

이동 패킷 망에서 QoS를 고려한 연결 수락 제어

정회원 이상호*, 김영진*, 박성우**

Connection Admission Control with QoS in Mobile Packet Networks

Sang-Ho Lee*, Yeong-Jin Kim, Sung-Woo Park** *Regular Members*

요 약

본 논문에서는 이동 패킷망에서 단말의 핸드오프에도 불구하고 QoS를 지속적으로 보장하기 위한 방안으로서의 연결 수락 제어 기법을 제시하고자 한다. 제안하는 연결 수락 제어 기법은 기본적으로 시간 선택적 대역 예약 방식을 기반으로 하고 있으면서도 예약 메카니즘을 단순화하여 시그널링 및 컴퓨팅 오버헤드를 줄이고 있다. 또한, 예약 파라미터들에 대한 적응적 제어를 통해 연결 수락 제어의 성능을 최적화하고 있다. 컴퓨터 모의 실험을 통해 제안하는 연결 수락 제어 기법에 대한 성능 평가를 하였으며, 그 결과 대역폭을 예약하지 않는 방식에 비해 신규호 차단확률 및 대역폭 이용 효율의 저하는 감내할 수 있는 수준을 유지하면서 핸드오프 차단 확률은 현격히 좋아짐을 확인하였다.

ABSTRACT

A connection admission control scheme is proposed that can seamlessly support QoS in face of handoff in mobile packet networks. The proposed scheme is based on the adaptive time-selective bandwidth reservation with the reduced signaling and computational overhead. The reservation parameters are adjusted dynamically to cope with user mobility. Throughout the computer simulations, the performance of the proposed scheme is evaluated. As a result, it is shown that the proposed scheme reduces handoff call blocking probability remarkably, while other parameters (new call blocking probability and bandwidth utilization efficiency) are slightly deteriorated.

KeyWords : CAC, mobile-QoS

I. 서 론

최근의 이동통신 기술은 3세대 IMT-2000을 지나 4세대 기술 개발을 향해 급속히 발전하고 있으며, 그 중간 과정에서 2.3GHz 휴대 인터넷 기술 개발이 진행되고 있다. 휴대 인터넷 시스템은 고속의 전송속도를 제공하지만 이동성과 서비스 커버리지에 제약이 있는 무선랜과 이와는 반대의 성격을 가지고 있는 셀룰라 이동통신시스템의 특성 중에서 각각의 장점만을 취한 시스템이라고 볼 수 있으며, 고속의 전송속도를 제공하면서 셀룰라 이동통신시스

템에 근접하는 수준의 서비스 커버리지와 이동성까지도 지원하는 것을 목표로 하고 있다. 일반적으로 3세대 이후의 이동통신 기술은 패킷망을 근간으로 하고 있으며, 이러한 이동 패킷망을 통해 멀티미디어 및 인터넷 서비스를 효율적으로 제공하기 위해서는 각종 트래픽의 QoS 요구 사항 (e.g. 대역폭, 패킷 지연 시간, 지연 변이 etc.)들을 충분히 지원할 수 있는 서비스 방안이 강구되어야 한다^{[1][2]}. 일반적으로 무선 인터페이스를 갖는 이동 패킷망과 인터넷이 공존하는 유·무선 통합 환경 하에서 일관성 있는 멀티미디어 QoS 제공이 어려운 이유로

* 한국전자통신연구원 이동통신연구소 (leesh@etri.re.kr), ** 한남대학교 정보통신공학과 (swpark@hannam.ac.kr)

논문번호 : 030401-0915, 접수일자 : 2003년 9월 15일

서는 열악한 무선 환경과 단말의 이동성을 들 수 있다.

이동 패킷망에서의 QoS는 기본적으로 유선망의 QoS 개념을 바탕으로 단말의 핸드오프 현상이 고려되어야 하며 (mobile-QoS), 이 mobile-QoS를 지원하기 위해서는 단말의 핸드오프에 대비하여 인접 셀들의 대역폭을 미리 예약하는 방식이 가장 효과적인 것으로 인식되고 있다. 지금까지 제안된 대역폭 예약 방식들은 크게 정적 예약 방식^[3]과 동적 예약 방식으로 구분할 수 있다. 동적 예약 방식은 다시 인접 셀들에 대해 시간 축 상에서 호가 발생한 시점으로부터 지속적으로 대역을 예약하는 방식과^[4], 이동하는 단말의 셀 도착 시간을 추정하여 시간 축 상에서 선택적으로 대역을 예약하는 방식으로 구분할 수 있다^{[5][6]}. 후자는 전자에 비해 대역폭 이용에 있어서 효율이 좋아지는 반면 시그널링과 처리 시간 지연으로 인한 부담을 갖게 된다.

이동 패킷망에서 연결 수락 제어의 목적은 망에 유입되는 트래픽의 양을 적절히 조절함으로써 기존의 호에 대한 QoS를 핸드오프와는 무관하게 지속적으로 지원함과 동시에 망 자원 이용도를 최대화하고자 하는 것이다. 본 논문에서는 이러한 mobile-QoS를 망 차원에서 지속적으로 보장하기 위한 연결 수락 제어 기법을 제시하고자 한다. 제안하는 연결 수락 제어 기법은 기본적으로 시간 선택적 대역폭 예약 방식을 기반으로 하고 있지만, 예약 절차를 단순화하여 시그널링 및 컴퓨팅 오버헤드를 줄이고 있으며, 또한 예약 파라미터의 동적인 변경을 통해 네트워크 상황의 변화에 대해 보다 적응적으로 대처할 수 있도록 설계하였다. 따라서 기존의 정적인 예약 방식^[3]에 비해 대역폭 자원 이용의 효율성을 높일 수 있으며, 경로 추정 방식^[6]에 비해서는 처리 메커니즘을 단순화 할 수 있다.

본 논문의 이하 구성은 다음과 같다. 2절에서는 제안하는 연결 수락 제어 기법에서 이용하는 예약 모델 및 예약 파라미터들을 소개한다. 3절에서는 예약 파라미터들에 대한 적응적 제어 절차와 연결 수락 제어 과정을 설명한다. 4절에서는 컴퓨터 시뮬레이션을 이용하여 제안한 연결 수락 제어 방식에 대한 성능을 분석하고, 그에 따른 수치적 결과들을 보여 준다. 5절에서는 이 논문의 결론을 맺고 있다.

II. Mobile-QoS 프레임워크

2.1 셀 구조

일반적으로 셀룰러 이동통신 망에서 각 셀들은 일반적으로 육각형의 기하학적 구조에 의해 모델링되나 그림 1과 같이 원에 의해서 모델링될 수도 있다. 이 경우, 인접의 셀과 그 셀을 중심으로 둘러싸고 있는 인접 셀들은 중심 셀로부터의 거리에 따라 형성되는 동심원 (ring)들 중 하나에 속하게 된다. 중심 셀로부터 특정 링까지의 거리는 그 사이에 위치한 기지국의 개수에 따라 결정된다. 즉, 그림 1에서 보는 바와 같이 링-1과 링-2는 각각 중심 셀로부터 1 hop과 2 hop만큼 떨어진 인접 셀들의 집합이며 셀 B와 셀 C는 각각 링-1과 링-2에 속하고 있다. 또한, 링-0는 중심 셀 그 자체가 된다.

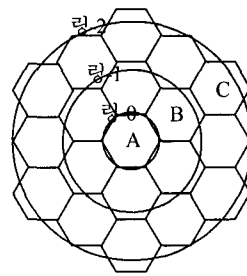


그림 1. 셀 구조.

2.2 예약 파라미터

대역폭 예약을 기반으로 하는 연결 수락 제어에서는 mobile-QoS를 필요로 하는 새로운 호의 연결 요청이 들어왔을 때 기본적으로 해당 셀에 그 호를 수용할 만한 충분한 유휴 대역이 존재해야 할 뿐 아니라 인접 셀들에서 대역폭 예약의 가능 여부에 따라 그 수락 여부가 결정된다.

대역을 예약하고자 할 때, 기본적인 의문사항은 예약 시간(When?), 예약 범위(Where?), 예약 대역폭 량(How much?)을 어떻게 결정할 것인가? 라고 하겠다. 여기서 예약 범위는 사용자의 이동성에 의존적인 파라미터로써 필요한 범위보다 적을 경우에는 적절한 QoS의 제공이 불가능하게 되고, 반대로 클 경우에는 대역 사용 효율이 나빠지게 된다. 예약 시간의 경우에는 예약 시작 시간과 예약 종료 시간으로 구성될 수 있으며, 셀의 크기 및 사용자 이동성에 따라 결정되는 단말의 셀 상주 시간에 의존적인 파라미터가 된다. 예약 대역량은 기본적으로 단말이 요구하는 QoS 수준에 연관된 파라미터로써 핸드오프 차단 확률과 비례하는 특성을

가지게 된다. 표 1은 위에서 언급한 예약 파라미터들과 이들에게 영향을 미치는 네트워크 및 단말의 특성과의 관련 관계를 보여 주고 있다.

표 1. 예약 파라미터.

특성	예약 파라미터	예약 범위	예약 시간		예약 대역량
			시작 시간	종료 시간	
Cell Size		O	O	O	
Call holding time		O		O	
Mobile-QoS	Bandwidth				O
	Handoff blocking prob.	O	O	O	O
Mobility	Speed	O	O	O	
	Direction	O	O	O	

본 논문에서는 인접 셀에서의 대역폭 예약과 관련한 연결 수락 제어 기법의 성능에 영향을 미치는 파라미터로 각각 네트워크의 구조, 단말의 이동성 및 QoS 요구 수준 등에 의해 결정될 수 있는 예약 범위, 예약 시간, 예약 대역량을 선정하였으며, 망 내의 트래픽 상황에 따라 이들 예약 파라미터들을 동적으로 변화시키는 적응적 제어를 통해 연결 수락 제어의 성능을 최적화 하고자 한다. 또한, 예약 파라미터들 간에 가능한 한 최대한의 독립성을 유지함으로써 중복성으로 인한 제어 효율이 저하가 초래되지 않도록 하였다. 본 논문에서는 단말의 위치나 이동방향을 알 수 없다는 가정 하에 사후 관측에 의해 예약 파라미터를 망의 트래픽 상태에 적응적으로 조절함으로써 망 전체 자원의 효율적 사용 및 서비스 품질을 높이는 전략을 추구하였다.

예약 시간

인접 셀에 대한 대역폭 예약은 이동하는 단말이 해당 예약 시간에 그 셀에 도착함을 전제로 하고 있고, 예약 시간의 시점은 호가 발생된 셀과 인접 셀 간의 거리 (hop 수)에 따라 결정된다. 따라서, 예약 시간의 크기(즉, 예약시작 시간 및 예약 종료 시간)는 이동 단말이 처음 발생된 셀과 대역폭이 예약된 인접 셀 사이의 중간 링들에서 머무르는 링 당 평균 체류 시간에 대한 추정치가 되어야 한다. 즉, 각각의 예약 시간은 링의 크기에 대한 시간적 표현으로 이해할 수 있다.

결과적으로, 예약 시간의 크기는 링(또는 셀)의

크기, 단말의 이동 속도 분포, 단말의 이동 방향/경로 등에 의해 결정되어야 한다. 기본적으로 단말이 대역폭을 예약한 셀에 도착하는 시간은 단말의 이동 속도에 따라 달라질 수 있으며, 이동 속도가 같다고 하더라도 이동 경로에 따라 달라질 수 있다. 이를 간단한 식으로 표현하자면, 호가 발생된 셀과 대역폭이 예약되는 셀 간의 거리 (hop)를 d , 셀의 크기를 R , 단말의 평균 속도를 V 라 하고 단말이 동일한 링 내에서 인접 셀로 평균 N 번 핸드오프한다고 가정할 때, 예약 시간의 크기 L 은 다음과 같이 주어진다.

$$L = \frac{R}{V} \times (d + N) \tag{1}$$

예약 범위

예약 범위는 mobile-QoS를 요구하는 새로운 호가 발생하였을 때 그 호에 대하여 대역폭이 예약되는 인접 셀들을 포함하고 있다. 예약 범위는 단말이 요구하는 QoS의 요구 수준 (e.g. 핸드오프 차단 확률)이나 단말의 이동성 (방향성) 등을 고려하여 적절히 선택되어 져야 한다. 만일 예약 범위가 필요 이상으로 클 경우 그만큼 대역 사용에 있어서 비효율적이 될 것이며, 반대로 적을 경우 단말이 요구하는 QoS 요구 수준을 만족시키지 못할 수도 있다. 또한, 호가 발생하면서 초기에 정해진 예약 범위가 호가 진행되는 동안에도 고정적으로 변하지 않을 수 있고, 호가 핸드오프할 때마다 그 예약 범위를 동적으로 갱신해 나갈 수도 있다. 예약 범위를 동적으로 갱신을 해 나갈 경우 그렇지 않은 경우와 비교해 볼 때 단말이 요구하는 QoS 수준을 만족시키는 쉬우나 시그널링 등으로 인한 오버헤드가 발생할 수 있다.

예약 대역량

새로운 호가 발생하였을 때 예약 범위가 정해지면 그 예약 범위 내에 있는 각 셀들에 있어 얼마만큼의 대역폭을 예약해야 하는가는 연결 수락 제어의 성능에 직접적으로 영향을 미치는 가장 중요한 문제이다. 왜냐하면, 연결 수락 제어 절차가 대역폭의 효율적 사용과 핸드오프 QoS 지원과의 trade-off에 대한 결정 과정이기 때문이다.

각 셀에서 예약되는 대역폭의 양은 기본적으로 단말이 요구하는 대역폭에 단말이 해당 셀에 도착할 확률, 단말의 QoS 요구 수준 등에 의한 가중치 ($\leq 100\%$)가 고려되어 결정되어야 한다. 즉, 단말의 도착 확률과 단말의 QoS 요구 수준이 높을수록 원

래의 요구 대역폭에 근접한 양의 대역폭 예약이 이루어져야 한다.

2.3 예약 슬롯

본 논문에서는 예약 상태에 대한 관리를 단순화하기 위해 슬롯화된 시간 개념을 이용하고 있으며 모든 네트워크는 동일한 시간 슬롯에 동기화되어 있다고 가정한다. 따라서 대역폭에 대한 예약은 시간 슬롯 단위로 이루어지며, 거리에 따라 예약되는 시간 구간이 달라지게 된다.

이제 새로운 호의 연결 요청이 들어오게 되면 해당 셀의 현재 슬롯과 일정 범위 내의 인접 링에 속한 셀들의 예약 슬롯에 일정 수준 이상의 유휴 대역이 존재하여 예약이 가능할 경우에만 받아들여진다. 인접 셀들에 있어서 예약 슬롯의 위치는 호가 발생한 셀로부터의 거리에 따라 결정된다.

그림 2는 그림 1에서의 중심 셀인 셀 A에서의 예약 슬롯의 동작 상태를 보여주고 있다. 만일, 동일한 시간 슬롯에서 셀 B와 셀 C에서 호가 동시에 발생했다면, 셀 B에서 발생한 호에 대한 예약 시작 시점 및 예약 종료 시점이 셀 C에서 발생한 호보다 빨라지게 되고 예약되는 대역폭 또한 셀 C에 비해 많음을 알 수 있다. 이는 셀 B의 거리가 셀 C 보다 거리가 가까우므로 인해 셀 A에 핸드오프해 올 확률이 높기 때문이다. 그림 2의 아래 부분에서는 임의의 셀에 존재하는 대역의 종류를 나타내고 있다. 활성 대역은 활성화된 호가 실제로 사용하는 대역을 나타내고, 예약 대역은 다른 셀로부터 핸드오프해서 들어올 호에 대해 예약된 대역을 나타내며, 유휴 대역은 사용 가능한 대역을 나타낸다.

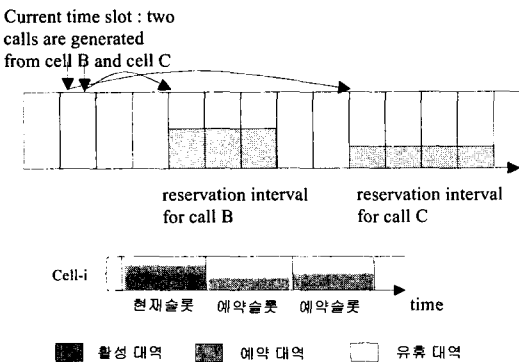


그림 2. 예약 슬롯의 구조

위와 같은 특성 관계를 고려하여 본 논문이 추구하는 설계 원칙은 대역 사용 효율을 최대화하면서 동시에 요구 QoS를 만족시키는 방안을 제공하는

것이며, 또한 구현의 편이성을 최대한 제공하지는 점이다. 즉 구현을 위한 시그널링 및 연산을 최소화하기 위해 예약은 타임 슬롯에 동기화하고, 이동성 예측은 오직 사후 관측에 의해서만 수행하며, 예약 파라미터 값의 결정 프로세스는 분산된 방법으로 수행한다는 것이다.

III. 예약 파라미터 제어 및 연결 수락 제어

본 논문에서 제시하는 연결 수락 제어는 크게 두 부분으로 나누어져 있다. 첫째는, 예약 파라미터들에 대한 동적인 제어이며, 둘째는 이를 기반으로 하여 새로운 호와 핸드오프 호에 차별적으로 적용되는 연결 수락 제어 알고리즘이다.

3.1 예약 파라미터 제어

우리는 앞 절에서 연결 수락 제어의 성능을 좌우할 수 있는 예약 파라미터들이 망의 구조나 단말의 이동성 등에 의존적임을 알 수 있었다. 또한, 그들 간의 관계가 복잡하게 얽혀 있기 때문에 빠른 응답 시간을 요구하는 실시간 환경에서는 계산에 관한 부담이 커질 수 밖에 없다. 따라서, 실제 환경에 적용하기 위해서는 평균값의 개념에 의존할 수 밖에 없으리라 예상된다.

이러한 단점을 극복하고자 본 논문에서는 예약 파라미터들의 최적 값을 결정하는 데 있어서 계산에 의한 사전 추정 방식보다는 트래픽 관측에 의한 사후 반응적 접근 방식을 택하고 있다. 즉, 예약 파라미터들인 예약 범위, 예약 시간, 예약 대역량을 호들이 진행되는 동안 동적으로 조절하면서 최적값과의 오차를 보정해 나감으로써 망 내의 트래픽 상황 변화에 따른 적응적 제어가 가능하도록 하고 있다. 여기서 특정 셀에 mobile-QoS를 요구하는 핸드오프 호의 도착 시점은 예약 파라미터들의 현재 값과 최적 값과의 오차를 함축적으로 반영하고 있음을 주의할 필요가 있다.

예약 범위

예약된 적이 없는 mobile-QoS 호가 도착하는 경우가 빈번히 발생할 경우 이는 핸드오프 성공 여부와는 관계없이 기본적으로 예약 범위가 작기 때문에 일어나는 현상으로 볼 수 있다. 따라서, 이런 경우 예약 범위를 일정 양만큼 증가시켜야 한다. 반대로 예약은 되어 있지만 핸드오프되지 않는 mobile-QoS 호가 많아질 경우 과도하게 예약 범위가 설정되어 있다고 볼 수 있으므로 예약 범위를

감소시켜야 할 것이다.

예약 시간

Mobile-QoS를 요구하는 호가 예약된 슬롯보다 먼저 도착하는 경우, 현재 예약 시작 시간이 늦게 설정된 것이므로 이 경우에는 예약 시작 시간을 앞으로 당겨야 한다. 반대로 mobile-QoS 호가 예약된 것보다 늦게 도착하는 경우에는 예약 시작 시간을 뒤로 늦추어야 한다. 예약 종료 시간은 호가 셀에서 상주하는 시간에 대한 예측을 반영하므로 mobile-QoS 호의 출발 시간에 연관이 되며, 시점의 조절은 예약 시작 시간의 경우와 동일하다.

예약 대역량

Mobile-QoS 호가 예약된 슬롯 구간 내에 제대로 도착하더라도 예약된 대역이 모자라서 핸드오프 차단이 일어나는 경우가 발생할 수 있다. 이런 경우에는 기본적으로 예약 대역폭이 불충분하기 때문에 예약 대역폭의 양을 결정하는 가중치를 증가시켜야 할 것이다. 역시 반대로 예약 대역폭에 비해 실제 단말에 의해 점유되는 활성 대역의 비율이 현저하게 적을 경우 과다 예약에 의한 대역폭 효율이 떨어져 있는 상태이므로 대역폭의 예약량을 줄여야 한다.

위에서 기술한 바와 같이 예약 파라미터들을 적응적으로 제어하기 위해서는 단말의 예약 상태에 대한 정보를 인접 셀들에서 지속적으로 관리해야 하는 부담을 갖게 된다. 그러나, 단말의 이동 상태에 관한 정보를 지속적으로 관리하는 것이 아니기 때문에 시그널링으로 인한 오버헤드는 망 성능에 큰 영향을 미치지 못하리라 예상된다. 아래는 이와 같은 예약 파라미터의 적응적 제어 절차를 의사코드 형태로 나타낸 것이다.

// 예약 범위

```
if (NR1>TR1)
    if ((NR2/NR1>TRH)&&(RR<RRmax))
        {RR++; NR1=0; NR2=0;}
    else if ((NR2/NR1<TRL)&&(RR>RRmin))
        {RR--; NR1=0; NR2=0}
```

Where,

- NR1: Number of QoS handoff request
- NR2: Number of QoS handoff request with no reservation
- TR1: Decision value to perform range adjustment
- TRH: Comparison threshold for increment
- TRL: Comparison threshold for decrement

- RR : Reservation range
- RRmax: Maximum reservation range
- RRmin: Minimum reservation range

// 예약 대역량

```
if (NB1>TB1)
    if ((NB2/NB1<TBL)&&(BR<BRmax))
        {BR++; NB1=0; NB2=0;}
    else if ((NB2/NB1<TBH)&&(BR<BRmin))
        {BR--; NB1=0; NB2=0;}
```

Where,

- NB1: Number of QoS handoff request
- NB2: Number of accepted QoS handoff request
- TB1: Decision value to perform bandwidth adjustment
- TBH: Comparison threshold for increment
- TBL: Comparison threshold for decrement
- BR: Amount of the bandwidth reservation
- BRmax: Max amount of the reservation BW
- BRmin: Min amount of the reservation BW

// 예약 시작 시간 (Starting Time):

```
if (NIS>TIS1)
    if ((NIE/NIS>TIS2)&&(VIS>TImin))
        {VIS--; NIE=0; NIS=0;}
    else if ((NIL/NIS>TIS2)&&(VIS>TImax))
        {VIS++; NIL=0; NIS=0;}
```

Where,

- NIS: Number of QoS handoff request
- TIS1: Decision value to perform slot interval adjustment
- TIS2: Comparison threshold for increment or decrement
- NIE: Number of early arrived QoS handoff calls
- NIL: Number of late arrived QoS handoff calls
- VIS: Reservation interval (i.e., starting time)
- TImax: Maximum reservation interval
- TImin: Minimum reservation interval

// 예약 종료 시간 (Ending Time):

```
if (NSO>TIS2)
    if (VSO/NSO>AR)
        {AR++; NSO=0; VSO=0;}
    else if (VSO/NSO<AR)
        {AR--; NSO=0; VSO=0; }
```

Where,

- NSO: Number of handoff QoS calls
- VSO: Residence time of the handoff QoS calls
- TIS2: Decision value to perform res. interval adjustment

AR: Reservation interval (i.e., ending time)

예약 파라미터의 증감에 있어서 예기치 못한 급격한 변화에 민감한 반응을 보이지 않게 하기 위해서는 증감을 결정하는 적절한 임계값이 선택되어야 하며 필요시 히스테리시스 곡선을 이용할 수도 있다.

3.2 연결 수락 제어 (CAC 알고리즘)

앞서 설명한 바와 같이 예약 파라미터들이 동적으로 변한다는 전제 하에서 CAC 알고리즘은 새로운 호와 핸드오프 호에 대한 두 가지 경우에 대해 생각해 볼 수 있으며, 각각에 대해 다시 mobile-QoS를 요구하는 경우와 아닌 경우로 나누어 볼 수 있다. 여기서 mobile-QoS를 요구하는 호는 일정 범위 내의 인접 셀에 일정량 만큼의 대역폭 예약을 요구하는 경우라 할 수 있다.

그림 3과 그림 4에는 새로운 호와 핸드오프 호에 대한 CAC 알고리즘을 각각 의사 코드를 사용하여 나타내었다. 여기서 $BW_{req}(i)$, $BW_{res}(i)$, $BW_{avl}(i)$ 는 각각 호가 발생한 셀로부터 i hop만큼 떨어진 셀로의 요구 대역폭, 예약 대역폭, 유휴 대역폭을 나타내고 있다. 특별히 $i=0$ 은 핸드오프 호 또는 새로운 호가 발생한 셀 그 자체를 의미함에 유의할 필요가 있다. 한편, 본 논문에서는 새로운 호의 연결 요청을 수락하는 경우에 한하여 인접 셀에 대한 대역폭 예약이 이루어지며, 예약 범위에 있어서도 단말의 이동 방향이 고려되지 않고 있다. 그 이유는 대역폭 예약을 새로운 호에 한정시킴으로써 가능한 한 시그널링 오버헤드를 줄이고자 하는 것이며, 이럴 경우 새로운 호에 대해서 단말의 이동 방향을 파악하기 어렵기 때문이다.

```

if QoS call arrives
  if  $BW_{req}(0) < BW_{res}(0)+BW_{avl}(0)$ 
    accept the call
  else
    reject the call
else (non-QoS call arrives)
  if  $BW_{req}(0) < BW_{avl}(0)$ 
    accept the call
  else
    reject the call
    
```

그림 3. CAC 알고리즘: 핸드오프 호.

```

if QoS call arrives
  if  $BW_{req}(0) < BW_{avl}(i) \forall i=0 \text{ to } H$ 
    reserve bandwidth and accept the call
  else
    reject the call
else (non-QoS call arrives)
  if  $BW_{req}(0) < BW_{avl}(0)$ 
    accept the call
  else
    reject the call
    
```

그림 4. CAC 알고리즘: 새로운 호.

IV. 성능 분석

컴퓨터 모의 실험을 통해 예약 파라미터의 적응적 제어를 기반으로 하는 CAC 알고리즘의 성능을 분석하였다. 모의 실험을 위해 가정한 기본적인 실험 환경은 다음과 같다.

- 1차원 선형 셀 구조
- 각 셀의 수용 가능한 최대 채널의 수: $C=60$ 개
- 최대 수용 대역폭: $B=1.6 \cdot C \cdot b$, (b 는 대역폭의 기본 단위, 즉 채널당 평균 대역폭은 1.6b)
- 사용 대역량: mobile-QoS호= $2b(3b)$, non-QoS호= b
- 호 발생률: mobile-QoS 호 = 30% (50%) (10%), on-QoS 호 = 70% (50%) (90%)
- 평균 호 지속 시간: 3분
- 셀 반경: 1 Km
- 단말 이동 속도: 0 ~ 100 [Km/h], Uniform 분포
- 예약 슬롯의 크기: 7초
- 초기 예약 시간의 크기: 70초
- 초기 예약 범위: 3 hop
- 초기 예약 대역량: b

이와 같은 조건하에 신규 호의 차단 확률, QoS 핸드오프 호의 차단률, 대역 이용 효율을 측정하였으며, 또한, 사용 대역량과 호 발생율을 변화시키면서 그 성능을 측정해 보았다. 모든 실험의 결과 비교를 위해 대역폭 예약을 전혀 하지 않는 일반적인 방식에 대한 실험도 같이 수행하였으며 그 결과를 함께 나타내었다.

그림 5는 mobile-QoS 호의 사용 대역량을 $2b$, non-QoS 호에 대한 사용 대역량을 b 로 한 상태에서 호 발생률을 mobile-QoS = 30%, non-QoS = 70%로 하였을 때, 본 논문에서 제시하는 예약 기반의 적응적 제어 방식과 일반적인 비예약 방식에 대하여 호 차단 확률을 나타낸 것이다. 예상과 같이 예약을 기반으로 하는 적응적 제어 방식을 적용할

경우 비예약 방식에 비해 신규호에 대한 차단률은 다소(약 13%) 증가 하지만, 상대적으로 핸드오프호에 대한 차단률은 상당한 수준(약 50%)으로 감소한다. 한편, 그림 6은 그림 5와 동일한 조건에서 대역 이용 효율을 나타낸 것이며, 트래픽 발생률이 증가함에 따라 적응적 제어 방식이 비예약 방식에 비해 점차 대역 이용 효율이 떨어지며 평균적으로는 약 14% 정도 효율이 감소한다. 결과적으로, 적응적 제어 방식을 적용하면 신규호에 대한 차단률 및 대역 이용 효율 측면에서는 다소 좋지 않은 결과를 보이지만 핸드오프호에 대한 차단률에서는 현격한 효과를 보임으로써 이동성 QoS 지원이라는 관점에서는 효율적인 방식이라 할 수 있겠다. 그림 7 - 그림 10은 몇 가지 가정을 달리한 경우의 실험 결과를 나타내었다.

시뮬레이션 결과를 종합적으로 정리하면, 인접 셀에 대역폭을 미리 예약하는 적응적 제어 방식을 적용하는 경우는 예약을 하지 않는 경우보다 신규호의 차단 확률은 일부 증가하고 대역폭 이용 효율도 약간 떨어지지만 핸드오프호의 차단 확률이 현저하게 낮아짐을 볼 수 있다. 이러한 현상은 mobile-QoS 호의 발생 비율이 증가하거나 mobile-QoS 호에 할당되는 대역량이 증가할수록 더 뚜렷한 양상을 보임을 알 수 있다.

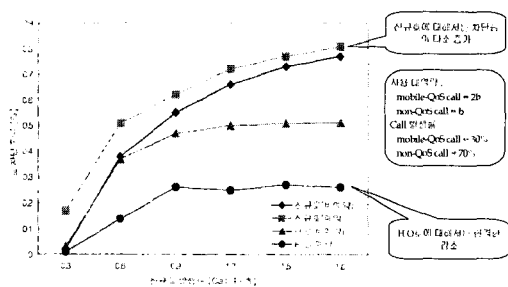


그림 5. 호 차단 확률 (사용 대역량=2b:b)

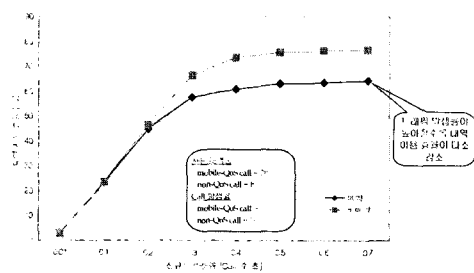


그림 6. 대역 이용 효율 (사용 대역량=2b:b)

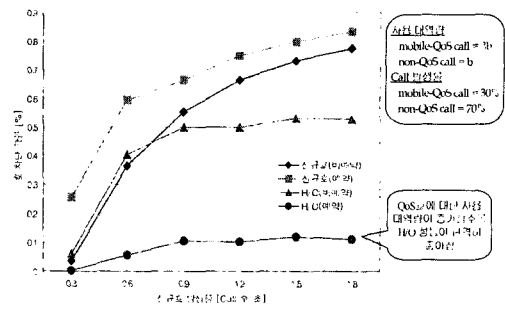


그림 7. 호 차단 확률 (사용 대역량=3b:b)

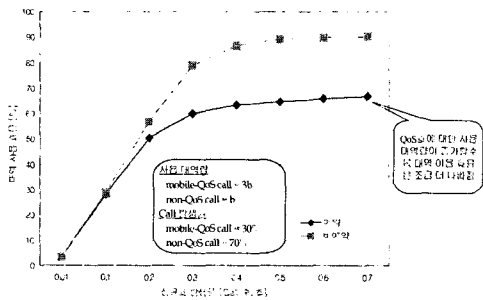


그림 8. 대역 이용 효율 (사용 대역량=3b:b)

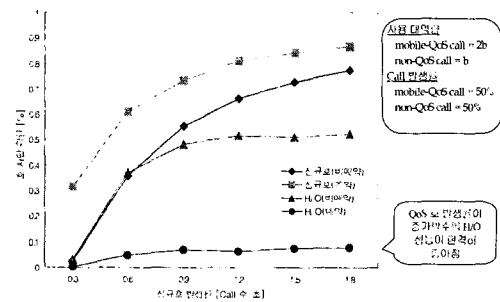


그림 9. 호 차단 확률 (호 발생률=50:50)

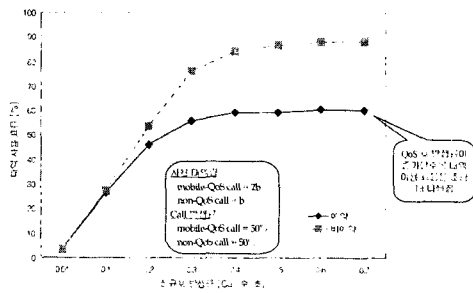


그림 10. 대역 이용 효율 (호 발생률=50:50)

V. 결론

본 논문에서는 이동 패킷망에서 단말의 이동성이 고려된 mobile-QoS를 지원하기 위한 연결 수락 제어 기법을 제안하였다. 제안하는 연결 수락 제어는 인접 셀에 대한 시간 선택적 대역폭 예약 방식에 기반을 두고 있으며, 망 내의 트래픽 상황에 따라 예약 파라미터들의 동적인 제어가 가능하다. 또한, 예약 범위를 핸드오프와는 무관하게 고정시킴으로써 시그널링 및 계산에 따른 오버헤드를 줄이고 있다. 컴퓨터 모의 실험에 의해 성능을 평가한 결과 제안하는 알고리즘은 호 차단 확률과 대역폭 이용 효율 측면에서 만족할 만한 성능을 보임을 확인할 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] 3GPP, "Technical Specification Group Services and System Aspects; QoS Concepts and Architecture," 3G TS 23.107, Apr. 2001.
- [2] 이상호, 정동수, 김영진, 박성우, 이상호, "3G GPRS 망에서 MPLS 기반의 IP-QoS 제공 방안," 한국통신학회 논문지 제27권 제7B호, July. 2002.
- [3] A. Acampora and M. Naghshineh, "An architecture and methodology for mobile-executed handoff in cellular ATM networks," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 12(8): 1365-1375, Oct. 1994.
- [4] C. Oliveira, J. Kim, and T. Suda, "An adaptive bandwidth reservation scheme for high-speed multimedia wireless networks," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 16(6): 858-873, Aug. 1998.
- [5] D. Levine, I. Akyildiz, and M. Naghshineh, "An resource estimation and call admission algorithm for wireless multimedia networks using the shadow cluster concepts," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 5(1): 1-12, Feb. 1997.
- [6] A. Aljadhaj and T. Znati, "Predictive mobility support for QoS provisioning in mobile wireless environments," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 19(10): 1915-1930, Oct. 2001.

이 상 호(Sang-Ho Lee)

정회원



1988년 8월 : 경북대학교 전자공학과 학사

1998년 2월 : 한남대학교 정보통신공학과 석사

2002년 8월 : 한남대학교 정보통신공학과 박사

1988년~1994년 : 삼성전자 통신연구소 연구원

1994년~현재 : 한국전자통신연구원

IP이동성연구팀 선임연구원

<주관심분야> Mobile-QoS, 무선랜, 휴대인터넷

김 영 진(Yeong-Jin Kim)

정회원



1981년 2월 : 고려대학교 전자공학과 학사

1983년 2월 : 고려대학교 전자공학과 석사

1989년~1991년 : 벨기에 BTM 방문연구원

1983년~현재 : 한국전자통신연구원

IP이동성연구팀장

<주관심분야> CDMA 시스템, IMT-2000 시스템, IP 기반 이동통신시스템, 무선랜, 휴대인터넷

박 성 우(Sung-Woo Park)

정회원

1985년 2월 : 연세대학교 전자공학과 학사

1989년 8월 : M.S., Dept. of Electrical Eng., Texas A&M Univ.

1991년 12월 : Ph.D., Dept. of Electrical and Computer Eng., Univ. of California, Irvine.

1985년 1월~1986년 4월 : (주)테이콤 연구원

1992년 3월~현재 : 한남대학교 정보통신공학과 교수

<주관심분야> Optical Networks, Mobile Networks