

무선 단말기 위치 예측 기반의 대역폭 예약을 이용한 멀티미디어 호 수락 알고리즘

A Multimedia Call Admission Control Algorithm with the Bandwidth Reservation based on the Prediction of Wireless Terminal's Location

정 영 석*

Young-Seok Jung*

요 약

본 논문에서는 무선 이동통신망에서 멀티미디어 응용 프로그램의 서비스 품질 보장을 위하여 무선 단말기의 이동성을 예측하기 위하여 무선 단말기 위치 예측에 기반을 둔 대역폭 예약 알고리즘을 제안한다. 제안된 알고리즘은 이동성 예측 기법을 이용하여 단말기의 이동 방향에 대한 예측 오류를 최소화하는 것을 목적으로 한다. 이러한 예측은 불필요하게 중복되어 예약된 대역폭의 크기를 줄인다. 알고리즘의 성능 평가를 위해서, 신규호의 탈락률과 핸드오프호의 강제종료율을 측정하고 기존에 제안된 기법들의 성능 평가 결과와 비교한다. 그 결과 본 논문에서 제시된 알고리즘이 기존의 방법들에 비해 낮은 호 탈락률 및 강제종료율을 가지는 우수한 성능을 나타내었다.

Abstract

In this paper, we proposed the multimedia call admission control algorithm with the bandwidth reservation based on the prediction of wireless terminal's location to guarantee quality of service for multimedia applications in cellular networks. This algorithm aims at minimizing possible errors in predicting the moving direction of terminals using a mobility prediction scheme. This prediction reduces the size of bandwidth reserved redundantly. In order to evaluate the performance of the algorithm, the blocking rate of new calls and the forced termination rate of hand-off calls are measured and compared the results with those of existing schemes. The results of the experiment revealed that the algorithm presented in this paper achieved better performance with lower call blocking rates and forced-termination rates than those of other methods.

Keywords : Call Admission Control, Bandwidth Reservation, Mobility, Wireless Network

I. 서 론

유선망과 인터넷 등에서는 다양한 서비스 품질 요구 사항을 갖는 멀티미디어 응용 프로그램을 지원하기 위하여 호의 연결 설정 시에 호 수락 제어, 서비스 품질 협상, 자원 예약을 수행하고, 데이터 전송 시에는 적절한 패킷 스케줄링(packet scheduling)을 통해서 사용자가 원하는 서비스 품질을 보장해 준다. 그러나 이러한 방식을 무선 셀룰러 망에서 적용할 경우, 멀티미디어 응용 프로그램이 요구하는 다양한 서비스 품질을 보장해 주기 위해서는 이동단말기의 이동성도 항상 고려하여야 한다[1-2].

이동단말기가 어느 한 셀 영역 안에서 호를 설정하여 통신망으로부터 서비스 품질을 약속 받은 후 다른 셀로 이동할 경우, 새로 이동한 셀에 일시적인 과부하가 발생하면 기존의 호는 처음 약속 받은 서비스 품질을 보장받지 못할 수 있다. 또한 이동으로 인해 단말기로부터 목적지까지의 통신 경로가 변경되면 이전 경로의 일부 구간에 예약된 대역폭은 계속해서 예약해 놓을 필요가 없게 된다[3,8].

따라서 호를 처음 설정할 때 단말기가 이동할 경로를 따라 동질의 서비스 품질을 보장받을 수 있도록 이동 중인 호에 대한 대역폭을 확보할 수 있는 호 수락 제어가 필요하고, 보다 근본적으로 통신망이 과부하 상태가 될 확률을 낮추기 위한 방법이 요구되어진다. 이동 중인 호에 대한 서비스 품질을 보장하기 위해서는 호의 설정 시에 현재 셀에 인접한 주변의 셀에서 핸드오프를 대비하여 대역폭을 예약하는 것이 필요하다[4]. 그러나 핸드오프에 대비한 대역폭 예약은 셀

*경운대학교 컴퓨터공학과

논문 번호 : 2005-4-4

심사 일자 : 2005. 12. 26

접수 일자 : 2005. 11. 24

수정 완료 : 2006. 1. 26

의 전체 대역폭에서 신규호가 사용할 수 있는 대역폭을 상대적으로 감소시키게 되므로 신규호가 거절될 가능성을 높게 된다. 그러므로 각 기지국은 단말기가 이동하는 상황에서도 중단 없는 서비스를 제공하기 위해서는 대역폭 예약이 반드시 필요하지만, 부족한 대역폭의 이용률을 최대화해야 하는 상반된 요구 조건을 처리해야 한다. 따라서 예약될 대역폭의 양을 정확하게 예측하고 결정함으로써 가용한 대역폭을 확보하는 것이 필요하다.

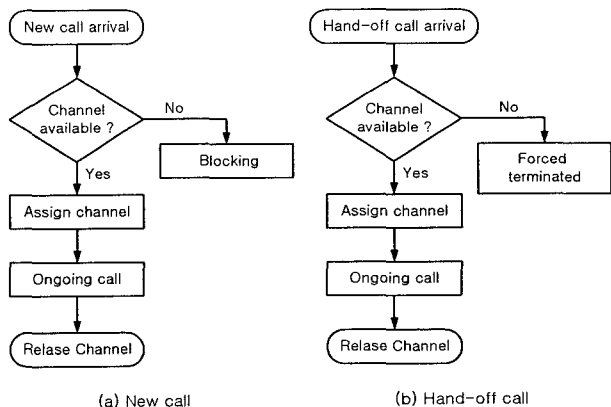


그림 1. 비 우선순위 호 수락 제어
Fig 1. Non-Prioritized Call Admission Control

본 논문에서는 마이크로 셀로 구성된 셀룰러 망에서 멀티미디어 응용 프로그램의 서비스 품질 보장을 위하여, 무선 단말기의 이동성 예측과 셀 부하균형을 고려한 멀티미디어 호 수락 알고리즘을 제안한다. 제안된 기법은 멀티미디어 서비스를 이용하는 단말기의 이동성을 예측하기 위해서 기지국이 단말기로부터 수신하는 신호 세기의 변화를 이용한다. 만일 현재 셀에서 진행 중인 호가 이웃 셀로 이동할 가능성이 높은 호로 판단되었을 경우 예측된 이동 방향의 이웃 셀에 대해 가장 적절한 양의 대역폭 예약을 수행함으로써 불필요한 대역폭 예약을 최소화한다.

II. 관련 연구 분석

2.1 호 수락 알고리즘의 기본 개념

그림 1은 호 수락 과정을 설명하기 위한 가장 단순한 형태의 알고리즘을 보여준다. 셀 내에서 신규호가 발생하면 기지국은 현재 셀에서 사용할 수 있는 채널을 검사해서 가용한 채널이 있을 경우 호에 채널을 할당하고, 통화가 끝나면 채널을 반환한다. 만일 가용채널이 없다면 호는 거절된다. 인접 셀로부터 건너 온 핸드오프호의 경우도 마찬가지로 가용채널이 있다면 호를 수락하여 채널을 할당하고, 채널이 부족할 경우에는 채널을 할당할 수 없게 되어 강제종료 된다. 본 논문에서는 이와 같이 신규 호와 핸드오프 호를 동일하게 다루는 방식을 비 우선순위 호 수락 제어(NP-CAC: Non-Prioritized Call Admission Control)라고 정의한다. 이에 반해서, 서비스 품질 보장을 위해서 핸드오프 호를 우선적으로 처리하는 방식을 우선순위 호 수락 제어(prioritized

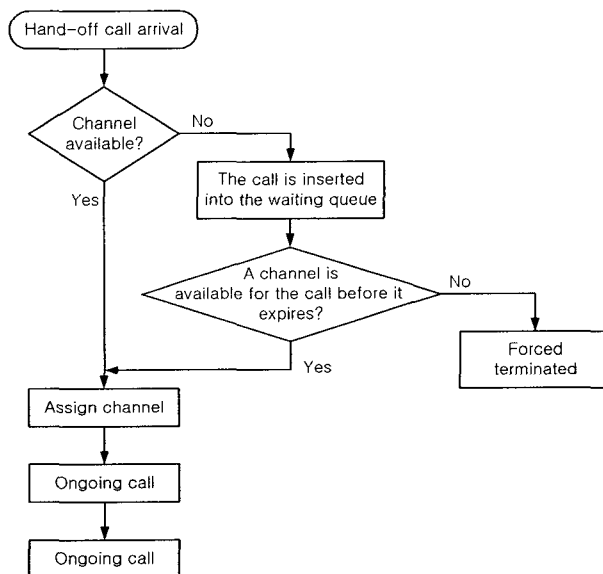


그림 2. 큐잉 기법을 이용한 호 수락 제어
Fig 2. FIFO-Queuing Call Admission Control

call admission control)라고 정의한다.

2.2 우선순위 호 수락 방법

신규 호에 비해 핸드오프 호를 우선적으로 처리하는 우선순위 호 수락 방법에는 핸드오프 큐잉 기법, 독립적 채널을 이용한 수락 방법, 대역폭 예약을 이용한 호 수락 기법 등이 있다.

Hong[5]은 핸드오프호의 강제종료 가능성을 줄이기 위한 우선순위 방법으로 선입선출(first-in-first-out) 정책을 사용하는 큐잉 방법을 적용하였다(FIFO-Queuing). 이 기법은 핸드오프호가 발생했을 때 사용 가능한 채널이 없는 경우, 다른 호가 통화를 종료하고 채널을 반환할 때까지 큐(queue)에서 기다린 후에 반환된 채널을 할당하는 방식이다. 그림 2는 큐잉(queueing) 기법을 이용한 호 수락 제어 알고리즘을 보여준다.

핸드오프 되는 호들을 위해 할당될 별도의 채널을 미리 준비하는 방법으로 대역폭 예약(bandwidth reservation) 기법이라고 부른다[4]. 이에겐 고정 채널 예약 기법, 트래픽 클래스에 따른 적응적 대역폭 예약 기법, 영역 기반의 낙관적 대역폭 예약 기법이 있다. 고정 채널 예약 기법(FBR: Fixed Bandwidth Reservation)은 핸드오프 처리를 위하여 미리 정해진 일정한 크기의 채널을 이용하는 기법으로써 '가드 채널(guard channel)'이라 부르는 독립적 채널들을 고정적으로 확보함으로써 핸드오프 성공확률을 높이는 기법이다[5]. 그림 3은 가드 채널을 고려한 호 수락 제어 과정을 보여준다.

Oliveira[4]는 셀룰러 망에서 멀티미디어 서비스를 원활하게 지원하기 위한 서비스 품질(QoS) 보장 알고리즘으로 클래스 기반 대역폭 예약 기법(CBR: Class-based Bandwidth Reservation)을 제안하였다. 멀티미디어는 실시간 트래픽인 Class I과 비실시간 트래픽인 Class II로 구분될 수 있다. 오

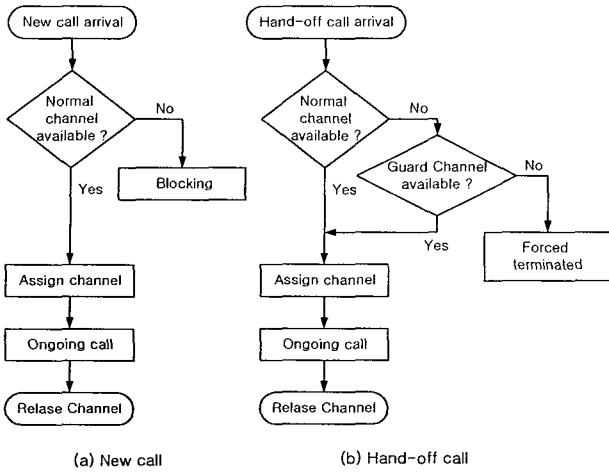


그림 3. 고정 채널 예약 기법
Fig 3. Fixed Bandwidth Reservation

```

IF requested bandwidth ≤ available bandwidth THEN
  IF new call THEN
    IF Class I THEN
      perform bandwidth reservation /* try to reserve bandwidth
      in neighboring cell */
      IF successful THEN
        accept call
        allocate requested bandwidth
      ELSE
        reject call(blocking)
    ELSE /* Class II */
      accept call
      allocate requested bandwidth
    ELSE /* hand-off call */
      accept hand-off call
      allocate requested bandwidth
  ELSE /* not enough bandwidth */
    IF new call THEN
      reject call(blocking)
    ELSE /* hand-off call */
      IF Class I THEN
        IF reserved bandwidth ≥ minimum allowed bandwidth THEN
          accept hand-off call
          allocate reserved bandwidth
        ELSE /* not possible to allocate the minimum required */
          reject call(forced termination)
      ELSE /* Class II */
        IF available bandwidth > 0 THEN
          accept call
          allocate available bandwidth
        ELSE /* no bandwidth available */
          reject call(forced termination)
  
```

그림 4. 트래픽 클래스를 고려한 대역폭 예약 알고리즘
Fig 4. Bandwidth Reservation Algorithm with Traffic Classes

디오나 비디오와 같은 Class I은 이미지나 텍스트와 같은 Class II에 비해 지연에 더 민감하다는 특성이 있다. 따라서, Class I 서비스를 제공받고 있는 이동단말기는 핸드오프 시 지연에 의해 서비스 품질이 저하되거나, 서비스가 종료될 수 있다. 또한, 단말기가 핸드오프될 셀의 대역폭이 부족할 경우에도 서비스 품질의 저하 및 서비스의 강제종료가 발생할 수 있다. 그림 4에서 보이는 바와 같이 이 알고리즘은 Class I가 강제로 종료되는 것을 방지하기 위하여 현재 단말기가 속한 셀로부터 필요한 채널을 할당받을 뿐만 아니라, 주변의 모든 인접 셀에 대해서도 적절한 크기의 채널을 미리 예약해 놓음으로써 핸드오프 시 발생할 수 있는 강제종료를 최

소화한다.

Oliveira[4]의 방식의 최대 단점은 불필요한 대역폭의 예약이다. 실시간 트래픽을 위한 호가 요청될 경우, 실제로 이동하지 않는 인접 셀이라 하더라도 일정 부분의 대역폭이 예

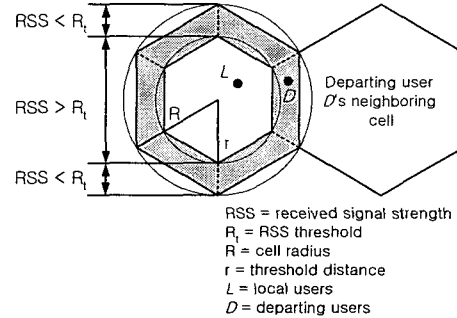


그림 5. 이동 사용자의 분류
Fig 5. Classification of Mobile Users

약되어서 해당 셀의 신규호가 사용할 수 없게 된다. Das[6]는 이러한 문제점을 해결하기 위해서 매우 낙관적인 (optimistic) 대역폭 예약 기법(OBR: Optimistic Bandwidth Reservation)을 제안하였다. 이 방식에서는 한 셀 내의 사용자를 'local'과 'departing' 사용자로 구분한다. 그림 5에서와 같이 음영으로 나타나는 셀의 가장자리 지역을 departing 영역이라 하고, 그 나머지 부분을 local 영역이라고 부른다. 이러한 구분은 기지국에서 이동단말기로부터 수신되는 신호의 강도인 RSS(Received Signal Strength) 값을 이용하여 분류한다. RSS의 임계값 R_t 는 사용자가 기지국으로부터 거리 r 만큼 떨어져 있을 때 수신되는 신호 세기의 수준으로 정의된다. 그 셀 내의 모든 사용자에 대하여 RSS의 크기는 기지국에 의하여 주기적으로 조사된다. 이동 중인 단말기의 RSS가 R_t 이하로 떨어졌을 때, 그 사용자는 departing으로 분류된다. 각 셀의 기지국은 departing으로 분류된 사용자가 호를 요청할 경우, 이 호를 핸드오프호로 간주하고, 그 이웃 셀로 이동할 가능성이 높다고 낙관적 판단한다. 이러한 예측을 바탕으로 이웃 셀에 대한 대역폭 예약 절차를 수행한다. 이 알고리즘은 단순히 호가 개시된 위치만을 이용해서 이동 예상 셀을 결정하기 때문에 예측 오류가 발생할 가능성이 매우 높다.

III. 단말기 위치 기반 호 수락 제어 알고리즘

3.1 단말기 위치 기반 이동성 예측 기법

본 논문에서는 핸드오프 호를 위한 가용채널 확보와 불필요한 자원 예약의 방지라는 상반된 목적을 달성하기 위하여 출발영역에서 진행 중인 호를 'departing' 호와 'local' 호로 구분한다. 전자는 이웃 셀로 이동 중인 호로써 핸드오프될 가능성이 높은 호이고, 후자는 출발 영역 내에서 움직이지 않거나 셀 내부로 이동한 호로서 핸드오프의 가능성이 낮은 호로 정의한다. 그리고 셀 내부에 발생한 호에 대해서도 local 호로 정의한다. 출발영역의 departing 호와 local 호를

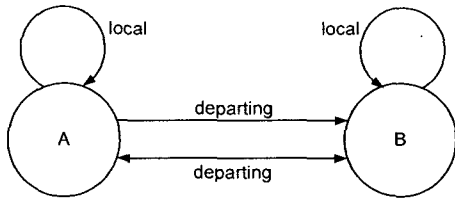


그림 6. 단말기의 이동 형태
Fig 6. Moving Patterns of Mobile Terminals

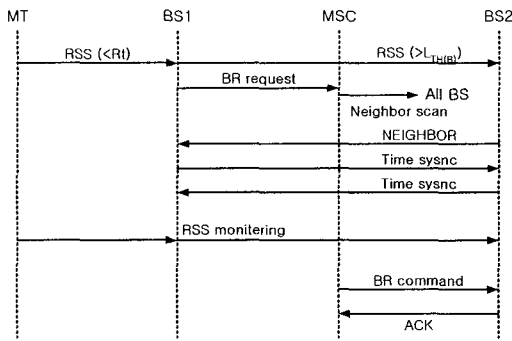


그림 7. 이동성 예측기반 대역폭 예약 절차
Fig 7. Bandwidth Reservation Procedure based on Mobility Prediction

구분하기 위하여 본 논문에서는 출발 영역 내의 이동단말기에 대한 RSS의 변화율을 이용한다. 셀 내에서 호를 설정한 단말기의 이동 형태는 일반적으로 그림 6과 같다. A, B는 이동 중인 단말기가 위치한 셀을 나타낸다.

이동전화교환국(MSC: Mobile Switching Center)은 자신이 관리하는 셀과 각 셀 내에서 설정된 호들에 대해 식별번호를 부여하고 관리한다. 따라서 한 셀에 인접한 이웃 셀들의 식별은 MSC에 의해 이루어진다. 현재 진행 중인 호가 출발 영역에 진입하거나 출발 영역에서 신규호가 개시되면, 기지국은 그 호의 식별번호와 RSS를 MSC에 전송하고, 이웃 셀에 대한 대역폭 예약을 요구한다. 그리고 타이머를 작동한 후 단말기로부터의 역방향 RSS에 대한 모니터링 한다. MSC는 대역폭 예약 요구가 발생했을 경우, 요구 호의 신호 세기가 임계치 레벨($L_{TH(B)}$) 이상인 이웃 셀들 중 가장 높은 신호가 검출되는 셀을 검색한 후, 그 호에 대한 모니터링을 지시한다. 검색된 이웃 셀 또한 타이머를 작동하고, 대역 예약을 요청한 셀과 동기를 설정한 다음 일정한 간격으로 단말기의 RSS를 측정한다. 측정된 신호세기의 변화는 단말기의 이동성을 판단하는 데 사용되어지며, 그 결과로써 적절한 대역폭 예약이 수행된다. 만일 단말의 신호세기가 정해진 시간동안 임계치 레벨에 도달하지 못하거나, 출발영역에서 벗어날 경우 그리고 출발영역 내에서 호가 종료했을 경우에는 이 호에 대한 모든 모니터링을 중단한다. 그림 7은 이러한 과정을 보여준다.

단말기의 이동성을 예측하기 위해서는 셀 A에서 시간 t 동안 수신된 RSS의 변화율을 이용한다. 그림 8은 출발 영역

에서 시간 간격에 따른 이동단말기의 RSS 변화를 보여준다. RSS의 측정 시간은 출발영역으로 호가 진입하거나 이 영역에서 신규호가 개시된 시각부터 현재 셀 A와 이웃 셀 B의 경계선에 도달하는 시각까지로 정한다. 즉, 단말기로부터 수신되는 A와 B가 수신하는 RSS가 동일한 지점까지 측정한다. 그림 8의 q_1 을 셀 내부에서 출발영역에 진입한 진행 호

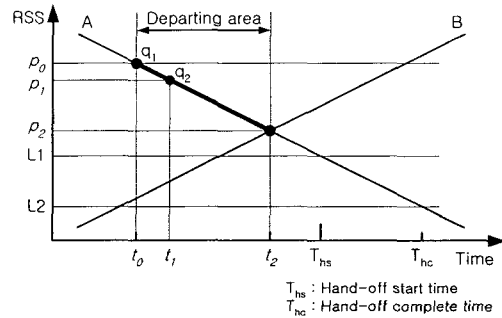


그림 8. 이동단말기의 RSS 변화
Fig 8. RSS Variation of a Mobile Terminal

라 가정하고, q_2 는 출발영역 내에서 신규 개시된 호라 한다면, q_1 에 대한 최대 측정 시간은 $[t_0, t_2]$ 이고, q_2 에 대한 최대 측정 시간은 시간 간격 $[t_1, t_2]$ 이다.

측정 시간 동안 q_1 과 q_2 의 RSS의 구간변화율 V 는 각각 식(1)에 의해 계산되며, 이 값은 단말기의 이동속도와 비례한다. 또한 이 값을 이용해서 이동 방향을 예측할 수 있다.

$$V[t_0, t_2] = \frac{p_0 - p_2}{t_2 - t_0} \quad (1)$$

$$V[t_1, t_2] = \frac{p_1 - p_2}{t_2 - t_1}$$

$V > 0$ 이면 이동단말기는 현재 이웃 셀로 이동 중(departing 호)임을 의미하고, $V \leq 0$ 이라면 이동단말기는 출발 영역 내에서 움직이지 않거나 현재 셀 내부로 이동 중(local 호)임을 의미한다. 또한, 측정 시간 t 동안 단말기 m이 출발영역 내에서 이동한 거리는 $h = V \times t$ 와 비례한다. 따라서 V값이 클수록 이웃 셀로 이동하는 속도가 빠르고, h값이 클수록 현재 셀로부터 셀 외부로의 이동 거리가 길다는 것을 의미하기 때문에 이웃 셀과의 경계로부터 가까운 거리에 위치한 호로 판단한다.

3.2 셀 부하를 고려한 대역폭 예약 알고리즘 구현

본 논문은 핸드오프호의 강제종료 확률을 줄이기 위해서, 앞 절에서 제시한 이동성 예측 방법을 이용해서 결정된 departing 호에 대해 필요한 크기의 대역폭을 예약한다. 대역폭이 예약될 셀은 이동 방향에 있는 셀이며, 예약될 대역폭의 크기는 셀의 부하 상태와 트래픽의 클래스에 따라 결정된다.

셀의 부하 상태를 결정하기 위해 주어진 시점에서 셀 N에 할당된 전체 대역 용량을 $B_T(N)$ 라 하고 이 셀에서 현재 사용 중인 대역의 전체 용량을 B_{used} 라 할 경우, 셀 N에서 가용

한 대역의 크기 $B_{avail}(N)$ 는 식(2)에 의해 계산된다. 이 식에서 $B_{reserved}$ 는 핸드오프호를 위해 예약되어진 대역의 전체 크기이다.

$$B_{avail}(N) = B_T(N) - (B_{used} + B_{reserved}) \quad (2)$$

본 논문에서는 각 셀들을 그들이 보유한 가용 대역의 크기에 따라서 세 가지 범주로 구분한다. 이를 위해 두 개의 경계값 L_{heavy} 와 L_{light} 를 적용한다. L_{heavy} 는 과부하의 여부를 판단하기 위한 과부하 수준 경계값(heavy-level bound)이고, L_{light} 는 저부하를 판단하기 위한 저부하 수준 경계값(light-level bound)을 나타낸다. 그리고, $0 \leq L_{heavy} < L_{light} \leq B_T$ 라고 가정한다. 본 논문에서는 이 경계값을 이용하여 셀들을 다음과 같이 분류한다.

- 저부하 셀(light cell) - $B_{avail}(N) \geq L_{light}$ 인 셀 N.
- 과부하 셀(heavy cell) - $B_{avail}(N) \leq L_{heavy}$ 인 셀 N.
- 보통셀(moderate cell) - $L_{heavy} < B_{avail}(i) < L_{light}$ 인 셀 N.

일단 셀이 상태가 결정되면 다음과 같이 해당 셀의 상태에 따른 대역폭 예약 과정을 수행한다.

(1) 예약 셀이 저부하 셀일 경우:

Class I의 departing 호에 대해서는 서비스 보장 요구조건에서 필요로 하는 최대 대역(B_{max})의 크기로 대역폭을 예약하고, Class II일 경우에는 현재 사용 중인 대역과 동일한 크기의 대역을 예약한다.

(2) 예약 셀이 과부하 셀일 경우:

Class I에 대해서만 서비스 보장 요구조건에서 필요로 하는 최소 대역(B_{min})의 크기로 대역을 예약한다. 만일 예약 셀에 자유 채널이 부족할 경우에 예약 요구가 거절된다. Class II의 경우에는 예약을 수행하지 않는다.

(3) 예약 셀이 보통 셀일 경우:

Class I에 대해서는 서비스 보장 요구조건에서 필요로 하는 최대 대역(B_{max})의 크기로 대역을 예약하지만, Class II의 경우에는 예약을 수행하지 않는다.

본 논문에서 제시한 알고리즘은 단말기가 이동할 방향을 예측한 후, 이동 셀의 상태에 따라 대역폭 예약 과정을 수행함으로써 불필요한 예약을 줄이는 부하균형(load-balancing) 알고리즘이다. 그림 9는 부하 균형이 고려된 예측 기반 대역폭 예약 알고리즘의 수행 절차는 그림 9와 같다.

IV. 멀티미디어 호 수락 알고리즘 구현

이동단말기가 셀과 셀을 스위칭 할 때 양측 셀로부터 신호를 수신할 수 있는 핸드오프 영역에서 가용 대역의 부족으로 인해 핸드오프가 되지 못할 경우 발생하게 되는 강제 종료 가능성을 최소한으로 줄이기 위해 본 논문에서는 핸드오프 지연 시간을 이용한 핸드오프 요구 큐잉을 사용한다. 하지만, 이러한 경우 핸드오프가 큐에 존재하는 한 이들이 다 처리될 때까지 신규 호는 대역폭을 할당받지 못하므로 핸드오프의 실패 확률은 낮아지는 반면에 신규 호는 거절될 확률이 상대적으로 높아진다. 한편, 핸드오프에 대비해서 미

리 이웃 셀에 대역폭을 예약하는 것은 신규 호에 대하여 가용한 대역폭이 예약된 대역폭 크기만큼 줄어들기 때문에 상대적으로 신규호의 탈락 확률은 높아지고, 그에 대한 비용으로 핸드오프가 실패할 확률은 낮아진다. 본 논문에서 제안한 호 수락 제어는 핸드오프를 보장하기 위한 대역폭 예약으로

```

Bandwidth_Reservation (departing call d, neighboring cell N)
{
    perform re-arrangement of channel bandwidth in N;
    if (d=Class I) then {
        if ( $B_{avail}(N) \geq L_{light}$ ) then {
            /* light cell */
             $B_{reserved}(N) = B_{reserved}(N) + B_{max}(d)$ ;
             $B_{avail}(N) = B_{avail}(N) - B_{max}(d)$ ;
        }
        else if ( $B_{avail}(N) \leq L_{heavy}$ ) then {
            /* heavy cell */
            if ( $B_{min}(d) \leq B_{avail}(N)$ ) then {
                 $B_{reserved}(N) = B_{reserved}(N) + B_{min}(d)$ ;
                 $B_{avail}(N) = B_{avail}(N) - B_{min}(d)$ ;
            }
            else
                reject bandwidth reservation request;
        endif;
    }
    else {
        /* moderate cell */
         $B_{reserved}(N) = B_{reserved}(N) + B_{max}(d)$ ;
         $B_{avail}(N) = B_{avail}(N) - B_{max}(d)$ ;
    }
    endif;
}
else {
    /* Class II */
    if ( $B_{avail}(N) \geq L_{light}$ ) then { /* light cell */
        /*  $B_d$ : req. bandwidth by Class II */
         $B_{reserved}(N) = B_{reserved}(N) + B_d$ ;
         $B_{avail}(N) = B_{avail}(N) - B_d$ ;
    }
    else
        reject bandwidth reservation request;
    endif;
}
endif;
}
}
    
```

그림 9. 적응적 대역폭 예약 알고리즘
Fig 9. Adaptive Bandwidth Reservation Algorithm

초래되는 신규호의 탈락 가능성 증가를 부하균형 방법을 이용한 가용 대역 확보를 이용해서 보완한다.

또한, 이동단말기가 호를 개시하여 설정을 요구하게 되면 호가 수락되어 종료될 때까지 호가 요구한 서비스 품질을 제공하기 위해서 통신망이 과부하 상태에 도달할 가능성을 가능한 한 낮게 유지하도록 사용되는 대역폭을 적절하게 조절하는 호 수락 제어가 필요하다. 호 수락 제어는 멀티미디어 트래픽의 다양성 때문에 단순한 호의 수를 기준으로 하

지 않고, 각 호에서 요구한 대역폭을 기준으로 실시한다. 핸드오프에 대비하여 필요한 대역폭을 미리 예약하며, 핸드오

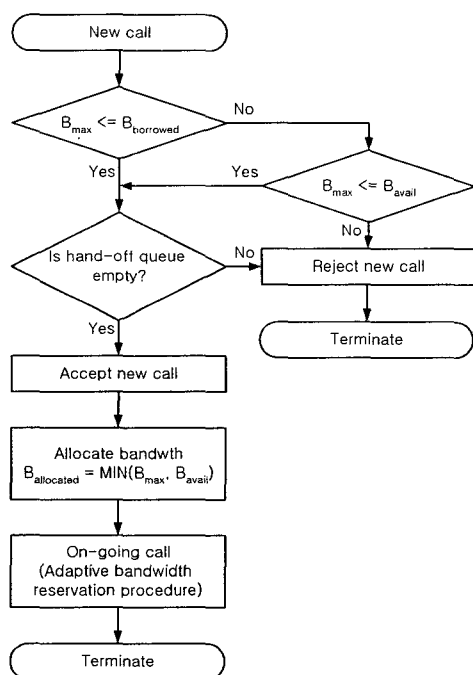


그림 10. 신규호의 수락 절차
Fig 10. Call Admission Procedure for New Call

프를 요구할 때 가용 대역폭이 부족하면 핸드오프를 큐잉한 후 처리한다. 이로 인해, 큐잉 된 크기만큼의 예약 대역폭의 양을 줄이는 효과를 얻을 수 있다. 또한, 대역폭 예약은 큐의 길이를 줄이는 효과를 가져다준다.

셀 내에서 발생하는 호는 신규 호와 핸드오프 호로 구분하여 핸드오프 호를 우선적으로 처리한다. 그 이유는 신규호의 차단에 대해서는 한 명의 사용자가 서비스 품질을 판단하지만, 핸드오프호의 실패는 여러 명의 사용자가 서비스 품질을 판단하게 되고, 또한 진행 중인 호가 단절되는 것은 일반적으로 바람직하지 않기 때문이다. 응용 프로그램은 호를 처음 개시할 때, 다음의 정보를 제공한다.

- 트래픽 클래스: 실시간 클래스(Class I), 비실시간 클래스(Class II)
- 최대 대역폭(B_{max}): 응용 프로그램이 최고의 서비스 품질을 유지하는데 필요한 대역폭 크기.
- 최소 대역폭(B_{min}): 응용 프로그램이 허용 가능한 가장 최소의 서비스 품질을 보장하기 위한 대역폭 크기.

Class I의 호는 서비스 품질의 보장 조건으로 대역 범위 $[B_{min}, B_{max}]$ 를 제시하지만, Class II의 호는 서비스 품질의 보장을 위한 최소한의 대역만을 요구한다. 따라서, Class II의 요구 대역 범위는 $[B_{min}, B_{min}]$ 으로 간주한다.

신규호의 수락 과정은 그림 10과 같다. 신규호가 채널대역

$[B_{min}, B_{max}]$ 를 요구 대역으로 제시할 경우, 이에 대해 기지국은 최대 대역폭 B_{max} 에 대해서 현재 셀의 가용 대역이 수용

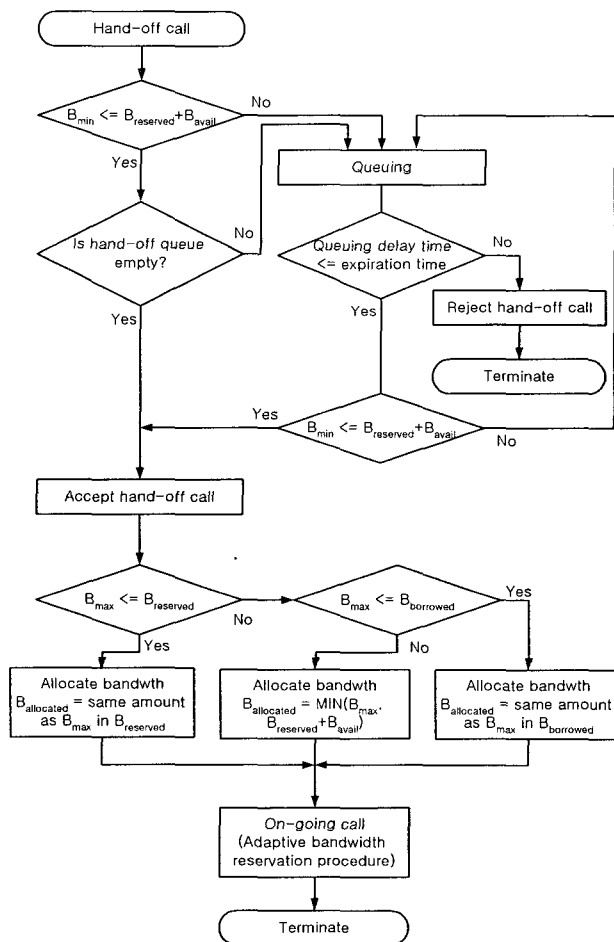


그림 11. 핸드오프호의 수락 절차
Fig 11. Call Admission Procedure for Hand-off Call

가능한가를 검사한다. 각 셀은 가용한 대역($B_{borrowed}$)이 있을 수 있다. 요구 대역에 대해 가용 대역의 할당 가능할 경우, 먼저 핸드오프 큐에 대기 중인 호가 있는지 확인을 한 후, 대기 중인 호가 없다면 신규 호를 수락하고 대기 중인 호가 있을 경우에는 신규 호를 거절한다. 수락된 호에 대해 할당된 채널대역은 현재 호 설정을 요구한 애플리케이션에게 가능한 최대의 서비스 품질을 제공하기 위해서 최대 요구 대역폭 크기 B_{max} 와 셀의 가용한 대역폭 중 최소 대역폭을 할당한다.

핸드오프호의 수락 과정은 그림 11과 같다. 이동단말기는 셀을 스위칭 하면서 핸드오프를 요구할 때 기존 호에서 사용하는 채널대역 $[B_{min}, B_{max}]$ 를 요구 대역으로 제시한다. 이에 대해 핸드오프 요구를 수신한 기지국은 핸드오프의 최소 요구 대역폭 B_{min} 이 핸드오프를 위해 예약된 대역폭에서 할당이 가능하다면 예약된 대역폭을 할당하고, 그렇지 않을 경우에는 예약되어 있지 않은 대역에서 할당한다. 만일 이 경우에도 가용 채널이 부족하다면 핸드오프를 거절하는 대신, 핸드오프 큐에 대기시킨다. 큐에 대기 중인 동안, 점유된 대역

이 해제되어 가용한 대역이 확보되면, 큐에 저장되어 있는 핸드오프 요구를 순서대로 수락한다. 큐에서 대기 중인 단말

표 1. 성능 평가 파라미터
Table 1. Simulation Parameters

파라미터	설명	값
λ	평균 호 도착률	0~5
$1/\mu$	호의 평균 지속 시간	60~200
RSS	각 호의 수신 신호강도	0~130
S	단말기 이동 속도	random
θ	호의 이동 방향	random
R_i	출발 영역 임계값	RSS=60
L1	핸드오프요구 레벨1	RSS=20
L2	핸드오프요구 레벨2	RSS=5
N	셀의 수	52
B	각 셀당 할당된 대역 크기	100seg
Q	큐 길이	5 call

기로부터 수신되는 RSS가 통신이 가능한 최저 신호 세기 임계치 아래로 떨어지는 핸드오프 만료시간을 초과할 경우에는 핸드오프 요구를 최종적으로 거절한다.

수락된 핸드오프 호에 할당되는 대역폭의 크기는 신규 호와 마찬가지로 응용 프로그램에 대해 가능한 최대의 서비스 품질을 보장해 주기 위해서 최대 요구 대역폭 B_{max} 와 셀에서 예약되거나 혹은 예약되지 않은 대역을 모두 포함한 가용 대역폭 중 최소값을 선택한다.

수락된 신규 호나 핸드오프 호가 출발영역에 위치하고 있을 경우에는 셀 전환 시 대역폭 부족으로 발생할 수 있는 핸드오프호의 강제종료 확률을 줄이기 위하여, 해당 기지국들에 의해 그 호에서 감지되는 RSS에 대한 모니터링이 시작되고 대역폭 예약 절차를 수행한다.

V. 성능 평가

본 논문에서는 성능 평가를 위해 사용하는 이동 통신망으로 52개의 육각형 셀을 가진 2 차원 구조의 셀룰러 시스템을 고려한다. 임의의 한 셀에는 6개의 이웃 셀이 존재하고, 각각의 셀은 기본적으로 모두 균일한 대역 용량을 갖는다고 가정한다. 각 호에 할당되는 대역폭의 기본 단위는 seg로써 정의한다. 이것은 임의의 이동 단말기에서 실행되는 멀티미디어 애플리케이션에게 할당될 수 있는 최소 대역폭의 양이다. 따라서 음성 및 데이터 통신을 하는데 최소 1 seg, 대용량 멀티미디어 통신을 위해서는 다수의 seg가 필요할 것이다. 각 셀에 초기 할당되는 대역폭의 양은 100 seg로 가정한다. 호의 요청은 셀 내에서 고르게 발생하며, 각 셀에서의 호 도착률은 평균 λ 를 갖는 포아송 분포를 가진다. 본 논문에서 또한 각 호의 지속시간은 평균 $1/\mu$ 를 가지는 지수 분포로 표현된다. 표 1은 본 모의실험에서 사용한 성능평가 파라미터들을 보여준다. 다양한 멀티미디어 응용 프로그램을 지원하는 이동 컴퓨팅 환경을 고려하기 위해 모의실험에 사용된 멀티미디어 트래픽을 표 2와 같이 6개로 분류하였다[7].

본 모의 실험에 사용되는 주요 성능 평가 지수는 신규호

표 2. 성능평가를 위한 멀티미디어 트래픽 분류
Table 2. Classification of Multimedia Traffics for Simulation

Class	Type	트래픽 예	대역범위 (seg)	평균지속 시간(sec)
Class I	Type 1	Voice	[1, 3]	200
	Type 2	Videophone	[5, 10]	200
	Type 3	VOD	[10, 20]	3600
Class II	Type 4	E-mail, Text	[1, 1]	60
	Type 5	WWW, Image	[5, 5]	1800
	Type 6	FTP	[2, 2]	60

의 탈락률(blocking rate)과 핸드오프호의 강제종료율(forced termination rate)이다. 신규호의 탈락률은 실험 시간동안 발생된 전체 신규호에 대해 가용 대역의 부족으로 인해 수락되지 못한 호의 수의 비율로 계산하고, 호의 도착률을 변화시키면서 각 기법들의 탈락률을 측정한다. 핸드오프호의 강제종료율은 전체 발생된 핸드오프호의 수에 대한 강제종료횟수의 비로써 측정된다. 본 논문에서 제안한 방식의 성능평가를 위해서 비교의 대상으로 기존 제안 방식을 대표하는 NP-CAC, FIFO, FBR, CBR, OBR 5가지의 방법을 고려하였다. 본 논문에서 제안한 방식은 LB-BR(Location-Based Bandwidth Reservation) 방식으로 표기하였다.

그림 12는 호의 도착률이 증가됨에 따라 가중되는 트래픽 양의 변화에 따른 신규 호의 탈락률을 측정된 결과를 보여준다. 그림에서 보이는 바와 같이 클래스 기반의 대역폭 예약 방식인 CBR 기법이 가장 높은 탈락률을 보인다. 이는 셀에서 요청된 호가 수락될 때, 이웃한 여섯 개의 셀 모두에 대해 일정 크기의 대역을 불필요하게 많이 예약함으로써 신규 호에 할당될 가용 대역의 용량이 가장 작기 때문이다. 이러한 불필요한 예약을 줄이기 위해서 제안된 OBR 기법은 CBR 기법과 달리 모든 인접 셀에 대해 대역폭을 예약하는 것이 아니라 호의 발생 위치를 근거로 가장 가까운 인접 셀

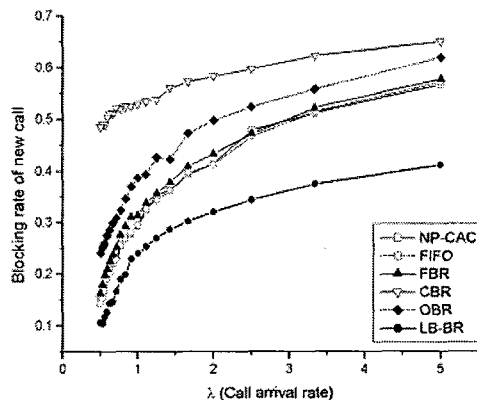


그림 12. 신규호 탈락률
Fig 12. New Call Blocking Rate

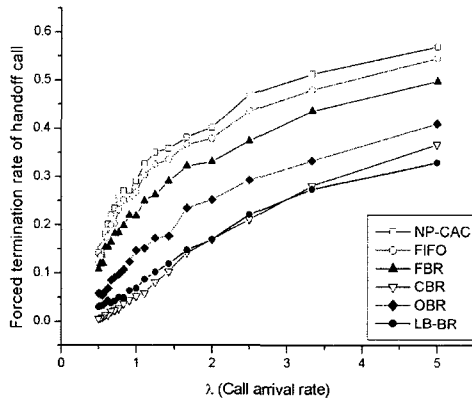


그림 13. 핸드오프호의 강제 종료율
Fig 13. Hand-off Call Forced Termination Rate

하나에 대해서만 대역폭 예약을 수행함으로써 CBR에 비해 불필요한 예약의 가능성을 크게 줄여 상대적으로 우수한 성능을 보인다. FBR 기법은 핸드오프 호를 위한 독점적 고정 대역의 크기를 미리 정해 놓음으로써 신규 호에 할당할 대역의 범위가 일정 수준 이상 보장되기 때문에 CBR과 OBR 기법보다 높은 성능을 보인다.

우선순위를 고려하지 않는 NP-CAC 기법은 신규 호와 핸드오프 호를 동일하게 취급한다. 따라서 핸드오프 호를 위한 대역 확보에 대한 제어 절차가 선행되지 않기 때문에 신규 호의 탈락률이 앞의 기법들보다 낮게 나타난다. FIFO 방식의 큐잉을 이용한 핸드오프 지연 기법은 NP-CAC 보다 약간 높은 신규호의 탈락을 보인다. 이는 큐에 대기 중인 핸드오프호가 있을 경우, 신규 호에 비해 우선적으로 가용 채널을 할당하기 때문이다. 이러한 결과를 통해 핸드오프 호를 우선적으로 처리하기 위해 큐를 이용하거나 대역폭 예약을 수행할 경우, 상대적으로 신규호의 탈락률이 높아진다는 것을 알 수 있다.

본 논문에서 제안된 LB-BR 방식은 통화 품질과 밀접한 관계가 있는 핸드오프호의 강제종료 확률을 줄이기 위하여 이동성 예측 방법을 이용해서 결정된 departing 호에 대해 필요한 크기의 대역폭을 예약한다. 또한 핸드오프 호를 우선적으로 처리할 수 있도록 대역폭을 예약함에 있어서 가장 핸드오프 가능성이 높은 호에 대해서 예약이 이루어져 불필요한 예약을 줄일 수 있고, 신규 호를 위한 가용 대역을 다른 기법들에 비해서 가장 많이 확보할 수 있음을 실험 결과를 통해서 알 수 있다. 그림 12에서 제안된 기법은 다른 기법들에 비해 신규호의 탈락률이 약 15~40% 정도 감소됨을 보여준다.

그림 13은 호 발생 빈도에 따른 각 기법들의 핸드오프 호에 대한 강제종료율의 변화를 보여준다. 그림에서 보이는 바와 같이 핸드오프호의 강제 종료율은 비우선순위 방식인 NP-CAC에 비해 큐와 대역폭 예약을 이용하는 우선순위 기법들의 핸드오프 호 강제종료율이 상대적으로 감소되었음을

보여준다. NP-CAC 방식은 핸드오프 호를 위한 대역폭 예약을 수행하지 않고 호 발생 순서에 따라 가용한 채널을 할당하는 방식이기 때문에 핸드오프 거절 확률이 가장 높다. 또한, 큐를 이용한 핸드오프 호 처리 기법에 비해 대역폭을 사전에 예약하는 방식이 더 우수한 성능을 보이고 있으며 실험 결과 가장 좋은 성능을 보여주는 기법은 본 논문에서 제안한 LB-BR 방식과 CBR 방식이다. 특히 CBR 방식은 호 도착률이 낮은 환경에서 매우 우수한 성능을 보이고 있는데, 이는 진행 중인 호에 대해 핸드오프를 대비하여 인접한 모든 셀에 대해 일정한 크기의 대역을 예약해 두기 때문이다. 하지만, CBR 방식은 호가 매우 자주 발생하는 환경에서는 셀룰러 시스템 내의 과부하 셀이 증가하게 되고, 또한 사용 중인 대역의 용량이 커짐에 따라 가용 대역이 물리적으로 부족한 셀들이 늘어나게 되어 필요한 만큼의 대역 예약이 이루어지지 못하게 된다. 따라서 부하 균형 알고리즘을 이용하여 대역폭의 이용률을 높이는 방법을 적용하는 LB-BR 기법에 비해 성능이 떨어짐을 실험 결과로 보여준다. LB-BR 기법에서 핸드오프를 위해 예약되는 대역폭의 크기는 CBR 기법에서의 예약 크기에 비해서 뿐만 아니라 OBR에서 예약되는 크기보다도 작다. 그럼에도 불구하고 핸드오프 탈락률이 이렇게 낮은 이유는 주기적인 부하균형 알고리즘의 수행으로 인해 각 셀의 가용 대역을 항상 일정 수준 이상으로 유지하기 때문이며, 이렇게 유지되는 가용 대역은 핸드오프를 위해 예약된 대역 용량 이상의 대역을 필요로 하는 많은 핸드오프가 발생했을 경우에도 이를 충분히 수락할 수 있도록 한다.

저부하 환경에서는 CBR이 LB-BR 기법에 비해 약 2~3% 정도의 강제종료율의 감소를 보이고, 고부하 환경에서는 LB-BR 기법이 CBR에 비해 약 1~4% 정도의 강제종료율 감소를 실험을 통해서 알 수 있다. 또한, CBR을 제외한 다른 기법과의 비교를 통해서 LB-BR 기법의 약 10~25% 정도 핸드오프 강제종료율이 감소됨을 보여준다.

VI. 결 론

지금까지 무선 망의 낮은 전송 속도와 제한적인 시스템 용량의 한계를 극복하기 위한 많은 연구들이 계속되면서 다양한 호 수락 방법들이 제안되었다. 기존의 호 수락 방법들은 각 셀에서 사용 가능한 채널 대역의 범위 내에서 호 탈락을 최소화하는 것에 초점을 맞추고 서비스 품질 보장하기 위한 여러 가지 시도를 수행하였다. 이동 단말기가 어느 한 셀 영역 안에서 호를 설정하여 통신망으로부터 서비스 품질을 약속 받은 후 다른 셀로 이동할 경우, 새로 이동한 셀에 일시적인 과부하가 발생하면 기존의 호는 처음 약속 받은 서비스 품질을 보장받지 못할 수 있다. 또한 이동으로 인해 단말기로부터 목적지까지의 통신 경로가 변경되면 이전 경로의 일부 구간에 예약된 대역폭은 계속해서 예약해 놓을 필요가 없게 된다. 따라서, 호를 처음 설정할 때 단말기가 이동할 경로를 따라 동결의 서비스 품질을 보장받을 수 있

도록 이동중인 호에 대한 대역폭을 확보할 수 있는 호 수락 제어가 필요하다.

본 논문에서는 셀룰러 망에서 멀티미디어 응용 프로그램의 서비스 품질 보장을 위하여 무선 단말기의 이동성 예측과 셀 부하를 고려한 대역폭 예약을 적용한 멀티미디어 호 수락 제어 기법을 제안하였다. 제안된 기법은 불필요하게 여러 셀에 대해 중복되는 대역폭 예약을 줄여서 신규호와 핸드오프호가 공유할 수 있는 가용대역을 확보할 수 있도록 단말기의 이동 방향에 대한 예측 오류를 최소화하는 이동성 예측 알고리즘과 셀 부하를 고려한 대역폭 예약 기법을 적용하였다. 그 결과 기존 방식에 비해 우수한 통화 품질을 보장할 수 있었다.

하지만, 제안한 방식에서 사용하는 대역폭 예약 알고리즘은 셀의 부하 상태 정보를 유지하기 위한 기지국간의 제어 정보 전송의 오버헤드, 대역폭 계산 오버헤드를 유발할 수 있고, 단말기 이동성 예측 알고리즘은 출발 영역에 위치한 호들을 모니터링 함으로써 발생하는 정보를 저장하고 관리하는 데 필요한 오버헤드 등이 발생될 수 있다. 따라서, 이러한 오버헤드들에 대한 정량적 분석과 오버헤드를 줄이기 위한 방안 등이 향후 연구 과제로 고려되어야 할 것이다.

Networks," IEEE International Conference on Distributed Computer System, 1997.

[7] D. J. Goodman, "Cellular packet communications," IEEE Transactions on Communications, Vol. 38, No. 8, 1990.
 [8] 우매리, 최용준, 정영석, 임경수, 김종근, "셀룰러 망의 이동국 속도와 방향을 이용한 핸드오프율 계산법," 정보과학회논문지: 정보통신, 제 29권, 제 4호, pp. 352-357, 2002.



정 영 석(Young-Seok Jung)

1995년 2월 영남대 컴퓨터공학과(공학사)
 1998년 2월 영남대 컴퓨터공학과(공학석사)
 2003년 2월 영남대 컴퓨터공학과(공학박사)
 2000년 3월 ~ 현재 경운대학교 컴퓨터공학과 교수
 2003년 10월 ~ 현재 경운대학교 첨단모바일산업지원센터
 교육사업부장(운영위원)
 관심분야 : Ad Hoc Network, 모바일인터넷

참 고 문 헌

[1] J. S. Evans and D. Everitt, "On the teletraffic capacity of CDMA cellular networks," IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol. 48, No. 1, pp. 153-165, 1999.
 [2] K. S. Cilhousen, I. M. Jacobs, R. Padovani and L. A. Weaver, "Increased capacity using CDMA for mobile satellite communication," IEEE Journal on Selected Areas in Communications. Vol. 8, No. 6, pp. 503-514, 1990.
 [3] Y. S. Jung, M. Wu, W. S. Chang and C. G. Kim, "An efficient load-balancing scheme for quality-of-service guarantees in wireless cellular networks," Proceedings of The International Conference on Security and Management (SAM'02), 2002.
 [4] C. Oliveira, J. Kim and T. Suda, "An adaptive bandwidth reservation scheme for high-speed multimedia wireless network," IEEE Journal on Selected Areas Communications, Vol. 16, No. 6, pp. 858-873, 1998.
 [5] D. Hong and S. S. Rappaport, "Traffic model and performance analysis for cellular mobile radio telephone systems with prioritized and nonprioritized handoff procedures," IEEE Transactions on Vehicular Technology, 1986.
 [6] S. K. Das, R. Jayaram and S. K. Sen, "An Optimistic Quality-of-Service Provisioning Scheme for Cellular