

4G 셀룰라 망에서 적응적 핸드 오프 시간

김동욱⁰ 최혜은 김남기 윤현수
한국과학기술원
{kimdw⁰, hechoi, ngkim, hyoon}@camars.kaist.ac.kr

Adaptive handoff time in 4G cellular networks

Dong Wook Kim⁰ Hye Eun Choi Nam Gi Kim Hyunsoo Yoon
Dept. of EECS, Korea Advanced Institute of Science and Technology

요 약

우리는 4G 셀룰라 망에서 hot spot 셀 문제를 해결하기 위해 핸드오프 시간을 동적으로 사용하는 기법을 제안한다. 즉, hot spot 셀에서 나가는 핸드오프는 가능한 빠르게 수행하여 셀 부하를 줄이고 hot spot 셀로 들어가는 핸드오프는 가능한 느리게 수행하여 사용자의 연결 품질을 최대한 고려하는 알고리즘이다. 4G 망의 특징을 고려하여 hard handoff 절차를 가지면서 기존의 mobile-assisted network-controlled handoff를 그대로 사용하여 3G에서의 전이가 용이하다. 그리고 mobile IP 분야에서 연구되던 사전 등록 기법과 버퍼에 의한 저장 기법을 활용하여 핸드오프의 신뢰성을 높였다.

1. 서론

4G 셀룰라 망은 All-IP를 기반으로 액세스 망에서의 이동 노드와 기지국간 air interface는 현재 많은 업계에서 표준화 작업을 추진 중이다. 그 중에서도 인접 셀간 서로 다른 carrier를 사용할 수 있는 MC-CDMA (Multi-Carrier Code Division Multiple Access)나 FH-OFDM (Frequency Hopping Orthogonal Frequency Division Multiplexing)로 연구가 진행 중이다. 따라서 기존 CDMA시스템의 soft handoff보다는 hard handoff가 4G 망에서는 더 적합하다. 그리고 핵심 망은 액세스 라우터, 에지 라우터, 코어 라우터로 구성되며 기존에 존재하는 게이트웨이를 이용하여 외부 망(인터넷 망, PSTN 망 등)과 연결된다. 구체적인 구성은 그림 1과 같다.

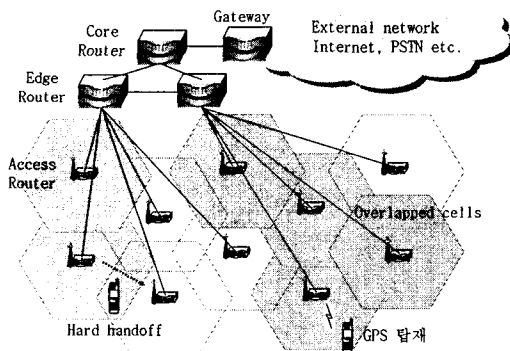


그림 1. 4G 셀룰라 망

셀 배치 정책은 셀의 크기가 기존 시스템보다 훨씬 작고 (반경 400m ~ 500m) 인접 셀간 많은 부분이 겹친 형태가 되도록 한다. [1]에서 언급한 바와 같이, 4G에서는 3G에서 추진 중인 원거리 패킷 기반 셀룰라 망에 근거리 액세스 기술인 IEEE 802.11의 wireless LAN이나 Bluetooth 기반의 wireless PAN을 접목시킨 여러 종류의 망이 혼재하는 이중 망을 구상하고 있다. 망이 혼재하게 되면 서로 다른 액세스 망이 겹친 상태로 존재하게 되어 이동 노드는 같은 망 또는 다른 망의 여러 기지국으로부터 데이터 통신이 가능한 일정 수준 이상의 신호를 받을 수 있게 된다. 그리고 4G로 발전하면 모든 이동 노드에는 GPS (global positioning system) 장비 탑재를 기본적인 조건으로 가정하고 이것을 이용해 에지 라우터들은 노드들의 위치, 속도, 방향 정보 등을 쉽게 얻을 수 있다.

IS-95 CDMA 시스템의 soft capacity는 짧은 기간 동안 많은 부하가 걸린 hot spot 셀 문제를 해결하기 위해 이동 노드에게 보내는 신호의 세기를 증가시켜 각 사용자의 SIR (Signal-to-Interference Ratio)을 높이는 방법을 사용한다 [2]. 이것은 hot spot 셀에 더 많은 사용자를 수용하도록 만들어 주지만 계속적으로 신호의 세기를 높이면 결국에는 한 기지국이 수용할 수 있는 total interference를 넘기기 되어 전체 통신이 마비되는 현상이 발생하고, 또한 이웃 셀에게 과도한 외부 간섭을 일으키는 문제를 야기한다.

그림 2.1과 같이, 셀 A부분에 짧은 시간 동안 많은 사용자가 몰려 일시적으로 hot spot 셀이 되었고, 주변 셀들은 상대적으로 부하가 적은 상황을 가정해 보자. 이 때 셀 A의 사용자들에게 서비스를 제공해 주기 위해서는 집중된 부하를 가능한 줄여야 할 뿐 아니라, 새로이 생기는 연결이나 셀 A로 들어가는 핸드오프 연결에 대해서도 최대한 서비스를 제공해 주어야 한다.

* 본 연구는 첨단정보기술 연구센터를 통하여 과학재단의 지원을 받았고 대학 IT연구센터 육성·지원사업의 연구결과로 수행되었음

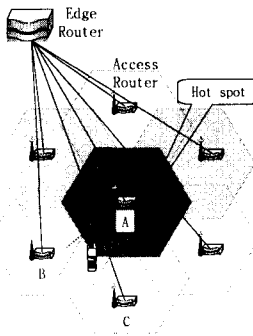


그림 2.1 hot spot 셀 문제

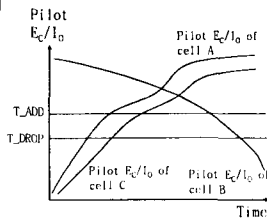


그림 2.2 pilot 신호 세기

지금까지 hot spot 셀 문제를 해결하기 위한 많은 논문들이 제안되었는데, 대부분의 연구가 사용자의 연결 품질은 고려하지 않고 hot spot 셀의 부하를 줄이는 면에만 초점을 맞추고 있다. 따라서 우리는 각 셀의 부하에 따라 핸드오프 시간을 적응적으로 수행하는 기법을 이용해 hot spot 셀에서 나가는 연결은 되도록 빨리 핸드오프 시키고 hot spot 셀로 들어오는 연결은 최대한 천천히 핸드오프 시키고자 한다. 이 기법은 hot spot 셀의 부하를 이웃 셀로 효율적으로 분배하면서 각 사용자 연결 품질을 고려하는 이득을 동시에 얻을 수 있다. 다음 장에서는 hot spot 셀 문제를 해결하기 위한 기존 연구에 대하여 살펴 보고, 3장에서 우리가 제안한 방법을 설명하고, 4장에서 결론 및 향후 과제에 대하여 논의한다.

2. 관련 연구

Hot spot 셀 문제에 대한 CDMA시스템의 soft capacity가 지닌 문제의 해결책으로 다음과 같은 연구들이 있다.

2.1 Adaptive traffic load shedding (ATLS)

[2]에 제시된 ATLS는 전송 파워를 변화시켜 실제 서비스 영역을 동적으로 줄임으로써 자신의 부하를 이웃 셀로 넘겨주는 기법이다. 기존의 IS-95 CDMA 시스템은 hot spot 셀의 모든 노드에 대하여 전송 파워를 변화시키지만, 이 기법은 이웃 셀로 핸드오프 하려는 노드에 대해서만 파워를 변화시킨다.

이 기법의 단점은 hot spot 셀이 독자적으로 수행할 수 없고 이웃 셀과의 협상을 거친 뒤에야 가능하기 때문에 빠르게 변화하는 트래픽에는 적용하지 못한다. 그리고 임의적으로 셀 크기를 이웃 기지국과의 협상을 통해 변화시키는 것이기에 hot spot 셀 문제에만 적용할 수 있을 뿐, 정상 시 발생하는 셀 부하를 해결하는 방법으로는 적절하지 않다.

2.2 Soft handoff area resizing

Jeon, Hwang [3]에 의하여 제안된 이 기법은 hot spot 셀의 soft handoff 영역을 줄이기 위해 soft handoff upper threshold (T_{DROP})를 동적으로 변화시키는 것이다. 즉, soft handoff 영역을 줄이게 되면 원래 그 영역에 존재하던 데이터 채널이 강제 해제되고 이로 인하여 생긴 데이터 채널은 새롭게 생기는 연결에 할당될 수 있다.

이 기법의 특징은 hot spot 셀에서 T_{DROP} 값을 증가시키면 상대적인 soft handoff 영역의 크기가 줄어들게 되어 이 셀이 관리하는 이동 노드 수가 적어지기 때문에 부하가 주변 셀로 분배되는 효과를 가진다. 그리고 남은 데이터 채널을 새로운 연결에 할당함으로써 hot spot 셀 내에 더 많은 사용자를 수용할 수 있는 장점을 가지고 있다. 하지만 이 영역의 축소로 인하여 데이터 채널을 잃은 노드들의 갑작스런 연결 끊김은 사용자 연결 품질에 악영향을 미치고 이것은 새로운 연결보다 핸드오프 연결을 더 중시하는 사용자 측면의 품질을 완전히 무시한 방법이다. 또한 연결을 재설립하기 위해서는 주변 기지국으로부터 원래보다 더 큰 파워의 신호로 받아야 하기 때문에 이웃 셀의 이동 노드들에게 엄청난 간섭을 야기할 수 있다.

3. 적응적 핸드오프 시간

기존에 연구된 두 방법은 hot spot 셀 자체의 부하를 줄이는 것에만 초점을 맞추고 핸드오프 되는 각 사용자의 연결 품질에 대해서는 고려하지 않았으며 더욱이, hot spot 셀로 들어오는 사용자에게 해당 연결이 끊어지는 문제를 야기할 수 있다. 따라서 이 논문에서는 hot spot 셀의 부하를 이웃 셀로 분배하고 각 사용자의 연결 품질을 최대한 고려하기 위해 각 셀의 부하에 따라 핸드오프 시간을 동적으로 수행하는 방법을 제안한다. hot spot 셀에서 부하가 적은 이웃 셀로 이동하려는 노드에 대해서는 가능한 빨리 핸드오프를 수행함으로써 hot spot 셀의 부하를 효율적으로 이웃 셀로 분배한다. 또, hot spot 셀로 진입하려는 노드에 대해서는 가능한 부하가 적은 현재의 셀에서 최대한 데이터를 받도록 유도한 뒤, 서비스를 받고 있는 기지국 신호의 세기가 어느 일정 수준 이하로 떨어지면 비로소 핸드오프를 수행하되, 가능한 빠르게 수행하여 사용자의 연결 품질을 최대한 지원하는 기법이다. 여기서, hot spot 셀에서 나오는 노드를 빠르게 핸드오프 시키면 현 셀이 실제 서비스하는 이동 노드의 수가 줄어드는 것이기 때문에 기존 연구 [1]의 물리적인 크기를 축소하여 서비스 영역을 줄이는 방법과 같은 효과를 얻을 수 있다.

3.1 구체적인 기능 및 절차

기본적인 hard handoff 방식은 그림 2.2에 나타난 것처럼 pilot 신호 세기에 근거하여 이루어지는데, 4G 셀룰라 망에서는 인접한 셀간 상당 부분이 겹친 상태로 존재하기 때문에 여러 기지국으로부터 T_{ADD} 이상의 세기를 가진 신호를 받고 그림 2.1에서 셀 A, B, C의 pilot 신호의 세기가 T_{ADD} 이상 지속되는 시간도 길어지게 된다. hard handoff를 사용해야 하는 환경에서, 기존의 신호 세기를 이용한 셀 크기 변경 방법 [2]이나 적응적 threshold 기법을 이용한 핸드오프 영역 재조정 방법 [3]보다는 핸드오프 시간을 이용한 방법이 더 간단하고 적용하기에 용이하다. 그리고 우리가 제안한 방법은 hot spot 셀의 부하를 효율적으로 분배시킬 뿐만 아니라 각 사용자의 서비스 연결 품질까지 고려한다는 점에서 성능이 개선된 알고리즘이라 말할 수 있다.

그림 3.1과 3.2는 3GPP 표준 [4]에 나와 있는 hard handoff 절차와 셀 업데이트 절차를 응용하여 fast handoff time 절차와 slow handoff time 절차를 상세화한 것이다. 특히, slow handoff time 기법에서 edge router는 핸드오프 하려는 노드의 위치 정보를 통해 어느 셀로 이동하는지 살펴보고 부하 평가를 통하여 hot spot 지역인지 확인한다. 만약 그 셀이 hot spot 지역이면 이동 노드에게 "Pilot 신호

연속 측정 제어" 라는 새로운 메시지를 전송한다. 이것을 받은 이동 노드는 차후 edge router의 별다른 요구 없이, 기지국들의 신호 세기를 edge router에 빠른 주기로 리포트한다. Edge router는 이 측정치를 통하여 최대한 기존 셀에서 서비스를 받도록 유도한 뒤, 핸드오프를 수행한다. 나머지 다른 절차들은 현 시스템의 mobile-assisted network-controlled (MANC) handoff를 그대로 이용하고 있으며 이로 인해 3G에서 4G로의 전이가 용이하다.

그리고 hard handoff 방식의 특성 상 이동 노드가 기존 셀에서 새로운 셀로 이동할 때, soft handoff와는 달리 연결을 끊고 재 설립 하는 과정에서 data의 손실 및 지연이 발생할 수 있다. 이를 보완해 주기 위해 Mobile IP [5]분야에서 많은 연구가 행해진 사전 등록 기법과 버퍼를 통한 데이터 저장 [6]기능을 수행 과정에 섞어 핸드오프에 신뢰성을 높였다.

속도와 같은 이동 정보를 효과적으로 예측할 수 있다. 따라서 기존 시스템보다 지능적인 핸드오프 수행이 가능하고 우리의 기법을 훨씬 수월하게 적용하도록 만들어 준다. 예를 들어, 셀의 가장자리에 있는 노드들과 이동 중인 노드들을 쉽게 구별하여 hot spot 셀에서 나가는 핸드오프 연결은 빨리 수행하여 효율적으로 부하를 이웃 셀로 분배하고, 들어오는 핸드오프 연결은 가능한 지연시켜 최대한 서비스를 제공해 줄 수 있다.

4. 결론

4G 셀룰라 망은 인접 셀간 다른 carrier를 사용할 수 있기 때문에 soft handoff보다는 hard handoff가 시스템에 적합하다. 셀 배치 정책에서는 셀들의 많은 부분이 겹치도록 구성하며, 이 때 이 망에 존재하는 이동 노드들은 GPS 탑재로 각 edge router들은 위치, 속도, 방향 정보들을 쉽게 얻을 수 있다.

Hot spot 셀 문제를 해결하기 위해 제안된 기존의 연구들은 셀 부하를 줄이는 것에만 신경을 쓰고 각각의 사용자 연결 품질에 대한 고려는 하지 않으며 그 밖에 여러 가지 면에서 단점을 가지고 있는 반면, 우리가 제안한 적응적 핸드오프 시간 기법은 hot spot 셀의 부하를 효율적으로 줄여줄 뿐만 아니라 각 사용자의 연결 품질까지 고려한다. 그리고 3G에서 제안된 핸드오프 기법과 셀 업데이트 기법 그리고 MANC 기법을 그대로 사용하기 때문에 쉬운 전이가 가능하다.

앞으로 시뮬레이션을 통하여 적응적 핸드오프 시간 기법과 기존 연구들을 비교하고 성능 검증 및 평가할 것이며, 아울러 현재의 알고리즘은 single hot spot 셀만을 고려하는데 실제 상황에 맞추어 multi hot spot 셀 문제를 해결할 수 있도록 알고리즘의 확장 및 연구를 계속 수행할 예정이다.

참고 문헌

[1] Archan Misra, Subir Das, et al, " IDMP-Based Fast Handoffs and Paging in IP-Based 4G Mobile Networks ", *IEEE Comm. Magazine*, March, 2002
 [2] X.H. Chen, " Adaptive traffic load shedding and its capacity gain in CDMA cellular systems ", *IEE Pro. Comm.*, 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] 3rd Generation Partnership Project, TSG Radio Access Network, Interlayer procedures in Connected Mode (R5) 3GPP TS 25.303 v.5.1.0 (2002-06)
 [5] Charles E. Perkins, *Mobile IP*, Addison Wesley, 1998
 [6] Karim El Malki, et al, " Fast handoffs in Mobile IPv4 ", draft-elmaliki-mobilip-fast-handoffs-03.txt, IETF, Sept, 2000, work in progress

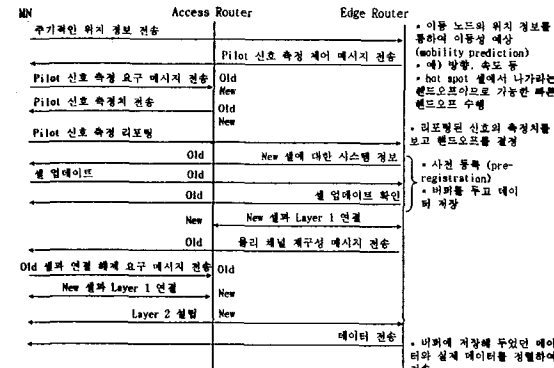


그림 3.1 fast handoff time

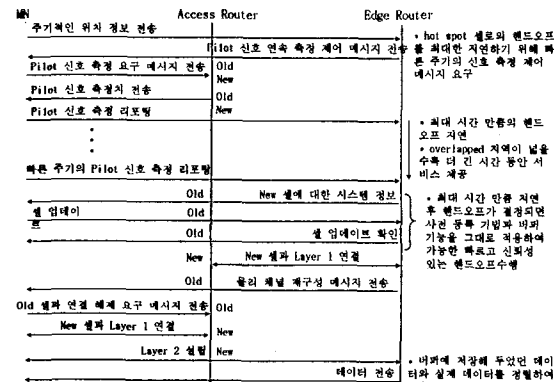


그림 3.1 slow handoff time

셀의 가장자리에서 인접한 셀로 이동하지 않고 통신을 수행 중인 이동 노드에 대하여 [3]에 제안한 적응적 threshold 기법을 사용하면 갑작스런 통신의 끊김이 발생할 수 있다. 하지만 우리가 제안한 방법을 적용하면 셀 가장자리에 위치하여도 강제로 채널이 끊길 염려가 없고 셀 부하가 클 경우 부하 분배를 위하여 옆 셀로 핸드오프 시켜 줌으로써 서비스를 충분히 제공할 수 있다.

4G 셀룰라 망에서 이동 노드들은 GPS를 탑재하여 서비스를 담당하는 각 edge router는 정지 및 이동 유무, 이동 방향