

네트워크 컨버전스를 위한 LTE Mobility Management 기술

LTE Mobility Management for Network Convergence

네트워크 기술의 미래 전망 특집

송평중 (P.J. Song) 인터넷미래서비스연구팀 책임연구원
신연승 (Y.S. Shin) 개방형기지국연구팀 팀장

목 차

-
- I . 개요
 - II . LTE 시스템 구성
 - III . LTE 핸드오버 요소기술
 - IV . LTE 핸드오버 시나리오
 - V . LTE-Advanced의 핸드오버 성능 개선
 - VI . 결론

LTE 시스템에서 이동성 관리란 단말의 아이들 상태에서 수행되는 셀 재선택 기능과 단말의 통신 중에 수행되는 핸드오버 기능을 모두 포함한다. 특히, 핸드오버 기술은 ‘통신중 끊김없는 서비스 보장’이라는 단순 기술 형태에서 UMTS, HSPA 및 CDMA2000-1X 등 서로 다른 네트워크간의 컨버전스를 통하여 효과적인 트래픽 로드 분산, 사업자의 초기 시설투자 부담 감소, 그리고 가입자의 자유로운 네트워크 선택 및 이에 따른 저렴한 요금 혜택 등 사업자와 가입자 모두에게 새로운 비즈니스 모델을 제공하는 복합 기술 형태로 진화되고 있다. 본 고에서는 LTE/LTE-Advanced 시스템에서 무선링크 측정, 타겟 셀 결정, 패킷 손실 관리, 타겟 셀로의 통신로 스위칭 등 일련의 고속 제어 절차를 통하여 packet lossless-, timeless- 및 seamless- connectivity가 가능하도록 설계된 핸드오버 기술 전반을 무선 액세스 네트워크 관점에서 다룬다. 본 고에 사용된 정보 소스는 3GPP LTE 표준 문서에 기반한다.

I. 개요

이동통신 시스템에서 이동성 관리(mobility management)란 통상적으로 단말의 아이들 상태(idle mode)에서 수행되는 시스템 재선택(cell/system-reselection) 기능과 단말의 통신중(active mode)에 수행되는 핸드오버 기능을 모두 포함하나, 본 고에서는 기능 범위가 보다 넓은 핸드오버 기술을 중심으로 기술한다.

핸드오버 기술은 ‘통신중 끊김없는 서비스 보장’이라는 단순 기술 형태에서 사업자의 초기시설 투자 부담 감소 및 효과적인 트래픽 로드 분산 효과를 비롯, 가입자와 사업자 모두에게 새로운 비즈니스 모델을 제공하는 복합 기술 형태로 진화되고 있다.

3GPP LTE에서는 이러한 상황을 가급적 표준에 반영하기 위하여 매크로셀과 홈셀(Home eNodeB) 간의 CSG 핸드오버를 비롯, 셀간 핸드오버(Inter-eNodeB), WCDMA/HSPA 등 3GPP 패밀리 시스템 간 이루어지는 무선액세스 방식간 핸드오버(Inter-RAT), 그리고 CDMA/WiFi 계열 등의 Non-3GPP 시스템간 이루어지는 시스템간 핸드오버(Inter-system) 등 다양한 형태의 기술이 있다.

최근엔 가입자가 핸드오버로 인한 통신두절을 거의 느끼지 못하도록 하는 고속 핸드오버(seamless handover) 기술이 더욱 개선되고 있다.

본 고에서는 3GPP에서 개발된 LTE 시스템¹⁾의 핸드오버 핵심 요소기술과 LTE-Advanced에서 일부 개선중인 요소기술을 요약 정리한다.

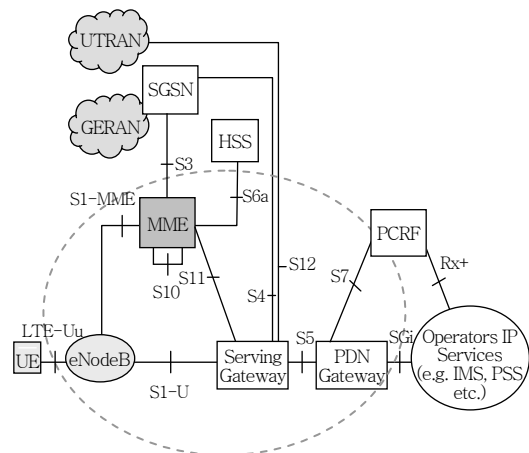
1) 3GPP에서 개발중인 4세대(3.9G 포함) 셀룰러 시스템인 EPS(Evolved Packet Service) 시스템은 무선 액세스 네트워크 중심의 LTE(Long-Term Evolution)와 코어 네트워크 중심의 SAE(System Architecture Evolution)를 총괄하는 용어이나, 여기서는 편의상 LTE를 시스템 레벨(EPS)로 사용한다.

II. LTE 시스템 구성

LTE 시스템은 “시스템 아키텍처의 단순화를 통한 시설 비용절감과 다양한 시스템간의 인터워킹을 통한 서비스 연속성(service continuity)” 등이 가능한 시스템이다.

단말은(그림 1)과 같이 기지국(eNodeB)과 Gateways(S-GW, PDN-GW) 등 두 개의 노드만을 거쳐 일반 공중 네트워크(Public Internet)에 바로 연결되며, 그 중간에 단말의 인증/등록 등을 관리하는 MME가 자리잡고 있다. 특히, LTE 시스템은 여러 종류의 액세스 네트워크를 상호 결합시키기 위해, S-GW와 P-GW를 두고 있는데, S-GW는 GPRS/UMTS 등의 기존 3GPP 시스템과, P-GW는 CDMA2000-1X/WiFi 등의 Non-3GPP 시스템과의 인터워킹을 주관한다.

(그림 1)의 구조는 3GPP 회원사간 2년간의 열띤 논쟁끝에 2007년 2월 St. Louis, SA2 회의에서 적극적으로 합의된 구조이며, 보다 구체적인 내용과 용어는 3GPP TS 23.401 문서를 참조바란다[1]. 사용된 주요 엔티티의 기본 기능과 주요 인터페이스의 기본 기능은 <표 1>과 <표 2>에 각각 정리되어 있다.



(그림 1) LTE/EPN 시스템의 기본 구조

〈표 1〉 LTE 시스템의 주요 엔티티별 기본 기능

엔티티	기본 기능
MME	<ul style="list-style-type: none"> 비무선 계열 기능 수행 (Non-Access Stratum) 일레로, 페이징, 위치등록, 인증 등 Idle 모드 상태의 단말을 관리하는 기능을 담당함 3GPP Rel.6에서의 PMM과 SM 기능에 해당
eNodeB	<ul style="list-style-type: none"> 무선 계열 기능 수행 (Access Stratum) LTE 액세스 네트워크의 기능을 대부분 담당함 (PHY (RF/Modem), MAC, RLC, RRC 및 RRM 등) 3GPP Rel.6에서의 (NodeB+ RNC)에 해당
S-GW	<ul style="list-style-type: none"> Mobility Anchor (Inter-eNB & Inter-3GPP Mobility) Mobile Access Gateway (MAG) (PMIP based), etc.
P-GW	<ul style="list-style-type: none"> Mobility Anchor (Non-3GPP Mobility) Local Mobility Anchor (LMA), (IETF) (PMIP based), etc.
PCRF	<ul style="list-style-type: none"> QoS Policy Control Charging Policy Control, etc.
PMIP	<ul style="list-style-type: none"> S-GW - P-GW간에 사용되는 L3 Mobility 프로토콜

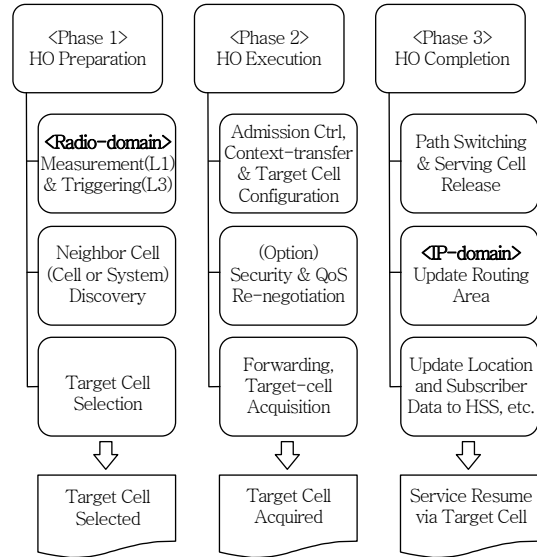
〈표 2〉 LTE 시스템의 주요 인터페이스별 기본 기능

인터페이스	기본 기능
S1-U	User Plane Protocol between eNodeB and S-GW
S1-MME	Control Plane Protocol between eNodeB and MME
S2a/b	Client and Network based Mobility (IETF based)
S3, S4	GTP
S5, S8, S10	GTP and IETF based Mobility Protocol
S11	Interface between MME and Serving SAE GW

III. LTE 핸드오버 요소기술

1. LTE 핸드오버 모델

LTE 핸드오버 수행은 (그림 2)와 같이 “준비, 실행, 완료” 등 3단계 모델에 기반하며, 이 모델은 모든



(그림 2) LTE 시스템의 핸드오버 요소기술

핸드오버 유형에 적용 가능하다.

이 모델은 3GPP에서 네트워크가 단말에 비하여 보안성이 좋고 안정적 관리가 용이한 이유로 채택한 네트워크 제어기반의 핸드오버(network controlled handover) 방식에 기준한다. 하지만, 단말의 이동으로 IP-level 접속점(point of attachment)이 변경될 경우, IP 도메인상의 L3 mobility 절차가 추가로 필요한데, 본 고에서는 무선 도메인(radio domain)상의 L2 mobility(radio mobility) 위주로 다룬다.

LTE 핸드오버는 기본적으로 MAHO 기법을 채택하고 있다. 단말이 측정하고 네트워크가 제어하는 전형적인 핸드오버 방법이다. 이하에서는 LTE radio mobility의 요소기술 중 일부를 핸드오버가 진행되는 순서에 따라 기술한다.

2. 무선 링크 측정

무선 링크 측정(measurement) 기술은 핸드오버 실행에 필요한 첫번째 기술로서 단말의 측정 기능에 해당되는데, 주요기술은 서빙중인 셀의 통신 품질에

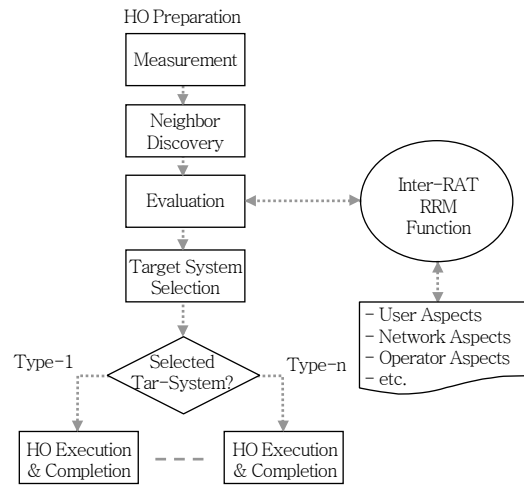
최소한의 영향을 주면서 인접 셀(prepared cell)의 무선링크 품질을 빠르고 효과적으로 탐색, 측정하는 것이다. 여기서, 인접 셀이란 핸드오버가 LTE 시스템에서 이루어지면 LTE 셀(eNodeB)이 되고, 이 중 시스템간에 이루어지면 타 시스템의 셀(BTS, NodeB, AP)이 된다. 무선 링크 측정의 대표적 방법은 아래와 같다.

- Packet Scheduling: MAC의 패킷 스케줄링이 결정해 주는 측정 주기 패턴(M-G-P)에 따라 단말이 인접 셀(혹은 시스템)을 측정하는 방법
- DRX/DTX Operation: 패킷 전송의 특징을 이용, 단말이 신호를 수신하거나 송신하지 않은 시간(DRX/DTX periods: Discontinuous Reception/Transmission)에 인접 셀을 측정하는 방법
- Combined Operation: 현재 주어진 DRX/DTX operation으로 인접 셀의 측정이 충분하면 DRX/DTX 모드를 사용하고, 충분치 않으면 기지국이 M-G-P를 발생하여, 이 정보를 단말에 알려 인접 셀을 측정하게 하는 방법

이외에도, 단말의 속도 클래스를 세분화(low, medium, high)하여 핸드오버 파라미터를 달리 적용하고 이로써 핑퐁효과 등을 줄이는 측정방법도 있다.

3. 인접 셀 탐색

기존 2G, 3G 시스템의 핸드오버는 주로 동일 시스템 내부로 제한되었으나, LTE에서는 multi-RAT mobility 이슈를 핵심기술로 부각시키면서 타깃 셀의 탐색 대상은 동일 시스템의 인접 셀은 물론 타 시스템의 인접 셀도 포함하게 되었다. 인접 셀 탐색(neighbor discovery and selection)은 이같은 상황을 반영하기 위해 여러 유형의 액세스 네트워크가 오버레이된 환경에서 인접 셀을 탐색하고, 일정 기준에



(그림 3) 인접 시스템 탐색 및 선택 절차

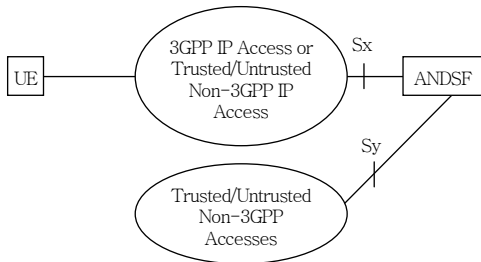
따라 탐색결과를 평가한 후 최종적으로 타깃 셀/시스템을 선택하는 기술이다(그림 3 참조).

인접 셀 탐색은 앞절의 무선 링크 측정 기능을 이용하고, 인접 셀 평가는 단말의 인접 셀 측정 결과에 따라 이루어진다. 특히, 이종 시스템간 핸드오버의 경우, 인접 셀 평가는 인접 셀의 측정 결과뿐 아니라 아래 요소가 추가 고려될 수 있다.

- 단말 요인: 무선환경, 서비스 특성(e.g. QoS), 가입자 선호도, 단말 배터리 수명 및 능력
- 네트워크 요인: 부하 레벨, 시스템간 간섭 레벨, 시스템 가용도 및 제공 능력
- 사업자 요인: 자원관리 정책, 과금 정책 등

사실, 타깃 셀 선택 방법은 사업자 정책에 따르는 구현 이슈이다. 일례로, 정책 기반의 무선자원관리에 의한 선택 방법(policy based RRM), 단말이 현 위치에서 측정한 인접시스템 정보를 이용하여 선택하는 방법(positioning-aware selection), 그리고 utility function과 같은 특수 알고리즘을 이용하는 방법 등이 고려될 수도 있다.

또한, 코어 네트워크(SAE)에서는(그림 4)와 같이 ANDSF라는 별도의 엔티티를 이용하여 타깃 시스템



(그림 4) ANDSF에 의한 인접 셀 탐색

을 선택하는 방안도 있다.

오버레이 네트워크 환경에서 사업자 정책에 따라 3GPP(UMTS) 및 Non-3GPP(CDMA2001-X) 등의 인접시스템 탐색 범위를 대상으로 타깃 시스템을 선택할 수 있도록 타깃 시스템 선택에 필요한 데이터 관리와 제어기능을 지원한다. 단말과 ANDSF 엔티티간의 관련 정보를 주고 받기 위한 read/write용 참조점(Sx/Sy)과 관련 메커니즘(pull-push)이 함께 정의된다[2].

4. 패킷 손실 관리

UMTS 시스템은 소프트 핸드오버 기술을 채택하고 있어 핸드오버 기간 중 정보 손실이 발생하지 않으나, LTE 시스템은 복잡성, 전략성 등의 이유로 하드 핸드오버 기술을 채택함으로써 패킷 손실이 발생한다.

패킷 손실 관리(packet loss management)는 하드 핸드오버 기간 중 발생하는 패킷 손실을 최소화하기 위한 기술이며, LTE 시스템에서는 GERAN과 같은 서킷교환 방식의 핸드오버에 준하는 저손실의 패킷 관리를 요구하고 있다. 그 해법으로 아래 3가지가 제안된다.

- Bi-casting: 코어 네트워크의 게이트웨이(S-GW/P-GW)에서 소스/타깃 두 기지국으로 동시 Bi-casting하는 기술(Bi-casting 시점의 결정이 어

려워 데이터 유실 가능)

- Do Nothing: 코어 네트워크의 게이트웨이에서 통신 path를 소스 셀로부터 타깃 셀로 단순히 스위칭 시키는 기술(2G/3G 시스템의 저속 데이터 전송으로 데이터 유실 가능)
- Packet Forwarding: 소스 셀에서 패킷 데이터를 버퍼링한 후 타깃 셀로 포워딩하는 기술(데이터 유실이 작아 대부분 선호)

아울러, 서비스 특성에 따른 combined 방식으로, 다소 복잡하고 실시간 QoS가 보장되지 않으나 데이터 유실이 적은 data forwarding 방식(비실시간 서비스)과 단순하고 실시간 QoS가 보장은 되나 데이터 유실이 발생하는 “Do Nothing”(실시간 서비스, TCP) 방식을 함께 사용하는 방안도 있다. <표 3>은 EPS 시스템의 패킷 손실 최소화 방안을 비교한 것이다.

<표 3> EPS 시스템의 패킷 손실 감소방안 비교

Attributes	Bi-casting (Nortel)	Forwarding (Alcatel)	Do Nothing (Motorola)
Complexity	Medium	High	Very low
Lossless handovers	Not possible	Possible	Not possible
Handover interruption time	No impact	No impact	No impact
Backhaul 대역요소	High	Medium	Low

5. 타깃 셀 접속

앞서와 같이 타깃 셀/시스템이 결정되면 타깃 기지국은 핸드오버 호(new call)를 받아 들이기 위한 수락제어(admission control), 무선자원 할당 및 랜덤 액세스 절차를 차례로 수행한다.

수락제어는 타깃 셀의 무선자원 부족으로 인한 핸드오버 실패 확률을 최소화시키는 역할을 한다. 수락제어가 허용되면 단말은 타깃 셀과 접속하기 위한 랜

덤 액세스 절차를 시도하며, 이때 사용되는 랜덤 액세스 프리앰블(RACH preamble)은 64개의 단말이 동시에 한 개 기지국을 액세스할 수 있는 프리앰블 시퀀스 자원(6bits)을 지원하며 전체 1ms의 프리앰블 구조를 갖는다(그림 5) 참조.

LTE 시스템의 경우, 실제로 랜덤 액세스 소요시간에 비례하는 핸드오버 통신 단절 시간은 동일 시스템의 경우 수십 ms에 불과해 그리 문제가 안되나, 타 시스템으로 넘어가는 핸드오버의 경우는 수백 ms에 달할 수 있어, 앞서 말한 패킷 손실 관리와 더불어 통신 단절시간의 최소화는 중요한 이슈에 속한다.

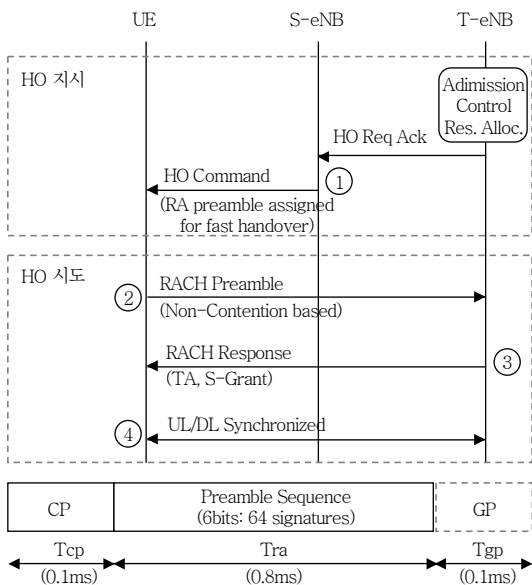
통신 단절 시간의 최소화는 기술적 혹은 시스템 운용상의 노하우에 해당된다고 볼 수 있다. 일례로, 단말이 현 위치에서 각종 액세스 정보를 네트워크 DB에 실시간으로 보고하여 갱신하는 방법("Terminal position-aware approach")과, Aloha 기반의 전형적인 액세스 방식(contention based)을 개선하여 단말이 기지국으로부터 특정 프리앰블(pre-assigned

preamble)을 할당받아 타깃 시스템을 액세스(non-contention based)하는 방법 등이 있다. 물론, 같은 경우에는 기지국이 내려주는 시스템 정보에 타깃 시스템의 캐리어 주파수, 대역폭 및 각종 오프셋 등 액세스 파라미터가 포함되어 있어야 한다[3].

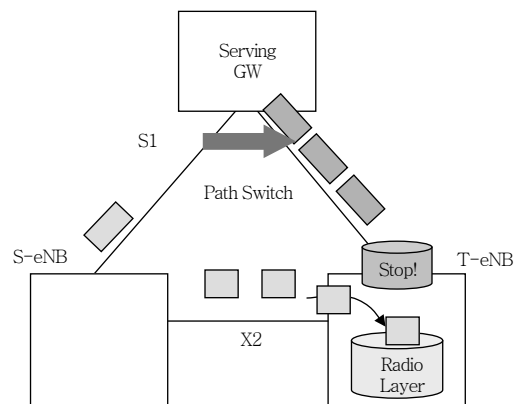
6. 패킷 접속로 스위칭

앞 4절의 패킷 포워딩(packet forwarding) 방법의 경우, 패킷은 두 갈래의 path를 통하여 내려오므로 패킷의 순서 교란이 발생할 수 있다. (그림 6)에서, S-GW로부터 타깃 셀(T-eNB)로 직접 내려오는 패킷이 소스 셀(S-eNB)을 거쳐 돌아오는 패킷보다 타깃 셀에 먼저 도달하는 경우이다. 이러한 현상은 패킷이 X2 인터페이스라는 우회 path를 거치면서 추가적인 전송 지연이 발생하는 데 기인한다.

이같은 패킷 순서 교란을 최소화하는 방법은 없을까? 그 해법 중의 하나는 타깃 셀에 특수 타이머(e.g. reordering-timer)를 사용하여, 소스 셀을 거쳐 들어오는 패킷을 모두 받기까지는 S-GW로부터 직접 내려오는 패킷 수신을 보류하는 것이다. 이렇게 되면 타깃 셀은 리오더링을 수행하지 않아도 되며, 리오더링을 위한 시간도 별게 된다. 이외에 X2 인터페이스로



(그림 5) 핸드오버에서의 타깃 셀 접속 절차와 랜덤 액세스 프리앰블 구조



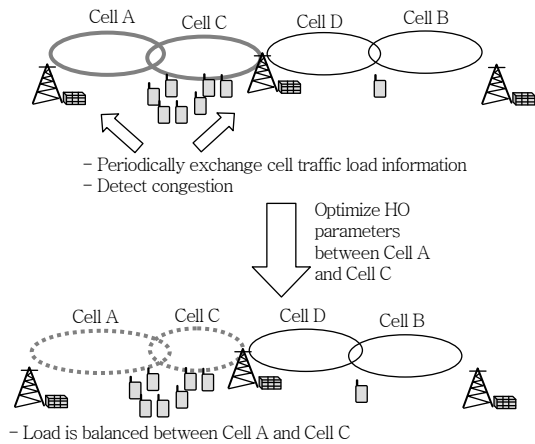
(그림 6) Path Switching 사례

포워딩되는 패킷이 마지막임을 알려주는 “Last packet control” 방식도 있다[4].

7. 기타 관련기술

마지막으로, 핸드오버를 이용한 응용사례로써 셀간의 부하 제어기술을 살펴 본다. (그림 7)의 상단에서와 같이 cell A에 비해 cell C의 트래픽이 폭주상태인 경우, 셀간의 load balancing 방법 중의 하나는 cell C의 일부 트래픽을 cell A로 퍼넘기는 것이다. 이는 cell A와 cell C의 핸드오버 파라미터를 최적화시켜 두 셀의 coverage와 capacity를 조정함으로써 성취될 수 있다[4].

이외의 요소기술로는 핸드오버 호를 위한 end-to-end QoS 제어, end-to-end security 제어, serving-cell release, 핸드오버 완료 후의 단말 위치 갱신 등 여러 절차가 있으나 본 고에서는 생략하기로 한다[4].



(그림 7) Cell A와 Cell C간의 Load-balancing

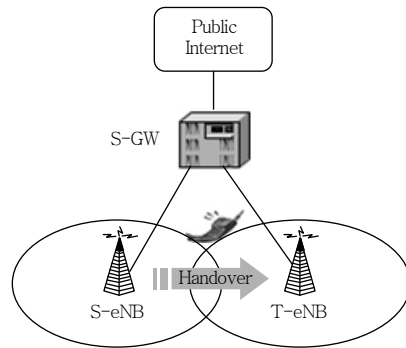
IV. LTE 핸드오버 시나리오

앞서 말한 LTE 핸드오버 요소기술을 배경으로 LTE 시스템에서의 셀간 핸드오버 시나리오(Inter-

eNodeB)에 대한 핸드오버 총 소요시간과 순수 통신 단절시간을 추론해 본다[2].

1. 핸드오버 시나리오(Inter-eNodeB)

단말이 동일 LTE 시스템에서 소스 셀(S-eNB)에서 타깃 셀(T-eNB)로 핸드오버하는 시나리오이다 (그림 8) 참조.



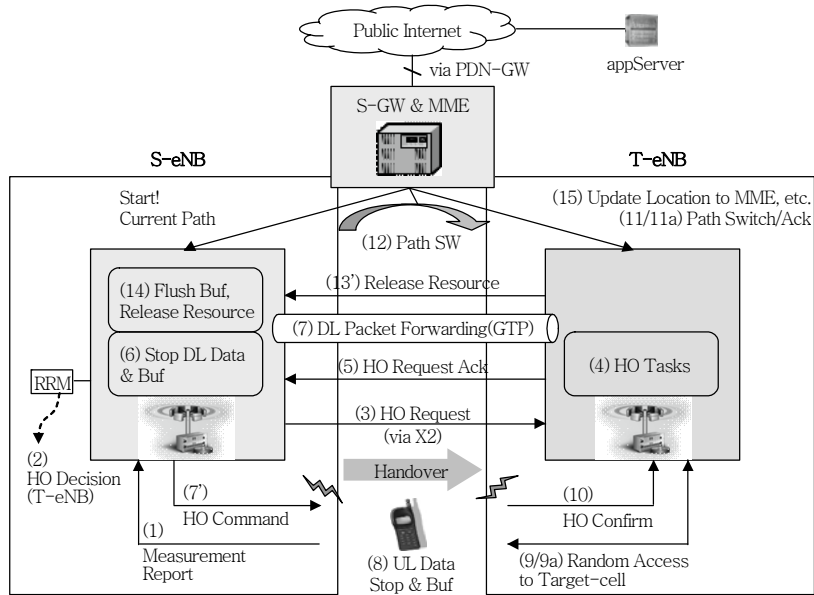
(그림 8) Inter-eNB 핸드오버 모델

이 시나리오는 (그림 9)의 핸드오버 절차와 같이 3 단계 연속 동작으로 수행된다. 아래의 각 번호는 (그림 9)의 핸드오버 단위 동작 번호에 매핑된다.

- HO Preparation phase(1-6)
- HO Execution phase(7-9)
- HO Completion phase(10-15)

첫 단계로, HO Preparation(1-6)은 타깃 셀을 결정하고, 타깃 셀의 자원을 설정하는 단계이다.

- 단계 1: 단말이 측정된 소스 기지국(S-eNB)의 수신 신호세기가 일정 임계치 이하로 떨어지고 타깃 셀(T-eNB)의 측정 수신세기가 일정 임계치 이상으로 증가하는 경우, 단말은 Measurement Report(1)를 소스 셀에 보낸다.
- 단계 2: 소스 셀은 앞서 말한 3절의 인접 셀 탐색 기술과 무선자원관리(RRM) 기술의 지원을 받아



(그림 9) Inter-eNB 핸드오버 절차

타깃 셀을 결정한다(2).

- 단계 3/4: 이후 소스 셀로부터 핸드오버 요청(handover request, 3)을 수신한 타깃 셀은 주어진 태스크(4)를 차례로 수행한다. 예로, 핸드오버 호에 대한 수락제어(admission control), 단말 컨텍스트 정보 저장(store UE-context), 새로운 단말 식별번호 할당(new C-RNTI) 그리고 타깃의 무선자원형상 구성(configure T-eNB) 등이 이에 해당된다.
- 단계 5/6: 이후 타깃 셀은 태스크 수행결과에 대한 응답을 소스 셀에 통보하고(5), 소스 셀은 바로 이어 네트워크에서 내려 받은 다운로드 패킷 송출을 중지하고 버퍼에 쌓아 둔다(6). 버퍼에 저장된 패킷은 X2 인터페이스상에 형성되는 GTP 터널을 통하여 소스 셀에서 타깃 셀로 포워딩 된다. 이로써 핸드오버 1단계가 종료된다.
- 두번째 단계로, HO Execution(7-9)은 패킷을 포워딩하고 타깃 셀을 액세스하는 단계이다.
- 단계 7/8: 소스 셀로부터 handover command

메시지(7)를 수신한 단말은 업링크 패킷의 전송을 중단하고 이를 버퍼에 저장한다(8).

- 단계 9/9a: 이와 동시에 단말은 handover command 메시지에 실려온 타깃 액세스 정보를 이용, 타깃 셀을 액세스하여 업링크 시각 동기화를 이루고 패킷 교환에 필요한 무선자원을 요청 할 당받은 이후, 그 응답을 받는다(9/9a).

마지막 단계로, HO Completion(10-15)은 path switching을 행하고 소스 셀의 자원을 해제하는 단계이다.

- 단계 10: 단말이 타깃 셀과 접속 완료한 후 이 완료 사실을 handover confirm 메시지(10)를 통해 코어 네트워크의 S-GW에 보고하면,
- 단계 12: S-GW는 소스 셀에서 타깃 셀로 path switching을 수행하게 된다(12).
- 단계 13/15: 이후 소스 기지국에 할당된 모든 자원은 해제되며(13/14), 필요에 따라 위치 갱신과 라우팅 갱신 절차가 수행된다(15).

2. 핸드오버 소요시간

(그림 10)은 LTE Inter-eNodeB 핸드오버(S-eNB → T-eNB) 절차를 단순화한 것이다[4]. 핸드오버 인터럽션 시간은 단말이 핸드오버 지시 메시지(HO command)를 수신한 직후부터, 계층 1/2를 이용한 타겟 셀(T-eNB)로의 랜덤액세스 소요시간(a)

〈표 4〉 One-way Delay에 대한 추정치[4]
(S-eNB → T-eNB)

Comp.	Cause	[ms]
Radio layer process	- DL synch time, incl. BB & RF switching time	12±2.5
	- UL resource request & TA acquisition	
	- UL resource granting	
UL RRC signaling	- RRC msg encoding at the transmitter	6.5
	- RRC transmission on the radio interface	
	- RRC processing time at the receiver	
DL RRC signaling	- Same as above	6.5
Forwarding delay	- Src eNB processing	5
	- Packet transmission over the X2 interface	
Total HO interruption time		25ms

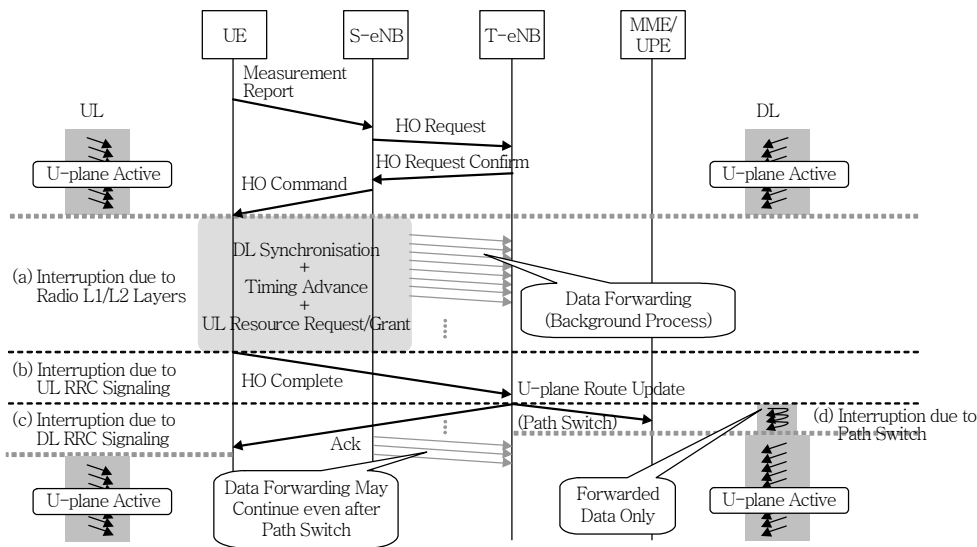
과 계층 3을 이용한 핸드오버 완료 절차(b/c) 소요시간을 포함한다[5].

〈표 4〉는(그림 10)에 따라 핸드오버 인터럽션 시간을 추정한 것이며, 이들 추정치는 핸드오버 성능을 예측하기 위한 단순 참고치이다. 참고로, (그림 9)와 같이 핸드오버 3단계(preparation~completion)에 소요된 핸드오버 총 소요시간은 68ms로 추산된다[2].

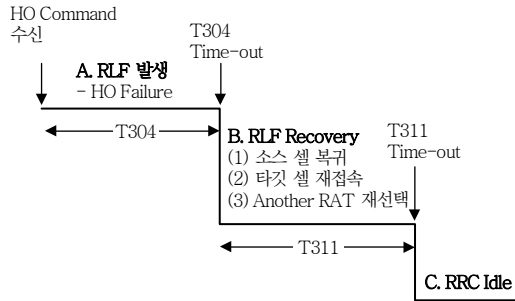
V. LTE-Advanced의 핸드오버 성능 개선

1. LTE 핸드오버 파라미터 평가

LTE 시스템이 현장에 깔리면 겪게 될 어려움의 하나는 예기치 못한 전파환경의 변화에 따른 무선링크 문제 혹은 핸드오버 파라미터 세팅값의 부적절함으로 인한 핸드오버 동작 실패이다. 이 경우, 실패 복구 프로세스는 단말이 원래의 소스 셀로 복귀하거나, 핸드오버가 준비된 인접 셀로 접속하거나 아니면, WCDMA/HSPA 등의 다른 시스템을 재선택하는 것이다. 이러한 프로세스가 모두 실패로 끝나면 단말은



(그림 10) Inter-eNB 핸드오버 메커니즘 형상(S-eNB → T-eNB)



(그림 11) RLF 대처 프로세스

복구절차를 포기하고 호 실패로 처리되어 아이들 상태(RRC idle)로 빠지게 된다(그림 11) 참조.

LTE Rel-9에서는 핸드오버의 “potential problem”을 사전 발굴하고 평가하여 그 성능을 개선하고자 LTE 핸드오버 평가 작업이 이루어졌으며, 주로 앞서 말한 무선링크 실패(RLF) 이슈에 집중하였고, 쟁점이 된 주요 파라미터로는 “handover failure rate, probabilities of radio link failure, handover interruption time”이 고려되었다.

한편, 고속으로 이동하는 단말이 혼잡지역이나 도심계곡(urban canyon)과 같은 상황에서 1초에 25dB 이상의 경로손실을 겪어 핸드오버 지시 메시지(HO command)를 수신하여도 디코딩하기 어렵게 되는 경우, 경로 손실을 극복하기 위한 무선링크 복구(RLF recovery) 절차는 데이터 전송 지연(latency)을 유발하게 되고(~200ms) 동시에 타깃 셀의 시스템 정보(SIB1 & SIB2)를 추가로 요구하여 결국, 실시간 서비스에 대한 품질 저하(QoE disruption), TCP 타임아웃, 전송 효율 감소, 그리고 호손실(lost call)을 유발하게 될 수 있다고 평가되었다.

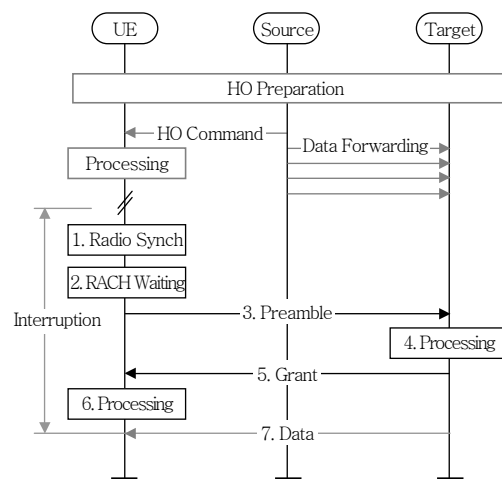
또한, 이들 핸드오버 평가 작업은 맨해튼과 같은 대도시 지역을 대상으로 핸드오버 시뮬레이션(72 eNBs, building block size 200m×200m)을 거쳐 이루어질 수 있는데, 일례로, 무선링크 실패로(RLF) 단말이 전송한 핸드오버 트리거링 메시지(measure-

ment report)가 소스기지국에 전달이 안되거나, 혹은 소스기지국이 보낸 핸드오버 지시 메시지가 단말에 전달이 안되는 경우, 관련 핸드오버의 임계치나 핸드오버 파라미터를 조정하여 무선링크 실패율을 감소시킬 수 있다고 조사되었다[5].

2. LTE-Advanced의 핸드오버 이슈

4G에 해당하는 LTE-Advanced에서의 핸드오버는 3.9G격인 LTE에 비해 무엇이 개선되고 있는가? 기본적인 핸드오버 메커니즘에는 차이가 없으나, 핸드오버 인터럽션 시간 등은 더욱 개선되고 있다. 스마트폰 및 3D 게임 등의 사용이 본격화되면 빠른 응답시간과 핸드오버로 인터럽션 시간이 개선될 필요가 있다(QoE).

(그림 12)는 LTE-Advanced 시스템의 소스 셀에서 타깃 셀로의 핸드오버 절차를 재조정된 것이다. 이에 따르면, 핸드오버 인터럽션 시간은 단말이 핸드오버 지시 메시지를 수신한 직후부터 타깃 셀과 접속하여 다운링크 데이터를 다시 받는 시점까지의 시간으로 한정하고, 계층 3에 의한 핸드오버 완료절차는 이



(그림 12) LTE-Advanced에서의 Inter-eNB 핸드오버 절차

〈표 5〉 LTE-Advanced에서의 HO Interruption Time(Inter-eNB HO)

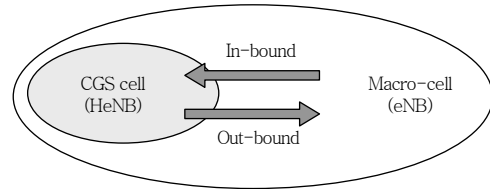
#	Description	[ms]
1*	Radio Synchronisation to the target cell	1
2	Average delay due to RACH scheduling period (1ms periodicity)	0.5
3	RACH Preamble	1
4-5	Preamble detection and transmission of RA response (Time between the end RACH transmission and UE's reception of scheduling grant and timing adjustment)	5
6	Decoding of scheduling grant and timing alignment	2
7	Transmission of DL Data	1
Total delay		10.5

시간에 포함시키지 않고 있다[2].

〈표 5〉는(그림 12)에 대한 핸드오버 입터럽션 시간의 최소 추정치(10.5ms)를 보여준다. LTE-Advanced에서 단말은 타깃 셀의 동기 관련 정보를 핸드오버 준비단계에서 미리 저장 활용함으로써, 타깃 셀과의 radio-synch 절차나 랜덤 액세스 절차 등을 서빙 셀과의 간단한 오프셋 조정만으로 처리한다[2].

한편, LTE 싱글칩을 사용하는 유/무선 통합 솔루션(FMS)인 LTE 펌토셀(HeNB 혹은 홈셀)의 경우, LTE 펌토셀과 매크로셀(eNB)간의 핸드오버 이슈가 부각되었다. 이런 유형의 핸드오버는 가정이나 사무실 등의 인도어 환경에서 저렴한 과금 및 고품질 서비스를 받을 수 있는 홈셀로 자동 핸드오버 시키거나, 혹은 스마트폰 등에 의한 트래픽 증가로 사업자 트래픽의 일부를 홈셀을 통해 일반 인터넷으로 퍼넘겨(traffic offload) 트래픽 부하를 조절하는 기술로도 볼 수 있다.

(그림 13)은 가입자가 아웃도어 영역의 매크로셀(eNB)에서 대형 쇼핑몰 등의 인도어 영역인 홈셀(HeNB)로 핸드오버(inbound mobility)하는 경우이다. 이 분야의 주요 이슈로는 두 유형의 셀간 주파수



(그림 13) LTE에서 매크로셀(eNB)과 홈셀(HeNB)간의 핸드오버

대역을 분할 사용하는 스펙트럼 할당 이슈, 단말이 최근 방문한 셀들의 이력을 기초 데이터로 이용하여 네트워크 기반의 핸드오버를 제어하는 inbound mobility 이슈 방식(FootPrintInfo Based Network control) 등이 있다[4].

VI. 결론

본 고에서는 LTE 시스템의 핸드오버 요소기술 및 시나리오를 살펴보았다. LTE 시스템에서는 이외에도 voice call continuity 및 inter-system mobility를 포함하여, WiFi 시스템으로의 트래픽 핸드오버 등에 대한 연구도 이루어졌다.

이들 관련 기술이 모두 완성되면 UMTS, HSPA, CDMA2000-1X 및 WiFi 등 여러 액세스 네트워크 간의 인터워킹(로밍 및 핸드오버 등)이 가시화될 것이다.

이러한 인터워킹 기술을 통해 얻는 benefit은 무엇일까? 가입자 관점에서선 적정 통신품질을 유지하면서 자유로운 네트워크 선택 및 이에 따른 저렴한 요금 혜택을 볼 수 있고, 사업자 관점에서선 초기 시설투자 부담의 완화로 시스템 진화의 촉진, 이종 시스템간 효과적인 트래픽 로드 분산, 그리고 서비스/네트워크/단말의 컨버전스에 따른 새로운 비즈니스 모델 창출 등이 가능할 수 있다. 또한, 서로 다른 여러 네트워크가 상호 결합 운용됨으로써 대용량 멀티미디어 트래픽을 동시에 여러 네트워크를 통해 보다 빠르고 효과

적으로 보낼 수 있고, 군사작전 지휘체계 등의 분야에서 요구되는 고신뢰성 정보를 다양한 통신로로 분산 전송하여 비상 시의 네트워크의 파손에 대비할 수도 있을 것이다. 하지만, 사업자의 시스템 운용 및 과금 정책 등이 이를 수용할지가 관건이며, 사업자가 타사에 비해 강력한 경쟁력을 갖는 사업모델을 창출하려면 새로운 inter-system mobility 체제구축을 전략적으로 시도해 볼 수 있다.

향후 시스템간 결합을 허용하는 통신 법령의 규제 완화는 어떤 식으로 전개될 것인지, 서로 다른 액세스 네트워크의 인터워킹 기술이 사업자에게 비즈니스 모델로써 어떤 benefits를 줄 것인지가 기대된다.

약어 정리

3GPP	3rd Generation Partnership Project
AF	Application Function
ANDSF	Access Network Discovery and Selection Function
CP	Cyclic Prefix
CSG	Closed Subscriber Group
DRX	Discontinuous Reception
eNB	evolved NodeB
EPS	Evolved Packet Service
GPRS	General Packet Radio Service
GW	Gateway
HO	Handover
HSPA	High Speed Packet Access
IMS	IP based Multimedia Subsystem

IP-BB	IP based BackBone
LTE	Long-Term Evolution
MAC	Medium Access Control
MAHO	Mobile Assisted HandOver
M-G-P	Measurement Gap Pattern
MME	Mobility Management Entity
PCRF	Policy & Charging Rule Function
P-GW	PDN Gateway
PMIP	Proxy MIP
RACH	Random Access Channel
RAT	Radio Access Technology
RLF	Radio Link Failure
RRM	Radio Resource Management
SAE	Service Architecture Evolution
SGSN	Serving GPRS Support Node
S-GW	Serving Gateway
UE	User Equipment
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
WCDMA	Wideband Code Division Multiple Access

참고 문헌

- [1] 3GPP TS 23.401, "GPRS Enhancements for E-UTRAN Access," 2010.
- [2] 3GPP TS 36.300, "EUTRA Overall Description - EPS Stage 2," 2010.
- [3] TS 36.331 E-UTRAN: Radio Resource Control(RRC), v8.4.0.
- [4] 3GPP EPS/SAE, "SA2/RAN2/RAN3 Contributions," 2006-2010.
- [5] "Evaluation of E-UTRAN Mobility," R1-090445, Slovenia, Jan. 2009.