

3G LTE 시스템을 위한 끊김없는 음성 호 핸드오버 방법

정희원 김 경 민*, 정 현 덕*, 종신회원 이 재 용*

A Seamless Voice Call Handover Scheme for the 3G LTE System

Kyungmin Kim*, Hyunduk Jung* *Regular Members*, Jaiyong Lee* *Lifelong Member*

요 약

차세대 이동통신망 시스템인 3G LTE 시스템의 원활한 보급을 위해서는 기존의 3세대 이동통신망과의 핸드오버가 제공되어야 한다. 특히 음성서비스의 경우 핸드오버로 인한 서비스의 끊김은 사용자가 실제로 느끼는 서비스의 품질에 있어서 매우 민감한 부분으로 끊김없는 핸드오버 방법의 개발이 반드시 필요하다. 그러나 3G LTE망과 3G CS망 사이에서의 핸드오버의 경우 두 망 사이의 연동이 불가능하며 라디오 자원사용의 제약으로 인해 기존의 방법으로는 끊김없는 핸드오버를 제공하기 어렵다. 본 논문에서는 SCSE라는 새로운 entity를 제안하여 3G LTE망과 3G CS망 사이의 연동을 가능하게 하였으며 SCSE의 기능을 이용하여 핸드오버 과정을 간략히 하여 service interruption time을 최소화 할 수 있는 핸드오버 방법을 제안하였다. 또한 분석을 통한 성능을 평가 하였으며 결론적으로 제안된 SCSE 방법만이 사용자에게 끊김없는 음성 서비스를 제공하기 위한 요구 조건인 300 ms 이하의 service interruption time을 만족 시킬 수 있음을 확인하였다.

Key Words : 3G LTE, 3G CS, Voice-call, inter-system, handover, service interruption

ABSTRACT

A seamless handover between the 3G LTE and legacy 3G system is required for the smooth deployment of the 3G LTE system which is the next generation cellular network system. Especially on voice call handover, the service interruption time is very sensitive for user's satisfaction and therefore, a seamless voice call handover scheme is necessarily required. However, handover between the 3G LTE and the 3G CS system is hard to be achieved due to the lack of interface between two systems and the restriction of radio resource. In this paper, a new network entity called SCSE is proposed and inter-working between the 3G LTE and the 3G CS systems is enabled. Also contributed to the feature of the SCSE, the handover procedure is simplified and the service interruption time is minimized as a consequence. The evaluation result shows that the proposed SCSE scheme exclusively meets the service interruption time requirement which is smaller than 300 ms.

I. 서 론

오늘날 이동통신망 기술 발전의 큰 흐름은 다양한 종류의 통신망 기술들의 융합으로 이에 따라 서

로 특성을 가진 여러 가지 종류의 이동통신망들이 공존하게 된다. 이러한 환경에서 무선 단말은 다양한 이동통신 시스템들 사이를 이동해 다닐 수 있으며, 이러한 단말의 이동은 서비스의 연속성에 문제

* 본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었습니다. (IITA-2009-C1090-0902-0038)

* 연세대학교 전기전자공학과 유비쿼터스 네트워크 연구실 (gamesety@yonsei.ac.kr, psychblue@yonsei.ac.kr, jyl@yonsei.ac.kr)
논문번호 : KICS2009-12-620, 접수일자 : 2009년 12월 14일, 최종논문접수일자 : 2010년 2월 2일

를 일으키며 이로 인해 사용자의 서비스에 장애가 발생할 수 있다. 따라서 통신망 기술의 융합을 위해서는 서로 다른 이동통신 시스템들 사이를 이동하는 단말에게 끊김없는 서비스를 제공하기 위한 핸드오버 기술이 필수적으로 뒷받침 되어야 한다.

3G LTE (3rd Generation Long Term Evolution) 시스템은 이동통신망 기술의 주요 표준화 단체인 3GPP (3rd Generation Partnership Project)에 의해 표준화가 진행되고 있는 차세대 이동통신망 시스템이다. 기존의 3G 시스템이 음성 서비스를 위한 CS (Circuit Switched)망과 데이터 서비스를 위한 PS (Packet Switched)망을 따로 가지고 있는데 비해 3G LTE 시스템은 CS망 없이 PS망으로만 구성되기 때문에 음성 및 데이터 서비스가 모두 PS망을 통해 제공되며 이에 따라 음성 서비스는 VoIP (Voice over Internet Protocol)를 통해 제공된다. 이와 같이 CS망을 포함하지 않는 3G LTE 시스템의 특징은 기존의 3G CS망과의 연동을 위한 기능을 제공하지 않아 3G LTE망과 3G CS망 사이의 핸드오버를 어렵게 한다.

한편 3G LTE 시스템은 높은 데이터 전송률을 제공하기 위해 셀의 크기가 작아지게 되며 또한 보급 단계에서 기지국의 설치가 제한적일 수밖에 없기 때문에 기존의 3G 시스템이 부족한 서비스 영역을 보완 하기위해 사용 될 것이다. 이와 같은 예로 대한민국에서 WiBro (Wireless Broadband), HSDPA (High Speed Downlink Packet Access)와 같은 3G 이동통신 시스템의 보급 과정에서 초기에는 신촌, 강남 등 서울의 일부 지역에서만 3G 서비스가 제공되었으며 해당 지역을 벗어날 경우 기존의 CDMA (Code Division Multiple Access) 시스템으로 핸드오버 하도록 하여 부족한 서비스 영역을 보완 하였다. 이와 같은 상황에서 차량이나 지하철 안에서 3G 단말기를 이용하는 사용자가 3G 서비스 영역을 벗어나는 일은 단지 몇 분 동안에도 빈번하게 발생할 수 있으며 같은 맥락으로 3G LTE망의 보급 과정에서도 기존의 3G 망으로의 핸드오버는 빈번하게 발생할 것으로 보인다. 따라서 3G LTE망과 3G CS망 사이에서의 핸드오버는 필수적으로 뒷받침 되어야 하며 특히 음성 서비스의 경우 짧은 순간동안 대화가 끊어지더라도 사용자가 불편함을 느낄 수 있기 때문에 핸드오버로 인해 발생하는 service interruption time을 최소화 할 수 있는 방법의 개발이 필요하다.

3G LTE망과 3G CS망 사이에서의 핸드오버와

같이 두 망이 서로 간에 연동이 어려울 경우 일반적인 해결책은 두 개의 시스템과 동시에 접속 하여 기존의 호를 유지하면서 핸드오버 대상 망의 자원을 예약하는 방법이다^[1]. 그러나 3G LTE망과 3G CS망의 경우에는 라디오 스펙트럼상의 간섭과 배터리의 전력 소모로 인해 때문에 두 대상 망의 라디오 자원을 동시에 사용할 수 없기 때문에 이와 같은 해결책을 사용 할 수 없다.

지금까지 3G LTE망과 3G CS망 사이의 핸드오버 문제를 해결하기 위해 제안된 방법들은 크게 3가지로 나누어진다. 첫 번째 방법은 기존의 방법들을 응용하여 핸드오버를 가능하게 하는 것으로 새로운 장비나 시그널링을 필요로 하지 않지만, 핸드오버 과정이 복잡하고 service interruption time이 길다는 단점이 있다^{[2],[3]}. 두 번째 방법은 사용 중인 접속방과의 라디오 연결 해제하고 다시 핸드오버 대상망과의 라디오 연결을 진행하는 방식으로 간단하게 구현이 가능하지만 핸드오버로 인한 service interruption time이 크다는 단점이 있다^[4]. 세 번째 방법은 3G LTE망과 3G CS망 사이에 gateway를 도입하는 것으로 추가적인 gateway의 도입이 필요하지만 service interruption time을 줄일 수 있다는 장점이 있다^{[5],[8]}. 그러나 gateway를 이용한 기존의 방법들은 대부분의 경우 자세한 세션 이동 과정의 정의 하지 않았으며, 핸드오버로 인한 시간지연에서 큰 비중을 차지하는 PDP (Packet Data Protocol) Context Activation 과 IMS (IP Multimedia Subsystem) registration 과정^[9]에 대한 간략화가 이루어 지지 않아 끊김없는 음성 서비스를 위한 요구 조건인 300 ms 이하의 service interruption time^[10]을 만족 시키지 못한다.

따라서 본 논문에서는 3G LTE망과 3G CS망 사이에서 끊김없는 음성 서비스를 제공하기 위해 SCSE (Service Continuity Supporting Entity)라는 새로운 entity와 이를 이용한 핸드오버 방법을 제안한다. 제안된 SCSE를 이용하면 3G LTE망과 3G CS망 사이의 연동이 가능하며 이를 통해 핸드오버 대상망의 자원을 미리 예약할 수 있다. 또한 SCSE의 기능을 이용하여 PDP context activation 과 IMS registration 과정의 간략화를 이루었기 때문에 그 결과 끊김없는 음성호의 핸드오버가 가능하다.

본 논문의 II장에서는 지금까지 제안된 3G LTE망과 3G CS망 사이의 핸드오버 방법들을 검토한다. 제 III장에서는 SCSE 방법을 제안하고 상세한 동작을 설명하며 제 IV장에서는 분석을 통해 기존의 방

법과 제안된 방법의 성능을 평가하고 제안된 방법의 우수성을 검증한다. 마지막으로 제 V장에서는 본 논문의 결론은 맺는다.

II. 관련연구

2.1 Combinational 방법

3G LTE망과 3G CS망 사이에서의 핸드오버 문제를 해결하기 위한 첫 번째 방법은 combinational 방법으로 새로운 장비나 시그널링을 사용하지 않고 기존의 방법들을 활용하여 핸드오버가 가능하도록 하였다^{[2],[3]}. 그림 1은 combinational 방법을 동작을 개념적으로 나타낸 것으로 3G LTE망과 3G PS망 사이에서 3G LTE 표준에서 정의하고 있는 핸드오버 방법을 이용하며, 3G PS망과 3G CS망 사이에서는 3GPP TS (Technical Specification) 23.206을 통해 정의된 VCC (Voice Call Continuity)를 이용하여 핸드오버를 진행한다. VCC 방법은 IMS에 위치한 어플리케이션 서버의 도움을 받아 핸드오버를 진행하는 방법으로 두 개의 라디오 자원을 동시에 이용할 수 있는 상황에서 적용할 수 있는 방법이다^[1]. 결과적으로 combinational 방법은 핸드오버를 위한 중간단계로 3G PS망을 거쳐 순차적으로 이미 정의되어 있는 두 개의 핸드오버 과정을 진행하여 3G LTE망과 3G CS망 사이에서 핸드오버를 가능하게 하는 방법이라고 할 수 있다.

이와 같이 combinational 방법은 이미 존재하는 핸드오버 방법을 조합하여 사용하기 때문에 새로운 장비나 시그널링이 필요하지 않다는 장점이 있지만, 핸드오버 과정이 복잡하며 세션 단계에서의 핸드오버 과정이 명확히 정의되지 않은 문제점이 있다. 이에 따라 combinational 방법의 일부분인 VCC 과정을 수행하기 위해서도 수초 이상의 시간이 소요

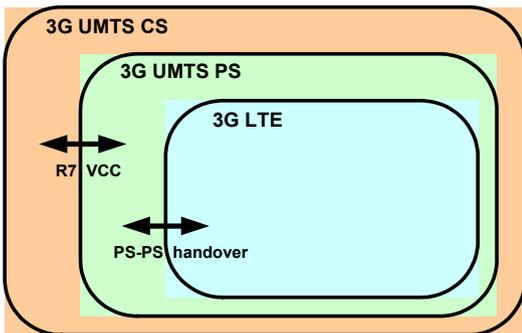


그림 1. Combinational 방법
Fig. 1. Combinational approach

될 수 있어 상용 서비스를 제공하기에 많은 무리가 따른다^[8]. 또한 Combinational 방법은 핸드오버를 위해 중간 단계로 3G PS망을 반드시 필요로 하며 그 서비스 영역에 있어서 그림 1과 같이 3G CS망이 3G PS망을 포함하여야 하고, 3G PS망이 3G LTE망을 포함하여야 한다. 그러나 미국, 캐나다 등과 같이 영토가 넓은 나라에서는 이와 같은 조건은 충족되기 어려우며 combinational 방법을 적용하는데 있어 또 다른 큰 문제점이 된다.

2.2 Call re-establish 방법

Call re-establish 방법은 그림 2와 같이 3G LTE망과 3G CS망 사이에서 두 개의 라디오 자원을 동시에 사용할 수 없기 때문에 사용 중인 호를 끊고 다시 새로운 호를 연결하는 방법이다^[4]. 이 과정에서 사용 중인 호가 일정시간 동안 끊어지기 때문에 IMS 어플리케이션 서버를 통해 핸드오버가 진행되어 호가 끊어진다는 것을 알리는 메시지가 전달된다. Call re-establish 방법은 IMS 어플리케이션 서버를 이용하여 간단히 구현 할 수 있다는 장점이 있지만 핸드오버로 인한 service interruption time이 크다는 것이 가장 큰 단점으로 본 논문에서 사용된 분석 결과에 따르면 700 ms 이상의 service interruption time을 갖는다.

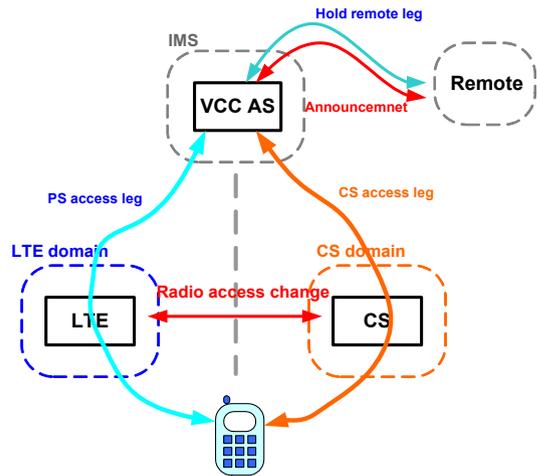


그림 2. Call re-establish 방법
Fig. 2. Call re-establish approach

2.3 Gateway 방법

3G LTE망과 3G CS망 사이의 핸드오버를 위한 세 번째 방법은 gateway를 이용한 방법이다^{[5],[7]}. 그림 3과 같이 3G LTE망과 3G CS망 사이에

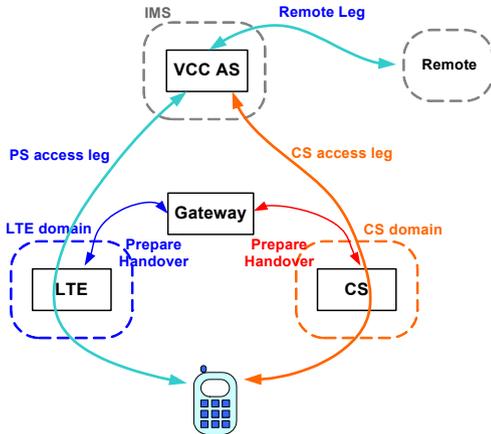


그림 3. 게이트웨이 방법
Fig. 3. Gateway approach

signaling gateway를 두어 핸드오버가 진행되는 두 망사이의 연동을 가능하게 하는 방법으로 gateway 라는 새로운 장비를 필요로 하는 단점이 있지만, 핸드오버에 의한 service interruption time을 줄일 수 있다는 것이 큰 장점이다. 그러나 지금까지 제안된 방법들의 경우 gateway의 역할은 단순히 두 망 사이에서의 signal을 전환 하는 signaling gateway의 역할만을 가지고 있으며 두 망 사이에서 완전한 핸드오버 방법이 되기 위한 세션단계의 이동 방안이 자세히 정의되지 않았다. 따라서 핸드오버 과정에 있어서 세션의 이동에 대한 구체적인 방안과 이에 따른 세부 동작이 자세히 정의 되어야 한다. 또한 기존의 gateway 방법의 경우 3G CS망에서 3G LTE망으로 핸드오버 할 경우에 많은 지연시간을 발생시키는 PDP context activation과 IMS registration 과정의 간략화가 이루어지지 않아 service interruption time을 충분히 줄이지 못한다. 본 논문에서 사용된 분석 방법에 따르면 기존의 gateway 방법의 경우 적어도 500ms 이상의 service interruption time이 발생하여 사용자에게 끊김 없는 서비스를 제공하기 위한 요구사항인 300 ms 이하의 service interruption time을 만족시키지 못한다.

III. SCSE 방법

본 장에서는 SCSE의 구조 및 기능을 설명하고 SCSE를 이용하여 3G LTE망과 3G CS망 사이에서 끊김없는 핸드오버를 제공하기 위한 방법을 제시한다. 3G LTE망과 3G CS망 사이에서 핸드오버를 가능하게 하려면 첫 번째로 두 망사이의 연동을 가

능하도록 해야 하며, 두 번째로 라디오 자원의 사용에 있어서의 제약을 극복해야 하며, 마지막으로 3G LTE망에 접속과정의 일부분인 PDP context activation과 IMS registration 과정을 간략히 하여야 한다. 이와 같은 세 가지 문제점을 해결하기 위해서는 우선 두 망사이의 연동을 위한 gateway의 사용이 불가피하며 따라서 본 논문에서 제안한 SCSE방법은 두 망사이의 연동을 위한 gateway를 도입하였다. 그러나 단순한 gateway의 사용만으로는 service interruption time을 충분히 줄일 수 없기 때문에 기존의 gateway 방법에서 사용되는 signaling gateway의 기능 이외에 3GPP TS 23.206 VCC^[1]에서 사용되는 AS의 역할과 세션의 이동을 관리하기 위한 기능을 추가하였으며 추가적으로 PDP context activation과 IMS registration 과정을 간략히 하기 위한 user agent로서의 기능들이 새롭게 추가 되었다.

3.1 SCSE의 구조

본 논문에서 제안하는 SCSE는 그림 4와 같은 구조를 가진다. 먼저 Signaling Translation Function은 3G LTE망에서 사용되는 GTP (GPRS (General Packet Radio Service) Tunneling Protocol) signal과 3G CS망에서 사용되는 MAP (Mobile Application Part) signal을 전환하는 시그널링 게이트웨이 역할을 담당하며 이 기능을 통해 3G LTE망과 3G CS망 사이의 연동을 통해 핸드오버 과정에서 상대방의 자원을 예약할 수 있다. 다음으로 Session Anchoring Function은 음성 세션에 대한 anchoring point (B2BUA (Back-to-Back User Agent))의 역할을 수행하여 call에 관한 정보를 저장하고 해당 call이 생성되는 과정에 참여하여 call의 유지 및 이동

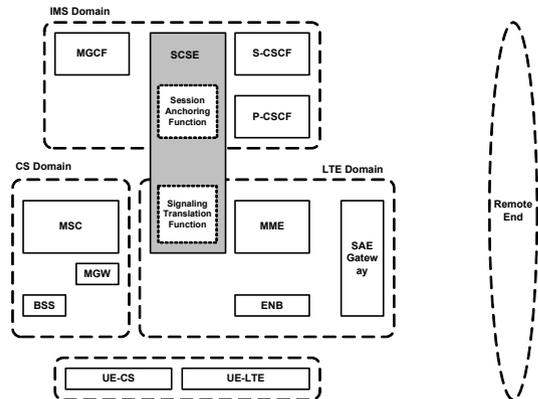


그림 4. SCSE 구조도
Fig. 4. SCSE architecture

등을 관리하기 위한 call anchoring 과정을 수행한다. 이 같은 call anchoring 과정을 통해 SCSE는 세션에 관한 정보를 저장하고 3rd party user agent로서 역할을 수행 할 수 있으며 핸드오버 과정에서 PDP context activation 과정과 IMS registration 과정을 간략히 하여 service interruption time을 최소화 할 수 있다.

3.2 3G LTE망에서 3G CS망으로의 핸드오버

본 논문에서 제안한 핸드오버 과정을 설명하기 위해서는 먼저 각각의 망에서 음성호가 설정되는 과정에 대한 설명이 필요하다. 그림 5는 3G LTE망에서 음성호를 위한 VoIP 세션이 설정된 모습이다. 일반적인 SIP (Session Initiation Protocol)를 이용한 VoIP 세션 설정 과정의 경우 UE로부터 전송된 SIP INVITE 메시지가 P-CSCF (Proxy Call Session Control Function), I-CSCF (Interrogating CSCF) 그리고 S-CSCF (Serving CSCF)를 통해 remote end로 전달되며 그 후 UE와 remote end사이의 QoS (Quality of Service) negotiation 과정이 진행된다. 그리고 QoS negotiation 과정이 완료되면 remote end로부터 SIP 200 OK 메시지가 전달되며 세션이 설정된다^[11]. 제안된 SCSE방법의 경우도 전체적인 동작에 있어서는 일반적인 SIP 세션 설정 과정과 유사하게 세션이 설정되지만 추가적으로 해당 세션에 대한 제어가 가능하도록 세션의 등록정보를 저장하는 call anchoring 과정이 수행되는 것이 차이점으로 call anchoring 과정을 통해 SCSE가 3rd party user agent로 등록되어 핸드오버 과정에서 UE를 대신하여 미리 remote end와의 access leg

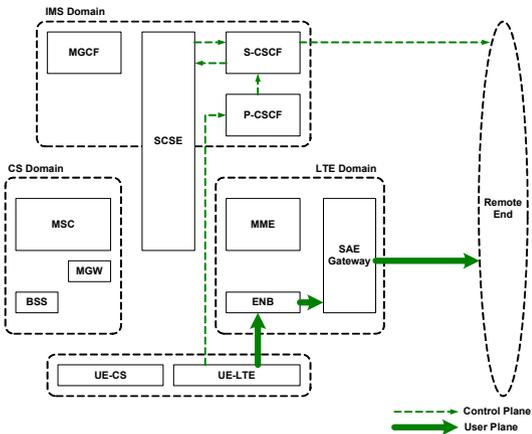


그림 5. LTE망에서의 호 설정
Fig. 5. LTE originating call

를 CS망으로 이동시켜 핸드오버로 인한 service interruption time을 줄일 수 있다.

그림 6은 LTE망에서 CS망으로의 핸드오버 과정을 도식화한 흐름도이다. 과정 1-2에서 UE (User Equipment)로부터 Measurement Report 메시지를 받은 eNB (evolved Node B)는 핸드오버를 결정하고 MME (Mobility Management Entity)에게 핸드오버를 위한 요청을 보낸다. 핸드오버 요청을 받은 MME는 해당 핸드오버 대상 셀이 CS망에 위치한 셀이라는 것을 판단하고 CS망으로의 핸드오버를 위해 과정 3에서 SCSE에게 핸드오버 요청을 보낸다. 해당 핸드오버 요청을 받은 SCSE는 핸드오버 요청 메시지를 CS망에서 사용되는 MAP Prepare Handover Request 메시지로 변환하여 MSC에게 전달하며 과정 4-6을 통해 CS망의 MSC (Mobile Switching Center)와 일반적인 MSC 사이에서의 핸드오버 과정과 동일한 Inter-MSC 핸드오버 과정^[11]을 수행한다. 또한 이 과정에서 MSC와 VLR (Visitor Location Register)과의 연동을 통해 해당 MSC의 MSRN (Mobile Station Roaming Number)인 Handover Number가 할당되며 할당된 Handover Number는 과정 6의 메시지에 포함되어 SCSE에게 전달된다. 핸드오버 준비가 완료되었음을 보고받은 SCSE는 핸드오버를 위해 사용될 새로운 access leg를 설정하기 위해 과정 7에서 S-CSCF (Serving-Call Session Control Function)로 INVITE 요청을 전송하며 이 때 해당 INVITE 요청의 REQUEST-URI (Uniform Resource Identifier)를

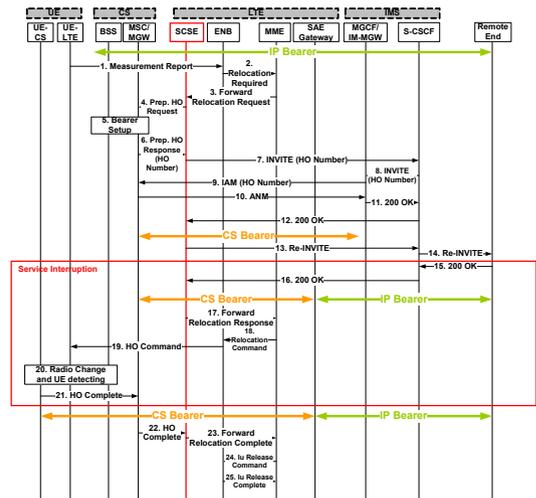


그림 6. LTE망에서 CS망으로의 핸드오버
Fig. 6. LTE to CS handover

MSC의 Handover Number로 설정한다. 과정 8-11에서 INVITE 요청을 받은 S-CSCF는 INVITE 메시지의 REQUEST-URI가 CS망이라는 것을 판단하고 CS망과의 베어러를 설정하기 위해 MGCF (Media Gateway Control Function)에게 INVITE 메시지가 전달한다. 이에 따라 MGW (Media Gateway)와 MSC사이에서 베어러 형성을 위한 과정이 진행되고, 다시 S-CSCF로 INVITE에 대한 응답인 200 OK 메시지가 전달된다. 다음으로 과정 12에서 S-CSCF가 SCSE의 INVITE요청에 관한 응답을 전송하며 과정 12가 완료되면 MSC와 MGW 사이에 CS 베어러가 생성된다. 과정 13-16은 기존의 세션을 새로 생성된 세션으로 전환하기 위한 과정으로 UE와 Remote End 사이의 중단간 세션이 새로 연결된 MSC와 Remote End 사이의 세션으로 전환된다. 여기서 MGW에 의해 MSC와 MGW 사이의 CS베어러와 MGW와 Remote End 사이의 IP 베어러가 연결된다. 과정 17에서 SCSE는 MME에게 핸드오버 준비과정이 완료되었음을 알리며 과정 18-21을 통해 UE에게 핸드오버 명령이 전달되며 UE는 CS망으로 라디오를 전환하고 CS망과의 접속 과정을 진행한다. 과정 21이 완료되면 최종적으로 UE와 Remote End사이의 연결이 완료되며 마지막으로 과정 22-25에서 핸드오버가 완료되었음을 SCSE에게 알리고 기존의 LTE망의 자원을 해제하기 위한 과정이 진행된다.

3G LTE망에 3G CS망으로의 핸드오버 과정에 있어 과정 4-6의 경우와 같이 핸드오버를 위한 접속망의 자원을 예약하는 과정은 일반적인 gateway를 이용한 방법을 통해서도 진행 될 수 있지만 과정 7-16은 접속망의 자원 예약뿐만 아니라 실제 SIP 세션의 이동을 위한 과정으로 기존의 gateway 방법을 이용할 경우 라디오 연결을 끊고 접속망을 전환 한 이후에 진행 될 수 있는 과정이다. 그러나 제안한 SCSE 방법의 경우 SCSE가 단순한 게이트웨이의 기능뿐만 아니라 세션에 대한 관리 기능을 추가적으로 가지고 있기 때문에 라디오 연결을 끊고 접속망에 대한 핸드오버를 진행하기 전에 세션에 대한 이동을 미리 진행 할 수 있으며 이에 따라 기존의 gateway 방법에 비해 더 큰 폭으로 핸드오버로 인한 service interruption time을 줄일 수 있다.

3.3 3G CS망에서 3G LTE망으로의 핸드오버

그림 7은 3G CS망에서 음성호가 설정된 모습이 다. 전체적인 과정은 3GPP TS 23.206 VCC에서

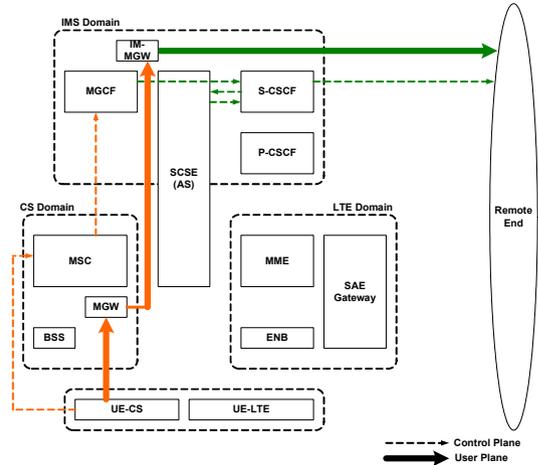


그림 7. CS망에서의 호 설정
Fig. 7. CS originating call

정의된 과정과 동일하며 SCSE가 IMS AS (Application Server)역할을 담당하여 LTE망에서의 경우와 같이 call anchoring을 수행한다.

그림 8은 CS망에서 LTE망으로의 핸드오버 과정을 도식화한 흐름도이다. 과정 1-2에서 UE로부터 Measurement Report 메시지를 받은 BSS (Base Station Subsystem)는 MSC에게 핸드오버가 필요하다는 것을 알리며 이를 전달받은 MSC는 과정 3에서 SCSE에게 MAP Prepare Handover Request 메시지를 전달한다. 이 때 SCSE는 MSC에게 일반적인 MSC와 같이 인식된다. MSC로부터 핸드오버

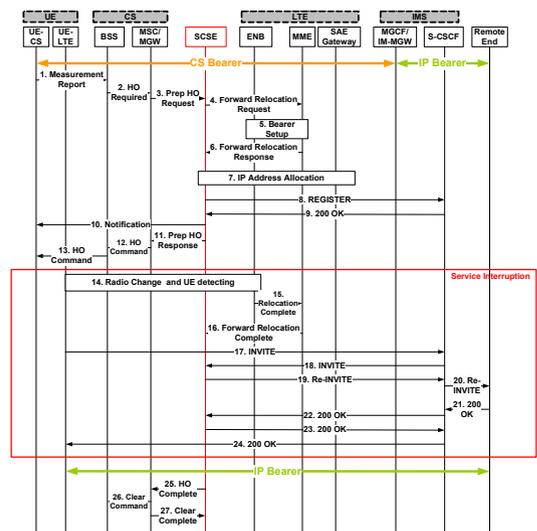


그림 8. CS망에서 LTE망으로의 핸드오버
Fig. 8. CS to LTE handover

요청을 받은 SCSE는 MAP Prepare Handover Request 메시지를 3G LTE망에서 사용되는 GTP Relocation Request 메시지로 변환하며 과정 4에서 변환된 메시지를 MME에게 전달한다. 요청을 받은 MME는 과정 5에서 eNB와 자원 예약 과정을 진행하고 과정 6에서 SCSE에게 핸드오버를 위한 자원 예약이 완료되었음을 알린다. 다음으로 SCSE는 과정 7에서 SAE (System Architecture Evolution) Gateway와 연동하여 UE가 핸드오버 이후에 사용할 IP address를 할당하는데 이 과정은 단말이 접속망과의 라디오 전환 과정을 마친 이후에 수행해야 할 PDP context activation 과정을 SCSE가 대신 수행하는 것이다. 또한 과정 8-9에서 SCSE는 과정 4에서 받은 UE의 IMSI (International Mobile Subscriber Identity)를 이용하여 IMS registration을 위한 IMPU (IP Multimedia Public User identity)와 IMPI (IP Multimedia Private Identity)를 생성할 수 있으며, IMPU, IMPI와 과정 7에서 받은 IP address를 이용하여 SIP (Session Initiation Protocol) REGISTER 메시지를 생성하여 단말을 대신하여 IMS registration 과정을 수행한다.

PDP context activation과 IMS registration 과정은 핸드오버 과정에 있어서 수백 ms이상의 지연시간을 야기하는 과정으로 핸드오버로 인한 service interruption time을 줄이는데 큰 걸림돌이 된다⁹⁾. 그러나 본 논문에서 제안한 SCSE 방법에서는 단말이 라디오를 전환하기 전에 SCSE가 단말을 대신해서 PDP context activation과 IMS registration을 수행하기 때문에 사용 중인 음성세션을 유지하면서 두 가지 과정을 수행할 수 있으며 단말이 라디오를 전환한 후에 그 두 과정을 수행할 필요가 없기 때문에 핸드오버로 인한 service interruption time을 획기적으로 줄일 수 있다.

과정 10에서 SCSE는 단말에게 PDP context activation과 IMS registration을 수행한 정보 (IP address, P-CSCF 정보, S-CSCF 정보)를 UE에게 전달한다. 본 과정은 USSD (Unstructured Supplementary Service Data) 메시지를 이용하여 전달 될 수 있으며 필요에 따라 단말과 SCSE 사이의 별도의 interface를 정의하여 사용 할 수도 있다. 과정 11-16에서 SCSE는 MSC에게 핸드오버 준비가 완료되었음을 알리며 MSC의 핸드오버 명령이 단말에게 전달되고 단말은 라디오를 전환하여 LTE망의 eNB와의 연결을 설정한다. 계속해서 eNB는 MME에게 자원 할당이 완료되었음을 알리고 MME는

SCSE에게 해당 핸드오버 과정이 완료되었음을 알린다. 과정 17-24는 이전의 세션을 새로 만들어진 베어러를 통한 세션으로 전환하기 위한 과정으로 UE의 INVITE 요청을 받은 SCSE는 이를 Re-INVITE 요청으로 전환하여 Remote End에게 전달하며 이에 대한 응답으로 200 OK 메시지가 전달된다. 마지막으로 과정 25-27은 CS망에서 사용하던 자원을 해제하는 과정으로 과정 27이 완료되고 나면 CS망에서 LTE망으로의 핸드오버 과정이 모두 마무리 된다.

3.4 SCSE 구현 및 배치

본 논문에서 제안한 SCSE는 service interruption time을 줄이기 위해 여러 가지 기능을 가지지만 각각의 기능들은 논리적으로 구분되어 있기 때문에 실제 구현에 있어서는 하나의 장비로 구현할 수 있다. 이 때 어떤 위치에 얼마나 많은 수의 SCSE를 배치 할 것인가에 관해서는 각각의 사업자가 보유하고 있는 기존의 3G망의 장비의 배치와 새롭게 배치되는 3G LTE망의 장비가 어떻게 배치되느냐에 따라 그 위치와 수요가 정해질 것이다. 따라서 사용자의 수가 많고 많은 장비가 배치되어 있는 지역의 경우 많은 수의 SCSE가 필요할 것이며 상대적으로 사용자가 적은 지역은 소수의 SCSE만을 배치해도 될 것이다. 본 논문에서 제안한 방법의 경우 하나의 SCSE가 다수의 MME와 MSC에 대하여 서비스를 제공할 수 있기 때문에 원활한 서비스를 제공하기 위해 필요한 SCSE의 개수는 MME나 MSC보다 적을 것이다. 따라서 SCSE방법을 이용할 경우 얻을 수 있는 서비스 품질의 향상을 고려하면 SCSE 방법은 이동통신 서비스를 제공하는 사업자 입장에서 충분히 활용 가능성이 높은 방법이라고 할 수 있다.

IV. 성능 분석 및 평가

4.1 수학적 분석모델

핸드오버 과정에서 발생하는 시간지연을 일으키는 원인은 크게 4가지 요소로 나누어 질 수 있으며 각각은 라디오 구간에서 발생하는 시간지연, 망에 위치한 노드에서 발생하는 큐잉으로 인한 시간지연, 인터넷 구간에서의 시간 지연 그리고 Remote망에서 발생하는 시간지연으로 구분된다. 본 논문에서는 이들 각각에 수학적 모델을 적용하였으며 핸드오버 과정에서 실제로 사용자의 서비스에 장애를 일으켜 음성 서비스가 끊어지는 구간을 service interruption time으로 정의하여 각각의 핸드오버 방법에 적용하

여 성능을 비교 하였으며 추가적으로 라디오 채널의 상황변화 따른 영향을 분석하였다. 이 때 III장에서 핸드오버 과정을 설명하기 위해 사용한 흐름도에는 실제로 라디오 접속망에 접속하기 위해 필요한 RRC (Radio Resource Control) 과정이나 IMS 상에서 SIP 메시지가 전달되는 자세한 과정이 생략되어 있지만 service interruption time을 구하기 위한 분석과정에 있어서는 3GPP 표준에서 정의된 자세한 과정을 모두 포함하여 service interruption time을 비교하기 위한 정확한 수식을 유도하였다^[12].

먼저 3G 라디오 링크에서는 CS망과 PS망에 공통적으로 손실복구 및 재전송을 위해 RLP (Radio Link Protocol)가 사용된다. 또한 3G LTE망에서도 3G CS 망과 동일한 RLP가 사용될 것으로 예상되기 때문에 동일한 모델을 가정하였다. 그러나 3G LTE망과 3G CS망 각각의 경우 망의 특성에 따라 서로 다른 프레임 사이즈나 전송률을 가지게 되며 수식의 변수 값을 조정하여 이에 대한 특성을 반영할 수 있다. 식 1은 RLP로 인해 라디오 링크에서 발생하는 시간지연의 수학적 모델이다^[13-14].

$$T_{RLP} = T_{trans} + (k-1)\tau + \frac{k(P_f - (1-p))}{P_f} \cdot \left[\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^j P(C_{ij}) (2jT_{trans} + \frac{j(j+1)}{2} + i)\tau \right]$$

$$P_f = 1 - p(p(2-p))^{\frac{n(n+1)}{2}}$$

$k =$ number of frames
 $n =$ number of RLP retransmission trials
 $p =$ probability of a RLP frame being in error in the air link
 $P_f =$ success probability in RLP for n retransmission trials
 $T_{trans} =$ end to end propagation delay over the air link
 $\tau =$ inter frame time
 $P(C_{ij}) =$ the first frame received correctly at the destination being the i th transmission frame at the j th retransmission

정확한 분석을 위해 파라미터의 값은 관련 논문과 3GPP 표준을 참고하였으며 $3\mu\text{m}$ 의 propagation delay, 3번의 재전송 시도를 가정 하였으며, 3G LTE 라디오 링크의 경우 10 ms의 inter frame time과 0.5Mbps~10Mbps의 data rate, 3G CS 라디오 링크의 경우 20ms의 inter frame time과 9.6Kbps~128Kbps의 data rate가 사용 되었다. 또한 무선링크에서의 오류가 발생할 확률 p 의 경우 0%~40%의 범위에서 결과를 비교하였으며 $P(C_{ij})$ 는 RLP에서 재전송을 고려하여 첫 프레임이 무사히 도착 하였을 때 i 번째 재전송 프레임이 j 번째 재전

송을 겪을 확률이 된다^[14-15].

다음으로 이동통신망을 구성하고 있는 각각의 노드에서는 프로세서의 처리 속도와 버퍼에서의 대기 시간에 의한 큐잉이 발생한다. 이로 인해 발생하는 시간지연은 일반적으로 그림 9과 같은 M/M/1 큐잉 모델로 나타낼 수 있으며 식 2과 같은 수학적 모델로 나타낼 수 있다^[16]. λ , μ 는 각각의 노드들에 따라 서로 다른 값들이 사용되며 사용된 파라미터들의 값은 표 1, 표 2와 같다. UE의 arrival rate의 경우 초당 50회의 arrival rate를 가정하였으며 CSCF나 MGCF와 같은 entity들의 경우에는 UE의 10배의 arrival rate를 갖도록 하였다^[14]. 또한 CSCF나 MGCF에 비해 상대적으로 트래픽의 집중도가 낮은 Node B, RNC (Radio Network Controller)등의 경우 CSCF등과 같은 IMS에 위치한 entity들 보다 상대적으로 낮은 arrival rate를 가지도록 하였다. 한편 식 2를 통해 알 수 있듯이 각 노드들에서 발생하는 큐잉으로 인한 시간지연은 arrival rate와 service rate의 비율에 의해 결정된다. 따라서 현실적인 값을 반영하기 위해 3GPP 보고서의 각 요소들의 현실적인 동작 속도를 감안하여 service rate를 설정하여 보다 정확한 분석이 되도록 하였다^[17].

$$T_{Node\ Queueing} = \frac{\rho}{\lambda(1-\rho)}, \quad \rho = \frac{\lambda}{\mu}$$

λ : arrival rate, μ : service rate

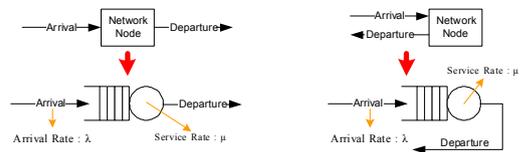


그림 9. M/M/1 큐잉 모델
Fig. 9. M/M/1 queuing model

표 1. 각 노드들의 arrival rate
Table. 1. arrival rate of each node

UE	Node B	RNC	MSC	HLR
50	100	200	300	300
CSCF	MGCF	AS	eNB	MME
500	500	500	100	300

표 2. 각 노드들의 service rate
Table. 2. service rate of each node

UE	Node B	RNC	MSC	HLR
2500	2500	5000	5000	5000
CSCF	MGCF	AS	eNB	MME
5000	5000	5000	5000	5000

한편 사용자의 망과 remote망 사이에 위치한 인터넷 구간과 remote망에서 발생하는 시간지연은 라우팅이나 다른 외부 트래픽에 의한 영향이 크기 때문에 하나의 노드에서와 같이 간단한 M/M/1 큐잉 모델로 나타내기에 적합하지 못하다. 따라서 인터넷 구간과 remote망에서 발생하는 시간 지연은 그림 10과 같이 M/G/1 큐잉 모델이 사용되며 식 3은 이에 대한 수학적 모델이다¹⁷⁾. 식 3에서 ρ_{SIP} , ρ_{etc} 는 각각 핸드오버에서 사용되는 SIP 메시지에 의해 발생하는 load와 background 트래픽에 의해 발생하는 load를 의미하며 $\rho_{etc}=0.7$ 의 값이 사용되었다¹⁴⁾.

$$T_{Internet/Remote} = \frac{\frac{1}{\mu}(1 - \rho_{etc} - \rho_{SIP}) + R_{Internet/Remote}}{(1 - \rho_{etc}) + (1 - \rho_{etc} - \rho_{SIP})} \quad (3)$$

$$R_{Internet/Remote} = \lambda_{etc} \bar{X}_e^2 + \lambda_{SIP} \bar{X}_{SIP}^2$$

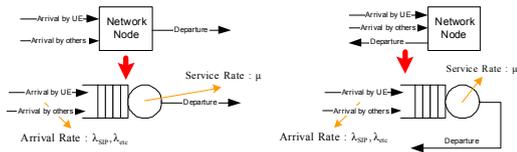


그림 10. M/G/1 큐잉모델
Fig. 10. M/G/1 queueing model

4.2 성능 비교 및 평가

본 절에서는 3G LTE망과 3G CS망 사이의 핸드오버 문제를 해결하기 위한 기존의 방법과 제안된 SCSE 방법에 수학적 모델을 적용하여 각각의 경우의 서비스에 장애가 발생하는 시간을 비교 및 평가 하였으며 각 상황에서 라디오 채널의 변화에 따른 전송율의 변화를 분석하였다.

서비스 장애가 발생하는 시간은 그림 6, 그림 8과 같은 핸드오버 과정에서 서비스가 끊어지는 구간을 정의 하고 그 구간의 과정에 수학적 분석 모델을 적용하여 라디오 구간과 네트워크에서 발생하는 시간지연을 더하는 방법으로 구할 수 있다. 그림 6의 경우 3G LTE망에서 3G CS망으로의 핸드오버 과정을 나타내고 있으며 과정 15에서 과정 21 사이의 구간이 서비스가 끊어지는 구간이다. 먼저 과정 15-16은 remote end에서 SCSE로 200 OK 메시지가 전달되는 과정으로 메시지가 전달되는 동안 remote network과 Internet 을 지나면서 발생하는 시간지연을 T_{remote} 와 $T_{Internet}$ 으로, IMS에서 I-CSCF, S-CSCF, P-CSCF를 거치며 발생하는 시간지연은 T_{I-CSCF} , T_{S-CSCF} , T_{P-CSCF} 으로 나타낼 수 있으며, 이들

각각의 값은 앞에서 소개한 M/G/1 및 M/M/1 큐잉 모델을 적용하여 구할 수 있다. 다음으로 과정 17-18은 SCSE에서 eNB로 핸드오버 메시지가 전달 되는 과정으로 역시 큐잉 모델을 적용하여 나타낼 수 있다. 한편 과정 19의 경우는 핸드오버 메시지가 라디오 링크를 통해서 전송되는 구간이기 때문에 발생하는 시간지연을 구하기 위해서는 라디오 링크에서 발생하는 시간 지연을 구하기 위한 식 1을 적용해야 하며 이 값은 식 1의 T_{RLP} 에 해당하는 메시지의 사이즈를 적용하고 이 때 유도된 프레임의 수 등의 알맞은 파라미터 값을 대입하여 구할 수 있다. 이에 따라 과정 19에서는 LTE망에서의 핸드오버 메시지가 RLP를 통해 전달되므로 이를 $T_{RPL_LTE_HO}$ 라고 나타낸다. 한편 과정 20의 경우 UE가 CS망과 접속하는 과정을 종합적으로 표현한 것으로 UE가 CS망의 라디오 자원을 사용하기 위해서는 RRC setup 과정이 진행되며 이때 발생하는 시간지연을 T_{CS_RRC} 로 나타내며 3GPP 표준을 참고하여 세부과정을 표현하면 식4와 같다¹⁸⁾.

$$T_{CS_RRC} = 4T_{RLP_CS_RRC} + 7T_{NodeB} + 4T_{RNC} + 2T_{UE} \quad (4)$$

다음으로 과정 21은 핸드오버 완료를 알리는 메시지가 라디오 링크와 BSS (Base Station Subsystem)를 거쳐서 MSC에게 전달되는 과정으로 라디오 구간에서 발생하는 시간지연과 BSS의 NodeB와 RNC에서 큐잉으로 인해 발생하는 T_{NodeB} , T_{RNC} 의 합으로 나타낼 수 있다. 결과적으로 이들을 종합하여 SCSE방법을 이용하여 3G LTE망에서 3G CS망으로 핸드오버 할 때 발생하는 전체 service interruption time을 구하면 식 5와 같다.

$$T_{LTE_to_CS} = T_{RLP_LTE_HO} + T_{eNB} + T_{MME} + T_{CS_RRC} + T_{RLP_CS_HO} + T_{SCSE} + T_{I-CSCF} + T_{P-CSCF} + T_{S-CSCF} + T_{Internet} + T_{Remote} \quad (5)$$

3G CS망에서 3G LTE망으로의 핸드오버의 경우도 이와 같이 방법으로 그림 8의 핸드오버 과정 중 service interruption이 발생하는 과정 14-24의 구간에 해당 수식을 적용하여 나타 낼 수 있으며 이는 식 6과 같다¹⁹⁾.

$$T_{CS_to_LTE} = T_{LTE_RRC} + 2T_{RLP_LTE_SIP} + 2T_{eNB} + 2T_{SCSE} + 2T_{I-CSCF} + 4T_{S-CSCF} + 2T_{P-CSCF} + T_{Internet} + T_{Remote} \quad (6)$$

같은 방법으로 비교 하고자 하는 다른 방법들에 대해서도 핸드오버로 인한 service interruption time 을 수식으로 유도 할 수 있으며 이에 따라 제안한 방법과의 성능을 비교 할 수 있다¹⁹⁾.

제안한 SCSE 방법과의 성능 비교를 위해서 Call Re-establish 방법과 게이트웨이 방법이 비교 대상으로 사용되었으며 combinational 방법의 경우 핸드오버 과정이 매우 복잡하며 세션 단계에서의 핸드오버 방법이 정의되어 있지 않아서 서비스 장애가 발생하는 시간은 Call Re-establish 방법보다 항상 클 것으로 예상되기 때문에 비교대상에 포함 시키지 않았다.

그림 11은 3G LTE망에서 CS망으로 핸드오버 할 때 서비스 장애가 발생하는 시간을 비교한 것이다. Call re-establish 방법의 경우 서비스 장애가 발생하는 시간이 가장 길며, 그 값은 라디오 구간의 상황이 좋은 경우에도 700 ms를 초과한다. 다음으로 Gateway 방법의 경우 Call re-establish 방법에 비해서 짧은, 500 ms 정도의 service interruption time을 가진다. 마지막으로 본 논문에서 제안한 SCSE 방법의 경우 서비스 장애가 발생하는 시간이 200 ms 정도로 가장 짧으며, 유일하게 끊김없는 음성 서비스를 위한 300 ms 이하의 요구사항을 만족한다. 그림 12는 3G CS망에서 3G LTE망으로의 핸드오버 할 때 서비스 장애가 발생하는 시간을 비교한 것이다. LTE망에서 CS망으로의 핸드오버의 경우와 마찬가지로 Call re-establish 방법의 경우 서비스 장애가 발생하는 시간이 가장 길며, PDP context activation 및 IMS registration 과정에 관한 간략화가 이루어 지지 않은 게이트웨이 방법의 경우 Call Re-establish 방법보다는 작은 값을 가지지

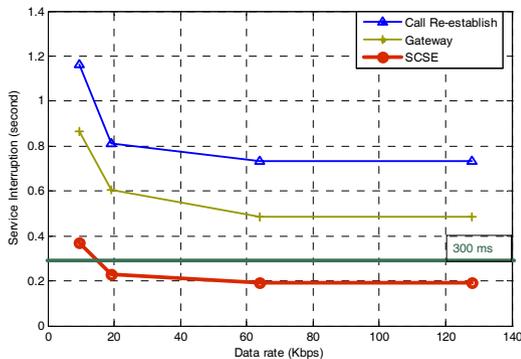


그림 11. LTE망에서 CS망으로의 핸드오버시 서비스 장애 발생시간 비교
Fig. 11. Comparison of service interruption time for LTE to CS handover

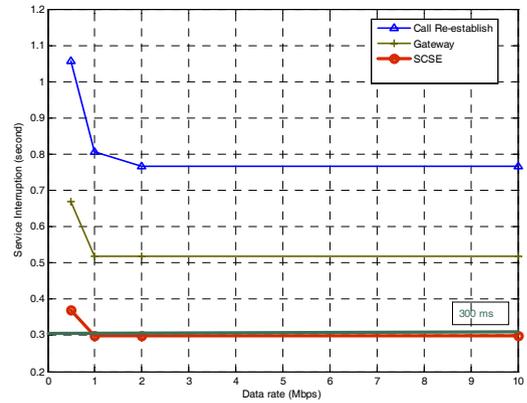


그림 12. CS망에서 LTE망으로의 핸드오버시 서비스 장애 발생시간 비교
Fig. 12. Comparison of Service interruption time for CS to LTE handover

만, 서비스 장애가 발생하는 시간이 500 ms를 초과하여 끊김없는 음성 서비스를 위한 조건을 만족 시키지 못한다. 반면에 제안한 SCSE 방법의 경우 게이트웨이를 통한 두 망사이의 연동뿐만 아니라 추가적인 기능을 도입하여 SCSE가 PDP context activation과 IMS registration을 대신 수행하도록 하여 서비스 장애가 발생하는 시간을 획기적으로 줄였기 문에 제안한 SCSE 방법만이 유일하게 끊김없는 음성 서비스를 위한 300 ms 이하의 요구사항을 만족시킨다.

그림 13, 14는 무선 링크상에서의 상황에 따른 전송률과 에리확률의 변화에 따른 서비스 장애 발생 시간을 비교한 것이다. 무선 링크상의 상태가 좋지 않아서 낮은 전송률을 사용할 경우에는 하나의 프레임에 담아 보낼 수 있는 데이터의 양이 적기 때문에 하나의 메시지를 보내기 위해 여러 번의 전송이 필요하게 되고 이에 따라 메시지를 전송하는데 필요한 시간이 길어지게 된다. 반면에 높은 전송률에서는 하나의 메시지를 하나의 프레임에 담아 보낼 수 있기 때문에 상대적으로 짧은 시간에 메시지를 전송 할 수 있다. 따라서 전송률이 높을수록 service interruption time이 줄어들게 된다. 한편 그림 13에서 전송률이 64 Kbps가 될 때 까지는 전송률의 증가에 따라 service interruption time이 감소하지만 64 Kbps인 경우와 128 Kbps인 경우 시간의 차이가 나타나지 않는다. 이는 64 Kbps이상의 전송률을 가질 경우 핸드오버와 접속망에 접속하기 위한 메시지들을 하나의 프레임에 담아 보낼 수 있게 되며 이에 따라 전송률이 64 Kbps 이상으로 올

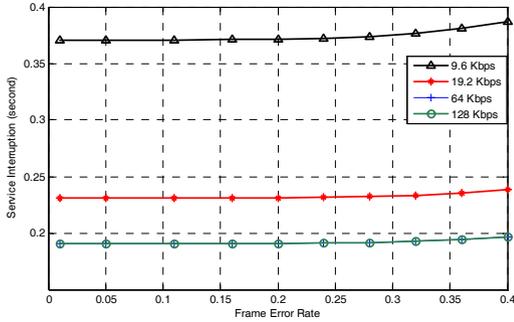


그림 13. CS망의 라디올링크 상황에 따른 서비스 장애 발생 시간 : LTE망에서 CS망으로의 핸드오버
 Fig. 13. Service interruption time according to radio link condition of CS network : LTE to CS handover

라가더라도 실제 전송이 발생하는 횟수는 변화가 없기 때문이다. 그림 14는 3G LTE망의 전송률의 변화에 따른 service interruption time의 변화를 나타낸 것으로 3G LTE망의 경우는 상대적으로 전송률이 높기 때문에 1 Mbps 이상의 전송률을 가지게 되면 일반적인 SIP 메시지를 한 프레임에 담아 보낼 수 있으며 따라서 1Mbps 이상의 전송률의 가질 경우 핸드오버로 인한 service interruption time은 더 이상 줄어들 지 않는다.

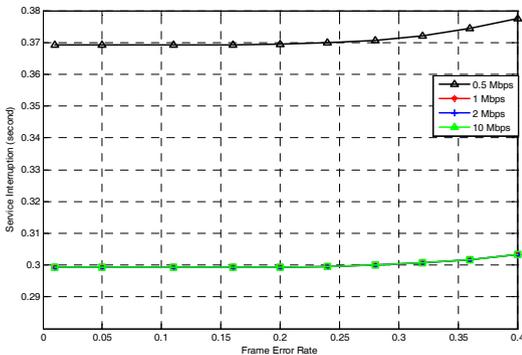


그림 14. LTE망의 라디올링크 상황에 따른 서비스 장애 발생 시간 : CS망에서 LTE망으로의 핸드오버
 Fig. 14. Service interruption time according to radio link condition of LTE network : CS to LTE handover

V. 결 론

본 논문에서는 3G LTE망과 3G CS망 사이에서의 핸드오버 문제를 해결하기 위해 SCSE 방법을 제안하였다. 제안된 방법은 SCSE 라는 새로운 장치를 도입하였으며 SCSE의 기능을 이용하여 3G LTE망과 3G CS망사이의 연동을 가능하게 하여 라디오

자원의 제약이 있는 상황에서도 미리 핸드오버를 위한 자원을 예약할 수 있도록 하였다. 또한 SCSE의 기능을 이용하여 큰 시간 지연을 발생시키는 PDP context activation 과정과 IMS registration 과정을 간략히 하여 핸드오버로 인한 service interruption time을 최소화 하였다. 분석을 통해 제안된 방법과 기존의 방법들의 성능을 비교 하였으며 제안된 방법만이 끊임없는 음성 서비스를 제공하기 위한 300 ms 이하의 service interruption time을 만족시킬 수 있음을 확인하였다. 따라서 본 논문에서 제안된 SCSE 방법만이 3G LTE망과 3G CS망 사이에서 끊임없는 핸드오버를 제공 할 수 있다는 결론을 얻을 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] 3GPP TS 23.206, "Voice Call Continuity between Circuit Switched and IP Multimedia Subsystem," Dec. 2007.
- [2] 3GPP S2-062718, "on CS Call continuity," Aug. 2006.
- [3] 3GPP S2-062889, "RAN Impact for Single Radio VCC," Sep. 2006.
- [4] 3GPP TR 23.806, "Voice Call Continuity between CS and IMS Study," Dec. 2005.
- [5] 3GPP S2-063159, "Single Radio Voice Call Continuity," Aug. 2006.
- [6] 3GPP S2-070735, "Single Radio VCC: Outline of Basic Scenarios," Feb. 2007.
- [7] 3GPP S2-070745, "IMS-controlled Voice Call Continuity between CS Domain and the LTE/SAE," Feb. 2007
- [8] Salkintzis A., Hammer M., Tanaka I., Wong C., "Voice call handover mechanisms in next-generation 3GPP systems," IEEE Communications Magazine, Vol.47, Issue 2, Feb. 2009 pp.46-56
- [9] Kyungmin Kim, Hyunduk Jung, Jaiyong Lee, Eunhui Bae, and Sungho Choi, "Delay Analysis of Voice Call Handover between UMTS CS, UMTS PS and WLAN," ITC-CSCC 2007, Busan, Korea, TA1-2.
- [10] 3GPP S1-99306 "Quality of Service," May 1999
- [11] 3GPP TS 23.228, "IP Multimedia Subsystem,"

Dec. 2009

[12] 3GPP TS 29.002, "Mobile Application Part (MAP) specification," Dec. 2009.

[13] S.K. Das, E. Lee, K. Basu, S.K. Sen, "Performance optimization of VoIP calls over wire-less links using H.323 protocol," IEEE Transactions on Computers, vol.52, No.6, June 2003, pp.742 - 752

[14] Nilanjan Banerjee, Wei Wu , Kalyan Basu and Sajal K. Das, "Analysis of SIP-based mobility management in 4G wireless networks," Elsevier, Computer Communications, Vol.27, Issue 8 , May 2004, pp. 697-707

[15] Esmael D., Aleksey K., Sam K., "UMTS Radio Interface System Planning and Optimization," Bechtel Telecom. Technical Journal Vol.1 num.1 Dec 2002, pp.1-10

[16] L. Kleinrock, "QUEUEING SYSTEM Vol.1 Theory," Wiley, New York, 1975

[17] 3GPP TR 25.853 "Delay Budget Within the Access Stratum", May 2001

[18] "3G/UMTS complete mobile originated circuit switched call setup," www.3g4g.co.uk/Tutorial

[19] Kyungmin Kim, "Voice Call Handover Scheme between 3G LTE and 3G CS network," Master Thesis, Yonsei University, Feb. 2008

정현덕 (Hyunduk Jung)

정회원



2004년 2월 연세대학교 전기전자공학부
2006년 2월 연세대학교 전기전자공학과 석사
2006년 3월~현재 연세대학교 전기전자공학과 박사과정

<관심분야> 차세대 통신망, 핸드오버, 휴대방송, 무선 통합망, Femtocell

이재용 (Jaiyong Lee)

종신회원



1977년 2월 연세대학교 전자공학과
1984년 5월 IOWA State University 공학석사
1987년 5월 IOWA State University 공학박사
1987년 6월~1994년 8월 포항공과대학 교수

1994년 5월~현재 연세대학교 전자공학과 교수
<관심분야> Protocol Design for Wired/Wireless QoS Management, Ubiquitous Sensor Network, Wireless Multi

김경민 (Kyungmin Kim)

정회원



2006년 2월 연세대학교 전기전자공학부
2008년 2월 연세대학교 전기전자공학과 석사
2008년 3월~현재 연세대학교 전기전자공학과 박사과정

<관심분야> 차세대 통신망, 핸드오버, 휴대방송, 멀티캐스트, QoS, 스케줄링