

차세대 패킷 기반 이동 통신 시스템에서 트래픽 분산을 위한 적응적 핸드오프 기법

(An Adaptive Handoff Method for Dynamic Traffic Distribution in Next-Generation Packet-based Mobile Systems)

김 남 기 [†] 최 혜 은 ^{**} 윤 현 수 ^{***}

(Namgi Kim) (Hyeeun Choi) (Hyunsoo Yoon)

요 약 3 세대 이상의 차세대 패킷 기반 이동 통신 시스템은 패킷 네트워크의 특성 때문에 사용자가 받는 서비스의 질이 셀(Cell)의 트래픽 부하량에 의해 직접적인 영향을 받는 구조로 되어 있다. 또 이동 통신 시스템에서 트래픽 집중화 현상은 시스템 자원을 충분히 활용하지 못하면서 호(Call) 탈락률을 높여 전체 시스템 성능이 떨어지는 핫셀(Hot cell) 문제를 야기한다. 그러므로 패킷 네트워크를 기반으로 하는 이동 통신 시스템에서 자원을 효율적으로 사용하기 위해 트래픽을 분산시키는 것은 매우 중요하다. 따라서 본 논문에서는 패킷 기반의 이동 통신 시스템에서 핸드오프 시 주변 셀의 부하 정보를 고려해 물려있는 트래픽을 주위로 분산시키는 적응적 핸드오프 알고리즘을 제안한다. 또, 패킷 네트워크에서 트래픽 부하를 측정하는 방법으로 MAC 상태도에서 트래픽 전송 및 트래픽 대기 상태에 있는 사용자의 수를 이용하는 기법도 제안한다. 그리고 모의 실험 결과를 통하여 제안하는 핸드오프 기법이 트래픽을 분산시켜 시스템 전체 측면에서의 자원을 효율성을 높이고, 사용자의 서비스 질을 보장함을 보인다.

키워드 : 이동 통신 시스템, 셀룰러 시스템, 핸드오프, 트래픽 분산

Abstract In the packet data network systems beyond 3G, the service quality of current users is affected by traffic load due to the packet burstiness. There also exists a hot cell problem, a well-known problem of cellular systems, caused by traffic centralization. Hot cell problem is one of the major reasons of degrading system performance because hot cell increases the call drop rate without fully utilization of system resource. Therefore, it is very important to distribute the traffic on the several neighboring cells so that system uses its resource effectively and maintains the quality of service. In this paper, we propose the adaptive handoff algorithms for distributing traffic in the packet data network systems. In addition, we propose a new load estimation method with MAC state diagram suitable for packet data network systems. Through the simulation results, we could find that proposed algorithm is able to improve efficiency of system resource and to assure the service quality of users through traffic distribution.

Key words : Mobile communication, Cellular system, handoff, traffic distribution

1. 서 론

이동 통신 시스템은 1세대 아날로그 시스템을 시작으로 2세대 디지털 시스템인 GSM(Global System for Mobile Communication), IS-95, IS-136 등을 거쳐 3

세대 시스템인 IMT-2000으로 상용화가 진행 중에 있다. 그리고 이런 진화과정을 기반으로 현재는 언제 어디서나 초고속 데이터 정보 접속이 가능한 4세대 이동 통신 시스템에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 이와 같은 상황에서 높은 비용과 한정된 양을 가지고 있는 무선 자원을 효율적으로 사용하기 위한 노력은 이동 통신 시스템의 세대와 관계 없이 지속적으로 진행 되어져 오고 있다. 한정된 무선 자원을 다양한 사용자가 효율적으로 이용하기 위해서 회선 기반 이동 통신 시스템에서는 FDMA, TDMA, CDMA, OFDMA 등의 다양한 다중 접속 방식(Multiple access scheme)을 제안하였다.

[†] 비 회 원 : 삼성전자 정보통신총괄 통신연구소 연구원
ngkim@camars.kaist.ac.kr

^{**} 비 회 원 : 한국과학기술원 전자전산학과
hechoi@camars.kaist.ac.kr

^{***} 중신회원 : 한국과학기술원 전자전산학과 교수
hyoon@camars.kaist.ac.kr

논문접수 : 2003년 11월 19일

심사완료 : 2005년 2월 4일

하지만 다중 접속 방식만으로는 회선 기반 시스템의 한계를 극복하지 못하기 때문에 3세대 이후의 이동 통신 시스템부터는 확률적 다중화 이득(Statistical multiple-xing gain)을 얻기 위해 패킷 기반의 이동 통신 시스템으로의 발전이 제안되고 있다. 패킷 기반 이동 통신 시스템은 무선 인터넷 인구의 증가와 더불어 FTP, Email, 멀티미디어 스트리밍(Multimedia streaming) 등의 다양한 데이터 서비스를 제공하기 위해서라도 반드시 필요한 기반 기술이라고 볼 수 있다.

이동 통신 시스템에서 각 기지국의 트래픽 부하는 사용자 분포의 비균등성과 단말의 이동성으로 인해 각 셀(Cell) 별로 일정하게 분포되지 못하고, 시간에 따라 특정 지역으로 몰렸다가 사라지는 트래픽 부하 불균형 현상을 가지고 있다. 따라서 주위의 셀에 비해 트래픽이 많은 핫셀(Hot cell)과 비교적 트래픽이 적은 쿨셀(Cool cell)이 나타나게 된다. 특히 유동인구가 많은 도심지역에서는 트래픽 불균형 현상이 심화되어 시스템 전체 관점에서는 사용자를 용량이 충분함에도 불구하고 특정 셀의 자원 부족으로 인해 서비스가 불가능한 결과를 초래하게 된다. 그러므로 트래픽 부하 불균등 현상은 전체적인 시스템 용량을 충분히 활용하지 못하면서 사용자가 느끼는 서비스 만족도도 저하시키는 문제점을 가지고 있다. 이와 같은 문제는 3세대 이상의 패킷 망 기반 시스템에서 패킷 데이터 트래픽이 갖는 폭주적 특성(Burstiness)으로 인해 더욱 심화될 것으로 예상된다. 따라서 본 논문에서는 패킷 네트워크 상에서 핸드오프를 통해 특정 셀로 집중되는 트래픽을 주위의 셀로 분산시키는 적응적 핸드오프 알고리즘을 제안하고자 한다. 제안하는 알고리즘은 트래픽 분산을 통하여 주위의 남아있는 자원을 활용하고 좀 더 많은 트래픽을 받아들여 시스템 전체적인 성능과 사용자의 만족도를 높이는 것을 목표로 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련연구에 대해서 살펴보고 3장에서는 고려하고 있는 시스템 구조와 트래픽 분산을 위한 적응적 핸드오프 알고리즘, 그리고 제안하는 알고리즘의 적용 방안에 대해 소개한다. 4장에서는 모의 실험을 통해 성능을 평가하고 그 결과를 분석한다. 마지막으로 5장에서는 결론을 맺고 향후 과제를 기술한다.

2. 기존 기술 연구

이동 통신 시스템에서 트래픽 부하를 분산시키고 무선 자원을 효율적으로 이용하기 위한 연구는 지금까지도 지속적으로 진행되어져 오고 있다[4-12,18-23]. 그 연구들을 크게 나누어 보면, 트래픽 부하(traffic load)가

많은 경우 해당 셀에 자원을 더 많이 할당하는 차등 자원 할당 기법과 현재의 자원으로 서비스를 할 수 없는 경우 다른 셀로 트래픽을 넘겨서 트래픽을 분산시키는 트래픽 분산 기법으로 나누어 볼 수 있다. 차등 자원 할당 기법들에는 각 셀에 자원을 동적(Dynamic)으로 할당하는 방법[4-7]과, 트래픽 부하 상황에 따라 유연성 있게 자원을 할당하는 방법[5-9], 그리고 각 셀에 일정한 자원이 할당된 상황에서 트래픽이 많아지는 경우 옆 셀의 자원을 빌려오는(borrowing)방법[10-12] 등이 제안되고 있다.

이에 반해 트래픽 분산 기법들은 트래픽 부하 불균등 문제를 해결하고 자원을 효율성을 높이기 위해 핸드오프를 이용한다. 핸드오프의 본래 목적은 단말(mobile node)의 움직임(mobility)으로 인해 현재의 기지국에서 멀어져서 다른 새로운 기지국 쪽으로 움직일 때에도 단말과 기지국 사이의 연결이 끊어지지 않고 계속 통신할 수 있도록 하는 것이다. 따라서 핸드오프는 대개 단말이 받는 신호의 세기(Received Signal Strength: RSS)를 기반으로 하여 수행된다. 하지만, 핸드오프 하려는 셀이 핫셀로 트래픽 부하가 높으면 핸드오프 요청이 받아들여지지 않을 확률(Call drop rate)은 높아지게 되고 사용자의 서비스 질도 저하된다. 따라서, 핸드오프 시, 각 셀의 트래픽 부하에 따라 핸드오프 시점을 조절함으로써 트래픽을 분산시키는 방법들이 연구되어져 왔다. 하지만 기존 핸드오프 알고리즘들은 몇 가지 문제점을 가지고 있다. 우선, 트래픽에 대해 수동적으로 대처하고 있다. 즉, 핫셀이 되고 난 후 또는 더 이상 트래픽 채널이 존재하지 않을 때가 되어야 트래픽에 상황에 대한 조치를 취하고 있다. 둘째로, 트래픽 분산을 위해서는 현재 셀이 가지고 있는 트래픽 부하에 대한 측정 기준이 필요한데, 기존 연구들은 여기에 대한 언급이 충분치 못하다. 기존 연구들에서 트래픽 부하 측정 방법은 대부분이 추상적이거나 서킷 기반 망에서 전용 채널(Dedicated channel)의 점유도를 단순히 이용하는 간단한 단계에 머무르고 있다. 하지만 본 논문에서 고려하는 패킷 기반 이동 통신 시스템은 공유 채널(Shared channel)을 이용하므로 전용 채널을 사용하는 서킷 기반 망에서처럼 트래픽 부하량을 쉽게 구해 내기가 어려운 면이 있다. 따라서, 패킷 네트워크 상황에 맞는 새로운 부하측정 방법이 필요하다. 마지막으로 기존의 연구들은 각 셀에서의 기지국이 트래픽을 분산시키는 주체가 되었기 때문에 트래픽 부하 상황에 대한 반응이 느린 단점이 있다. 그러므로, 본 논문에서는 패킷 망 기반의 이동 통신 시스템에서 단말이 좀 더 능동적으로 트래픽에 대처할 수 있는 핸드오프 알고리즘과 구체적인 메시지 구조, 그리

고 새로운 트래픽 부하 측정 방법을 제안하고자 한다.

3. 적응적 핸드오프 알고리즘

본 장에서는 패킷 네트워크를 기반으로 하는 이동 통신 시스템에서의 트래픽 분산을 위한 적응적 핸드오프 기법을 제안한다. 제안하는 기법은 고정된 히스테리시스(Hysteresis:HYS) 값과 트래픽에 따라 적응적으로 변화하는 임계값(Threshold)을 사용하여 트래픽을 분산시키는 방법을 사용한다. 핸드오프 시 그 기준을 두 기지국으로부터 오는 신호의 상대적 세기만으로 판단하면, 두 셀의 중첩 지역에서 단말이 두 셀 사이를 왔다갔다 하는 핑퐁 현상(Ping-pong effect)이 발생할 수 있다. 이를 막기 위해 타이머(Timer)나 히스테리시스를 사용하는데, [13]에 따르면 히스테리시스를 사용하는 것이 타이머를 사용하는 것보다 더 좋은 성능을 보인다. 따라서 제안하는 적응적 핸드오프 알고리즘에서도 핑퐁 효과를 방지 하기 위해 기본적으로 히스테리시스를 사용한다. 히스테리시스란 두 신호의 차이가 일정 수준 이상, 즉 히스테리시스 이상 차이날 때 핸드오프가 가능하도록 하는 방법을 말한다. 그리고 제안하는 적응적 핸드오프는 여기에 트래픽 부하를 보고 적응적으로 임계값을 조정하여 핸드오프를 시작할 시점을 결정하는 과정을 추가한다. 이 때 임계값을 조정하는 방법에 따라 제안하는 적응적 핸드오프 알고리즘은 단순 AHL 알고리즘과 동적 AHL 알고리즘으로 나누어 진다.

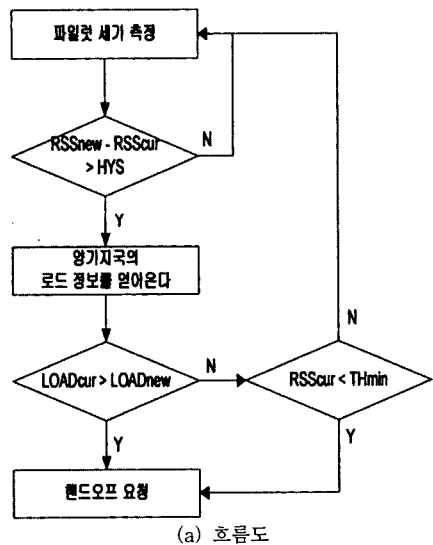
3.1 시스템 구조

본 논문을 위하여 고려하고 있는 시스템 구조는 다음과 같다. 네트워크 기본구조는 패킷 기반으로 같은 셀 내의 사용자들은 공용 트래픽 채널을 사용한다. 또, 단말은 통신하고 있는 현재의 기지국과 핸드오프 하려는 새로운 기지국으로부터 트래픽 부하 정보를 얻어낼 수 있다. 부하 정보는 기지국들 간의 정보교환 후 현재의 기지국으로부터 순방향 브로드캐스트 채널(Downlink broadcast channel)을 통해 두 셀의 정보를 모두 획득할 수도 있고 현재 기지국과 새로운 기지국으로부터 각각의 브로드캐스트 채널을 통해 직접 받을 수도 있다. 셀 배치 형태는 셀의 반경이 500m~1km 정도의 마이크로 셀(Micro cell)을 가정한다. 따라서, 셀간에 겹쳐지는 부분이 넓으며, 핸드오프의 영역의 확장으로 인해 핸드오프를 통해 이득을 볼 수 있는 확률이 높은 구조를 갖는다.

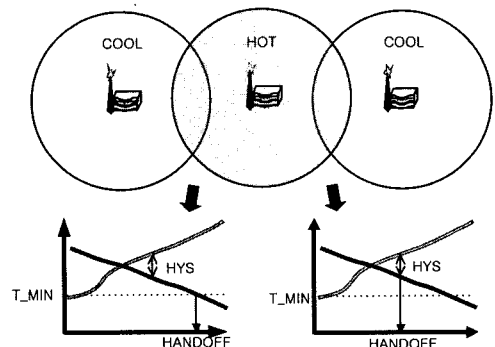
3.2 단순 AHL(Adaptive Handoff for Load balancing) 알고리즘

그림 1은 본 논문에서 제안하는 단순 AHL 알고리즘을 도식화한 것이다. 그림 1에서 보는 바와 같이 단순 AHL 알고리즘은 핫셀에서 쿨셀로 핸드오프 할 경우에

는 히스테리시스만 만족되면 핸드오프를 시작함으로써 핸드오프를 빠르게 수행하고, 쿨셀에서 핫셀로 핸드오프 할 경우 히스테리시스 뿐만 아니라 최소 임계값(Minimal threshold) T_{min} 을 만족할 때 핸드오프를 함으로써 최대한 셀에서 늦게 나가도록 한다. 즉, 단순 AHL 알고리즘은 현재 연결되어 있는 셀의 트래픽양과 핸드오프 하려는 셀의 트래픽양이 많고, 적응을 고려하여 핸드오프를 결정하는 시기를 핫셀로 들어오려는 단말은 최대한 늦게 핫셀로부터 나가는 단말은 최대한 빨리 함으로써 핫셀의 트래픽을 주위의 셀로 분산시킨다. 단순 AHL 알고리즘은 기존의 핸드오프 기법을 크게 변경시킬 필요가 없이 간단하게 혼잡한 지역의 트래픽을 분산시켜 줄 수 있다는 장점이 있다. 하지만 트래픽이 불균형적으로 몰린 이후에 동작한다는 단점도 지닌다. 따라서 다음 절에서 동적AHL 알고리즘도 함께 제안한다.



(a) 흐름도



(b) 개념도

그림 1 단순AHL 알고리즘

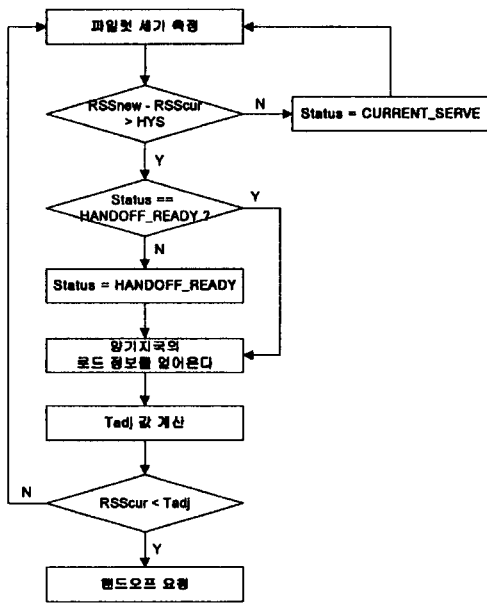
3.3 동적 AHL(Adaptive Handoff for Load balancing) 알고리즘

동적 AHL 알고리즘은 단순 AHL 알고리즘보다 좀 더 적극적으로 트래픽 양을 분산시킬 수 있는 알고리즘으로 두 셀의 트래픽 부하 차이에 따라 임계값을 동적으로 조절하는 방법이다. 동적AHL 알고리즘은 그림 2에서 보는 것과 같이 히스테리시스와 T_{adj} 를 동시에 만족할 때 핸드오프를 하게 된다. 동적 AHL 알고리즘에서는 일단 히스테리시스를 만족하게 되면, 그림 3과 같

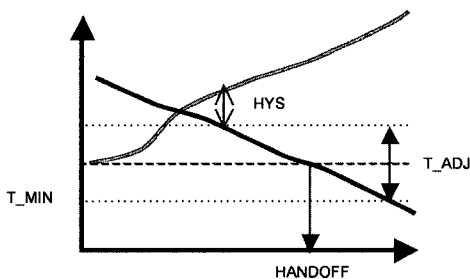
이 SERVE_CURRENT에서 HANDOFF_READY로 상태 천이가 일어나게 되는데, 이 때 현재 서비스를 받고 있는 기지국의 파일럿 세기를 T_{max} 로 놓는다. 그리고 임계값 T_{adj} 는 T_{max} 와 이미 정해져 있는 T_{min} 사이의 값으로 결정된다. 즉, 현재의 셀과 핸드오프 하려는 셀의 부하에 선형적 또는 지수적으로 가중치를 부여하고 계산을 통하여 T_{adj} 를 정하게 되는 것이다. 만약 HANDOFF_READY 상태에서 신호 세기의 차이가 히스테리시스를 만족하지 않게 되면 단말은 다시 SERVE_CURRENT 상태로 천이하게 된다.

동적 AHL 알고리즘에서 임계값 T_{adj} 를 T_{max} 와 T_{min} 사이에서 계산하는 방법은 다음과 같다. 현재 셀의 부하를 L_s , 핸드오프 하려는 셀의 부하를 L_i 라고 하고, 트래픽 부하 L_s, L_i 는 0과 1사이의 값이라고 한다. 이때, 두 셀의 부하의 차이 $L_s - L_i$ 는 -1과 1사이의 값을 갖게 되고, 임계값 T_{adj} 는 그림 4 그래프의 Y축 값으로 나타내어 질 수 있다. 즉, 트래픽의 양의 현재 상황을 고려하여 위의 그래프 중 하나를 적용함으로써 현재 셀과 핸드오프 하려는 셀 사이에서의 트래픽 부하 차이에 따른 적절한 임계값 T_{adj} 값을 조절할 수 있다. 현재 셀과 핸드오프 하려는 셀의 부하의 가중치를 똑같이 부여할 때는 그림 4 (1)처럼 선형적으로 T_{adj} 를 정할 수 있다. 반면에 현재 셀의 부하와 핸드오프 하려는 셀의 부하 그리고 두 셀의 부하 차이에 따라 가중치를 다르게 부여하려고 할 때는 그림 4 (2)~4 (5)처럼 지수적으로 T_{adj} 를 정할 수 있다.

동적 AHL 알고리즘은 트래픽 부하를 주변의 셀로 좀 더 확실하게 분산시켜줄 수 있으며, 트래픽이 한 곳을 모이는 것을 좀 더 적극적으로 막음으로써 핫셀이 생길 확률 자체를 낮출 수 있다. 따라서 동적 AHL 알고리즘을 적용하면 주변의 셀들과 트래픽 양의 균형을 유지하게 되어 시스템 전체 관점에서 각 셀의 자원을 골고루 사용할 수 있게 되며 핫셀이 생기지 않도록 최대한 각 셀의 트래픽 부하를 조절할 수 있게 된다. 하지만 단순 AHL 알고리즘에 비해 기지국 간에 부하 정보



(a) 흐름도



(b) 개념도

그림 2 동적AHL 알고리즘

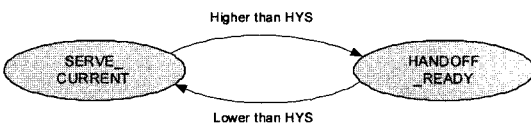


그림 3 동적AHL 알고리즘의 상태천이도

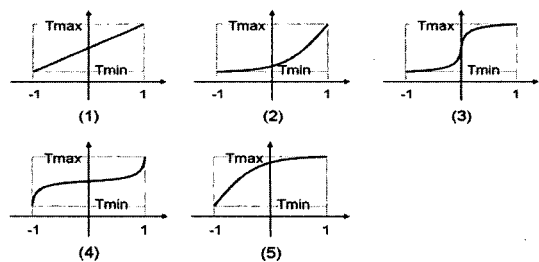


그림 4 적응적 임계값을 계산하는 관계식에 따른 그래프

교류가 주기적으로 더 자주 일어나야 하는 복잡성도 함께 지닌다.

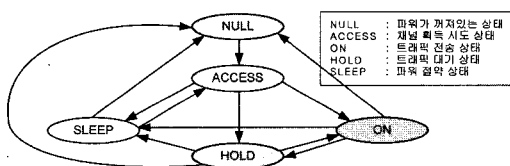
3.4 트래픽 부하량 측정 방법

트래픽을 분산시키기 위해서는 현재 셀이 가지고 있는 트래픽 부하량과 핸드오프 할 셀의 트래픽 부하량을 단말이 알아야 한다. 이전의 연구들에서는 서킷 기반 네트워크에서 전용 채널(Dedicate channel)을 사용하는 시스템을 가정하였기 때문에, 단순히 전용 채널의 점유율(Occupancy rate)을 가지고 각 셀에서의 트래픽 부하량을 계산할 수도 있었다. 하지만, 본 논문에서 고려하는 패킷 기반의 공용 채널을 사용하는 이동 통신 시스템의 경우, 사용자 별로 독점적인 채널을 할당하는 양을 뿐만 아니라 패킷의 폭주(Burstiness) 특성으로 인해 사용되는 채널의 양도 급격하게 변하게 된다. 따라서 패킷 네트워크에 적합한 새로운 트래픽 부하 측정 방법이 필요하다. 그러므로 본 논문에서는 MAC 상태에 해당하는 사용자의 수로 트래픽의 양을 측정하는 방법을 제안하고자 한다.

그림 5는 본 논문에서 패킷 네트워크 기반 이동 통신 시스템에서 트래픽 양을 결정하는데 기준으로 사용할 MAC 상태도이다[14]. 패킷 네트워크로 바뀌면서 ON과 SLEEP (또는 DORMENT) 상태로만 구성되었던 MAC 상태도에 패킷이 잠시 전송되지 않을 때의 사용되지 않는 자원을 활용하기 위한 HOLD 상태가 추가되었다. 즉, ON상태는 현재 데이터를 받고 있는 상태이며 HOLD는 현재 전송 받고 있지는 않지만 곧 전송될 트래픽을 기다리고 있는 상태이다. 다시 말해 ON은 순방향(Downlink) 과 역방향(Uplink) 트래픽 채널을 모두 가지고 있는 상태이고 HOLD는 순방향 채널과 얇은 역방향 트래픽 채널(Thin uplink channel) 을 가지고 있는 상태이며, 나머지 다른 상태에 있는 단말들은 트래픽 채널을 할당 받고 있지 않다. 따라서 AHL 알고리즘에서 트래픽 양을 측정할 때 현재 ON과 HOLD에 있는 단말의 수를 이용하여 평균 트래픽 부하를 다음과 같은 식으로 계산할 수 있다.

$$L = (ON_{current} + \alpha \times HOLD_{current}) / (ON_{total} + \alpha \times HOLD_{current}), 0 \leq \alpha \leq 1 \quad (1)$$

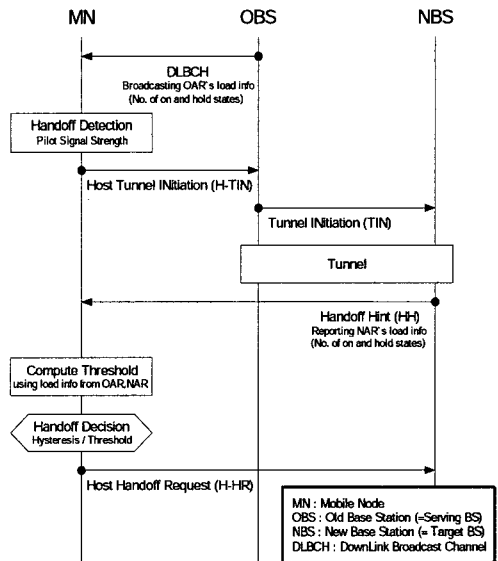
식 1에서 α 값을 통해 HOLD 상태에 있는 사용자가



가지고 트래픽 채널량을 얼마나 트래픽 부하 계산에 반영할 것인가를 결정할 수 있다. 식 1을 통해 나온 트래픽 부하량 L 은 0에서 1사이의 값을 가지게 된다. ON과 HOLD에 해당되는 단말이 각 기지국이 받아들일 수 있는 ON 수와 HOLD 수에 육박하는 경우에는 L 이 1에 가까워지고 핫셀로 간주된다. 반면, 해당되는 단말이 적어질수록 L 은 0에 가까워지고 콜셀로 간주되게 된다.

3.5 적응적 핸드오프 알고리즘 절차

3.1절에서 언급한 바와 같이 AHL 알고리즘은 기지국들 간에 통신을 할 수 있고 단말이 기지국으로부터 브로드캐스트 채널을 통해 필요한 정보를 받을 수 있는 시스템 구조 위에서 동작한다. 그림 6은 이러한 시스템 구조를 바탕으로 AHL 알고리즘을 실제 시스템에 적용할 때 필요한 메시지 정보 교환 흐름도이다. 그림에서 단말은 양 기지국으로부터 브로드캐스트 채널을 통해 트래픽 부하 정보를 제공받아 AHL 알고리즘에 입각해 단말 제어 핸드오프(mobile-controlled handoff)를 수행한다. 기본적인 핸드오프 과정은 Flarion이 제안한 핸드오프 절차 [15]를 기초로 하여 작성하였다. Flarion의 핸드오프는 4세대 이동 통신 핸드오프로 제안되고 있는 후보들 중 하나로 본 논문에서 고려하고 있는 시스템 구조와 매우 유사한 구조를 가지고 있다. 그림에서 AHL 알고리즘은 핸드오프를 시작하는 시점을 다르게 결정하는 방식이기 때문에 핸드오프 요청을 하기 전까지의 핸드오프 과정만을 제시한다. 본 논문에서 제안한 AHL 알고리즘에 필요한 트래픽 부하에 대한 정보는 순방향 브로드캐스트 채널(Downlink broadcast channel:



DLBCH)을 통해 단말이 기지국으로부터 주기적으로 전송 받는다. 그리고 단말에서 파일럿 신호 세기가 현재 기지국에서 받는 파일럿의 신호세기보다 히스테리시스 이상 큰 새로운 기지국을 발견하면 단말은 현재 셀의 기지국으로 H-TIN(Host Tunnel Initiation) 메시지를 보내어 새로운 기지국으로의 터널을 만들 것을 요청한다. 터널은 기지국끼리의 필요한 정보 또는 자료의 교환을 위해 형성한다. 기지국은 단말로부터 H-TIN 메시지를 받으면 TIN(Tunnel Initiation) 메시지를 단말이 핸드오프 할 새로운 기지국으로 보내 터널을 형성한다. TIN 메시지를 받은 새로운 기지국은 직접 단말에게 HH(Handoff Hint) 메시지를 보내게 되는데, 이 때 HH 메시지에 새로운 기지국의 트래픽 부하 정보를 실어서 단말에게 보내게 된다. 새로운 기지국이 단말에게 직접 보내지 못할 경우에는 현재 단말이 연결되어 있는 기지국에게 새로운 기지국의 트래픽 부하 정보를 알려주고 그 기지국이 다시 단말에게 알려주는 방식을 취한다. 이와 같은 과정을 통해 단말은 현재 셀의 부하와 핸드오프 하려는 셀의 부하 정보를 모두 알게 되고 획득한 정보를 이용하여 임계값 T_{adj} 를 조정한다. 그리고 단말은 마지막으로 히스테리시스와 위의 방법을 통해 계산된 임계값 T_{adj} 를 보고 이를 만족하면 H-HR(Host Handoff Request) 메시지를 핸드오프 할 새로운 기지국으로 보내므로써 핸드오프를 시작한다

4. 모의 실험

4.1 핸드오프 시점

본 절에서는 핸드오프 시작하는 지점의 위치에 관한 실험을 통해 제안한 핸드오프 알고리즘이 트래픽 분산 효과를 갖는지를 살펴본다. 따라서 고정 히스테리시스를 만족하는 단말이 쿨셀에서 핫셀로 갈 때는 최소 임계값을 적용하고, 핫셀에서 쿨셀로 핸드오프 할 때는 최소 임계값을 적용하지 않는 단순 AHL 핸드오프 알고리즘 상에서 두 경우의 핸드오프 시점을 비교하여 핫셀에서 쿨셀로 핸드오프 할 때 반대의 경우보다 빨리 핸드오프를 시작하는지를 실험을 통해서 확인한다. 실험에서 사용한 실험 변수는 표 1과 같다.

본 실험은 Matlab[16]을 이용하였고 1000번의 모의 실험을 수행해서 그 결과를 그림 7에 나타내었다. 그림

표 1 모의 실험 변수

전송 세기	0 db
셀 반경	1km(1000m)
기지국 A와 B 사이의 거리	2km(2000m)
Hysteresis	10db
Threshold(T_{min})	-97db

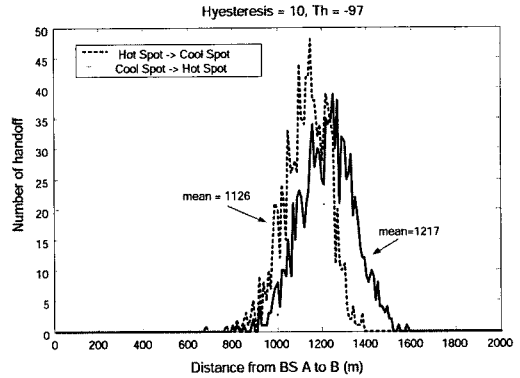


그림 7 핸드오프가 일어나는 지점

7은 기지국 A와 기지국 B가 2000m 떨어져 있을 때 측정한 값으로 X축은 기지국 A에서 기지국 B로 이동할 때 기지국 A로부터 떨어진 거리이고 Y축은 그 위치에서 발생한 핸드오프의 수이다. 그림 7에서 볼 수 있듯이 핫셀에서 쿨셀로 핸드오프를 할 때는 평균 1126m 정도에서 일어났으며 700m~1400m 사이에서 핸드오프가 일어난 반면, 쿨셀에서 핫셀로 핸드오프할 경우에는 핸드오프가 평균 1217m 근방에서 가장 많이 일어났으며 대개 800m~1600m 사이에서 핸드오프가 일어난 것을 알 수 있었다. 이 결과를 통해 제안한 알고리즘이 핫셀로 들어오는 핸드오프는 최대한 늦게, 핫셀에서 쿨셀로 나가는 핸드오프는 최대한 빨리 시작되도록 한다는 것을 확인할 수 있었다.

4.2 다중 셀(Multi-cell) 환경에서의 모의 실험

앞 절의 모의 실험을 통하여 제안한 알고리즘이 트래픽을 분산시킬 수 있다는 것을 확인하였다. 이번 실험은 그림 8과 같은 다중 셀 환경에서 실험을 함으로써 핫셀의 트래픽이 주위의 셀로 분산되는 정도와 트래픽 분산이 얼마나 시스템 성능을 향상시키는지 살펴보고자 수

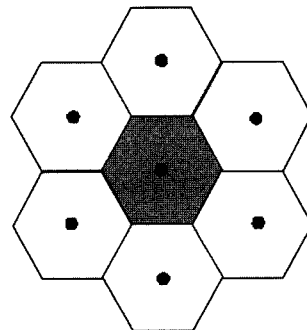


그림 8 다중 셀 배치도

행되었다. 즉, 단말이 여러 셀 간을 이동하는 다중 셀 환경에서의 실험을 통해서 트래픽을 분산시킴으로써 서비스의 질을 알 수 있는 호 탈락률이 개선된다는 것을 확인하고자 본 실험을 수행하였다. 이 실험에서는 고정된 히스테리시스와 고정된 임계값을 사용하는 기존의 전통적인 핸드오프 알고리즘과, 히스테리시스 값은 고정되어 있지만 임계값의 적용을 두 셀 사이의 트래픽 부하량을 비교하여 결정하는 단순 AHL 알고리즘을 비교 분석하였다.

시뮬레이터는 OPNET[17] 을 사용하였고, 70개의 이동 노드로 신규 호(New call)와 핸드오프 호(Handoff call)의 탈락률을 측정하였다. 신규 호란 이동 단말이 기지국으로 새롭게 접속을 요청하는 호를 말한다. 그리고, 한 기지국으로부터 서비스를 받고 있다가 단말의 이동으로 인하여 다른 셀로 이동함에 따라 현재 서비스 받고 있는 채널에서 다른 셀에 속한 채널로 전환을 요청하는 호를 핸드오프 호라고 한다. 전체 셀의 배치는 그림 8과 같이 가운데에 핫셀이 위치하고 그 주변에 6개의 셀이 둘러싸고 있는 형태이다. 주변 셀의 용량은 10으로 고정하고 핫셀의 가용 용량을 1에서 10까지 변화시키면서 호 탈락률을 살펴보았다. 셀의 용량이란 기지국이 한꺼번에 서비스할 수 있는 단말의 수로 용량이 10이라는 것은 10개까지의 단말을 한 번에 서비스할 수 있다는 것을 의미한다. 그리고 핫셀의 가용 용량이라는 것은 기존 용량 10에서 이미 사용되고 있는 용량을 뺀 나머지 사용 가능한 용량을 말한다. 즉, 핫셀의 가용 용량이 1이라는 것은 총 10개의 용량 중에서 이미 9개의 용량이 다른 단말에 의해 서비스를 받고 있고 새로운 호나 핸드오프 호를 받아 들일 수 있는 단말의 수가 1 개라는 것을 의미한다. 구체적인 모의 실험 환경은 표 2와 같다.

표 2 모의 실험 환경

Radio model		general radio model
Mobility	Model	random waypoint
	speed	0 ~ 30m/s
	pause time	0 ~ 60s
Traffic model		ON(10s)-OFF(30s) model
Capacity	Hot cell	1 ~10
	Other cells	10
Minimum threshold (Tmin)		-87
Normal threshold (Tnorm)		-83
Hysteresis		2

그림 9와 그림 10을 보면 모의 실험 결과 적응적 핸드오프 알고리즘이 기존의 핸드오프 알고리즘에 비해 전반적으로 호 탈락률이 낮음을 알 수 있으며, 핫셀의

용량이 커질수록 적응적 핸드오프 알고리즘이 기존 알고리즘보다 성능 더 좋아지는 결과를 보이고 있다. 이는 핫셀의 용량이 주변보다 적을 때에는 이동하는 단말을 주변의 셀로 분산시켜도 실제적으로 다른 단말을 받아들일만한 자원이 생기지 않기 때문이다. 하지만 이 경우에도, 핫셀의 크기가 실질적으로 작아지는 효과로 인해 핫셀에서 발생하는 신규 호 수가 줄어들면서 신규 호 탈락률이 낮아지고 핸드오프 호 수가 늘어나는 것을 볼 수 있다(그림 19, 20 참조). 그리고, 핫셀에 거주하는 단말이 거의 없는 상태가 되어 핫셀의 가용 용량이 주변 셀 용량과 같은 용량을 가지게 되면 적응적 핸드오프의 트래픽 분산으로 인한 효과가 더 많이 나타나는 것을 볼 수 있다.

호 탈락률 측면에서 적응적 핸드오프 알고리즘의 성능이 더 좋은 이유는 실질적으로 단말이 연결되는 핫셀의 크기가 작아짐에 따라 핫셀에서 발생하는 신규 호가 적어지고, 이로 인해 신규 호 탈락률도 낮아지기 때문이다(그림 12 참조). 또 핫셀에서 받아들여진 신규 호는 단말이 움직임에 따라 주위의 셀로 분산되고 또 다른 호를 받아들일 수 있는 공간을 만들어 주게 된다. 즉, 핫셀에서 낮아진 신규 호 탈락률(그림 12 참조)과 핸드오프 호 탈락률(그림 14 참조)은 전체 셀에서의 신규 호 탈락률(그림 11 참조)과 핸드오프 호 탈락률(그림 13 참조)에도 영향을 미쳐 전체 호 탈락률(그림 9 참조)도 함께 낮아지는 결과를 가져오게 된다. 그리고 용량이 커질수록 전체 호 수가 증가(그림 15 참조)하는 것은 호당 발생하는 핸드오프 수는 비슷하고 핫셀로 들어오는 핸드오프 수에도 변동이 없으나(그림 16 참조), 핫셀에서 더 많은 호를 받아들일 수 있어 받아들여진 호들이 또 다른 핸드오프 호로 연결되기 때문이다.

5. 결론

본 논문에서는 차세대 패킷 기반 이동 통신 시스템에서 트래픽 분산을 위한 적응적 핸드오프 기법과 패킷 네트워크에 적합한 트래픽 부하 측정 방안을 제안하였다. 고정된 히스테리시스와 임계값을 사용하는 기존 핸드오프 기법은 트래픽에 대해 수동적으로 대처하기 때문에 시스템의 자원을 효율적으로 사용하지 못하고 사용자의 서비스 품질을 저하시키는 문제점을 가지고 있다. 또, 트래픽 부하를 동적으로 분배하지 못하기 때문에 갑작스럽게 트래픽이 증가하는 상황에 빨리 대처하지 못한다는 한계를 가지고 있었다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 본 논문에서는 단말이 트래픽에 좀 더 능동적으로 대처하여 시스템 전체의 효율을 높일 수 있는 단순 AHL과 동적 AHL 알고리즘을 제안하였다. 또,

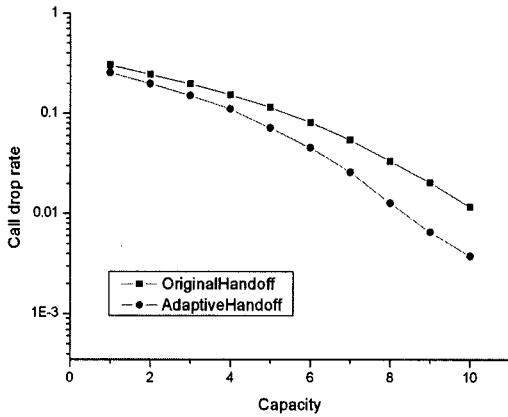


그림 9 전체 호 탈락률

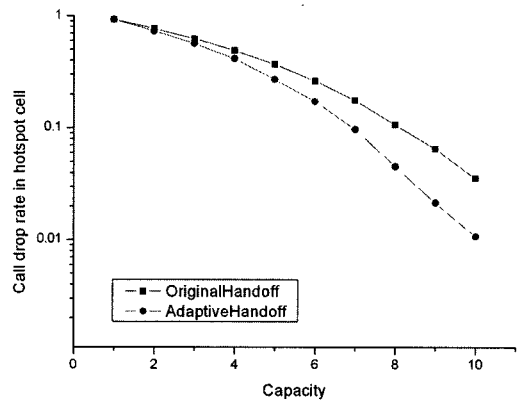


그림 10 핫셀에서의 호 탈락률

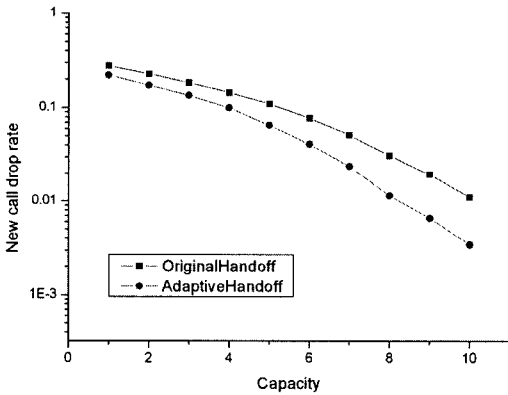


그림 11 전체 신규 호 탈락률

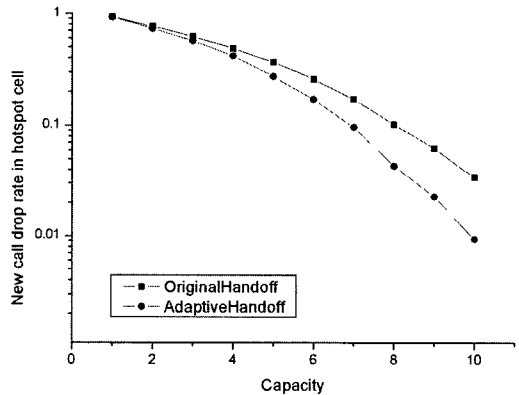


그림 12 핫셀에서의 신규 호 탈락률

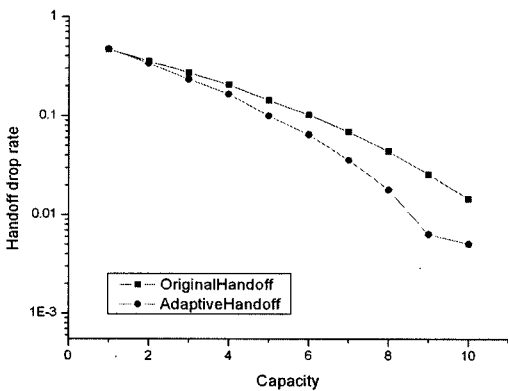


그림 13 전체 핸드오프 호 탈락률

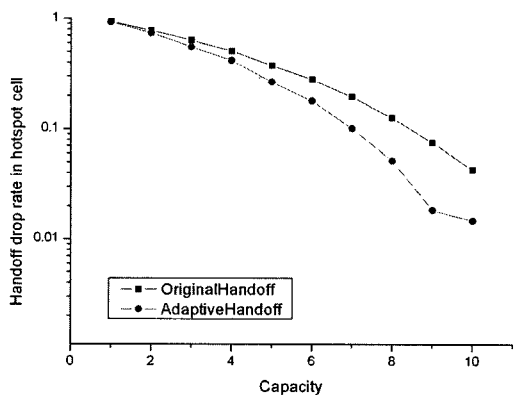


그림 14 핫셀에서의 핸드오프 호 탈락률

패킷 기반 네트워크에서 트래픽 부하량을 측정하는 새로운 기법을 제시하였다.

그리고 본 논문에서는 제안한 알고리즘에 대한 타당

성을 검증하기 위해 모의 실험을 수행하였다. 그 결과, 제안하는 알고리즘은 핫셀에서 콜셀로 이동할 때는 빨리, 콜셀에서 핫셀로 갈 때는 느리게 핸드오프를 시작하

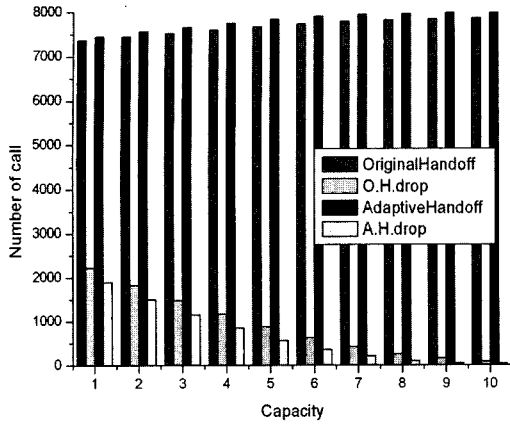


그림 15 전체 총 호 수와 탈락 호 수

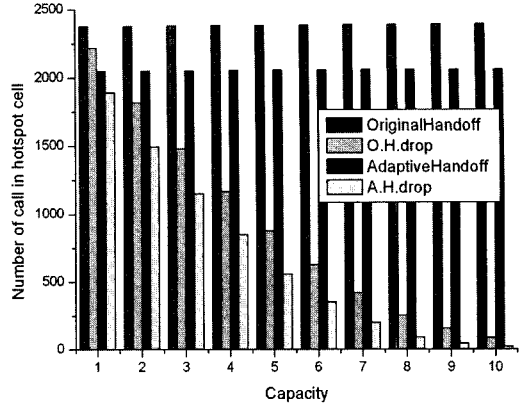


그림 16 핫셀의 총 호 수와 탈락 호 수

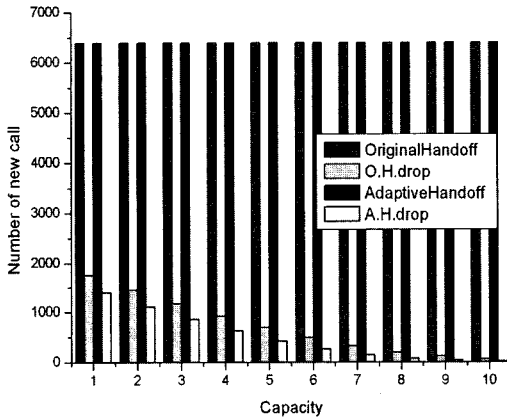


그림 17 전체 신규 호와 탈락 호 수

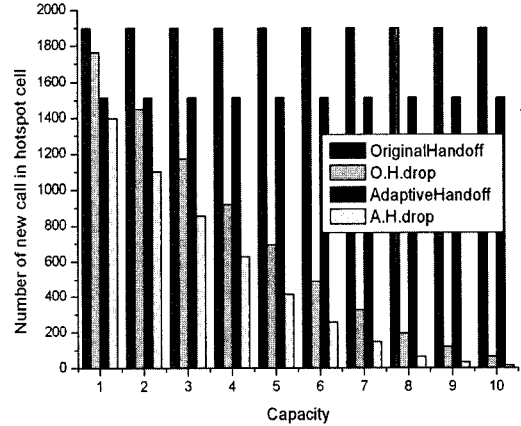


그림 18 핫셀의 신규 호와 탈락 호 수

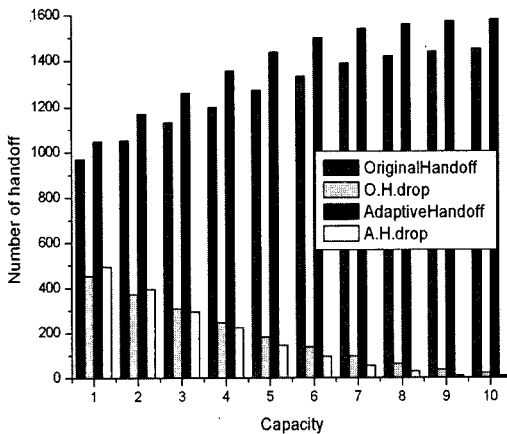


그림 19 전체 핸드오프 호와 탈락 호 수

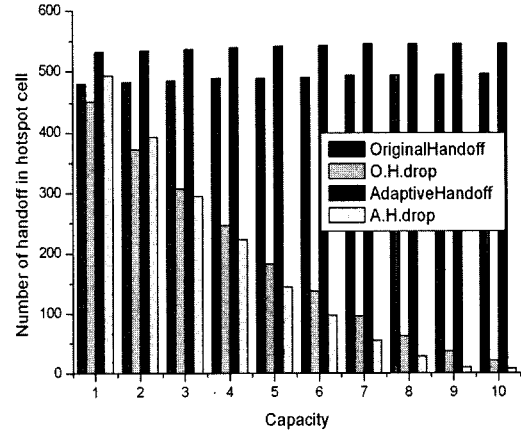


그림 20 핫셀의 핸드오프 호와 탈락 호 수

기 때문에, 핫셀의 크기는 줄이고 클셀의 크기는 늘려서

시스템 트래픽을 주변 셀로 분산시키는 효과가 있음

할 수 있었다. 그리고 다중셀 모의 실험을 통해, 신규 호와 핸드오프 호의 탈락률 측면에서 적응적 핸드오프의 성능이 기존 핸드오프보다 좋다는 것도 알 수 있었다. 따라서, 적응적 핸드오프는 트래픽의 부하를 각 셀에 적절히 분배 시킴으로써 전체적인 시스템의 성능 향상을 가져오며, 사용자가 느끼는 서비스의 질도 향상시킬 수 있음을 알 수 있다.

향후 연구 과제로는 여러 개의 핫셀이 함께 모여있는 중첩 다중 셀 환경에서 적응적 핸드오프 알고리즘의 성능을 측정해 볼 계획이다. 그리고 핸드오프와 연결 수락 제어(Connection Admission Control: CAC) 기법을 통합하여 빨리 핸드오프 되었을 때 호 탈락률 및 서비스 질을 향상시켜주는 방법에 대해서도 연구해 볼 계획이다. 또 마지막으로 기지국 간의 메시지 교환에서 보안 설정 문제에 관해서도 연구해 볼 예정이다.

참고 문헌

- [1] C.K. Kwabi, M.P. McDonald, L.N. Roberts, W.L. Shanks, N.P. Uhring, and C.J. Wu, "Operational advantages of the AT&T CDMA cellular system," Vehicular Technology Conference, 1992 IEEE 42nd, pp. 233-235, May 1992.
- [2] X.H. Chen, "Adaptive traffic load shedding and its capacity gain in CDMA cellular systems," Communications, IEE Proceedings, Vol. 142, No. 3, pp. 186-192, June 1995.
- [3] H.G. Jeon, et al, "A channel assignment scheme for reducing call blocking rate in a DS-CDMA cellular system," IEEE 6th International Conference on Personal Communications Record, pp. 637-641, October 1997.
- [4] D.C. Cox and D.O. Reudink, "Increasing channel occupancy in large scale mobile radio systems: dynamic channel reassignment," IEEE Transaction Vehicular Technology, Vol. VT-22, pp. 218-222, November, 1973.
- [5] M. Zhang and T.S. "Comparisons of channel assignment strategies in cellular mobile telephone systems," IEEE Transaction Vehicular Technology, Vol. 38, November 1989.
- [6] E.Del Re, R. Fantacci, G. Giambene, "Handover and Dynamic channel allocation techniques in mobile cellular networks," IEEE Transaction Vehicular Technology, vol. VT-44, no. 2, May 1995.
- [7] K.N. Sivarajan. R.J. McEliece, Ketchum, "Dynamic channel assignment in cellular radio," IEEE Vehicular Technology Conference, pp. 631-637, November 1990.
- [8] J. Tajima and K. Imanura, "A strategy for flexible channel assignment in mobile communication systems," IEEE Transaction Vehicular Technology, vol. VT-37, May 1988.
- [9] B. Narendran, P. Agrawal and D.K. Anvekar, "Minimizing Cellular Handover Failures without Channel Utilization Loss," IEEE Globecom, pp. 1679-1685, November 1994.
- [10] S.M. Elnoubi, R. Singh, and S.C. Gupta, "A new frequency channel assignment in high capacity mobile communication systems," IEEE Transaction Vehicular Technology, Vol. VT-31, no. 3, August 1982.
- [11] S. Tekinay and B. Jabbari, "Handover and channel assignment in mobile cellular network," IEEE Communication Magazine, November, 1991.
- [12] S.K. Das, S.K. Sen, R. Jayaram and P. Agrawal, "A Distributed Load Balancing Algorithm for the Hot Cell Problem in Cellular Mobile Networks," Proceedings. The Sixth IEEE International Symposium on High Performance Distributed Computing, August 1997.
- [13] R. Verdone and A. Zanella, "Performance of Received Power and Traffic-Driven Handover Algorithms in Urban Cellular networks," IEEE Wireless Communication, pp. 60-71, February 2002.
- [14] S. Kapoor and J. Li, "Initial Contribution on a System Meeting MBWA Characteristics," IEEE C802.20-03/16, March 2003.
- [15] A. O'Neill, M.S. Corson and G. Tsritsis, "Routing and handoff in the edge mobility architecture," ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review, Vol. 4, pp. 54-66, October 2000.
- [16] <http://www.mathworks.com/>.
- [17] <http://www.opnet.com/>.
- [18] A. Misra, et al, "IDMP-based fast handoffs and paging in IP-based 4G mobile networks", IEEE Communications Magazine, vol. 40, no. 3, pp. 138-145, March 2002.
- [19] A. T. Campbell, et al, "Comparison of IP micromobility protocols," IEEE Wireless Communications, vol. 9, no. 1, pp. 72-82, February 2002.
- [20] P. D. Silva and H. Sirisena, "A mobility management protocol for IP-based cellular networks", IEEE Wireless Communications, vol. 9, no. 3, pp. 31-37, June 2002.
- [21] N. Banerjee, et al, "Mobility support in wireless internet," IEEE Wireless Communications, vol. 10, no. 5, pp. 54-61, October 2003.
- [22] B. Sarikaya and S. Gurivireddy, "Evaluation of CDMA2000 support for IP micromobility handover and paging protocols." IEEE Communications Magazine, vol. 40, no. 5, pp. 146-149, May 2002.
- [23] S. Y. Hui and K. H. Yeung, "Challenges in the migration to 4G mobile systems," IEEE Communications Magazine, vol. 41, no. 12, pp. 54-59, December 2003.



김 남 기

1997년 서강대학교 컴퓨터학과 학사.
2000년 한국과학기술원 전자전산학과 석사
2005년 한국과학기술원 전자전산학과 박사
2005년 3월~현재 삼성전자 정보통신총괄 통신연구소 책임연구원. 관심 분야는 컴퓨터 네트워크, 인터넷, 이동 통신, Adhoc 망



최 해 은

2002년 이화여자대학교 컴퓨터학과 학사
2004년 한국과학기술원 전자전산학과 석사. 관심 분야는 컴퓨터 네트워크, 이동통신



윤 현 수

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. 관심 분야는 Adhoc망, 암호학, 상호연결 네트워크, 병렬 컴퓨터