

# 3GPP LTE 시스템에서 기지국 구성 자동 설정 동작을 위한 하드 핸드오버 알고리즘

준회원 이 두 원\*, 종신회원 현 광 민\*\*, 김 동 회\*<sup>o</sup>

## Hard Handover Algorithm for Self Optimization in 3GPP LTE System

Doo Won Lee\* Associate Member, Kwangmin Hyun\*\*, Dong-hoi Kim\*<sup>o</sup> Lifelong Members

### 요 약

본 논문에서는 3GPP의 LTE시스템에서 자동화기술 중의 하나인 기지국 구성 자동 설정 (Self-Optimization)을 위한 하드 핸드오버 알고리즘을 제안한다. 제안하는 알고리즘은 먼저 주변 셀로부터의 수신신호세기와 X2인터페이스를 통해 eNB(evolved Node-B)간의 정보 교환으로 수집된 후보 목표 셀들의 셀 부하 정보를 이용하여, 최적의 목표 셀을 선택하는 혼합형 목표 셀 선택방식과 핸드오버 성능에 영향을 주는 다양한 환경 요소들의 비용함수들에 의해서 최적의 핸드오버 히스테리시스(Hysteresis) 값을 선택하는 다중 요소 기반 능동 히스테리시스 방식으로 구성되어 있다. 본 논문에서 제안하는 알고리즘은 핸드오버 성능에 영향을 주는 요소들에 대한 정보를 바탕으로 LTE시스템에서의 기지국 운용 자동 최적화를 위한 최적화된 목표 셀과 히스테리시스 값을 선택하는 동작을 수행함으로써 핸드오버의 가장 중요한 성능인 핸드오버 실패율과 부하균형 측면에서 우수한 성능을 얻게 한다.

**Key Words** : 3GPP LTE, Self-Optimization, Target Cell Selection, Hard Handover, Active Hysteresis

### ABSTRACT

In this paper, we propose a hard handover algorithm for a base station's self-optimization, one of the automatic operational technologies for the 3GPP LTE systems. The proposed algorithm simultaneously considers a mixed target cell selection method for optimal selection and a multiple parameter based active hysteresis method with the received signal strength from adjacent cells and the cell load information of the candidate target cells from information exchanges between eNBs through X2 interface. The active hysteresis method chooses optimal handover hysteresis value considering the costs of the various environmental parameters effect to handover performance. The algorithm works on the optimal target cell and the hysteresis value selections for a base station's automatic operational optimization of the LTE system with the gathered informaton effects to the handover performance. The simulation results show distinguished handover performances in terms of the most important performance indexes of handover, handover failure rate and load balancing.

### I. 서 론

3GPP LTE시스템은 UMTS(Universal Mobile Telecommunication Service) 휴대전화 단말기 표준을

향상시키기 위한 3세대 협력 프로젝트에서 주어진 명칭으로 2010년경이면 4세대가 규정하는 서비스 속도인 이동 중 100Mbps, 정지시에는 1Gbps 구형으로 상용화가 가능할 것으로 예상하고 있다<sup>[1][2]</sup>. 이

\* 강원대학교 IT대학 전기전자공학부 (vanship@kangwon.ac.kr, donghk@kangwon.ac.kr), (<sup>o</sup>교신저자),

\*\* 강릉원주대학교 정보통신공학과 (kamihyun@gwnu.ac.kr)

논문번호 : KICS2009-11-587, 접수일자 : 2009년 11월 25일, 최종논문접수일자 : 2010년 3월 2일

러한 3GPP LTE에서 제공되는 서비스는 3GPP에서 정의한 패킷 기반의 다양한 서비스로서 VoIP(Voice over Internet Protocol), 음악/비디오 스트리밍, 웹브라우징, P2P등의 모든 서비스가 인터넷 기반으로 이루어진 멀티미디어 서비스가 가능해진다. 또한 3GPP LTE 시스템에서는 SON 기술을 도입하여 기지국을 추가로 설치할 때 기지국 내부의 구성에 따른 설치 파라미터를 자체적으로 생성하고 기지국 초기 자동설치와 운용 전 단계에서 인접 기지국 식별, 관계 설정/등록 및 코어 망(core network)과의 연결 설정 등을 진행하는 self-configuration(기지국 구성 자동 설정) 기술과 인접 기지국간 신호 및 트래픽 유형정보를 활용하여 기지국 신호 세기를 제어하고 핸드오버 파라미터를 최적화하는 Self-Optimization (기지국 운용 자동 최적화) 기술을 포함한다. 특히 기지국 운용 자동 최적화 기술에서는 핸드오버의 성능에 영향을 주는 핸드오버 파라미터 최적화가 중요해진다<sup>[3][4]</sup>. 이를 위해서 eNB을 연결하는 X2인터페이스를 통해 여러 가지 핸드오버 성능에 영향을 주는 요소들에 대한 정보를 교환하면서 적절한 핸드오버 파라미터를 설정한다.

본 논문에서 제안하는 핸드오버 알고리즘은 핸드오버 성능을 극대화하기 위하여 혼합형 목표 셀 선택 방식과 다중 요소 기반 능동 히스테리시스 방식으로 구성된다. 혼합형 목표 셀 선택 방식은 최적의 목표 셀을 선택하기 위해 주변 셀의 수신 전력과 X2인터페이스를 통해 eNB간의 정보 교환으로 수집된 후보 목표 셀들의 부하정보를 함께 고려한다. 또한 다중 요소 기반 능동 히스테리시스 방식은 혼합형 목표 셀 선택 방식에서 선택된 목표 셀에서 최적의 핸드오버 결정시간을 설정하기 위하여 다양한 핸드오버 영향 요소들을 고려한다. 이와 같은 방법은 과거 CDMA환경에서 연구된 핸드오버의 영역을 최적화하는 방법과 유사한 면이 있다<sup>[5]</sup>. 그러나 이는 소프트핸드오버 환경에서의 방법이며, 셀 부하도만이 고려되었다는 단점이 있다. 본 논문에서 고려하는 핸드오버 영향 요소들은 서빙 셀 부하, 단말 속도, 서비스 종류 등이다. 결과적으로 본 논문에서의 제안한 핸드오버 알고리즘은 핸드오버 영향 요소들에 대한 정보를 바탕으로 능동적으로 최적의 목표 셀 선정과 핸드오버 결정 시간을 결정하는 기지국 운용 자동 최적화 기술에 해당된다.

본 논문은 다음과 같은 구성을 가진다. 먼저 II장에서는 혼합형 목표 셀 선택 방식과 다중 요소 기반 능동 히스테리시스 방식으로 구성된 제안된

핸드오버 방식에 대해 자세히 설명하며, III장에서는 본 알고리즘의 성능을 확인하기 위해 사용한 시스템 모델을 설명한다. 또한 IV장에서는 시뮬레이션 결과를 통해 알고리즘의 성능을 살펴본다. 마지막으로 V장에서는 논 논문에 대한 결론을 기술한다.

## II. 제안하는 핸드오버 알고리즘

본 논문에서 제안하는 핸드오버 알고리즘에서는 최적의 목표 셀을 선택하기 위한 혼합형 목표 셀 선택 방식과 선택된 목표 셀에서 최적의 핸드오버 결정시간을 설정하기 위한 다중 요소 기반 능동 히스테리시스 방식으로 구성된다.

### 2.1 혼합형 목표 셀 선택 방식

목표 셀 선택 방식은 핸드오버가 동작할 때, 목표셀(Target Cell)을 선택하는 방법으로 여러 가지 정보들을 수집하여 서빙기지국에서 이루어진다. 이런 방법으로는 최대 신호 대 잡음비 (Signal to Noise Ratio)기반 방식과 최소 부하 기반 목표 셀 방식이 있다. 최대 신호 대 잡음비 기반 방식은 수신신호세가 가장 큰 셀을 목표 셀로 선정하는 방식이고 최소 부하 기반 목표 셀 방식은 수신신호세가 일정치 이상 되는 목표 셀 후보 기지국들 중에서 부하가 가장 작은 셀을 목표 셀로 선정하는 방식이다. 반면에 본 논문에서 고려하는 혼합형 목표 셀 선택 방식은 신호 대 잡음비 값과 부하정보를 둘 다 고려하여 목표 셀을 결정하는 방법이다.

그림 1은 혼합형 목표 셀 선택 과정에 대한 순서도를 보여주고 있다. 먼저 단말  $i$ 가 주변 셀들의 집합인  $M$ 의 원소인  $j$ 들로부터 얻어지는 수신 전력 세기( $P_{ij}$ )가 문턱치  $\eta$ 보다 높은 주변 셀 중에서 임의의  $k$ 에 대한 셀 부하정보  $R_k$ 를 3GPP LTE시스템에서 정의한 X2 인터페이스를 통하여 획득한 후에 다음과 같은 계산식을 통하여 최종 목표 셀을 선택한다.

$$k_i^* = \operatorname{argmax}(P_{ik} \times R_k) \quad (1)$$

여기에서  $i, k \in N$ ,  $N$ 은 단말  $i$ 의 주변 셀 중에서 단말  $i$ 와의 수신 전력 세기가 문턱치  $\eta$ 를 초과하는 기지국들의 집합이고  $BW_{Available}^*$  와  $BW_{Total}^*$  는 각각  $k$ 번째 eNB의 이용 가능한 대역폭과 전체대역폭을 나타낸다. 따라서  $R_k = BW_{Available}^* / BW_{Total}^*$  는

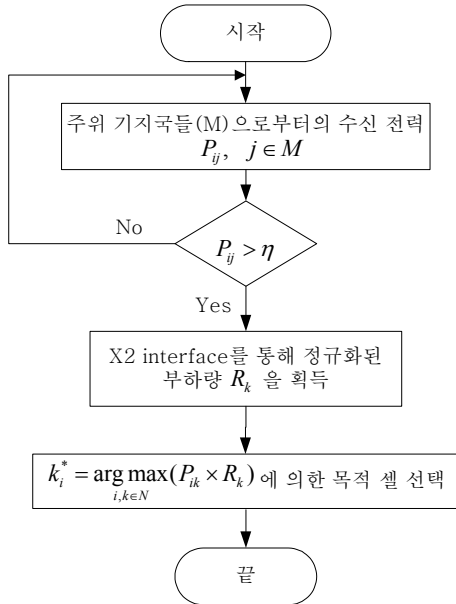


그림 1. 혼합형 목표 셀 선택 방법에 대한 순서

$k$ 번째 eNB의 정규화된 부하 값을 의미한다.

### 2.2 다중 요소 기반 능동 히스테리시스 방식

핸드오버 결정시간을 설정하기 위한 가장 간단한 방법으로는 고정 히스테리시스 방식이 있다. 그러나 핸드오버 성능 개선을 위해서는 핸드오버에 영향을 주는 환경요소들을 반영하는 능동 히스테리시스 방식이 필요하기 때문에 본 논문에서는 최적의 핸드오버 결정시간을 설정하기 위하여 여러 개의 영향요소들을 반영하는 다중 요소 기반 능동 히스테리시스 방법을 제안한다. 제안한 방법은 각각의 영향요소 별로 개별적인 부분 비용함수들을 정의한 후 그들을 인자로 가지는 전체 비용 함수를 구하는 방법으로 아래와 같은 형태로 정의하였다. 이 때, 문제의 복잡성을 간단히 하기 위해서 각각의 비용함수들에 대해서 동일한 가중치를 갖는다고 가정하였다. 이는 각각의 부분 비용함수의 값의 범위가 같아야 한다는 의미이다.

$$f_{total} = f_1 + f_2 + f_3 + \dots \quad (2)$$

본 논문에서는 간단한 성능분석을 위하여 고려하는 영향 요소들로 서빙 셀의 부하도와 단말의 속도 그리고 사용된 서비스 종류들을 사용하였고 그들의 부분 비용함수들을  $f_{load}$ 와  $f_{speed}$  그리고  $f_{class}$ 로 정의하였다. 본 논문에서의 전체 비용 함수는

$f_{total} = f_{load} + f_{speed} + f_{class}$ 로 정의하였다. 그리고 이 비용함수의 값에 따라 미리 정의된 히스테리시스의 크기를 선택하여 핸드오버의 성능을 높인다.

그림 2는 본 논문에서 제안한 다중 요소 기반 능동 히스테리시스 방식에 대한 순서도를 보여주고 있다. 표 1은 제안된 방식의 성능 분석을 위해 사용한 전체 비용함수  $f_{total}$  계산 결과 값과 히스테리시스 값 사이의 매핑관계의 예를 보여주고 있다.

표 1에서 보이듯이 전체 비용함수의 결과 값이 커지면 큰 히스테리시스 값 (h2)을 선택하고 반대의 경우에는 작은 히스테리시스 값 (h1)을 선택하도록 하였다. 그리고 히스테리시스 간의 크기 관계는  $H3 > H2 > H1$  이다. 그러므로 비용함수  $f_{total}$ 의 값에 따라서 상대적으로 작은 히스테리시스 값 (H1)이 선택되었다면 상대적으로 빠른 핸드오버 결정시간을 설정하게 되고 큰 히스테리시스 값 (H3)이 선택되었다면 상대적으로 늦은 핸드오버 결정시간을 설정하게 된다.

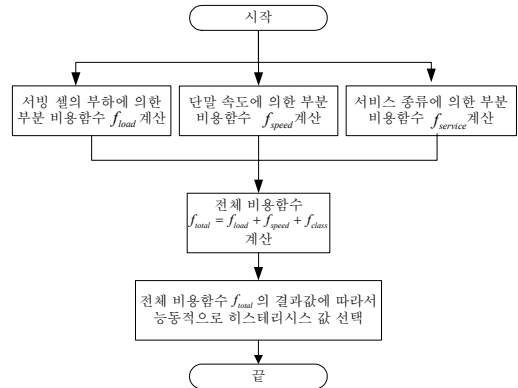


그림 2. 능동 히스테리시스 방식에 대한 순서도

표 1. 전체 비용함수  $f_{total}$  계산 결과 값과 히스테리시스 값 사이의 매핑관계의 예 (k는 양의 상수이고  $h2 > h1$ )

비용함수의 결과 값	히스테리시스 값
$-3k \leq f_{total} < -k$	H1
$-k \leq f_{total} \leq +k$	H2
$+k < f_{total} \leq +3k$	H3

#### 2.2.1. 서빙 셀의 부하도에 의한 부분 비용함수

식 (3)은 서빙 셀의 부하도에 따른 부분비용함수식이다.

$$f_{load} = \begin{cases} -k, & (\Delta_{large} \leq R_{k,i} < 1) \\ 0, & (\Delta_{small} \leq R_{k,i} < \Delta_{large}) \\ +k, & (0 \leq R_{k,i} < \Delta_{small}) \end{cases} \quad (3)$$

간단한 형태를 나타내기 위해 3가지 경우로 나누었으며, 부하도가  $\Delta_{large}$ 를 넘어서면  $-k$  값을 가지며,  $\Delta_{small}$ 보다 작으면  $+k$  값을 갖는다. 서빙 셀의 부하도와 핸드오버의 관계를 생각해볼 때 서빙 셀 부하도가 낮은 경우라면 서빙 셀의 여유 무선자원이 많이 존재하므로 서빙 셀에서 목표 셀로의 핸드오버 결정시간을 늦게 한다. 반면에 서빙 셀의 부하도가 높은 경우라면 서빙 셀의 여유 무선자원이 작다는 것을 의미하기 때문에 서빙 셀에서 목표 셀로의 핸드오버 결정 시간을 빠르게 한다<sup>[6],[7]</sup>.

2.2.2 단말의 속도에 의한 부분 비용함수

식 (4)는 이동 단말의 속도에 따른 부분함수식이다. 서빙 셀의 부하도에 대한 부분함수식과 마찬가지로 역시 3단계로 구분하였으며, 속도가 고속이면  $-k$  값을, 반대로 저속이며  $+k$  값을 갖는다. 그리고 그 사이는 0의 값을 갖는다.

$$f_{speed} = \begin{cases} -k, & (\text{fast speed}) \\ 0, & (\text{normal speed}) \\ +k, & (\text{slow speed}) \end{cases} \quad (4)$$

셀 경계에서의 단말들의 속도와 핑퐁(ping-pong)의 관계를 생각해 보면 다음과 같을 것이다. 먼저, 저속의 단말들은 단위 시간당 이동거리가 짧으므로 셀과 셀의 경계에서 크게 벗어나지 못할 확률이 크다. 그러므로 빈번히 핸드오버가 일어날 것이고 이는 핑퐁현상이 발생할 확률이 높아진다는 의미이다. 반대로 고속의 단말들은 경계지역에서 벗어날 확률이 크다. 그러므로 상대적으로 핑퐁의 발생률이 낮다<sup>[8]</sup>. 그러므로 저속의 단말들은 히스테리시스의 크기를 크게할 필요가 있는데, 본 논문에서는 비용함수의 값이 커질수록 히스테리시스의 크기도 커지므로  $+k$ 의 값을 갖게 한다. 반대로 고속의 단말은  $-k$ 의 값을 갖게 한다.

2.2.3 서비스 종류에 의한 부분 비용함수

마지막으로 핸드오버 단말들의 사용하는 서비스 종류에 따른 부분 비용함수이다. 다중 서비스 환경에서 서비스 별로 서비스 품질(QoS)이 다르다는 점이다. 이때 제공되는 서비스는 여러 가지가 있을 수 있으나 본 논문에서는 VoIP, 음악 스트리밍, 웹 브라우징 그리고 P2P 서비스를 고려한다<sup>[8],[12]</sup>. 이들 서비스는 크게 실시간 서비스(Real Time Service)와 비실시간 서비스(non-Real Time Service)로 나눌 수

있는데 VoIP와 음악 스트리밍 서비스가 실시간 서비스에 해당하고 웹 브라우징과 P2P 서비스가 비실시간 서비스에 해당한다. 여기서 실시간 서비스와 비실시간 서비스의 특징에 대해서 살펴보면 실시간 서비스는 지연에 민감하며, 상대적으로 비실시간 서비스는 지연에 둔감하다. 따라서 사용되는 서비스의 구성 비율에 따라 다른 핸드오버 결정시간을 설정할 수 있다. 본 논문에서는 실시간 서비스 비율이 비 실시간 비율보다 더 많은 경우와 두 서비스 비율이 비슷한 경우 그리고 비실시간 서비스 비율이 실시간 서비스 비율보다 더 많이 사용하는 경우의 3가지 경우로 구분하여 첫 번째 경우에 상대적으로 가장 느린 핸드오버 결정 시간을 설정하고 세 번째 경우에 상대적으로 가장 빠른 핸드오버 시간을 설정한다. 식 (5)는 위의 같은 방법을 적용한 부분 비용함수식이다.

$$f_{class} = \begin{cases} -k, & (N_{real} > N_{non-real}) \\ 0, & (N_{real} = N_{non-real}) \\ +k, & (N_{real} < N_{non-real}) \end{cases} \quad (5)$$

이때,  $N_{real}$ 와  $N_{non-real}$ 은 각 이동단말이 사용 중인 실시간 서비스와 비실시간 서비스들의 개수이다.

III. 시스템 모델

이 장에서는 본 알고리즘의 성능을 확인하기 위해 다음과 같은 시스템 모델을 설정하였다. 먼저, 2 tier의 19개의 셀룰러 환경을 기본으로 하고 있으며, 셀 중심에는 섹터 구분 없이 Omni-directional 안테나를 사용하였고 셀 반경은 1 km로 설정하였다. 또한 각 셀들은 5 MHz의 대역폭을 가지며 주파수 효율을 4 bps/Hz로 가정하였기 때문에 최대 데이터율은 20 Mbps가 된다.

3.1 전파 확산 환경

시뮬레이터에서 전파 확산 환경은 경로 손실과 웨도잉을 고려한 환경으로 설정하였다. 이 때 경로 손실 모델은 [9]에서 정의한 다음 식을 사용하였다.

$$L_{path} = 128.1 + 37.6 \log_{10}(R) \quad (6)$$

여기서  $R$ 은 기지국과 이동단말간의 거리를 나타내며 킬로미터 단위이다. 웨도잉 모델은 움직이는 이동단말들에 대해서 값이 갱신되는 모델을 사용하

였으며 이는 다시 표현하면 다음과 같다 [10].

$$W_a = e^{-1 \times \frac{d}{d_{corr}} \ln 2} \quad (7)$$

$$S(t) = W_a S(t-1) + W_b N(0, \sigma) + W_c C \quad (8)$$

여기서  $W_a$ ,  $W_b$ ,  $W_c$ 는 가중치들을 나타낸다. 먼저  $W_a$ 에서  $d = (70\text{km/h} \times 100\text{m.s}) = 1.944\text{m}$  이고  $d_{corr}$ 는 33m로 설정하였다. 또한  $W_a$ ,  $W_b$ ,  $W_c$  가중치들은 각각 연산에 의해서 구해지는 부분이며, 이들 식에 대해서는 [10]에 나와 있는 것을 사용하였다.  $C$ 는 링크상의 공통 값이다. 다음으로  $N(0, \sigma)$ 는 평균이 0인 정규분포를 갖는 확률변수 값으로 시뮬레이터에서는 표준편차가 6.5dB가 되도록 하였다. 그리고 기지국의 송신 전력은 43dBm으로 고정하였다. 또한, 서빙 셀로부터의 신호품질이 나빠지면 서비스가 강제로 종료되는 outage 을 위해서 500ms동안 연속적으로 서빙 셀로부터의 신호 대 잡음비의 크기가 -5dB (outage threshold)이하인 경우, 모든 서비스를 종료시키고 무선 자원을 반납한다.

### 3.2 이동단말

미래의 이동통신 환경은 스마트폰의 예에서 볼 수 있듯이 동시에 다수의 서비스를 이용하는 환경으로 바뀔 것이다. 그러므로 본 논문에서는 각각의 이동단말들은 최소 1개에서 최대 4가지의 서비스를 지원할 수 있는 다중 서비스 환경을 고려하였다. 이때, 각각의 서비스의 대역폭 및 서비스 비율은 차세대 이동통신의 시장성과 관련한 문서 [9][10]을 참조하여 표 2와 같이 설정하였다.

호 수락 제어는 핸드오버의 성능에 영향을 주지 않도록 하기 위하여 간단한 Hard QoS 기반 호 수락 제어방식을 사용하였다.

Hard QoS 기반 호 수락 제어는 이동단말이 호 수락을 요청하면 가용한 대역폭이 충분한 경우 호

표 2. 서비스별 요구 대역폭의 량 및 구성비율

	서비스 종류			
	VoIP	음악 스트리밍	웹브라우저	P2P
대역폭 (Kbps)	64	128	512	512
구성 비율	40%	15%	30%	15%

수락을 해주고 그렇지 않은 경우에는 호 수락을 거절하는 방법이다. 또한 단말의 이동 모델은 RDM (Random direction model)을 사용하였다 [11]. 이 모델은 이동단말이 일정시간 동안 한 방향으로 일정한 확률  $p$ 에 따라 일정한 거리를 움직이는 모델이다. 모든 이동단말들은 서로 다른 확률로 이동하기 때문에 결과적으로 서로 다른 속력을 가지게 되며 평균 속도는 70km/h로 설정하였다. 이동단말의 방향유지 시간 시간은 0~120 sec 중에서의 임의의 값을 가지도록 하였다.

본 논문에서 사용한 시뮬레이터 파라미터를 정리하면 표 3과 같다.

표 3. 시뮬레이션 파라미터

파라미터 명	값
셀 구조	2-Tier 19Cells
셀 반경	1 Km
안테나	Omni-Direction
셀당 대역폭	5 MHz
최대 데이터율	20 Mbps
단말 속도	10 Km/h ~ 140 Km/h
사용자당 서비스 수	Max. 4
단말 이동 모델	RDM[11]
채널 모델	경로손실, 쉐도잉 [11][12][13]
호 도착률	0.034 ~ 0.046

## IV. 시뮬레이션 결과

### 4.1 혼합형 목표 셀 선택 방법에 대한 성능

그림 3은 호 도착율은 0.034로 고정 시켰을 때 발생된 신규서비스들의 총합에 따른 핸드오버 실패율을 보여주고 있다. 그림 3은 다른 셀의 부하정보를 전혀 고려하지 않는 최대 신호 대 잡음비 기반 목표 셀 방식, 부하 정보만을 고려하는 최소 부하 기반 목표 셀 방식 그리고 수신신호세기와 부하도를 모두 고려하는 혼합형 목표 셀 선택 방법의 순서로 핸드오버 실패율이 높음을 보여주고 있다.

그림 4는 호 도착율이 0.034로 고정되었을 때 셀당 핸드오버 실패율(Handover Drop Rate)을 보여주고 있다. 본 논문에서 사용한 호 수락 제어는 Hard QoS형태의 방법을 사용하였으므로 핸드오버가 실패하는 요인은 해당 셀에 충분한 무선자원이 없는 경우이다. 따라서 셀 당 핸드오버 실패율의 공정성으로부터 부하 균형의 공정성 여부를 유추할 수가 있다. 그림 4로부터 부하 균형 공정성측면에서의 성능을 살펴보면 혼합형 목표 셀 선택 방식과 최소 부

하 기반 목표 셀 방식 그리고 최대 신호 대 잡음비 기반 목표 셀 방식의 순서로 성능이 열악해짐을 확인할 수 있다. 그림 4의 결과로부터 핸드오버의 목표 셀을 결정할 때 후보 목표 셀들의 부하정보를 고려하는 하는 것이 전체 부하의 균형 측면에서 효과가 있음을 알 수가 있다.

4.2 다중 요소 기반 능동 히스테리시스 방식에 대한 성능

제안하는 다중 요소 기반 능동 히스테리시스 방식의 성능 분석을 위해 식 (2), (3), (4)에서 정의한 각 부분 비용함수에 대한 파라미터들과 표 1에서 보여주는 전체 비용함수 대 히스테리시스 값 매핑 정보에 대한 파라메타 값들은 아래 표 4와 같이 설정하였다.

그림 5는 도착율은 0.034로 고정 시켰을 때 발생된 신규서비스들의 총합에 따른 고정 히스테리시스 방식과 다중 요소 기반 능동 히스테리시스 방식의 핸드오버 실패율을 보여주고 있다. 여기서 목표 셀 선택 방법으로는 혼합형 목표 셀 선택 방식을 사용되었다. 그림 5로부터 다중 요소 기반 능동 히스테리시스 방식은 고정 히스테리시스 방식보다 더 낮은 핸드오버 실패율을 가짐을 알 수가 있다.

그림 6은 단말기가 이용하고 있는 서비스별로 핸드오버 실패율을 나타낸 그래프이다. 이를 살펴보면 어느 특정 서비스에서만 성능이 개선되는 것이 아니라 전체적으로 성능 향상이 나타남을 알 수 있다. 또한, 비실시간 서비스들이 실시간 서비스들보다 서비스 요구량이 더 크므로 핸드오버 실패율이 더 높다는 것을 알 수 있다.

그림 7은 호 도착율을 0.036에서 0.046으로 변화 해가면서 목표 셀 선택 방식과 히스테리시스 방식의 결합 형태에 따른 핸드오버 실패율을 보여주고 있다. 그림 7로부터 목표 셀 선택 방법으로 최대

표 4. 다중 요소 기반 능동 히스테리시스 방식의 성능 분석을 위한 시뮬레이션 파라미터들의 값

파라메타 값	값
$\Delta_{large}$	0.66
$\Delta_{small}$	0.33
fast speed	95 km/h ~ 140 km/h
normal speed	45km/h ~ 95km/h
slow speed	0 km/h ~ 45 km/h
$-3k \leq f_{total} < -k$	H1 = 1.5 dB
$-k \leq f_{total} \leq +k$	H2 = 3.5 dB
$+k < f_{total} \leq +3k$	H3 = 5.5 dB

신호 대 잡음 비 기반 목표 셀 방식을 사용하고 히스테리시스 선택방법으로 고정 히스테리시스 방식을 사용하였을 때 가장 높은 핸드오버 실패율을 보여 주고 목표 셀 선택 방법으로 제안된 혼합형 목표 셀 선택 방식을 사용하고 히스테리시스 선택방법으로

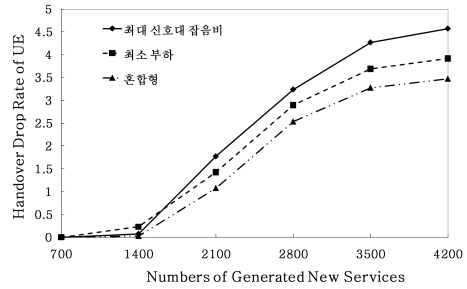


그림 3. 목표 셀 선택 방법에 따른 핸드오버 실패율 (호 도착율: 0.034)

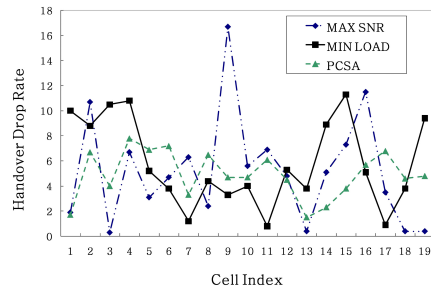


그림 4. 셀 당 핸드오버 실패율 (호 도착율: 0.034)

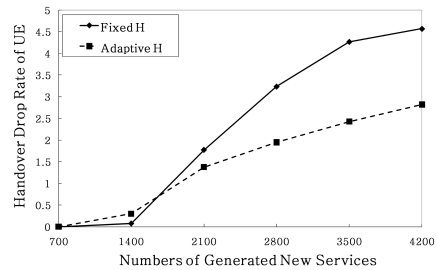


그림 5. 히스테리시스에 대한 핸드오버 실패율 (호 도착율: 0.034)

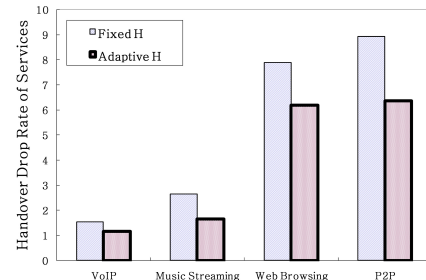


그림 6. 사용자의 서비스 당 핸드오버 실패율

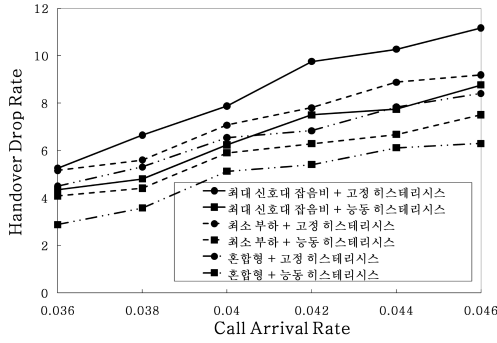


그림 7. 목표 셀 선택 방식과 히스테리시스 방식의 결합 형태에 따른 핸드오버 실패율

로 다중 요소 기반 능동 히스테리시스 방식을 사용하였을 때 가장 낮은 핸드오버 실패율을 보여줌을 알 수가 있다.

### V. 결 론

본 논문에서는 3GPP LTE시스템에서의 기지국 운용 자동 최적화를 위한 하드 핸드오버 알고리즘을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 수신신호세기와 3GPP LTE시스템에서 정의한 X2 인터페이스로부터 얻어지는 목표 셀 후보들의 부하도를 둘다 고려하여 최종 목표 셀을 결정하는 혼합형 목표 셀 선택 방식과 서빙 셀의 부하도와 이동단말의 속도 그리고 단말의 서비스 종류등과 같은 다양한 정보들에 대한 각각의 부분 비용함수를 바탕으로 전체 비용함수를 구하여 그 결과 값에 따라 적절한 히스테리시스 값을 선택하는 다중 요소 기반 능동 히스테리시스 방식으로 구성되어 있다. 따라서 제안하는 알고리즘에서는 혼합형 목표 셀 선택 방식에 의해서 최적의 목표 셀 선택하고 그 선택된 셀에서 다중 요소 기반 능동 히스테리시스 방식에 의해 최적의 핸드오버 결정시간을 설정하기 때문에 부하 균형과 핸드오버 실패율 측면에서 우수한 성능 향상이 보여줌을 실험 결과를 통하여 확인 하였다.

### 참 고 문 헌

[1] 3GPP TR 25.814, "Physical Layer Aspects for Evolved UTRA," *3GPP Technical Report 25.814*, version 7.1.0, Sept. 2006.  
 [2] A. Toskala, H. Holma, K. Pajukoski, and E. Tirola, "UTRAN Long Term Evolution in

3GPP," *Proc. PIMRC'06*, Sept. 2006.  
 [3] 3GPP TS 36.300, "Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) and Evolved Universal Terrestrial Radio Access network (E-UTRAN); Overall description," Sept. 2008.  
 [4] 3GPP TS 36.902, "Evolved Universal Terrestrial Radio Access network (E-UTRAN); Self-configuring and self-optimizing network use cases and solution," Sept. 2008.  
 [5] 염동화, 어윤, 강창순, "셀룰러 CDMA 시스템을 위한 커버리지와 무선자원의 결합형 관리기법," *한국통신학회지*, Vol.29, No.01A, pp.1139-1146, 2004년 10월.  
 [6] B. Lee, H. Chen, and S. Huang, "Study on Traffic Shedding for Soft-Handoff Using MC-CDMA in Wireless ATM Networks," *IEICE transactions on comm.*, Vol.E89-B, pp.76-87, Jan. 2006.  
 [7] W. I. Kim and C. S. Kang, "A new traffic-load shedding scheme in the WCDMA mobile communication systems," *Proc. VTC'02*, Vol.4, pp.2405-2409, Sept. 2002.  
 [8] T. B. Zahariadis, K. G. Vaxevanakis, C. P. Tsantilas, N. A. Zervis, and N. A. Nikolaou, "Global Roaming in Next- Generation Networks," *IEEE Comm. Magazine*, pp.145-151, Feb. 2002.  
 [9] WiMAX Forum, "Can WiMAX Address Your Applications?," Oct. 2005.  
 [10] "Global mobile broadband: Market potential for 3G LTE (long term evolution)," *Analysis Research Limited for UMTS Forum*, Jan. 2008.  
 [11] D. H. Kim and K. Jun, "The Effect of the QoS Satisfaction on the Handoff for Real - Time Traffic in Cellular Network," *LNCS 3726*, pp. 1106-1111, Sept. 2005.  
 [12] 3GPP, TR25.848 v4.0.0, "Physical layer aspect of UTRA high speed downlink packet access (Release 4)," Mar. 2001.  
 [13] H. Kim and Y. Han, "Enhanced Correlated Shadowing Generation in Channel Simulation," *IEEE Comm. Letters*, Vol.6, No.7, pp.279-281, July 2002.

이 두 원 (Doo Won Lee)

준회원



2008년 2월 강원대학교 IT대학  
전자통신공학과 학사

2010년 2월 강원대학교 IT대학  
전자통신공학과 석사

2010년 3월~현재 강원대학교  
IT대학 전자통신공학과 박사  
과정

<관심분야> Handover, 3GPP LTE, SON 등

현 광 민 (Kwangmin Hyun)

종신회원

한국통신학회 논문지 (통신이론 및 시스템) 제34권  
제12호 참조

김 동 회 (Dong-hoi Kim)

종신회원

한국통신학회 논문지 (무선통신) 제33권 제7호 참조