

일반논문-10-15-4-03

3GPP LTE 시스템에서 셀 간 부하 차이를 고려하는 적응 히스테리시스 기반의 적응 타임-투-트리거 방법에 의한 하드 핸드오버

정운호^{a)}, 김동회^{a)‡}

Hard Handover by the Adaptive Time-to-trigger Scheme based on Adaptive Hysteresis considering the Load Difference between Cells in 3GPP LTE System

Un-ho Jeong^{a)} and Dong-Hoi Kim^{a)‡}

요 약

본 논문은 3GPP LTE (Long Term Evolution) 시스템에서 목표 셀과 서빙 셀 간의 부하 차이에 따라서 히스테리시스 값과 타임-투-트리거 값들과 같은 중요한 핸드오버 파라미터를 적응적으로 적용하는 하드 핸드오버 방식을 제안한다. 먼저, 히스테리시스 값을 서빙 셀과 목표 셀의 부하 차이에 따라서 자동적으로 조절하고 그 자동 조절된 히스테리시스 값을 핸드오버 트리거 (Trigger) 시간을 결정하는데 사용한다. 따라서 그러한 적응 히스테리시스 방법을 통하여 핸드오버 실패율은 개선된다. 그러나 이러한 적응 히스테리시스 방식은 셀 경계에서 잦은 단말들의 이동에 의해서 발생하는 핑퐁 현상이 증가하는 문제를 야기한다. 따라서 그러한 문제점을 해결하기 위해서 본 논문에서는 적응 히스테리시스 방식에 의해서 설정된 히스테리시스 (Hysteresis) 값에 반비례하는 타임-투-트리거 (Time-to-trigger) 값을 선택하는 적응 히스테리시스 기반의 적응 타임-투-트리거 방식을 제안한다. 시뮬레이션을 통하여 본 논문에서 제안한 적응 히스테리시스 기반의 적응 타임-투-트리거 방식이 기존의 고정 히스테리시스 방법과 적응 히스테리시스 방법 기반의 고정 타임-투-트리거 방식보다 핸드오버 실패율과 핑퐁 (Ping-pong) 발생률 측면에서 더 우수함을 확인하였다.

Abstract

In this paper, we propose a hard handover scheme which adaptively decides important handover parameters such as hysteresis and time-to-trigger values considering the load difference between the target and serving cells. First of all, the hysteresis value can be automatically adjusted according to the load difference, thus it is used to decide the handover trigger time. As a result, through the adaptive hysteresis scheme, handover drop rate is improved. However, this adaptive hysteresis scheme has a problem that the ping-pong effect, which occurs due to the frequent movement of mobile stations at the cell boundary, is increased. Therefore, to solve this problem, we propose a novel adaptive time-to-trigger scheme with the time-to-trigger which is in inverse proportion to the hysteresis value already established by the adaptive hysteresis scheme which adapts to the changing load difference between the target and serving cells. The simulation results show that the proposed adaptive time-to-trigger scheme based on the adaptive hysteresis is better than existing schemes in terms of handover drop rate and ping-pong generation.

Keyword : 3GPP LTE, 히스테리시스 (Hysteresis), Time-to-trigger (Time-to-Trigger), 핸드오버 실패율 (Handover Failure Rate), 핑퐁 발생률 (Ping-pong generation rate)

I. 서론

기존의 3세대 이동 통신 시스템의 기술적 한계를 극복하고, 향후 10년 또는 그 이상까지 사용자의 요구를 만족시키기 위한 미래 장기적 진화, 커버리지 확장 및 시스템 용량 개선, 데이터 전송률과 지연 감소, 그리고 비용을 절감하면서도 제공되는 서비스의 품질은 개선하는 3GPP LTE 시스템에 대한 연구가 진행되고 있다. 3GPP LTE 시스템은 현재 이동 통신망을 기반으로 진화된다는 점에서 기존 HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) 또는 WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access) 망과 유연하게 연동돼 끊어짐 없는 서비스가 가능하다.

3GPP LTE 시스템과 같은 고속의 데이터 위주의 서비스를 제공하기 위해서는 무선 자원의 효율적인 관리가 요구된다. 따라서 이동 통신 시스템에서 중요한 요소 중 하나인 핸드오버 성능에 대한 연구가 필요하다. 일반적으로 핸드오버는 이동국이 서비스중인지(혹은 섹터) 영역을 벗어나 다른 기지국으로 이동을 할 때, 계속 통화를 유지하기 위해 통화 채널을 이동한 셀로 바꾸어 주는 것을 말한다^{[1][2]}. 이와 같은 핸드오버는 크게 두 가지 방식으로 구분될 수 있는데, 기존의 통화하던 회선을 먼저 끊은 뒤 새로운 기지국으로 연결하는 방식인 하드 핸드오버 (Hard Handover)와 동시에 두 개의 기지국과 통화 채널을 유지할 수 있는 소프트 핸드오버 (Soft Handover)로 구분된다.

3GPP LTE 시스템에서는 현재 빠르게 기지국을 전환시킬 수 있는 하드 핸드오버 방식을 지원하고 있다. 따라서 하드핸드오버 동작에 의한 핸드오버 실패율과 핑퐁 발생률과 같은 핸드오버 성능을 개선하기 위한 방식이 필요하다. 핸드오버 성능에 영향을 미치는 파라미터로는 대표적으로 히스테리시스와 타임-투-트리거를 들 수 있다. 히스테리시스는 핸드오버를 하기 위한 시점을 선택하기 위한 파라미터로써 서빙 셀과 타겟 셀의 수신 전력 차와 비교하여 핸드

오버를 결정한다. 또한, 타임-투-트리거는 히스테리시스와 같이 사용되는 파라미터로써 히스테리시스 값 이상의 서빙 셀과 타겟 셀의 수신 전력 차가 이 타임-투-트리거 시간만큼 유지되어야 비로소 핸드오버 호가 결정된다. 위와 같은 핸드오버 성능에 영향을 주는 중요한 핸드오버 파라미터인 히스테리시스 값과 타임-투-트리거 값은 핸드오버 결정 단계에서 목표 셀 선택 후에 적용된다. 핸드오버 성능은 이동 통신 시스템에서 끊어짐 없는 이동성을 보장하는 가장 중요한 부분이므로 가장 좋은 성능을 얻기 위하여 핸드오버 히스테리시스 값과 타임-투-트리거 값과 같은 파라미터들을 조절하는 방법들이 연구되어왔다.

본 논문에서는 핸드오버 히스테리시스 값을 목표 셀과 서빙 셀 사이의 부하차를 반영하여 적응적으로 적용하는 적응 히스테리시스 방식으로 인하여 발생하게 되는 셀 경계에서의 핑퐁 현상을 극복하기 위하여 타임-투-트리거 값을 히스테리시스 값에 반비례하는 값으로 적응적으로 적용하는 방식을 제안한다. 모의실험을 통하여 본 논문에서 적용 히스테리시스 기반에 의해 제안하는 적응 타임-투-트리거 방식은 셀 간무선 자원을 효율적으로 고려함으로써 핸드오버 실패율 성능의 저하 없이 핑퐁 현상에 대한 성능을 개선할 수 있음을 확인하였다. 본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서 기존의 핸드오버 히스테리시스 값과 타임-투-트리거 방식에 대한 내용을 다루며, 3장에서는 본 논문에서 적용 히스테리시스 기반에 의해 제안하는 적응 타임-투-트리거 방식을 설명한다. 4장과 5장에서는 본 논문에서 사용한 시뮬레이션 환경과 시뮬레이션 결과에 대해서 설명하고 6장에서 결론을 말한다.

II. 기존의 핸드오버 히스테리시스와 타임-투-트리거에 대한 방법

그림 1은 크게 핸드오버 결정 단계 (Handover Decision Stage)와 수락 제어 단계 (Admission Control Stage)로 구성된 핸드오버 동작 과정을 보여준다^[3]. 따라서 목표 셀 선택 방법으로 수신 신호 세기 기반 방식을 사용할 경우의 핸드오버 동작과정을 3단계로 정리하면 다음과 같다.

a) 강원도 춘천시 국립강원대학교 IT대학 전자통신공학과
Kangwon National University, College of Information Technology,
Electronic and Communication Engineering
‡ 교신저자 : 김동희(donghk@kangwon.ac.kr)
·접수일(2010년1월14일), 수정일(2010년5월27일), 게재확정일(2010년6월8일)

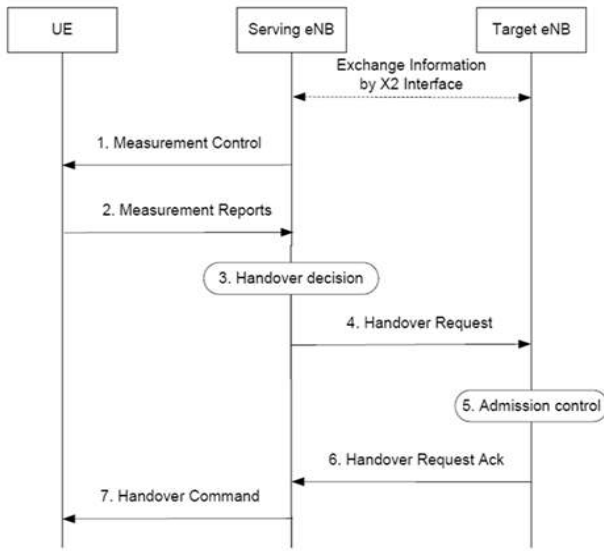


그림 1. 3GPP LTE 시스템에서의 핸드오버 수행 절차
Fig. 1. The handover procedure in 3GPP LTE system

1. 서빙 기지국으로부터의 신호세기(Received Signal Strength)가 최소 문턱치보다 작으면 이동 단말은 그림 1에서 보는 바와 같이 측정 보고(Measurement Reports) 메시지를 서빙 기지국으로 전달하고 핸드오버 결정 단계에서 수행하게 된다.
2. 이후에 이동 단말은 인접한 목표 셀 후보 기지국들에

게 수신 신호의 세기를 측정하여 그 중에서 가장 수신 신호 세기가 강한 기지국을 목표 셀로 선택하게 된다.

3. 두 셀의 신호 세기 차가 주어진 히스테리시스 값보다 큰 값으로 주어진 타임-투-트리거 동안 유지가 된다면 핸드오버 요청(Handover Request) 메시지를 통하여 핸드오버 호 수락을 요청하게 된다. 호 제어 단계에서는 사용 가능한 데이터율(Data Rate)을 확인하여 호 수락 여부를 결정하게 된다.

1. 기존의 고정 히스테리시스 기반의 고정 타임-투-트리거 방식

기존의 핸드오버 수행 방식은 목표 셀과 서빙 셀의 신호 세기 차가 고정된 히스테리시스(H_{Fixed}) 이상이고 고정된 타임-투-트리거(T_{Fixed}) 동안 유지가 된다면 핸드오버 요청 메시지를 통하여 핸드오버 호 수락을 요청하게 된다^[4].

그림 2는 고정된 히스테리시스 값과 고정된 타임-투-트리거 값을 사용한 기존의 가장 보편적인 고정 히스테리시스 기반 고정 타임-투-트리거 방식을 보여주고 있다. 위의 핸드오버 방식은 주변 셀의 무선 자원 상태 정보들을 반영하지 않는 고정된 히스테리시스 값을 가지고 있다. 이러한

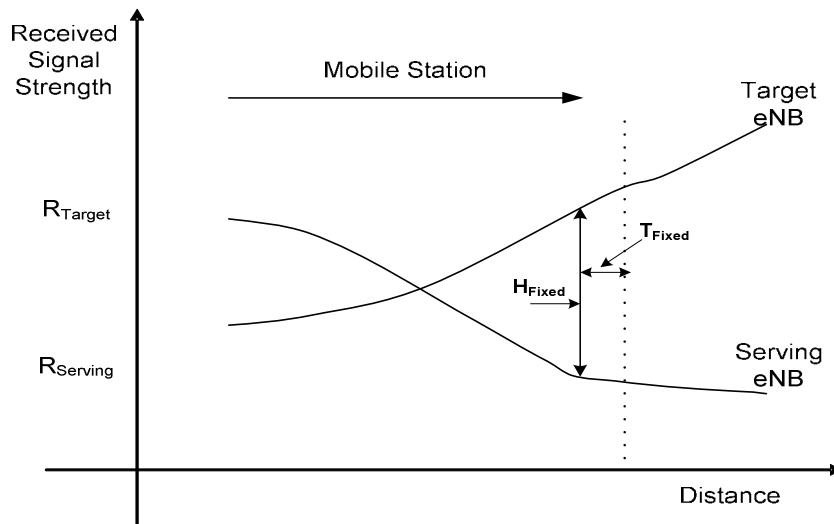


그림 2. 기존의 고정 히스테리시스 기반의 고정 타임-투-트리거 방식
Fig. 2. The existing fixed Time-to-trigger scheme based on the fixed hysteresis

고정된 히스테리시스 값은 핸드오버 하고자 하는 타겟 셀의 무선 자원 상태를 반영하고 있지 않다. 따라서 타겟 셀의 무선 자원이 부족하여 핸드오버 호를 수락할 수 없을 시에도 고정된 히스테리시스 값과 고정된 타임-투-트리거 값을 만족하면 핸드오버 호가 발생하게 된다. 기존의 고정 히스테리시스 기반의 고정 타임-투-트리거 방식에 대한 식을 정리하면 다음과 같다.

$$H = H_{Fixed} \text{ and } T = T_{Fixed} \quad (1)$$

따라서 기존의 고정 히스테리시스 기반의 고정 타임-투-트리거 방식에서의 히스테리시스 (H) 값과 타임-투-트리거 (T) 값은 주변 셀의 무선 자원 상태에 따라 변하지 않는 고정된 상수 값을 가지는 H_{Fixed} 와 T_{Fixed} 으로 설정되게 된다. 기존의 고정 히스테리시스 기반의 고정 타임-투-트리거 방식에서의 핸드오버 호의 발생은 고정된 히스테리시스 값과 타임-투-트리거 값의 조건이 모두 만족하게 되면 이루어진다. 즉, 히스테리시스 조건이 만족하였다 할지라도 타임-투-트리거 조건이 만족하지 못하면 핸드오버는 이루어지지 않는다.

2. 기존의 적응 히스테리시스 기반의 고정 타임-투-트리거 방식

핸드오버 실패율을 개선시키기 위해 셀의 무선 자원 상태에 따라 히스테리시스 값을 적응적으로 적용하는 방식이 많이 연구되어 왔다. 만약 셀 내부의 부하가 적은 경우에는 핸드오버 또는 신규 서비스를 요청하는 이동 단말들에게 충분한 무선 자원을 할당해 줄 수 있을 것이다. 따라서 목표 셀로 핸드오버를 억제하도록 히스테리시스 값을 크게 선택하는 것이 유리하다. 반면에, 셀의 부하가 많은 경우 이동 단말들에게 충분한 무선 자원을 할당해 줄 수 없기 때문에 목표 셀로의 핸드오버를 빠르게 수행하도록 히스테리시스 값을 작게 선택하는 것이 유리하다. 따라서 목표 셀과 서빙 셀의 부하 차이를 히스테리시스 값에 반영하여 목표 셀의 자원이 부족한 경우 히스테리시스 값을 크게 적용하고 목표 셀의 자원이 충분히 여유가 있다면 히스테리시스 값을 작게 함으로 핸드오버를 장려 또는 억제 할 수 있다^[5].

그림 3에서 보이는 HMmin 값과 HMmax 값은 히스테리시스 값의 마진을 설정한 부분이다. 적응 히스테리시스 방식의 경우 이러한 최소 마진과 최대 마진을 설정하여 주지 않을 시 히스테리시스 값이 비현실적으로 작거나 크게 설

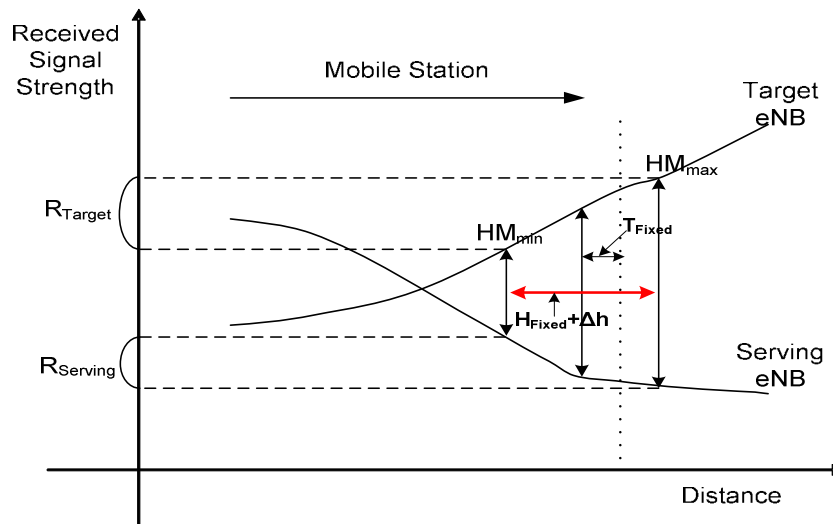


그림 3. 기존의 적응 히스테리시스 기반의 고정 타임-투-트리거 방식
 Fig. 3. The existing fixed Time-to-trigger scheme based on the adaptive hysteresis

정될 수 있다. 식 (2)는 목표 셀과 서빙 셀의 부하도의 차이를 나타내는 Δh 에 따라 다른 히스테리시스 값을 선택하는 기존 적응 히스테리시스 기반의 고정 타임-투-트리거 방식을 나타낸다.

$$H = H_{Fixed} + \Delta h \text{ and } T = T_{Fixed} \quad (2)$$

여기에서 $\Delta h = L_{Target} - L_{Serving}$ 이고 L_{Target} 과 $L_{Serving}$ 은 각각 목표 셀 부하 정보와 서빙 셀 부하 정보를 나타낸다. 따라서 적응 히스테리시스 방식의 경우에서는 목표 셀과 서빙 셀의 부하차 (Δh)가 큰 경우에는 고정 히스테리시스 값을 나타내는 H_{Fixed} 에 Δh 를 더하게 되기 때문에 큰 히스테리시스 값이 선택되고 반면에 Δh 가 작은 경우에는 작은 히스테리시스 값이 선택되기 때문에 히스테리시스 (H) 값은 Δh 에 의해 적응적으로 설정된다. 3GPP LTE 시스템에서의 eNB (Evolved Node B)는 X2 interface를 통해 각기 다른 eNB와 상호 연결된다. 예를 들어, LTE 시스템에서 단말들의 핸드오버 지원을 위해서, 각기 다른 eNB와 연결할 필요가 있는 eNB 사이에는 X2 interface가 존재한다⁶⁾. 그림 1에서 보는 바와 같이 목표 셀과 서빙 셀의 부하 정보는 X2 인터페이스를 통해서 교환되며 핸드오버

결정 단계에서 교환된 부하정보를 주변 셀 부하 정보를 활용할 수가 있게 된다.

그러나 적응적인 히스테리시스 방식은 히스테리시스 값을 작게 또는 크게 선택될 수 있어서 만약 히스테리시스 값이 작게 선택되는 경우에 셀 경계에서 있는 이동 단말들이 핸드오버가 불필요하게 빈번하게 발생함으로써 나타나는 핑퐁 현상이 증가할 것이다. 따라서 이러한 적응적인 히스테리시스 기반의 핸드오버 방식에서는 핑퐁 현상 증가의 문제점을 해결해 주는 새로운 방식이 필요하다. 본 논문에서는 이러한 적응 히스테리시스 방식의 핑퐁 현상을 감소시키기 위해 또 하나 중요한 핸드오버 파라미터 중 하나인 타임-투-트리거 값을 목표 셀과 서빙 셀 간의 부하 차이에 따라서 적응적으로 적용시키는 방식을 제안한다. 본 논문에서 제안하는 적응 히스테리시스 기반의 적응 타임-투-트리거 방식은 다음 장에서 자세히 설명한다.

III. 제안하는 적응 히스테리시스 기반의 적응 타임-투-트리거 방식

적응 히스테리시스 방식에서 핑퐁 현상 증가의 문제점을

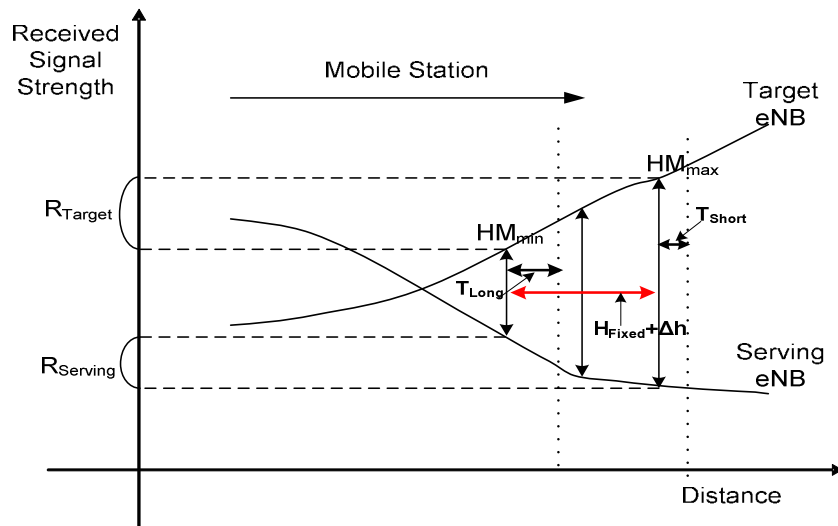


그림 4. 제안하는 적응 히스테리시스 기반의 적응 타임-투-트리거 방식
 Fig. 4. The proposed adaptive Time-to-trigger scheme based on the adaptive hysteresis

해결하기 위해서 히스테리시스와 타임-투-트리거를 반비례하는 값으로 설정하는 것이 좋다. 따라서 본 논문에서 제안하는 핸드오버 방식은 우선 목표 셀과 서빙 셀의 부하 차이에 따라 히스테리시스 값이 다르게 설정하였다.

그림 4에 보는 바와 같이 제안하는 적응 히스테리시스 기반의 적응 타임-투-트리거 방식에서의 히스테리시스 값은 적응 히스테리시스 방식이기 때문에 식 (2)에서 사용한 히스테리시스의 값과 동일한 방식으로 설정한다. 다시 말해서 H_{Fixed} 값과 셀의 부하도를 반영한 Δh 를 더한 히스테리시스 값 (H)를 최종적으로 사용된다. 또한 타임-투-트리거 값은 목표 셀과 서빙 셀의 부하차에 따라 다르게 적용한다. 예를 들어, 목표 셀이 서빙 셀의 부하보다 클 경우 (즉, Δh 가 값이 0보다 클 경우)에는 짧은 타임-투-트리거 (T_{Short}) 값을 설정하고 목표 셀의 부하가 서빙 셀의 부하보다 작을 경우 (즉, Δh 가 값이 0보다 작을 경우)에는 긴 타임-투-트리거 (T_{Long}) 값을 설정한다. 결과적으로 제안한 방식에서는 Δh 에 따라 다른 타임-투-트리거를 적용함으로써 Δh 의 값이 0보다 작아서 작은 히스테리시스 값을 가지는 경우에 긴 타임-투-트리거 값을 설정함으로써 핸드오버 실패율의 성능 저하 없이 이동 단말들의 평평 현상을 극복할 수 있다. 본 논문에서 제안하는 적응 히스테리시스 기반의 적응 타임-투-트리거 방식을 정리하면 아래 식과 같다.

$$\begin{aligned} H &= H_{Fixed} + \Delta h \text{ and } T = T_{Short}, \text{ if } \Delta h > 0 \\ H &= H_{Fixed} + \Delta h \text{ and } T = T_{Long}, \text{ otherwise} \end{aligned} \quad (3)$$

결과적으로 본 논문에서 제안하는 적응 히스테리시스 기반의 적응 타임-투-트리거 방식에서는 Δh 에 의해서 히스테리시스 값이 다르게 선택되고 동시에 그 선택된 히스테리시스 값에 반비례하는 타임-투-트리거 값을 사용하게 된다. 제안된 적응 히스테리시스 기반의 적응 타임-투-트리거 방식과 기존의 고정 히스테리시스 방법과 적응 히스테리시스 방법 기반의 고정 타임-투-트리거 방식과의 성능 비교를 위한 시뮬레이션 환경과 결과는 IV장과 V장에서 보여준다.

IV. 시뮬레이션 환경

본 논문에서 제안한 목표 셀과 서빙 셀의 부하차이를 반영한 적응 히스테리시스 기반의 적응 타임-투-트리거 방식과 기존 방식들과의 성능 비교를 하기 위해서 C++를 기반으로 하는 3GPP LTE 시뮬레이터를 사용하였다. 본 장에서는 시뮬레이션 환경 모델과 사용된 시뮬레이션 파라미터들에 대해 설명한다. 표 1은 본 논문에서 사용한 시뮬레이션 파라미터들을 보여주고 있다.

표 1. 시뮬레이션 파라미터
Table 1. The simulation parameter

파라미터 이름	값
셀 레이아웃 (Layout)	2-Tier, 19 Cells
셀 반경	1 Km
셀 대역폭	5 MHz
최고 데이터율	20 Mbps
eNB의 전송 전력	43 dBm
단말 사용자 당 최대 서비스 수	4
음영 손실 (Shadowing)의 표준 편차	6.5 dB
핸드오버 파라미터	$h_{fixed} : 3.5\text{dB}$ $HM_{min} : 1.5\text{dB}$ $HM_{max} : 5.5\text{dB}$ $T_{fixed} : 20\text{ms}$ $T_{short} : 10\text{ms}$ $T_{long} : 30\text{ms}$

1. 전파 확산 환경

본 논문에서 사용된 시뮬레이션의 전파 확산 환경은 경로 손실 (Path Loss)와 음영 손실 (Shadowing)을 고려한 환경으로 설정하였다. 경로 손실 모델 [7]은 아래와 같다.

$$L_{loss} = 128.1 + 37.6\log(R)$$

이 때, R은 기지국과 이동 단말의 길이로 km 단위를 갖는다. 음영 손실 모델은 움직이는 이동 단말들에 대해서 값이 갱신되는 모델을 사용하였으며 아래와 같다^[8].

$$W_a = e^{-1 \frac{d}{d_{corr}} \log(2)}$$

$$S(t) = w_a S(t-1) + w_b N(0, \sigma) + w_c C$$

여기서 W_a, W_b, W_c 는 가중치들에 대한 값이다. 이 때 W_a 에서 d 는 1.944m이며 (70km/h * 100ms), d_{corr} 는 33m로 설정하였다. 또한 C 는 링크상의 공통 값이다^[8]. 다음으로 $N(0, \sigma)$ 는 평균이 0인 정규분포를 갖는 확률변수 값이며, 시뮬레이터에서는 표준편차가 6.5dB가 되도록 하였다. 또한 기지국의 송신 전력은 43dBm으로 고정하였다.

2. 서비스 종류

본 시뮬레이터는 다중 서비스를 사용하는 환경을 기준으로 하였고, 사용자는 최소 1개의 서비스에서 최대 4개의 서비스를 사용할 수 있도록 적용하였다. 본 논문에서는 이동 단말이 사용하는 4 가지 서비스의 종류는 다음과 같다^{[9][10]}. 첫 번째로, VoIP (Voice over IP) 서비스는 이동 통신의 가장 보편적인 음성 통화 서비스를 의미하며, 두 번째로, 스트리밍 음악 (Streaming Music)은 실시간 음악 스트리밍 서비스를 의미한다. 세 번째, 웹 브라우징 (Web Browsing)은 현재 급성장 하고 있는 이동 통신 시스템에서의 웹 브라우징 기반 인터넷 서비스를 의미한다. 마지막으로, P2P (Peer-to-peer)는 이동 단말들 간에 데이터를 교환하는 전송 서비스를 의미한다. 따라서 각 서비스 별로 요구하는 데이터율은 서로 다를 것이다. 본 논문에서는 아래 표 2와 같이 각 서비스 별 요구 데이터율과 서비스 사용 비율을 정의하였다.

표 2. 각 서비스 별 요구 데이터율과 사용 비율
Table 2. The data rate and usage ratio per service type

	서비스 종류			
	VoIP	스트리밍 뮤직	웹 브라우징	P2P
서비스별 요구 데이터율	64 Kbps	128 Kbps	512 Kbps	512 Kbps
서비스별 사용 비율	40%	15%	30%	15%

3. 수락 제어 방법과 단말 이동 모델

각각의 서비스들은 표 2에서 있는 데이터율을 사용하도

록 하였고 수락 제어 방식의 경우 전통적인 모델인 하드 QoS 수락 제어 방식을 사용하였다. 하드 QoS (Quality of Service) 수락 제어 방법의 경우에 호 수락 요청될 때마다 요구되는 데이터율이 셀 당 총 20 Mbps의 데이터율 범위 내에서 사용되지 않은 데이터율 보다 작은 경우에는 호를 수락해주고 그렇지 않은 경우에는 호 수락을 거절하는 방식이다. 이동 단말의 이동 모델은 RDM (Random Direction Model)을 사용하였다. 이 모델은 이동 단말이 일정시간 t 동안 한 방향으로 일정한 확률 p 에 따라 일정한 거리를 움직이는 모델이다. 모든 이동 단말들은 서로 다른 확률로 이동하기 때문에 결과적으로 서로 다른 속력을 가지게 되며 평균 속도는 70km/h로 설정하였다. 여기에서 시간 t 는 0~120sec중에서의 임의의 값을 가지도록 하였다.

V. 시뮬레이션 결과

본 장에서는 IV장에서 설명한 시뮬레이터 환경을 기반으로 수행된 시뮬레이터 결과를 보여준다. 성능의 비교는 제안된 적응 히스테리시스 기반의 적응 타임-투-트리거 방식과 기존의 고정 히스테리시스 방법과 적응 히스테리시스 방법 기반의 고정 타임-투-트리거 방식들의 핸드오버 실패율과 핑퐁 발생률 측면에서 비교 분석하였다. 그림 5와 그림 6은 제안한 방식과 기존 방식들에 대해 전체 서비스들의 핸드오버 실패율과 핑퐁 발생률을 나타내며 그림 7과 그림 8은 제안된 적응 히스테리시스 기반의 적응 타임-투-트리거 방식의 서비스 별 핸드오버 실패율과 서비스 별 핑퐁 발생률을 각각 나타내고 있다. 모든 결과 그래프들은 호 발생률을 0.034로 고정시켰을 때 그린 그림이다.

그림 5는 제안한 방식과 기존의 방식들에 대한 핸드오버 실패율에 대한 성능 그래프를 보여주고 있다. 그림 5로부터 고정 히스테리시스 방식의 핸드오버 실패율이 6.43%로 적응 히스테리시스 방식들의 4.95%와 5.04%보다 핸드오버 실패율이 더 높음을 알 수가 있다. 따라서 본 결과로부터 우리는 적응 히스테리시스 방식을 사용하는 것이 고정 히스테리시스 방식을 사용하는 것보다 핸드오버 실패율 측면에서 더 유리함을 확인할 수가 있다. 또한 그림 5는 기존의

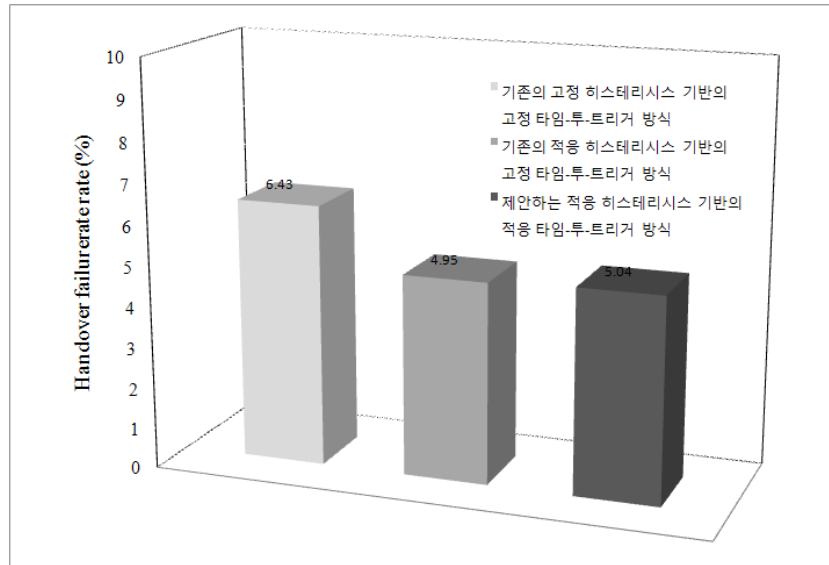


그림 5. 세 가지 방식에 의한 핸드오버 실패율
 Fig. 5. The handover failure rate by the three schemes

적응 히스테리시스 기반 고정 타임-투-트리거 방식과 제안한 적응 히스테리시스 기반 적응 타임-투-트리거 방식이 서로 비슷한 핸드오버 실패율을 가짐을 보여 주고 있다.

그림 6은 핸드오버 실패율 성능이 우수한 적응 히스테리시스 기반에서 고정 타임-투-트리거와 적응 타임-투-트리거에 대한 핑퐁 발생률 성능을 보여주고 있다. 적응 히스테리

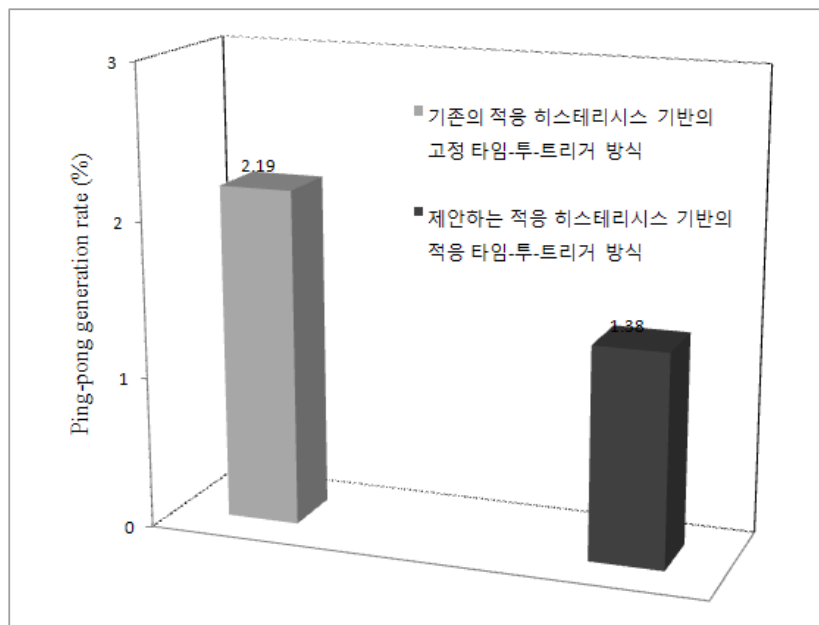


그림 6. 적응 히스테리시스 방식들에서의 핑퐁 발생률
 Fig. 6. The ping-pong generation rate in adaptive hysteresis schemes

시스 방식에서는 히스테리시스 값이 최소 마진과 최대 마진을 사이에서 선택되기 때문에 작은 히스테리시스 값을 선택하게 되는 경우가 발생하고 셀 경계에 존재하는 사용자가 작은 히스테리시스를 선택하게 되는 경우 빈번한 핸드오버 발생에 의한 핑퐁 현상이 높게 발생하게 된다. 따라서 본 논문에서는 이러한 적응 히스테리시스 방식의 핑퐁 발생률 증가 현상을 극복하기 위해서 히스테리시스 값에 반비례하는 타임-투-트리거 값을 적용하였다. 따라서 그림 6에서 보이는 것처럼 제안하는 적응 히스테리시스 기반의 적응 타임-투-트리거 방식은 기존의 적응 히스테리시스 기반의 고정 타임-투-트리거 방식보다 더 적은 핑퐁 발생률을 보여주는 것을 확인할 수가 있다.

각 서비스 별 사용 비율은 표 2와 같이 정의되어 있고 각 이동 단말은 최대 4개까지의 서비스를 동시에 서비스할 수 있는 환경 하에서 시뮬레이션을 수행하였다. 그림 7은 본 논문에서 제안하는 적응 히스테리시스 기반의 적응 타임-투-트리거 방식의 서비스 별 핸드오버 실패율을 나타내는 그래프이다. 각 서비스 별 핸드오버 실패율은 표 2에서 제시한 각 서비스별 요구 데이터율과 밀접한 관련이 있다. 따라서 그림 7에서 보여주는 바와 같이 VoIP와 스트리

밍 음악 같은 실시간 서비스들이 웹 브라우징과 P2P와 같은 비 실시간 서비스들의 요구 데이터율 보다 상대적으로 작기 때문에 핸드오버 실패율 성능이 더 작음을 확인할 수 있다. 또한 비 실시간 서비스의 경우에 웹 브라우징과 P2P의 요구 데이터율이 비슷하기 때문에 핸드오버 실패율이 비슷함도 확인할 수가 있다.

그림 8은 본 논문에서 제안하는 적응 히스테리시스 기반의 적응 타임-투-트리거 방식의 서비스 별 핑퐁 발생률을 나타내는 그래프이다. 핑퐁 발생률은 핑퐁 발생 갯수/핸드오버 성공 횟수로 계산된다. 따라서 각 서비스 별 핑퐁 발생률은 위의 표 2에서 제시한 각 서비스별 사용 비율과 그림 7에서 나타나는 핸드오버 실패율과 관련이 있다. 상대적으로 많은 사용 비율을 차지하는 VoIP와 웹 브라우징의 핑퐁 발생률이 작게 나타나고 상대적으로 사용 비율이 낮은 스트리밍 음악과 P2P 서비스의 핑퐁 발생률이 높은 것을 알 수 있다. 또한, VoIP와 웹 브라우징, 스트리밍 음악과 P2P 서비스 측면에서는 핸드오버 실패율이 높은 웹 브라우징 서비스와 P2P 서비스의 핑퐁 발생률이 높은 것을 확인할 수 있다.

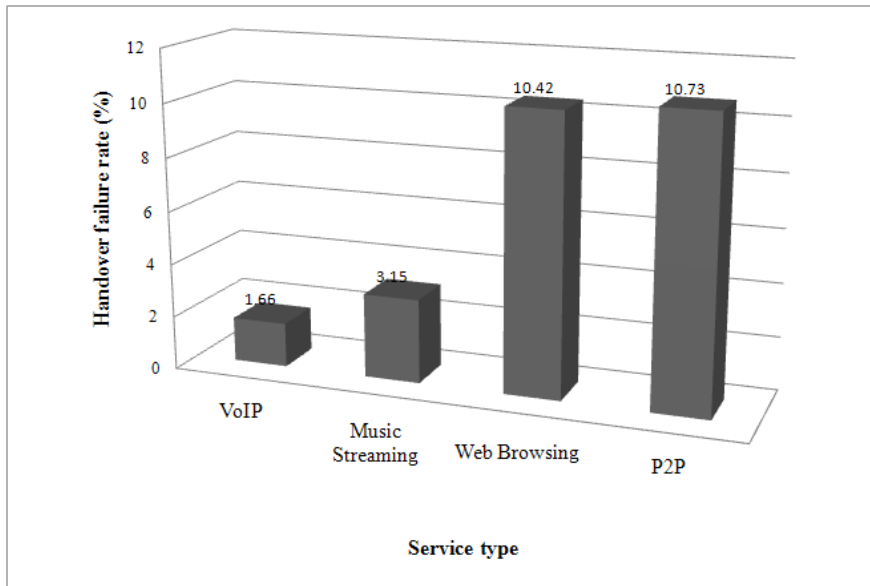


그림 7. 제안하는 적응 히스테리시스 기반의 적응 타임-투-트리거 방식에서 서비스 별 핸드오버 실패율

Fig. 7. The handover failure rate per service type in the proposed adaptive Time-to-trigger scheme based on the adaptive Hysteresis

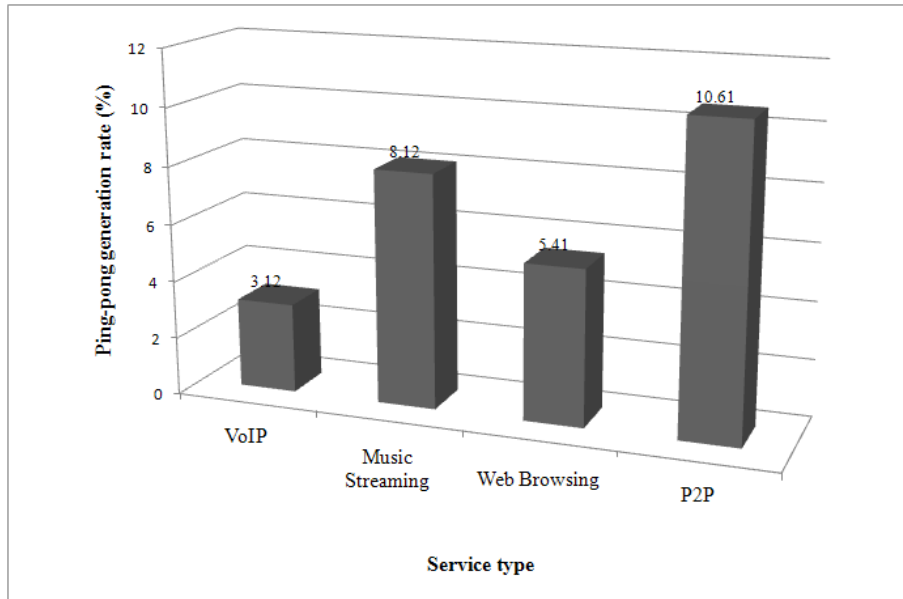


그림 8. 제안하는 적응 히스테리시스 기반의 적응 타임-투-트리거 방식에서 서비스 별 핑퐁 발생률
 Fig. 8. The ping-pong generation rate per service type in the proposed adaptive Time-to-trigger scheme based on the adaptive Hysteresis

VI. 결 론

본 논문에서는 3GPP LTE 시스템 환경에서 하드 핸드오버의 핸드오버 실패율을 감소시키기 위하여 목표 셀과 서빙 셀의 부하 차이에 따라 히스테리시스 값을 적응적으로 결정하는 적응 히스테리시스 방식을 기반으로 하고 핑퐁 발생률을 감소시키기 위해 기 결정된 히스테리시스 값에 반비례하는 타임-투-트리거 값을 사용하는 적응 타임-투-트리거 방법을 제안한다. 시뮬레이션 결과를 통하여 기존의 적응 히스테리시스 기반의 고정 타임-투-트리거 방법과 비교해 볼 때 핸드오버 실패율 측면에서의 성능 저하 없이 핑퐁 발생률 측면에서 더 우수한 성능을 보여주는 것으로 확인하였다. 결과적으로 본 논문에서 제안한 적응 히스테리시스 기반의 적응 타임-투-트리거 방식은 목표 셀과 서빙 셀 사이의 부하 정보를 X2 인터페이스를 통해서 교환하는 3GPP LTE 시스템에서 핸드오버 성능을 높이는 중요한 방법으로 활용될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Zhu. Huamin and K.S. Kwak, "An Adaptive Hard Handoff Algorithm for Mobile Cellular Communication Systems," ETRI Journal., Vol.28, No.5, pp.676-679, Oct 2006.
- [2] Harri Holma and Antti Toskala, "WCDMA for UMTS : Radio Access for Third Generation MobileCommunication," JohnWiley & Sons,Ltd,2001.
- [3] 3GPP TS 36.300 V8.5.0, Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) and Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN); Overall description, May 2008.
- [4] Rajiv Vijayan, "A Model for Analyzing Handoff Algorithms," IEEE Trans. Veh. Technol., Vol.42, No.3, pp.351-356, Aug 1993.
- [5] R. Nasri and Z. Altman, "Handover Adaptation for Dynamic Load Balancing in 3GPP Long Term Evolution Systems," Proceedings of MoMM2007, pp.145-153, 2007.
- [6] 3GPP TS 36.423 V8.3.0, "Evolved Universal Terrestrial Radio Access network (E-UTRAN); X2 application protocol (X2AP)," Sep 2008.
- [7] 3GPP, TR25.848 v4.0.0, "Physical layer aspect of UTRA high speed downlink packet access (Release 4)," Mar 2001.
- [8] Hoon Kim and Youngnam Han, "Enhanced Correlated Shadowing Generation in Channel Simulation," IEEE Communications Letters, Vol.6, No.7, pp 279-281, July 2002.
- [9] WiMAX Forum, "Can WiMAX Address Your Applications?," October 2005.
- [10] Analysis Research Limited for UMTS Forum, "Global mobile broadband: Market potential for 3G LTE (long term evolution)," 20 Jan 2008.

저 자 소 개



정 운 호

- 2005년 3월 ~ 현재 : 강원대학교 IT대학 전자통신공학과 학사 재학중
- 주관심분야 : 3GPP LTE 이동통신시스템 핸드오버 및 이종망간 버티컬 핸드오버 알고리즘, Mobile IPTV 시스템



김 동 회

- 1989년 : 한양대학교 전자통신공학과 학사
- 1989년 1월 ~ 1997년 1월 : 삼성전자 전임연구원
- 1999년 : 한양대학교 전자통신공학과 석사
- 2005년 : 고려대학교 전파공학과 박사
- 2000년 8월 ~ 2005년 8월 : 한국전자통신연구원 이동통신연구단 선임연구원
- 2006년 3월 ~ 현재 : 강원대학교 IT대학 전자통신공학과 부교수
- 주관심분야 : 차세대 이동통신시스템, 무선자원 알고리즘 및 멀티미디어 트래픽 최적화, 무선액세스 프로프콜