

# 셀룰러 이동망에서의 우선순위 큐 기반의 2단계 호 수락 제어 기법

(A Two-Step Call Admission Control Scheme using Priority Queue in Cellular Networks)

김 명 일 <sup>†</sup>      김 성 조 <sup>\*\*</sup>  
(Myung IL Kim)      (Sung Jo Kim)

**요 약** 멀티미디어 어플리케이션은 문자 위주의 어플리케이션과는 달리 데이터의 연속성 때문에 QoS(Quality of Service)에 매우 민감하다. 셀룰러 이동망에서 고속으로 이동중인 사용자의 멀티미디어 어플리케이션에 대해 QoS를 지속적으로 제공하기 위해서는 효율적인 호 수락 기법이 필요하다. 본 논문은 우선순위를 이용한 호 수락 제어를 통해 MH(Mobile Host)에게 지속적인 QoS를 제공하는 2SCA(2-Step Call Admission) 기법을 제시한다. 본 논문에서는 셀의 크기가 작고, 서로 중첩되어 있는 셀 구조를 가정 하였으며, MH의 호를 신규호, 핸드오프호 및 QoS 상향조절호로 분류하여 각각 다른 처리 기법을 적용하였다. 2SCA 기법은 기본 호 수락제어와 응용 호 수락제어로 구성되어 있다. 전자는 셀의 가용 대역폭에 따라 호 수락을 결정하며, 후자는 기본 호 수락제어에서 블록킹된 호를 대상으로 각 호의 종류에 따라 *DTT*(Delay Tolerance Time), *PQueue*(Priority Queue), *UpQueue*(Upgrade Queue) 알고리즘을 적용하여 호 수락을 결정한다. 본 논문에서 제시된 2SCA 기법의 성능을 평가하기 위해, 신규호 블록킹률, 핸드오프호 드롭핑률, 대역폭 이용률을 측정하였다. 시뮬레이션 결과, 본 논문의 호 수락 기법이 CSP(Complete Sharing Policy), GCP(Guard Channel Policy) 그리고 AGCP(Adaptive Guard Channel Policy) 등과 같은 기존의 메커니즘보다 우수함을 알 수 있었다.

**키워드** : 이동 컴퓨팅, 호 수락, 우선순위, 핸드오프

**Abstract** Multimedia applications are much more sensitive to QoS(Quality of Service) than text based ones due to their data continuity. In order to provide a fast moving MH(Mobile Host) using multimedia application with a consistent QoS, an efficient call admission mechanism is in need. This paper proposes the 2SCA(2 Step Call Admission) scheme based on call admission scheme using priority to guarantee the consistent QoS for mobile multimedia applications. A cell proposed in this scheme are assumed to be small and overlapped with its neighboring cells. The calls of MH are classified into new calls, hand off calls, and QoS upgrading calls. The 2SCA is composed of the basic call admission and advanced call admission: the former determines the call admission based on bandwidth available in each cell and the latter determines the call admission by applying *DTT*(Delay Tolerance Time), *PQueue*(Priority Queue), and *UpQueue*(Upgrade Queue) algorithms according to the type of each call blocked at the basic call admission stage. In order to evaluate the performance of our mechanism, we measure the metrics such as the dropping probability of new calls, dropping probability of hand off calls, and bandwidth utilization. The result shows that the performance of our mechanism is superior to that of existing mechanisms such as CSP(Complete Sharing Policy), GCP(Guard Channel Policy) and AGCP(Adaptive Guard Channel Policy).

**Key words** : Mobile Computing, Call Admission, Priority, Handoff, QoS

· 이 논문은 2002학년도 중앙대학교 학술연구비 지원에 의한 것임

† 비 회 원 : 중앙대학교 컴퓨터공학부  
nicemi@konan.cse.cau.ac.kr

\*\* 종신회원 : 중앙대학교 컴퓨터공학부 교수

sjkim@cau.ac.kr

논문접수 : 2002년 7월 8일  
심사완료 : 2003년 4월 21일

## 1. 서론

최근 통신 기술의 급격한 발달로 인하여, 컴퓨터 자체를 이용한 정보처리보다는 네트워크를 통한 정보교환이 더욱 중요시되고 있는 추세이다. 또한, 무선 랜이나 인공위성을 이용한 무선 데이터 시스템과 같은 무선 네트워크 관련 기술이 급속히 발전하고 있다. 이러한 유·무선 네트워크 기술의 발전과 더불어, 사용자가 장소와 무관하게 이동 중에도 정보를 처리할 수 있는 이동 컴퓨팅 환경에서 사용자는 팜PC(palm PC), PDA(Personal Digital Assistant), 노트북(notebook) 등과 같은 휴대용 단말기를 이용하여 무선 네트워크를 통해 고정된 컴퓨터 시스템에 연결되어 서비스를 제공받는다.

이동 컴퓨팅 환경에서 사용자는 자유롭게 이동하면서 정보를 처리할 수 있으며, 무선 네트워크를 통해 인터넷과 같은 유선 네트워크에 접속하여 원하는 정보를 획득할 수 있다. 또한, 이동 컴퓨팅 환경에서도 오디오(audio), 비디오(video) 등과 같은 멀티미디어 데이터를 지원할 수 있어야 한다. 멀티미디어 데이터는 기존의 문자위주의 단순 데이터와는 달리 데이터의 연속성이 매우 중요하므로 QoS에 민감한 특성을 가지고 있다. 즉, 네트워크나 단말기의 불안정한 상태로 인하여 발생하는 멀티미디어 데이터의 끊김 현상은 QoS 저하를 가져온다[1].

Gbps의 대역폭을 갖는 유선 네트워크에 비해, 무선 네트워크는 상대적으로 낮은 대역폭을 제공하고 있으며, 단말기는 휴대성이라는 특징으로 인하여 데이터 처리능력, 저장장치, 입·출력장치 등의 성능이 낮다. 또한, 사용자의 이동에 따른 빈번한 단절현상(disconnection)과 데이터 지연현상(delay)은 높은 수준의 QoS를 제공할 수 없는 원인이 된다. 이와 같이 시스템 성능이 낮은 이동 컴퓨팅 환경에서 원활한 멀티미디어 서비스를 제공하기 위해서는 무엇보다도 MH에게 신속하고, 효율적으로 대역폭을 할당하는 것이 중요하다[2 5].

만일 어떤 셀에서 가용 대역폭이 부족한 경우, 각각의 핸드오프호와 신규호는 셀의 대역폭을 획득하기 위하여 서로 경쟁해야 한다. 이때, 소수의 MH가 많은 대역폭을 점유하면서 셀에 오랫동안 머무른다면 해당 셀에 진입하는 핸드오프호와 신규호는 대역폭을 할당받지 못하게 되어 호 드롭핑(dropping)이 발생한다. 본 논문에서는 멀티미디어 서비스를 이용하는 MH에게 보다 높은 우선순위를 부여하여, 기존의 호 수락 기법보다 공정하고 효율적인 호 수락 제어를 수행하는 2SCA 기법을 제시한다.

2SCA 기법은 기본 호 수락제어와 응용 호 수락제어

의 두 단계로 구성되며, 효율적인 호 처리를 위해 MH의 호를 신규호, 핸드오프호, QoS 상향조정호로 분류한다. 기본 호 수락 제어에서는 호의 종류에 관계없이 가용 대역폭의 양에 따라 호 수락을 결정한다. 그러나, 셀의 가용 대역폭이 호의 요구를 만족시킬 수 없을 때, 호의 종류에 따라 서로 다른 응용 호 수락 제어 기법을 적용한다. 핸드오프호의 경우, MH가 두 셀이 중첩되는 지역에 도달했을 때, 우선순위를 계산하여 목적 셀의 큐에 삽입한다. 그리고, MH의 핸드오프가 완료되어 목적 셀로 진입한 경우, MH의 우선순위에 따라 대역폭이 할당된다. 신규호의 경우, 호가 거절되면 DTT 동안 기다린 후 호 수락 여부를 다시 결정한다. QoS 상향조정호의 경우, 셀의 가용 대역폭이 임계치 이하이면 큐에 저장된 후, 가용 대역폭이 임계치(threshold) 이상이 될 때 FIFO(First In First Out) 방식에 의해 대역폭이 할당된다. 따라서, 2SCA 기법은 가용 대역폭을 효율적으로 사용하여 신규호 및 핸드오프호의 손실을 최소화하고, 대역폭 이용률을 증가시킬 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 이동 컴퓨팅 환경에서의 호 수락 제어 기법에 대해서 살펴보고, 3장에서는 본 논문에서 제시하고자 하는 효율적인 대역폭 할당을 위한 2SCA 기법에 대하여 기술한다. 4장에서는 시뮬레이션을 통하여 제시된 기법의 우수성을 검증하며, 마지막으로 5장에서는 결론과 향후 연구 방향에 대하여 논의한다.

## 2. 관련 연구

이동 컴퓨팅 환경은 고정 네트워크에 연결되어 있는 BS(Base Station)와 무선 네트워크를 통하여 BS와 통신을 수행하는 MH로 구성된다. MH가 이동 컴퓨팅 서비스를 받기 위해서는 사용할 어플리케이션의 종류에 따라 자신이 속한 셀의 BS로부터 적절한 양의 대역폭을 할당받아야 한다. 이와 같이 서비스의 시작을 위해 MH가 BS에게 전송하는 호를 신규호(new call)라고 한다.

고정 컴퓨팅 환경의 호스트와는 달리 이동 컴퓨팅 환경의 MH는 서비스를 받고 있는 도중에 셀과 셀 사이를 자유롭게 이동할 수 있다. 또한, 자동차나 기차를 이용하여 고속으로 이동할 수도 있다. 이와 같이 MH가 셀과 셀 사이를 이동하는 것을 핸드오프(handoff)라고 하며, MH가 핸드오프 시에 목적 셀의 BS에 전송하는 호를 핸드오프호라고 한다.

CSP(Complete Sharing Policy)[6]는 대역폭을 완전히 공유하는 형태로서, 신규호와 핸드오프호를 구별하지

않고 대역폭을 할당한다. 즉, MH가 신규호나 핸드오프호를 요청할 경우, BS는 가용 대역폭이 MH가 요구하는 대역폭을 만족하는 경우에는 호를 수락하고, 그렇지 않을 경우에는 호를 드롭핑한다. 그러나, 사용자의 관점에서 보면 핸드오프호의 드롭핑이 신규호의 드롭핑보다 불만족률이 훨씬 높다[2]. 따라서 핸드오프호에 신규호보다 높은 우선순위를 부여하는 호 수락 기법[2,7]이 제안되었다.

우선순위를 이용한 대표적인 호 수락 제어기법으로는 GCP(Guard Channel Policy)[3,4,6-8]가 있다. 핸드오프호를 위해 GCP는 각 셀에서 GC라 불리는 일정량의 대역폭을 예약한다. 예약된 대역폭은 신규호를 위해 사용되지 않으며, 우선순위가 높은 순서대로 핸드오프호에 할당한다. 이 기법은 핸드오프호 드롭핑률이 낮고, 비교적 구현하기 쉽다는 장점이 있지만, 대역폭 예약으로 인해 셀의 가용 대역폭이 줄어들어 신규호 블록킹률이 증가하는 단점이 있다. 또한, MH의 수가 급격히 증가하여 핸드오프호가 많아지면, 예약된 대역폭의 양이 부족하여 결국 핸드오프호의 드롭핑률이 증가한다. 그리고, 멀티미디어 서비스의 QoS를 보장하기 위해 서로 다른 양의 대역폭을 요구하는 핸드오프호에 대역폭을 공정하게 할당하기 어렵다.

AGCP(Adaptive Guard Channel Policy)[5,9]는 핸드오프호를 위해 예약 대역폭의 양을 네트워크 상태에 따라 적응적으로 조절하는 기법이다. 셀의 핸드오프호 드롭핑률이 임계치 이상이면, 예약 대역폭의 양을 증가시킨다. 셀의 신규호 블록킹률이 임계치 이하일 경우, 예약 대역폭 사용률이 임계치 이하이면 예약 대역폭의 양을 감소시키고, 임계치 이상이면 예약 대역폭의 양을 증가시킨다. 이 기법은 네트워크의 상태에 따라 예약 대역폭의 양을 조절하기 때문에 신규 호의 급격한 증가와 같은 상황에 적절히 대응할 수 없다는 단점이 있다.

HQP(Handoff Queueing Policy)[4,10]는 셀과 셀 사이에 중첩되는 영역을 이용하는 기법으로, 블록킹된 핸드오프호를 즉시 드롭핑 시키지 않고 큐에 삽입한다. 이후, 셀의 가용 대역폭이 큐에 삽입된 핸드오프호가 요구하는 대역폭을 만족시키면 호를 수락하고 대역폭을 할당한다. 이 기법은 핸드오프호 드롭핑률이 낮은 장점이 있지만, 피코 셀(pico cell)과 같이 핸드오프가 자주 발생하는 환경에서 실시간 멀티미디어 서비스를 제공하기에 부적합하다. 왜냐하면, 고속으로 이동하는 MH의 경우에는 중첩 영역에 머무르는 시간이 짧아서 그 시간 동안 핸드오프호가 요구하는 가용 대역폭이 확보된다는 보장이 없기 때문이다.

CSBP(Channel SuBrating Policy)[3,11]는 서비스를 수행중인 MH로부터 일정량의 대역폭을 회수하여 핸드오프호에게 할당하는 기법으로서 셀의 가용 대역폭이 핸드오프호의 대역폭 요구량을 만족시키지 못하는 경우에 적합하다. 이 기법은 핸드오프호 드롭핑률을 줄일 수 있다는 장점이 있지만, 대역폭을 회수당한 MH는 QoS가 저하된다는 단점이 있다. 또한 CSBP는 음성 서비스만 존재하는 PCS와 같은 시스템에서 적합하며[12], 음성, 비디오, 문자 등을 포함하는 멀티미디어 서비스에는 적합하지 않은 단점이 있다.

2SCA 기법은 HQP과 CSBP를 혼합한 형태의 우선순위 호 수락 제어 기법으로서, 두 단계의 호 수락으로 구성되어 있다.

### 3. 2SCA 기법의 설계

본 논문에서 효율적인 호 수락 제어를 위해 제시한 2SCA 기법의 전체적인 동작 과정은 그림 1과 같다. 기본 호 수락 단계에서는 블록킹(blocking)된 호를 즉시 드롭핑시키지 않고, 응용 호 수락 단계에서 DTT, PQueue, UpQueue 알고리즘을 적용하여 호 수락 제어를 수행한다. 이렇게 두 단계의 호 수락 제어를 수행함으로써, 신규호 및 핸드오프호의 드롭핑률을 감소시킬 수 있다. 기본 호 수락 제어는 호의 종류에 관계없이 셀의 가용 대역폭이 각 호의 요구를 충족시킬 수 있는지 여부를 검사한 후, 호를 수락하거나 블록킹한다. 응용 호 수락 제어는 기본 호 수락 제어에서 블록킹된 호를 대상으로 각 호의 종류에 따라 DTT, PQueue, UpQueue 알고리즘을 적용하여 호 수락 제어를 수행한다. 신규호는 DTT 동안 호 수락을 지연시킨 후 호 수

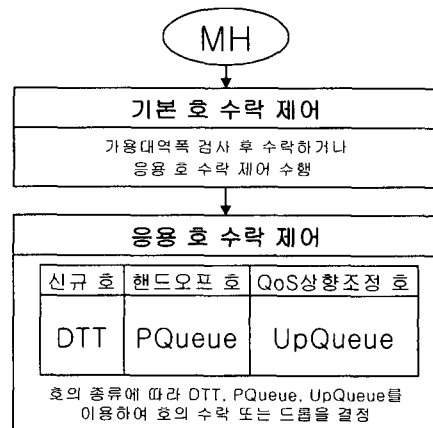


그림 1 2SCA 기법의 동작 과정

락을 재요청하고, 핸드오프는 *PQueue* 레벨에 따라 대역폭 회수 기법을 적용하거나 드롭핑시킨다. QoS 상향조정호의 경우에는 *UpQueue*를 기반으로 한 FIFO 방식의 호 수락 기법을 적용한다.

3.1 중첩된 셀 구조

본 논문에서는 핸드오프호 수락제어를 효과적으로 수행하기 위해 그림 2와 같은 중첩된 셀 구조를 가정한다. 일반적으로 이동 컴퓨팅 환경에서는 셀의 형태를 육각형으로 가정하고 있으나, 실질적으로 셀의 형태는 원에 가까우며 셀과 셀 사이에는 중첩된 영역이 존재한다. 셀D는 여섯 개의 셀과 이웃하고 있으며, 각 이웃 셀과는 중첩 영역이 존재한다. 이러한 중첩 영역에 위치하는 MH는 중첩 영역이 아닌 셀에 위치하는 MH보다 핸드오프가 발생할 가능성이 높다.

셀C 내의 MH가 셀D 방향으로 핸드오프될 때, 기본 호 수락제어는 MH가 셀 경계에 도달했을 때 수행되며, 응용 호 수락제어는 블로킹된 MH가 셀 경계와 셀D의 중첩 영역사이에서 이동할 때 주기적으로 수행된다.

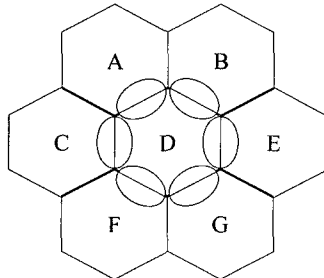


그림 2 중첩된 셀 구조

표 1은 2SCA 기법에서 사용되는 MH 정보, BS 정보 그리고 상수값을 요약한 것이다.

3.2 PQueue

*PQueue*는 핸드오프를 위해 중첩 영역에 진입한 MH에 대한 정보를 저장하는 테이블이다. MH가 셀의 중첩 영역에 진입하면, 목적 셀에서는 해당 MH의 핸드오프에 대비하여 자신의 *PQueue*에 해당 MH를 삽입한다. 예를 들어, 그림 3과 같이 현재 셀C에 위치한 MH<sub>1</sub>과 셀E에 위치한 MH<sub>2</sub>가 셀D 방향으로 이동해서 각각 셀C의 중첩 영역과 셀E의 중첩 영역에 도달하면, 셀D는 MH<sub>1</sub>과 MH<sub>2</sub>의 우선순위를 계산하여 *PQueue*에 삽입한다. 또한, 셀D에 위치한 MH<sub>3</sub>가 셀B 방향으로 이동해서 셀D의 중첩 영역에 진입하면, 셀B의 *PQueue*에 MH<sub>3</sub>의 정보를 삽입한다.

*PQueue*는 표 2와 같은 테이블로 구성되며, 각 필드의 역할은 다음과 같다.

MHID와 PrevBSID는 각각 MH의 ID와 MH가 중첩 영역에 진입하기 전에 위치했던 셀의 BS ID를 나타낸

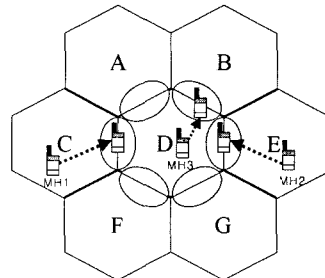


그림 3 셀D의 PQueue

표 1 MH 및 BS 관련 정보와 상수값

정보		의미
MH	PL	Priority Level ( <i>High</i> 또는 <i>Low</i> )
	UpType	MH가 요청한 QoS 상향조정호의 종류 ( <i>case1</i> 또는 <i>case2</i> )
	AllocatedBand	MH가 할당받은 대역폭
	$B^{req}$	MH의 신규호가 요구한 대역폭
	$B^{handoff}$	MH의 핸드오프호가 요구한 대역폭
	$B^{up}$	MH의 QoS 상향조정 호가 요구한 대역폭
BS	$B^{avail}$	셀의 가용 대역폭
	$B^{total}$	셀의 총 대역폭
	$B^{used}$	셀에서 사용중인 대역폭
	$B^{abstract}$	MH로부터 수집된 대역폭
	$B^{PQH}$	셀의 <i>PQueue</i> 에 삽입되어 있는 MH들의 대역폭 요구량 합
$Th_{up}$	QoS 상향조정호를 위한 임계치	
C	대역폭 회수 단위	

표 2 PQueue 필드

MHID	PrevBSID	CP
------	----------	----

다. CP(Call Priority)는 식 (1)에 의해 계산된 호 우선순위를 나타낸다.

$$CP = w_1 RP + w_2 AP + w_3 VP \quad \text{식 (1)}$$

식 (1)에서 RP(Range Priority)와 AP(Application Priority)는 각각 영역 우선순위와 어플리케이션 우선순위를 나타낸다. RP는 MH가 얼마나 목적 셀에 가까이 위치하고 있는가를 나타내는 것으로, MH가 최초로 중첩지역에 도달한 후 목적 셀 방향으로 이동을 계속하여 목적 셀에 진입하기 직전일 경우 가장 높은 값을 가진다. AP는 MH가 수행중인 어플리케이션의 종류에 따라 결정되는 우선순위로서, 멀티미디어 서비스인 경우에 더 높은 값을 가진다. VP(Velocity Priority)는 MH의 이동 속도에 의한 우선순위로서, 중첩 영역을 빠른 시간에 통과할수록 높은 우선순위를 가진다.  $w_1, w_2, w_3$ 는 각각 RP, AP, VP를 위한 가중치(weight factor)로서, 각 우선순위를 얼마나 반영할 것인가를 결정한다.

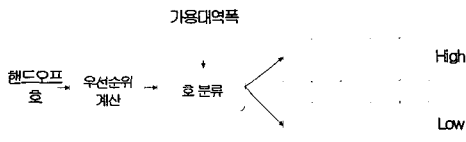


그림 4 핸드오프호 수락제어를 위한 호 분류과정

핸드오프호의 경우, 기본 호 수락제어 전에 MH가 셀의 중첩 영역에 진입하면 그림 4와 같은 호 분류를 수행한다. 우선순위 계산 단계에서는 식 (1)을 이용하여 핸드오프호에 대한 우선순위를 계산하고, 호 분류 단계에서는 계산된 우선순위 값과 목적 셀의 가용대역폭을 이용하여 핸드오프호의 우선순위 레벨을 High와 Low로 분류하여 저장한다. 각 레벨의 의미는 다음과 같다.

- ▶ **High** : 상대적으로 높은 우선순위를 갖는 핸드오프호로서, 요구하는 대역폭 할당을 보장받는다. High 우선순위를 받은 MH는 우선순위가 Low로 떨어지지 않는다.
- ▶ **Low** : 낮은 우선순위를 갖는 핸드오프호로서, 요구하는 대역폭 할당을 보장받지 못하며, 응용 호 수락 제어 시에 호가 드롭될 가능성이 높다.

호 분류를 수행하기 위해서는 목적 셀의 가용대역폭에 대한 정보가 필요하다. 셀의 가용대역폭( $B^{avail}_j$ )은 다음 식 (2)를 이용하여 계산된다.

$$B^{avail}_j = B^{total}_j - B^{used}_j \quad (2)$$

식 (2)에서  $B^{total}_j$ 는 셀j의 총 대역폭을 나타내며,  $B^{used}_j$ 는 셀j에 속한 MH들이 사용중인 대역폭의 양을 나타낸다.

호 분류는 호 분류 알고리즘(그림 5 참조)에 의해 수행된다.  $B^{TQB}_j$ (Total Queue Bandwidth)는 셀j의 PQueue<sub>j</sub>에 속한 MH들이 요구한 대역폭의 합을 나타내며, 다음 식 (3)을 이용하여 계산된다.

$$B^{TQB}_j = \sum_{i=0}^n B^{used}_{PQueue_i} \quad (3)$$

위의 식 (3)에서  $B^{used}_{PQueue_i}$ 는 PQueue<sub>j</sub>에 속하는 MH들이 사용중인 대역폭을 나타낸다.

```

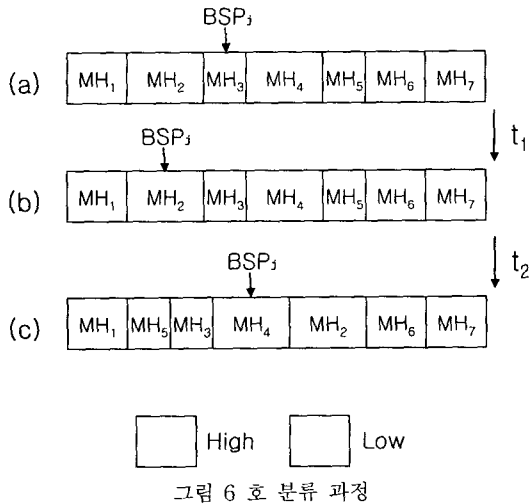
call_classification() {
    Input : B^{avail}_j, B^{TQB}_j, n, BSP_j
    Output : PL of MHs in PQueue_j

    if(B^{avail}_j >= B^{TQB}_j) {
        for(int i=0; i <= n; i++)
            PL of MH_i = High;
    } else {
        for(int k=0; k < BSP_j; k++)
            PL of MH_k = High;
        for(int m=BSP_j; m <= n; m++)
            if(MH_m enters PQueue, for the first time)
                PL of MH_m = Low;
    }
}
    
```

그림 5 호 분류 알고리즘

$BSP_j$ (Bandwidth Satisfaction Point)는 셀j의 가용대역폭이 PQueue<sub>j</sub>의 몇 번째 MH까지 만족시키는가를 나타내는 인덱스이다. 만일  $B^{avail}_j$ 가  $B^{TQB}_j$ 와 같거나 크다면 셀j의 PQueue<sub>j</sub>에 삽입되어 있는 모든 MH의 우선순위는 High가 된다. 그러나,  $B^{avail}_j$ 가  $B^{TQB}_j$ 보다 작다면,  $BSP_j$  이전까지 MH들의 우선순위는 High가 되고, 나머지 MH들의 우선순위는 Low가 된다. 이때,  $BSP_j$  이하의 MH들 중 이전에 우선순위가 High였던 MH들은 계속해서 High 우선순위를 받게 된다.

그림 6의 (a)는 셀j의 PQueue<sub>j</sub>에 7개의 MH가 우선순위에 의해 정렬되어 삽입된 예를 보여준다.  $BSP_j$ 가  $MH_3$ 를 가리키고 있을 때,  $MH_1$ 과  $MH_2$ 의 우선순위만 High가 되고, 나머지 MH들의 우선순위는 Low가 된다. 시간  $t_1$  경과 후, (b)와 같이  $BSP_j$ 가  $MH_2$ 를 가리킬 때, 호 분류 알고리즘에 의해  $MH_1$ 과  $MH_2$ 의 우선순위는 그대로 High가 된다.  $MH_3$ 의 경우에는 우선순위가 Low가 되어야 하지만, High 우선순위는 Low로 떨어뜨리지 않



는 정책으로 인해 우선순위가 High가 된다. (c)의 경우는 다시 시간  $t_2$  경과 후,  $BSP_j$ 가  $MH_4$ 를 가리키고,  $MH_1$ 의 우선순위가 상승되었을 때,  $MH_1$ ,  $MH_5$ ,  $MH_3$ ,  $MH_2$ 의 우선순위가 High가 되는 것을 보여준다.

위와 같은 호 분류 알고리즘은 중첩 영역에 처음 진입한 MH에 대해서만 적용하는 것이 아니라,  $PQueue_j$ 에 삽입되어 있는 모든 MH에 대해서 새로운 MH가 중첩 영역에 진입할 때마다 수행한다. 왜냐면, 새로  $PQueue_j$ 에 삽입될 MH에 대해서만 호 분류 알고리즘을 수행한다면,  $PQueue_j$ 에 들어있는 MH들의 우선순위가 바뀌지 않기 때문이다. 즉, MH의 현재 위치를 우선순위에 동적으로 반영하기 위해 주기적으로 호 분류 알고리즘을 적용하는 것이다. 만일 중첩 영역에 오랜 시간 동안 새로운 MH가 진입하지 않아서 호 분류 알고리즘이 수행되지 못했다면, 일정한 주기로 호 분류 알고리즘을 수행한다. 반대로 중첩 영역에 새로운 MH가 매우 빈번히 진입한다면, 새로운 MH에 대해서 호 분류 알고리즘을 적용하고, 이미  $PQueue_j$ 에 삽입되어 있는 MH에 대해서는 호 분류 알고리즘을 적용하지 않는다. 이러한 호 분류 알고리즘은 상대적으로 연산능력이 우수한 BS에서 수행되기 때문에, 시스템 부하에 영향을 주지 않을 것으로 예상된다.

### 3.3 UpQueue

MH가 현재의 QoS 수준을 높이고 싶을 때, 추가 대역폭을 요구하는 QoS 상향조정호를 셀의 BS로 전송한다. 이러한 QoS 상향조정호는 다음과 같은 경우에 발생하며, *case1*의 MH가 *case2*에 비해 더 높은 우선순위를 가진다.

- ▶ *case1* : 우선순위가 High인 MH를 위해 대역폭을 회수 당해 낮은 QoS를 적용받고 있는 경우
  - ▶ *case2* : 현재 수행중인 어플리케이션의 성능 향상을 위해 대역폭이 더 필요한 경우
- $UpQueue$ 는 다음 표 3과 같이 구성되며, 각 필드의 의미는 아래와 같다.

표 3  $UpQueue$  필드

MHID	UpType	CurrBand	ReqBand
------	--------	----------	---------

MHID는 MH의 ID를 나타내며, UpType은 *case1*과 *case2*를 구별하기 위한 것이다. 또한, CurrBand와 ReqBand는 각각 현재 셀의 BS로부터 제공받고 있는 대역폭의 양과 제공받기 원하는 대역폭의 양을 나타낸다.

### 3.4 2SCA 기법

2SCA 기법에서는 3.3절에서 설명한 것처럼, 각 호의 종류에 따라 두 단계의 호 수락 기법이 적용된다. 본 절에서는 2SCA 기법을 구성하는 기본 호 수락제어 및 응용 호 수락제어 기법이 상세히 다루어진다.

#### 3.4.1 기본 호 수락제어

기본 호 수락 제어는 신규호, 핸드오프호, QoS 상향조정호에 대해 표 4의 규칙에 따라 일차적으로 수행된다.

$B^{new}$ 과  $B^{handoff}$ 는 각각  $MH_i$ 의 신규호 요구대역폭과 핸드오프호 요구대역폭을 나타낸다. 그리고,  $B^{up}$ 는 QoS 상향조정호 요구대역폭을 나타낸다. 신규호의 경우,  $MH_i$ 의 요청에 의해 호 수락제어를 수행하며,  $B^{avail}_i$ 가  $B^{new}_i$  이상이면 호를 수락하고, 그렇지 않다면 호를 블록킹한다. 핸드오프호의 경우, MH가 셀 경계에 도달하면 호 수락제어를 수행하며,  $B^{avail}_i$ 가  $B^h_i$  이상이면 호를 수락하고, 그렇지 않다면 호를 블록킹한다. 그리고, QoS 상향조정호의 경우에는  $B^{avail}_i$ 가  $Th_{up}$  이상일 때, 수락제어를 수행하며,  $B^{avail}_i$ 가  $Th_{up}$  이상이라도,  $B^{avail}_i$ 가  $B^{up}_i$ 를 만족하느냐에 따라 호를 수락하거나 블록킹 한다. 블록킹된 신규호, 핸드오프호, QoS 상향조정호는 각 호의 종류에 따라 적절한 응용 호 수락제어를 수행한다.

#### 3.4.2 응용 호 수락제어

응용 호 수락 제어는 기본 호 수락 제어에서 블록킹당한 신규호, 핸드오프호, QoS 상향조정호에 대해 다시 한번의 호 수락 요청 기회를 주는 것이다. 즉, 기본 호 수락 제어에서 블록킹 되었다고 바로 호를 드롭핑하는 것이 아니라, 호의 종류에 따라 적절한 응용 호 수락 제어 기법이 적용된다.

표 4 기본 호 수락 제어

호 종류	적용시기	규칙		
신규호	MH <sub>i</sub> 요청 시	$B^{avail}_j > B^{req}_i$	수락	
		$B^{avail}_j < B^{req}_i$	블록킹 후 응용 호 수락 제어	
핸드오프호	셀 경계 도달 시	$B^{avail}_j \geq B^{handoff}_i$	수락	
		$B^{avail}_j < B^{handoff}_i$	블록킹 후 응용 호 수락 제어	
QoS 상향조정호	$B^{avail}_j$ 가 $Th_{up}$ 이상 발생 시	$B^{avail}_j > Th_{up}$	$B^{avail}_j \geq B^{up}_i$	수락
			$B^{avail}_j < B^{up}_i$	블록킹 후 응용 호 수락 제어
		$B^{avail}_j < Th_{up}$	블록킹 후 응용 호 수락 제어	

```

HandoffCall_AdmissionControl() {
    Input : Bavailj, Bhandoffi, MHi
    if (Bavailj ≥ Bhandoffi)
        Allocate Bhandoffi to MHi;
    else {
        if (There is MHi in overlapped area) {
            if (PL of MHi == High) {
                if (Bavailj < Bhandoffi)
                    Subrating();
                return;
            }
        }
        else drop the call;
    }
}
    
```

그림 7 핸드오프호 수락제어 알고리즘

```

Subrating() {
    Input : Bhandoffi, n, MHi, Victimj
    for (int m=0; m≤n; m++)
        if (Service Type of MHm is non-multimedia)
            Insert MHm to Victimj;
    for (int k=0; k≤# of MHS in Victimj; k++) {
        if (Bavailj < Bhandoffi) {
            Bavailj += C;
            AllocatedBand of MHk -= C;
        }
        else {
            allocate Bhandoffi to MHi;
            return;
        }
    }
    drop the handoff call of MHi;
    re-allocate the subrated bandwidth to MHS in Victimj;
}
    
```

그림 8 대역폭 회수 알고리즘

신규호의 경우, DTT 알고리즘이 수행된다. DT<sub>i</sub>와 DT<sub>j</sub>는 각각 MH<sub>i</sub>의 신규호가 블록킹된 후 경과한 시간과 블록킹된 후 신규호 수락을 재요청할 수 있는 최대시간을 나타낸다. DTT<sub>i</sub>는 MH<sub>i</sub>가 설정하는 값으로, 사용자의 개입없이 자동으로 신규호 수락 요청을 다시 보내는 시간이다. 기본 호 수락제어에서 신규호가 블록킹된 MH<sub>i</sub>는 DTT<sub>i</sub> 동안 호 수락을 반복적으로 요청한다. 즉, DTT<sub>i</sub> 안에 가용 대역폭이 신규호가 요청한 대역폭을 만족한다면 호를 수락하고, 그렇지 않다면 호를 드롭핑한다.

기본 호 수락제어 후 블록킹된 핸드오프호의 경우, MH<sub>i</sub>가 셀 중첩 영역을 벗어날 때까지 모든 블록킹된 핸드오프호에 대해 PQueue<sub>i</sub>를 이용한 핸드오프호 수락 제어 알고리즘(그림 7)을 주기적으로 수행한다.

셀의 경계에서부터 중첩 영역을 벗어날 때까지, MH<sub>i</sub>의 우선순위가 High가 되면 목적 셀의 가용 대역폭에 따라 핸드오프호가 요구한 대역폭을 할당하거나, 그림 8과 같은 Subrating()을 통하여 일정량의 대역폭을 회수하여 MH<sub>i</sub>에게 할당한다. 반면, MH<sub>i</sub>의 우선순위가 Low이면 대역폭 회수 알고리즘을 적용하지 않고, High로

승격될 때까지 기다린다. 우선순위가 Low인 MH<sub>i</sub>가 중첩 영역을 벗어날 때까지 우선순위가 High가 되지 않는다면, MH<sub>i</sub>의 핸드오프호는 드롭핑된다. 그림 8은 대역폭 회수 알고리즘으로 Victim<sub>j</sub>로부터 대역폭을 회수하여 우선순위가 High인 MH<sub>i</sub>에게 대역폭을 할당한다. 여기서 B<sup>handoff</sup><sub>i</sub>는 MH<sub>i</sub>가 핸드오프를 위해 요구한 대역폭의 양, 그리고 n은 셀에서 서비스를 받고 있는 MH의 갯수를 각각 의미한다.

Victim<sub>j</sub>는 셀에서 서비스를 받고 있는 MH중에서 비-멀티미디어 서비스를 이용중인 MH들의 집합으로서, Victim<sub>j</sub>에 속하는 MH는 우선순위가 High인 MH들을 위해 대역폭을 회수당한다. 비-멀티미디어 서비스를 이용중인 MH로부터 대역폭을 회수하는 것은 멀티미디어 서비스에 비해 QoS에 덜 민감하기 때문이다. Victim<sub>j</sub>중에서 우선순위가 가장 낮은 MH들부터 B<sup>handoff</sup><sub>i</sub>를 만족할 때까지 한 채널(C)씩 회수한다. 만일 회수한 대역폭 양이 MH가 요구한 양보다 적은 경우에는 해당 MH의 핸드오프호를 드롭핑시키고, 회수한 대역폭을 다시

MH들에게 반환한다. 이때 일반적으로 가장 낮은 대역폭을 요구하는 어플리케이션이 32kbps 정도의 대역폭을 요구하기 때문에[5], 본 논문에서 한 채널의 최소대역폭을 32kbps로 가정한다.

QoS 상향 조정 호의 경우, 어떤 셀에서 가용대역폭이 생겼다고 해서 기본 호 수락제어와 마찬가지로 무조건 *UpQueue*를 이용하여 QoS 상향조정을 하는 것이 아니라, 특정 임계치 이상의 가용 대역폭이 있는 경우에만 QoS를 상향조정한다. 왜냐면, QoS 상향조정호는 신규 호나 핸드오프호에 비해 우선순위가 떨어지기 때문이다. 즉, 임계치 이하의 가용 대역폭은 신규호나 핸드오프호 처리를 위해 사용된다. *UpQueue*를 이용한 QoS 상향 조정에서, 현재 셀에  $Th_{up}$  이상의 가용 대역폭이 있는 경우, QoS 상향조정호가 요구하는 대역폭(요청한 대역폭과 현재 할당받은 대역폭의 차이만큼)을 할당한다. 그렇지 않을 경우에는 QoS 상향조정호를 *UpQueue*에 저장한 후,  $Th_{up}$  이상의 가용 대역폭이 생긴 경우에 FIFO 방식에 따라 대역폭을 할당한다.

4. 성능평가

이 장에서는 시뮬레이션을 통해 본 논문에서 제안한 2SCA와 4.1절에서 기술한 호 수락제어 기법을 비교한다.

4.1 비교대상 호 수락제어 기법

본 논문에서 제시한 2SCA 기법의 성능을 검증하기 위해 2장에서 설명한 CSP, GCP 그리고 AGCP를 비교 대상으로 선정하였다. CSP는 신규호 및 핸드오프호의 구별없이 셀의 가용 대역폭이 MH가 요구하는 대역폭을 만족할 경우에 호를 수락한다. 즉, 핸드오프호에 우선순위를 적용하지 않고 신규호와 핸드오프호를 동일한 기준으로 처리하는 것이다. 이 기법은 신규호의 블로킹률은 낮지만, 핸드오프호의 드롭핑률이 상대적으로 높다.

GCP는 멀티미디어 핸드오프호를 위해 일정량의 대역폭(셀 최대대역폭의 50%)을 예약한다. 즉, 특정 셀로 진입할 가능성이 높은 MH들 중에서 멀티미디어 서비스를 이용하는 MH가 요구하는 대역폭을 미리 예약하고, 실제로 MH가 셀에 진입하는 경우에 예약된 대역폭을 할당하는 것이다. 이 기법은 예약된 대역폭을 멀티미디어 핸드오프호에 할당함으로써, 멀티미디어 핸드오프호 드롭핑률이 낮은 장점이 있다. 그러나, 예약된 대역폭으로 인해 신규호 및 비-멀티미디어 핸드오프호의 드롭핑률이 높은 단점이 있다. 또한, 예약된 대역폭이 사용되지 않을 가능성이 있기 때문에, 대역폭 이용률이 상대적으로 낮다.

AGCP는 멀티미디어 핸드오프호를 위해 예약 대역폭

의 양을 네트워크 상태에 따라 적응적으로 조절하는 기법이다. 셀의 핸드오프호 드롭핑률이 임계치(0.05) 이상이면, 예약 대역폭의 양을 증가시킨다. 셀의 신규호 블로킹률이 임계치 이하일 경우, 예약 대역폭 사용률이 임계치(0.5) 이하이면 예약 대역폭의 양을 감소시키고, 임계치 이상이면 예약 대역폭 양을 증가시킨다. 이 기법은 GCP에 비해 핸드오프호 드롭핑률은 낮지만, 신규호가 급격하게 증가하는 경우에 핸드오프호 드롭핑률이 높아진다.

4.2 시뮬레이션 환경

본 논문에서 가정한 셀룰러 이동망은 그림 9와 같이  $k$ 개( $m \times n$ )의 육각형 셀(본 논문에서는  $m=n=10$ 으로 가정)로 구성되어 있으며, 각 셀의 반경은 500m라고 가정한다[5]. 또한, 각 셀은 반경 30%가 서로 중첩되어 있으며, 테두리에 위치한 셀을 제외한 나머지 셀은 6개의 이웃한 셀로 둘러싸여 있고, 각 셀이 제공할 수 있는 최대 대역폭은 10Mbps로 가정한다[5,13,14].

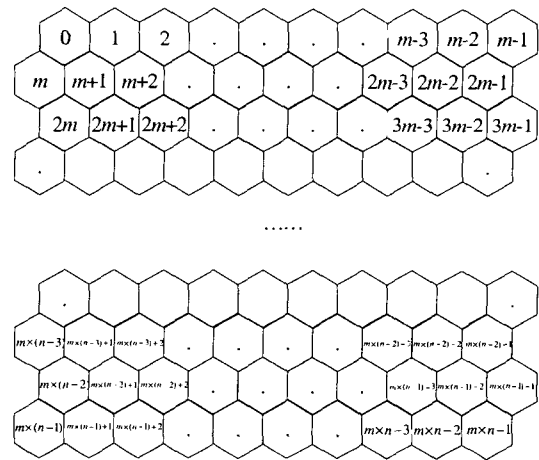


그림 9 셀룰러 이동망 환경

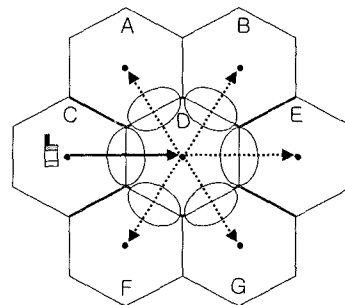


그림 10 MH의 이동 방향



표 5 어플리케이션 구성

어플리케이션 종류	어플리케이션 번호	대역폭 요구량	연결유지 시간 (분)	예
Class I	1	30Kbps	1~10	음성서비스, 전화
	2	256Kbps	1~30	비디오폰, 화상회의
	3	1~6Mbps	5~300	양방향 멀티미디어 서비스, VOD(Video on Demand)
Class II	4	32Kbps	0.2~2	이메일, 페이징, 팩스
	5	64~512Kbps	0.5~600	원격로그인, DOD(Data on Demand)
	6	1~10Mbps	0.5~20	파일전송, 검색서비스

그림 10과 같이 MH는 현재 셀C의 중심에서 목적 셀 D의 중심을 향하여 1Km(500m×2)를 이동하며, 셀D로 핸드오프가 성공된 후에는 셀C를 제외한 나머지 5개의 셀로 핸드오프될 수 있다고 가정한다. 그러나, 그림 9의 테두리 셀인 셀0의 경우에는 이웃 셀이 3개(셀1, 셀10, 셀11)이므로 셀0에 위치한 MH는 3개의 셀로 핸드오프될 수 있다. MH는 시속 1Km~100Km의 속도 범위 내에서 이동하며, 이동 속도는 계속적으로 변할 수 있다.

신규호는 모든 셀에서 고르게 발생되며, 호의 발생률은 포아송 분포를 따른다[5,9]. 핸드오프호는 신규호가 수락된 MH의 이동 방향 및 속도에 따라 셀 내에서 고르게 발생한다. MH가 사용하는 어플리케이션의 종류는 표 5와 같으며[5], Class I과 Class II는 각각 멀티미디어 어플리케이션과 비 멀티미디어 어플리케이션을 의미한다.

MH 생성시 사용할 어플리케이션은 표 5 중에서 Class I 어플리케이션과 Class II 어플리케이션의 비율에 따라 하나의 클래스가 선택되며, 각 클래스 내에서는 어플리케이션이 동일한 확률로 선택된다. 초기 시스템 접속시 이동속도는 시속 1Km, 20Km, 40Km, 60Km, 80Km 중 하나이며, 이동속도는 주어진 범위(1Km~100Km) 내에서 균일하게 분포한다. 신규호가 수락된 MH는 연결유지 시간 동안 셀과 셀 사이를 이동하며 핸드오프를 수행하는데, 이때 각 어플리케이션의 연결유지 시간은 3가지로 나뉘어 동일한 확률로 선택된다. 예를 들어, 1번 어플리케이션의 경우 연결유지 시간(1~10)이 1, 5, 10으로 나누어지고, MH는 이 세 가지 연결유지 시간중에서 하나의 시간을 동일한 확률로 선택하도록 한다. 연결유지 시간이 초과된 MH는 사용하던 대역폭을 반환하고, 서비스를 종료한다. MH의 이동거리는 매 초마다 갱신되며, 총 시뮬레이션 시간은 약 3시간이다. 시뮬레이션은 총 30회 실시되었으며, 그 평균값을 결과

로 채택하였다.

### 4.3 결과 분석

이 장에서는 본 논문에서 제시한 2SCA와 CSP, GCP 그리고 AGCP의 성능을 시뮬레이션 결과를 바탕으로 비교·분석한다. 시뮬레이션에 사용된 성능 파라미터 및 메트릭은 표 6과 같다. 신규호 요청수는 매 초당 각 셀에서 신규호를 요청한 MH 수로서, 0.01~0.1의 범위에서 변할 수 있다고 가정한다. 즉, 시스템 전체에 MH가 요청하는 신규호가 초당 1~10개 발생할 수 있다. Class I 어플리케이션 비율은 전체 신규호에서 Class I 어플리케이션을 사용하는 신규호의 비율로서, 10%~90%까지 변화시키면서 시뮬레이션을 수행한다. CBP(Call Blocking Probability)와 CDP(Call Dropping Probability)는 각각 신규호 블록킹률과 핸드오프호 드롭핑률을 의미한다. CBP와 CDP는  $k(m \times n)$ 개 셀에서 측정된 값의 평균을 구하였다. 성능메트릭 “서비스 받고 있는 MH 수”는 현재 셀의 BS로부터 서비스를 받고 있는 MH 갯수를 의미하며, 이것은 시스템이 얼마나 많은 MH를 수용할 수 있는가를 나타낸다. “대역폭 이용률”은 각 셀당 측정된 대역폭 이용률 값의 평균을 의미하는 것으로, 식 (4)와 같이 계산될 수 있다.

$$\text{대역폭이용률} = \frac{\sum_{j=0}^{k-1} B_{j}^{avail}}{B_{j}^{total}} \quad (\text{k는 전체 셀의 수}) \quad (4)$$

표 6 시뮬레이션 성능 파라미터 및 메트릭

성능 파라미터	성능 메트릭
각 셀당 신규호 요청수(MH/sec)	CBP(%)
Class I 호 비율(%)	CDP(%)
	대역폭 이용률(%)

또한, 식 (1)에서 사용된 가중치  $w_1, w_2, w_3$ 는 각각 0.1, 0.3, 0.2로 설정되어 AP, VP, RP의 순서로 높은 가

중치를 부여하였다.

그림 11~그림 13은 신규호 요청수를 0.1(MH/sec)로 고정하고, Class I 호의 비율 변화에 따른 각 기법의 CBP, CDP, MH수 그리고 대역폭 이용률을 측정된 결과이다. 그림 11은 Class I 호 비율 변화에 따른 각 기법의 CBP를 나타낸다. AGCP와 GCP의 CBP가 가장 높게 나타났는데, 이것은 Class I 호를 위해 일정량의 대역폭을 예약하므로 신규호가 이용 가능한 대역폭이 줄어들었기 때문이다. CSP는 Class I 호의 비율이 증가하더라도 CBP값은 크게 변하지 않는데, CSP는 Class I 호와 Class II호의 우선순위를 동일하게 설정하기 때문이다. 2SCA 기법의 CBP가 타 기법에 비해 최대 약 10%정도 좋은 결과를 나타낸다. 이것은 2SCA 기법이 Class I 호와 Class II 호의 신규호에 DTT를 적용하여 공정하게 서비스하기 때문이다.

그림 12는 Class I 호의 비율 변화에 따른 각 기법의 CDP를 나타낸다. 결과에서 알 수 있듯이, 2SCA 기법의 CDP가 타 기법에 비해 가장 좋은 결과를 나타낸다. 이것은 2SCA 기법의 경우, 핸드오프호 성공률이 타 기법에 비해 높다는 것을 의미한다. Class I 호의 비율이 50%인 경우의 CDP가 가장 낮으며, 50% 이상인 경우에는 CDP가 서서히 증가하였으며, 90% 일 때는 타 기법의 CDP보다 높다. 왜냐하면, 2SCA 기법은 우선순위가 높은 핸드오프호를 위해 Class II 호의 대역폭을

회수하는데, Class I 호의 비율이 90%일때는 대역폭 회수 대상인 Class II 호의 수가 적기 때문이다.

그림 13은 Class I 호 비율에 따른 각 기법의 대역폭 이용률을 나타낸다. 2SCA를 제외한 타 기법은 대역폭 이용률이 약 90%이하이지만, 2SCA의 경우는 평균 96.5%이다. 이와 같이 2SCA는 셀의 대역폭을 핸드오프 호와 신규호에 효율적으로 할당하고, 각 셀의 잔여 대역폭을 QoS 상향조정호에게 할당함으로써 대역폭 이용률이 높다.

3가지 결과(그림 11~그림 13)를 분석해볼 때, Class I 호의 비율이 50%인 경우 성능이 평균적으로 가장 좋을 수 있다. 이러한 결과를 기반으로 Class I 호의 비율을 50%로 고정하고, 신규호 요청수를 변화시키면서 시뮬레이션을 진행한 결과는 다음(그림 14~그림 16)과 같다.

그림 14는 신규호 요청수에 따른 CBP를 측정된 결과이다. 신규호 요청수가 많아짐에 따라 2SCA, CSP, GCP 그리고 AGCP의 순서로 CBP가 낮다. 2SCA는 CSP와 약 6%, GCP와 약 9% 그리고 AGCP와는 약 11%정도의 차이가 있다. AGCP와 GCP의 성능이 낮은 이유는 Class I 핸드오프호를 위한 일정량의 대역폭 예약으로 인해, 신규호가 이용할 수 있는 대역폭의 양이 그만큼 줄어들었기 때문이다. 2SCA 기법의 CBP가 낮은 이유는 초기에 블록킹 당한 MH가 사용자

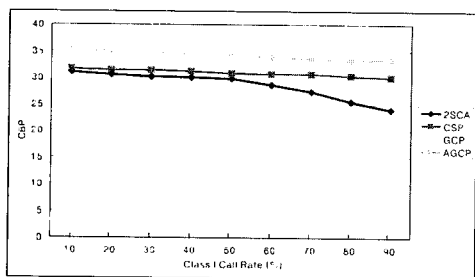


그림 11 CBP (Class I 호 비율 변화)

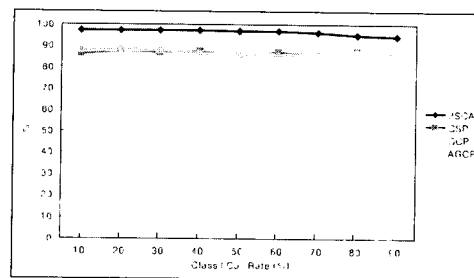


그림 13 대역폭 이용률 (Class I 호 비율 변화)

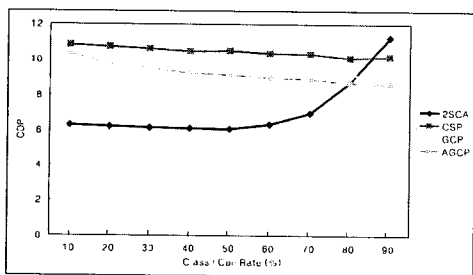


그림 12 CDP (Class I 호 비율 변화)

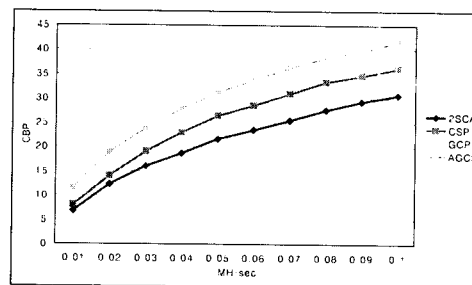


그림 14 CBP (신규호 요청수 변화)

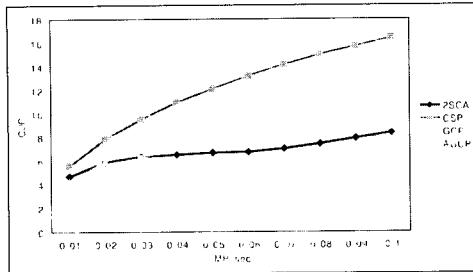


그림 15 Class I 호의 CDP (신규호 요청수 변화)

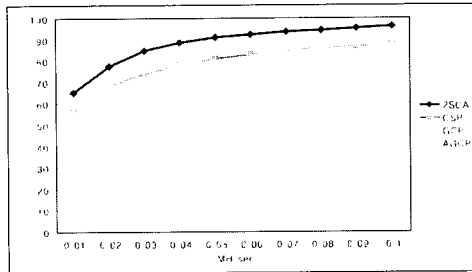


그림 16 대역폭 이용률 (신규호 요청수 변화)

인내할 수 있는 DTT 범위 내에서 사용자의 개입없이 자동으로 신규호를 재요청하기 때문이다.

그림 15는 Class I 호의 CDP를 나타낸다. 신규호 요청수가 초당 0.01~0.03일 경우 AGCP의 CDP가 다소 낮지만, 신규호 요청수가 0.03이상일 때에는 2SCA, AGCP, GCP 그리고 CSP의 순서로 CDP가 낮다. 2SCA 기법은 타 기법에 비해 CDP가 5%~8% 정도 낮다. 신규호 요청이 많은 경우, CSP는 핸드오프에 우선순위를 부여하지 않기 때문에 CDP가 가장 높으며, 예약 기법을 사용하는 AGCP나 GCP는 예약된 대역폭이 사용되지 않을 경우 낭비되는 대역폭이 존재하기 때문에 CDP가 높다. 2SCA 기법이 타 기법에 비해 성능이 좋은 이유는 Class I 핸드오프에 우선순위를 부여하여 셀의 가용대역폭이 부족한 경우에도 응용 호 수락제어의 대역폭 회수를 통해 부족한 대역폭을 충족시켜주기 때문이다.

그림 16은 각 기법의 신규호 요청수 상승에 따른 대역폭 이용률을 나타낸다. 전체적으로 2SCA, CSP, GCP 그리고 AGCP 순서로 대역폭 이용률이 높다. AGCP나 GCP의 대역폭 이용률이 가장 낮은 이유는 예약된 대역폭이 사용되지 않을 경우가 발생하기 때문이다. 예를 들어, 대역폭 예약을 성공한 MH가 핸드오프를 수행하기 전에 연결유지 시간이 경과하여 서비스를 종료하는 경우, MH가 예약을 수행한 시점부터 연결유지 시간이 경

과되는 시점까지 예약된 대역폭은 이용되지 않는다. 2SCA 기법의 대역폭 이용률이 높은 이유는 가용 대역폭이 발생했을 때, QoS 상향조정호에 대역폭을 할당하기 때문이다. 즉, 어떤 시점에서 발생한 가용 대역폭을 효율적으로 사용한다는 것을 보여준다. QoS 상향조정호를 요청한 MH는 높은 우선순위를 가지는 핸드오프호를 위해 대역폭을 회수 당하지만, 가용 대역폭을 효과적으로 사용할 수 있는 장점이 있다.

### 5. 결론

본 논문에서는 중첩된 셀 구조와 우선순위를 이용한 2SCA 기법을 제시하였다. 또한, MH의 호를 신규호, 핸드오프호, QoS 상향조정호로 분류하고, 핸드오프호, 신규호, QoS 상향조정호의 순서로 우선순위를 부여하고, 각 호의 종류에 따라 서로 다른 호 수락 정책을 적용하였다. 2SCA는 기본 호 수락제어와 응용 호 수락제어로 구성되어 있으며, 기본 호 수락제어는 CSP 기법과 같이 신규호 및 핸드오프호의 구별없이 셀의 가용 대역폭이 MH가 요구하는 대역폭을 만족하면 호를 수락하고, 그렇지 않으면 호를 블록킹한 후 응용 호 수락제어를 수행한다. QoS 상향조정호는 셀의 가용 대역폭이 임계치 이상일 경우에는 호를 수락하고, 그렇지 않으면 호를 블록킹한 후 응용 호 수락제어를 수행한다. 응용 호 수락제어는 호의 종류에 따라 DTT, PQueue, UpQueue 알고리즘을 적용하여 기본 호 수락 제어에서 블록킹된 호의 수락 여부를 결정한다.

본 논문에서 제시한 2SCA 기법의 성능을 검증하기 위해 두 가지 시뮬레이션을 통해 CSP, GCP 그리고 AGCP 기법과 성능을 비교·분석하였다. 첫째, Class I 호의 비율에 따라 CBP, CDP, MH 수, 대역폭 이용률을 측정하였다. 타 기법은 신규호보다 일방적으로 핸드오프호에 높은 우선순위를 부여하기 때문에 CDP는 좀 더라도 CBP가 낮은 문제점이 있었지만, 2SCA는 공정한 대역폭 분배 정책으로 인해 CDP와 CBP가 동시에 좋은 결과를 보였다. 시스템의 용량을 측정하는 기준이 되는 서비스를 수행중인 MH 수도 타 기법에 비해 최대 30% 이상 많았으며, 대역폭 이용률도 타 기법에 비해 8% 정도 높은 것을 알 수 있었다.

둘째, 신규호 요청수에 따라 CBP, CDP, 대역폭 이용률을 측정하였다. CDP의 경우, 2SCA 기법이 타 기법에 비해 약 5%~8% 정도의 좋은 성능을 나타내는데, 이것은 우선순위에 따라 대역폭을 공정하게 할당하기 때문이다. 또한, 신규호 요청수가 급격히 변화하는 경우에도 타 기법에 비해 좋은 성능을 나타낸다. 이것은

2SCA 기법이 시스템에 사용자가 급격히 증가하더라도 안정적인 성능을 가진다는 것을 의미한다. CBP의 경우, 2SCA 기법이 타 기법에 비해 약 6%~11% 정도 좋은 성능을 나타낸다. 이것은 2SCA 기법이 예약을 하지 않는 대신에 대역폭 회수 기법을 사용하여 핸드오프에 우선순위를 부여하기 때문이다. 또한, Class I 신규호의 경우에는 DTT를 적용하여 사용자의 개입 없이도 자동으로 신규호 재요청을 수행하도록 했기 때문이다. 대역폭 이용률의 경우, 2SCA 기법이 타 기법에 비해 약 8% 정도 높은 이용률을 가진다. 이것은 2SCA 기법이 셀의 가용 대역폭을 QoS 상향조정도가 이용하도록 설계되어 있기 때문이다. 즉, 2SCA 기법이 타 기법에 비해 셀의 가용 대역폭을 효율적으로 사용한다는 것을 보여준다.

셀의 크기가 작은 이동 컴퓨팅 환경에서는 MH의 핸드오프가 빈번히 발생하게 되는데, 2SCA 기법은 핸드오프가 많이 발생하는 상황에서 좋은 성능을 나타낸다. 기존의 호 수락 기법들은 Class I 핸드오프에 높은 우선순위를 부여하여 상대적으로 Class II 호의 CDP가 높은 단점이 있었다. 그러나, 2SCA 기법은 Class II 호 일지라도 이동속도가 빠르거나 목적셀과 위치가 가까워 우선순위가 높다면 대역폭 회수 기법을 통한 핸드오프 호의 수락을 보장받을 수 있다. 또한, 기존 기법은 CDP가 높으면, CBP가 낮아지는 문제점이 있었는데, 2SCA는 공정한 대역폭 분배를 통해 CDP와 CBP 둘 다 낮아짐을 알 수 있었다. 본 논문에서 제안한 2SCA 기법은 기존 기법에 비하여 복잡도가 다소 높은 편으로, 향후에는 2SCA 기법과 기존 기법의 복잡도를 정량적으로 비교하여 성능을 평가할 예정이다.

### 참 고 문 헌

- [1] G. Forman, and J. Zahorjan, "The Challenges of Mobile Computing," IEEE Computer, April 1994.
- [2] W. Zhuang, B. Bensaou, and K. Chua, "Adaptive Quality of Service Handoff Priority Scheme for Mobile Multimedia Networks," IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol.49, No.2, pp.494-505, 2000.
- [3] J. Lee, et al., "An Adaptive Resource Allocation Mechanism including Fast and Reliable Handoff in IP-based 3G Wireless Networks," IEEE Personal Communications, Vol.7, No.6, pp.42-47, 2000.
- [4] V. Phan-Van and S. Glisic, "Performance Analysis of Queuing Schemes for Priority Handoff and Call Admission Control in Mobile Cellular Radio Networks," IEEE International Conference on Communications, Vol.7, pp.2291-2295, 2001.
- [5] C. Oliveira, J. Kim and T. Suda, "An Adaptive Bandwidth Reservation Scheme for High Speed Multimedia Wireless Networks," IEEE JSAC, Vol.16, No.6, August 1998.
- [6] B. Gavish and S. Sridhar, "Threshold Priority Policy for Channel Assignment in Cellular Networks," IEEE Transactions on Computers, Vol. 46, No. 3, March 1997.
- [7] I. Katzela and M. Naghshineh, "Channel Assignment Schemes for Cellular Mobile Telecommunication Systems," IEEE Personal Communications, pp.10-31, June 1996.
- [8] E. El-Alfy, Y. Yao, and H. Heffes, "A Learning Approach for Call Admission Control with Prioritized Handoff in Mobile Multimedia Networks," IEEE Vehicular Technology Conference, Vol.2, pp.972-976, 2001.
- [9] S. Choi and K. Shin, "Predictive and Adaptive Bandwidth Reservation for Handoffs in QoS Sensitive Cellular Networks," Proceeding ACM SIGCOMM'98, pp.155-166, September 1998.
- [10] M. Nofal, N. El fishawy, and S. El atty, "A Queuing Priority Channel Access Protocol for Voice/Data Integration on the Air Interface of Microcellular Mobile Radio Networks," IEEE Vehicular Technology Conference, Vol.1, pp.229-236, 2000.
- [11] Y. Lin, A. Noerpel, and D. Harasty, "Self Subrating for Voice/Data PCS," Telecommunication Systems, No.5, pp.421-429, 1996.
- [12] Y. Lin, S. Mohan, and A. Noerpel, "PCS Channel Assignment Strategies for Handoff and Initial Access," IEEE Personal Communications, pp.47-56, Third Quarter 1994.
- [13] Z. Haas, "Tutorial on Mobile Communication Networks," in IEEE GLOBECOM'94, November 1994.
- [14] L. Munoz, et al. "Proposal of a Corporate Network Architecture for a Mobile Digital System of Voice and Data Communications," IEEE ICUPC'94, September 1994.



김 명 일

1998년 중앙대학교 컴퓨터공학과(공학사)  
2000년 중앙대학교 컴퓨터공학과(공학석사).  
2000년~현재 중앙대학교 컴퓨터공학부 박사과정. 관심분야는 이동컴퓨팅, 유비쿼터스컴퓨팅임



김 성 조

1975년 서울대학교 응용수학과(공학사)  
1977년 한국과학기술원 전산과(이학석사)  
1977년~1980년 ADD(연구원). 1980년~  
현재 중앙대학교 컴퓨터공학부(교수)  
1987년 Univ. of Texas at Austin(공학  
박사). 1987년~1988년 Univ. of Texas  
at Austin(Research Fellow). 1996년~1997년 Univ. of  
California-Irvine(Visiting Researcher). 관심분야는 이동컴  
퓨팅, 임베디드 소프트웨어, 유비쿼터스컴퓨팅임