

LTE 네트워크에서 SON ANR 기술 분석

안호준* · 양모찬**

Analysis of Automatic Neighbor Relation Technology in Self Organization Networks of LTE

Ho-Jun Ahn* · Mo-Chan Yang**

요 약

본 논문에서는 LTE 네트워크에서 SON(: Self Organization Networks) 기술 분석을 다룬다. SON은 이전 셀룰러 시스템인 UMTS, GSM과 비교되는 LTE 만의 차별적인 기능이고, 무선 라디오가 변화하는 환경에서 비용 효율적으로 최고의 성능을 도출하는 도구이다. 또한, SON은 운영자가 네트워크의 설정들을 자동화하는 기능이 있으며, 중앙 집중적 계획이 가능하여 수작업에 대한 요구를 감소시켰다. SON은 크게 Self-Configuration, Self-Optimization, Self-Healing의 3가지 범주로 나누어진다. 각각의 큰 범주는 세부적인 기술 내용을 가지고 있고 각 범주의 기술들이 모두 모여서 SON이라는 기술을 완성시키게 된다. 본 논문에서는 각 3가지 범주에서 Self-Configuration의 기술 중 ANR에 대해서 집중적으로 분석하였다.

ABSTRACT

This paper deals with the analysis of SON (Self Organization Network) technology in LTE networks. SON is a unique LTE feature compared to previous cellular systems UMTS and GSM, and is a cost-effective tool for achieving the best performance in a changing environment. In addition, SON has the function of automating the settings of the network, enabling centralized planning and reducing the need for manual tasks. SON is largely divided into three categories: Self-Configuration, Self-Optimization, and Self-Healing. Each large category has a detailed description, and all the technologies in each category come together to complete the technology called SON. In this paper, we analyzed intensively about ANR among the techniques of Self-Configuration in each of the three categories.

키워드

ANR(: Automatic Neighbor Relation), LTE(: Long Term Evolution), Self-Configuration, Self-Healing, Self-Optimization, SON(: Self Organization Networks)

자동 이웃 관계, 룬팅 에볼루션, 자가 구성, 자가 치유, 자가 최적화, 자가 조직 네트워크

1. 서 론

차세대 이동통신 규격인 3GPP LTE (: Third Generation Partnership Project Long Term

Evolution)-Advanced는 저비용으로 셀 서비스 영역을 확장하고 하향링크에서 최대 1 Gbps, 상향링크에서 최대 500 Mbps의 전송률을 제공한다[1-3].

SON (: Self Organization Networks)은 이전 셀룰러

*한화시스템 C4I·사이버팀 (hojun82.ahn@hanwha.com)

**교신저자: 한화시스템 지상시스템팀

• 접수 일 : 2019. 08. 12

• 수정완료일 : 2019. 09. 13

• 게재확정일 : 2019. 10. 15

• Received : Aug. 12, 2019, Revised : Sep. 13, 2019, Accepted : Oct. 15, 2019

• Corresponding Author : Mo-Chan Yang

Dept. Land System, Hanwha Systems,

Email : Hojun Ahn (hojun82.ahn@hanwha.com)

Mochan Yang (ymc0124@naver.com)

시스템인 UMTS, GSM과 비교되는 LTE만의 차별적인 기능이고, 무선 라디오가 변화하는 환경에서 비용 효율적으로 최고의 성능을 도출하는 도구이다. 또한, SON은 운영자가 네트워크의 설정들을 자동화하는 기능이 있으며, 중앙 집중적 계획이 가능하여 수작업에 대한 요구를 감소 시켰다. 이러한 이유 때문에 SON은 LTE radio, S1 그리고 X2 절차들에서 중요한 역할을 하게 되었다.

SON은 크게 Self-Configuration, Self-Optimization 그리고 Self-Healing으로 나누어지게 된다[4].

Self-Configuration 기술은 주로 셀을 초기단계에 설정하는 부분을 담당하는데, 주요 기술로는 각각의 셀이 처음 셀을 생성 시에 충돌이나 혼란을 방지하기 위한 PCI(Physical Cell Identity)를 생성하는 기술이 있다. ANR(Automatic Neighbor Relation)은 셀 초기 생성 시 주변 셀이 사용하는 PCI를 파악하여 자동으로 주변 셀 테이블을 생성하고 관리한다[5-16].

Self-Optimization은 Self-Configuration이후 생성된 셀을 최적의 상태로 유지시켜주는 셀 계획법이다. 주로 셀과 셀 사이의 핸드오버나 셀이 허용하는 커버리지 그리고 셀 간 간섭의 기술이 여기에 해당한다.

마지막으로, Self-Healing은 Self-Optimization에서 셀의 관리가 실패한 항목들을 찾아내고 해당하는 파라미터를 조정하는 단계이다. 위 3가지 Self-Configuration, Self-Optimization, Self-Healing은 상호 연관적이고 보완적이다.

SON 관련 표준화 작업은 3GPP에서 2008년부터 연구가 시작되었고, 3개의 워킹 그룹 RAN2, RAN3, SA5로 나누어 표준화 작업이 진행되었다. RAN2와 RAN3는 표 1과 같은 주제들을 다루고 있고 SA5는 표 2와 같은 문제들을 주로 다루고 있다[17].

표 1. RAN2와 3에서 SON 관련 활동들
Table 1. Activities for SON in RAN 2 and 3

Self Conf.	R8	<ul style="list-style-type: none"> ● Plug & Play, ANR <ul style="list-style-type: none"> - Automatic PCI Configuration, Detection of new neighbors and X2 setup
Self Optimisation Intra-LTE	R9	<ul style="list-style-type: none"> ● Mobility Robustness Optimisation(MRO): <ul style="list-style-type: none"> - Detection of radio link failures(RLFs), Reporting RLF and possibly UE measurements ● Load Balancing(MLB): <ul style="list-style-type: none"> - Load and composite capacity reporting(including inter-RAT), HO negotiations ● Energy Saving: <ul style="list-style-type: none"> - LTE cell status reporting and wake-up request

		<ul style="list-style-type: none"> ● RACH Optimisation <ul style="list-style-type: none"> - Reporting RACH access statistics from UE, - Exchanging PRACH configuration
Multi-RAT and MDT	R10	<ul style="list-style-type: none"> ● Coverage and Capacity Optimisation(CCO): <ul style="list-style-type: none"> - Current focus is on the detection of coverage problems ● Enhancements to MRO and MLB: <ul style="list-style-type: none"> - Inter-RAT and load/capacity information enhancements - Support of unsuccessful re-establishment - Possibly including consideration of home/macro interactions ● Energy Saving study <ul style="list-style-type: none"> - Inter-RAT energy saving - Enhancements to the intra-LTE solutions, e.g. in combination with coverage optimisation ● Minimisation of Drive Tests(MDT) <ul style="list-style-type: none"> - Main focus on coverage problems - Both, immediate and non-real time reporting - Based on RRC signaling and RRM events, with location information ● ANR for 3G <ul style="list-style-type: none"> - Study on methods to enable updating neighbourhood relation tables in 3G(inter-RAT and intra-UTRAN)

SON 규격화는 Rel-8에서 Self-Configuration 주제로 시작해서 Rel-9, 10에서 Self-Optimization과 Self-Healing을 다룬다. Rel-11은 추가적인 SON 특징과 향상된 점들을 포함하고 있다[17].

표 2. SA5에서 SON 관련 활동들
Table 2. Activities for SON in SA5

R8	<ul style="list-style-type: none"> ● ANR: <ul style="list-style-type: none"> - Object Model for ANR ● Self-Configuration <ul style="list-style-type: none"> - Interfaces and data model for self-configuration - Possibility to stop&resume process at pre-defined points ● Automatic Software Management <ul style="list-style-type: none"> - Download, installation, activation - Based on same framework as Self-Configuration
R9	<ul style="list-style-type: none"> ● Automatic Radio Configuration Function <ul style="list-style-type: none"> - Enable usage of both pre-planned or near real-time produced radio configuration data ● Self optimisation: Principle, HOO, LBO <ul style="list-style-type: none"> - Object model for target&policy based management - Targets defined for Hand-Over Optimisation(HOO) - Targets defined for Load Balancing Optimisation(LBO) - Measurements defined to monitor target achievement
R10	<ul style="list-style-type: none"> ● Energy Savings Study Item: <ul style="list-style-type: none"> - TR 32.826 on principles about Energy Saving Management ● Energy Savings Work Item <ul style="list-style-type: none"> - New object with attributes for energy Saving State added to cell object - Configurable load thresholds in cell and neighborhood for leaving/entering the energy Saving State - Possibility to define cells not to be changed by the functionality ● RACH Optimisation <ul style="list-style-type: none"> - Targets based on access probability or access delay probability ● Cell outage compensation(COC) <ul style="list-style-type: none"> - Possibility to define cells not to be changed by the functionality - Object model to manage COC ● SON Conflict resolution <ul style="list-style-type: none"> - Handling of competing self-X functionalities [still open] ● Minimisation of Drive Test(MDT) <ul style="list-style-type: none"> - re-using trace functionality

2장에서는 본 논문에서 목표로 했던 Self-Configuration의 ANR에 대해서 집중적으로 살펴 본다.

II. Self-Configuraion 기술

2.1 ANR (: Automatic Neighbor Relation)

ANR은 네트워크가 자가 최적화하기 위해 LTE 라디오 인터페이스의 설계와 UE를 이용하는 SON 기능 중 하나이다. ANR을 설명하기에 앞서 SON 기능을 수행하는 기지국은 UE가 가지는 모뎀 기능을 가지고 셀 attach 기능을 가지고 있어야 한다. ANR은 새로운 기지국을 설치하고 이웃 정보를 최적화할 때 수작업을 가능한 최소화하거나 제거하는 것을 목표로 한다. LTE에서 ANR은 UE가 현재 접속 중인 기지국 (이하 접속 기지국, 또는 접속 셀)에서 다른 기지국 (이하 이웃 기지국 또는 이웃 셀)에 이웃 정보의 획득 및 설정에 있어서 자동화된 방법을 제공한다. 또한, ANR은 핸드오버에 사용할 목적으로 LTE에서 기지국간의 인터페이스로 지원하는 X2 인터페이스를 자동으로 설정한다.

ANR 동작과정을 전체적인 면에서 살펴보면 다음과 같다. RRC 연결(connection)이 설정된 후에(즉, 셀에 attach된 후에) UE는 접속 기지국으로부터 측정치(Measurements) 보고 요청을 받으며, RRC connected mode에 있는 동안 계속해서 측정 보고 요청에 지시된 내용에 따라 측정치를 보고한다. UE는 RRC connected mode 동안 접속 기지국이 지시한 측정 보고 기준에 따라, 자신이 탐지한 모든 PCI(LTE 셀에 대한 식별자)를 보고한다. UE로부터 받은 측정 보고에 인지되지 않은 미지의 셀이 포함되어 있는 경우, 접속 기지국의 ANR에서는 해당 셀로 있을지도 모른 핸드오버를 위하여 미지의 셀을 식별하기 위한 절차를 시작한다(1).

UE가 보고한 PCI가 접속 기지국 내에서 ANR에 의해 관리되고 있는 이웃 셀 DB에서 찾을 수 없는 경우, 즉 이웃 셀로 등록되어 있지 않은 경우 접속 기지국의 ANR에서는 해당 셀을 식별하기 위하여 미지의 셀에 대한 PCI를 사용하는 셀의 ECGI를 검색하도록 UE에게 요청한다(2). ECGI 검색 요청을 받은 UE

는 이웃 기지국의 셀에서 방송되는 ECGI 정보를 읽어서 접속 기지국에 보고하고(3), 보고를 받은 접속 기지국은 EPC(LTE의 core network)의 구성 요소 중 하나인 MME의 도움을 받아 이웃 기지국의 IP 주소를 확보한다(4)(5)(6).

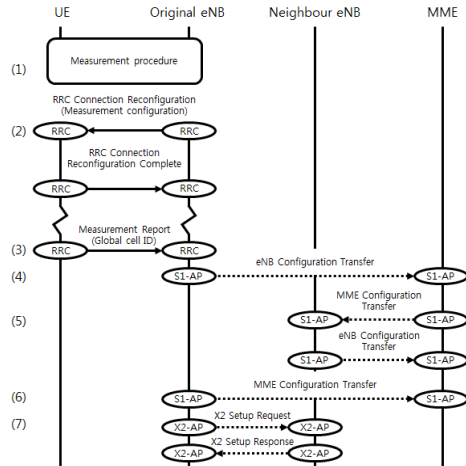


그림 1. ANR 기본 절차[17]
Fig. 1 ANR basic procedure[17]

접속 기지국은 확보된 이웃 기지국의 IP 주소를 이용하여 이웃 기지국에 X2 인터페이스 설정을 요청한다(7). 이 요청에는 이웃 셀에서 접속 셀로의 이웃 셀 정보 생성에 필요한 모든 셀 데이터(PCI, ECGI, TAC PLMN-id 및 주파수 정보 등)가 포함된다. 이웃 셀을 관장하는 이웃 기지국은 UE의 접속 셀을 자신의 이웃 셀 리스트에 추가하고, UE의 접속 셀을 관장하는 접속 기지국에서 이웃 셀 정보 리스트에 자신의 셀에 대한 정보를 추가할 수 있도록 필요한 정보 (PCI, ECGI, TAC PLMN-id 및 주파수 정보 등)를 UE의 접속 기지국으로 전송한다(7). X2 인터페이스가 준비되면, 이후의 모든 셀간의 핸드오버는 X2 인터페이스를 이용하여 수행할 수 있게 된다.

그림 1을 기반으로 다시 ANR 기본 절차에 대해 설명하면 기지국이 인식하지 못한 PCI를 포함한 Measurement report를 받았을 때 위 절차가 시작된다(1). 기지국은 새로운 셀에 바로 접속할 수 없어서 RRC Connection Reconfiguration 메시지를 전송해서 더 많은 정보를 UE에게 요구한다(2). 응답으로 UE는

이웃 셀의 시스템 정보를 읽어 들여 CGI, TAC(Tracking Area Code), PLMN list를 Measurement report로 보고한다(3). 기지국은 (1)-(3)을 통해 새로운 셀로 S1 기반 Hand-over의 초기화를 위한 준비가 끝났다.

X2 기반 Hand-over를 하기 위해서 기지국은 MME에 CGI를 전송하고 이웃하는 기지국이 X2 인터페이스 위에서 사용하는 IP address를 반환해달라고 요청해야 한다(4). S1 인터페이스에서 이웃하는 기지국과 통신하는 MME는 IP address를 반환하라고 이웃하는 기지국에게 요청하고 반환을 받는다(5),(6). 두 개의 기지국은 X2 setup을 이용하여 X2 인터페이스에서 통신 설정을 완료하게 된다(7).

2.1.1 ANR의 Blacklist and Whitelist

네트워크 운영자는 네트워크 관리 수준에서 ANR에 Blacklist를 설정할 수 있다[6]. Blacklist 셀은 SIB4와 5에서 브로드캐스팅 전송이 되고, UE에 의해 신호 레벨이 강한 cell이라고 할지라도, ANR list에 포함되지 않는다[18]. 예를 들어 운영자가 실내 셀에서 외부 셀로 특정 핸드오버가 발생하는 것을 방지하거나 로밍의 허가 없이 다른 네트워크로 옮겨가는 것을 막는다.

[6]에서는 ANR function의 관리 항목을 다음과 같이 명시하고 있다. IRP 매니저가 적절하지 않은 이웃 셀이 ANR에 의해 추가된 경우 IRP는 해당 셀을 “Blacklist”로 지정할 수 있다. IRP 매니저는 desired 이웃 셀이 ANR에 의해 추가되지 않은 경우 해당 셀을 “Whitelist”로 지정할 수 있다. IRP 매니저는 현재 이웃 셀 관계에서 “noRemove”속성을 비활성화 할 수 있다. E-UTRAN에서 ANR 기능 관리도 다음과 같이 명시하고 있다. ‘Locked’는 NR이 ANR에 제거되지 못함을 나타낸다. ‘Unlocked’는 NR이 ANR에 의해 제거될 수도 있음을 나타낸다. ‘Allowed’는 핸드오버가 허용됨을 나타내고 ‘Prohibited’는 핸드오버가 금지됨을 나타낸다. ‘Whitelisted’는 ‘Locked’와 ‘Allowed’의 조합이고, ‘Blacklisted’는 ‘Locked’와 ‘Prohibited’의 조합이다. ‘Whitelisted’와 ‘Blacklisted’ 모두 ANR에 의해 NR이 제거되지 않는 ‘Locked’ 속성을 지닌다. SIB4는 Intra-frequency cell reselection에 대한 이웃하는 셀 정보를 포함하고 있는데 Blacklist 정보를 포

함하고 있는 것을 확인할 수 있다. SIB5는 inter-frequency cell reselection에 관련된 정보를 포함하는데 Blacklist에 대한 정보가 포함된다. SIB4와 5를 통해서 Intra 그리고 Inter frequency cell reselection에서 Blacklist에 해당하는 셀을 핸드오버 Blocking이 가능하다.

2.1.2 Intra LTE ANR

ANR은 ECGI (: E-UTRAN Cell Global Identifier)를 브로드캐스팅하는 셀들에 의존한다. ECGI는 3bytes의 PLMN (: Public Land Mobile Network) ID와 PLMN 내부에 cell을 식별하는 28bits 식별자로 구성된다. eNodeB가 그림 2와 같이 UE로부터 통상 측정치 (Measurements) 보고의 부분으로 이웃 셀의 PCI를 수신했거나 eNodeB는 PCI를 인지하지 못했을 때 eNodeB는 UE에게 새롭게 발견된 PCI를 사용하는 새로운 전용(dedicated) 보고(Measurements) 절차인 RRC Connection Reconfiguration를 수행하라고 지시할 수 있다. 여기서 Measurement configuration은 Intra-frequency이다. 이러한 절차를 통해서, UE는 ECGI, TAC (: Tracking Area Code) 그리고 모든 이용가능한 PLMN IDs를 포함한 검출된 이웃 셀의 시스템 정보를 eNodeB에게 보고한다.

ANR에 의해서 각각의 eNodeB는 자동적으로 NRT (: Neighbour Relation Table)을 업데이트하고 모든 이웃 셀 관계를 포함해서 관리할 수 있다. ANR은 eNodeB에 관리되는 셀 관계된 기능이다. NRT에서 각각의 NR은 수많은 속성들을 가질 수 있다.

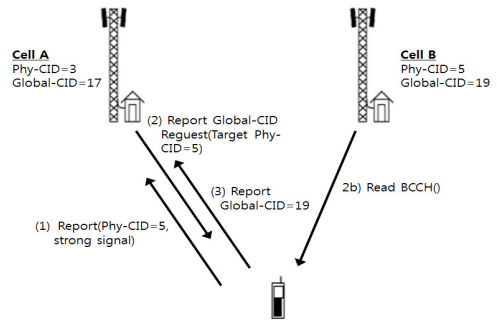


그림 2. Intra-LTE ANR 기능
Fig. 2 Function of Intra-LTE ANR

(1) No Remove Flag: 이 플래그가 set이면 NRT로부터 NR을 제거하지 않는다는 것을 나타낸다.

(2) No Handover Flag: 이 플래그가 set이면 NR은 Handover 목적으로 eNodeB에 의해 사용되지 않을 것이다.

(3) No X2 Flag: NR은 대상 셀을 제어하는 eNodeB를 향해 절차를 초기화하기 위해 X2 interface를 사용하지 않을 것이다. 예를 들어, source와 target cell이 서로 다른 PLMNs에 속해있는 경우가 해당된다.

ANR은 NRT에서 NRs의 관리를 위해 다음 3가지 기능에서 협력한다.

(1) NRT 관리 기능은 테이블을 관리하고 NR 속성을 수정하는 것을 포함한다.

(2) Neighbour detection function은 새로운 이웃 셀을 찾고 그것들을 NRT에 추가하는 것이다.

(3) 이웃 셀 제거 기능(Neighbour removal function)은 기간 만료된 NR을 제거한다.

2.1.2 Inter LTE ANR

ANR은 LTE와 다른 RAT 사이에 존재하거나 다른 주파수들 사이에서 존재한다. Measurement Configuration이 Inter-RAT 그리고 Inter-frequency ANR에 대해서 각 셀은 서칭 되어야 할 모든 주파수를 포함하는 Inter-frequency search list를 할당 받는다. Inter-RAT ANR에 대한 타겟 RATs는 UTRA, GERAN 그리고 CDMA2000이다.

Inter-RAT/Inter-frequency ANR 기능은 5단계로 나뉘어 진다.

(1) Connected 상태에서, eNodeB는 UE에게 target RATs/frequencies에 존재하는 이웃 셀을 찾을 것을 지시한다. (이것을 수행하기 위해서는 적절한 idle 구간을 스케줄 할 필요가 있다)

(2) UE는 target RATs/frequencies에 존재하는 발견된 셀들의 PCIs를 보고한다. (각각의 RAT는 자신의 고유한 PCI 형식을 가진다)

(3) eNodeB는 새롭게 발견된 PCI를 사용하는 UE에게 셀의 Broadcast 채널에서 셀의 주요 RAT-specific 셀 식별자 파라미터 (즉, CGI, RAC (: Routing Area Code) for GERAN; Local Area Code 와 RAC for UTRAN; CGI for CDMA2000)를 읽으라고 지시한다.

(4) UE는 이러한 주요 RAT-specific 셀 식별자 파

라미터를 서빙 셀의 eNodeB에게 보고한다. eNodeB는 inter-RAT/inter-frequency NRT를 업데이트하고 NR을 이용할 수 있다.

2.2 SON ANR Signalling

S1 인터페이스를 통해 이웃하는 IP address를 반환 받기 위해서는 MME Configuration Transfer와 eNB Configuration Transfer 메시지가 필요하다. MME Configuration Transfer 메시지는 RAN configuration 정보를 전송하기 위해 MME에 의해 전송된다[19].

표 3. MME Configuration 전송 메시지
Table 3. MME Configuration Transfer Message

IE/Group Name	Presence	Range	IE type and reference	Semantics description	Criticality	Assigned Criticality
Message Type	M		9.2.1.1		YES	ignore
SON Configuration Transfer	O		9.2.3.26		YES	ignore

eNB Configuration Transfer 메시지는 RAN configuration 정보를 전송하기 위해 eNB에 의해 전송된다. 메시지 구성은 표 3의 MME Configuration Transfer와 동일하다[19].

표 4. SON Configuration 전송 메시지
Table 4. SON Configuration Transfer Message

IE/Group Name	Presence	Range	IE type and reference	Semantics description
SON Configuration Transfer				
>Target eNB-ID	M			
>>Global eNB ID	M		9.2.1.37	
>>Selected TAI	M		TAI 9.2.3.16	
>Source eNB-ID	M			
>>Global eNB ID	M		9.2.1.37	
>>Selected TAI	M		TAI 9.2.3.16	
>SON Information	M		9.2.3.27	

계속해서, MME Configuration Transfer Message에 포함된 표 4의 SON Configuration Transfer Message에는 Source와 Target eNB의 식별자와 MME를 구분하는 식별자인 TAI (: Target Area Identity)를 포함한다[19].

III. 분석

본 논문에서는 LTE 네트워크에서 SON ANR 기술 분석을 다뤘다. SON은 크게 Self-Configuration, Self-Optimization, Self-Healing의 3가지 범주로 나누어지는데 SON ANR은 Self-Configuration의 하위 기술로 셀 초기 생성 시 주변 셀이 사용하는 PCI를 파악하여 자동으로 주변 셀 테이블을 생성하고 관리하는 기술이다.

ANR 동작과정을 전체적인 면에서 살펴보면 다음과 같다. RRC 연결(connection)이 설정된 후에 UE는 자신이 탐지한 모든 PCI(LTE 셀에 대한 식별자)를 보고한다. UE가 보고한 PCI가 접속 기지국 내에서 ANR에 의해 관리되고 있는 이웃 셀 DB에서 찾을 수 없는 경우, 즉 이웃 셀로 등록되어 있지 않은 경우 접속 기지국의 ANR에서는 해당 셀을 식별하기 위하여 미지의 셀에 대한 PCI를 사용하는 셀의 ECGI를 검색하도록 UE에게 요청한다. 최종적으로 이웃 기지국의 IP 주소를 요청하여 이웃 셀에서 접속 셀로의 이웃 셀 정보 생성에 필요한 모든 셀 데이터(PCI, ECGI, TAC PLMN-id 및 주파수 정보 등)를 획득한다.

ANR에서는 또한 핸드오버를 위한 셀 관리를 위해 Inter 또는 Intra로 나누어 ANR을 분류한다. Intra ANR은 서로 다른 셀이 동일한 주파수를 사용하는 경우이고 Inter는 서로 다른 주파수를 사용하는 경우이다.

한편 ANR은 이웃노드를 “Blacklist”와 “Whitelist”로 관리하는데 “Locked”와 “Unlocked”로 나누어 셀을 제거 가능하게 할지 여부를 조정하고, “Allowed”와 “Prohibited”로 나누어 핸드오버 가능여부를 조정할 수 있다.

마지막으로 본 논문에서는 MME에서 전달되는 SON 시그널링을 분석하였다.

IV. 결론

본 논문에서는 SON의 여러 기술 중 Self-Configuration의 ANR에 대해서 살펴보았다. ANR은 셀 초기 생성 시 주변 셀이 사용하는 PCI를 파악하여 자동으로 주변 셀 테이블을 생성하고 관리하는 기술로 3GPP LTE Rel-8부터 시작되었다. 논문에서는 ANR의 기본절차에 대해서 설명하였고,

Intra/Inter ANR에서는 RAT가 같거나 다른 경우 어떤 부분에서 차이가 있는지도 설명하였다. 마지막으로 SON ANR의 시그널링에 대해서 알아보면서 어떤 정보들이 메시지로 전달되어야 하는지 정리하면서 실무적인 차원에서 유용성이 있기를 기대한다.

References

- [1] Y. Kim, “Handover Performance of LTE-R Networks,” *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 13, no. 6, 2018, pp. 1223-1228.
- [2] B. Kim, “Study on QoE of the VoIP Service for QoS levels over LTE Mobile Communication System,” *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 11, no. 3, 2016, pp. 309-316.
- [3] H. Cho, H. Oh, and J. Choi, “Trends of LTE based Railway Communication Systems,” *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 11, no. 4, 2016, pp. 373-378.
- [4] 3GPP TS 36.300, Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) and Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN); Overall description; Stage 2 (Release 11), 3GPP, 2015.
- [5] 3GPP TS 36.211, Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Physical Channels and Modulation (Release 10), 3GPP, 2013.
- [6] 3GPP TS 32.511, Technical Specification Group Services and System Aspects; Telecommunication management; Automatic Neighbour Relation (ANR) management; Concepts and requirements (Release 11), 3GPP, 2012.
- [7] 3GPP TS 25.484, Technical Specification Group Radio Access Network; Automatic Neighbour Relation (ANR) for UTRAN; Stage 2 (Release 10), 3GPP, 2012.

- [8] 3GPP TS 32.432, Technical Specification Group Services and System Aspects; Telecommunication management; Performance measurement; File format definition (Release 10), *3GPP*, 2010.
- [9] 3GPP TS 32.435, Technical Specification Group Services and System Aspects; Telecommunication management; Performance measurement; eXtensible Markup Language (XML) file format definition (Release 11), *3GPP*, 2012.
- [10] 3GPP TS 32.762, Technical Specification Group Services and System Aspects; Telecommunication management; Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN) Network Resource Model (NRM) Integration Reference Point (IRP); Information Service (IS) (Release 11), *3GPP*, 2014.
- [11] 3GPP TS 32.763, Technical Specification Group Services and System Aspects; Telecommunication management; Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN) Network Resource Model (NRM) Integration Reference Point (IRP); Common Object Request Broker Architecture (CORBA) Solution Set (SS) (Release 9), *3GPP*, 2013.
- [12] 3GPP TS 32.765, Technical Specification Group Services and System Aspects; Telecommunication management; Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN) Network Resource Model (NRM) Integration Reference Point (IRP); eXtensible Markup Language (XML) definitions (Release 9), *3GPP*, 2014.
- [13] M. Amirijoo, P. Frenger, F. Gunnarsson, H. Kallin, J. Moe, and K. Zetterberg, "Neighbor Cell Relation List and Physical Cell Identity Self-Organization in LTE," *IEEE International Conference on Communications (ICC)*, Beijing, China, pp. 37-41, May 2008.
- [14] P. Lee, J. Jeong, N. Saxena, and J. Shin, "Dynamic Reservation Scheme of Physical Cell Identity for 3GPP LTE Femtocell Systems," *J. of Information Processing Systems*, vol. 5, no. 4, pp. 207-220, 2009.
- [15] 3GPP TSG-RAN WG3 #60 R3-081414, Exchange of eUTRAN neighbor information, *3GPP*, 2008.
- [16] 3GPP TSG-RAN WG3 #61 R3-082228, Framework for distributed PCI selection, *3GPP*, 2008.
- [17] S. Hamalainen, H. Sanneck, and C. Sartori, *LTE Self-Organizing Networks: Network Management Automation for Operational Efficiency*, New Jersey: John Wiley & Sons, 2012.
- [18] 3GPP TS 36.331, Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Radio Resource Control (RRC); Protocol specification (Release 9), *3GPP*, 2010.
- [19] 3GPP TS 36.413, LTE; Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN); S1 Application Protocol (S1AP), Rel 11, *3GPP*, 2014

저자 소개



안호준(Ho-Jun Ahn)

2008년 충북대학교 정보통신학과 졸업(공학사)

2008년~2011년 현대제이콤 주임연구원
2012년~현재 한화시스템 CAI-사이버팀 선임연구원
※ 관심분야 : LTE, 5G



양모찬(Mo-Chan Yang)

2005년 숭실대학교 정보통신전자공학부 졸업(공학사)
2009년 숭실대학교 정보통신공학과 졸업(공학석사)
2014년 숭실대학교 정보통신공학과 졸업(공학박사)

2015년~2016년 GCT 리서치 선임연구원
2016년~현재 한화시스템 지상시스템팀 전문연구원
※ 관심분야 : LTE, 5G, OFDM 시스템, CR 네트워크

