

계층 셀 구조에서의 호 처리 통합 프레임워크

조창현*, 송주석**

*연세대학교 컴퓨터 과학과

**연세대학교 컴퓨터과학과

e-mail:caravine@emerald.yonsei.ac.kr

A Integrated Resource Management Framework for Hierarchical Cellular Network

Chang-Hyun Cho*, Joo-Seok Song**

*Dept of Computer Science, Yonsei University

**Dept of Computer Science, Yonsei University

요 약

점증하고 있는 무선망에서의 다양한 멀티미디어 서비스를 안정적으로 지원하기 위해서는 효율적인 대역폭 관리가 필수적이다. 본 논문에서는 차세대 네트워크의 기반이 되는 계층 셀 구조에서, 대역폭의 효율적인 관리를 지원하기 위한 통합 프레임워크를 제안하였다. 현재 트래픽의 과밀도와 사용자의 이동성을 기반으로 적절한 셀 선택, 대역폭 예약 및 재설정, 버퍼링 등의 알고리즘을 설계하였으며, 이들을 유기적으로 통합, 시스템 전반의 QoS를 향상시켰다.

1. 서론

집적 기술의 향상과 무선 인프라의 확충은 최근 개인 이동 통신의 비약적 발전을 가져왔다. 이는 결과적으로 급격한 서비스 요구의 증가와 다양화를 야기했으며, 이를 보다 안정적이고 효율적으로 소화하는 것이 요청되고 있다. 무선망의 기본이 되고 있는 셀룰러 네트워크에서 이중 가장 핵심이 되고 있는 이슈는 대역폭의 효율적인 관리이다. 기존 매크로 셀 구조에서의 대역폭 한계는 셀 크기의 축소를 가져와 마이크로 셀, 피코 셀 등으로 중첩된 계층 셀 구조(hierarchical cellular system)가 등장하였다. 그러나 셀 크기의 축소를 통해 급격히 증가하게 되는 핸드오버와, 중첩된 셀 구조에서의 셀 할당에 관한 문제는 종전의 셀룰러 망과는 다른 방식의 대역폭 관리를 요구하게 된다. [2,5]

계층 셀에서의 셀 할당을 위한 연구들은 일반적으로 사용자의 이동 속도에 기반하고 있다. 즉, 속도가 빠른 단말을 매크로 셀에 할당하고 느린 단말을 마이크로 셀에 할당함으로써 시스템 전반의 핸드오

버를 줄이고, 이를 통해 핸드오버에서 발생하는 시그널 트래픽을 줄임으로서 오버헤드를 낮추고자 하는 것이다. 그러나 이 경우, 사용자의 속도를 판단하는 지표가 되는 threshold 값이 정적으로 세팅되어, 변화하는 트래픽 환경에 제대로 대처하기가 어렵게 된다. 또한 레이어 간 셀의 과밀도가 차이가 날 때, 특정 레이어의 셀이 충분한 가용 자원을 가지고 있음에도, 단순히 속도에 의해 혼잡한 레이어의 셀에 자원을 할당함으로써, 결과적으로 호의 블로킹 혹은 드로핑 확률을 높이게 된다.

본 논문에서는 이러한 배경에서 보다 효율적인 대역폭 관리를 위한 통합 프레임워크를 제안하고자 한다. 상기한 셀 할당 프로세스에서, 기존의 트래픽 과밀도를 이용, 속도 threshold를 동적으로 제어하고 레이어간 셀 할당을 신축적으로 운용함으로써 시스템 전반의 대역폭 활용도를 높이고 호의 드로핑, 블로킹 확률을 낮춘다. 또한 기존의 단일 레이어 상의 호 수락 제어 매커니즘에서 제안된 대역폭 예약, 재설정 알고리즘을 본 연구에 연동시킴으로써 보다 효

율적인 자원 관리를 위한 시스템을 구축하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 계층 셀 구조에 대해 개괄적인 설명을 하고, 3장에서는 제안한 프레임워크에 대한 통합적 모델을 제시하며, 4장에서는 이를 구성하는 각 모듈의 구조를 설명한다. 마지막으로 5장에서는 결론을 통해 향후 연구 전망을 서술하기로 한다.

2. 계층 셀

전술한 바와 같이 기존 셀의 대역폭 부족을 해결하기 위해 셀의 분화가 요청되었고, 이는 그림 1과 같은 셀의 계층화를 가져오게 되었다. 해당 그림에서 볼 수 있듯이, 셀의 크기가 커질수록, 높은 수준의 로밍 환경을 제공하지만 반대로 낮은 대역폭을 제공하게 된다. 따라서 이동성이 큰 단말은 큰 셀에, 대역폭 요구가 큰 단말은 작은 셀에 할당하는 것이 합리적인 방법이다.

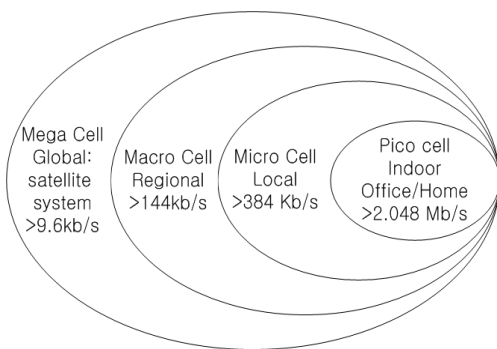


그림 1 계층 셀 구조

한편, 이러한 중첩된 셀을 구성하는 방법으로는 여러 가지 안이 제시되었다. 본 논문에서는 이중, 마이크로 셀과 매크로 셀의 2계층 셀 구조만을 다루기로 하며, 그중에서도 연속된 마이크로 셀 클러스터가 군집을 이루며 불연속적으로 매크로 셀 위에 분포하는 핫 스팟(hot-spot)모델을 따르기로 한다. 그림 2에서 볼 수 있듯이 해당 지역은 매크로 셀에 의해서만 서비스되는 지역과 마이크로 셀, 매크로 셀 모두에게서 서비스 받을 수 있는 오버레이(overlay) 지역으로 나뉜다. 기존의 연구는 이동 단말의 속도를 직접 측정하거나, 셀 상주 시간(cell dwell time)을 통해 이동 단말의 이동성을 계산, 빠른 단말은 매크로 셀에, 느린 단말은 마이크로 셀에 할당함으로써 핸드오버의 수를 최소화하는 방식을 취하고 있다. 핸드오버의 감소는 시그널 트래픽의 감소를 통해 시스템 오버로드를 줄여 주며, 인접 셀의 대역폭 부족시 발생하는 드로핑 확률을 줄여 전반적으로 시

스템 QoS를 향상시키게 된다.

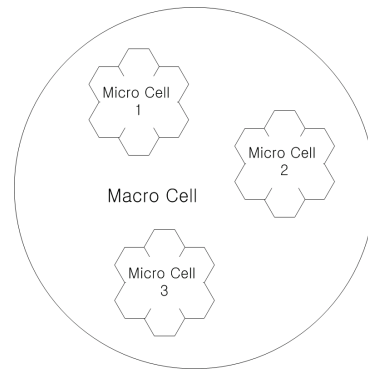


그림 2 핫스팟 오버레이 모델

3. 통합 프레임워크 모델

본 논문에서 제안한 프레임워크 모델은 그림 3에서와 같이 1)CAC(Call Admission Controller), 2)BW(Bandwidth) Reservation Manager, 3)BW Reconfigurator, 4)BW Buffer Manager 로 이루어진다. 특정 셀에서 발생한 신규 호나, 인접 셀에서 핸드오버되어 온 호의 경우 셀에 진입하였을 때 BS(Base Station)에서는 기존의 트래픽 과밀도 정보와 이동 단말의 이동성 정보를 가지고 호의 수락, 거부, 버퍼링 여부를 결정하게 된다. CAC는 기본적으로 단말의 속도와 현재 트래픽의 과밀도를 통해 적정 셀을 할당한 후 대역폭을 부여하거나, BW Buffer Manager에 호를 넘기게 된다. 한편, 호의 새로운 할당은 미래에 인접 셀에 대한 핸드오버 가능성을 가지게 된다는 점에서, 해당호의 이동성과 클래스를 고려, 인접 셀에 대한 예약을 필요로 하게 되는 데 BW Reservation Manager는 이러한 역할을 수행하게 된다. 이러한 예약을 통해 핸드오버 호에 대한 드로핑 확률을 줄일 수 있다. 또한 BW Reconfigurator 는 현재 셀에서 진행 중인 호들 중, 핸드오버 확률이 높고, 클래스가 낮으며(비실시간 트래픽), 대역폭의 신축적 운용이 가능한 트래픽을 대상으로 현재 트래픽 과밀도를 고려 주기적으로 대역폭을 조정한다. 이를 통해 확보된 대역폭은 트래픽이 폭주할 때, 사용되며 결과적으로 신규호의 블로킹 확률과 핸드오버호의 드로핑 확률을 모두 낮출 수 있게 된다. 마지막으로 BW Buffer Manager는 신규 호나, 핸드오버 호의 경우, 가용 대역폭이 없을 때, 임시적으로 버퍼링을 했다가 대역폭이 생겼을 때(서비스 중인 호의 종료, 핸드오버, 자원 재활당 등에 의해) 할당해주는 역할을 하는 모듈로서, 블로킹과 드로핑 확률을 낮출 수 있게 된다.

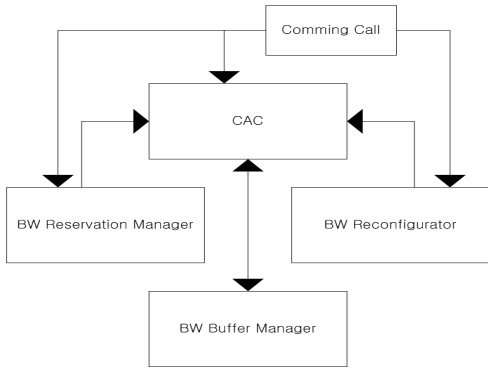


그림 3 통합 프레임 워크 모델

4. 프레임 워크 모듈

4.1 CAC(Call Admission Controller)

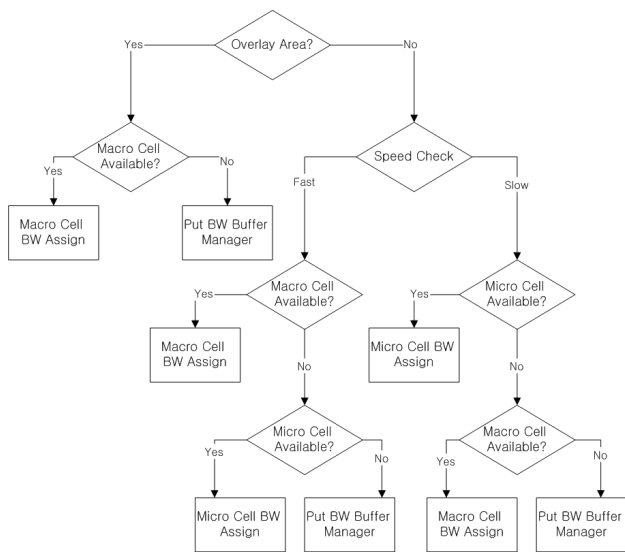


그림 4 CAC 알고리즘

위 그림 4는 CAC의 알고리즘을 보여주고 있다. 신규 호의 생성이나, 기존 호의 핸드오버시 해당 셀의 BS는 이 셀이 매크로 셀 단독 구역일 경우엔 매크로 셀에 할당한 후, 가용 자원을 살핀다. 그러나 오버레이 지역일 경우에는 호의 속도를 체크하여 빠른 노드일 경우엔 일단 매크로 셀에, 느린 노드일 경우에는 마이크로 셀에 할당하도록 한다. 그러나 이때 바로 셀 할당 후 자원을 분배하는 것이 아니라, 할당된 셀의 과밀도를 체크하여 과밀도가 특정 수준 이하일 경우에만 바로 서비스를 개시하고, 이상일 경우에는 다른 레이어 셀의 과밀도를 체크, 다시 과밀도가 특정 수준 이하인 경우엔 해당 셀의 자원을 분배하게 해준다. 매크로 셀과 마이크로 셀 모두의 과밀도가 특정 수준 이상일 때에는 BW Buffer Manager로 해당 호를 넘긴다. 이 때 특기할 점은 노드의 속도 평가로, 이는 항상 동일한 값으로

선택하는 것이 아니라, 현재 셀의 트래픽 과밀도를 실시간으로 체크하여, 현재 마이크로 셀의 과밀도가 높거나 매크로 셀의 과밀도가 낮을 때에는 기준 속도를 높여줌으로서 더 많은 노드가 매크로 셀에서 서비스 되도록 해준다.

```

if ((current_drop_rate in micro cell ≥ Th_drop_max)or
    (current_drop_rate in macro cell ≤ Th_drop_min))
    {Th_speed=Th_speed++;}
else if ((current_drop_rate in macro cell ≥ Th_drop_max)or
    (current_drop_rate in micro cell ≤ Th_drop_min))
    {Th_speed=Th_speed--;}
if (speed of comming call>Th_speed)
    assign call to fast class;
else assign call to slow class;
    
```

그림 5 Speed Check 알고리즘

4.2 BW Reservation Manager

기존의 호 수락 제어에 대한 연구에서 기본이 되는 것은 핸드오버 호의 신규 호에 대한 우선순위 부여이다. 이는 곧, 신규 호의 블로킹 보다 사용 중인 호의 드로핑이 더 사용자의 만족도를 떨어트린다는 판단에 의한 것이다. 이러한 맥락에서 핸드오버호의 예약을 통해 호의 드로핑을 막고자 하는 많은 연구들이 나왔는데, 이는 크게 보자면 정적인 가드 채널 방식과[6], 동적인 채널 예약 방식[3]으로 나누어 볼 수 있다. 정적인 예약 방식은 단순한 구현으로 현재 널리 사용되고 있지만, 특정 채널을 항상 핸드오버호를 위해서만 전용함으로써 신규호의 블로킹 확률을 높일 수 있고, 불필요한 예약을 통해 대역폭의 낭비를 초래할 수 있다. 연구 [3]은 해당 호의 이동성 정보를 이용하여 동적으로 인접 셀에 자원을 예약함으로써 대역폭의 효율성을 증대시키고 있다.

- R_{i,j} : 셀 i에서 j 예약되어야 할 자원
- N_j : 셀 j의 인접 셀의 집합
- S_i : 현재 셀 i에서 진행 중인 호들의 집합
- D : 예약도와 이동성을 고려한 상수

이라고 할 때, 현재 셀 j에서 예약되어야 할 대역폭 R_j 는,

$$R_j = \sum_{i \in N_j} R_{ij} = D \sum_{i \in N_j} \sum_{k \in S_i} I_k(i, j, t, T)$$

과 같다. 여기서 $I_k(i,j,t,T)$ 는 현재 시간 t 로부터 T 시간 후에, 셀 i 에 있는 호 k 가 셀 j 로 이동할 가능성에 대한 방향성 함수이다.

4.3 BW Reconfigurator

연구 [4]에서는 멀티미디어 호의 대역폭이 어느 정도 한계에서 신축적으로 운영될 수 있다는 데에 착안, 현재 셀에서 서비스 중인 호들을 몇 개의 클래스 그룹으로 나누고, 트래픽의 혼잡시에 이들 중 하위 클래스에 있는 호의 대역폭을 일부 회수, 핸드오버 호에 할당하는 방식을 제안하였다. 그러나 이 방법은 해당 호가 도착한 후 이러한 알고리즘을 사용함으로써, 대기 중인 호의 서비스 지연을 초래하게 된다. 본 논문에서는 BW Reconfigurator를 별도의 모듈로 두고, 트래픽의 혼잡도를 실시간으로 파악하여 신축적으로 호의 대역폭을 조정하여 가용한 대역폭을 늘리도록 한다. (그림 6)

```

if (traffic intensity > Thmax)
{
ca=NULL;
do{
ca=Next_Call(BW_Pool);
while(BW of ca > Min_Required_BW){
BW of ca --;
}while(ca!=NULL)
}
}

```

그림 6 BW 반환 알고리즘

4.4 BW Buffer Manager

해당 셀 내에서의 대역폭의 변화를 고려했을 때, 신규 호 혹은 핸드오버 호의 진입시, 가용 대역폭이 부족한 경우 일단 버퍼링을 한 후, 이후 가용 자원이 생겼을 때, 서비스를 재개한다면 드로핑 확률을 상당히 낮출 수 있게 된다. 연구 [1] 등은 이러한 점을 이용하여 각종의 버퍼링 기법을 제안하고 있다. 본 연구에서는 이러한 버퍼링을 이용하여 CAC 모듈에서 진입이 거부된 호들을 수용하거나, 드로핑하여 전반적인 QoS 향상을 도모한다.

5. 결론

본 연구에서는 차세대 무선망의 주축이 되는 계층 셀 구조에서의 자원 관리를 위한 통합된 프레임워크를 제시하였다. 또한 이의 요소가 되는 하부 CAC 모듈에, 동적인 과밀도 측정을 통한 속도 분류와 셀 할

당 알고리즘을 도입하였고, BW Reconfigurator의 실시간 대역폭 재할당을 통해 지연을 줄인 대역폭 증가를 가져왔다. 아울러 이들을 기존의 동적인 BW Reservation Manager와 BW Buffer Manager와 함께 연동시킴으로서 시스템 전반에 걸쳐 핸드오버호의 드로핑 확률과 신규호의 블로킹 확률을 낮추도록 하였다. 향후 과제로는 제안된 프레임워크를 구현하기 위한 각종 파라미터 값들을 확률적인 방법으로 구하고, 이들을 통합하여 성능 평가 해법으로서 검증하는 절차가 요청된다.

참고문헌

- [1] Gang Deng, Guang Yang, Yang Ji, Ping Zhang "A Novel Connect Admission Control Schemes Based on Adaptive Threshold Control in Cellular Network" in Proceedings of ICCT 2003
- [2] Chang, C, Chung-Ju Chang, Kuen-Rong Lo "Analysis of a hierarchical cellular system with renegeing and dropping for waiting new and handoff calls" Vehicular Technology, IEEE Transactions on , Volume: 48 , Issue: 4
- [3] Jian Ye, Jiongkuan Hou, Papavassiliou, S "A comprehensive resource management framework for next generation wireless networks" Mobile Computing, IEEE Transactions on , Volume: 1 , Issue: 4
- [4] Das, S.K., Sen, S.K, Basu, K, Haitao Lin "A framework for bandwidth degradation and call admission control schemes for multiclass traffic in next-generation wireless networks" Selected Areas in Communications, IEEE Journal on , Volume: 21 , Issue: 10
- [5] Sung-Hong Wie, Jae-Shin Jang, Byung-Cheol Shin, Dong-Ho Cho "Handoff analysis of the hierarchical cellular system" Vehicular Technology, IEEE Transactions on , Volume: 49 , Issue: 5
- [6] D. Hong, Rappaport, S.S. "Traffic model and performance analysis for cellular mobile radio telephone systems with prioritized and nonprioritized handoff procedures" Vehicular Technology, IEEE Transactions on , Volume: VT-35 , Issue3