

고속 환경에서 원활한 LTE 핸드오버를 위한 기법

정영교*, 윤희용^o

*^o성균관대학교 정보통신대학

e-mail: {joung0491, youn71470}@skku.edu*^o

Techniques for seamless handover from LTE high-speed environment

Young Gyo Jung*, Hee Yong Youn^o

*^oSchool of Information and Communication Engineering, Sungkyunkwan University

● 요약 ●

LTE 통신 환경에서 핸드오버 기법은 이동장치가 120km/h 이하의 속도에서 원활한 핸드오버가 이루어진다. 하지만 그 이상의 속도로 이동시, 핸드오버가 지연되거나 실패하고 Ping-pong효과가 발생하는 문제점이 있어 이동장치의 원활한 신호수신을 방해한다. 본 논문에서는 새로운 핸드오버 기법을 이용하여 120Km/h이상의 고속으로 이동하는 고속철도나 자가용에서도 이동장치가 원활한 신호 수신을 할 수 있도록 적절한 중계기에 핸드오버가 이루어지도록 하여 현재 이동장치의 상태를 파악한 뒤 고속, 저속 핸드오버를 상황에 맞게 결정하는 핸드오버 기법을 제안한다.

키워드: Long-Term Evolution(LTE), 핸드오버(Handover)

I. 서론

차세대 이동 통신에서는 단말(mobilestation: MS)이 고속 이동 중에도 끊김 없는 서비스를 보장해야 한다. ITU-R에서는 IMTAdvanced의 기술적 요구사항으로 MS의 이동성을 4가지로 분류하여 규정하고 있다. 그 중 MS가 10-120km/h로 이동하는 경우와 120-350km/h의 초고속으로 이동하는 MS들에 대해서도 지원 가능해야 한다. 또한 IMTAdvanced의 또 다른 기술적 요구사항으로 intra/inter-frequency 핸드오버를 규정하고 있다.[1]

현재 4세대 이동통신인 LTE 통신 환경에서 핸드오버 기법은 이동장치가 120km/h이상의 속도로 이동시, 핸드오버 동작 지연, 실패, Ping-pong효과가 발생하는 문제점이 있어, 이동장치의 원활한 신호 수신을 방해한다.

본 논문에서는 고속으로 이동하는 이동장치에 지속적이고 빠른 속도를 제공하기 위해 수신 받는 중계기를 교체하는 핸드오버 기법을 제안한다. 또한, 120km/h 이상으로 이동하는 경우와 그렇지 않은 경우 각각 두 가지의 경우로 나누어 적용하여 고속으로 이동하는 환경에서 원활한 통신이 이루어지도록 한다.

II. 관련 연구

2. 관련연구

2.1 핸드오버

핸드오버(Handover)기술은 어떤 가입자가 현재 자신이 위치하고 있는 곳에서 서비스를 받고 있는 셀 영역을 벗어나서 다른 인접 셀로 이동하더라도 기존 지역에서의 현재의 서비스를 계속 유지할 수 있게 하는 이동통신의 핵심기술이다. 서비스를 받고 있는 셀 내에서 섹터 간에 이동을 하거나 한 셀에서 다른 셀로 이동해 갈 때 현재의 통신 채널을 자동적으로 전환해주며 자연스러운 핸드오버를 위해서는 무선 레벨의 핸드오버뿐만 아니라 인접한 두 지역의 망 레벨에서의 핸드오버가 이루어져야만 한다.

2.2 핸드오버 종류

핸드오버는 먼저 핸드오버가 발생하는 범위에 따라 셀 내의 핸드오버(Intra-cell handover), 셀 간의 핸드오버(Inter-cell handover), 망간의 핸드오버(Inter-network handover) 크게 세 가지로 나눌 수 있다.[3]

2.2.1 Intra-cell handover

Intra-cell handover는 한 셀의 내부에서 이루어지는 소프트(Softer) 핸드오버이며, 소프트 핸드오버는 현재 단말기가 있는 셀 커버리지 내에서 사용 중인 채널을 바꾸는 것을 말한다. 대부분 섹터 간 경계선에서는 많은 신호가 겹치게 되는데 이 지역을 통과하는 단말기는 두 섹터를 통해 통신한다. 즉 송수신 신호가 한 기지국 내에서 이루어지므로 최종 변복조기는 한 개로 처리하게 되는 가장 안정적인 핸드오버라고 할 수 있다.

2.2.2 Inter-cell handover

Inter-cell handover는 IS-95 CDMA(Code Division Multiple Access)시스템 이후 사용되기 시작하였으며 가장 일반적인 핸드오버로 소프트(Soft) 핸드오버는 이전 기지국과의 연결을 끊기 전에 새 기지국과의 연결을 설정하는 connect before break 방식이다. 이 경우 연결 재설정과 기존 연결의 해제 등으로 인해 핸드오버 지연과 셀 손실 등을 줄이기 위한 효율적인 기법이 필요하다.

2.2.3 Inter-network handover

Inter-network handover는 계층 셀 구조에서 계층 간 핸드오버와 같은 호의 이동에 따른 핸드오버가 아니라 호를 좀 더 잘 처리하기 위해 컨트롤을 다른 계층의 기지국으로 넘겨주는 핸드오버이다. 계층 셀 구조에서 계층 셀 간에 사용되는 주파수 또는 코드를 달리하여 구분하는 방식을 사용할 경우 계층 간의 핸드오버는 소프트 핸드오버 방식을 사용하여 수행 가능하다. 하지만 다른 주파수를 사용하여 계층을 구분할 경우에는 소프트 핸드오버가 불가능하므로 이런 경우에는 소프트 핸드오버와는 반대로 break before connect 방식이라 할 수 있는 하드 핸드오버 과정이 필요한데 이전 기지국으로부터 받던 신호를 절단시킨 다음 새 기지국으로의 신호를 연결하는 방식을 말한다. 즉, 서로 다른 네트워크 간에 핸드오버가 이루어질 경우 주파수가 같더라도 네트워크마다 호를 처리하는 방식과 환경이 다르기 때문에 순간적인 통신단절과 재 연결이 발생할 수 있다

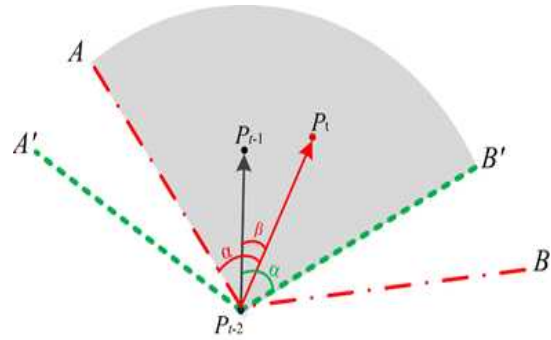


그림 1. 대상노드의 후보영역

Fig. 1. The candidate zone of the target Node

그림 1은 후보 타겟 노드 중에서 어떤 노드에게서 서비스를 받을지 결정하기 위한 그림이다. 그림에서는 시간 별 이동 단말기의 위치를 P_{t-1} , P_{t-2} , P_t 로 설정하였다. β 는 P_{t-1} 와 P_t 사이의 각도이며, 각도 α 는 현재 이동 단말기의 위치에서 예측되는 이동방향 범위 내에서의 임계각도다.

후보 타겟 노드 중에서 어떤 노드에서 서비스를 받을지 결정하기 위해 시간 별 이동장치의 위치를 P_{t-1} , P_{t-2} , P_t 로 표현하였다. 그 다음 P_{t-1} 와 P_t 사이의 각도 β 를 아래의 식으로 계산한다.

$$\beta = \arg \cos \left(\frac{\overrightarrow{P_{t-2}P_{t-1}} \times \overrightarrow{P_{t-2}P_t}}{|\overrightarrow{P_{t-2}P_{t-1}}| |\overrightarrow{P_{t-2}P_t}|} \right) \quad (1)$$

현재 이동장치의 위치에서 예측되는 이동방향 범위를 정한 임계각도 α 를 적용하여, 아래와 같은 조건식을 도출하였다.

$$\begin{cases} \beta \leq \alpha \\ \angle P_{t-1}P_{t-2}P_{nc} \leq \alpha \\ \angle P_tP_{t-2}P_{nc} \leq \alpha \\ Dist \leq 2ISD \end{cases} \quad (2)$$

조건식이 만족하는 후보 노드를 핸드오버 받을 타겟 노드로 설정한다.

3.2 핸드오버 결정

그림2를 보면 기존에 이동장치가 서비스를 받던 노드 S에서 타겟 노드 T로 가는 상황을 보여준다. 시간이 지날수록 타겟 노드 T의 참조수신 신호(RSRP)의 강도가 강해지고 핸드오버 마진 값은 더욱 커지게 된다. 이에 기존의 핸드오버 방식을 이용하는 lazy-트리거와 본 논문에서 제안하는 고속전용 핸드오버 방식인 early-트리거 방식 두 가지를 선택하는 과정을 보여주는 그래프이다.

III. 본 론

3. 고속 핸드오버 기법

3.1 타겟 노드 설정

본 논문에서 제안하는 핸드오버 기법은 다음과 같이 두 가지로 구성되어 있다. 후보 타겟 노드 중에서 어떤 노드에게서 서비스를 받을지 결정하는 방법과 현재 이동장치의 상태를 파악한 뒤 고속, 저속 핸드오버 중에서 결정하는 방법 이렇게 두 가지로 구성되어 있다.

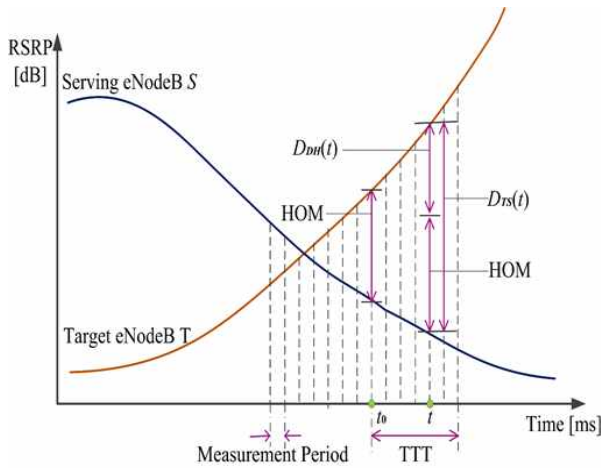


그림 2. 핸드오버 결정에 사용요인
Fig. 2. The factors used for handover decision

타겟 노드를 설정 한 뒤, 핸드오버를 결정하기 위해 $D_{TS}(t)$, $D_{DH}(t)$, $R(t)$ 를 $D_{TS}(t)$ 를 계산하였다. $D_{TS}(t)$ 는 기존 노드와 타겟 노드가 보내는 참고신호의 차이로 아래의 식으로 계산할 수 있다.

$$D_{TS}(t) = RSRP_T(t) - RSRP_s(t) \quad (3)$$

$D_{DH}(t)$ 는 앞서 구한 $D_{TS}(t)$ 에서 핸드오버 동작 시 발생하는 기존 노드와 타겟 노드의 신호 강도 차이(핸드오버 차이 값[4]) 뺀으로서 계산할 수 있다.

$$D_{DH}(t) = D_{TS}(T) - HOM \quad (4)$$

앞서 계산된 두 개의 식을 이용하여 얼마나 빨리 타겟 노드가 보내는 참고신호의 세기가 커지는지를 나타내는 $R(t)$ 는 아래의 식(5)으로 산출할 수 있다.

$$R(t) = \frac{D_{DH}(t) - D_{DH}(t-1)}{D_{DH}(t-1)} \quad (5)$$

$$= \frac{D_{TS}(t) - D_{TS}(t-1)}{D_{TS}(t-1) - HOM}$$

아래의 두 가지의 조건(6,7)이 성립될 때, early-트리거 방법을 수행한다.

$$D_{DH}(t) > HOM, (t_0 \leq t) \quad (6)$$

$$R(t) > 1 \quad (7)$$

또한 lazy-트리거 방법이 진행 중일 때, 아래의 두 조건(8,9)이 모두 성립하면 핸드오버는 중지한다.

$$D_{TS}(t) > HOM \quad (8)$$

$$HOTimer \geq TTT \quad (9)$$

3.3 성능평가

본 논문에서는 기존의 LTE 핸드오버 기법과 본 논문에서 제안한 핸드오버 기법의 성능을 비교하였다.

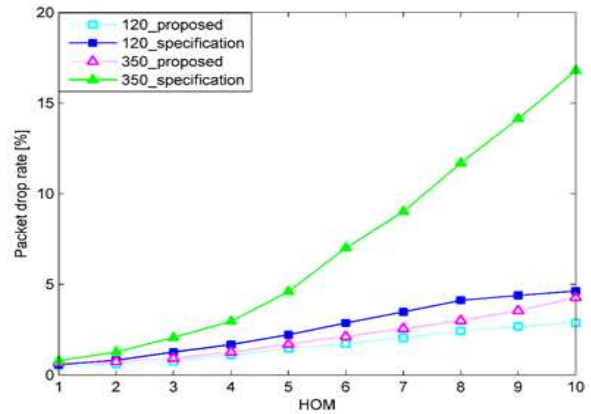


그림 3. 패킷손실률 비교
Fig. 3. The comparison of packet drop rates

그림 3은 핸드오버 차이 값이 클수록 이동장치에게 보내는 패킷의 유실률을 표현한 것이다.

기존의 핸드오버 기법으로 350km/h의 속도로 이동하는 이동장치의 경우 초록색 그래프의 흐름대로 전반적으로 유실률이 매우 높다는 것을 알 수 있다. 하지만 본 논문에서 제안한 핸드오버 기법으로 350km/h의 속도로 이동하는 이동장치의 경우 분홍색 그래프의 흐름대로 유실률이 5% 미만으로 매우 낮음을 알 수 있다.

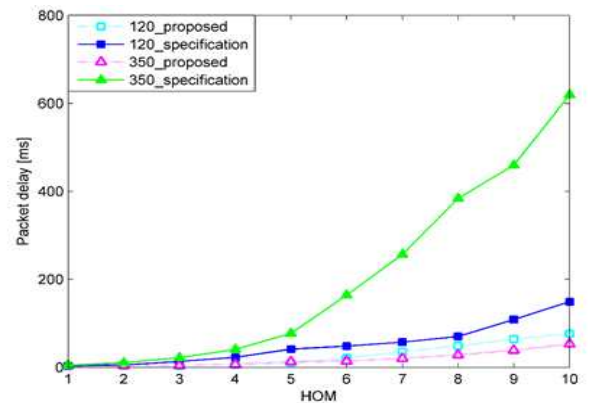


그림 4. 패킷지연시간 비교
Fig. 4. The comparison of average packet delays

그림 4는 핸드오버 차이 값이 클수록 이동장치에게 보내는 패킷의 지연시간을 표현한 것이다.

기존의 핸드오버 기법으로 350km/h의 속도로 이동하는 이동장치의 경우 초록색 그래프의 흐름대로 전반적으로 지연시간이 매우 높다는 것을 알 수 있다. 하지만 본 논문에서 제안한 핸드오버 기법으로 350km/h의 속도로 이동하는 이동장치의 경우 분홍색 그래프의 흐름대로 지연시간이 200ms 미만으로 매우 낮음을 알 수 있다.

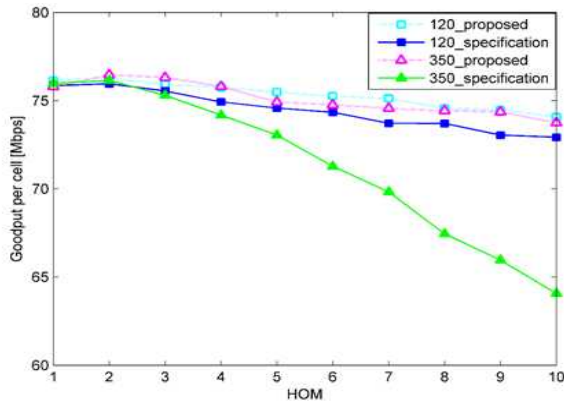


그림 5. 셀당 goodputs 비교
Fig. 5. The comparison of goodputs per cell

핸드오버 차이 값이 클수록 이동장치에게 보내는 패킷이 셀 당 성공적으로 전송된 데이터양을 표현한 것이다.

기존의 핸드오버 기법으로 350km/h의 속도로 이동하는 경우 초록색 그래프의 흐름대로 셀당 goodputs의 수가 현저히 줄어들었음을 알 수 있다. 하지만 본 논문에서 제안한 핸드오버 기법을 적용하여 350km/h의 속도로 이동하는 이동장치의 경우 분홍색 그래프의 흐름대로 goodputs의 수가 매우 높음을 알 수 있다.

IV. 결론

본 논문에서는 이동장치가 120km/h 이상으로 주행하는 경우와 그렇지 않은 경우 각각 두 가지의 경우에 다른 핸드오버 기법을 적용하여 고속으로 이동하는 환경에서도 원활한 핸드오버가 이루어지도록 하였다. 시뮬레이션을 통해 본 논문이 제안한 핸드오버 기법이 기존 핸드오버 기법보다 좋은 성능을 보여주었다.

ACKNOWLEDGEMENT

본 연구는 BK21+사업, 한국연구재단 기초연구사업 (2012 R1A1A2040257), (2013R1A1A2060398), 삼성전자(S-2014-07 00-000), 미래창조과학부 및 정보통신기술연구진흥센터의 정보통신 방송 연구개발사업 (1391105003)의 일환으로 수행하였음.

참고문헌

- [1] Report ITU-R M.2134, Requirements Related to Technical Performance for IMT-Advanced Radio Interface(s), 2008
- [2] J Huang, F Qian, A Gerber, ZM Mao, S Sen, O Spatscheck, A close examination of performance and power characteristics of 4G LTE networks, in Proceedings of IEEE 10th International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services, 2012, pp. 225-238
- [3] www.nipa.kr
- [4] K Dimou, M Wang, Y Yang, M Kazmi, A Lamo, J Pettersson, W Muller, Y Timmer, Handover within 3GPP LTE: design principles and performance, in Proceedings of IEEE 70th Vehicular Technology Conference (VTC 2009-Fall), 2009, pp. 1-5