

# 3G LTE and SAE

삼성전자 이현우

차 례

I. 서 론

II. LTE 및 SAE의 개요 및 표준화 일정

III. 각 WG별 표준 동향 및 세부 기술

IV. 결 언

## I. 서 론

국제전기통신연합(ITU-R)은 미래형 이동통신 기술로 4G를 현재 상용화된 3G 이동통신 시스템인 WCDMA의 50배의 전송속도를 갖는다고 잠정 규정 하였지만 아직 4G 시스템의 구현은 2010년대 중반으로 추정되는 상태이다.

현재 4G 기술로의 진화를 위한 중간 과정으로 ITU-R, 3GPP, 3GPP2, IEEE 등 세계 각국의 표준화 단체 및 기술단체에서 IMT-2000을 개선시킨 새로운 무선통신 기술들을 제안하고 표준화하는 과정에 있다.

이들 중 가장 주목 받는 기술로 3GPP 진영에서 2005년부터 본격적으로 추진하고 있는 LTE (long term evolution) 및 SAE (system architecture evolution)를 들 수 있다.

LTE는 HSPA (High Speed Packet Access)를 통해 데이터 서비스를 시작한 3G 시스템에서 최대

데이터 rate을 높이고 low latency를 제공하기 위하여 2004년 12월 LTE workshop을 시점으로 시작되었으며 3GPP TSG-RAN (Technical Specification Group - Radio Access Network)을 중심으로 표준화가 진행 중이며 SAE는 LTE 표준화와 병행하여 네트워크 구조를 결정하고 이기종 망간의 핸드오버를 지원하는 것을 목적으로 3GPP TSG-SA (Service and System Aspects)를 중심으로 논의되고 있다.

본 기고문에서는 3GPP LTE 및 SAE에서 논의되고 있는 기술들을 소개하고 앞으로의 이동통신 발전 방향에 대해 생각해 보기로 한다. 먼저 II장에서는 LTE 및 SAE의 개요와 표준화 일정에 대해서 살펴본다. III장에서는 각 워킹 그룹에서 논의되고 있는 세부 기술 및 표준화 동향에 대해서 살펴보고 마지막으로 IV장에서 결론을 맺는다.

## II. LTE 및 SAE의 개요 및 표준화 일정

### 1. Long Term Evolution (LTE) 개요

HSPA를 통해 데이터 서비스를 시작한 3G 시스템에서 최대 및 평균 data rate을 높이고 IMT-2000의 진화된 서비스를 목적으로 low latency를 제공하기 위하여 Long Term Evolution(LTE) 표준화가 2004년 12월 LTE workshop을 시점으로 시작되었으며 3GPP TSG-RAN에서 표준화를 진행하고 있다.

구체적인 목표는 현재 WCDMA 대역폭의 4배인 20MHz 대역폭을 기준으로 downlink에서는 100Mbps를 uplink에서는 50Mbps를 목표로 하고 있으며, delay 측면에서는 단말에서 IP의 edge router까지 사용자 패킷이 도달하는데 걸리는 시간이 5ms보다 작을 것을 요구한다.

또한 다양한 spectrum allocation을 지원하기 위해서 1.25, 1.6, 2.5, 5, 10, 15, 20MHz의 scalable bandwidth에서 동작하는 것을 목표로 한다. 이와 같은 요구 조건을 만족하기 위해서 LTE에서는 새로운 다중 접속 기술과 다중 안테나 기술인 MIMO (Multi Input Multi Output) 등의 발전된 물리계층 기술과 네트워크 기술들의 도입을 위해서 현재 삼성, 도코모, 에릭슨, 퀄컴 및 여러 회사들이 각 사의 기술을 제안하고 논의를 진행 중에 있다. 현재까지 다중 접속 기술과 macro diversity combining (MDC)에 관한 내용이 결정되었는데 downlink는 OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) 을, uplink는 SC-FDMA (Single Carrier - Frequency Division Multiple Access) 방식을 중심기술로서 채택되었으며 여러 기지국에서 받은

신호를 중앙 노드에서 결합해 이득을 얻는 MDC (macro diversity combining)는 간단한 네트워크 구조를 위해 지원하지 않도록 하였다.

### 2. System Architecture Evolution (SAE) 개요

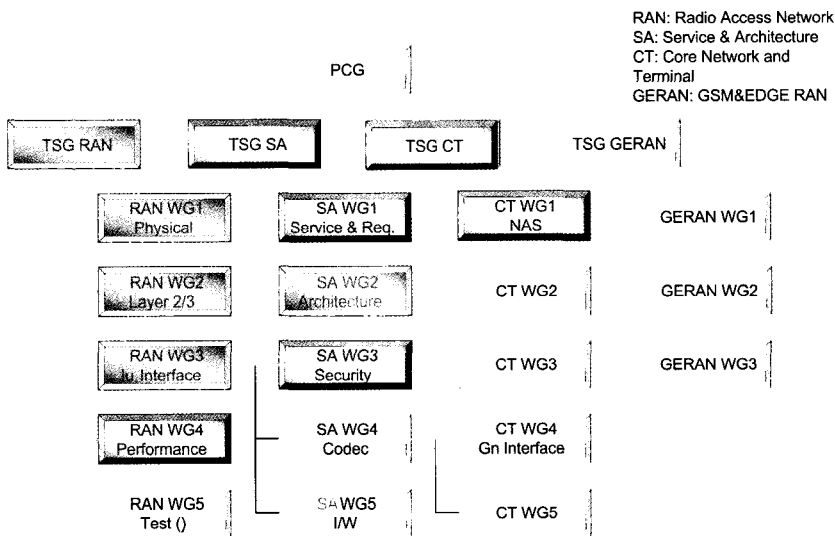
LTE 표준화와 병행하여 네트워크 구조를 결정하고 이기종 망간의 핸드오버를 지원하기 위한 기술이 SAE라는 이름으로 3GPP TSG-SA WG2를 중심으로 표준화가 진행 중이다.

구체적으로 SAE는 3GPP 시스템을 IP를 기반으로 한 다양한 Radio Access Technology를 지원하는 시스템으로 발전시키기 위한 작업을 통칭한다. SAE는 packet-optimized system, higher-data-rate, lower-latency를 지원하는 시스템을 목표로 작업을 진행하고 있다. 또한 이 기종 망간의 핸드오버 기술에 대한 표준을 확정하여 LTE 시스템과 WLAN망간의 핸드오버를 포함하여 LTE 시스템과 WCDMA 시스템간, LTE 시스템과 non-3GPP 시스템간의 핸드오버 기술을 연구하고 있다. 현재 새로운 RAN (Radio Access Network) 구조의 모델로 Enhanced Node B (기존 WCDMA 시스템에서의 기지국 기능과 기지국 제어기 기능 담당) 와 Access Gateway (기존 WCDMA 시스템에서의 SGSN 기능과 GGSN 기능담당)로 구성된 2 Tier 모델이 결정되었으며 RNC에 위치했던 재전송 기술인 ARQ 기능과 Radio Resource와 핸드오버를 결정하는 기능인 RRC (Radio Resource Control) 기능을 Enhanced Node B 에 위치 시킬 것이 결정되었다. 이 기종 망간의 핸드오버는 Mobile IP를 기반으로 하는 solution을 연구 중에 있다.

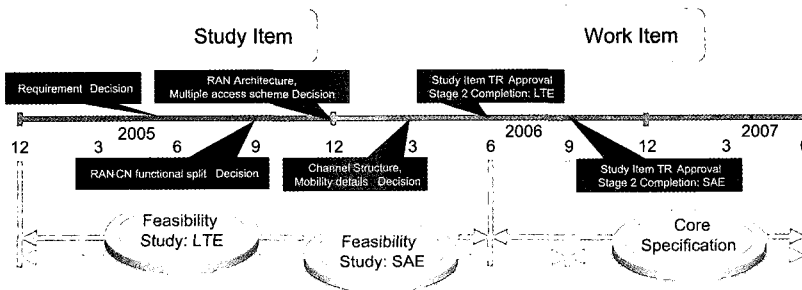
### 3. 표준화 일정

2004년 12월에 LTE와 SAE 관련 study item이 승인되었고 이 Study item은 2006년 6월까지 진행될 예정이다. (그림 1)은 전반적인 3GPP의 구조를 나타낸 도면으로 노란색으로 표시한 WG들이 LTE 및 SAE 표준을 직접 담당하는 핵심 WG이고 붉은색으로 표시한 WG들은 LTE/SAE 표준화와 관련 있는 WG들을 나타낸다. (그림 2)는 2006년 6월까지

진행될 study item에 대한 세부 계획이다. Study item이 완료되면 LTE는 실제 규격을 정하는 단계인 Work item 단계로 들어서게 되는데, LTE work item은 약 1년여에 걸쳐서 구체적인 LTE 규격을 정하는 작업을 하게 된다. 현재 진행중인 LTE 표준화 단계인 Study item 단계란 Work item 단계에 앞서서 기술의 필요성, 혹은 가능성 등을 타진하고 필요한 요소 기술들을 비교 분석하여 규격으로 가능성이 있는 기술들을 미리 논의하는 과정을 의미한다.



(그림 1) 3GPP 구조 및 LTE/SAE 관련 핵심 Working Group



(그림 2) LTE 표준화 일정

### III. 각 WG별 표준 동향 및 세부 기술

#### 1. RAN WG1: Physical Layer

LTE 물리계층의 표준을 주도하고 있는 TSG RAN 산하 WG1은 현재 2006년 6월을 목표로 LTE를 study item 단계에서 표준화를 진행 중에 있다.

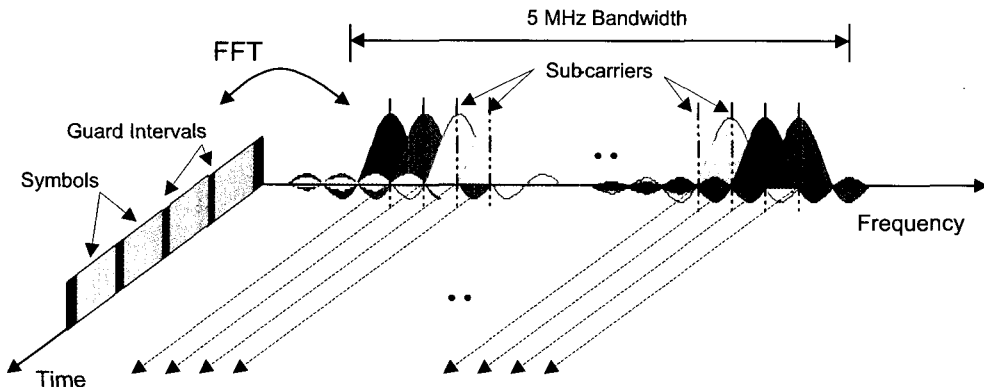
현재 RAN WG1 회의에서는 시뮬레이션과 같은 수치적인 분석을 통하여 LTE에 필요한 요소 기술들의 가능성 및 장단점을 논의 중에 있으며, 회사간의 크게 대립되는 부분에 대하여는 Work item 단계에서의 효율적인 표준 규격 작성을 위하여 Study item 단계에서 결정이 이어지게 된다. RAN WG1 회의에서는 LTE 시스템에 있어서 물리 계층의 규격을 정하는 작업을 수행하고 있는데, 구체적으로 순방향, 역방향의 다중 접속 기술, 물리 채널의 구조 및 관련 시그널링, 채널 코딩, 스케줄링 기술 및 MIMO 등의 기술이 논의 중에 있다.

Study item 단계에서 최근까지 결정된 사항으로는 순방향 다중 접속 방법으로 OFDMA 방식을, 역방향 다중 접속 방법으로는 SC-FDMA 방식을 사용하

는 것으로 결정된 것이 가장 주목할 점이다. 순방향, 역방향 모두 그림과 같이 주파수 직교성을 유지하는 접속 방법을 사용함에 따라서 주파수 측면에서의 스케줄링을 통한 시스템 성능 향상 및 대역 효율의 증가를 도모하게 되었다. 다른 중요 결정 사항으로 핸드오프 (Handoff) 관련하여 역방향 소프트 핸드오프를 사용하지 않는 것을 가정하기로 결정하였다.

현재는 구체적인 물리 채널 구조와 셀간 잡음 완화 방법, 또는 MIMO 방법 등이 논의되고 있으며, 스케줄링, HARQ, AMC 와 같은 기술도 논의의 축 상에 있다. LTE에서는 특히 OFDM 기반의 새로운 시스템을 설계하게 되므로 cell search, Random Access channel 설계 등이 중요한 이슈로 논의되고 있다. (그림 3)은 OFDMA의 개념을 간단히 도시한 그림이다.

2006년 상반기에는 Study item의 종료를 앞두고 회사들간 시뮬레이션을 통하여 기술의 평가에 대한 논의가 진행되었다. 현재까지 각 회사에서 실험한 시뮬레이션 결과 새로운 기술인 OFDMA, SC-FDMA 및 MIMO 방법을 이용하면 20MHz 대역폭을 기준으로 한 LTE data rate의 목표치인 하향 100Mbps, 상향 50Mbps를 만족시키는 것으로 나타났다. 이는



(그림 3) OFDMA 개념

하향링크 기준으로 현재 HSDPA의 3~4배, 상향링크 기준으로는 HSUPA의 2~3배에 해당하는 값이다. <표 1>은 삼성전자에서 수행한 시뮬레이션 결과이다.

<표 1> 상하향 링크 시뮬레이션 결과  
(a) 하향링크

	Ref 6 (HSDPA)	LTE	LTE target / Fulfillment
Peak bitrate (Mbps)	14.4	144	100Mbps target / Fulfilled
Spectral efficiency (bps/Hz/s)	0.75	1.84	3~4 times of HSDPA / 2.5
Cell edge user throughput (bps/Hz/s)	0.006	0.0148	2~3 times of HSDPA / 2.5

(b) 상향링크

	Ref 6 (HSDPA)	LTE	LTE target / Fulfillment
Peak bitrate (Mbps)	5.7	57	50Mbps target / Fulfilled
Spectral efficiency (bps/Hz/s)	0.26	0.67	2~3 times of HSUPA / 2.6
Cell edge user throughput (bps/Hz/s)	0.006	0.015	2~3 times of HSUPA / 2.5

## 2. RAN WG2 : Layer 2/3 Layer

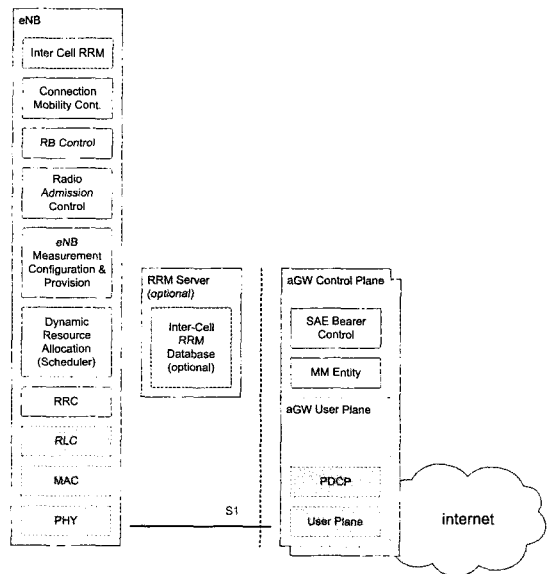
RAN WG2는 무선 프로토콜 규격을 제정하는 작업 그룹으로, LTE의 Medium Access Control (MAC), Radio Link Control (RLC), Packet Data Convergence Protocol (PDCP), Radio Resource Control (RRC) 등의 Layer2/3 표준화를 진행하고 있다.

현재까지 LTE의 채널 구조, 초기 랜덤 액세스 과정, ARQ 엔터티의 위치, RRC의 위치, MAC 구조 등에 대한 논의가 일정 부분 진행된 상태이다. LTE 표준화는 RAN1에 비해 늦게 시작하여 2005. 6월 프랑스의 소피아 안티폴리스에서 각 사의 전망을 공유하는 임시 회의가 개최되면서 본격화되었다. 삼성전자를 비롯, Nokia, NTT DoCoMo 등은 기존의 UMTS에 구애 받지 않는 보다 진보적인 노선을 취한

반면, Ericsson, Qualcomm 등은 UMTS를 출발점으로 하는 다소 보수적인 노선을 견지하였다. 이러한 노선 차이는 각 종 사안들에서의 첨예한 의견 차이로 이어졌으며, LTE 표준화가 일견 지지부진해 보일 수 있는 단초를 제공하였다. 일 예로 역방향 MDC (Macro Diversity Combining) 지원 여부는, 상기 두 진영의 팽팽한 의견 차이로, 치열한 토론 끝에 RAN 전체 회의에서 2005.12월 간이 투표로 결정되었으며, 이에 6개월이 소요되었다.

최근 가장 중요한 이슈는 ARQ 엔터티와 RRC의 위치를 결정하는 문제였으며, aGW (access gateway) 에 두고자 하는 진영과 기지국 (eNodeB) 에 두고자 하는 진영 간에 첨예한 의견 대립이 마찬가지로 약 반년 동안 지속되었고, 올해 3월에 개최된 RAN 전체 회의에서 ARQ와 RRC를 기지국에 두는 것으로 결정 됐다.

향후 RAN WG2는 HARQ, 스케줄링, measurement와 같은 RAN WG1과의 공동 주제를 연구하기



(그림 4) LTE RAN Architecture

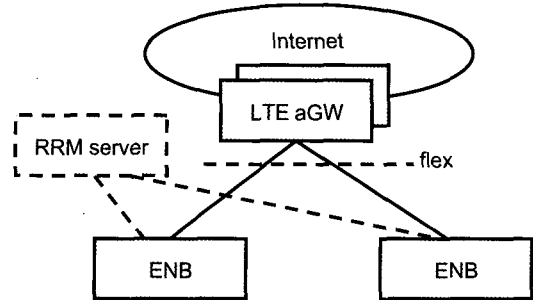
위해서 수 차례의 공동 회의를 가질 것으로 보이며, WG2 자체 이슈인 ARQ protocol, framing, call flow, 단말 이동성, QoS 지원 등에 대해 보다 심도 있는 토론을 진행할 것이다. 특히 latency를 줄이기 위한 기술에 대한 집중적인 논의가 진행될 것으로 예상된다.

### 3. RAN WG3 : Iu interface and Mobility

RAN WG3는 전체적인 UTRAN 구조와 access 망을 구성하는 각 노드들 간의 인터페이스인 Iu, Iur, 및 Iub 인터페이스 상의 프로토콜을 담당하는 표준화 그룹으로 LTE의 전체적인 구조와 LTE 시스템 내에서의 핸드오버 절차 등의 표준화를 진행 하고 있다.

현재까지 동의된 LTE access 망 구조는 (그림 4)와 같이 향상된 기지국 ENB와 LTE에서 핵심 망(core network)의 역할을 수행하는 LTE Access Gateway (aGW)로 이루어진다. 그림에 나타난 바와 같이 하나의 ENB는 UTRAN에서의 Iu 인터페이스에서와 마찬가지로 여러 개의 LTE aGW와 연결될 수 있는 flex의 구조로 설계되었다. LTE aGW는 제어 평면(control plane)에 존재해 Idle 모드 단말의 페이징 등을 담당하는 MME (mobility management entity)와 사용자 평면(user plane)에 위치해 상하향 데이터의 게이트웨이 역할을 담당하는 UPE (user plane entity) 등으로 구분될 수 있다. 참고로 현재 MME와 UPE의 매핑 관계는 SA WG2에서 논의 중이다. 이와는 별도로 그림 점선으로 나타난 바와 같이 RAN WG3를 중심으로 LTE access 망에서 ENB 사이의 로드 분산 등의 역할을 수행하는 별도의 RRM (radio resource management) 서버의 필요성에 대한 논의도 진행 중이다.

최근 여러 번의 RAN WG3 회의에서는 핸드오버



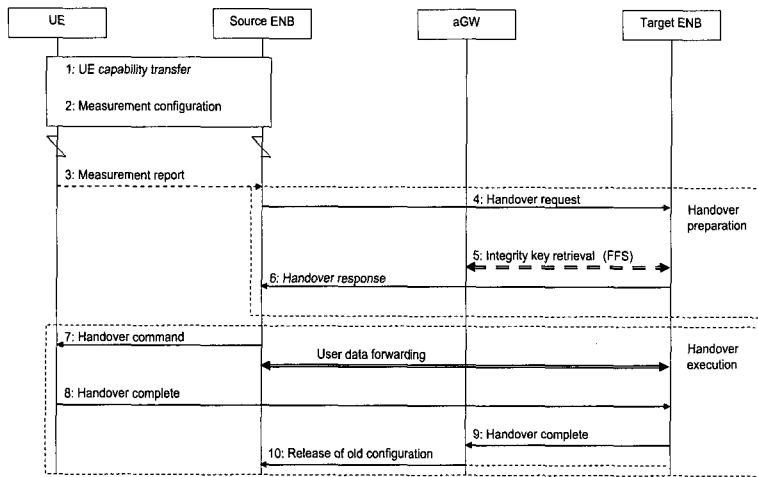
(그림 5) LTE access 망 구조

절차에 대한 심도 있는 논의가 있었고 이와 관련해서 현재까지 동의된 사항으로는 (그림 5)와 같이 단말이 네트워크의 명령을 받아서 핸드오버 절차를 수행한다는 것과, 소스 ENB에서 단말에게 핸드오버 명령을 보내기 전에 목적 셀을 관리하는 목적 ENB를 미리 접속해서 목적 ENB를 핸드오버에 미리 대비하게 하는 준비과정을 둔다는 것 등이 있다.

향후 RAN WG3에서 다룰 내용으로는 위에서 언급한 LTE 구조, LTE 시스템 내 핸드오버, 각 인터페이스에서의 보안방법 등 외에 이중 시스템간의 핸드오버, QoS (Quality of Service) 관리, 유선망에서의 flow control 등이 있으며, 이에 대해 RAN WG3는 RAN WG2, SA WG2 등 다른 WG들과의 긴밀한 논의를 통해서 중요한 결정들을 내릴 전망이다.

### 4. SA WG1 : Service & Requirement

TSG SA 산하 working group인 SA WG1은 3GPP에서 다루는 service capability에 대한 requirements 작업을 하는 표준화 단체이다. 특히 SA WG1에서는 IMT-2000의 advanced 서비스 관련 work item들을 연구하는 회의로 SA1에서 정



(그림 6) Intra LTE 핸드오버 절차

의한 서비스와 requirement를 바탕으로 RAN WG 들과 SA WG2에서 이를 지원하기 위한 기술에 대한 연구를 진행한다.

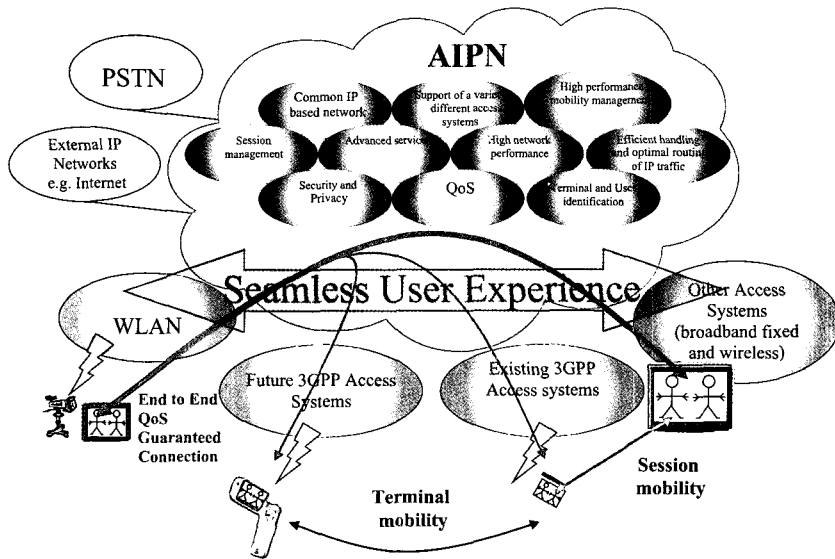
2006년 하반기까지 진행될 Release-7에서 다루고 있는 work item들은 다음과 같다. LCS for 3GPP interworking WLAN, Combinational Services (Combining CS calls and IMS sessions), Enhancement of Voice Group Call Service, Voice Call Continuity, Personal Network Management, Multimedia Telephony Capabilities for IMS, Behavior of Multi system Terminals, All IP Network, Video telephony teleservice, Network selection, Network Composition, Customised Alerting Tone, Machine to Machine Communication in GSM and UMTS, Selective Disabling of UE Capabilities, MBMS enhancement, Emergency call in IMS. 이 중 Network Composition, Customised Alerting Tone, Machine to Machine Communication in GSM and UMTS은 표준작업이 늦게 시작되어, 이후 활발한 진행이 예상되는 아이тем들이다.

이상 열거한 work item들 중 Rel-7에서 중점적으로 다룬 아이тем은 Combinational service, Voice call continuity, All IP network, Network selection을 들 수 있다. 이 중 All IP network는 현재 3GPP에서 중점적으로 진행중인 SAE/LTE 작업과 연관되어 있는 requirements로, Rel-7 작업 전반에 걸쳐 중요하게 진행되어 왔다.

(그림 6)은 3GPP TS22.258에 나타난 All IP network 의 구조이다.

IMT-advanced 서비스로 All IP network에서 지원할 것으로 정의하는 서비스의 예는 아래와 같다.

- 진화된 어플리케이션 서비스 (Advanced application services)
- 대화형 서비스 (예: voice, multimedia telephony) (Conversational services)
- 유무선 통합 서비스 (Fixed/Mobile converged services)
- 그룹 통신 서비스 (Group communication services)
- 통합 서비스 (예: mixture of telephony and messaging services)



(그림 7) ALL IP network 구조

- 미디어 스트리밍 어플리케이션 (Media streaming applications)
- Moving network, Ad-hoc 네트워크, 개인망 네트워크 (Moving Networks, Ad-hoc Networks, Personal Networks and Personal Area Networks)
- 비실시간, 쌍방향 어플리케이션 (예: 웹 브라우징, 채팅 서비스) (Non-real time, interactive applications)
- 실시간, 쌍방향 어플리케이션 (예: 실시간 게임) (Real-time, interactive applications)
- 유비쿼터스 서비스 (예: 센서, RF 태그 등과의 조합) (Ubiquitous services)

향후 SA WG1에서는 Rel-7에서 완성하지 못한 아이템들을 마무리하고, Rel-8 작업을 시작할 것으로 예상된다.

### 5. SA WG2: System Architecture

SA WG2는 3GPP 시스템의 전반적인 architecture를 정의하는 그룹이다. 3GPP TSG RAN에서 진행되고 있는 LTE와 더불어, SA WG2에서는 System Architecture Evolution (SAE) study item을 진행하고 있다. SAE의 주요 목적은 아래 3가지로 구성되어 있다.

1. LTE radio access network을 지원하기 위한 전반적 architecture 구현. Delay를 최소화 하기 위한 망 구조 설계
2. SA WG1의 All IP network의 구현을 위한 전반적 architecture 구현. IP 기반 서비스를 제공하는 데에 최적화된 망의 구성.
3. 이종 접속망 (Heterogeneous access network) 지원 및 이들간의 service continuity 지원을 위한 전반적 architecture 구현. UTRAN/GERAN 과 LTE RAN 사이의 이동



성 지원 및 3GPP system (UTRAN/GERNA/LTE RAN)과 non 3GPP system (e.g. WLAN, WiMAX) 사이의 이동성 지원

위에 열거한 SAE study item의 목표에서 알 수 있듯이, SAE에서의 가장 큰 이슈는 LTE 망을 지원하기 위한 진화된 핵심망(evolved packet core network)의 구조 설계와 LTE RAN과 기존 2G/3G RAN (UTRAN/GERAN) 과의 이동성 지원을 하기 위한 망 구조 설계이다. 또한 WLAN과 같은 non 3GPP 망과의 3GPP system 과의 연동도 다루고 있다.

(그림 8)은 SAE study item에 대한 문서인 TR 23.882에 나와 있는 high level architecture diagram이다.

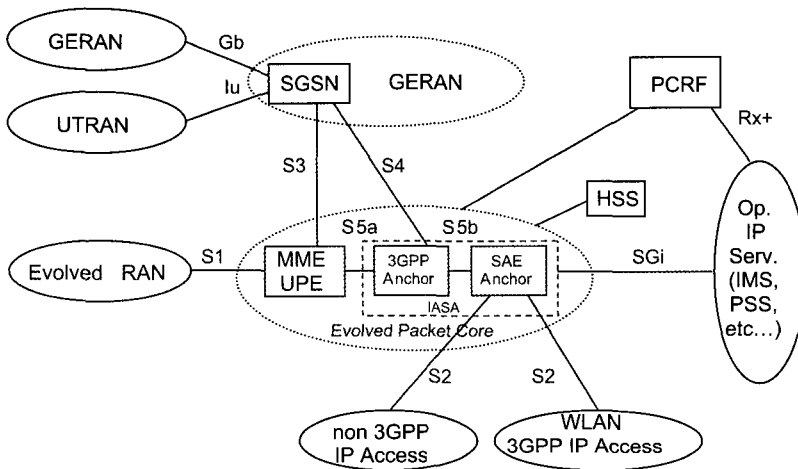
진화된 핵심망은 크게 MME/UPE (Mobility Management Entity, User Plane Entity)와 3GPP Anchor, 그리고 SAE Anchor로 구성된다. 3GPP Anchor와 SAE Anchor를 묶어 Inter Access System Anchor (IASA)라고 한다. MME/UPE는 S1 interface를 이용하여 LTE RAN과 직접 연결되는 functional entity로 LTE RAN 구조에서 논의되

는 LTE Gateway 역할을 하게 된다. 3GPP anchor는 기존 2G/3G access system과 LTE access system 사이의 이동성 지원을 위한 Anchor 역할을 한다. 또한 SAE Anchor는 3GPP access systems (2G/3G/LTE)와 non-3GPP access systems (WLAN, WiMAX 등) 사이의 이동성 지원을 위해 anchor 역할을 하는 functional entity이다.

기존 2G/3G GPRS 망과 진화된 핵심망 사이의 연동을 위해 S3 및 S4 interface가 정의되어 있다. 이 interface들은 GTP (GPRS tunneling protocol)을 사용하기로 결정되었다.

Non 3GPP access system과 3GPP system과의 연동 및 이동성 지원을 위해서는 S2 interface가 정의되었는데, 이는 IP 기반의 이동성 지원 방식을 사용하며, 많은 회사들이 Mobile IP를 사용하는 것을 제안하고 있다.

이외에도 SAE의 주요 이슈로는, QoS 제공 architecture, 여러 개의 IP service 망 동시 접속 방법 (Multiple PDN support), VoIP over LTE와 2G/3G CS 망 간의 이동성 지원, Roaming 지원 architecture, RAN network sharing 등이 논의 중



(그림 8) SAE architecture

에 있다.

SAE study item은 LTE study item과 마찬가지로 2004년 12월에 시작하여 2006년 6월까지 study phase를 완료하고, 그 이후에 기술 표준 문서를 만드는 work item 단계로 진행하도록 초기 계획을 세웠으나, 2006년 현재 여러 가지 기술적인 결정에 대한 논의가 확정되지 않아 실제 study item의 완료시기는 2006년 말에 될 것으로 예상된다.

## IV. 결 언

위에 열거된 IMT-2000 진화 서비스를 제공하기 위하여 3GPP에서는 각 WG별로 해당 기술 연구를 진행하고 있으며 특히 Radio 분야 표준으로는 OFDM/MIMO기반의 Long Term Evolution을 통하여 최대 하향 data rate 100Mbps, 상향 data rate 50Mbps를 목표로 표준화를 진행하고 있다. 또한 Network 분야에서는 이 기종망간의 핸드오버를 핵심으로 하는 SAE를 SA WG2에서 진행하고 있으며 각 서비스 별 새로운 시나리오를 지원하기 위한 기술 연구도 병행하여 진행하고 있다.

이러한 3G LTE에서의 표준은 향후 새로운 표준이 될 IMT-Advanced 기술의 기반이 될 것으로 기대되고 있으며, 이 기반 기술들을 바탕으로 더 높은 주파수 대역 (예:4-5 GHz 대역), 더 넓은 대역폭 (예:100 MHz)에 확대된 이기종망 호환성 및 USN (Ubiquitous Sensor Network) 등이 추가되면 사실상의 IMT-Advanced 의 기초가 될 것이라는 의견들도 나타나고 있다. 이에 대한 기술 연구 및 표준화 참여에 삼성을 비롯하여, LG, ETRI 등을 포함한 국내사들도 적극적으로 참여하고 있으며 이를 통하여 한국의 우수한 기술력이 국제 표준을 선도하고 새로운 시장을 이끌어 갈 것으로 기대되고 있다.



이현우

1984년 ~ 현재 삼성전자 통신 연구소

1985년 서울대학교 학사

1994년 한국과학기술원 석사

1998년 서강대학교 MBA

2002년 한국과학기술원 박사

2004년 WWRF WG4 부의장

2004년 ~ 현재 NGMC System & Tech 분과, 단말기 실무반 의장

2005년 ~ 현재 3GPP TSG-RAN 부의장