

3GPP LTE 액세스 시스템 검증을 위한 단말 시뮬레이터 설계

양치평, 차원수, 김재우, 김태형
금오공과대학교 컴퓨터공학과

e-mail:{saintwind, warmly, eva0191, taehyong}@kumoh.ac.kr

Qi-Ping Yang, Won-Soo Cha, Jae-Woo Kim, Tae-Hyong Kim
Dept of Computer Engineering, Kumoh National Institute of Tehnology

요 약

본 논문은 시스템의 안정성과 검증성, 설계 및 관리 용이성을 위해 SDL 언어 및 Pure-SDL 설계 접근 기법을 이용하여 3GPP LTE 액세스 시스템 검증을 위한 단말 시뮬레이터를 설계 및 구현하였다. 설계된 시스템은 관리 효율성을 위해 블록 타입 및 공통 패키지 설계를 통한 다중 시스템 구조를 갖는다. 구현된 단말 시뮬레이터는 실제 3GPP LTE 액세스 시스템 검증에서 우수한 안정성을 보여주었다.

1. 서론

최근 이동 통신 기술 개발 분야에서는 4세대 기술연구가 국내외에서 활발히 진행 중에 있으며 3GPP(The 3rd Generation Partnership Project) 표준화 단체에서 3G LTE(Long Term Evolution)를 위하여 이동통신 표준을 정하기 위한 작업을 수행하고 있다. 3GPP LTE 시스템은 새로운 E-UTRA(Evolved UMTS Terrestrial Radio Access)/E-UTRAN(E-UTRA Network) 및 all-IP 네트워크에 기반한 시스템으로 3GPP 단체에서 현재 요구사항 및 상위 레벨 구조를 정의하는 단계로 현재 여러 기술명세 그룹 내의 각 워킹그룹에서 시스템 요구 사항에 대한 핵심 명세에 대한 표준화 작업을 완료하였으며 관련 세부 기술에 대한 표준화가 계속 진행 중에 있다. 국내에서는 이동통신 연구기관 및 관련 산업체에서 표준화에 참여하고 있으며 시스템 개발 연구를 수행하고 있다.

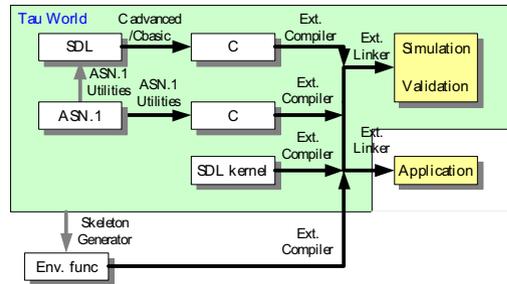
본 논문은 한국전자통신연구원에서 설계한 3G LTE 시스템인 3GPP LTE-2007 시스템 내 액세스 시스템의 검증을 위하여 표준 형식 기술 언어인 SDL(Specification and Description Language)[1]을 이용하여 단말 시뮬레이터를 설계하고 이를 통해 시스템 검증을 수행한 결과를 보여준다. SDL을 이용한 시스템의 설계는 그래픽을 통해 시스템의 구조와 동작을 기술하므로 시스템의 구조 및 내용에 대한 이해도와 정확성을 높여준다. 뿐만 아니라, 이러한 설계 방법은 SDL을 이용한 강력한 개발도구를 이용하여 시스템의 검증 및 시험을 손쉽게 수행함으로써 신뢰성 있는 시스템 구현을 가능하게 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2절에서 단말 시뮬레이터 설계를 위한 접근 방법에 대해 설명하고, 3절에서 단말 AS 시뮬레이터 및 시험 시스템의 SDL 설계에

대해 기술한다. 4절에서는 단말 AS 및 시험 시스템의 구현과 검증 및 타겟 포팅 과정과 그 결과에 대해 설명하며 5절에서 결론을 맺는다.

2. 설계 접근 방법

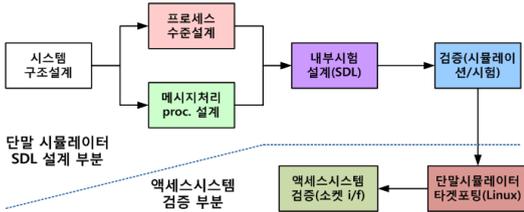
3GPP LTE-2007 시스템의 단말 시뮬레이터는 설계 및 관리의 용이성과 검증을 통한 시스템 신뢰성의 확보를 위해 SDL 언어를 사용하여 설계하며, SDL 개발 도구로는 Telelogic Tau[2]를 이용한다. 이 때 설계 및 검증에 드는 비용을 최소화하고 설계 안정성 및 검증 범위를 높이기 위해 SDL 외에 외부 C 언어 함수 및 데이터 구조의 사용을 최소화하는 'Pure-SDL 접근기법'[3]을 채택하여 Telelogic Tau 도구 내에서 SDL 구문 및 Tau의 내부 도구들을 최대한 사용한다. 'Pure-SDL 접근기법'의 개념도는 그림 1과 같다.



(그림 1) Pure-SDL 접근기법의 개념

단말 시뮬레이터는 하나의 독립적인 시스템으로서 기

지국의 액세스 시스템과 ASN.1(Abstract Syntax Notation One)[4]의 표준 PER(Packed Encoding Rule)[5] 기법으로 인코딩된 PDU(Protocol Data Unit)를 포함하는 메시지로 데이터를 주고받기 때문에 단말 시뮬레이터는 다른 시스템의 설계 방법과 무관하게 설계 및 구현이 가능하다.



(그림 2) 단말 시뮬레이터 개발과정 흐름도

단말 시뮬레이터 개발 과정은 그림 2와 같다. 단말 시뮬레이터 개발은 단말 시뮬레이터 SDL 설계 단계와 액세스 시스템 검증 단계의 두 단계로 이루어진다. 단말 시뮬레이터 SDL 설계 단계에서는 먼저 Telelogic Tau SDL 도구를 이용하여 먼저 최상위 설계, 블록 구분 및 인터페이스 설계 등 시스템 구조 설계를 수행하고 이후 각 블록 내부의 프로세스 설계 및 구현을 수행한다. 이와 동시에 단말 기지국간 주고 받는 PDU의 생성 및 인코딩/디코딩, 저장 등을 위해 메시지 핸들링 프로시저를 설계 및 구현한다. 다음 검증을 위한 시험 시스템을 설계, 구현한 다음 최종적으로 시뮬레이션을 통해 단말 시뮬레이터의 검증 및 시험을 수행한다.

액세스 시스템 검증 단계에서는 이전 단계에서 검증된 단말 시뮬레이터를 Linux 운영체제와 TCP/IPv6 소켓 인터페이스를 각각 플랫폼과 외부 인터페이스로 사용하는 응용프로그램으로 포팅하고 소켓 인터페이스를 통한 메시지 교환을 이용하여 검증 대상인 액세스 시스템 구현 프로그램을 검증하게 된다. 이렇게 검증된 액세스 시스템은 다른 단말 시스템 및 물리 구현, 핵심 망 시스템과 최종적인 시험이 이루어지게 된다.

LTE-2007 시스템 단말 시뮬레이터의 SDL 설계를 위해 주어진 자원은 다음과 같다. 첫째, LTE-2007 시스템의 데이터 구조, 인터페이스 구조, 세부 정보 구조 등을 정의한 ASN.1 파일로 각각 클래스 정의, PDU 정의, 상수 정의 및 정보 원소(information elements)에 관련된 네 개의 파일로 구성되어 있다. 둘째로는 LTE-2007 시스템 및 단말 시뮬레이터의 메시지 구조와 데이터 구조 등을 공통적으로 정의한 C 헤더 파일들이고, 마지막으로 LTE-2007 시스템의 각 기능 수행을 위해 모듈간의 시그널링을 정의한 메시지 순서 다이어그램(MSC: Message Sequence Diagrams)이다.

주어진 자원을 이용하여 단말 시뮬레이터 및 검증 시스템을 SDL로 효과적으로 설계하고 검증하기 위하여 다

음 세 개의 시스템을 설계한다.

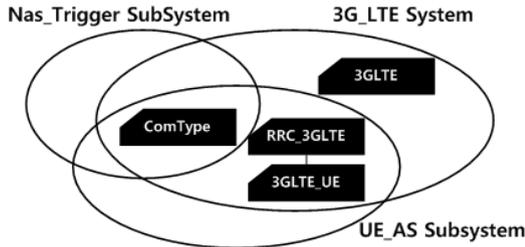
- UE_AS SubSystem
- 3G_LTE System
- NAS_Trigger SubSystem

UE_AS SubSystem은 구현 대상인 단말 액세스 시스템 시뮬레이터만 포함하고 있는 시스템으로 Linux 타게팅의 대상이 되는 시스템이고, 3G_LTE System은 단말 시스템 뿐만 아니라 기지국 쪽의 eNodeB 시스템 및 aGW 시스템을 포함하는 전체 LTE-2007 시스템으로 각 시스템 간 시그널링에 대한 시뮬레이션을 통해 단말 시뮬레이터의 검증을 수행하게 된다. 한편 NAS_Trigger SubSystem은 3G_LTE System의 시험을 위해 추가적으로 설계된 UE_NASTester 블록만을 포함하는 시스템으로 전체 시스템의 시험을 위해 사용되는 테스트 시스템의 검증을 위해 사용된다.

이렇게 여러 개의 시스템을 구성하고 각 시스템 내에 필요한 설계 모듈만을 포함시켜 시험해 나가는 방식을 효과적으로 수행하고 관리하기 위하여 다음의 두 가지의 설계 원칙을 이용한다. 첫째는 각 블록을 블록 타입으로 설계 하는 것이다. 블록 타입으로 설계 시 패키지와 함께 사용함으로써 용이한 관리가 가능하다는 점과 향후 블록의 상속을 통해 블록 설계를 발전시켜 갈 수 있다는 장점을 갖는다. 둘째, 설계에 필요한 모듈들을 분류하여 패키지 형태로 관리한다. 각 패키지는 기능별로 필요한 SDL 블록 또는 기타 정보를 포함하게 되며 시스템에서 이러한 패키지들을 사용하여 쉽게 원하는 시스템을 구성할 수 있다는 장점을 갖는다. 단, 패키지 구성 시 중복성 또는 효율성의 문제를 고려하여 효과적 사용이 가능하도록 해야 한다. 본 논문에서 사용하는 패키지는 다음과 같다.

- Package RRC_3GLTE
- Package ComType
- Package 3GLTE_UE
- Package 3GLTE

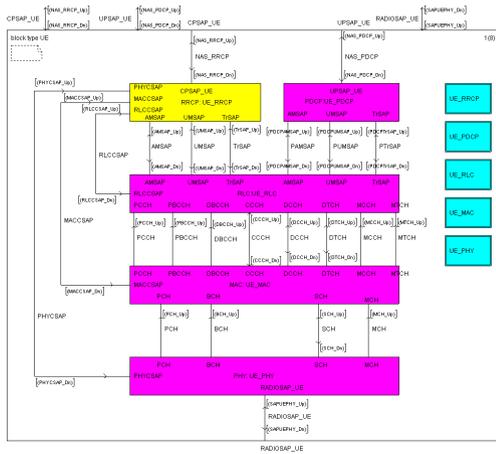
RRC_3GLTE 패키지는 LTE-2007 시스템의 RRC(Radio Resource Control) 프로토콜에 대한 네 개의 ASN.1 정의들을 포함하고 있으며 Tau에서 제공되는 ASN.1 도구들을 통해 설계 시스템 내에서 사용된다. ComType 패키지는 메시지 구조와 데이터 구조 등을 정의한 C 헤더 파일 및 최상위 시스템에서 선언된 신호와 파라미터 정의를 포함하고 있으며 Tau의 cpp2sdl 도구를 통해 SDL 구문으로 변환되어 설계 시스템 내에서 사용된다. 3GLTE_UE와 3GLTE 패키지는 각각 UE_AS SubSystem의 블록 타입과 단순화된 eNodeB 블록타입 및 가상 aGW 블록 타입을 포함하고 있는 패키지이다. 각 시스템 내에서의 패키지 사용관계는 그림 3과 같다.



(그림 3) SDL 시스템 간 패키지 사용관계

3. 세부 설계 내용

3G LTE-2007 시스템 단말 시뮬레이터는 단말의 기능을 대신하도록 설계 되었다. 본 절에서는 단말 시뮬레이터의 설계를 위한 UE 블록 세부 설계에 대해서 설명한다. 그림 4는 UE 블록의 SDL 다이어그램이다. UE 블록의 설계는 3GPP 표준을 따라 계층별로 PHY, MAC, RLC, RRC, PDCP 블록으로 설계되었다. 각 계층 간의 인터페이스도 최대한 3GPP 표준을 따라 설계하였다. 각 내부 블록은 향후 재 사용성을 고려하여 블록 타입으로 참조하고 있다.



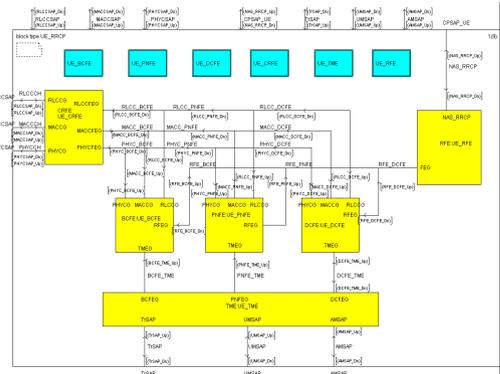
(그림 4) UE 블록타입 다이어그램

3.1 세부 블록 설계

UE 블록 내의 핵심 모듈인 RRCP 블록의 SDL 다이어그램은 그림 5와 같다. RRCP 블록의 설계는 표준문서에 따라 BCPE, PNFE, DCFE의 하위 블록으로 구성되고 외부로부터 각 블록으로 주고받는 메시지의 라우팅을 위해 RFE, CRFE, TME의 라우팅 블록을 포함하고 있다.

BCFE블록에서는 공통 채널 설정, MIB(Master Information Block) 및 SIB(System Information Block) 메시지 송수신, MBMS(Multimedia Broadcast and Multicast Services) 관련 메시지 송수신기능이 구현되었다

고, DCFE 블록은 호 접속(attach) 및 분리(detach) 등 호 설정에 관련된 메시지와 전용(dedicated) SAE(System Architecture Evolution) 베어러(bearer) 설정, 전용 SAE 베어러 해제, eNodeB 내 핸드오버, eNodeB 간 핸드오버, 셀 갱신 관련 메시지처리 기능을 구현하였다. PNFE 블록은 페이징(paging) 메시지 처리가 구현되었다.



(그림 5) RRCP블록타입 다이어그램

3.2 3GPP LTE-2007 시스템 메시지 처리 구현

3GPP LTE-2007 시스템 단말 시뮬레이터 구현 시 단말과 eNodeB 및 단말과 UE_NAS 사이에 주고받는 관련 프리미티브를 표 1에 보였다. 전송한 바와 같이 메시지 전달에 필요한 시그널과 파라미터 정의는 ComType 패키지 에 정의 하였다.

<표 1> 3GPP LTE-2007 단말 시뮬레이터 프리미티브

상대블록	상향(uplink)	하향(downlink)
eNodeB	PhyDataRelay_type	PhyDataRelay_type
UE_NAS	commHd+ (PmmEstReq_type, PmmDataReq_type)	commHd+ (PmmEstInd_type PmmDataInd_type)

3GPP LTE-2007 시스템에서 RRC 프로토콜 관련 메시지들은 ASN.1 명세로 인코딩된 메시지를 주고받기 때문에 메시지의 ASN.1 인코딩 및 디코딩 과정이 요구된다. 본 논문은 Pure-SDL 접근기법을 사용하므로 Tau에서 제공하는 ASN.1 도구를 이용하여 ASN.1 명세로 정의된 메시지들의 정보원소 필드에 해당 값을 설정하였다. 메시지를 포장(pack)하고 풀기(unpack) 위한 ASN.1 인코딩 및 디코딩함수와 함께 프리미티브 헤더를 추가 및 삭제하는 기능을 SDL 프로시저를 통해 구현하였다. 일반 메시지는 한 번의 ASN.1 PER 인코딩을 통해 구성되지만 MIB 관련 메시지는 데이터를 ASN.1 PER 인코딩하여 비트스트

