# 지역 기반 호 수락 제어를 이용한 이동 QoS 보장

이준화*, 정병호**, 이광일*, 김상하*
*충남대학교 컴퓨터과학과
**한국 전자 통신 연구원
e-mail : jhlee@cclab.cnu.ac.kr

# Mobile QoS Guarantee by Region-based Call Admission Control

Jun-Hwa Lee*, Byung-Ho Chung**, Kwang-Il Lee*, Sang-Ha Kim*
*Dept. of Computer Science, Chung-Nam University
**Electronic and Telecommunications Research Institute

요 약

기존의 연구에서는 셀룰러 망에서 호 수락 제어 시에 다음 두 가지 요소를 고려하지 않는다. 첫 번째 요소는 각각의 셀, 특히 micro/pio 셀에서 서비스 제공이다. micro/pico 셀과 같이 심한 트래픽 변동이 있는 셀에서는 호 단절률이 수렴할 수 없기 때문에 이동 QoS 와 서비스 제공이 불가능하다. 두 번째 요소는 망에서 호를 수용할 수 있는 능력과 관련 있는 GoS 이다. 일반적으로 여러 비율의 서비스는 서비스의 집합으로 특정지을 수 있고, 각각의 것들은 다른 양의 대역폭을 요구한다. 이질적인 멀티미디어 서비스 클래스를 가진 망에서는 소수의 광대역호가 망 자원의 대부분을 점유해서, 신규호에 대한 봉쇄로 망 성능을 떨어뜨릴 수 있다. 그래서, GoS는 광대역호 제어에 의해서 향상될 수 있다.

본 논문에서는 이동 트래픽 조건에서 서비스 제공이 가능한 셀들의 최소 집합이면서 논리적인 단위인 지역이라고 불리는 새로운 개념을 소개한다. 그리고 서비스 제공 단위가 셀보다는 지역단위로 한 경우에 성능이 더 좋고 GoS 를 향상시킬 수 있는 방법인 지역기반 CAC 를 제한한다. 마지막으로 시뮬레이션에서는 QoS와 GoS 관점에서 RCAC가 현재까지 제안된 다른 방법보다 더 좋은 성능을 제공한다는 것을 보여준다.

## 1. 서론

미래의 무선망은 기존의 음성 서비스이외에도 데이터 서비스와 멀티미디어 서비스 제공(Service Provisioning)이 기대된다. 무선 망의 한정된 자원때문에 더 큰 무선 용량을 제공하기 위해서 마이크고/피고 셀 구조가 제안된다. 그러나 이런 구조는 오늘날 매크로 셀 구조보다 자주 핸드오프가 일어나고, 결국에는 망에서 혼잡의 원인이 된다. 서비스들 사이에 망 자원의 심한 경쟁으로 제어된 망에서 서비스마다 QoS(Quality of Service)를 보장하기 어렵다. 그래서 여러 서비스에 대해서 요구되는 QoS 를 만족하는 호 수락 제어(CAC: Call Admission Control) 함수를 연구하는 것이 매우 중요하다. 무선 망에서는 호의 유효기간 동안 서비스에 대한 각각의 QoS 를 유지하는 것은 불가능하다. 따라서 이동 QoS 에 대한 호 수락 제어함수의 최종 목표는 주어진 값의 평균 호 단절율(CDP: Call Dropping Probability)을 유지하고 평균 호 봉쇄율(CBP: Call Blocking Probability)을 최소화하는 것을 요구한다.

서비스 중인 호가 단절되었을 때 망에 혼잡이 발생했다고 생각하고 오랜 시간동안 이런 혼잡을 제어하기 위해서 많은 연구가 행해져 왔다. 몇몇 호 수락 제어 방법 [1, 5, 6, 7]에서는 효율적인 무선 자원 할당을 이용하고, 다른 방법 [4, 8, 9]에서는 핸드오프 부하 측정을 통한 평균 호 단절율를 제어한다. 앞에 나온 방법을 향상시키기 위한 몇몇 방법 [1, 3]에서는 신규호와 핸드오프 호 사이에 자원 할당을 위해서 우선 순위를 할당한다. 빠른 이동 속도를 가진 이동국은 셀에서 단지 짧은 시간동안만 머무른다. 이런 문제를 해결하기 위한, 한 가지 방법[8]은 홈 셀과 이웃하고 있는 셀들을 하나로 묶고 그것을 클러스터라고 소개한 후, 그 클러

스트 단위로 자원 할당을 한다.

현재까지 이루어진 연구는 다음 두 가지 요소를 고려하지 않는다. 한 요소는 각각의 셀인 마이크로/피고 셀에서 서비스 제공을 한다. 고속의 무선 멀티미디어 셀룰러 망에서의 작은 셀은 핸드오프 율을 증가시키고, 속도와 시간의 변화에 따라서 망 트래픽 조건의 결과에 많은 영향을 미친다. 그래서 셀에서 심한 트래픽 변동으로 인한 호 단절율이 수렴하지 않으므로 QoS 와 서비스 제공이 불가능하다. 또 다른 한 요소는 망 안에서 호를 수용할 수 있는 능력과 관계있는 GoS 이다. 일반적으로 여러 비율의 서비스는 서비스의 집합으로 특징지을 수 있고, 각각의 서비스들은 다른 양의 대역폭을 요구한다. 이질적인 멀티미디어 서비스 클래스를 가진 망에서는 소수의 광대역호가 망 자원의 대부분을 점유하고, 신규호의 봉쇄로 인한 망 성능을 떨어뜨릴 수 있다. 그래서, GoS 는 광대역호 제어에 의해서 향상될 수 있다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 2 장은 지역 기반 시스템 모델을 소개한다. 3 장은 RCAC 방법을 제안한다. 그 방법은 셀 단위로 서비스 제공하는 것보다 지역 단위로 하는 것이 더 좋고, GoS 를 향상할 수 있도록 제공하는 방법이다. 4 장은 RCAC 방식과 다른 방식에 대한 시뮬레이션 결과와 QoS 와 GoS 관점에서 그 결과를 분석한다. 마지막으로 5 장은 결론을 맺었다.

## 2. 지역 지반 시스템 모델

우리는 이동 트래픽 상황에서 서비스 제공을 할 수 있는 지역이라는 새로운 개념을 소개한다. 이 지역은 논리적인 셀로 서비스 제공을 할 수 있는 최소 셀들의 집합이다. 또, 시스템이 안정화가 될 때, 호 단절율 값이 수렴하는 논리적인 영역이다. 예를 들면 캠퍼스, 대형 빌딩, 연구 단지 등과 같은 매크로 셀과 같은 크기를 들 수 있다.

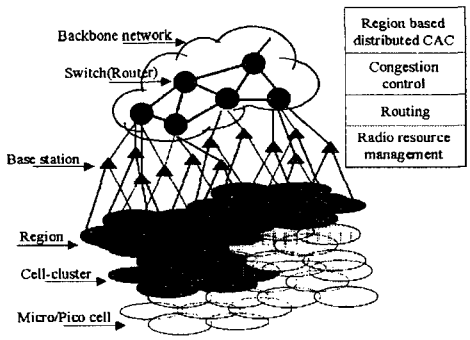


그림 1 지역 기반 무선 망 구조

그림 1 은 셀룰러 망에서 무선 망과 지역의 관계를 보여주는 모델이다. 클러스터가 같은 교환국을 공유하는 기지국을 그룹으로 묶은 단위라면, 지역은 독립적인 물리적인 계층 구조에 이웃 기지국들간을 그룹으로 묶은 것이다. 그래서 가능한 한 기지국들은 다른 지역에 속한 교환국 시스템을 공유하고 같은 지역에 속한 다른 교환국을 공유한다. 각각 자신의 트래픽 패턴에 따라서, 지역은 오랜 시간 동안 망 정보를 모을 수 있고 그 정보를 통해서 서비스 제공을 할 수 있다. 본 논문의 결과에서는 서비스 제공자는 주어진 무선 망에서 서비스 제공에 대한 충분한 정보를 가지고, 작은 지역을 기반으로 정보를 서로 나눌 수 있다고 가정한다.

## 3. 지역 기반 호 수락 제어 알고리즘

멀티미디어 서비스는 비디오와 같은 실시간 서비스와 e-mail 과 같은 비실시간 서비스로 나누어진다. 실시간 서비스는 요구 대역폭의 크기에 의존해서 서브클래스로 나누어진다. 이 절에서는 RCAC 방법을 제안하고, 셀 단위로 서비스 제공을 하는 것보다 지역 단위로 하는 것을 고려하고 GoS 를 향상할 수 있는 방법을 제안한다. 이 방법에서는 불필요한 복잡성을 줄이기 위하여 단지 실시간 서비스만을 고려했다.

### 3.1 RCAC 알고리즘

```
Real-Time: Handoff CALL
    if Available Bandwidth+Reserved Bandwidth≥ b_j then
        accept
    else
        reject
    end if

Real-Time: New CALL
    if QoS ≥  CDP then
        return (reject)
    endif
    if Available Bandwidth≥  b_j then
        return (reject)
    endif
    if overload (MaxGoS_j,No_of_Active_Calls_j) then
        return (reect)
    endif
    reserve (b_j*γ) in neighboring cells
    if recv_all_OK_FROM_CLUSTER then
        return (accept)
    else
        return (reject)
    end if
```

그림 2 RCAC 알고리즘

그림 2 는 핸드오프 호와 신규호라는 두 부분으로 나누어진 RCAC 알고리즘을 보여준다. 핸드오프 호에 대한 제어는 신규호보다 훨씬 더 간단하다. 핸드오프 호인 경우에는 요구하는 가용 대역폭이 존재하면, 그 호를 받아들인다. 이런 간단한 방식이 신규호에는 적용되지 않는다. 그 이유는 많은 신규호의 유입으로 핸드오프 호에 대한 단절에 영향을 미치고, 이동 QoS 로 정의된 호 단절율 값을 보장할 수 없기 때문이다. 신규호가 받아지기 위해서는, 몇몇 조건을 만족해야만 한다. 첫 째, 홈 셀에 신규호가 요구하는 대역폭을 할당할 수 있는 가용 대역폭이 있어야 하고, 실시간 서비스에 대해서 평균 호 단절율 값인 $P_h$가 주어진 값보다 작아야만 한다. 둘 째, 지역 기반 서비스 제공에 따라서 지역에서 각각의 서비스를 받아들일 수 있도록 미리 값을 정해 놓고, 이 값을 초과하지 않는 범위에서 신규호를 받아들인다. 마지막으로, 콜은 같은 클러스터에 있는 자신의 이웃 셀에 요구 대역폭의 일부를 예약할 수 있을 때 받아들인다.

이 알고리즘에서 가장 중요한 점은 혼잡이 발생해서 그것을 제어할 시점이 결정된다는 것이다. 가장 좋은 혼잡 제어 시점은 트래픽 변동폭이 심해지기 직전에 바로 하는 것이다. 망 혼잡을 알아낼 수 있는 측정 요소는 호 봉쇄율, 호 단절율, 셀에서 전체 대역폭 이용율이다. 이러한 요소는 서로 상관관계가 있다. 이 알고리즘에서는 셀에서 혼잡을 인지하는 요소로 대역폭 이용율을 이용한다. 셀의 임계값이 각각의 셀에서 평균 대역폭 이용율을 초과할 때, 그 지역의 임계값을 제어해야만 한다.

### 3.2 정적으로 RCAC 임계값 결정

식(1)은 튜플 형태로 지역 안에서 망 혼잡을 제어하는 데

필요한 모든 요소들을 정의한다.

$$OverLoadModel = < R, B, \mathrm{Re}svSlot, \Phi, k, Y(x_j), F'(x_j), b_j, MaxGoS_j, F(x_j) > \quad (1)$$

where :

R: 지역 크기
B: 셀 안에서 전체 가용 대역폭
ResvSlot: 이웃 셀에서 호에 대한 예약율
$\phi$: 비실시간 서비스에 대한 사용 가능한 대역폭 율
k: 실시간 서비스 클래스 수
$Y(x_j)$: 혼잡 제어하는 서비스 제공 함수
$F'(x_j)$: 서비스 클래스에 대한 평균 분산 함수
$b_j$: 서비스 클래스 j 에 대한 요구 대역폭
$MaxGoS_j$: 서비스 클래스 j 를 혼잡 제어하는 임계값
$F(x_j)$: 서비스 클래스에 대한 분산 함수

우리는 위의 모든 요소 중 $E_j$, $Fairshare_j$, $MaxGoS_j$를 제외한 모든 값은 주어지고, 세 값은 오랜 시간을 통해 얻어진 과거의 정적인 통계자료를 가지고 유도할 수 있다고 가정한다. 그래서 만약 세 요소의 값을 얻을 수 있다면, 서비스 제어를 위해 필요한 모든 호 수락 제어 임계값을 얻을 수 있다. 이 다음부터는 세 값을 계산할 수 있는 식을 유도한다.

#### 3.2.1 서비스 클래스의 망에 대한 영향력

특정 서비스 클래스 $C_j$ 의 영향력인 $E_j$ 는 $E_j$ 를 계산하기 전에 지역 안에서 주어진 $F'(x_j)$로부터 클래스 별로 점유하고 있는 전체 대역폭 양인 $S_j$ 를 계산한다. 식 (2)를 통해서 서비스 클래스의 망에 대한 영향력인 $E_j$를 유도할 수 있다.

$$S_j = R \times F'(x_j) \times b_j$$

$$E_j = \frac{S_j}{\sum_{i=1}^{k} S_j} \quad (2)$$

#### 3.2.2 각각의 클래스에 대한 자기몫

각각의 서비스가 단지 서비스 제공에 의해서 주어진 영향력을 가지기 때문에, 각각 서비스 클래스는 자기몫을 계산해야 한다. 본 논문에서는 서비스 제공 정책을 가정하고, 모든 서비스 클래스가 지역 안에서 같은 영향력을 가지도록 적용시킨다.

$$FairShare_j = \frac{(R \times B(1 - \Phi - resvSlot)) \times Y(x)}{R \times B(1 - \Phi - resvSlot) \times E_j} = \frac{BaselineBW_j}{OccupiedBW_j} \quad (3)$$

다음과 같이 식 (3)은 각각의 서비스 클래스의 자기몫을 계산한다. 주어진 혼잡 제어 정책인 Y(x)에서 기준 대역폭인 BaselineBW 과 지역 안에서 서비스 클래서 j 에 의해서 가용 대역폭을 계산할 수 있다. 또, 서비스 제어가 없을 때 서비스 클래스에 의해서 점유된 점유 대역폭 OccupiedBW 를 얻고, 전체적으로 그 값을 이용해서 각각의 서비스에 대한 영향력을 계산한다. 앞에서 구한 두 값을 통해 단지 점유 대력폭에 의해서 기준 대역폭 양을 나누어서 각각 서비스 클래스의 자기몫을 얻는다.

#### 3.2.3 혼잡 제어를 위한 임계값

$$MaxGoS_j = \frac{OccupiedBW_j \times FairShare_j}{b_j} \quad (4)$$

위의 계산에 의해서 지역 안에서 각각의 서비스 클래스가 서비스 받을 수 있는 최대 이동국 수를 계산 할 수 있다. 이런 값인 $MaxGoS_j$는 식 (4)에 의해서 계산 되어질 수 있고, 혼잡 제어를 위한 임계값으로서의 이용율을 얻을 수 있다. 추가적으로 최대 GoS 는 $MaxGoS_j$ 의 전체 합이다. 식 (5)는 서비스 제공 정책을 시행할 때 각각의 서비스 클래스의 서비스 분포율을 나타낸다.

$$F(x_j) = \frac{MaxGoS_j}{\sum_{i=1}^{k} MaxGoS_j} = \frac{MaxGoS_j}{GoS} \quad (5)$$

## 4. 시험 및 결과 분석

본 논문에서는 무선 망에서 37 개의 셀로 구성되어 있고, 망에서 19 개의 셀이 단지 하나의 지역을 이룬다. 지역에서 전체 대역폭의 총 합은 570M 이다. 전체 셀 대역폭의 20% 는 예약 부분으로 이용된다. 신규호가 셀에 유입될 때, 요구 대역폭의 10%를 셀의 클러스터에 있는 이웃 셀에 예약을 한다. 또한, 망에는 단지 세 개의 서비스 클래스를 제공하고 서비스 제공 정책은 지역 안에서 각각의 서비스 클래스가 동등하게 대역폭을 공유한다. 테이블 1 은 지역 기반 무선 망에서 트래픽 파라미터를 보여준다.

| Parameter \ Class | C1 | C2 | C3 |
|---|---|---|---|
| New call arrival rate, $\lambda_j$ | 0.92 | 0.03 | 0.05 |
| Mean call duration time, $\mu_j$ | 180s | 300s | 600s |
| Mean call residence time, $h_j$ | 20s | 20s | 20s |
| Cell-level QoS, $P_{QoS}$ | 0.02 | | |
| $b_j$ | 32k | 256k | 2M |
| $E_j$ | 0.07 | 0.26 | 0.67 |
| Fair share | 4.8 | 1.3 | 0.5 |
| $MaxGoS_j$ | 4788 calls | 608 calls | 76.38 calls |

Table 1 시뮬레이션에서 이용된 트래픽 파라미터

### 4.1 시뮬레이션 모델

본 논문에서 제안한 지역 기반 호 수락 제어 알고리즘을 분석하기 위해서, 제안 알고리즘을 포함한 세 가지 다른 모델에 대한 실험을 수행했다. 첫 번째 방법은 본 논문에서 제안한 방법으로 단지 셀에서 호 단절율과 같은 이동 QoS 를 만족하고 클러스터에 있는 이웃 셀에 이 호에 대한 대역폭을 예약할 수 있고 서비스 제공 정책이 만족할 때, 신규호의 유입을 수락하는 방식이다. 뒤에서 설명하는 다른 모델과 구별하기 위해 OVM 방법으로 부른다. 두 번째 모델은 [4]에서 제시한 방버으로 각각의 셀에서 독립적인 정보를 가지고 단지 호 수락을 결정하는 SCM(simple CAC threshold model) 방법이다. 이 방법은 호 단절율이 임계값 아래에서 보장할 때까지 모든 신규호를 봉쇄한다. 단지 호 단절율 조건이 만족하고 가용 대역폭이 존재할 때 신규호를 수용한다. 세 번째 방법은 [7]에서 제안한 방법 중 하나로 URM(uniform and bandwidth-based reservation model) 방법이다. 이 방법에서는 호 단절율이 임계값 아래에서 보장되고 이웃 셀에 대역폭 예약이 가능할 때, 신규호를 수용한다.

### 4.2 시뮬레이션 결과

#### 4.2.1 호 단절율(CDP : Call Dropping Probability)

그림 3 에서 X 축은 초당 신규호 도착 수고, Y 축은 호 단절율이다. 결과를 보면 OVM 모델이 트래픽 부하가 증가하고 트래픽 변동 폭이 크더라도 실시간 서비스에 대한 이동

QoS 를 보장한다. 그러나 다른 모델에서는 트래픽 변동이 심할 때 호 단절율 값이 증가한다. 즉, 이동 QoS 보장이 안 되고 있다.

OVM 모델이 성능이 좋은 이유는 요구 QoS 를 만족하거나 서비스 제공 정책이 만족하지 못하더라도 신규호에 대해서 엄격한 제어를 하기 때문이다. 이 결과에서 또 다른 해석은 광대역호의 단절로 인해 남는 망 자원을 많은 협대역호가 사용할 수 있고, 이런 협대역호들로 이동 QoS 가 좋아진다. 이점이 SCM 모델이 URM 모델보다 더 좋은 QoS 를 보장하는 이유이다.

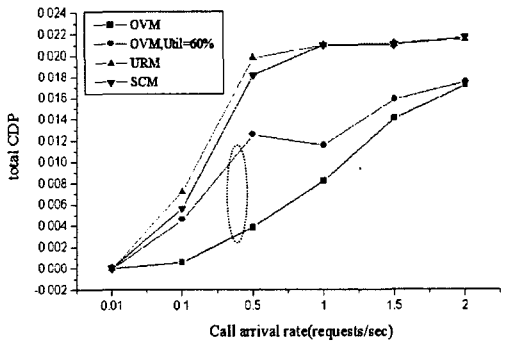


그림 3 핸드오프 호에 대한 호 단절율

#### 4.2.2 호 봉쇄율(CBP: Call Blocking Probability)

그림 4 는 OVM 모델이서 호 봉쇄율이 다른 모델에 비해 더 낮다는 것을 보여준다. 예를 들어, 호 생성율이 매 초마다 하나씩 생성될 때, OVM 모델에서 호 봉쇄율은 SCM 모델과 URM 모델의 호 봉쇄율보다 37.5%와 50.5%가 향상된다. 이점은 적은 수의 호가 생성은 되지만 망 대역폭에 큰 영향을 미치는 광대역호를 엄격하게 제어하기 때문이다. 그래서 적은 수의 광대역호의 봉쇄는 많은 협대역호의 유입을 허락하고, 결국에는 호 봉쇄율이 크게 향상된다.

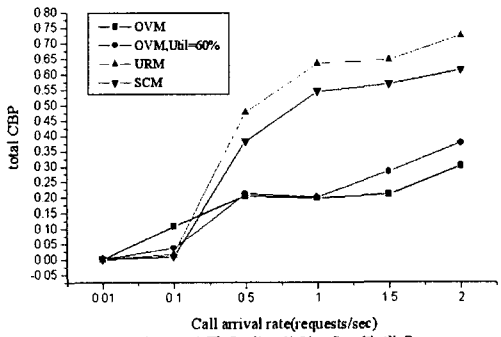


그림 4 신규호에 대한 호 봉쇄율

#### 4.2.3 GoS(Grade of Service)

본 논문에서는 GoS 를 대역폭 마다 서비스를 제공하는 이동국 수로 정의하였다. 무선 망의 서비스를 받은 호의 수가 많아질수록 GoS 가 높아진다. 그림 5 는 망의 부하가 증가할수록 본 논문이 제안한 OVM 모델의 GoS 가 향상되고 있음을 보여준다. 호 도착율이 매 초마다, OVM 모델은 URM 모델보다 230% 그리고 SCM 모델보다 194% 증가하였다. 여기서 URM 의 GoS 가 SCM 보다 낮은 이유는 URM 이 대역폭에서 예약 부분을 유지함으로 인해, 신규호가 가용할 수 있는 자원의 양이 그 만큼 적어졌기 때문이다.

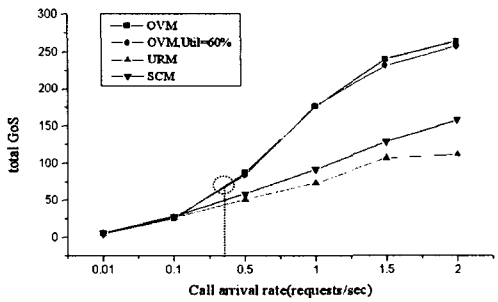


그림 5 실시간 서비스에 대한 셀 평균 GoS

## 5. 결론

본 논문에서는 서비스 제공을 셀 단위가 아닌 지역 단위로 하고, 주어진 환경에서 GoS 를 향상시키는 방법을 제안하는 지역기반 호 수락 제어라는 새로운 RCAC 방법을 제안한다. GoS 를 향상시키고 셀에서 더 많은 호를 받아들기 위해서, 서비스 클래스의 영향력이라는 새로운 개념을 소개하고, 광대역호가 협대역호보다 더 큰 영향력을 발휘한다. 이런 개념에서 협대역호와 광대역호를 구분하고, 효과적으로 광대역호를 제어함으로써 더 많은 협대역호를 처리한다. 시뮬레이션에서는 다른 방법보다 본 논문이 제안한 방법이 호 단절율, 호 봉쇄율, GoS 라는 측면에서 더 좋은 성능을 보여준다. 또한, 이 방법은 주어진 서비스 제공 정책에 기반으로 한 망 혼잡 제어를 어떻게 할 것인지를 제안한다.

본 논문에서 우리가 제안한 방법을 유도하기 위해서 CBR(constant bit rate)을 다룬다. 앞으로 연구에서는 지역과 VBR(various bit rate)에 대한 영향력이라는 새로운 개념을 도입한 호 수락 제어 방법을 제안할 것이다. 또한 UMTS 망에서 본 논문에서 제안한 방법의 일부가 IMT-2000 에 적용될 수 있도록 제안할 것이다.

## 참고문헌

[1] O. T. W. Yu, and V. C. M. Leung, "Adaptive resource allocation for prioritized call admission over an ATM-based wireless PCN," IEEE JSAC, vol. 15, no. 7, pp. 1208-1225, 1997.

[2] M. Naghshineh, A. S. Acampora, "QoS Provisioning in Micro-cellular Networks Suppor-ting Multimedia Traffic," IEEE INFOCOM'95, pp. 1075-1084, 1995.

[3] A. S. Acampola, and M. Naghshineh, "Control and QoS Provisioning in high-speed Micro-cellular Networks," IEEE personal Comm. Mag-azine, vol. 1, no. 2, pp. 36-43, 1994.

[4] D. S. Eom, M. Sugano, M. murata, et. al, "Call Admission Control for QoS Provisioning in Multimedia Wireless ATM Networks," IEICE Tr-ansactions On Communications, vol. E-82B, no. 1, pp. 14-23, 1999.

[5] D. A. Levine, I. F. Akyildiz, M. Naghshineh, "A Resource Estimation and Call Admission Algorithm for Wireless Multimedia Networks Using the Shadow Cluster Concept," IEEE/ACM Transactions On Networking, vol. 5, no. 1, 1997.

[6] T. Liu, "Mobility Modeling, Location Tracking, and Trajectory Prediction in Wireless ATM Net-works," IEEE JSAC, vol. 16, no. 6, 1998.

[7] C. Oliveira, J. B. Kim, T. Suda, "An Adaptive Bandwidth Reservation Scheme for high-speed Multimedia Wireless Networks," IEEE JSAC, vol. 16, no. 6, pp. 858-874, 1998.

[8] M. Naghshineh, M. Schwartz, "Distributed Call Admission Control in Mobile/Wireless Network-s," IEEE JSAC, vol. 14, no. 4, pp. 711-717, 1996.

[9] R. Jain, "A framework for design and evaluation of admission control algorithm in multi-service mobile networks," IEEE INFOCOM'99, vol. 3, pp. 1027-1035, 1999.