

# 5G K-SimSys: 5G 시스템을 위한 유연한 모듈 기반 개방형 시스템 레벨 시뮬레이터

한민식\*, 이재원\*, 임민중\*\*, 강충구<sup>o</sup>

## 5G K-SimSys: Flexible/Open/Modular System Level Simulator for 5G System

Min-Sig Han\*, Jae-Won Lee\*, Min-Joong Rim\*\*, Chung-Gu Kang<sup>o</sup>

### 요약

5G 이동통신 기술 규격 설계를 위한 연구 개발을 위해서는 시뮬레이터를 활용한 정확하고 신속한 시험 평가가 필수적이다. 그러나 다양한 5G 시나리오 환경에서 수많은 기술들을 검증하기 위해서는 각기 목적에 맞는 시뮬레이터 구현에 반복적으로 많은 노력이 요구된다. 이때 시뮬레이터 구현에 필요한 시간과 노력을 최소화하기 위해 필요한 시뮬레이터 개발의 방법론으로서, 모듈화 되고 유연한 구조를 가지면서 개방과 공유를 통해 재사용이 가능한 시뮬레이터 구조를 설계하고 구현하고자 한다. 본 논문에서는 재사용성을 지원하는 시뮬레이터로써 5G K-SimSys의 특성과 구조를 소개한다. 또한 5G K-SimSys 시뮬레이터를 활용한 5G 성능평가에 대한 예시를 통해 모듈 구조를 기반으로 설계된 5G K-SimSys가 여러 다양한 5G 시나리오를 지원하는 시스템 레벨 시뮬레이터로써 확장이 가능함을 보여준다.

**Key Words** : 5G mobile communication system, System level simulation, Module structure, 5G K-SimSys

### ABSTRACT

Performance evaluation using a system level simulator is an indispensable aspect of R&D on mobile communication technology specification design. However, in order to verify 5G technologies in various 5G scenario and environments, it is necessary to make efforts repeatedly to implement a simulator suitable for the purpose of the simulation. To minimize the time and effort required to implement the simulator, we design and implement a simulator structure that can be reused by opening and sharing the code with a modular structure as a methodology of flexible simulator development. In this paper, we introduce the characteristics and structure of 5G K-SimSys as a simulator supporting reusability. An example of performance evaluation of 5G eMBB system using 5G K-SimSys simulator shows that module based 5G K-SimSys can be extended as a system level simulator supporting various 5G scenarios.

※ 이 논문은 2018년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 '범부처 Giga KOREA 사업'의 지원을 받아 수행된 연구임(No. GK18S0400, 개방형 5G 표준 모델 개발)

• First Author : (ORCID:0000-0001-8727-7798)Korea University Department of Electrical Engineering, als4585@korea.ac.kr, 학생회원  
<sup>o</sup> Corresponding Author : (ORCID:0000-0001-7965-2826)Korea University Department of Electrical Engineering, ccgkang@korea.ac.kr, 중신회원

\* Korea University Department of Electrical Engineering, lijrew@korea.ac.kr, 학생회원

\*\* Dongguk University Information and Communication Engineering, minjoong@dongguk.edu, 학생회원

논문번호 : 201812-376-D-RN, Received July 3, 2018; Revised September 6, 2018; Accepted September 11, 2018

## I. 서 론

무선 이동통신 기술을 위한 교육, 연구 개발 그리고 여러 표준화 과정에서 링크 레벨 시뮬레이터, 시스템 레벨 시뮬레이터, 네트워크 시뮬레이터 등 목적 및 용도에 적합한 다양한 시뮬레이터의 역할이 필수적이다. 특히 5G 이동통신 시스템의 표준화 과정에서 또한 여러 무선 인터페이스 기술에 대하여 시스템 레벨 시뮬레이터(system-level simulator: SLS)를 활용한 성능 평가가 진행되고 있다. 예를 들어, ITU-R에서는 IMT-2020 으로 지칭되는 5G 이동통신 시스템에 대한 성능 요구사항과 더불어, 이를 평가하기 위한 여러 가지 시스템 모델과 평가 방법론을 제시하였다<sup>[1]</sup>. 또한 3GPP에서도 여러 회사의 기고문을 통해 ITU-R에서 제시한 성능 요구사항과 더불어 추가적인 평가 요소와 그에 대한 평가 방법론을 정의하고, 이를 바탕으로 한 여러 성능평가 결과를 제시하고 있다<sup>[3]</sup>.

이러한 5G 표준 규격을 고려한 시스템 레벨 시뮬레이터는 시스템의 다양성과 복잡성에 대응하기 위해 재사용과 더불어 유연한 활용이 가능해야 한다. 그러나 현재 산업체, 학교, 연구소에서는 각각 필요에 따라 시뮬레이터를 독립적으로 개발하고 유사한 시뮬레이터 구현 과정을 반복적으로 진행하여 불필요한 인적, 물질적 재원의 낭비가 초래 될 수 있다. 따라서 시뮬레이터 개발에 반복적으로 들어가는 노력을 줄이기 위해 유연하게 재활용 가능한 시스템 레벨 시뮬레이터 구현 방법론의 필요성이 대두되었다. 이러한 특성을 지원하기 위해 계층화 된 객체인 “모듈”이라는 개념이 제시하고, 이를 활용한 시스템 레벨 시뮬레이터인 5G K-SimSys가 제안되었다<sup>[3]</sup>.

본 논문에서는 2장에서 다양한 5G 이동통신 시스템을 효과적으로 지원하기 위한 5G K-SimSys의 요구사항을 살펴보고, 3장에서 그 요구사항을 만족하기 위한 5G K-SimSys의 구조와 설계 철학을 자세히 설명한다. 그 후 4장에서는 3장에서 설명한 모듈 구조를 기반으로 실제로 구현한 여러 기본적인 5G 시스템 레벨 시뮬레이터의 구현에 대해서 소개한 후 6장에서 결론을 맺는다.

## II. 5G 시스템 레벨 시뮬레이터의 요구사항

5G 이동통신 시스템은 enhanced mobile broadband communication(eMBB), massive machine type communication(mMTC), ultra reliable low latency communication(URLLC) 3 가지 서비스 사나

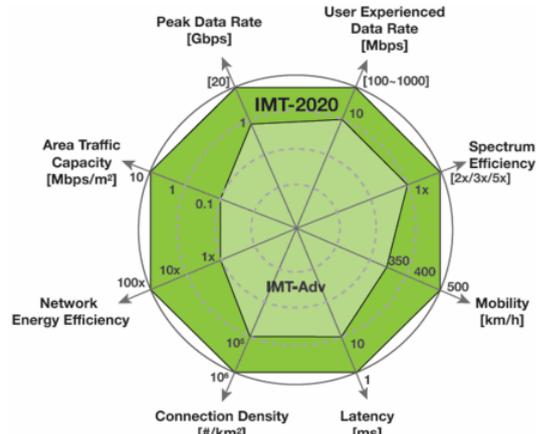


그림 1. 5G의 8가지 핵심 성능 지표  
Fig. 1. 8 key parameter indicator from IMT-Adv (4G) to IMT-2020 (5G)

리오와 이를 지원하기 위한 그림 1의 8 가지 핵심 성능지표를 가진다. 또한 다양한 종류의 네트워크 환경을 지원하고, 서로 다른 주파수 대역의 채널 모델을 갖는다. 이런 다양한 시스템 모델의 조합에서 다양한 기술들을 확인 및 검증은 위한 시뮬레이터는 시스템의 복잡성에 대응하기 위한 유연성을 확보하기 위해 다음과 같은 두 가지 특성을 가져야 한다.

첫째, 시뮬레이터의 재사용이 용이해야 한다. 시뮬레이터의 재사용은 반복적으로 사용되는 기능의 라이브러리(library)화를 통해 지원할 수 있으며 5G K-SimSys는 3장에서 소개할 모듈 라이브러리를 통해 효과적으로 재사용성을 지원한다. 5G K-SimSys의 라이브러리는 오픈소스가 지원 될 때 여러 사용자의 기여로 시뮬레이터의 활용성이 높아지게 된다.

둘째로, 다양한 시뮬레이터 사용자의 편의성을 고려해야 한다. 이를 위해 시뮬레이터를 직관적으로 사용할 수 있도록 디자인하여 사용자의 유연한 활용을 가능하게 해야 한다. 이를 위하여 3장에서 설명한 모듈 구조와 더불어 시뮬레이터에 대한 문서화가 진행되어야 하며, 완성된 코드에 대한 가독성 또한 좋아야 한다. 이러한 두 가지 요구사항을 지원하기 위해 다음 장에서 모듈 기반의 시스템 레벨 시뮬레이터가 가지는 구조와 특성을 소개한다.

## III. 5G K-SimSys의 구조와 특성

### 3.1 5G K-SimSys의 모듈 라이브러리와 계층적 모듈 구조

5G K-SimSys 각각의 모듈에는 시스템 레벨 시뮬

레이션을 동작을 위한 초기 값과 함수가 정의되며, 시뮬레이션을 통해 발생한 데이터가 저장된다. 이렇게 구성된 모듈 라이브러리는 직관적으로 사용하기 위해서 함수와 데이터를 객체적, 기능적으로 분류하여 모듈에 정의하고 저장, 즉 모듈 라이브러리화(모듈화)하여 쉽게 함수와 데이터를 불러올 수 있도록 한다. 또한 시뮬레이션 전체 흐름(flow)을 관리하기 위한 Simulation 객체를 정의하고, 전체 시뮬레이터에 대한 가독성을 높인다.

5G K-SimSys에서의 모듈은 그림 2 와 같이 3가지 객체 아래 5가지의 기능적인 특성을 통해 계층적으로 분류 된 15가지 시뮬레이션 객체이다. 먼저 Simulation, Base Station, 그리고 Mobile Station으로 분류하고 그 하위 모듈로 다시 Simulation Top, Network Configuration, Channel Model, Radio Resource Management 그리고 Link Performance의 기능적인 특성을 통해 분류하여 두 계층으로 분류되었다. 이러한 계층적인 모듈 분류를 통해 체계적인 모듈 라이브러리 구성을 할 수 있고, 사용자들이 특정 모듈 재사용을 위해 접근할 때 직관적으로 접근하고 활용할 수 있다는 장점이 있다.

예를 들어 시뮬레이터 사용자가 기지국 객체의 무선 자원 관리 기능에 대한 시뮬레이션이 필요하다면, 이를 위해 필요한 함수와, 발생한 데이터를 Base Station 객체 안의 Scheduling BS 모듈 안에 분류하여, 시뮬레이터 구현 결과물이 체계적으로 축적되고 용이하게 재사용할 수 있도록 하였다.

	Simulation	Base Station	Mobile Station
Simulation Top	SystemSim	SystemBS	SystemMS
Network Configuration	Network	NetworkBS	NetworkMS
Channel Model	Channel	ChannelBS	ChannelMS
Radio Resource Management	Scheduling	SchedulingBS	SchedulingMS
Link Performance	Performance	PerformanceBS	PerformanceMS

그림 2. 5G K-SimSys의 기본 모듈 구조  
Fig. 2. Basic module structure for 5G K-SimSys

### 3.2 시뮬레이션 객체를 통한 모듈 호출 체계

3.1에서와 같이 정의되고 구성 된 모듈을 유연하게 활용하기 위해서는 사용자의 필요에 따라 모듈을 직

관적으로 호출할 수 있어야 하고, 만들어진 시뮬레이터에 대한 가독성이 좋아야 한다. 이러한 특성을 지원하기 위해 5G K-SimSys에서는 특별히 Simulation이라는 객체를 추가적으로 정의하였다. 시스템 레벨 시뮬레이션의 메인에서는 Simulation 객체의 5 가지 모듈의 함수를 통해서만 기지국, 단말 객체의 모듈에 속한 함수를 불러 올 수 있도록 약속한다. Simulation 객체의 라이브러리에는 다른 객체의 함수를 불러오는 기능 외에 시뮬레이터 시작 시에 필요한 상수를 초기화해주는 초기화 함수 등 시뮬레이터를 관리하는 기능으로 구성된다.

Simulation 객체는 또한 수직적, 그리고 수평적인 시뮬레이터의 절차를 관리하여 시뮬레이터의 가독성을 높인다. Simulation 객체의 수직적인 흐름은 전체적인 시뮬레이션의 진행과정, 즉 시스템 레벨 시뮬레이터 메인의 흐름이고, 수평적 흐름은 시뮬레이션 객체가 기지국 또는 단말 객체의 함수를 호출을 통해 사용하는 서로 다른 모듈의 함수간의 호출이다. 이러한 수직적 그리고 수평적 흐름은 Simulation 객체의 모듈 라이브러리에 여러 시스템 레벨 시뮬레이터 구조에 특징적으로 정의 되게 된다.

## IV. 5G K-SimSys의 구현과 활용 예

### 4.1 5G K-SimSys Baseline 시뮬레이터

5G K-SimSys는 기본적인 필수적인 feature를 고려하는 구현 예인 5G baseline 시뮬레이터를 구현하기 위해 그림 3과 같이 3D Urban Macro(3D-UMa), 3D Urban Micro(3D-UMi), Rural, Dense Urban, 그리고 Indoor Hotspot 5가지 시나리오를 고려할 수 있는 기본적인 3가지 네트워크 구조를 구현 하였다. 그림 3 (a)는 3D UMi, 3D UMa, 그리고 Rural 환경을 모델링 한 19 cell wrap around 구조이고, 그림 3 (b)는 이를 small cell로 확장한 Dense Urban을 모델링한 구조이다. 마지막으로 그림 3 (c)는 Indoor Hotspot을 모델링한 사각형 형태의 네트워크 구조이다. 이러한 기본적인 네트워크 구조 위에 5G의 baseline 시뮬레이터로서 sub- 6GHz 의 3D 채널(예를 들어, [5]의 채널 모델)에서 동작하는 single layer frequency division duplex(FDD) 시스템을 고려하였다. 구현한 시뮬레이터는 시뮬레이션 객체를 이용하여 main을 구성함으로써 시스템 레벨 시뮬레이터의 복잡한 모듈 구조를 main에서 확인하기 용이하게 하였다. 또한 기지국과 단말 객체의 함수를 이용할 때 시뮬레이션 객체 안에서 반복문 형태로 호출하여 시뮬레이

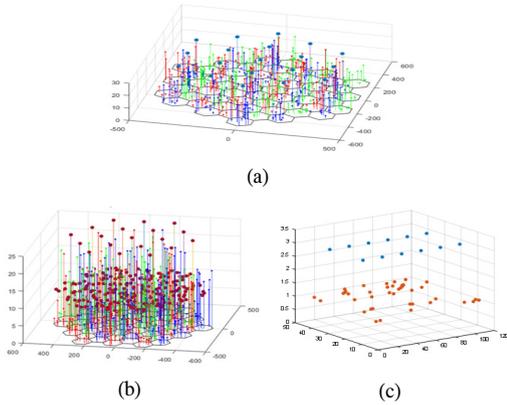


그림 3. 5G K-SimSys 에 구현된 네트워크 구조. (a) 3D Urban Macro, 3D Urban Micro, Rural 환경 (b) Dense Urban, (c) Indoor Hotspot 환경  
 Fig. 3. Network Configurations of 5G K-SimSys (a) 3D Urban Macro, 3D Urban Micro, Rural (b) Dense Urban (c) Indoor Hotspot

터틀 간결하게 구현하였다. 구현한 시뮬레이터의 흐름은 다음과 같다. 먼저 시나리오 별로 시뮬레이터에 필요한 상수들을 초기화 한다. 본 시뮬레이터에서는 [5]의 2 가지 시뮬레이션 시나리오 3D-UrbanMicro (3D-UMi) 환경과 3D-Urban Macro(3D-UMa) 환경을 구현하였다. 그 후, [5]의 채널 발생 절차에 따라, 그림 3 (a)와 같이 3D 공간에 기지국과 단말을 배치한다. 배치한 기지국과 단말 사이에 경로 감쇄, shadowing, 그리고 안테나 이득 패턴을 고려한 시간축의 다운링크 채널과 간섭 채널을 발생시키고, 매 transmission time interval (TTI)마다 discrete Fourier transform (DFT)를 통해 기지국과 단말 사이의 채널을 주파수 축에서 발생 시킨다. 단말은 일정 주기마다 채널 정보를 보고하고, 기지국에서는 이 보고 정보를 바탕으로 스케줄링을 수행한다. 다음과 같은 5G baseline 시스템 레벨 시뮬레이터의 구성은 그림 4의 모듈 다이어그램을 통해 확인할 수 있다.

#### 4.2 5G K-SimSys eMBB 시뮬레이터

그림 4의 모듈 다이어그램은 5G K-SimSys baseline 시뮬레이터를 확장한 5G eMBB 시스템 레벨 시뮬레이터의 5가지 기본 모듈 구조와 주요 라이브러리 함수의 구성을 나타내고 있다. 시뮬레이터는 총 5가지의 모듈로 구성 되어 있다. 그 중 Simulation Top 모듈이 main에서 나머지 4개의 모듈을 호출하여 전체 시뮬레이션의 흐름을 관리한다. Network Configuration 모듈에는 기지국과 단말의 배치와 Traffic Model 등의 함수가 라이브러리화 되어있다.

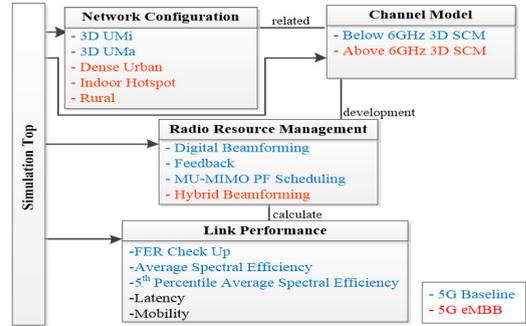


그림 4. 5G K-SimSys 에 구현된 네트워크 구조. (a) 3D Urban Macro, 3D Urban Micro, Rural 환경 (b) Dense Urban, (c) Indoor Hotspot 환경  
 Fig. 4. Network Configurations of 5G K-SimSys (a) 3D Urban Macro, 3D Urban Micro, Rural (b) Dense Urban (c) Indoor Hotspot

기본 시뮬레이터는 [6]의 2 가지 시뮬레이션 시나리오로서 3DUrban Micro(3D-UMi)와 3D-Urban Macro(3D-UMa) 환경을 구현하였다. 다음으로 Channel Model 모듈은 주어진 네트워크 구조와 연동하여 활용 될<sup>6)</sup> 기반의 5G를 위한 채널 모델이 구현 된다. 예를 들어, sub-6GHz 대역의 경우에는 3D Spatial Correlation Model (SCM)을 적용한다. Radio Resource Management 모듈에서는 구현된 채널을 활용하여 무선 자원을 관리하는 Feedback 방식과 패킷 Scheduling등의 기능이 구현되고, 구체적으로는 Digital Beamforming과 MU-MIMO Proportional Fair(PF) 스케줄링 등이 해당된다. 마지막으로 Link Performance 모듈에는 구현한 시뮬레이터에 대한 성능을 계산하기 위한 기능들을 구현해야 하고, 평균 주파수 효율성과 Frame Error Rate (FER)을 측정하는 기능이 되어 있다. 이렇게 라이브러리가 구성된 모듈들은 Simulation Top 모듈을 통해 호출 되고, 추가로 구현되는 함수는 기능에 따라 분류되어 라이브러리화 되기 때문에 시뮬레이터의 가독성이 좋아지고, 필요한 함수의 사용과 관리가 용이하다.

#### 4.3 5G K-SimSys eMBB 시뮬레이터를 이용한 5G eMBB 시스템 성능평가

본 논문에서는 5G K-SimSys를 이용한 성능평가의 한 예로 5G eMBB 서비스 시나리오에서의 시스템 레벨 시뮬레이터를 구축한 후 평균 주파수 효율과 하위 5% 사용자 주파수 효율을 위한 성능평가를 진행하였다. 시뮬레이터 동작을 위한 기본적인 함수는 5G K-SimSys Baseline 시뮬레이터를 활용하였고 5G

eMBB 성능평가를 위해 새롭게 필요한 함수들을 모듈 라이브러리에 추가하면서 시뮬레이터를 구축하였다. 5G eMBB 성능평가를 위해 추가로 구현한 사항은 다음과 같다. [1]의 성능평가 요구사항에 따라 Dense Urban, Indoor Hotspot, 그리고 Rural 환경의 네트워크 구조를 추가로 구현하고, Indoor와 Dense Urban에서 30GHz 채널에서의 성능평가를 요구하기 때문에 above 6GHz 채널 모델을 포함한다. 또한, above 6GHz 채널에서 동작함에 따라 안테나 구조의 복잡도와 성능을 고려한 hybrid beamforming 기능이 구현된다.

구현한 5G eMBB 시뮬레이터는 ITU-R에서의 주파수 효율 성능평가 요구사항에 따라 [1]을 참조하여 표 1과 같은 파라미터를 적용하였고, 이상적인 채널 추정 상황과 feedback 주기가 1ms 인 이상적인 상황을 가정한다. 시뮬레이터 구현의 정확도를 검증하기 위해 채널 calibration<sup>[5,6]</sup>과 baseline 수율 calibration<sup>[3,5,6]</sup>을 수행하였다. 각 calibration은 누적 분포 함수 (cumulative distribution function: CDF) 형태로 여러 기관들의 결과와 비교하여 정확도를 확인하였다. 그림 5는 5G eMBB의 여러 가지 네트워크 환경에서 상향링크 평균 주파수 효율 및 하위 5% 단말의 주파수 효율성 분석 결과를 제시한 것이다. 여기서 모든 시나리오에서 ITU-R의 평균 주파수 효율 요구사항을 만족하고 있음을 확인할 수 있다. 이는 비

표 1. 5G eMBB 시스템 레벨 시뮬레이션 파라미터  
Table 1. System level simulation parameters for 5G eMBB system

Evaluation Configurations for eMBB			
Network Configuration	Indoor Hotspot	Dense Urban	Rural
Device Deployment	100% indoor	80% indoor, 20% outdoor (in-car)	40% indoor, 40% outdoor (pedestrian), 20% outdoor (in-car)
	Randomly and uniformly distributed over the area		
Channel Model	5G-CM [6]		
Carrier Frequency	30 GHz	30 GHz	700 MHz
Number of Antenna Elements per TRxP	256 Tx/Rx	256 Tx/Rx	64 Tx/Rx
Number of UE Antenna Elements	32 Tx/Rx	32 Tx/Rx	4 Tx/Rx
Traffic Model	Full buffer	Full buffer	ll buffer
Simulation Bandwidth	80MHz for TDD	80MHz for TDD	20MHz for TDD

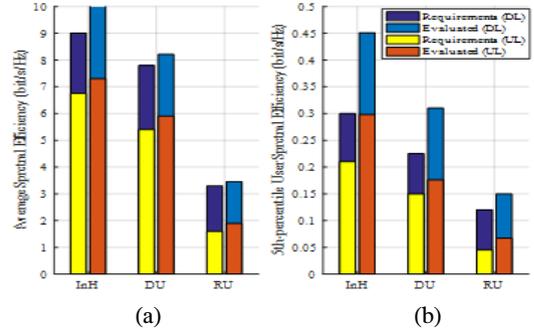


그림 5. 5G K-SimSys 에 구현된 네트워크 구조 (a) 3D Urban Macro, 3D Urban Micro, Rural 환경 (b) Dense Urban, (c) Indoor Hotspot 환경  
Fig. 5. Network Configurations of 5G K-SimSys (a) 3D Urban Macro, 3D Urban Micro, Rural (b) Dense Urban (c) Indoor Hotspot

교적 이상적인 상황을 가정하였기 때문인데, 사용자들이 원하는 상황을 알고리즘으로 구현하여 모듈 라이브러리에 추가 및 변경하면서 보다 현실적인 상황과 가까운 시뮬레이터를 구현할 수 있다.

이와 같이 이미 구현된 5G K-SimSys의 라이브러리에서 필요한 모듈을 선택하고, 사용자가 원하는 시나리오와 알고리즘을 추가로 구현함으로써 목적에 맞는 다양한 형태의 시스템 레벨 시뮬레이터를 유연하게 구성할 수 있다. 만약 모듈 라이브러리에 구현되지 않은 새로운 시나리오에서 동작하는 알고리즘을 테스트하고 싶은 경우에는 사용자가 원하는 시나리오와 해당 알고리즘을 모듈 라이브러리에 기능별, 객체별로 구분하여 라이브러리화 하고, Simulation Top 모듈을 이용하여 각 모듈을 연동하여 시뮬레이터를 구축할 수 있다.

## V. 결론

본 논문에서는 5G 시스템의 다양성과 복잡성에 대응하는 시뮬레이터의 재사용성과 유연성을 지원하기 위한 모듈 개념을 적용하여 5G K-SimSys baseline 시스템 레벨 시뮬레이터를 구현하였다. 또한 이 5G K-SimSys baseline 시뮬레이터의 모듈에 간단한 기능만을 추가하여 5G K-SimSys eMBB 시뮬레이터를 구성하고, 이를 통해 ITU-R에서 제시한 5G eMBB 시나리오에서의 성능평가를 진행하였다. 성능평가에 5G K-SimSys를 에서 개발한 기본 모듈 라이브러리를 활용하였기 때문에 최소한의 알고리즘 구현만으로 5G eMBB의 성능평가를 신속하고 효율적으로 진행할 수 있었다. 따라서 이러한 모듈화 된 시뮬레이터 구조가

5G eMBB뿐만 아니라 여러 가지 다른 5G 시나리오에도 확장되어 적용되고, 나아가 open source 형태로 개방된다면 보다 효율적인 5G 연구 개발 및 검증 체계를 구축할 수 있을 것이다.

### References

- [1] Report ITU-R M.2410-0, *Minimum requirements related to technical performance for IMT-2020.*
- [2] Report ITU-R M.2412-0, *Guidelines for evaluation of radio interface technologies for IMT-2020.*
- [3] 3GPP TR 38.802, *Study on Radio Access Technology Physical Layer Aspects.*
- [4] S. Cho, S. Chae, M. Rim, and C. G. Kang, "System level simulation for 5G cellular communication systems," *ICUFN*, pp. 296-299, Milan, Italy, Jul. 2017.
- [5] 3GPP TR 36.873, *Study on 3D channel model for LTE.*
- [6] 3GPP TR 38.901, *Study on channel model for frequencies from 0.5 to 100 GHz.*
- [7] M. S. Han, J. W. Lee, S. J. Cho, M. J. Rim, and C. G. Kang "System-level performance evaluation with 5G K-SimSys for 5G eMBB system," *KICS Winter Conf.*, pp. 354-355, Jan. 2018.

#### 한 민 식 (Min-sig Han)



2016년 2월 : 고려대학교 전기 전자공학과 학사  
 2016년 3월~현재 : 고려대학교 전기전자공학과 석박사통합과정  
 <관심분야> 이동통신 시스템, 무선통신 네트워크

#### 이 재 원 (Jae-Won Lee)



2014년 2월 : 충북대학교 정보통신공학 학사  
 2014년 3월~현재 : 고려대학교 전기전자공학과 석박사통합과정  
 <관심분야> 이동통신 시스템, MIMO

#### 임 민 중 (Min-Joong Rim)



1987년 : 서울대학교 전자공학과 학사  
 1993년 : University of Wisconsin-Madison, ECE 박사  
 1993년~2000년 : 삼성전자 선임연구원  
 2000년~현재 : 동국대학교 정보통신공학과 교수

<관심분야> 이동통신, 무선통신

#### 강 충 구 (Chung-Gu Kang)



1987년 6월 : Univ. of California (San Diego) 전자공학과 학사  
 1993년 3월 : Univ. of California (Irvine), 전자 및 컴퓨터학과 박사  
 1992년 7월~1993년6월 : (미) Aerospace Corp. 연구원

1993년 3월~1994년 2월 : (미) Rockwell International 연구원

1994년 3월~현재 : 고려대학교 전기전자공학부 교수

2005년 1월~현재 : 한국통신학회 이동통신연구회 위원장/상임이사/부회장/회장

2008년 2월~2012년 12월 : TTA PG702 IMT-WiBro 프로젝트 그룹 의장

2015년 3월~2018년 2월 : 5G Forum 무선기술위원회 위원장

2018년 1월~현재 : 공학한림원 회원

<관심분야> 광대역 무선전송 기술 및 무선자원 제어 프로토콜, 이동통신 시스템, 무선 네트워크 설계 및 분석