

# 사용자 중심 통신 기술 프레임워크

김지수 | 이민 | 김재현 | 오성근  
아주대학교

## 요약

본 논문에서는 사용자 중심 통신을 위한 프레임워크를 제시한다. 먼저 사용자 중심 통신의 개념을 소개하고 이를 위한 망구조와 단말 프로토콜 스택 구조를 제안한다. 제안하는 망구조에서는 다중셀 환경에서 사용자 중심 통신을 위한 망 요소들의 필요기능을 정의하고 사용자 QoE (Quality of Experience) 제공을 위한 다중경로 통신 구조를 설명한다. 단말 프로토콜 스택 구조는 기존 망 중심 기술의 단말과 비교하여 사용자 중심 통신 기술에 필요한 SCM (Service Continuity Management)와 같은 추가 프로토콜 스택을 소개하고 각 스택별 기능을 정의한다. 마지막으로 이동통신의 중요한 성능지표인 이동성 성능을 평가하기 위해 망 중심 통신 기술과 사용자 중심 통신 기술의 핸드오버 지연시간을 각각 분석을 하고 비교하여 사용자 중심 통신 기술을 통해 빠른 이동성을 보장할 수 있다는 사실을 보인다.

## 1. 서론

현존하는 이동 통신망들은 2세대 통신망, 3GPP 계열의 3세대 이동통신망인 WCDMA 망, IEEE 802.16e 기반의 WiBro 망, IEEE 802.11 기반의 WLAN 망이 상호 공존하고 있으며 향후 등장할 4세대 이동통신망이 상용화 될 경우 다

양한 상용 무선망이 공존하는 환경은 더욱 가속화 될 것으로 예상된다. 또한 기존의 기지국과 동일한 주파수를 사용하여 통신하는 relay 및 femto-cell이 혼재하는 동일망 다중셀 환경도 확대 될 것으로 예상된다.[1] 사용자 단말의 측면에서는 최근 대중화되고 있는 스마트폰과 같이 WCDMA, WLAN, LTE, WiMAX 등 멀티모드를 지원하는 단말이 확대되고 있다. 또한, Ethernet망이나 WLAN망 뿐만 아니라 USB를 통해 WCDMA 망, WiBro 망과도 연결이 가능하여 높은 망 접속 확장성을 제공하는 노트북도 등장하고 있어 사용자 단말에 대한 단일 접속 기술의 지배력이 점차 약화되고 있으며, 이러한 멀티모드 단말은 구글의 안드로이드와 같은 오픈 소스 플랫폼 기반으로 사용자가 자유롭게 단말 제어가 가능해지고 있다. 이러한 현상은 기술적인 측면에서는 첨단 기술의 도입을 통한 기술적인 우위를 제공할 수 있으나 경제적인 측면에서는 하나의 사업자가 다양한 접속망을 설치하고 유지함에 따라 과도한 망 설치 및 운용비용의 증가를 야기할 수 있다. 또한 통신 시장이 협소한 나라에서는 새로운 무선 접속 기술이 시장에서의 기술적 우위를 통해 새로운 이윤을 창출 할 수 있으나 우리나라와 같이 이동 통신 시장이 포화 상태인 나라에서는 기존 접속 기술과의 과도한 경쟁으로 경제성을 감소시킬 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위한 가능한 해결책 중의 하나는 개방된 형태의 망 서비스 전환이 있을 수 있다. 개방된 형태의 망 서비스는 기존에 사용자가 하나의 접속망과 결합된 형태로 통신서비스를 수행하는 것이 아니라 사용자가 다양한 접속망과 연결되어

본 연구는 지식경제부 및 한국산업기술평가관리원의 산업원천기술개발사업(정보통신) 일환으로 수행하였음. [KI002116, 사용자 중심 이동성 제어를 통한 중단 없는 이동성 제공 기술 개발]

통신 서비스를 제공받는 형태의 망 서비스이며 궁극적으로는 사용자가 통신 서비스를 제공받는데 있어서 현재 연결된 망에 대한 인식 없이 자유롭게 통신을 수행하는 ABC (Always Best Connected) 형태가 될 것으로 예상된다 [2],[3],[4]. 이러한 통신환경에서는 MADM(Multiattribute decision-making)과 같이 사용자가 서비스 비용, 객관적 서비스 품질 뿐만 아니라 보안 또는 부가 서비스와 같은 요소를 고려한 QoE(Quality of Experience)를 기반으로 통신 서비스를 제공받을 접속망을 직접 선택하도록 하는 기술이 중요시 되고 있다[5], [6], [7], [8], [9]. 하지만 기존의 망 중심의 이동성 제공 기술에서는 이종망간 이동을 위해서 과도한 제어신호에 따른 오버헤드가 발생하게 되고 액세스 망 선택시 사용자의 선호도를 고려하기 힘들다. 따라서 본 논문에서는 사용자 중심 통신을 위한 프레임워크를 제안한다. 이 기술은 사용자가 QoE에 기반하여 목표 품질을 만족하기 위해 망 연결과 이종망간 이동을 자체적 또는 주도적으로 수행하여 ABC를 실현하는 것이다. 사용자 중심 통신 기술은 이종망/다중셀간 이동을 위한 과도한 제어신호 오버헤드를 줄일 수 있고 새로운 망 출현에 따라 그에 대한 서비스를 필요로 하는 사용자 단말에게만 새로운 접속 기능을 추가하여 망 변화에 능동적으로 대응이 가능하다.

〈표 1〉 망 중심 통신과 사용자 중심 통신 비교

	망 중심	사용자 중심
연결 제어 주체	Network Coordinator	User Terminal
제어 방식	Coordinator-based	Coordinator-free
제어 레벨	L1/L2/L3 세션제어	L1/L2/L3/L4 이상 세션제어
제어 파라미터	QoS 파라미터	QoS/QoE 파라미터

## II. 사용자 중심 통신 기술

### 1. 사용자 중심 통신 기술 특징

〈표 1〉은 사용자 중심 통신 기술의 특징을 나열한 것이다. 각 세부항목별 내용은 다음과 같다.

#### 1) 연결 제어 주체

사용자 중심 통신 기술의 가장 큰 특징은 사용자 단말이 연결 제어의 주체라는 것이다. 다중셀/이종망으로 구성된 통신환경에서 망 중심 통신 기술은 기지국간 또는 접속망간 정보를 교환하고 제어할 수 있는 Network Coordinator가 존재하여 단말의 연결을 제어하는 반면, 사용자 중심 통신 기술에서는 사용자 단말이 직접 접속 망을 선택하고 연결 및 변경을 수행한다.

#### 2) 제어 방식

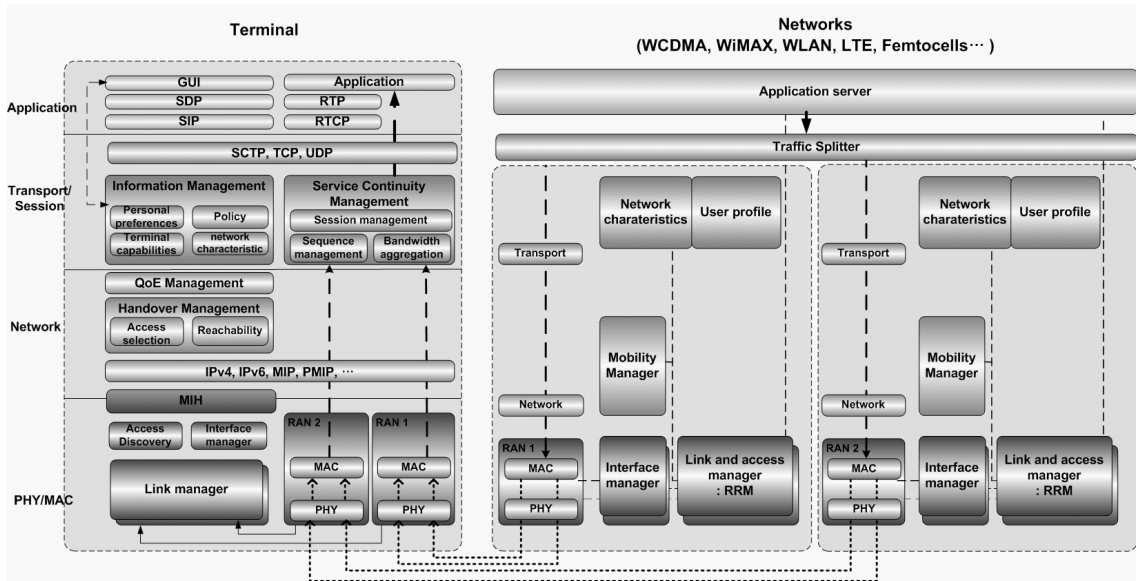
제어 방식에 있어서 망 중심 통신 기술은 Network Coordinator가 기지국간 또는 접속망간 단말의 정보를 교환할 수 있도록 하고 제어메시지를 전달하여야 한다. 이는 오버헤드를 발생시키고 제어메시지가 망을 거쳐 기지국에 전달되므로 다중셀 또는 이종망과 같이 동일한 Gateway에 접속되어 있지 않은 기지국간에는 지연도 크게 발생할 수 있다. 또한 접속망이 확장되고 종류가 증가하면 Network Coordinator 역시 확장 또는 복잡해져야 한다. 하지만 사용자 중심 통신 기술에서는 사용자 단말이 직접 연결을 관리하고 제어함으로써 Coordinator가 필요하지 않다. 그리고 제어메시지를 접속 대상 기지국에 직접 전달하여 전달 지연을 줄이고 네트워크 오버헤드를 감소시킬 수 있다. 또한 접속망이 확장되거나 새로운 접속망이 설치되어도 단말이 RAT를 지원하는 범위내에서 접속망에 관계없이 다중 접속 제어 및 이동성 제어를 할 수 있다.

#### 3) 제어 레벨

망 중심 통신 기술에서는 망 요소들의 계층구조의 한계로 L3 이하 계층까지의 세션만 제어가 가능하다. 하지만 사용자 중심 통신 기술에서는 사용자 단말에서 세션을 제어하므로 End-to-End 전송계층 또는 응용계층인 L4 이상 계층까지도 세션을 제어하여 서비스를 제공할 수 있다. 이는 하나의 서비스에 대해서 다중 세션을 연결하거나 다수의 서비스를 각각 다른 접속망을 통해서 서비스할 수도 있는 것을 나타낸다.

#### 4) 제어 파라미터

기존의 망 중심 통신 기술에서는 하위 계층의 QoS 파라미



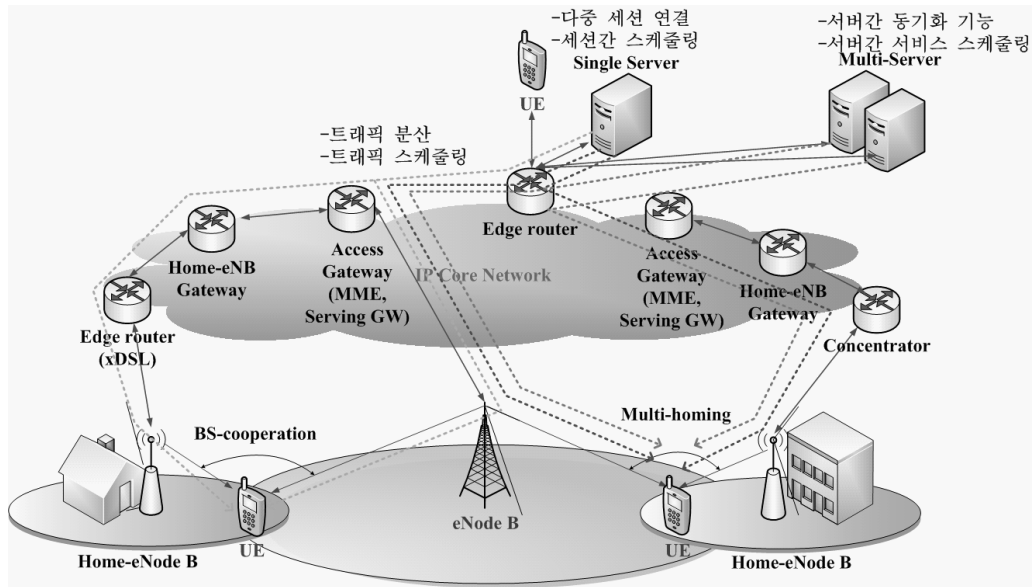
(그림 1) 사용자 중심 통신의 계층별 요구 기능 및 관계도

터 활용하여 통신을 제어하였지만 사용자 중심 통신 기술에서는 단말의 응용계층 정보를 활용할 수 있기에 QoS 파라미터와 더불어 QoE 파라미터까지 고려할 수 있다. 따라서 사용자 측면에서 만족도를 향상시키고 정확한 양의 무선자원을 활용하여 접속망 측면에서의 무선자원의 활용성도 높일 수 있다.

### 5) 사용자 중심 통신 기술의 계층 구조와 관계

(그림 1)은 사용자 중심 통신 기술의 계층 구조 및 관계도를 나타내고 있다. 사용자 단말은 SIP와 같은 시그널링 프로토콜을 사용하여 응용 서버에 서비스를 요청하고 응용 서버는 사용자 단말에게 서비스 트래픽을 전송한다. 이때, 서비스 트래픽은 응용 서버 또는 망에 존재하는 Traffic splitter에서 사용자가 요구한 서비스 트래픽을 분할할 수 있다. 분할된 트래픽의 경로에 관한 정보는 사용자 단말로부터 수신하거나 망으로부터 획득할 수 있다. 사용자 단말은 그림과 같이 복수의 경로를 통해 응용 서비스 트래픽을 수신하기 위하여 응용서비스 트래픽을 전송할 망을 연결하고 유지하기 위한 기능을 수행할 필요가 있다. 이를 위하여 Information management에서는 사용자의 접속망 선호 정보, 사용자 단말기 정보, 정책 및 하위 계층으로부터 획득한 망 특성 등에

관한 정보를 수집하고 Service continuity management 또는 QoE management에서 수집된 정보를 바탕으로 망을 선택할 수 있다. 망의 특성에 관한 정보는 망 탐색 과정을 통해 직접 획득하거나 접속망에 요청하여 정보를 획득할 수 있다. 망으로부터 정보를 획득할 경우 망에 위치한 Interface manager와 Link and access manager와 직접적인 통신을 통하여 획득할 수 있다. 사용자 단말기 측에 존재하는 Link manager는 수집된 접속망 정보를 상위계층이 인식할 수 있는 정보로 변환하여 전송하며 변환된 정보는 Information management에 저장될 수 있다. 만약 서비스 트래픽을 전송하는데 있어서 사용자의 QoE를 만족시키지 못할 경우 사용자 단말은 새로운 경로를 설정하기 위하여 접속 가능한 망을 탐색하고 응용 서비스 트래픽을 전송하는데 요구되는 자원을 탐색된 접속망과 직접 협상을 수행할 수 있다. 이때, 협상을 완료하여 접속을 승인한 접속망은 사용자 단말이 요청한 응용 서비스 트래픽을 전송하기에 충분한 자원을 할당하여야 한다. 이러한 과정을 완료하면 사용자 단말기 측의 Link manager는 접속 경로에 관한 정보를 상위 계층에 전달하고 상위 계층은 Traffic splitter가 새로운 경로로 응용 서비스 트래픽을 전송하도록 경로에 관한 정보를 전송한다. 이때 기존 QoE를 만족시키지 못한 서비스 플로우를 종료될



(그림 2) 사용자 중심 통신을 위한 망 구조

수도 있으며 백업 경로로 정보만 유지될 수도 있다.

## 2. 사용자 중심 통신을 위한 망 구조

본 절에서는 사용자 중심 통신을 위한 기본적인 참조망 구조를 보여주고, 망 구성요소별로 필요한 기능에 대해서 알아본다.

(그림 2)는 사용자 중심 이동성 제공을 위한 3GPP LTE 기반의 참조 망을 나타낸다. Home-eNode B (HeNB)는 사실 망을 거쳐 HeNB gateway에 집적되고 이를 통해 Access gateway로 연결된다. eNode B (eNB)는 직접 Access gateway에 연결되어 IP core network로 연결된다. 이 구조는 2-tier 구조를 갖는 IEEE 802.16e 시스템[10] 및 3GPP LTE[11]시스템에 적용이 가능하다.

(그림 2)의 왼쪽 단말의 경우와 같이 동일 Access gateway에 연결된 HeNB, eNB와 다중 경로를 구성할 수도 있고 그림의 오른쪽 단말 경우와 같이 타 Access gateway에 연결될 수 있다. 따라서 이 구조에서의 서비스 분산 형태는 L2 트래픽 분산과 응용계층의 서비스 분산이 모두 이루어질 수 있다. L2 트래픽 분산을 위하여 Serving gateway (S-GW)에서는 단말을 위해 서버로부터 받은 하나의 세션에 대해서 L2 계층의 트래픽으로 분산하여 다중 경로로 단말에게 전달할

수 있다. 사용자 중심 통신은 기본적으로 현재의 이동 통신 망을 그대로 활용하면서 단말의 기능 추가를 통하여 사용자 QoE보장을 하는 것이지만 동일한 S-GW에 기지국이 연결되어 있는 경우, BS cooperation을 이용한 L2 레벨의 트래픽 분산 통신도 고려한다. 이를 위해 단말에서는 Traffic junction management 계층이 추가적으로 필요하고 이는 다중 경로로 수신한 하나의 세션에 대한 L2 트래픽 정합을 수행한다.

응용계층의 서비스 분산 시에는 서비스 정합을 위한 Service continuity management 계층이 필요하고 이는 서비스의 정합 및 다중 세션의 연결 및 유지 관리를 수행한다. 트래픽 분산 및 서비스 분산 시 공통적으로 서비스의 QoE 정보 및 사용자 정책 정보를 저장하고 각 계층에 전달해주는 Information management 이 필요하다. 그 외에 PDCP 계층에서는 트래픽 분산을 통해 동일 패킷을 전달할 경우 경로간 동기화를 위한 ARQ 동기화 기능이 요구된다. 단말의 스택 구조 및 계층별 요구 기능은 다음 절에서 자세히 나타낸다.

Access gateway는 트래픽 분산을 위해 새로운 기능이 요구된다. 다중 링크를 생성하기 위해 하나의 세션에 대해 다중 Local IP를 부여하고 관리하는 기능이 필요하다. 또한 트래픽 분산을 통해 다른 데이터 패킷을 보낼 시에는 각 경로별

로 보낼 패킷을 결정하는 트래픽 스케줄러가 필요하다. 이러한 기능을 수행하기 위해 L2 계층에 Traffic junction management 프로토콜이 요구된다.

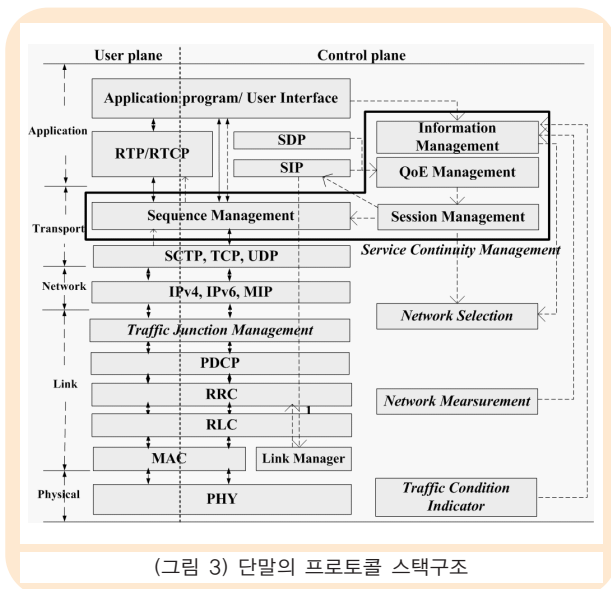
서버에서는 서비스 분산을 위하여 요청된 세션 연결이 기존에 이미 세션이 연결된 서비스인지를 인지하고 동일 서비스에 대해서 다중 세션을 연결하는 기능이 필요하다. 또한 다중 경로간 동기화를 위한 세션간 동기화가 필요하고 다른 내용의 패킷 전송 시 각 세션간 전송될 패킷을 결정하는 세션간 스케줄러 기능이 요구된다.

### 3. 사용자 중심 통신을 위한 단말의 프로토콜 스택구조

(그림 3)은 사용자 중심 통신을 위한 단말의 스택구조를 나타낸다. 기본적으로 LTE 시스템을 참조망으로 잡고 사용자 중심 단말 제어 통신을 위한 스택을 추가하였다. 새롭게 추가된 스택 및 주요 기능은 다음과 같다.

#### 1) Service Continuity Management (SCM)

SCM은 사용자 중심 통신 기술의 핵심 계층으로 응용서비스 계층의 정보를 바탕으로 하위계층의 통신환경을 고려하여 단말을 제어한다. Information Management 블록, QoE Management 블록, Session Management 블록, Sequence Management 블록을 포함하고 주요기능은 다음과 같다.



(그림 3) 단말의 프로토콜 스택구조

#### (1) 정보 관리 (Information Management)

정보 관리 기능은 사용자의 접속망 선호 정보와 사용자가 설정한 서비스 플로우의 연결 파라미터를 저장하는 블록으로 구성된다.

- 서비스 플로우 정보 관리: SIP로 설정된 서비스 플로우의 정보를 SDP를 통하여 취득하며 미디어의 종류(audio, video, etc), 서비스 플로우에 사용된 전송프로토콜 정보 (SCTP, TCP, UDP), 미디어의 형식(H.261 video, MPEG video, etc)과 같은 미디어 정보와 송수신 IP 주소, 포트번호와 같은 송수신 단말에 관한 정보를 저장하며 서비스 플로우의 연결시작 시간과 완료예정 시간, 현재 연결 유지시간과 같은 서비스 플로우의 시간 정보도 저장한다.
- 사용자 Radio Access Technology (RAT) 선호도 관리: 핸드오버의 수행시 적절한 RAT을 선택하기 위하여 사용자 인터페이스로부터 사용자가 선호하는 RAT에 대한 정보를 관리한다.

#### (2) QoE 관리 (QoE Management)

QoE 관리 블록은 정보 관리에 저장된 서비스 플로우 정보로부터 서비스 플로우의 요구 QoS 파라미터를 생성하고 주기적인 모니터링을 통한 QoS 침해 여부를 판단하는 기능을 수행한다.

- 서비스 플로우 QoE 정보 관리: 연결된 서비스 플로우에 대한 사용자의 QoS 요구 파라미터를 생성하며 망선택 및 경로 선택시 필요한 파라미터를 전달하는 기능을 수행한다.
- 서비스 플로우 QoE 모니터링: 연결된 서비스 플로우에 대한 사용자의 요구 QoS 만족 여부를 주기적으로 모니터링하며 모니터링 결과 QoS를 만족하지 못할 경우 망선택 및 경로 선택에 새로운 망 연결을 요청한다.

#### (3) 세션 관리 (Session Management)

세션 관리는 서비스 분산의 필요성을 검토하고 서비스 분산이 필요할 경우 정보 관리 및 QoE 관리로부터 필요한 정보를 획득하여 새로운 세션을 설정하기 위한 과정을 수행한다.

- 핸드오버 서비스 플로우 설정 관리: 단말이 핸드오버를 수행하는 동안 새로운 RAT로 서비스 플로우를 설정하기 위한 필요 동작을 수행한다.
- 서비스 분산 제어: QoE 관리 블록으로부터 QoE 모니터

링 결과를 획득하여 사용자 서비스가 요구하는 QoE를 만족시키지 못할 경우 망탐색 및 망 선택을 활성화시키며 새로운 L2 링크의 설정을 유도한다.

#### (4) 시퀀스 관리 (Sequence Management)

- 시퀀스 관리 블록은 서비스 분산을 통해 전달된 다중 경로 서비스 플로우의 동일 서비스 유무를 인지하고 각각의 다중 경로 서비스 플로우를 결합하여 상위 계층으로 전송하기 위한 기능을 수행한다.
- 다중 경로 서비스 플로우 결합 관리: 서비스 분산을 통해 전달된 다중 경로 서비스 플로우의 동일 서비스 유무를 판단한다.
- TCP 서비스 플로우 관리: 다중 경로 서비스 플로우가 전송 계층 프로토콜로 TCP를 사용할 경우 다중 경로 서비스 플로우 별로 랜덤하게 설정된 sequence number(SN) 정보를 취합하고 서비스 플로우 별 전송 윈도우를 제어하여 다중 경로 서비스 플로우의 결합 관리가 효율적으로 다중 경로 서비스 플로우를 결합하도록 지원한다.
- UDP 서비스 플로우의 time stamp 관리: 다중 경로 서비스 플로우가 전송 계층 프로토콜로 UDP를 사용할 경우 다중 경로 서비스 플로우 별로 랜덤하게 설정된 초기 time stamp 정보를 제어하고 각 서비스 플로우의 패킷별 time stamp 정보를 다중 경로 서비스 플로우 결합 관리에 전달하여 서비스 결합을 지원한다.

## 2) Traffic Junction Management (TJM)

TJM에서는 다중 L2 링크를 통해 전송된 트래픽을 결합하여 하나의 트래픽 플로우로 생성한다. 또는 상위계층에서 전송된 하나의 트래픽 플로우를 다중 L2 링크로 분산하는 기능을 한다. 이를 위한 트리거링 및 QoE 모니터는 Information Management 블록 및 QoE Management 블록이 담당하며, 다중 경로 수립 결정 및 관리는 Session Management 블록에서 수행한다. 또한 다중 링크를 설정하기 위한 L2 시그널링은 RRC에서 담당한다. 각 블록별 상세한 기능은 다음과 같다.

#### (1) 시퀀스 관리 (Sequence Management)

- 시퀀스 관리 블록은 트래픽 분산을 통해 전달된 다중 경

로 트래픽 플로우의 동일 서비스 유무를 인지하고 각각의 다중 경로 트래픽 플로우를 결합하여 상위 계층으로 전송하기 위한 기능을 수행한다.

- 다중 경로 트래픽 플로우 결합 관리: 트래픽 분산을 통해 전달된 다중 경로 트래픽 플로우의 동일 서비스 유무를 판단한다.
- L2 트래픽 sequence number 관리: IP datagram을 PDCP packet 단위로 나누고 TJM 계층의 독자적인 SN를 부여한다. 또한 헤더를 추가하여 SN를 관리한다. 수신측에서는 TJM 계층에서 SN로 트래픽 정합을 수행한다.

#### (2) L2링크 관리 (L2 Link Management)

- L2 링크관리는 트래픽 분산시 다중 경로의 트래픽을 하나의 세션으로 인지할 수 있는 Data Radio Bearer (DRB) identifier를 인지하고 DRB identifier에 다수의 Logical Channel identifier (LCID)를 맵핑한다.
- RRC를 통한 링크 설정시 DRB identifier와 LCID 맵핑 정보를 입수한다.
- 상위계층에서 전송된 패킷을 맵핑된 LCID에 해당하는 PDCP 계층으로 분산하여 전송한다.

## 3) Network Measurement

사용자 중심 통신에서는 단말이 능동적으로 접속가능한 RAT를 탐색해야한다. 하지만 WLAN 또는 Femtocell과 같이 좁은 지역에 많은 접속점이 존재할 경우 모든 기지국을 탐색하는 것은 탐색에 따른 지연시간 및 오버헤드 증가와 전력손실을 야기할 수 있다. 따라서 사용자 중심 통신 기술에서는 단말 지능적으로 탐색대상을 최적화하고 탐색 기지국의 우선순위를 결정하는 기능이 필요로 하다. Network Measurement 블록에서는 단말의 현재 위치정보와 이동속도, 사용자의 망 선호도 및 요금 운영 정책 정보를 이용하여 Neighbor List (NL)을 최적화하고 우선순위를 정하여 망 탐색을 실행할 수 있도록 한다.

#### 4) Network Selection

사용자 중심 통신을 위해서 단말은 수많은 접속경로 중에서 최적의 경로를 선택할 수 있어야 한다. 단말은 주변 망의 상황과 사용중인 서비스 등을 고려하여 단일경로만 사용할

것인지, 아니면 multi-homing을 통해 다중경로를 사용할 것인지 선택해야 한다. 또한 다중경로를 선택한 경우 diversity mode와 multiplexing mode 중에서 적절한 전송모드를 선택해야 한다. 뿐만 아니라, 각 경로를 어느 망을 통하여 서비스할 것인지를 결정하여야 한다. 이러한 선택을 위해서는 위에 나열된 각각의 단일경로, 다중경로를 현재 접속가능한 망에서 사용하는 경우에 얻을 수 있는 이득을 정량적으로 비교할 수 있는 기준이 필요하다. 따라서 Network Selection 블록에서는 Traffic Condition Indicator로부터 입력 받은 경로 별 BLER 정보와 QoS 요구사항 정보들을 바탕으로 경로 별로 요구되는 자원량을 계산한다. 그리고 계산된 경로별 요구 자원량과 서비스 품질, 접속 비용, 사용자 선호도 등을 종합적으로 고려하여 최종적인 망과 경로를 선택한다.

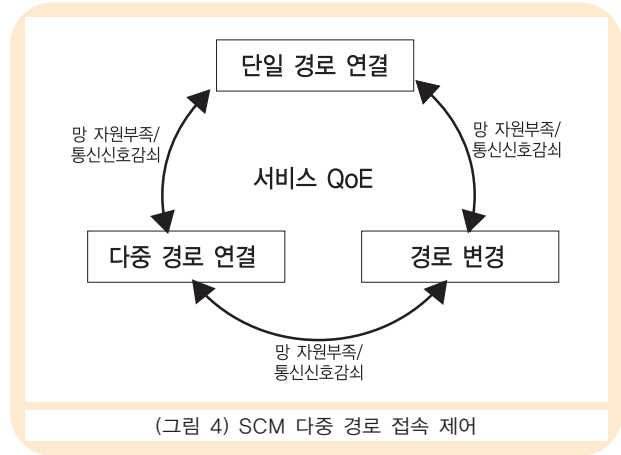
5) Traffic Condition Indicator (TCI)

단말이 사용 가능한 RAT 별로 주변망을 탐색하여 획득한 주변 망 정보와 각 기지국에 대한 수신신호를 측정하여 경로별로 MCS level에 따른 BLER을 계산하여 저장하고 SCM으로 정보를 전달한다.

4. Service Continuity Management의 다중 경로 서비스 제어

사용자 중심 통신 기술은 사용자의 QoE를 만족시키기 위해 단말이 활용 가능한 RAT를 모두 활용하여 하나의 서비스 혹은 다수의 서비스를 위해 다중 경로를 연결할 수 있다. 이를 위해 SCM에서는 다중 경로 접속 및 서비스를 제어한다. (그림 4)는 SCM의 다중 경로 접속 제어 구조를 나타낸다. 요구된 서비스 QoE와 현재 접속 가능한 망의 신호세기, 가용한 무선자원, 접속 비용 등의 환경을 바탕으로 접속망을 선택하고 지속적으로 QoE를 모니터링하여 적응적으로 경로 접속 제어를 한다. 접속 제어를 통해 단말은 단일 경로와 다중 경로를 전환할 수 있고 각각 독립적으로 경로를 변경할 수도 있다. 다중 경로 선택과 연결에 있어서 상위 계층의 세션 정합으로 서비스를 제공하므로 다중셀/이종망 환경에서 망 종류에 관계없이 연결이 가능하다.

사용자 단말이 다수 접속망과 연결이 가능할 경우, 사용자 단말은 접속 가능한 접속망을 탐색하여 획득한 접속망 정보와 접속망이 제공하는 정보 그리고 사용자가 설정한 정보를



고려하여 QoE 정보를 생성하며 이것을 바탕으로 접속망을 선택한다. 이때, 사용자 단말은 이중 접속망을 선택하여 서비스 트래픽을 송수신할 수도 있고 동일 접속망을 사용하는 Femto BS와 Macro BS로부터 협업 전송을 수행할 수도 있다. 접속망을 선택한 사용자 단말은 개별 접속망이 제공하는 접속 방식을 협상하며 기지국간 협업 전송이나 PHY 관련 기술들을 협상한다. 이 과정을 수행한 사용자 단말은 제공받고자 하는 서비스를 가진 서버 또는 다른 사용자 단말의 위치를 파악하기 위하여 Service Discovery 서버를 통해 분산되어 있는 서비스에 대한 정보를 획득하고 단일 서비스에 대한 다중 전송 계층 서비스 플로우를 설정한다. 다중의 전송 계층 서비스 플로우는 다중의 접속망 또는 다중의 기지국을 통하여 사용자 단말에게 전송된다. 수신한 하위 계층 서비스 트래픽은 상위계층으로 전달하기 전에 사용자 단말기에서 다중의 트래픽 플로우를 병합하여 단일 전송 계층 서비스 플로우를 제공하며, 전송계층에서는 다중의 서비스 플로우를 단일 서비스로 병합하여 응용계층으로 전달한다. 만약 현재 접속한 망이 사용자가 요구한 통신 서비스의 QoE를 만족시키기 못하거나 더 좋은 QoE를 제공하는 접속망을 발견할 경우 접속망을 변경할 수 있다. 그러나 기존의 이동성 제공 기술을 이용하여 서비스 플로우의 전송 경로를 변경하는 것이 아니라 사용자 단말이 직접 서비스를 제공하는 서버에게 새로운 서비스 플로우를 요청하고 서비스 플로우의 설정이 완료되면 QoE를 만족하지 못하는 서비스 플로우의 연결을 해제하여 사용자에게 끊어짐 없는 통신 서비스를 제공한다.

### III. 사용자 중심 통신 기술 이동성 성능평가

본 장에서는 사용자 중심 통신 기술의 이동성 성능평가를 위해 핸드오버 지연을 분석하였다.

#### 1. 성능평가 시나리오

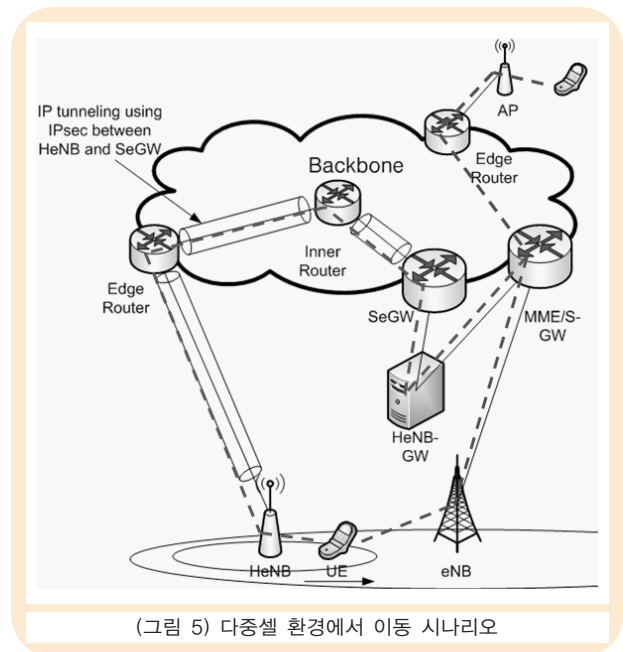
핸드오버 지연을 분석하는데 사용된 시나리오는 (그림 5)와 같이 eNB와 HeNB로 구성된 다중셀 환경을 고려한다. 현재 LTE 표준에서는 CSG(Closed Subscriber Group)에서 eNB로의 핸드오버 만을 고려하고 있으며 반대의 경우는 향후 확장될 것으로 예상된다[12]. 따라서 본 논문에서는 UE가 HeNB에서 eNB로 이동하는 경우의 시나리오를 가정한다. HeNB는 외부 백본망에 물리적으로 연결되어 있으나 LTE 망에서 외부로 트래픽을 전송하기 때문에 HeNB-GW에 가장 근접한 위치에 존재하는 Security Gateway (SeGW)까지 보안을 제공할 수 있는 IP Security (IPSec)을 이용하여 IP 터널을 형성한다. SeGW에서 HeNB까지는 LTE 내부 망으로 연결되므로 point-to-point 링크로 연결되며 Mobility Management Entity (MME)/S-GW로 연결된다. 이러한 경우 패킷은 중단 사용자에서 S-GW로 전송된 후 HeNB-GW로 포워딩되며 전송된 패킷은 IPSec 터널을 통하여 HeNB로 전송된다. MME는 HeNB-GW를 일반 eNB와 동일하게 인지하며 HeNB는 HeNB-GW를 자신의 상위에 존재하는 MME로 인지한다.

#### 2. 지연 요소 분석

앞 절의 이동 시나리오에서 핸드오버 지연을 분석하기 위해서는 핸드오버 제어 메시지가 전달되는 각 경로의 전송 지연 요소를 분석할 필요가 있다. 특히 다중 셀 환경에서 추가될 수 있는 HeNB와 HeNB-GW간 지연과 HeNB-GW와 MME간의 지연, MME와 eNB간의 지연 요소에 대한 도출이 요구된다. 뿐만 아니라 향후 사용자 중심의 이동성 보장 기술에서 세션을 연결하기 위하여 전달되는 응용 계층 제어 메시지가 백본망에서 전달되는데 걸리는 전송 지연을 도출하는 것이 중요하다. 두 번째로 핸드오버 지연을 분석하는데 있어서 가장 중요한 요소인 무선망에서 발생할 수 있는

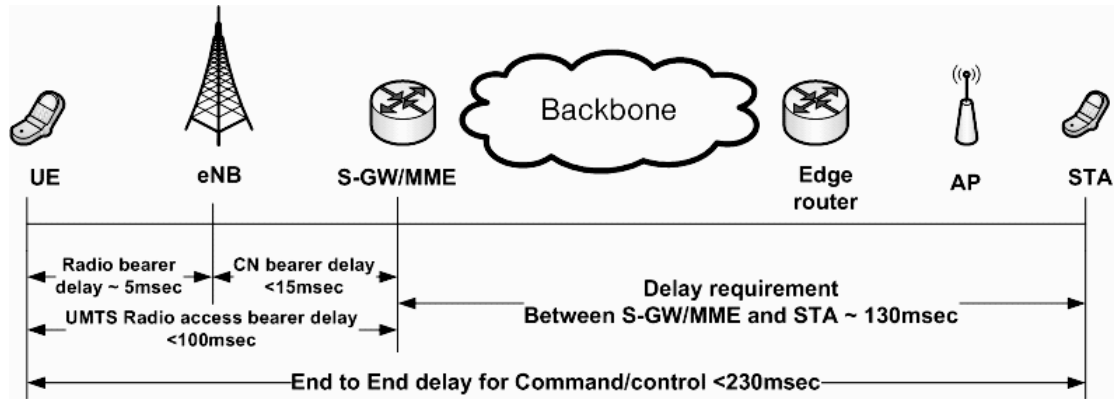
지연 요소를 도출하는 것이 요구된다. 특히 UE가 새로운 eNB와 시간/주파수 동기를 이루는데 소요되는 시간, 초기 핸드오버 메시지를 전달하기 위한 상향링크 무선 자원을 획득하고 정확한 시간 정보를 획득하는데 소요되는 시간, 하나의 제어 메시지를 전달하는데 소요되는 시간을 조사하여 적용하였다.

(그림 6)은 LTE 코어망 및 백본망의 전송 지연 요소를 도출한 것으로 3GPP 표준문서를 참조 하였다[13]. 또한 제어 메시지의 지연 요소는 ITU-T 문서에 제시된 값을 가정하였다.[14] 3GPP에서는 UMTS Radio Access Bearer에서의 지연 요구 사항을 100msec 이하로 제시하고 있다. 따라서 백본망에서의 전송 지연은 제어 메시지의 경우 130msec 이하가 되어야한다. 또한 CN에서의 전송 지연은 LTE 표준에 참여하는 회사들이 draft 문서로 작성한 문서를 기반으로 15msec ( $T_{CN}$ )으로 가정하였다[15]. 마지막으로 UE와 eNB간의 메시지 전송 지연은 30%의 HARQ 오류확률을 가정할 경우 5msec( $T_{tr}$ )으로 설정하였다. UE가 eNB에 초기 연결을 수행할 때 발생하는 동기화 및 랜덤 액세스 지연은 30msec( $T_{sync}$ )으로 RRC control 메시지의 처리시간은 15msec( $T_{proc}$ )으로 설정하였다[16].



(그림 5) 다중셀 환경에서 이동 시나리오





(그림 6) 링크별 지연 요구 분석

### 3. 망 중심 핸드오버 지연 분석 결과

사용자 중심 통신과 기존의 망 중심 제어를 통한 통신의 이동성 성능비교를 위해 LTE망에서 망 중심의 다중셀 간의 핸드오버를 수행할 경우 발생할 수 있는 전송 지연을 분석하였다. (그림 7)과 수식 (1)은 분석 결과를 나타낸다. UE가 인접한 eNB를 측정한 이후 HeNB에서 핸드오버를 결정한 이후 UE의 L2 링크가 단절되는 시간은 HeNB와 eNB간의 정보 교환에서 발생하는 지연으로 인해 최대 100msec이 발생할 수 있다. 또한 UE의 L2 링크가 단절된 이후 새로운 eNB와 연결하는데 소요되는 시간은 최소 50msec으로 도출되었으며 총 핸드오버 지연은 150msec 가 소요되는 것을 확인하였다.

$$T_{HO} = 4 \times T_{tx} + 6 \times T_{CN} + T_{sync} + T_{proc} \quad (1)$$

### 4. 사용자 중심 통신 기술 핸드오버 지연 분석

사용자 중심 통신 기술에서는 UE가 망 탐색 및 Source eNB로부터 수신한 주변망 정보를 활용해 핸드오버 수행 및 Target eNB를 결정하고 유선망을 통해 사전협상을 하지 않고 Source eNB에게 핸드오버를 요청함과 동시에 Target eNB에게 랜덤 액세스를 시도하여 새로운 링크를 연결하여 핸드오버를 수행한다. Source eNB는 UE로부터 핸드오버 요청을 받으면 UE의 정보 및 Data를 Target eNB로 포워딩

한다.

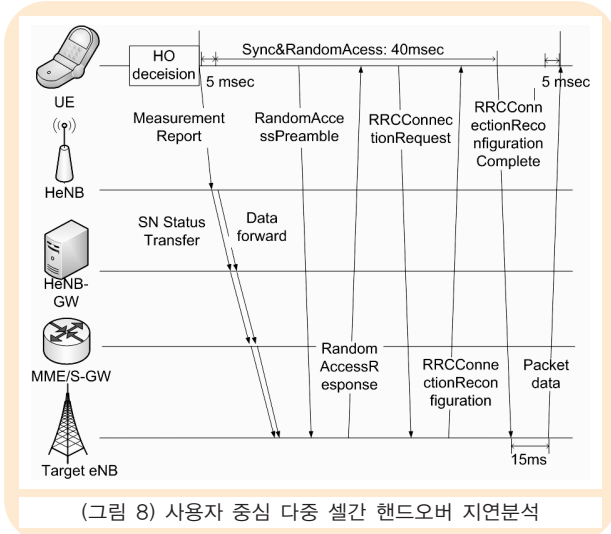
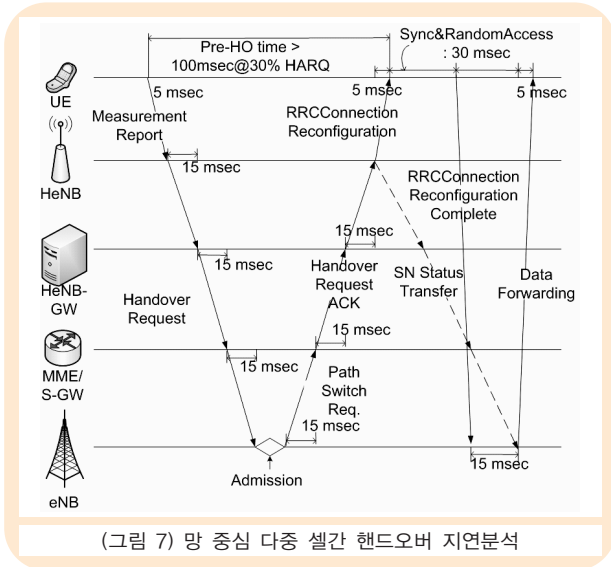
#### 1) 동기가 유지되지 않는 eNB간 핸드오버

(그림 8)은 다중셀 또는 동종셀 간의 사용자 중심 핸드오버를 수행할 경우 발생할 수 있는 핸드오버 지연을 나타내고 있다. 사용자 중심 통신에서는 UE가 핸드오버를 결정하고 Target eNB로의 핸드오버를 수행하는 과정에서 먼저 Source eNB와 기존 연결 유지한 채 Target eNB와 새로운 링크 연결을 하여 이동한다. 이때 동기가 유지되지 않는다면 동시에 하나의 기지국과 연결이 가능하므로 Target eNB의 연결이 완료될 때 까지 Data를 송수신 할 수 없는 지연이 발생하고 분석결과는 다음과 같이 나타낼 수 있고 총 60msec의 지연 발생한다.

$$T_{HO} = 2 \times T_{tx} + T_{sync} + T_{RRC} \quad (2)$$

#### 2) 동기가 유지되는 eNB간 핸드오버

eNB간 동기가 유지된다면 UE는 동시에 두 개의 eNB와 통신이 가능하므로 Source eNB의 연결을 유지한 채로 Target eNB에 새로이 링크를 연결하여 핸드오버 하므로 핸드오버 지연 시간은 0msec 로 분석가능하다. UE에서 동시에 두 개의 eNB와 통신할 때 링크 제어는 앞 절에서 설명한 단말의 SCM과 TTM에서 수행하므로 가능하다.



## IV. 결론

본 논문에서는 사용자 중심 통신 기술을 소개하고 이를 위한 망 구조 및 단말의 스택구조를 설계하였다. 또한 사용자 중심 통신 기술을 위한 단말의 추가 요소 기능에 대해 정의하고 동작을 나타내었다. 이를 기반으로 핸드오버 방식을 제안하고 기존의 망 중심 제어 통신 기술 핸드오버와 사용자 중심 통신 기술의 핸드오버 지연시간을 분석을 통하여

성능의 개선을 보였다. 따라서 본 논문에서 제시한 사용자 중심 통신 기술 프레임워크는 차세대 이동통신망의 단말 기술 개발에 가이드라인으로 활용될 수 있을 것이다.

## 참고 문헌

- [1] Shu-ping Yeh; Talwar, S.; Seong-choon Lee; Heechang Kim; , "WiMAX femtocells: a perspective on network architecture, capacity, and coverage," Communications Magazine, IEEE , vol.46, no.10, pp.58-65, October 2008
- [2] Gustafsson, E.; Jonsson, A.; , "Always best connected," Wireless Communications, IEEE , vol.10, no.1, pp. 49-55, Feb. 2003
- [3] Nguyen-Vuong, Q.-T.; Agoulmine, N.; Ghamri-Doudane, Y.; , "Terminal-Controlled Mobility Management in Heterogeneous Wireless Networks," Communications Magazine, IEEE , vol.45, no.4, pp.122-129, April 2007
- [4] Quoc-Thinh Nguyen-Vuong, Nazim Agoulmine, Yacine Ghamri-Doudane, A user-centric and context-aware solution to interface management and access network selection in heterogeneous wireless environments, Computer Networks, Volume 52, Issue 18, 22 December 2008, Pages 3358-3372
- [5] W. Zhang, "Handover decision using fuzzy MADM in heterogeneous networks," Proc. IEEE Wireless Communications and Networking Conf., (WCNC 2004), Mar. 2004, vol. 2, pp. 653-658.
- [6] D. Charilas, O. Markaki, D. Nikitopoulos, and M. Theologou, "Packet-switched network selection with the highest QoS in 4G networks," Elsevier Comput. Networks, vol. 52, no. 1, pp. 248-258, Jan. 2008.
- [7] D. E. Charilas, O. I. Markaki, J. Psarras, and Ph. Constantinou, "Application of fuzzy AHP and ELECTRE to network selection," in Proc. 1st Int. Conf. Mobile Lightweight Wireless Systems (Mobilight 2009), Athens,

- Greece, May 2009, pp. 63-73.
- [8] Y. Yu, B. Yong, and C. Lan, "Utility-dependent network selection using MADM in heterogeneous wireless networks," in Proc. 18th Annu. IEEE Int. Symp. Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC '07), 2007, pp. 1-5.
- [9] P. N. Tran and N. Boukhatem, "Comparison of MADM decision algorithms for interface selection in heterogeneous wireless networks," in Proc. 16th Int. Conf. Software, Telecommunications and Computer Networks, 2008 (SoftCOM '08), pp. 119-124.
- [10] IEEE Std. 802.16eTM-2005, "IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks, Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems, Amendment 2: Physical and Medium Access Control Layers for Combined Fixed and Mobile Operation in Licensed Bands and Corrigendum 1," Feb. 2006
- [11] 3GPP TR 36.300, "Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) and Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN); Overall description; Stage 2" v9.6.0, Dec. 2010
- [12] 3GPP TR 25.367, "Mobility procedures for Home Node B (HNB); Overall description; Stage 2" v9.5.0, Dec. 2010
- [13] 3GPP TR 23.107, "Quality of Service (QoS) concept and architecture" v8.0.0, Dec. 2008
- [14] ITU-T Recommendation G.1010, "End-user multimedia QoS categories," 2001.
- [15] 3GPP TSG-RAN WG2 #58, Tdoc R2- 071810, "LTE Performance verification-U-plane and C-plane latencies," May 2007.
- [16] 3GPP TS 36.331 , "Radio Resource Control(RRC)" Protocol specification: v9.2.0, Mar. 2010.

약 력



김 지 수

2006년 아주대학교 전자공학부 졸업  
2006년 ~ 현재 아주대학교 전자공학과 석박사통합과정  
관심분야: MAC 프로토콜, 핸드오버, 다중경로통신



이 민

2006년 아주대학교 전자공학부 졸업  
2006년 ~ 현재 아주대학교 전자공학부 석박사통합과정  
관심분야: MU-MIMO 프리코딩, 중첩코딩, 무선자원관리



김 재 현

1991년 한양대학교 전자계산학과 졸업  
1993년 한양대학교 전자계산학과 공학석사  
1996년 한양대학교 전자계산학과 공학박사  
1996년 ~ 1997년 한양대학교 공학기술 연구소 연구원  
1997년 ~ 1998년 UCLA 전기과 Postdoc 연구원  
1998년 ~ 1998년 IRI Corp, CA, USA  
1998년 ~ 2003년 Bell Labs, Lucent Tech.  
2003년 ~ 현재 아주대학교 정보통신대학 전자공학부 부교수  
관심분야: 무선 인터넷 QoS, MAC 프로토콜, RFID, IEEE 802.11/15/16/20, LTE



오 성 근

1983년 경북대학교 전자공학과 졸업  
1985년 한국과학기술원 전기및전자공학과 공학석사  
1990년 한국과학기술원 전기및전자공학과 공학박사  
1993년 ~ 현재 아주대학교 전자공학부 교수  
관심분야: 차세대 이동통신 프레임워크