018년 11월 21일