

<https://doi.org/10.7236/IIIBC.2019.19.2.53>

IIBC 2019-2-7

## 3GPP UDC 성능 향상에 관한 연구

### A Study on the performance improvement of 3GPP User Data Convergence

전승훈\*, 박철수\*\*, 김진태\*\*\*, 이성화\*\*\*\*

Seunghun Jeon\*, Cheol-Soo Park\*\*, Jin-Tea Kim\*\*\*, Sunghwa Lee\*\*\*\*

**요약** 가입자 및 디바이스의 폭발적인 증가와 복잡한 서비스에 대한 수요와 다양한 요구가 늘어나면서 이를 충족하기 위한 네트워크의 진화는 계속되고 있다. 특히, LTE를 기점으로 하여 LTE 네트워크에서 늘어나는 트래픽과 시그널링 폭증 및 5G로 발전을 위하여 다양한 기술적인 대안들이 나오고 있다. 본 연구는 늘어난 부하와 정보 관리의 복잡도로 인해 야기되는 UDC 성능 문제의 개선에 관한 것으로, 특히, 3GPP 표준 LDAP기반의 Ud 인터페이스 통신 프로토콜과 Private기반의 Ud 인터페이스 통신 프로토콜의 수신 메시지 수 및 응답 메시지수의 처리에 대한 비교 실험을 수행하였다. 결과적으로 새로 정의된 Ud 인터페이스 통신 프로토콜이 Ud 인터페이스방식에 기반한 LDAP보다 평균 1.7배 성능 개선이 이루어진 것을 확인하였다.

**Abstract** In this paper, we propose a new definition for the Private interface communication protocol structures order to improve the performance of LDAP-based Ud interface. Performance tests were separated by LDAP-based interface method and Private based interface method and analyzed the results of the performance test. As a result, it was confirmed the amount of processing of the received message and the response message to the result of the performance test that the Private based Ud interface method is 1.7 times(avg.) higher than the LDAP based Ud interface method.

**Key Words** : 3GPP, UDC, Ud Interface

## 1. 서론

UDC(User Data Convergence)는 가입자 정보 기반의 여러 NE(Network Entity)를 통합함으로써, 가입자 및 디바이스의 폭발적인 증가와 복잡한 서비스에 대한 요구사항에 충족할 수 있게 되었지만 여러 NE들을 수용함에 따라 더욱 증가된 시그널링과 통합으로 가입자 정보를 관리하기 위하여 발생된 관리 체계의 복잡도 및 부하의 증가가 야기되었고, 이로 인하여 UDC의 전반적인 성능 저

하 문제가 발생되었다<sup>[1][3]</sup>.

본 논문에서는 Ud 인터페이스 통신 프로토콜 개선을 통한 FE(Front end)와 BE(Back End) 사이의 병목을 해소함으로써 전반적인 성능 개선을 목적으로 하고 있으며, 3GPP 표준 LDAP기반의 Ud 인터페이스 통신 프로토콜과 성능 개선을 위하여 새로 정의되는 Private기반의 Ud 인터페이스 통신 프로토콜의 수신 메시지 수와 응답 메시지수의 처리에 대한 비교 실험을 하여 새로 정의된 Ud 인터페이스 통신 프로토콜이 UDC 성능 개선에 얼마나

\*정희원, 제주한라대학교 정보통신과  
접수일자 : 2019년 1월 8일, 수정완료 : 2019년 3월 8일  
게재확정일자 : 2019년 4월 5일

Received: 8 January, 2019 / Revised: 8 March, 2019 /

Accepted: 5 April, 2019

\*Corresponding Author: hwa2@chu.ac.kr

Dept. of Information and Communication Eng., Cheju Halla University, Korea

영향을 주는지를 분석하고자 한다.

## II. User Data Convergence

### 1. UDC 개요

가입자의 증가와 서비스 확장에 따른 네트워크 트래픽의 증가로 인해 이러한 가입자 기반의 네트워크 장비들은 증설이 되어 일반전화망, 패킷통신망, 인터넷 멀티미디어 시스템 등의 서비스 영역에 따라 서로 다른 네트워크 장비들로(NE) 망간의 연동은 더욱 복잡해지게 된다. 이로 인해 가입자 기반의 정보들의 동기화, 데이터 상호 연관성, 중복성 및 무결성 확보에 많은 고려사항과 문제점들이 나타나고 있다. 그림 1은 일반적인 3GPP UDC를 나타낸 것으로 각각의 NE들은 개별적으로 UDR(User Data Repository)를 구성하여 사용자 정보(User Data)의 저장 및 관리를 하고 있다. 서로 다른 사용자 정보 토폴로지에 대한 액세스는 복잡한 네트워크 토폴로지에서 메시지 처리를 위한 지연뿐만 아니라 새로운 서비스를 빠르게 적용하는데 많은 애로 사항이 있다<sup>[4][5]</sup>.

3GPP User Data convergence(UDC)는 이러한 문제점을 보완하고 좀 더 효율적인 사용자 정보의 관리를 목적으로 스토리지와 데이터 모델을 제공한다.

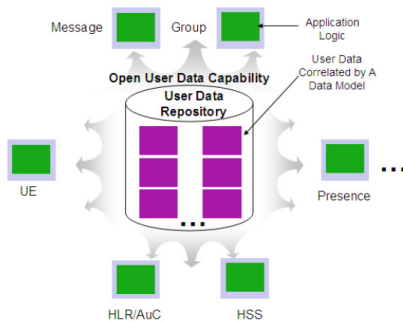


그림 1. User Data Convergence 개념  
Fig. 1. Concept of User Data Convergence

3GPP UDC는 LTE 기반의 이동통신망에 산재되어 있는 가입자 기반의 네트워크 장비들을(NE) 하나로 통합하여 전체 네트워크 토폴로지와 인터페이스를 단순화 하고, 데이터의 중복성을 제거하여 무결성을 확보할 수 있게 되며, 새로운 데이터 서비스를 위하여 새로운 서

비스의 생성을 신속하게 할 수 있게 해준다.

UDC의 동작과 구현을 위하여 3GPP에서는 네가지 요구사항을 정의하였다.

첫째, 이중화/확장성/부하제어는 단일 장애 포인트 방지를 위하여 이중화되어야 하며, 특히 가입자 정보는 LTE 호 처리에 가장 기본이 되는 정보를 제공하고 있기 때문에 장애 발생 시에는 전체적인 LTE 호 처리에 문제가 발생할 수 있으므로 지역 이중화 데이터 복제와 같은 이중화는 기본적으로 제공되어야 한다. 또한, 확장성도 보장되어야 하며, 네트워크 트래픽 급증으로부터 UDC 시스템을 보호하기 위한 부하 제어 기능도 제공되어야 한다.

둘째, UDC 인터페이스는 UDC와 관련성이 있는 여러 네트워크 장비로부터 데이터를 액세스할 수 있는 인터페이스를 제공해야 하며, 제공되는 인터페이스를 이용하여 사용자 데이터의 추가, 삭제, 갱신, 조회가 가능해야 한다. 이 인터페이스의 성능이 전체적인 UDC시스템의 성능을 좌우할 수 있는 중요한 파라미터라고 볼 수 있다.

셋째는 UDC는 사용자 정보를 통합 관리하는 시스템이며, OSS/BSS(Operating Support System / Business Support System)를 통하여 가입자 정보의 변경, 추가, 삭제, 조회가 될 수 있는 프로비저닝을 위한 전용 인터페이스가 확보되어야 한다. 이러한 전용 프로비저닝 인터페이스를 통하여 정보를 최신으로 유지할 수 있게 되어 서비스 및 가입자에 대한 설정을 할 수 있게 된다.

넷째, 접근제어가 있다. UDC는 상당히 민감한 정보들을 다루는 시스템으로 UDC 접근에 대한 제어가 반드시 필요하다. 즉, 인증되고 권한이 부여된 사용자 및 네트워크 장비에 한하여 한정적인 UDC 액세스에 대한 접속권이 부여되어야 하며 인증 및 권한 부여는 아래 조건에 따라 정의될 수 있다.

- 어플리케이션 종류(Application Type)
  - 어플리케이션 구분자(Application Identifier)
  - 요청된 사용자(Required User)
  - 요청된 사용자 정보(Required User Information)
  - 요청종류[request type(query, modify, create, delete)]
- 이러한 UDC 요구사항들의 수용을 통하여 UDC는 새로운 아키텍처를 가지게 된다<sup>[3]</sup>.

### 2. UDC 구조

UDC는 FE(Front End)와 BE(Back End)로 구성이 된

다. FE는 네트워크 장비와 연동을 통하여 시그널링 메시지를 처리하며 BE는 UDR 부분으로 사용자 정보를 통합 관리 하는 데이터베이스의 형태를 가지게 된다. 그림 2는 3GPP TS23.335에서 제시하는 UDC 참조 구조이며, FE와 NE 간의 인터페이스는 FE에서 제공하는 기능에 따른 참조점에 따라 다양한 표준 인터페이스와 프로토콜을 제공한다. FE와 BE 사이는 Ud로 인터페이스가 정의되었으며, 이를 통하여 FE와 BE 간의 데이터 처리가 이루어진다. 어플리케이션 프론트엔드(Application FrontEnd)는 일반적인 가입자 기반의 네트워크 장비와 연동을 한다<sup>[2]</sup>.

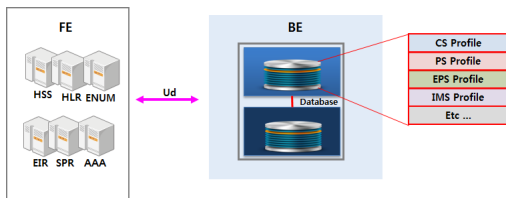


그림 2. UDC 참조 구조  
 Fig. 2. Reference Architecture of UDC

UDC에서 제공하는 인터페이스는 FE, BE 별로 구분 이 되며, FE는 동작하는 기능에 따라 제공하는 인터페이스가 결정이 된다. 특히 FE와 BE간의 인터페이스는 Ud로 표준화되어 있다. Ud 인터페이스는 FE와 BE 간의 연동 인터페이스로서 3GPP TS 23.335에 정의가 되어 있으며 LDAP, SOAP을 기본적으로 사용하게 되어 있다. 이러한 UDC구조를 통하여 네트워크 구성 단순화, 프로비저닝 트래픽 감소 효과 및 절차의 단순화, 데이터 무결성 보장, CAPEX/OPEX 절감 등 장점이 있다.

### 3. UDC 동작원리

UDC의 FE들에 의하여 요청되고 요구되어지는 각종 메시지에 따라, BE와 FE는 서로 다른 동작을 수행하게 된다. FE는 연동하는 NE의 메시지에 따라 어떤 기능을 수행하는지가 정해지며 NE와의 통신을 통하여 FE간 또는 FE와 BE 사이의 정보 흐름이 결정되며, 이에 따라 동작 절차에 차이가 있다. 가입자 정보를 통합 관리하는 UDR은 FE의 동작에 따라 사용자 정보 조회, 사용자 정보 추가, 사용자 정보 삭제, 사용자 정보 갱신, 사용자 정보 통보 절차를 수행하게 된다. 이러한 UDC의 동작 절차는 가입자 기반 정보를 통하여 여러 형태로 동작하는 FE

를 수용할 수 있도록 절차/동작을 표준화하여 다양한 특성을 갖는 여러 종류의 FE를 UDC 안으로 수용할 수 있도록 한다<sup>[2]</sup>.

### 4. UD 인터페이스

UDC에서 FE와 BE(UDR) 사이는 Ud참조점으로 3GPP TS(Technical Specification)으로 정의되어 있다. 3GPP에서 Ud는 기본적으로 LDAP(Lightweight Directory Access Protocol)과 SOAP(Simple Object Access Protocol)을 표준으로 사용하고 있다. Ud 인터페이스에서 Data Access Message를 위하여 LDAP을 가입 메시지와 통보 메시지를 위하여 SOAP을 사용한다. FE와 UDR 사이에서 어떤 종류의 메시지 절차를 사용하는가에 따라 LDAP과 SOAP를 선택적으로 사용하게 된다. LDAP은 IETF RFC 4510, 4511로 정의되었으며 Ud 인터페이스에서 데이터를 접근하기 위한 목적으로 활용이 된다. UDC에서 SOAP은 가입이나 통보 목적으로 사용한다. SOAP은 HTTP Post Method를 사용하며 XML 스키마(Schema)는 OASIS "Directory Services Markup Language v2.0" <http://www.oasis-open.org/> 기반으로 정의한다<sup>[7]</sup>.

LDAP은 UDC의 접근 데이터 메시지를 위하여 사용이 되며, SOAP은 S/N 용도로 사용하는 것을 3GPP에서 권장을 한다. LDAP은 쓰기 작업보다 읽기 작업에 더 적합하며 그 중에서도 특정 데이터를 찾는 작업에 더욱 적합한 프로토콜이라고 할 수 있다. 즉, 읽기 전용 서비스에 최적화되어 있다.

실제 이동통신망에서 UDC는 통상적으로 읽기/쓰기 동작의 비율이 7:3 정도가 되며, UDC의 UDR의 DB 스키마는 여러 FE의 데이터를 통합 수용해야 하므로 그 복잡도와 가입자 당 데이터 사이즈는 매우 크다고 할 수 있다. 이동통신망에서는 데이터 속도 향상을 위하여 점점 더 높은 대역의 주파수를 활용하게 되고 통신망 주파수가 높아질수록 한 개의 기지국이 서비스할 수 있는 기지국 커버리지는 점점 작아지게 된다. 커버리지가 작아지게 되면 단말기의 핸드오버가 빈번하게 일어나게 되어 UDC의 HSS FE를 통하여 위치등록이 매우 빈번하게 발생하며, 다양한 요금제 및 서비스로 인하여 OSS/BSS을 통하여 빈번한 프로비저닝에 의한 가입자/서비스 프로파일의 변경이 발생되게 된다. 위치등록의 발생빈도와 OSS/BSS의 프로비저닝에 의한 가입자/서비스 프로파일

의 변경 요청으로 인하여 UDC의 BE에 더 많은 DB 쓰기 동작이 증가하게 된다. 뿐만 아니라 이동통신사업자의 로밍 정책, 로밍 프로시저, 비즈니스 정책, 치국정책(cell planing Rule) 등에 따라 쓰기 동작 비율은 더 늘어날 수 있다.

DB 쓰기 동작은 LDAP을 활용하고자 하는 본래의 목적에 정면으로 배치됨으로써 UDC의 전반적인 성능 저하 현상을 발생시키게 된다. 이러한 성능 저하 현상은 대용량 가입자를 수용하는 구조를 가진 UDC에서는 치명적인 약점이라 할 수 있다. 즉, 대용량 가입자 정보를 수용하고 있는 UDC에서 성능 저하는 이동통신 서비스의 지연을 발생 시켜 서비스의 질을 저하 시키게 되는 문제점을 야기하게 된다. 특히, UDC의 성능 저하는 고속으로 많은 데이터 서비스를 처리하기 위한 LTE의 성능 저하로 이어지게 되어 전체 LTE 이동통신망 성능에 영향을 주게 된다<sup>[8][9]</sup>.

### III. 3GPP UDC 성능 실험

실제로 UDC 구성 상에서는 많은 FE들이 사용되지만, 이번 실험에서는 그림 3의 실험 연동 구성도와 같이 LTE-HSS, IMS-HSS, EIR, ENUM(tElephone Number Mapping)에 대하여 대상을 한정하여 실험을 하며 MME(Mobility Management Entity), CSCF(Call Session Control Function)는 시뮬레이터를 이용하여 실험망을 구성하였다.

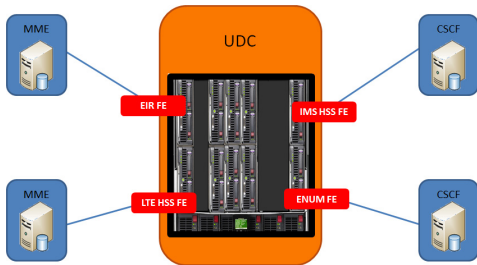


그림 3. 연동 구성도  
Fig. 3. Diagram of

또한, 정확한 실험을 위하여 실제로 이동통신망(LTE)에서 많이 사용되는 하드웨어 플랫폼을 사용하였으며, HP 블레이드 플랫폼 기반의 C7000 새시와 BL460Gen8 블레이드 서버로써 그림 3-5의 C7000 새시 형상 정보와

같은 형태로 시스템을 구성하였다.

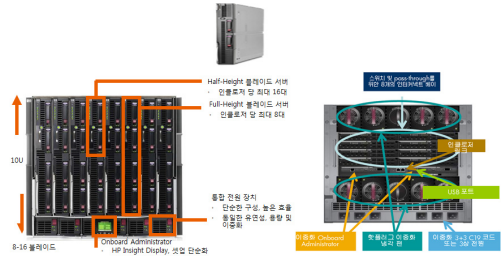


그림 4. C7000 Chassis 형상  
Fig. 4. Configuration of C7000 Chassis

UDC 시스템 부분 서버는 실제 기능 부분으로 FE/BE 사이를 Ud 기반의 LDAP 소프트웨어 패키지와 별도 연동 구조 기반의 소프트웨어 패키지로 구성되며 BE 기능으로 사용되는 SDM은 MMDB(Main Memory DB)를 적용하며 Oracle사의 TimesTen을 사용한다. 실험에 사용이 되는 시뮬레이터는 다이어미터 시그널 메시지, DNS Query 메시지를 생성한다. LTE HSS, IMS HSS, EIR 과 연동을 하는 MME, CSCF의 역할을 수행하며 Diameter 기반의 시그널 메시지를 발생한다. 발생하는 시그널 메시지는 3GPP에서 정한 규격 기반으로 동작을 수행한다. 또한, ENUM 과 연동을 하는 CSCF의 역할을 수행하며 DNS기반의 Query 메시지를 생성한다. OMP 부분은 운용/관리 기능으로서 UDC 시스템의 환경설정, 파라미터 설정, 시뮬레이터에서 발생한 시그널 메시지를 UDC가 정확하게 처리하고 정상적으로 동작하고 있는지를 확인하고 검증하기 위한 UI(User Interface)를 통한 통계 정보 기능을 제공한다.

표 1. 실험 서버 사양  
Table 1. Specification of Experimental Server

FE	Model	CPU	Memory	수량
LTE-HSS	HP ProLiant BL460c G8	Intel(R) Xeon(R) CPU E5-2667 v2 @ 3.30GHz * 2 (2P 16Core)	32G	2
IMS-HSS	HP ProLiant BL460c G8	Intel(R) Xeon(R) CPU E5-2667 v2 @ 3.30GHz * 2 (2P 16Core)	32G	2
EIR	HP ProLiant BL460c G8	Intel(R) Xeon(R) CPU E5-2667 v2 @ 3.30GHz * 2 (2P 16Core)	32G	2

ENUM	HP ProLiant BL460c G8	Intel(R) Xeon(R) CPU E5-2667 v2 @ 3.30GHz * 2 (2P 16Core)	32G	2
SDM(UDR)	HP ProLiant BL460c G8	Intel(R) Xeon(R) CPU E5-2630 v2 @ 2.60GHz * 2 (2P 12Core)	96G	2
L2 Switch	CISCO	Layer 2 Switch 2960	-	1
OMP	HP ProLiant DL 380 G8	Intel(R) Xeon(R) CPU E5-2630 v2 @ 2.60GHz * 2 (2P 12Core)	32G	1
Diameter Simulator	HP ProLiant DL 380 G8	Intel(R) Xeon(R) CPU E5-2630 v2 @ 2.60GHz * 2 (2P 12Core)	32G	1
ENUM Simulator	HP ProLiant DL 380 G8	Intel(R) Xeon(R) CPU E5-2630 v2 @ 2.60GHz * 2 (2P 12Core)	32G	1

선함으로써 LTE HSS는 1.8배(189%), IMS HSS는 1.9배(192%), EIR은 1.5배(152%), ENUM은 1.7배(170%)의 성능 향상을 확인하였으며, 평균적으로는 1.7배(176%)의 성능 개선 효과를 확인하였다.

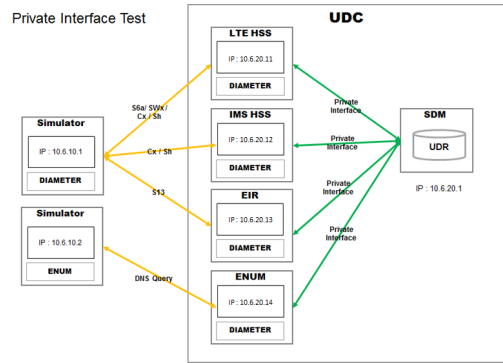


그림 5. 별도 연동 구조 기반의 실험망 네트워크 다이어그램  
 Fig. 5. Diagram of Experimental Network based with a separate linkage configuration

#### IV. 실험 및 결과

LTE HSS 성능 실험 시나리오는 S6a(MME ↔ HSS), SWx(AAA ↔ HSS) 참조점 기반으로 실험을 진행하며, Authentication Information, Update Location, Cancel Location, Notify, Multimedia Auth, Server Assignment의 6가지 동작을 기준으로 실험을 한다. LTE HSS, IMS HSS, EIR, EUNM별로 실험에 사용하는 메시지 별로 발생하는 트래픽 횟수를 정하였으며, 시뮬레이터는 정의된 메시지별로 발생하는 트래픽 횟수에 따라 트래픽 발생 시나리오를 정하고 이에 맞게 동작을 한다.

실험 방법은 단위 시간 당 메시지 처리 성능 비교 방식을 취하며 별도의 연동 구조 방식과 Ud기반의 LDAP 방식을 각각의 인터페이스별 메시지 처리 횟수에서 정의된 메시지 종류 및 발생 횟수를 1시간 동안 지속적으로 반복을 하여 총 처리 메시지수를 비교하는 방법으로 한다.

실험 결과 평균적으로 LDAP 방식의 통신 프로토콜을 이용하는 것보다 별도의 연동 방식의 통신 프로토콜을 이용하여 UDC의 Ud 인터페이스에 적용하는 것이 평균적으로 175%의 성능 개선 효과를 얻을 수 있었다.

3GPP 표준에서 정의한 LDAP기반의 Ud 인터페이스 통신 프로토콜 대신 성능 향상을 위하여 별도 연동 구조 기반 Ud 인터페이스 통신 프로토콜로 새로 정의하여 개

표 2. 별도 연동 구조 방식과 LDAP방식의 성능 차이

Table 2. Difference in performance between separate linkage method and LDAP method

FE 별	별도 연동 구조 방식	Ud 기반의 LDAP 방식	LDAP 대비 별도 연동 구조 방식의 성능 차이	
	Attempt Count (횟수)	Attempt Count (횟수)	Attempt Count 차이 (횟수)	성능개선 (%)
HSS (LTE)	2203207	1167696	1035511	188.7
HSS (IMS)	2187328	1137411	1049917	192.3
EIR	2588422	1708344	880078	151.5
ENUM	2271633	1340244	931389	169.5
평균	2,312,648	1,338,424	974,224	175

#### V. 결론

본 논문에서는 늘어난 부하와 복잡도로 인해 야기되는 UDC의 성능 문제에 대한 개선의 필요성을 제기하였으며 특히, Ud 인터페이스 개선을 통한 FE와 BE 사이의 병목을 해소함으로써 전반적인 성능 향상을 제안하였다. 표준에서 정의한 LDAP기반의 Ud 방식 대신 별도의 연동 구조 방식으로 Ud 인터페이스 통신 프로토콜 방식을 개선함으로써 LTE HSS는 1.8배(189%), IMS HSS는 1.9

배(192%), EIR은 1.5배(152%), ENUM은 1.7배(170%)의 성능 향상을 확인하였으며, 평균적으로는 1.7배(176%)의 성능 개선 효과를 확인하였다.

3GPP에서 제시한 표준방식에서 벗어났기 때문에 다양한 벤더와 연동에는 다소 문제가 있을 수 있는 것은 사실이지만, 급증하는 사용자와 디바이스 정보를 통합 관리함으로써 전반적인 이동통신망의 품질과 성능을 향상시킬 것으로 기대가 된다.

## References

- [1] HSS Front-End implementation for a large scale common HLR/HSS; PraveenKumar Bhadrapur. 2012.10
- [2] User Data Convergence(UDC) Technical realization and information flows; TS 23.335
- [3] Nokia Siemens Networks Subscriber Data Management Strategic data consolidation; C401-00236-WP-200806-2-EN
- [4] Service requirements for the User Data Convergence (UDC); TR22.985
- [5] Network architecture; 3GPP TS 23.002
- [6] K.N. Kim, S.H. Lee, J.T. Kim, "Implementation of Dedicated Power Line Filter for HEMP Protection", The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication, Vol. 16, No. 4, pp.47-52, Aug. 31, 2016.
- [7] OASIS "Directory Services Markup Language v2.0" <http://www.oasis-open.org/>
- [8] <https://doi.org/10.5762/KAIS.2015.16.9.6260>
- [9] ELUON UDC deployment strategy for LTE v1.0; 2014.8
- [10] <https://doi.org/10.5762/KAIS.2014.15.11.6838>

## 저자 소개

### 전 승 훈(정회원)



- 2001년 : 수원대학교 공과대학 정보통신공학과 졸업(공학사)
- 2016년 : 건국대학교 정보통신대학원 정보통신학과 졸업(공학석사)
- 정보통신기술사, 국제기술사(정보공학)
- 2001년~2005년 : ㈜에어미디어
- 2005년~2012년 : ㈜유프레스트
- 2012년~2018년 : ㈜이루은
- 2018년~현재 : ㈜아이페이지온
- 주관심분야 : LTE-x, 5G, MCPTT, NFV/SDN

### 박 철 수(정회원)



- 1995년 : 건국대학교 공과대학 전자공학과 졸업(공학사)
- 2007년 : 성균관대학교 경영대학원 경영학과 졸업(경영학석사)
- 1995년~현재 : (주)SK텔레콤 부장
- 2019년 : 서울과학기술대학교 나노IT디자인융합대학원 정보통신미디어 박사과정
- 주관심분야 : IoT, 스마트시티, 빅데이터, 5G>

### 김 진 태(정회원)



- 1991년 : 건국대학교 공과대학 전자공학과 졸업(공학사)
- 1993년 : 건국대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
- 1999년 : 건국대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)
- 2004년~현재 : (주)파이브텍 대표이사
- 1999년~현재 : 건국대학교 정보통신 대학원 정보통신학과 겸임교수
- 주관심분야 : Real-Time System and Mobile IoT System

### 이 성 화(중신회원)



- 1989년 : 건국대학교 공과대학 전자공학과 졸업(공학사)
- 1991년 : 건국대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
- 1998년 : 건국대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)
- 1991년~1993년 : 롯데전자(주) 연구원
- 1999년~현재 : 제주한라대학교 정보통신과 교수
- 주관심분야 : IoTE, 빅데이터, 정보보안