

차세대 이동통신 시스템에서 L2 지연 감소를 통한 빠른 핸드오프

최혜은* · 김남기** · 윤현수***

요약

이동통신 시스템에서 핸드오프는 패킷 손실, 전송 지연, 지터 등을 유발하여 사용자의 서비스 품질을 저하시킨다. 더욱이 차세대 이동통신 시스템으로 주목 받고 있는 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 시스템에서는 OFDM 특성 상 하드 핸드오프를 수행해야 하고, 높은 용량의 마이크로 셀과 빠른 속도의 단말로 인해 핸드오프 주기가 잦아진다. 따라서 핸드오프 시 유발되는 서비스 품질은 3세대 이후의 이동통신 시스템의 성능을 결정 짓는데 매우 중요한 요소가 된다고 볼 수 있다. 그러므로, 이를 위해 핸드오프 시 QoS를 보장해 줄 수 있는 알고리즘에 대한 연구가 절실히 필요하다. 지금까지 차세대 이동통신 시스템을 위한 기존 연구들은 IP 계층에서 L3 핸드오프 지연이나 L3 패킷 손실을 줄이는데만 주력해 왔다. 즉 MAC 계층과 같은 2계층의 핸드오프 지연을 줄이기보다는 3계층에서 보상하는 방식으로 핸드오프 지연을 줄여 온 것이다. 하지만 여전히 존재하는 L2 지연은 실시간 트래픽과 같은 지연 민감 서비스 등에서 QoS를 크게 저하시키게 된다. 따라서 본 논문에서는 L2 핸드오프 지연을 최소화할 수 있는 끊임 없는 핸드오프 알고리즘을 제안한다.

Fast Handoff through Minimizing L2 Delay in Next Generation Mobile System

Hye-Eun Choi* · Namgi Kim** · Hyunsoo Yoon***

ABSTRACT

It is generally known that handoff delay degrades the QoS by packet drop, packet delay and jitter. Moreover, handoff highly effects on QoS in beyond 3G system because not only micro cells for achieving high capacity and fast moving nodes induce the frequent handoff but also hard handoff must be carried out in OFDM system. Therefore, study on a handoff algorithm for guaranteeing QoS is required. Related works on handoff for beyond 3G system mainly focused on reducing the L3 handoff delay or packet loss. That is, these schemes try to compensate L2 delay rather directly eliminate it. However, remained L2 delay degrades QoS, especially delay-sensitive realtime traffic. Therefore, we proposed the seamless handoff algorithm which can minimize the L2 handoff delay.

키워드 : 핸드오프(Handoff), 서비스 품질(QoS), All-IP, OFDM, B3G, 4G

1. 서론

3세대 이후의 이동통신 시스템(Beyond 3G System)은 고속으로 이동할 때에도 높은 전송률로 다양한 멀티미디어 서비스를 제공하기 위해 All-IP 패킷 네트워크, 마이크로셀(Micro-cell), OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 등의 구조 및 기술을 기반으로 하여 발전하고 있다. 우선, All-IP 패킷 네트워크는 (그림 1)과 같은 형태로 기지국이 라우터의 역할을 함으로써 중심 네트워크(core ne-

twork)로 직접 접속하는 것이 가능하게 된다. 또, 패킷을 이용한 확률적 다중화 이득(Statistical Multiplexing Gain)을 통해 시스템 용량을 증가시킬 수도 있다. 이런 시스템 구조를 바탕으로 유선 환경에서의 인터넷처럼 Email, FTP와 같은 비실시간 데이터 서비스와 VoIP, 멀티미디어 스트리밍(Multimedia Streaming) 등의 실시간 데이터 서비스를 원활히 지원해 줄 수 있는 기간구조(Infrastructure)를 갖추게 된다. 또, 차세대 이동통신에서는 반경이 500m~1km 정도로 작은 마이크로셀로 접근 네트워크(Access Network)를 구성하여 각 기지국이 담당해야 하는 영역을 줄임으로써 자원의 재사용률(Reuse Rate)을 높여 시스템 용량을 증대시키고 높은 전송률을 지원해 줄 수 있게 된다. 마지막으로 OFDM[1]은 서로 직교성(Orthogonal)이 있는 패턴을

* 본 연구는 첨단정보기술 연구센터를 통하여 과학재단의 지원을 받았고 대학 IT연구센터 육성지원사업의 연구결과로 수행되었음.

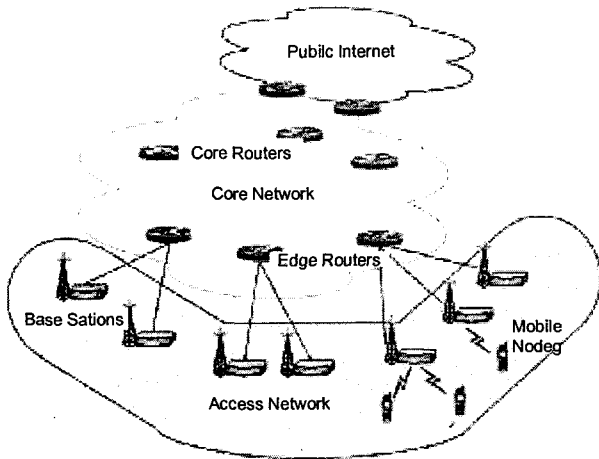
† 성희원 : 한국과학기술원 대학원 전자전산학과

** 손희원 : 한국과학기술원 대학원 전자전산학과

*** 성희원 : 한국과학기술원 전자전산학과 교수

논문접수 : 2004년 8월 5일, 심사완료 : 2004년 10월 1일

이용하여 주파수 대역을 겹치게 사용할 수 있도록 함으로써 부족한 무선 자원을 효율적으로 사용하게 해주어 높은 전송 속도를 지원해 줄 수 있는 데이터 전송 기법으로 각광을 받고 있다.



(그림 1) All-IP 네트워크

한편으로 사용자의 요구사항을 충족시키기 위해서는 시스템의 구조적인 지원 외에도 고속으로 이동하는 단말의 QoS를 지원해 줄 수 있는 기법이 필요하다. 이를 위해 무선 네트워크 환경에서도 이런 요구 조건에 맞는 서비스를 제공해 주기 위해서 유선 인터넷에서의 QoS 보장 방법으로 연구되었던 IntServ[2]와 DiffServ[3]를 이용한 여러 방법에서의 기법들이 연구되고 있다. 즉, 대역폭, 패킷 손실률, 응답시간 등의 QoS 기본 요소에 대한 사용자의 요구 조건이 충족시켜 줄 수 있는 연결 수락 제어(Connection Admission Control : CAC) 기법이나 패킷 스케줄링(Packet Scheduling) 방법 등에 대한 연구가 수행되고 있다. 하지만, 연결 수락 제어 기법에 의해 사용자가 요청한 QoS를 보장해 줄 수 있다고 판단되어 트래픽이 수락되고, 그 기지국으로부터 QoS 요구 조건에 적합하게 서비스 되고 있다고 하더라도 단말의 이동으로 인해 발생하는 핸드오프에 의해 QoS의 저하가 발생할 수 있다. 이는 단말이 다른 셀로 이동하면서 핸드오프 하는 동안 패킷의 탈락(Packet Drop), 전송지연(Transmission Delay), 지터(Jitter) 등과 같은 여러 가지 문제가 발생하게 되고 결국 사용자들이 느끼는 서비스의 질이 저하되는 결과를 가져오기 때문이다. 그러므로 핸드오프 시 발생하는 서비스 품질의 급격한 저하는 상위 계층의 프로토콜이나 응용 프로그램의 성능에 영향을 미치게 되기 때문에 QoS 보장에 큰 걸림돌로 작용한다. 따라서 단말의 높은 전송률과 QoS를 지원을 위해서는 핸드오프 기법에 대한 연구가 필요하다.

더구나 차세대 이동통신 시스템에서는 단말의 고속 이동을 지원하고, 한정된 무선자원을 효율적으로 사용하기 위해서 반경이 500m~1km 정도의 마이크로 셀들이 배치될 것

으로 예상되고 있다. 작은 셀과 단말의 빠른 이동 속도는 트래픽을 전송하거나 전송 받는 동안 핸드오프가 빈번하게 발생하게 한다. 뿐만 아니라 차세대 이동통신을 위한 기술 후보를 검토되고 있는 OFDM에서는 핸드오프 시 끊김이 발생하는 하드 핸드오프를 수행하여야 한다. 따라서 이와 같은 3세대 이후의 이동통신 시스템 구조에서는 핸드오프의 성능이 사용자의 QoS에 미치게 되는 영향은 더 커지게 된다. 그러므로 서비스의 질을 저하시키지 않고 최대한 QoS를 보장해 주기 위해서는 핸드오프 과정을 최적화하여 핸드오프 시에 발생하는 패킷의 탈락, 지연 및 지터 등을 최소화 하여야 한다. 따라서 본 논문에서는 OFDM을 기반으로 하는 All-IP 패킷 네트워크 시스템에서 핸드오프 시의 QoS 저하를 최소화하기 위한 끊김 없는 핸드오프 기법을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 본 연구를 하게 된 배경과 기존 연구를 설명하고, 3장에서는 제안하는 끊김 없는 핸드오프 기법에 대하여 설명한다. 4장에서는 제안한 기법을 이용한 핸드오프 과정을 소개하고, 5장에서는 모의 실험을 통해 끊김 없는 핸드오프 기법의 실현 가능성을 분석한다. 마지막으로 6장에서는 본 논문의 결론과 향후 연구 과제에 대해 기술한다.

2. 연구 배경 및 기존 연구

2.1 핸드오프의 종류

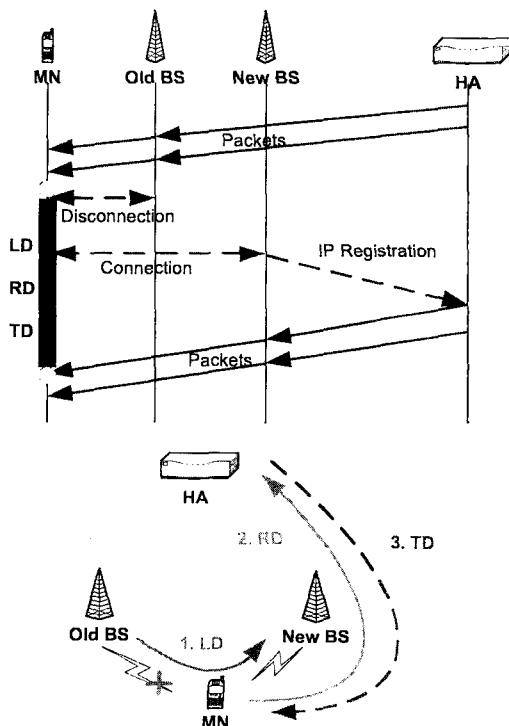
핸드오프란 단말이 한 셀에서 다른 셀로 이동해 갈 때 현재의 연결채널을 새로이 들어가게 되는 기지국의 연결채널로 전환해주는 것을 말한다. 즉, 이동 단말이 서비스 중인 기지국 영역을 벗어나 다른 기지국으로 이동을 할 때, 계속 연결을 유지하게 해주기 위해 연결 채널을 이동한 셀로 바꾸어주는 것이 핸드오프이다. 이러한 핸드오프의 시점을 결정하기 위한 기준으로는 단말이 받게 되는 수신 신호세기(Received Signal Strength : RSS), 신호대잡음간섭비(Signal to Interference Noise Ratio : SINR), 단말과 기지국 사이의 거리, 비트 에러율(Bit Error Rate : BER) 등의 파라미터들이 사용될 수 있다[4].

핸드오프의 종류에는 크게 소프트 핸드오프(Soft Handoff)와 하드 핸드오프(Hard Handoff)가 있다. 소프트 핸드오프는 핸드오프 동안 기지국과의 연결이 단절되는 순간이 없어 자연스러운 핸드오프가 가능하게 되고, 낮은 콜탈락률(Call Drop Rate)을 유지할 수 있다. 또 여러 개의 기지국으로부터 동일한 데이터를 수신하게 되므로 그 중에서 좋은 데이터를 사용하여 최적의 품질을 유지하는 것이 가능하다. 하지만 소프트 핸드오프는 동일한 주파수 또는 동일한 시스템 내에서의 핸드오프 일 때만 가능하고, 소프트 헨

드오프 영역 동안 여러 기지국의 채널을 모두 사용하므로 자원이 낭비된다는 단점을 가지고 있다. 반면, 하드 핸드오프는 새로운 기지국으로 연결을 맺기 전에 현재 기지국에서의 연결을 끊기 때문에 핸드오프가 진행되는 동안 통신이 중단된다. 기지국과의 통신 중단으로 인해 핸드오프 동안 전송된 패킷은 손실되고 핸드오프 지연으로 인해 패킷 지연, 지터 등의 문제가 발생하게 된다. 따라서, 하드 핸드오프를 해야 하는 경우 사용자의 서비스 질은 확연하게 떨어지게 된다. 하지만, 서로 다른 주파수를 사용하는 시스템 간의 핸드오프에서는 하드 핸드오프가 수행될 수 밖에 없으며, 차세대 이동통신을 위해 제안되고 있는 OFDM을 기반으로 하는 시스템에서는 하드 핸드오프를 수행하여야 한다. 따라서 OFDM을 기반으로 이동통신 시스템에서는 하드 핸드오프 시의 QoS 보장에 대한 연구가 필요하며 QoS 보장을 위해서는 핸드오프 과정에서 발생하는 문제들의 원인이 되는 핸드오프 지연을 최소화 할 수 있는 방안이 요구된다.

2.2 핸드오프 지연

핸드오프 지연이란 단말이 기지국을 바꾸면서 패킷의 전송이 이루어 지지 않는 시간으로 핸드오프가 시작된 이후에 첫번째 패킷을 새로운 경로를 통하여 전달 받는 데까지 걸리는 시간을 의미한다. Mobile IP[5]를 사용하는 All-IP 망에서 핸드오프 지연(Handoff Delay)은 (그림 2)와 같은 요소들로 구성된다.



(그림 2) 핸드오프 지연

이를 바탕으로 핸드오프 지연 HD(Handoff Delay)를 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$HD = LD + RD + TD \quad (1)$$

식 (1)에서 LD(Link Establish Delay)는 현재 기지국과의 연결을 끊고 새로운 기지국과의 연결을 맺는 동안 발생하는 지연이고, RD(Registration Delay)는 Mobile IP 프로토콜의 기본 동작에 의해 포린 에이전트(Foreign Agent : FA)로부터 할당 받은 새로운 IP를 홈 에이전트(Home Agent : HA)에 등록하는 데 걸리는 시간이다. RD는 단말로부터 홈 에이전트가 있는 홈네트워크까지의 거리에 비례하여 달라지게 된다. 대개, 홈에이전트는 다른 도메인에 존재하기 때문에 오버헤드가 크다. 또, TD(Packet Transmission Delay)는 MAC(Multiple Access Control)과 같은 2계층(Layer 2 : L2) 핸드오프 후 새로운 경로로 첫 패킷이 단말에게 도달하게 될 때까지의 지연이다. LD는 소프트 핸드오프의 경우에는 나타나지 않으나 하드 핸드오프 일 때 발생하게 되는 지연으로 L2 핸드오프에 의한 것이다. 반면, RD와 TD는 IP와 같은 3계층(Layer 3 : L3) 이상에서 나타나게 되는 지연으로 단말의 위치를 등록하고 새로운 루트를 통해 패킷이 도달하게 되는 동안 발생하는 지연이다.

2.3 핸드오프 지연을 줄이기 위한 기존 연구

Mobile IP를 사용하게 되는 All-IP의 이동통신 시스템 환경에서 핸드오프 지연을 줄이기 위한 연구들은 어느 정도 진행되어져 왔다. 대표적으로 계층적 주소 등록 방법을 사용하거나, 버퍼링(Buffering)을 통해 빨리 데이터를 받을 수 있도록 하는 방법, 그리고 핸드오프가 일어나는 순서를 바꾸어 핸드오프 지연을 줄이는 방법 등이 그것이다.

주소를 등록하는 구조를 계층적으로 설계하여 핸드오프 지연을 줄이기 위한 기법들은 [6-9]에서 제안되었다. 이 연구들은 특정 지역 내의 이동성은 지역적으로 관리하고 홈 에이전트에게는 알려주지 않는 방법으로 단말의 이동성에 의한 영향을 최소화하는 방식을 사용하고 있다. 즉, 도메인 내에서의 핸드오프에 대해서는 주소 등록을 홈 에이전트에 하는 대신 도메인에 존재하는 에이전트에게만 함으로써 주소를 등록하는 동안 걸리는 지연 RD를 줄이는 방법이다. Perkins가 제안한 [10]도 비슷한 방법으로 포린 에이전트들을 여러 계층으로 두는 방법이다. 이 방법에서는 한 포린 에이전트에서 다른 포린 에이전트로 핸드오프를 하는 경우, 두 포린 에이전트의 공통된 상위의 포린 에이전트까지만 주소 등록을 한다. 따라서, 공통된 포린 에이전트까지 이르는 거리가 짧은 경우 주소를 등록하는 데 소요되는 핸드오프 지연이 짧아지게 된다.

버퍼링을 통해 핸드오프 지연을 줄이는 방법에는 포워딩(Forwarding), 바이캐스팅(Bi-casting), 멀티캐스팅(Multicast-

ing) 기법 등이 있다. 이들은 다른 에이전트나 기지국의 도움을 받아 새로운 주소로 도착하게 되는 패킷을 기다리지 않고 그 전에 패킷을 좀 더 빨리 받을 수 있도록 하는 기법들이다. 포워딩 [6, 9]은 패킷의 손실과 지연 줄이기 위해 이전의 포린 에이전트에서 패킷을 버퍼링하고 있다가 새로운 포린 에이전트로 패킷을 포워딩 해주는 것이다. 이와 같은 패킷 포워딩 방법은 3계층 핸드오프가 완료되기 전에 패킷을 받을 수 있게 함으로써 핸드오프 지연과 패킷의 손실을 줄일 수 있게 된다. 바이캐스팅 [11, 12]은 단말이 새로운 기지국으로 이동할 경우에 2계층 핸드오프가 일어나기 전에 미리 단말에 대한 이동성을 감지하여 핸드오프 이후에 패킷 전송에 사용할 경로를 미리 설정해놓는 방법이다. 이렇게 함으로써, 새로운 기지국과 연결을 맺는 과정이 완료되는 시점부터는 끊어짐 없이 새로운 경로를 통하여 계속 패킷을 전송 받게 된다. 또, 멀티캐스팅 기법 [13-15]은 각 단말에게 멀티캐스트 주소를 할당함으로써 핸드오프 시 패킷의 손실을 줄이는 방법이다.

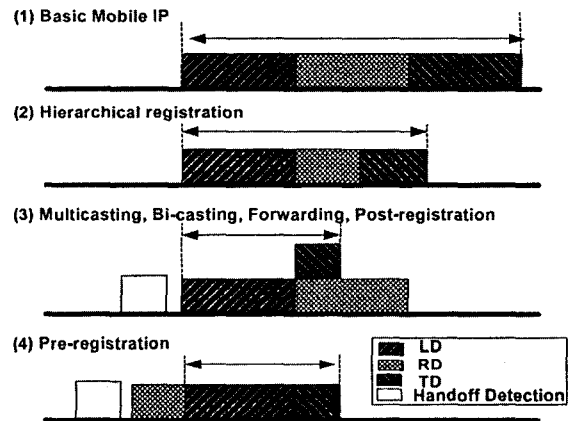
마지막으로 핸드오프 지연을 줄이기 위한 기존 연구로 선등록(Preregistration)과 후등록(Postregistration) 기법 [16]을 꼽을 수 있다. 선등록과 후등록 기법은 핸드오프 순서를 변경하여 핸드오프 지연을 줄이는 방법이다. 선등록 기법은 실제 핸드오프가 일어나기 전에 핸드오프를 감지하고 현재의 기지국의 새로운 기지국을 통해 주소 등록을 수행함으로써 새로운 기지국과의 연결을 맺는 동시에 주소 등록이 완료되게 된다. 따라서 새로운 기지국의 연결을 맺어지게 되면 바로 데이터를 받을 수 있게 된다. 후등록 기법은 2계층의 트리거(Trigger)를 통해 현재의 포린 에이전트와 새로운 포린 에이전트간의 터널을 형성하는 방법을 이용한다. 즉, 핸드오프 후 주소 등록이 완료될 때까지 이전의 포린 에이전트와의 주소를 유지하면서 계속해서 데이터를 받는다. 후등록 기법은 앞서 설명한 포워딩 방법과 비슷하게 주소 등록이 이루어 지는 동안 데이터를 받을 수 있게 함으로써 주소 등록동안 발생하는 지연을 줄이는 방법이다.

이 외에도 핸드오프 지연을 줄이기 위한 여러 가지 방법들이 제안되었다. 하지만 넓은 관점에서 보면 위에서 소개한 기법들과 유사하거나 두 개 이상의 기법을 함께 혼합하여 사용함으로써 핸드오프를 지연을 줄이고자 하는 기법들이므로 이미 소개한 기존 연구들과 같은 맥락에 속한다고 할 수 있다.

2.4 연구 동기 및 목표

앞 절에서 핸드오프 지연을 줄이기 위한 기법들에 대한 기존 연구들을 살펴보았다. (그림 3)는 앞에서 살펴본 기존 연구들의 핸드오프 지연을 시간 축으로 분석한 것이다. (그림 3)에서 (1)은 기본적인 Mobile IP만을 사용하였을 때의 지연이고, (2)부터 (4)까지는 앞 절에서 언급한 기존 연구들

의 핸드오프 지연이다. 그림에서 볼 수 있듯이 기존의 연구들은 핸드오프 지연을 줄이기 위해 주로 주소 등록 과정에서의 지연 RD나 핸드오프 후 패킷이 도달할 때까지의 지연 TD를 줄여 패킷의 손실을 줄이는 것에 집중하였다. 즉, 기존 관련 연구들의 핸드오프에서는 2계층(Layer 2)에서 기지국과 단말과의 연결이 끊기는 것을 3계층(Layer 3) 이상에서 여러 기법을 통해 미리 데이터를 새로운 기지국으로 전송하거나 주소를 등록하는 데 걸리는 지연을 최소화함으로써 단말과 새로운 기지국 간에 연결이 끊어지면 즉시 패킷을 전송할 수 있도록 하는 방법을 취하고 있다. 이런 기법들을 통해 2계층 핸드오프 지연에 대한 보상을 해줌으로써 최대한 끊김이 없는 것처럼 보이게 하고 있다. 하지만, (그림 3)에서 볼 수 있듯이 이러한 기법들을 사용하더라도 단말과 기지국 사이의 연결이 끊겨 있는 동안의 지연(LD)은 여전히 존재한다. 따라서, 기존의 연구들 만으로는 핸드오프 지연을 충분히 단축할 수 없으며 그 결과 핸드오프 시 QoS 저하가 발생하게 된다.



(그림 3) 기존 연구들의 핸드오프 지연 분석

일반적으로 Email, FTP와 같은 비실시간 트래픽(Non-realtime Traffic)은 패킷의 손실에는 민감하지만 패킷의 지연에는 크게 민감하지 않은 특성을 갖는다. 이런 특성 때문에 비 실시간 트래픽의 경우, 패킷 재전송이나 버퍼링(Buffering) 등의 방법을 이용하여 핸드오프 동안 전송된 패킷들을 저장해 놓았다가 2계층 핸드오프가 완료된 후 바로 패킷을 전송해주는 기법들을 통해 패킷의 손실을 줄여 사용자가 느끼지 못할 정도로 QoS의 저하 정도를 낮출 수 있다. 하지만 VoIP, 멀티미디어 스트리밍 서비스와 같은 실시간 트래픽(Realtime Traffic)은 패킷의 손실에는 크게 민감하지 않으나 통신에 지연에는 상당히 민감한 특성을 가지고 있다. 그렇기 때문에 단말과 기지국간의 연결이 끊겨 있는 동안의 패킷의 손실을 상위계층의 패킷 포워딩, 멀티캐스팅, 또는 바이캐스팅 등으로 보상하여 패킷 전송 지연 시간을 줄이거나 IP 등록 시간의 단축 한다고 해도 사용자가 느끼지 못할 정도로 QoS를 막는 데에는 한계가 존재한

다. 즉, 지연에 민감한 실시간 트래픽의 특성 때문에 여전히 존재하는 지연 LD에 의해 사용자가 느끼는 서비스 질이 떨어지게 되는 것이다. 더구나 3세대 이상의 이동통신 네트워크에서는 단말의 속도가 빨라지면서 기지국과의 연결을 맺는 데 걸리는 지연이 이전보다 상대적으로 길게 느껴지고, 데이터 전송 속도도 높아짐에 따라 그 동안 전송되는 패킷의 양도 늘어나기 때문에 문제가 커질 수 있다. 특히 본 논문에서 고려하고 있는 OFDM 기반 시스템의 경우 앞에서 언급한 바와 같이 하드 핸드오프를 수행해야 하므로 단말과 기지국 사이의 연결이 중단되는 동안의 지연이 발생하여 QoS에 큰 영향을 미치게 된다. 따라서, 3계층 이상의 상위계층에서의 핸드오프 보장 기법뿐만 아니라 하위 계층에서도 핸드오프 시의 연결 끊김을 최소화해 줄 수 있는 방법이 반드시 필요하다.

3. 끊김 없는 핸드오프

3.1 시스템 구조

본 논문에서 고려하고 있는 시스템 구조는 다음과 같다. 네트워크 기본구조는 All IP 기반의 시스템으로 거시적인 이동(Macro Mobility)에 대해서는 Mobile IP를 사용한다. 기지국들 간에는 최소 3계층인 IP 레벨에서 통신이 가능하며, 가상 터널을 형성하여 필요한 데이터나 정보를 교환할 수 있다. 기지국은 순방향 브로드캐스트 채널(Downlink Broadcast Channel)을 통해 단말에게 필요한 정보를 알려준다. 또, 핸드오프 일어나기 이전에 미리 핸드오프를 감지하고 터널을 형성해 필요한 정보를 교환할 수 있다. 핸드오프에 대한 감지는 단말이 직접 발견하여 기지국에게 알려줄 수도 있으며, 기지국이 단말이 주기적으로 레포팅(Reporting)하는 정보를 통해 알아낼 수도 있다.

무선 전송 방식으로는 OFDM을 사용한다. OFDM은 다중경로 감쇄 특성을 같은 무선 채널환경에 강한 특성을 가지는 주파수 효율적인 변조방식으로 낮은 계산복잡도로도 높은 전송률을 얻을 수 있다[19]. 그리고 OFDM의 특성상, 핸드오프 방법으로는 하드 핸드오프를 사용한다.

제한된 무선 주파수 자원을 효율적으로 이용하여 저렴한 비용으로 양질의 서비스, 최대 용량과 커버리지를 제공하기 위한 목적으로 셀 배치 형태는 셀의 반경이 500m~1km 정도의 마이크로 셀(Micro Cell)을 사용하며 단말은 고속으로의 이동이 가능하다. 또, 패킷 네트워크를 기반으로 하는 이동통신 시스템이므로 트래픽 채널은 공용 채널(Shared Channel)을 사용한다. 즉, 트래픽 연결을 맺고 끊을 때까지 단말에게 할당된 전용 트래픽 채널(Dedicate Traffic Channel)을 사용하는 것이 아니고, 패킷이 보내질 때마다 다른 트래픽 채널이 사용될 수 있다. 따라서, 단말은 트래픽 채널이 필요한 경우 제어채널을 통해 트래픽 채널을 요구하면 기지국은 단말에게 트래픽 채널을 할당해 준다. 제어 채

널의 경우, 단말의 트래픽 송수신 상태에 따라 다른 종류의 전용 채널이 할당될 수도 있으며 공용 채널을 사용할 수도 있다. 그리고 핸드오프 시 사용하는 인접 셀의 무선 자원은 각 셀마다 정적 혹은 동적으로 일정부분 이상 확보해 두어 할당 받는 것으로 가정한다. 용량을 넘어서는 사용자에 대해서는 수락 제어(Admission Control)을 이용해 처리한다. 또 각 셀 마다 무선 자원의 예약과 획득 방법은 시스템 구조에 의존하는 것이므로 본 논문에서는 다루지 않는다.

3.2 끊김 없는 핸드오프 알고리즘

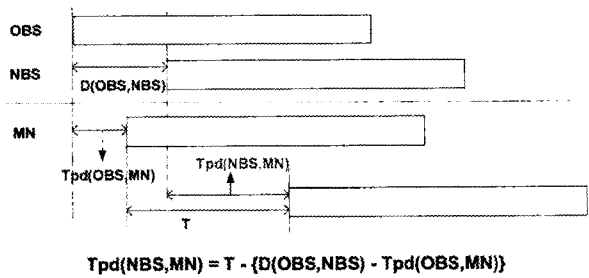
본 절에서는 기지국으로의 접근 과정에서의 경쟁으로 인해 발생하는 핸드오프 지연 현상을 최소화할 수 있는 핸드오프 기법을 제안하고자 한다. 제안하는 핸드오프 기법의 기본 아이디어는 핸드오프 하기 전에 핸드오프 할 새로운 기지국의 채널을 예약함으로써 새로운 기지국으로의 접근 과정에서 물리 채널을 잡기 위해 경쟁하는 시간을 없애는 것이다. 즉, 데이터를 송수신하고 있거나 곧 송수신될 데이터를 기다리고 있는 액티브 사용자(Active User)는 핸드오프를 하기 전에 현재 해당되는 MAC 상태에서 트래픽 채널을 기지국에게 요구하기 위해 필요한 역방향 제어 채널(Uplink Control Channel)을 새로운 기지국에 미리 예약해둠으로써 핸드오프가 일어날 때 경쟁 없이 역방향 제어 채널에 접근하여 트래픽 채널을 요청할 수 있도록 한다. 이렇게 함으로써 경쟁에 의해 발생하게 되는 핸드오프 지연은 줄어들고, 단말은 핸드오프 시에 끊김 없이(Seamless) 통신을 할 수 있게 된다.

제어채널의 예약은 핸드오프를 감지(Handoff Detection)한 후 현재의 기지국과 핸드오프 하려는 기지국간에 물리 채널 정보를 주고 받음으로써 이루어지게 된다. 이를 위해 단말은 현재의 기지국과 핸드오프 할 새로운 기지국 사이에 형성된 채널을 통해 미리 필요한 채널을 예약을 요청한다. 새로운 기지국은 핸드오프 할 단말을 위한 채널을 예약하고 터널을 통해 예약된 물리 채널 정보를 현재의 기지국에게 알려준다. 현재 기지국은 단말이 예약된 채널로 직접 접근할 수 있도록 단말에게 물리 채널 정보를 알려준다. 이렇게 함으로써 핸드오프를 할 시점이 되면 단말은 미리 획득한 새로운 기지국의 채널 정보를 이용하여 순방향과 역방향으로의 동기를 맞추고 다른 단말들과 경쟁하지 않고도 미리 예약해 둔 채널을 통해 새로운 기지국으로 접근을 시도하고 트래픽 채널을 요구할 수 있게 된다.

새로운 기지국과 동기를 맞추고 핸드오프 했을 때 바로 예약해둔 역방향 채널을 사용하기 위해서는 단말은 새로운 기지국까지의 역방향으로의 전파지연시간을 알아야 한다. 역방향으로의 전파지연시간을 알아 내기 위해서는 (그림 6)과 같은 가상 동기화 방법 [20]을 사용 할 수 있다. 이 때 새로운 기지국까지의 역방향 전파 지연시간을 추정하는 식은 다음과 같다.

$$T_{pd}(NBS, MN) = T - \{D(OBS, NBS) - T_{pd}(OBS, MN)\} \quad (2)$$

식 (2)의 추정방법에서 필요로 하는 $D(OBS, NBS)$ 는 이전의 기지국과 새로운 기지국간의 프레임 차(Framing Difference)이다. $D(OBS, NBS)$ 는 유선 링크(Wired Link) 상에서의 기지국간의 전파지연(Propagation Delay)을 통해 계산해 낼 수도 있고 아니면 기지국이 여러 번의 핸드오프 경험으로 알게 되는 파라미터들을 통해 학습하여 알 수도 있다. 또 다른 파라미터인 T는 현재 기지국과 새로운 기지국에서 보내는 각각의 패킷을 단말이 받게 되는 시간차이다. $T_{pd}(OBS, MN)$ 는 현재의 기지국에서부터 단말까지의 전파지연시간을 의미한다. T와 $T_{pd}(OBS, MN)$ 은 단말이 측정하여 알 수 있는 값이다. 그러므로 단말은 각 파라미터 값을 바탕으로 주어진 식에 대입하여 새로운 기지국으로부터의 순방향 전파 지연 시간을 알아 낼 수 있고, 이 값을 역방향 전파 지연 시간으로 간주하여 역방향으로의 동기를 획득하고 예약한 채널에 직접 접근할 수 있게 된다.



(그림 4) 가상 동기화 방법

(그림 4)은 주어진 정보로부터 새로운 기지국으로부터의 전파지연시간 $T_{pd}(NBS, MN)$ 을 식 (2)를 이용하여 추정해 내는 방법을 보여주고 있다. 즉, 순방향 전파 지연시간을 이용하여 역방향의 전파 지연시간을 추정하는 것이다. 전파지연시간은 기지국과 단말의 거리에 따라 달라지는 값으로 순방향 전파 지연 시간으로 역방향 전파 지연을 추정한다고 해도 문제가 되지 않는다. 그러므로, 위와 같은 방법을 통해 역방향 동기를 맞출 수 있어 끊김 없는 핸드오프가 가능하게 된다.

4. 끊김 없는 핸드오프 알고리즘의 적용

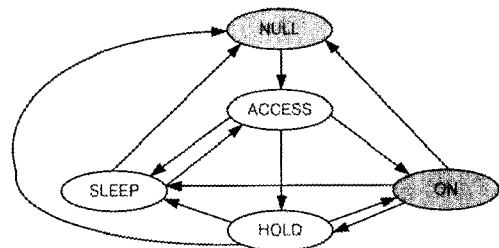
본 장에서는 제안한 끊김 없는 핸드오프 알고리즘을 실제 OFDM 기반의 All-IP 이동 통신 시스템에 적용한 핸드오프 절차를 제시한다.

4.1 Flarion의 Flash-OFDM 시스템 개요

Flarion [21]은 3세대 이후의 이동통신 시스템 표준을 주도 하고 있는 회사 중 하나로, Flash-OFDM 이라는 시스템을 제안하였다. Flash-OFDM 시스템 역시 All-IP 기반의 패킷 네트워크 시스템이며 물리계층 데이터 전송 방법으로

FH-OFDM(Frequency Hopping-Orthogonal Frequency Division Multiplexing)을 사용하고 하고 있다. 또, 공용 트래픽 채널과 전용 제어 채널 채널을 사용하고 있다.

(그림 5)는 Flash-OFDM 시스템의 각 MAC 상태(MAC State)와 각 상태에서 보유하고 있는 채널 종류를 보여주고 있다 [18]. 그림에서 알 수 있듯이 각 단말들은 MAC 상태에 따라 트래픽 전송을 위한 채널을 서로 다르게 가지게 된다. 즉, Flash-OFDM 시스템에서 ACCESS 상태는 기지국에 접근하기 위하여 일련의 과정을 수행하는 상태로 역방향 채널인 ACH(Access Channel)을 보유하고 있으며, 이 채널을 통해 기지국으로의 임의 접근을 시도한다. 또, 트래픽과 관련된 액티브(Active)한사용자는 ON 상태(ON State)와 HOLD 상태(HOLD State)에 있는 사용자들이며 이들은 핸드오프의 대상이 된다. ON 상태는 트래픽 송수신이 이루어지고 있는 상태로 순방향 트래픽 채널과 역방향으로 트래픽 관련 채널과 DCCH(Dedicated Control Channel)과 타이밍을 위한 ACH을 가지고 있다. 또, HOLD 상태는 트래픽의 송수신을 대기하고 있는 상태로 전송할 트래픽이 생기면 ON 상태로의 천이(Transition)를 요청 할 수 있는 SRCH(State Transition Request Channel)을 갖고 있다. 따라서 ACH를 통하지 않고, 본 논문에서 제안하는 끊김 없는 핸드오프를 통해 단말이 기지국에 직접 접근 하기 위해서는 ON 상태에서는 ULDCCH(Up Link Dedicated Control Channel) 제어 채널을, HOLD 상태의 사용자에게는 ULSRCH(Up Link State transition Request Channel) 제어 채널을 핸드오프 이전에 미리 예약하고 그 채널에 대한 물리적 정보를 단말에게 전송해 주어야 한다.



Downlink Channels

| | Data | Control | State |
|--------|-------------|---------------------|-------|
| Access | | | AGCH |
| On | TCH | TCCH PCCH BCH | STCH |
| Hold | Limited TCH | TCCH BCH | STCH |

Uplink Channels

| | Data | Control | State |
|--------|-------------|-------------|--------------|
| Access | | | ACH AXCH |
| On | TCH TACH | DCCH ACH | SACH |
| Hold | TACH | ACH | SACH ARCH |

(그림 5) Flash-OFDM 시스템의 MAC 상태도와 각 상태에 따른 채널

4.2 끊김 없는 핸드오프 알고리즘을 바탕으로 개선된 핸드오프 절차

Flash-OFDM의 핸드오프 [22, 23]는 핸드오프 전에 미리

터널을 형성하여 필요한 제어정보와 데이터를 교환한 후 핸드오프가 시작되면 형성된 터널을 통해 패킷을 포워딩 해주는 방식으로 3계층에서 핸드오프 지연을 줄이고 있다. 이 기법은 후송류 기법과 유사한 방식으로 핸드오프 지연을 줄이고 있지만, 2계층 핸드오프의 지연은 여전히 존재하는 한계를 가지고 있다. 따라서 본 절에서는 본 논문에서 제안하고 있는 끊임 없는 핸드오프 알고리즘을 Flash-OFDM의 핸드오프 방식에 적용하여 2계층에서의 핸드오프 지연을 줄이고 실시간 데이터 트래픽의 서비스 품질도 보장할 수 있도록 핸드오프 절차를 개선한다. (그림 6)은 Flash-OFDM의 핸드오프를 개선한 핸드오프 절차로 회색으로 표시된 부분이 개선되거나 추가된 부분이다. 핸드오프의 시작은 현재의 기지국보다 셀 신호를 보내는 기지국을 감지하는 것으로부터 시작된다. 단말이 신호의 세기를 통해 핸드오프 감지하고 H-TIN 메시지를 현재의 기지국에서 보내면 기지국은 핸드오프 할 기지국에게 TIN 메시지를 보냄으로써 현재 기지국과 핸드오프 할 기지국간의 터널이 형성된다. TIN 메시지를 받은 새로운 기지국은 핸드오프 될 단말을 위해 필요한 제어 채널을 예약한다. 이 때 예약하는 채널은 트래픽을 송수신 하는 상태에 따라 달라지게 된다. 즉, ON 상태일 때는 ULDCCH 채널을 예약하고, HOLD 상태일 때는 ULSRCH 채널을 예약한다. 예약이 되면 물리 채널에 대한 정보, 즉 FH-OFDM의 호핑 패턴

(Hopping Pattern), 주파수 시간(Frequency Time)과 주파수 슬롯(Frequency Slot), 두 기지국 사이의 프레임 차(Framing Difference) 등 예약된 채널에 대한 물리 채널 정보를 터널을 통해 현재 기지국에게 알려준다. 현재 기지국은 이 정보를 받아 순방향 브로드캐스트 채널(Downlink Broadcast Channel)을 통해 단말에게 알려준다. 물리적 채널 정보는 단말이 예약해 놓은 채널로 바로 접근하기 위해 필요한 것으로 이 정보들을 이용하여 단말은 핸드오프 하려는 새로운 기지국과 동기를 맞춘다. 알려진 동기 정보가 없을 경우에는 가상 동기화 방법을 통해 동기를 맞춘다. 그리고 핸드오프 결정을 하고 나면, 현재의 기지국과 연결을 끊고 미리 예약해 둔 제어 채널을 통해 바로 새로운 기지국에게 접근하여 핸드오프를 요청한다. 이 때 단말은 새로운 기지국으로 접근하기 위해 다른 단말과 경쟁하지 않고 바로 새로운 기지국에 접근하고 트래픽 채널을 획득할 수 있기 때문에 빠른 시간 안에 끊임 없이 핸드오프를 수행하고 통신을 시작할 수 있게 된다.

5. 모의실험

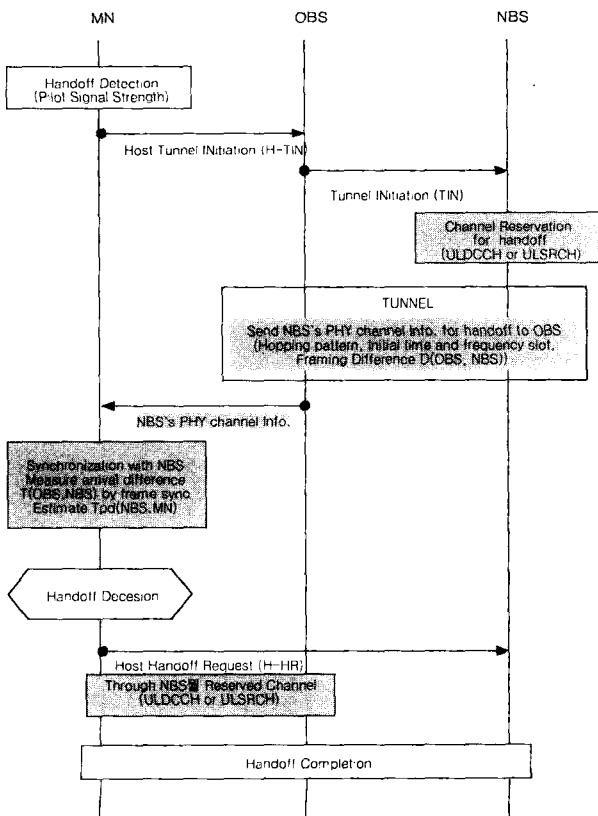
본 논문에서 제안하는 끊임 없는 알고리즘의 성능은 예약해둔 채널을 사용하기 위해 단말이 역방향으로의 동기를 얼마나 정확하게 맞출 수 있는지에 달려있다. 즉, 제안된 알고리즘을 적용하기 위해서는 역방향 전파지연시간을 정확히 아는 것이 중요하다. 따라서 본 장에서는 전파지연시간 오차에 따른 성능을 실험을 통하여 분석하고, 역방향 동기 추정 방법에서 발생가능한 추정오차 범위를 알아봄으로써 제안한 알고리즘의 실현가능성을 검증한다.

5.1 전파지연시간 오차에 따른 성능 분석

앞서 언급한 대로 끊임 없는 핸드오프 알고리즘의 성능은 역방향으로 전파지연시간 추정의 정확도에 달려있다. 따라서 본 절에서는 시스템에서 얼마만큼의 전파지연시간 오차를 허용할 수 있는지를 알아보고자 한다. 즉, 전파지연시간 추정오차로 인해 발생하는 수신 단에서의 타이밍 오프셋(Timing Offset)에 따른 성능을 신호대간섭잡음비(Signal to Interference Noise Ratio : SINR) 차원에서 보인다. 신호대간섭잡음비는 데이터 에러률에 직접적인 영향을 미치는 값으로 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$\text{신호대간섭잡음비} = \frac{\text{신호세기}}{(\text{잡음세기} + \text{간섭세기})} \quad (3)$$

식 (3)에서 신호세기는 수신 단에서 받은 신호의 세기(Received Signal Strength : RSS)를 의미한다. 실험에서 잡음세기(Noise Power)는 AWGN(Additive White Gaussian Noise)으로 일정한 시간동안의 값을 평균(Averaging)한 것으로 가정하여 고정된 값을 사용하였다. 보통 OFDM에서의 간섭은 크게 심분 간 간섭(Inter-Symbol Interference : ISI)



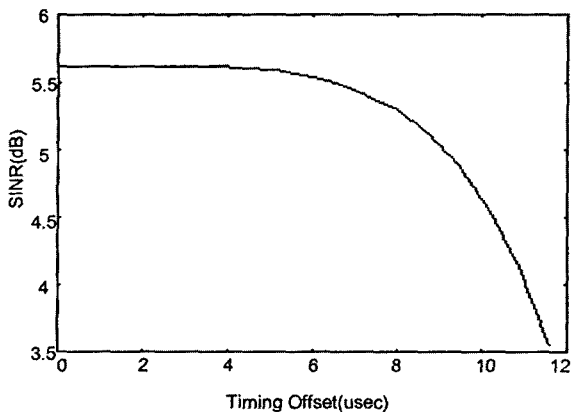
(그림 6) 개선된 핸드오프 절차

과 반송파 간 간섭(Inter-Carrier Interference : ICI)으로 나뉠 수 있다. 일반적으로 단말이 고속으로 이동하게 되면 한 OFDM 심볼 내에서도 채널이 변화하게 되어 반송파간 간섭이 발생하게 되지만 이것은 타이밍 오프셋과는 무관한 간섭이므로 본 모의 실험에서는 채널변화로 인해 발생하게 되는 반송파간 간섭은 고려하지 않고 심볼 간 간섭만 고려하였다.

OFDM은 주파수 오프셋과 타이밍 오프셋에 의한 영향을 줄이고 패턴 간의 직교성을 유지할 수 있도록 CP(Cyclic Prefix)를 사용하고 있다. 따라서 어느 정도의 타이밍 오프셋은 성능에 큰 영향을 미치지 않는다. CP의 수를 N_{CP} , 채널의 탭 수를 N_{CH} 라고 할 때, 일반적으로 한 OFDM 심볼 내에서 채널이 변하지 않는다고 가정하면 이론적으로 간섭이 발생하지 않기 위해서는 타이밍 오프셋이 $N_{CP} - N_{CH} + 1$ 개 이하가 되어야 한다. 즉, $N_{CP} - N_{CH} + 1$ 개까지의 타이밍 추정오차는 허용될 수 있다[24]. Flash-OFDM 시스템의 시스템 명세 [18]에 따르면 반송파(Subcarrier) 수는 128개(88.8usec)이고, CP의 개수(N_{CP})는 16개(11.1usec)이다. 실험의 사용한 채널의 탭 수(N_{CH})는 12개 정도 라고 할 때, Flarion의 Flash-OFDM 시스템 기반에서 간섭이 발생하지 않기 위해서는 타이밍 오프셋은 5개(16 - 12 + 1, 3.5usec) 이하가 되어야 한다는 결론이 나온다. 이를 검증하기 위해 이론적으로 허용 가능한 타이밍 오프셋을 모의 실험을 통해 확인해 보았다. 실험에서는 한 OFDM 심볼 내에서는 채널이 변하지 않는 상황을 가정하였으며 실험에 사용한 파라미터는 <표 1>과 같다.

<표 1> 전파지연시간 오차에 따른 성능 실험 파라미터

| Parameter | Value | Description |
|----------------------|------------|----------------------------------|
| Carrier Frequency | 2GHz | 주파수 대역 |
| Sampling Rate | 1.4414MSPS | 샘플링 속도 |
| Subcarrier | 128개 | 부반송파 개수 |
| Maximum Delay Spread | 8usec | 다중 페이딩으로 인한 최대 지연 확산, 채널 탭 수와 관련 |
| Cyclic Prefix | 16개 | 11.1 usec |



(그림 7) 전파지연시간 오차에 따른 신호대잡음간섭비(SINR)

실험 결과는 (그림 7)과 같다. 수평 축은 타이밍 오프셋이고 수직 축은 각 타이밍 오프셋에 대한 신호대잡음간섭비이다. 그림에서 알 수 있듯이 대체적으로 타이밍 오프셋이 증가하면 신호대잡음간섭비가 떨어진다. 그리고 대략 4~5usec 이상의 타이밍 오프셋에서 성능 저하가 발생함을 알 수 있다. 따라서 역방향 전파지연시간 추정 오차는 최대 4usec 정도까지 허용된다고 할 수 있다.

5.2 발생 가능한 전파지연시간 추정오차

본 절에서는 단말의 이동과 추정 소요 시간에 의해 역방향 전파지연시간의 추정오차가 얼마나 크게 발생하는지 실험을 통해 살펴본다. 제안된 기법은 순방향 링크를 보고 역방향 링크의 전파 지연 시간에 대하여 추정을 하는 과정에서 지연이 발생하게 된다. 따라서, 추정 시간 동안의 지연에 의해 발생하는 역방향 동기 추정오차가 얼마나 되는지를 알아보기 위하여 모의실험을 수행하였다. 추정오차를 계산하기 위해 사용한 파라미터는 <표 2>와 같다.

<표 2> 추정오차 관련 파라미터

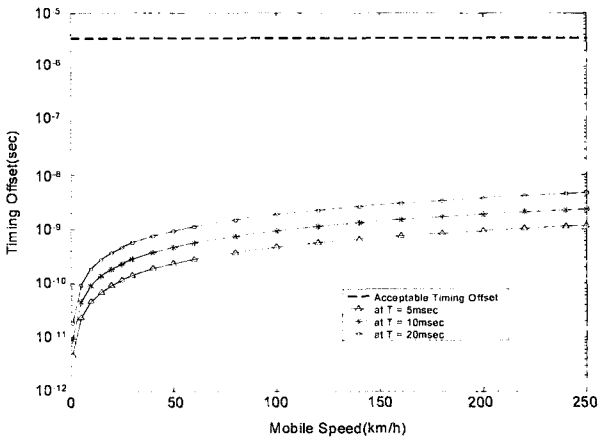
| Parameter | Value | Description |
|-------------------|----------|--|
| Cell Radius | 500m~1km | 마이크로 셀 반경 |
| Time(T_{est}) | 5ms~20ms | 역방향 전파지연시간(T_{pd}) 추정 소요 시간 |
| Mobility | ~250km/h | 단말의 이동 속도, 진행 방향은 현 기지국에서 새 기지국으로 진행 (이 경우 순방향과 역방향 간의 T_{pd} 차이가 최대가 됨) |

일반적인 전파지연시간 T_{pd} 는 기지국과 단말 간의 거리를 주파수 속도(Frequency Speed : 3×10^8 m/s)로 나눈 값으로 그 값은 수 usec 단위이다. 즉, 셀의 가장자리에서 단말이 역방향 링크 값을 추정한다고 할 때, 셀의 반경이 500m일 경우는 전파 지연시간이 최대 1.67usec이고, 1km인 경우는 3.33usec 정도이다. 이에 반해, T_{pd} 를 추정하는데 소요되는 처리 시간을 T_{est} 라고 할 때, 발생 가능한 T_{pd} 의 추정오차는 다음과 같은 식으로 계산할 수 있다.

$$\text{추정오차} = (\text{단말의 이동속도} \times T_{est}) / \text{주파수 속도} \quad (3)$$

(그림 8)는 식 (3)에 의해 단말에 이동속도와 추정 지연 시간에 따른 역방향 전파지연시간의 추정오차를 보여주고 있다. 수평 축은 단말의 속도이고 수직 축은 추정을 하는데 걸리는 시간이 각각 5ms, 10ms, 20ms일 때의 역방향 전파지연시간 추정오차 값이다. 그림에서 볼 수 있듯이 단말이 움직이는 속도가 빨라지거나 추정에 걸리는 시간이 길어질수록 추정오차가 커지지만, 단말이 250km/h로 움직이고 이 때 추정 소요시간이 20ms라고 할 지라도 역방향 전파지연시간의 최대 추정 오차는 5nsec 미만이다. 반면, 5.1절에서 본 바와 같이 허용 가능한 타이밍 오프셋은 4usec 이하이다. 따라서 5nsec 정도의 오차는 충분히 무시할 수

있을 정도로 적은 값이며 신호대간섭잡음비 성능에 거의 영향을 끼치지 않는다. 그러므로, 가상 동기화 방법으로 역방향 전파지연시간을 추정하여 끊김 없는 핸드오프에서 사용하는 것은 현실적으로 충분히 가능한 일이며, 이 실험을 통해 제안한 끊김 없는 핸드오프 기법이 차세대 이동 통신 시스템에서 적용 가능하다는 것을 검증할 수 있었다.



(그림 8) 역방향 전파지연시간의 추정오차

6. 결 론

본 논문에서는 높은 전송률을 위한 OFDM 전송 기법의 사용으로 인하여 하드 핸드오프를 수행해야 하는 3세대 이후의 All-IP 이동통신 시스템에서의 QoS 보장을 위해 핸드오프 성능을 향상시키기 위한 기법을 제안하였다. 기존의 3계층 이상에서 핸드오프 지연을 줄이기 위한 기법들은 핸드오프 지연을 줄이기 위해 주소 등록 지연이나 데이터 전송 지연을 줄이기 위한 기법을 제시하고 있으나, 기지국과 트래픽을 송수신 할 수 없는 시간 자체를 줄일 수 없다. 다시 말해 3계층 기법은 2계층 핸드오프 동안 발생하는 기지국과 단말이 통신하지 못하는 시간을 줄여주지 못하기 때문에 지연에 민감한 음성과 멀티미디어 등의 실시간 트래픽의 경우에는 핸드오프 동안 QoS 저하를 겪게 된다. 따라서 지연의 민감한 실시간 트래픽의 QoS를 보장해 주기 위해 본 논문에서는 2계층 핸드오프로 인해 발생하는 단말과 기지국 사이의 연결 끊김이 최소화할 수 있는 핸드오프 기법을 제안하였다.

본 논문에서 제안하는 끊김 없는 핸드오프 알고리즘은 2계층 핸드오프 지연이 대부분 다른 단말과의 경쟁을 통해 새로운 기지국으로의 접근하기 때문에 발생한다는 사실에 착안한 것으로 새로운 기지국으로의 접근을 요청할 때 다른 단말과의 경쟁을 없앴으로써 핸드오프 지연 시간을 줄이고자 하는 것이다. 끊김 없는 핸드오프의 알고리즘은 미리 핸드오프가 일어날 것을 감지하면 기지국간의 터널을 형성하

고 터널을 통해 새로운 기지국으로 접근하기 위해 사용할 제어 채널을 예약한다. 그리고 새로운 기지국이 예약된 물리 채널의 정보를 현재의 기지국에게 넘겨주면, 현재의 기지국은 그 정보를 받아서 다시 단말에게 알려준다. 단말은 전송 받은 물리 채널의 정보를 이용하여 예약한 채널에 직접 접근할 수 있도록 역방향 동기를 맞춘다. 그리고, 핸드오프를 결정하여 현재 기지국과 연결을 끊고 나서 새로운 기지국으로 접근을 시도 한다. 이때, 임의 접근 채널로 접근하는 대신 미리 획득한 역방향 동기를 이용하여 예약된 물리 채널에 접근을 함으로써 끊겨 있는 시간을 최소화 한다. 이런 과정을 통하여 단말은 핸드오프 시 다른 단말과 경쟁할 필요 없이 짧은 시간 내에 새로운 기지국과의 연결을 맺을 수가 있다.

끊김 없는 핸드오프 알고리즘은 역방향 동기를 얼마나 정확히 잡을 수 있는가에 따라 핸드오프 성능이 달라지기 때문에 알고리즘의 실현가능성을 확인하기 위해 가상 동기화 방법의 타당성 검증을 위한 실험을 수행하였다. 실험 결과 역방향 전파지연 추정 방법에서 나타나는 오차는 성능 저하가 일어나지 않는 범위 안에서 발생하기 때문에 핸드오프 성능에 영향을 끼치는 않는다는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 제안된 끊김 없는 핸드오프 알고리즘은 경쟁 상태에서도 물리 채널의 예약을 통해 빠르게 핸드오프 함으로써 지연에 민감한 특성을 갖는 실시간 트래픽의 QoS도 보장해 줄 수 있는 특징을 지님을 알 수 있었다.

앞으로는 제안한 끊김 없는 핸드오프 기법과 3계층 이상에서 핸드오프 지연을 줄여주는 기법들을 결합하여 끊김 없는 IP 세션 핸드오프(seamless IP session handoff) 기법에 대하여 연구해 볼 계획이다.

참 고 문 헌

- [1] 손인수, 김광순, 장경희, 황승구, 한기철, "4세대 이동통신 표준화 비전", TTA Journal, 95호, Jan., 2003.
- [2] R. Braden, L. Zhang, S. Berson, S. Herzog, S. Jamin, "Resource ReSerVation Protocol (RSVP)-Version 1 Functional Specification," RFC 2205, September, 1997.
- [3] S. Blake, D. Black, M. Carlson, E. Davies, Z. Wang and W. Weiss, "An Architecture for Differentiated Services," IETF RFC 2475, December, 1998.
- [4] G. P. Pollini, "Trends in handover design," IEEE Communication Magazine, Vol.34, pp.82-90, March, 1996.
- [5] C. Perkins, "IP Mobility Support," Internet RFC, RFC 2002, October, 1996.
- [6] R. Ramjee et al., "IP micro-mobility support using HAWAII," IETE draft-ietf-mobileip-hawaii-01.txt, Jul., 2000.
- [7] E. Gustafsson et al., "Mobile IP Regional Registration," IETF draft-ietf-mobileip-reg-tunnel02.txt, March, 2000.

[8] IEEE 802.16e, "Part16 : Air Interface for Broadband Wireless Access Systems-Amendment 4 : Mobility Enhancements," IEEE802.16e/03/07r2, March, 2003.

[9] R. Caceres and V. N. Padmanabhan, "Fast and Scalable Handoffs for Wireless Internetworks," Proceeding of ACM/IEEE MobiCom, 1996.

[10] C. Perkins, "Mobile-IP Local Registration with Hierarchical Foreign Agents," IETF draft-perkins-mobileip-hierfa-00.txt, February, 1996.

[11] James Kempf, Pat R. Calhoun, Chandana Pailra, "Foreign Agent Assisted Handoff," Internet Draft, draft-calhoun-mobileip-proactive-fa-03.txt, Work in Progress.

[12] K. El Malki, H. Soliman, "Fast Handoffs in Mobile IPv4," Internet Draft, draftelmalki-mobileip-fast-handoffs-03.txt, Work in Progress, September, 2000.

[13] S. Seshan, H. Balakrishnan and R. H. Katz, "Handoffs in Cellular Wireless Networks : The Daedalus Implementation and Experience," Kluwer International Journal on Wireless Personal Communications, January, 1997.

[14] C. L. Tan, S. Pink and K. M. Lye, "A Fast Handoff Scheme for Wireless Networks," Proceeding of ACM/IEEE WoW-MoM, 1999.

[15] A. Stephane, A. Mihailovic and A. H. Aghvami, "Mechanisms and Hierarchical Topology for Fast Handover in Wireless IP Networks," IEEE Communications Magazine, November, 2000.

[16] S. Thalanany and A. Singh, "Quick handoff scheme in a 3G Wireless Networks," "IETF draft-thalanany-mobileip-gh-00.txt, July, 2000.

[17] 3GPP, "Medium Access Control (MAC) protocol specification," 3GPP TS 25.321 v3.4.0, June, 2000.

[18] IEEE 802.20 Mobile Broadband Wireless Access (MBWA), "Initial Contribution on a System Meeting MBWA Characteristics," IEEE C802.20-03/16. March, 2003.

[19] 황찬수, 정병장, 김기호, 김영균 "MC-CDMA 및 Frequency Hopping OFDMA 방식의 성능 분석 및 비교", Telecommunications Review, 제12권 제4호, Aug., 2002.

[20] 3GPP, "UMTS; UTRA Concept Evaluation (UMTS 30.06

version 3.0.0)," TR 101 146 V3.0.0, 1997.

[21] <http://www.flarion.com/>.

[22] A. O'Neill, G. Tsirtsis and S. Corson, "draft-oneill-craps-handoff-00.txt," Internet Draft, 2000.

[23] Alan O'Neill, M. Scott Corson and George Tsirtsis, "Routing and Handoff in the Edge Mobility Architecture".

[24] M. Speth, S. A. Fechtel, G. Fock and H. Meyr, "Optimum receiver design for wireless broad-band systems using OFDM-Part I," IEEE Trans. Commun., Vol.47, pp.1668-1677, 1999.



최혜은

e-mail : hechoi@camars.kaist.ac.kr

2002년 이화여자대학교 컴퓨터학과 학사
2004년 한국과학기술원 전자전산학과 석사
관심분야 : 컴퓨터 네트워크, 이동 통신



김남기

e-mail : ngkim@camars.kaist.ac.kr

1997년 서강대학교 컴퓨터학과 학사
2000년 한국과학기술원 전자전산학과 석사
2000년~현재 한국과학기술원 전자전산학과 박사 과정 재학중
관심분야 : 컴퓨터 네트워크, 인터넷, 이동 통신, Adhoc망



윤현수

e-mail : hyoon@camars.kaist.ac.kr

1979년 서울대학교 전자공학과 학사
1981년 한국과학기술원 전산학과 석사
1981년~1984년 삼성전자 연구원
1988년 오하이오 주립대학 전산학 박사
1988년~1989년 AT&T Bell Labs. 연구원
1989년~현재 한국과학기술원 전산학과 교수
관심분야 : Adhoc망, 암호학, 상호연결 네트워크, 병렬 컴퓨터