

論文2000-37TC-02-6

무선 ATM망에서 QoS와 다중 서비스를 지원하는 분산된 호 수락 제어 알고리즘과 성능 분석

(QoS and Multi-Class Service Provisioning with Distributed Call Admission Control in Wireless ATM Networks)

鄭 多 位 * , 趙 榮 鍾 **

(Da-Wi Jeong and Young-Jong Cho)

요 약

무선 ATM의 중요한 문제 중 하나는 제한된 자원을 가지고 서로 다른 서비스의 QoS를 어떻게 보장하느냐 하는 것이다. 그리고 셀의 크기가 작아짐에 따라 많은 빈도로 핸드오버가 발생하게 되고, 이러한 핸드오버 호는 빈번한 호 수락 요청을 하게 된다. 따라서, 멀티미디어 다중 서비스가 요구하는 다양한 QoS와 마이크로 셀이 갖는 특징을 모두 지원하는 호 수락 제어는 사용자의 요구와 공급자의 요구를 동시에 만족시킬 수 있는 중요한 기술적 문제로 떠오르고 있다. 본 논문에서는 서로 다른 QoS를 보장하는 다중 서비스를 위한 분산된 방법의 호 수락 제어를 제시하고 이를 일반적인 호 수락 제어 및 가드 밴드 호 수락 제어 방법과 비교하여 강제 호 종료 확률이 낮아짐을 보였다. 호 수락 제어의 파라미터로 QoS임계치와 채널 과부하 확률을 호 수락 제어 정책에 직접 적용시키므로 각각의 서비스에 대해 새로운 호나 핸드오버 호가 호 수락을 요청할 시에 QoS를 만족시킬 수 있었다. 채널 할당 방법으로는 동적 채널 할당 방법을 고려했으며, QoS는 분산된 방법으로 측정하였다. 또한, 핸드오버 호와 새로운 호에 대해 가변 데이터율을 적용함으로 망의 상태에 따른 QoS의 저하를 막고자 했다. 셀 레벨이 아닌 호 레벨에서의 호 수락 제어는 미래의 멀티미디어 서비스를 제공하기 위해서 필수적으로 제공되어야 할 망의 기능으로 앞으로 다양한 호 수락 제어 정책의 연구가 요구되어 진다.

Abstract

In wireless environment, due to the limited capacity of radio channels it is not easy to guarantee QoS provisioning to mobile users. Therefore, one of the key problems to support broadband multimedia multi-services in wireless ATM networks is to study an effective call admission control(CAC). The purpose of this paper is to propose a distributed CAC scheme that guarantees multi QoS and multi-class service. Control parameters of the proposed scheme are QoS threshold and channel overload probability. With these parameter control, we show that the scheme can guarantee the requested QoS to both new and handover calls. In the scheme, channels are allocated dynamically, and QoS measurements are made in a distributed manner. We show that by providing variable data rate to calls it can effectively prohibit the QoS degradation even if there are severe fluctuations of network traffic. We compare the proposed CAC scheme to the well-known schemes such as guard band call admission control scheme. Through numerical examples and simulations, the proposed scheme is shown to improve the performance by lowering the probability of handover call dropping

* 學生會員, ** 正會員, 亞洲大學校 情報 및 컴퓨터工學部
(Dept. of Ajou Univ., Div. of Infor. & Comp. Eng.)

※ 이 논문은 한국과학재단 지원에 의해 수행되었음.
接受日字:1999年 6月 17日, 수정완료일: 2000年 2月 2日

I. 서론

무선 ATM의 근본 목적은 유선 ATM에서 지원하는 모든 서비스를 무선 ATM에서도 지원하자는 것이다. 그러나, 유선 ATM과는 다르게 무선 ATM에서는 제한된 용량을 가지고 서로 다른 서비스의 QoS를 어떻게 보장하느냐 하는 것이 중요한 기술적 문제로 대두되고 있다. 또한 셀의 크기가 작아짐에 따라 많은 번도로 핸드오버가 발생하게 되고, 이러한 핸드오버 호는 빈번한 호 수락 요청을 하게 된다. 따라서, 멀티미디어 다중 서비스가 요구하는 다양한 QoS와 마이크로 셀이 갖는 특징을 모두 지원하는 호 수락 제어는 사용자의 요구와 공급자의 요구를 동시에 만족시킬 수 있는 중요한 기술적 문제로 떠오르고 있다. 다중 서비스를 위한 QoS로는 다음의 세 가지 사항을 고려해야 한다. 첫째, 사용자가 요구하는 가용한 대역폭이 보장되어야 한다. 둘째, 서비스를 유지할 수 있는 최대한의 시간 지연을 보장하여야 한다. 셋째, 이미 연결 설정이 완료된 호에 대해서는 호 강제 종료율을 최소화함으로써 신뢰성을 보장하여야 한다.

호 수락 제어는 채널 할당 기법과 밀접한 관계를 맺는다. 고정 채널 할당 방법을 적용하는 호 수락 제어와 동적 채널 할당 방법을 적용하는 호 수락 제어는 커다란 성능의 차이를 보인다. 따라서 적당한 동적 채널 할당 방법을 찾는 것도 호 수락 제어의 성능 향상을 가져오는데 중요한 요소가 된다.

최근에 단일 서비스를 위해 QoS를 보장하기 위한 방법으로 제시되는 호 수락 제어로서 핸드오버 호나 멀티미디어 호를 위해 자원을 예약해 놓는 예약 방식^[1]과 자신의 셀과 주변 셀에서 진행중인 호의 평균값을 가지고 호를 받아 들일지를 결정하는 선형 비용 방식이 있다^{[2],[3]}. 그리고 새로운 호가 발생한 시점에서 자신의 셀과 인접 셀에서의 진행중인 호의 갯수를 이용하여 QoS를 계산하여 호를 받아 들일지를 결정하는 분산된 방식의 호 수락 제어가 있다^{[4],[5]}. 그 외에도 다중 서비스를 위한 호 수락 제어로는 완전한 공유 방법, 완전한 분할 방법, 트렁크 예약 방법, 좌표 블럭 방법등이 있다^{[6],[7]}. 현재, 다중 서비스를 지원하는 분산된 방식의 호 수락 제어에 대한 연구가 진행중이나, 뚜렷한 성과를 나타내는 결과는 제시되지 않고 있다. 미래의 다양한 멀티미디어 서비스를 지원하기 위한 방법으로 다중 서비스를 위한 분산된 호 수락 제어는 앞

으로 계속 연구되어야 할 과제이다.

본 논문에서는 QoS의 파라미터로 새로운 호에 대한 블록킹 확률(PNB)과 이미 연결 중인 호의 강제 종료 확률(PHD)로 가정하고, 사용자가 요구하는 서비스는 최대 서비스 지원율(MASSR : Maximum Service Support Rate)과 최소 서비스 지원율(MISSR : Minimun Service Support Rate)의 두가지 파라미터로 표시 가능하다고 가정한다. 호 수락을 요청하는 서비스에 대해서 호 수락이 요청되는 셀에서의 QoS와 주변 셀에서의 QoS를 측정하여 새로운 호에 대해서는 최대 서비스 지원율에 따라 QoS를 만족하는지를 측정하고 핸드오버 호에 대해서는 최소 서비스 지원율에 따라 QoS를 만족하는지를 측정하여 호 수락 제어를 결정하는 가변 데이터율을 적용한 분산된 방식의 호 수락 제어 알고리즘을 제시한다. 자원 할당은 동적 자원 할당 방법을 사용하여 망의 성능을 최대한 향상시킨다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 새롭게 제안하는 호 수락 제어 알고리즘을 위한 모델을 제시한다. 그리고 3장에서 QoS와 다중 서비스를 지원하는 분산된 호 수락 제어 알고리즘을 제시하고 4장에서는 제안한 기법의 성능 향상을 수치적 결과를 통하여 증명하고 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

II. 호 수락 제어를 위한 모델

위의 그림 1과 같은 동적 채널 할당 방법을 갖는 일차원 셀룰라 모델을 고려한다. C_i 는 셀 C_i 를 나타내고 n_i 는 셀 C_i 에서 활성 상태인 채널의 갯수를 나타낸다. C_{i+1} 과 C_{i-1} 은 각각 셀 C_i 의 오른쪽과 왼쪽에 있는 셀을 나타내며 n_{i+1} 과 n_{i-1} 은 그 셀들에서 활성 상태인 채널의 갯수이다.

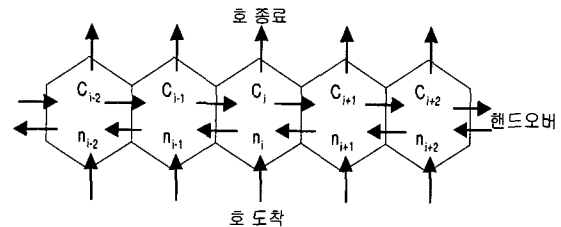


그림 1. 제안한 호 수락 제어 모델

Fig. 1. Model of the proposed call admission control.

셀 C_{i+2} 와 C_{i-2} 도 마찬가지로 표현된다. 그리고 $n_{i-2,k}(t)$, $n_{i-1,k}(t)$, $n_{i,k}(t)$, $n_{i+1,k}(t)$, $n_{i+2,k}(t)$ 를 각각 시간 t 에서 셀 C_{i-2} , C_{i-1} , C_i , C_{i+1} , C_{i+2} 에서 k 번째 클래스를 갖고 사용중인 채널의 갯수라고 하자. 모든 호 수락 요청은 셀 C_i 에서 발생한다고 가정한다. k 번째 클래스를 갖는 새로운 호의 도착은 포아송 분포를 따르며 도착율은 $\lambda_k \cdot \alpha_k$ 이다. 그리고 핸드오버 시간도 평균이 $1/(h_k \cdot \beta_k)$ 인 지수분포를 따른다고 가정한다. 각각의 클래스가 요구하는 채널의 기본 단위를 1로 하였을 때, α_k 는 MASSR을 요구하는 k 번째 클래스로 채널 기본 단위의 α 배가 된다는 것을 의미하며, β_k 는 MISSR을 요구하는 k 번째 클래스로 채널 기본 단위의 β 배가 된다는 것을 의미한다. 위와 같은 가정은 서로 다른 서비스를 요구하는 각각의 클래스의 QoS를 보장하기 위한 방법이다. 그리고 하나의 셀 안에서나 셀들 사이에서의 호의 도착이나 채널을 잡고 있는 시간과 핸드오버는 상호 독립적이라고 가정한다. 그림 2는 위의 가정을 예로써 설명하고 있다. 즉 서비스 I의 경우는 1 유닛을 요구하기 때문에 도착율을 λ 로 하고, 서비스 II의 경우 2유닛을 요구하기 때문에 도착율을 알고리즘에 적용시 실제 도착율의 2배로 적용함으로 다른 서비스의 QoS를 보장하게 된다. 서비스 III의 경우도 서비스 II의 경우와 마찬가지로 방법에 의해 적용된다.

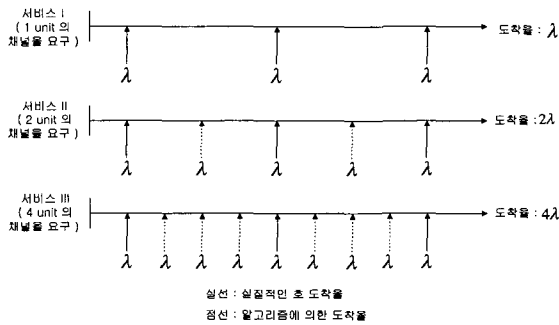


그림 2. 서비스에 따른 가변 도착율
Fig. 2. Variable arrival rates for different services.

그림 3은 다중 클래스를 갖는 시스템의 대기행렬 모델을 표현한 것으로 총 K 개의 클래스를 가지고 있다고 가정한다. 각각의 클래스는 서로 다른 QoS를 요구한다. 또한 같은 클래스의 호라고 해도 새로운 호와 핸드오버 호가 요구하는 채널 용량은 서로 다르므로 호 수락을 위한 요구는 서로 다른 대기 행렬에

저장된다.

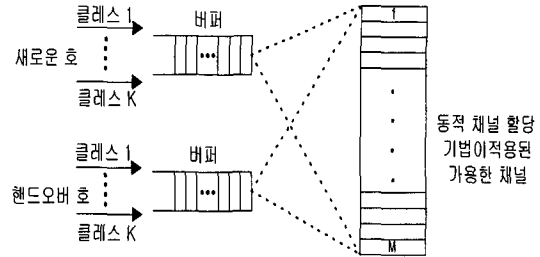


그림 3. 제안한 호 수락 제어의 대기 행렬 모델
Fig. 3. Queueing model of the proposed call admission control.

본 논문에서 제한하고자 하는 호 수락 제어를 위해 사용되는 채널 할당 방법은 동적 채널 할당 방법으로 인접한 셀에게 채널을 빌려올 수 있다고 가정한다. 따라서 채널 재사용 거리를 2라고 가정하고 두개의 인접한 셀에서 동시에 지원할 수 있는 채널의 수를 M 개라고 가정한다. 인접한 셀에서 채널을 빌려오는 방법은 동적 채널 할당 방법의 가장 기본이 되는 것으로 차후 보다 효율적인 동적 채널 할당 방법이 제시될 경우 새로운 동적 채널 할당 방법으로 쉽게 적용될 수 있다. 위와 같은 동적 채널 할당 방법에 의해, 시간 t 에 셀 C_i 에서 다음과 같은 조건을 만족할 경우에 새로운 호를 받아들일 수 있다.

$$\sum_{k=0}^K (n_{i-1,k}(t) + n_{i,k}(t)) \leq M, \quad (1)$$

$$\sum_{k=0}^K (n_{i+1,k}(t) + n_{i,k}(t)) \leq M.$$

만약 새로운 호를 수락 시 위의 식 (1)이 만족되지 않는다면 채널은 과부하를 일으키게 될 것이다.

III. QoS와 다중 서비스를 지원하는 분산된 호 수락 제어

1. 호 수락 제어 알고리즘

본 장에서는 동적 채널 할당 방법이 고려된 이동성과 다중 클래스의 QoS를 지원하는 분산된 방법의 호 수락 제어 알고리즘을 제시한다. 본 알고리즘에 적용되어지는 호 수락 정책은 [4],[5]가 제안한 정책을 확장한 것이다. k 번째 클래스를 갖는 새로운 호는 다음의 조건을 모두 만족할 경우에 시간 t 에서 그림 1에 제시된 셀 C_i 에 받아들여지게 된다.

1) 시간 t 에서, 셀 C_i 와 인접한 셀에서 활성중인 채널의 갯수가 시스템의 총 채널의 갯수를 초과하지 않으면 호 수락 요청을 받아들인다. 다시 말해, 시간 t 에서 식 (1)이 만족되어지는 경우로 수락 요청을 한 호를 위한 가용한 채널이 존재함을 나타낸다.

2) 임의의 시간 $t+\Delta t$ 에서, 셀 C_i 에서 예측되는 채널 과부하 확률이 QoS임계치를 만족해야 한다. 즉,

$$P_i^{(0)}(t+\Delta t) \leq P_{QoS}. \quad (2)$$

$N_{i-1,k}(t+\Delta t)$, $N_{i,k}(t+\Delta t)$, 및 $N_{i+1,k}(t+\Delta t)$ 는 각각 시간 $t+\Delta t$ 에서 셀 C_{i-1} , C_i , 그리고 C_{i+1} 에서 활성 상태인 채널의 갯수이다. 이것은 주변 셀에서 셀 C_i 로의 핸드오버 호를 위해 채널을 예약하는 효과가 있다.

3) 임의의 시간 $t+\Delta t$ 에서, 셀 C_{i-1} 에서 예측되는 채널 과부하 확률이 QoS임계치를 만족해야 한다. 즉,

$$P_{i-1}^{(0)}(t+\Delta t) \leq P_{QoS}. \quad (3)$$

이것은 셀 C_i 에서 호를 받아 들일 경우, 셀 C_i 의 왼쪽 셀인 셀 C_{i-1} 의 QoS를 보장하기 위한 것이다.

4) 임의의 시간 $t+\Delta t$ 에서, 셀 C_{i+1} 에서 예측되는 채널 과부하 확률이 QoS임계치를 만족해야 한다. 즉,

$$P_{i+1}^{(0)}(t+\Delta t) \leq P_{QoS}. \quad (4)$$

이것은 셀 C_i 에서 호를 받아 들일 경우, 셀 C_i 의 오른쪽 셀인 셀 C_{i+1} 의 QoS를 보장하기 위한 것이다.

각 클래스의 MISSR을 요구하는 핸드오버 호는 가능한 호 강제 종료율을 최소화하기 위해 식 (1)을 만족할 경우에 받아들여 진다. 새로운 호에 대해서는 위의 식 (1)-(4)을 모두 만족할 경우에 받아들여지게 된다.

2. 제안한 호 수락제어의 구현

본 논문에서 제시한 다중 클래스를 지원하는 분산된 방법의 호 수락 제어 정책을 위해서는 QoS임계치 P_{QoS} 와 채널 과부하 확률 $P_{i-1}^{(0)}$, $P_i^{(0)}$, 그리고 $P_{i+1}^{(0)}$ 을 구할수 있어야 한다.

1) QoS 임계치 계산

P_{QoS} 는 새로운 호에 대한 블록킹 확률 $P_{NB,QoS}$ 과 핸드오버 호에 대한 강제 호 종료율인 $P_{HD,QoS}$ 를 포함하고 있다. 여기서, $P_{NB,QoS}$ 과 $P_{HD,QoS}$ 는 호 지속율이 μ_k 이고 핸드오버율이 $h_k \cdot \beta_k$ 로 주어진 새로운 호와 핸드오버 호에 대한 QoS를 의미한다. P_{QoS} 를 유도하기 위해 P_{QoS} 를 채널 과부하 확률의 한 부분이라고

가정한다. 즉, 새로운 호에 대한 블록킹 확률 그리고 핸드오버 호에 대한 강제 호 종료율과 채널 과부하 확률이 어떤 관계가 있는지를 분석함으로써 P_{QoS} 를 유도할 수 있다.

$n_{new,k}$ 와 $n_{hd,k}$ 를 k 번째 클래스를 갖고 새로운 호와 핸드오버 호에 의해 요청되는 채널의 갯수라고 하자. 또한 $n_{NB,k}$ 를 k 번째 클래스를 갖는 새로운 호의 발생에 의해 블록킹된 채널의 갯수라고 하고, $n_{HD,k}$ 를 k 번째 클래스를 갖는 핸드오버 호의 발생에 의해 강제 종료된 채널의 갯수라고 하자. 그러면 채널 과부하 확률 $P_i^{(0)}(t)$ 의 빈도수 \widehat{P}_0 는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned} \widehat{P}_0 &= \frac{\sum_{k=0}^K n_{NB,k} + \sum_{k=0}^K n_{HD,k}}{\sum_{k=0}^K n_{new,k} + \sum_{k=0}^K n_{hd,k}} \\ &= \frac{(\sum_{k=0}^K (n_{NB,k}/n_{new,k}))(\sum_{k=0}^K (n_{new,k}/n_{hd,k}) + \sum_{k=0}^K (n_{HD,k}/n_{hd,k}))}{\sum_{k=0}^K (n_{new,k}/n_{hd,k}) + 1}. \end{aligned} \quad (5)$$

여기서 $\sum_{k=0}^K n_{NB,k}/n_{new,k}$ 를 새로운 호의 발생에 의해 블록킹된 채널의 블록킹 확률 P_{NB} 의 발생 빈도인 \widehat{P}_{NB} 라고 하자. 마찬가지로 $\sum_{k=0}^K n_{HD,k}/n_{hd,k}$ 를 핸드오버 호의 발생에 의해 강제 종료된 채널의 강제 종료 확률 P_{HD} 의 발생 빈도인 \widehat{P}_{HD} 라고 하자.

$\theta = \sum_{k=0}^K n_{new,k}/n_{hd,k}$ 라고 하면

$$\widehat{P}_0 = \frac{\theta \widehat{P}_{NB} + \widehat{P}_{HD}}{\theta + 1}. \quad (6)$$

호의 수가 많다고 가정하면, 빈도수는 확률에 근접하게 될 것이다. 따라서 채널 과부하 확률은 다음과 같다.

$$P_i^{(0)}(t) = \frac{\theta P_{NB} + P_{HD}}{\theta + 1}. \quad (7)$$

QoS 임계치로써 기대되는 블록킹 확률 P_{QoS} 는 채널 과부하 확률의 한 부분이라고 가정하였으므로 위의 식 (7)과 비슷한 식으로 표현할 수 있을 것이다.

$$P_{QoS} = \frac{\theta P_{NB,QoS} + P_{HD,QoS}}{\theta + 1}. \quad (8)$$

$P_{NB,QoS}$ 는 기대되어지는 새로운 호에 의해 블록킹된 채널의 블록킹 확률이고 $P_{HD,QoS}$ 는 핸드오버 호에 의해 강제 종료된 채널의 강제 종료 확률이다. 이 두가지 확률은 새로운 호와 핸드오버 호를 위해서 일반적으로 쓰이게 되는 QoS 임계치이다. θ 값을 측정하는

것은 매우 어려운 일이므로 근사치를 구하여 θ 값을 대신하기로 하자. 따라서 $n_{new,k}$ 와 $n_{hd,k}$ 를 평균값 $E[n_{new,k}]$ 와 $E[n_{hd,k}]$ 로 대치시키자. 관찰 시간을 t 라고 할 때, k 번째 클래스를 갖는 새로운 호는 MASSR을 요구하고 포아송 분포를 따르므로 $E[n_{new,k}] = (\lambda_k \cdot \alpha_k)t$ 이 될 것이고 $E[n_{new,k}]$ 과 $E[n_{hd,k}]$ 는 다음과 같은 관계 식으로 표현된다.

$$E[n_{hd,k}] \approx E[n_{new,k}] (1 - P_{NB,k}) \frac{1/\mu_k - 1/(h_k \cdot \beta_k)}{1/(h_k \cdot \beta_k)} \quad (9)$$

여기서 $P_{NB,k}$ 는 k 번째 클래스를 가지는 새로운 호의 블로킹 확률이며 $E[n_{new,k}](1 - P_{NB,k})$ 는 새로운 호를 받아들일 수 있는 기대값이다. 그리고, μ_k 는 호의 지속속이며, $\frac{1/\mu_k - 1/(h_k \cdot \beta_k)}{1/(h_k \cdot \beta_k)}$ 는 하나의 호가 평균적으로 핸드오버한 횟수를 나타낸다. 따라서

$$\theta = \frac{\sum_{k=0}^K \frac{E[n_{new,k}]}{E[n_{hd,k}]}}{\sum_{k=0}^K \frac{1/(h_k \cdot \beta_k)}{(1/\mu_k - 1/(h_k \cdot \beta_k))(1 - P_{NB,QoS,k})}} \quad (10)$$

위의 식 (10)을 식 (8)에 대입하면 QoS임계치인 P_{QoS} 를 얻을 수 있다.

2) 채널 과부하 확률 계산

Δt 의 기간동안, 셀 C_i 에서는 k 번째 클래스를 요구하는 새로운 호가 $N_{i,k}^{(new)}(t)$ 개의 채널을 요청하며, $N_{i,k}^{(hdi)}(t)$ 개의 채널을 이용중인 호가 셀 C_i 의 이웃 셀인 셀 C_{i-1} 과 C_{i+1} 에서 셀 C_i 로 핸드오버를 요청할 것이다. 그리고 k 번째 클래스의 서비스를 갖고 $N_{i,k}^{(end)}(t)$ 개의 채널을 사용중인 호가 통화를 완료하고, $N_{i,k}^{(hdo)}(t)$ 개의 채널을 이용중인 호가 셀 C_i 에서 이웃 셀인 셀 C_{i-1} 과 C_{i+1} 로 핸드오버를 시도할 것이다. 이러한 상황에서 $N_{i,k}^{(1)}(t)$ 와 $N_{i,k}^{(0)}(t)$ 를 다음과 같이 정의한다.

$$N_{i,k}^{(1)}(t) \equiv N_{i,k}^{(new)}(t) + N_{i,k}^{(hdi)}(t) \quad (11)$$

$$N_{i,k}^{(0)}(t) \equiv N_{i,k}^{(end)}(t) + N_{i,k}^{(hdo)}(t) \quad (12)$$

본 논문에서 제시하는 모델에서 k 번째 클래스의 새로운 호 도착은 MASSR을 지원하며 도착율이 $\lambda_{i,k} \alpha_k$ 를 가지는 포아송 분포이므로, $N_{i,k}^{(new)}(t)$ 는 평균이 $\lambda_{i,k} \alpha_k \cdot t$ 인 포아송 분포를 따른다. 또한 호가 지속되는 시간도 평균이 $1/\mu_k$ 인 지수 분포를 따르므로, $N_{i,k}^{(end)}(t)$ 는 평균이 $n_{i,k}^{(t)} \mu_k \cdot t$ 인 포아송 분포를 따른

다. 그리고 $N_{i,k}^{(hdi)}(t)$ 과 $N_{i,k}^{(hdo)}(t)$ 은 평균이 각각 $(n_{i-1,k}(t) + n_{i+1,k}(t))h_k \beta_k \cdot t/2$ 와 $n_{i,k}(t)h_k \beta_k \cdot t$ 인 포아송 분포를 따른다. 여기서 $h_k \cdot \beta_k$ 는 MISSR를 가지는 핸드오버율이다. 그리고, 하나의 셀 또는 각각의 셀들 사이에서 새로운 호의 도착이나 핸드오버의 요청이나 통화의 완료로 인한 호의 해제는 상호 독립적이라고 가정하였으므로 $N_{i,k}^{(new)}(t)$, $N_{i,k}^{(end)}(t)$, $N_{i,k}^{(hdi)}(t)$, 그리고 $N_{i,k}^{(hdo)}(t)$ 는 상호 독립적이다. 따라서 상호 독립인 두개의 포아송 랜덤 변수의 합은 포아송 랜덤 변수가 되므로 $N_{i,k}^{(1)}(t)$ 와 $N_{i,k}^{(0)}(t)$ 는 평균이 각각 다음 식 (13), (14)과 같은 포아송 분포를 가진다.

$$E[N_{i,k}^{(1)}(t)] = (\lambda_{i,k} \alpha_k + (n_{i-1,k}(t) + n_{i+1,k}(t))h_k \beta_k / 2) \cdot t \quad (13)$$

$$E[N_{i,k}^{(0)}(t)] = n_{i,k}(t)(\mu_k + h_k \beta_k) \cdot t \quad (14)$$

그림 4는 셀 C_i 에서 채널이 활성 상태이거나 비활성 상태를 나타내는 두개의 상태로 이루어진 마코프 체인이다. δ 는 ON 상태에서 OFF 상태로 전이할 확률을 나타내고 γ 는 그 반대의 경우로 전이할 확률을 나타낸다. δ 와 γ 는 $E[N_{i,k}^{(1)}(t)]$ 와 $E[N_{i,k}^{(0)}(t)]$ 값을 가지고 유추할 수 있다. 즉, $E[N_{i,k}^{(1)}(t)]$ 는 시간 t 에서 OFF 상태로 부터 ON 상태로 전이된 채널의 평균 갯수를 의미하고, $E[N_{i,k}^{(0)}(t)]$ 는 시간 t 에서 ON 상태로 부터 OFF 상태로 전이된 채널의 평균 갯수를 의미한다. 따라서 δ 와 γ 는 다음 식과 같이 나타낼 수 있다.

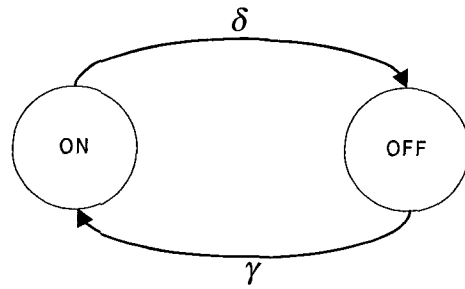


그림 4. 채널의 상태를 나타내는 ON-OFF 모델
Fig. 4. ON-OFF model of channel state.

$$\gamma = \frac{E[N_{i,k}^{(1)}(t)]}{E[N_{i,k}^{(1)}(t)] + E[N_{i,k}^{(0)}(t)]} \quad (15)$$

$$\delta = \frac{E[N_{i,k}^{(0)}(t)]}{E[N_{i,k}^{(1)}(t)] + E[N_{i,k}^{(0)}(t)]} \quad (16)$$

채널 과부하 확률인 $P_i^{(O)}(t + \Delta t)$ 는 시간 t 에서 n 개의 채널이 사용중일 때, 시간 $t + \Delta t$ 에서 M 개 이상의 채널

이 사용중이면 채널이 과부하 된다. 시간 t 에, 셀 C_i 에서 사용중인 채널의 갯수를 $n_i(t)$ 라고 하면 임의의 시간 $t+\Delta t$ 에서 사용중인 채널의 갯수는 다음과 같다.

$$N_i(t+\Delta t) = \sum_{k=0}^K n_{i,k}(t) + \sum_{k=0}^K S_{i,k}(\Delta t) - \sum_{k=0}^K T_{i,k}(\Delta t). \quad (17)$$

여기서 아래 첨자 k 는 k 번째 클래스를 의미하며, $S_i(\Delta t)$ 는 시간 Δt 동안 새롭게 연결이 성립되어 사용중인 채널의 갯수, $T_i(\Delta t)$ 는 시간 Δt 동안 연결이 해제되어 가용하게 된 채널의 갯수를 의미한다. 시간 t 에서 사용중인 채널의 갯수가 $n(t)$ 이므로 사용 가능한 채널의 갯수는 $M-n(t)$ 이고 이중에 a 개의 채널이 시간 Δt 동안 새로운 연결에 의해 사용되어 지는 확률은 이항 분포를 따르며 식 (18)과 같다. 그리고 시간 t 에서 사용중인 채널의 갯수 $n(t)$ 중에서 시간 Δt 동안 연결이 해제되어 가용하게 된 채널의 갯수가 a 개가 될 확률도 이항 분포를 따르며 식 (19)과 같다.

$$p_i(a) = \Pr\left(\sum_{k=0}^K S_{i,k}(\Delta t) = a\right) = \binom{M-n(t)}{a} \gamma^a (1-\gamma)^{M-n(t)-a}, \quad k=0, 1, 2, \dots, M \quad (18)$$

$$q_i(a) = \Pr\left(\sum_{k=0}^K T_{i,k}(\Delta t) = a\right) = \binom{n(t)}{a} \delta^a (1-\delta)^{n(t)-a}, \quad k=0, 1, 2, \dots, M. \quad (19)$$

위의 식 (18),(19)을 이용하여 채널이 과부하 될 경우를 집합으로 나타내면 식 (20)과 같다.

$$\left\{ p_i(M-n(t)+1)q_i(0), p_i(M-n(t)+2)q_i(1), p_i(M-n(t)+3)q_i(2), \dots, p_i(M-2n(t))q_i(n(t)-1), p_i(M-2n(t)+1)q_i(n(t)) \right\} \quad (20)$$

따라서, 식 (2)-(4)에 표현된 채널 과부하 확률은 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$P_{i_0}^{(0)}(t+\Delta t) = p_i(M-n(t)+1)q_i(0) + p_i(M-n(t)+2)q_i(1) + \dots + p_i(M-2n(t)+1)q_i(n(t)) \quad (21)$$

$$P_{i_1}^{(0)}(t+\Delta t) = p_{i-1}(M-n(t)+1)q_{i-1}(0) + p_{i-1}(M-n(t)+2)q_{i-1}(1) + \dots + p_{i-1}(M-2n(t)+1)q_{i-1}(n(t)) \quad (22)$$

$$P_{i+1}^{(0)}(t+\Delta t) = p_{i+1}(M-n(t)+1)q_{i+1}(0) + p_{i+1}(M-n(t)+2)q_{i+1}(1) + \dots + p_{i+1}(M-2n(t)+1)q_{i+1}(n(t)) \quad (23)$$

(148)

IV. 수치적 결과

본 논문에서의 모의 실험은 무선 ATM용 Magic WAND^[9]에서 제시한 서비스 시나리오인 옥내 환경에서의 5GHz 대역을 가정하고, 전송 속도로 20Mbps를 가정한다. 호 수락 제어를 위한 모의 실험 모델은 2장에서 제시한 모델에 의거하여 실행하였으며, 각 기지국은 20Mbps를 지원한다고 가정하고 채널 재사용 거리를 2로 하는 동적 채널 할당 방법을 적용하므로 하나의 기지국이 지원하는 총 데이터율은 40Mbps가 된다. 그리고 서로 다른 QoS를 요구하는 트래픽은 5가지로 가정하였다. 트래픽의 종류와 요구하는 데이터율과 트래픽 발생 확률은 표 1에 기술하였다^[8].

표 1. 모의 실험을 위한 트래픽 종류와 파라미터
Table 1. Simulation parameters.

서비스 종류	MASSR	MISSR	발생확률
음성 서비스	32 kbps	32 kbps	0.35
저속 비디오 서비스	2 Mbps	1.5Mbps	0.2
고속 비디오 서비스	5 Mbps	2 Mbps	0.1
저속 데이터 서비스	56 kbps	32 kbps	0.175
고속 데이터 서비스	2 Mbps	56 kbps	0.175

호 수락 제어의 일반적인 방법인 새로운 호와 핸드오버 호가 가용한 모든 채널을 공유하는 방법과 핸드오버 호에 대해서 채널을 예약하는 방법인 가드밴드 호 수락 제어 방법을 본 논문에서 제안한 호 수락 제어 방법과 비교하였다. 위의 세 가지 방법 모두 동적 채널 할당 방법을 사용하였으며, 가드밴드 호 수락 제어에서 핸드오버 호를 위해 총 40Mbps중 10Mbps를 예약하였다.

모의 실험을 위한 가정은 다음과 같다.

- 새롭게 발생하는 호와 핸드오버 호는 포아송 질차를 따른다.
- 발생한 호가 채널을 잡고 있는 분포는 지수 분포를 따른다.
- 단말의 이동은 균일분포를 가지고 방향을 선택한다.
- 새로운 호에 대한 QoS 임계치인 $PN_{B,QoS}$ 값을 0.05로 하였다.
- 핸드오버 호에 대한 QoS 임계치인 $P_{HD,QoS}$ 값을 0.01로 하였다.

모의 실험을 위한 파라미터로 다음 세 가지를 가정

하였다.

- 트래픽 밀집도(Traffic Intensity) : $\rho = \lambda / \mu$
- 핸드오버 호의 발생도 : μ / μ_h
- 발생 호 대 이동성(CMR : Call to Mobility Ratio) : λ / μ_h

CMR은 단위 시간동안 발생하는 호의 도착율을 단위 시간동안 발생한 호가 현재의 셀을 벗어날 비율로 나타내는 것이다. 호가 발생할 평균 비율을 λ 라 하고, 단말이 하나의 셀에서 호를 유지할 평균 비율을 μ_h 라 하면 CMR은 λ / μ_h 로 주어진다. 즉, CMR이 크다는 것은 이동성에 비해 도착하는 호의 수가 많은 경우를 말한다. 그림 5는 위와 같은 환경을 가지고 모의 실험을 하기 위해서 작성된 모의 실험 프로그램의 그래픽 사용자 인터페이스(GUI : Graphical User Interface)이다. 모의 실험 프로그램의 GUI를 위해서 모티프 라이브러리 버전 1.2를 사용하였다.

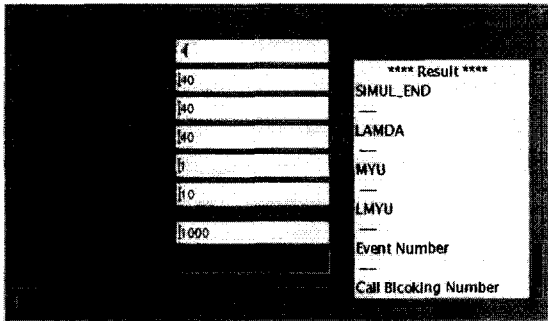


그림 5. 모의 실험 프로그램의 GUI
Fig. 5. GUI of the simulation program.

호의 블로킹 확률과 강제 종료 확률을 다음과 같이 정의하여 각각의 호 수락 제어 방법의 성능을 비교하였다.

$$\text{호 블로킹 확률} = \frac{\text{새로운 호의 블로킹 횟수}}{\text{새로운 호의 발생 횟수}}$$

$$\text{호 강제 종료 확률} = \frac{\text{핸드오버 호의 강제 종료 횟수}}{\text{핸드오버 호의 발생 횟수}}$$

그림 6은 트래픽 밀집도의 변화에 따라서 각각의 알고리즘에 대해 새로운 호와 핸드오버 호의 블로킹 확률을 비교한 것이다. μ / μ_h 값은 0.33으로 고정하여, 평균 3번의 핸드오버가 일어나도록 하였다. 새로운 호에 대한 블로킹 확률은 제안한 호 수락 제어가 일반적인 호 수락 제어에 비해 높지만, 핸드오버 호에 대한 강제 호 종료율은 제안한 호 수락 제어가 낮음을 볼 수 있다. 또한 가드 밴드 호 수락 제어에 비교하여 전체

적인 성능이 향상됨을 알 수 있다.

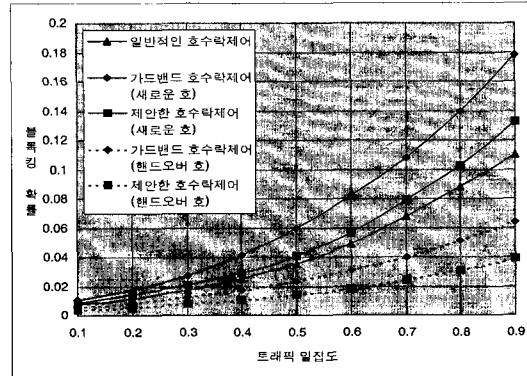


그림 6. 트래픽 밀집도의 변화에 따른 블로킹 확률의 비교
Fig. 6. The comparison of blocking probability according to offered load.

그림 7은 μ / μ_h 의 변화에 따라서 각각의 알고리즘에 대해 새로운 호와 핸드오버 호의 블로킹 확률을 비교한 것이고, 그림 8은 CMR값의 변화에 따라서 각각의 알고리즘에 대해 새로운 호와 핸드오버 호의 블로킹 확률을 비교한 것이다. 새로운 호에 대한 블로킹 확률은 제안한 호 수락 제어가 일반적인 호 수락 제어에 비해 높지만, 핸드오버 호에 대한 강제 호 종료율은 제안한 호 수락 제어가 낮음을 볼 수 있다. 또한 가드 밴드 호 수락 제어에 비교하여 전체적인 성능이 향상됨을 알 수 있다.

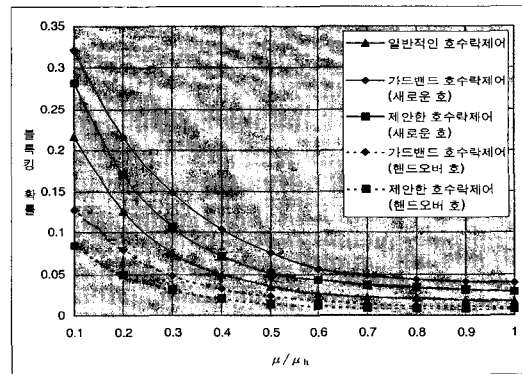


그림 7. μ / μ_h 값의 변화에 따른 블로킹 확률의 비교
Fig. 7. The comparison of blocking probability according to μ / μ_h value.

핸드오버 호의 강제 종료 확률과 새로운 호의 블로킹 확률은 상호 반비례의 관계에 있다. 핸드오버 호의 강제 종료 확률을 낮추려고 할 경우 새로운 호의 블로킹 확률은 높아지게 된다. 이는 제한된 자원을 이용함에

있어 당연히 초래되는 현상이다. 제안한 알고리즘은 핸드오버 호의 강제 종료 확률은 충분히 낮추기 위해 새로운 호의 블로킹 확률을 일반적인 호 수락 제어보다는 높게 나타남을 볼 수 있다. 그러나 제안한 호 수락 제어 알고리즘은 호 수락 요청 시에 채널의 사용량에 따라 호 수락을 결정함으로써 채널의 사용률을 극대화 할 수 있다. 따라서 가드밴드 호 수락 제어와의 비교에서는 전반적인 블로킹 확률이 낮게 나타남을 알 수 있다. 그림 9는 CMR 값의 변화에 따라 각각의 알고리즘의 채널의 효율을 비교한 것이다.

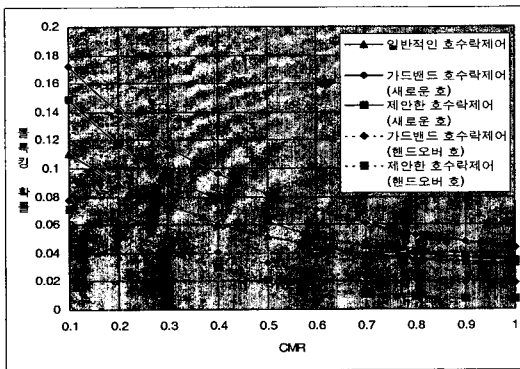


그림 8. CMR 값의 변화에 따른 블로킹 확률의 비교
Fig. 8. The comparison of blocking probability according to CMR value.

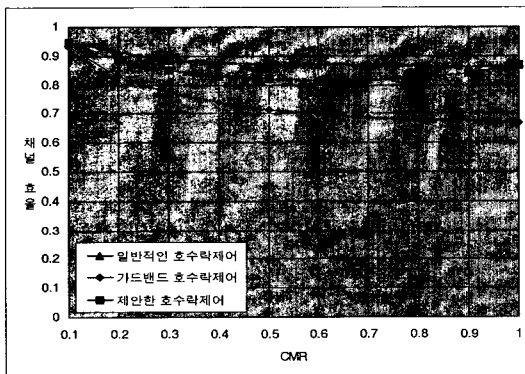


그림 9. CMR 값의 변화에 따른 채널 효율의 비교
Fig. 9. The comparison of channel utilization according to CMR value.

V. 결 론

무선 ATM에서는 제한된 자원을 가지고 서로 다른 서비스의 QoS를 어떻게 보장하느냐 하는 것이 중요한 기술적 문제이다. 따라서 무선 ATM망에서 다양한 멀

티미디어 다중 서비스가 요구하는 여러 가지 QoS를 지원하기 위해서 효율적인 호 수락 제어가 필수적이다. 또한 셀의 크기가 작아짐에 따라 많은 빈도로 핸드오버가 발생하게 되어 빈번한 호 수락이 요청된다. 멀티미디어 서비스와 마이크로 셀에서 갖는 특징을 모두 지원하는 호 수락 제어는 사용자의 요구와 공급자의 요구를 동시에 만족시킬 수 있는 중요한 기술적 문제로 떠오르고 있다. 이러한 호 수락 제어의 설계에 있어서 채널 할당 기법은 호 수락 제어의 성능에 커다란 영향을 미친다. 따라서 적당한 동적 채널 할당 방법을 찾는 것도 호 수락 제어의 성능 향상을 가져오는데 중요한 요소가 된다.

본 논문에서는 서로 다른 QoS를 보장하는 다중 서비스를 위한 분산된 방법의 호 수락 제어를 제시하고 이를 일반적인 호 수락 제어 및 가드 밴드 호 수락 제어 방법과 비교하여 강제 호 종료 확률이 낮아짐을 보였다. 호 수락 제어의 파라미터로 QoS임계치와 채널 과부하 확률을 호 수락 제어 정책에 직접 적용시킴으로 각각의 서비스가 새로운 호나 핸드오버 호가 호 수락을 요청할시에 QoS를 만족시킬수 있었다. 채널 할당 방법으로는 동적 채널 할당 방법을 고려했으며, QoS의 측정은 분산된 방법에 의해 계산하였다. 또한, 핸드오버 호와 새로운 호에 대해 가변 데이터를 적용함으로써 망의 상태에 따른 QoS의 저하를 막고자 했다. 셀 레벨이 아닌 호 레벨에서의 호 수락 제어는 미래의 멀티미디어 서비스를 제공하기 위해서 필수적으로 공급되어야할 망의 기능으로 앞으로 다양한 호 수락 제어 정책의 연구가 요구되어 진다.

참 고 문 헌

- [1] R. Ramjee, R. Nagarajan, and D. Towsley, "On Optimal Call Admission Control in Cellular Networks", *Proceedings of INFOCOM '96*, pp.43-50, 1996.
- [2] A. Arregui and J. Dumlop, "Distributed Call Admission Control in Partially Loaded TDMA System", *Proceedings of VTC '98*, pp.1361-1365, 1998.
- [3] A. Sutivong and J. M. Peha, "Novel Heuristics for Call Admission Control in Cellular Systems", *Proceedings of ICUPC '97*, 1997.

- [4] M. Naghshineh and M. Schwatz, "Distributed Call Admission Control in Mobile/Wireless Networks", *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol.14, No.4, pp.711-711, May 1996.
- [5] X. Tian and C.Ji, "QoS Provisioning with Distributed Call Admission Control in Wireless Networks", *Proceedings of ICC'98*, pp.797-801, 1998.
- [6] J.M. Aein, "A Multi-User-Class, Blocked-Calls-Cleared, Demand Access Model", *IEEE Transaction on Communications*, Vol. COM-26, No.3, March 1978.
- [7] C.Chao and W. Chen, "Connection Admission Control for Mobile Multiple-Class Personal Communications Networks", *Journal on Selected Areas in Communications*, Vol.15, No.8, October 1997.
- [8] W. Park, H. Um, S. Lim, S. Lee, and S. Lee, "The model for Traffic Control Functions Based Wireless ATM Network", *Proceedings of IEEE ATM Workshop 97*, pp.410-415, May 1997.
- [9] J. A. Laurila, M. Niemi, U. Lott, "WAND system specification", The Magic WAND Deliverable 1D5, August 1998.

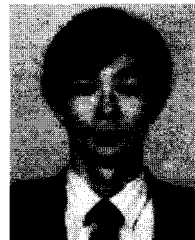
저 자 소 개



鄭 多 位(學生會員)

1971년 6월 13일생. 1997년 2월 아주대학교 컴퓨터공학과 졸업(공학사). 1999년 2월 아주대학교 일반대학원 컴퓨터공학과 졸업(공학석사). 현재 아주대학교 일반대학원 컴퓨터공학과 공학박사 재학중.

주관심분야는 무선 ATM, MPLS, 등 QoS 지원 통신 프로토콜 및 장비



趙 榮 鍾(正會員)

1961년 3월 7일생. 1983년 2월 서울대학교 전자 공학과 졸업(공학사). 1985년 2월 한국 과학 기술원 전기 및 전자 공학과 졸업(공학석사). 1989년 2월 한국 과학 기술원 전기 및 전자 공학과

졸업(공학박사). 현재 아주대학교 정보통신대학 정보 및 컴퓨터 공학부 조교수. 주관심분야는 데이터 통신 및 컴퓨터 통신 연구 개발, 고속 LAN 및 WAN 시스템 연구 개발, 협대역 및 광대역 ISDN 시스템 연구 개발, 다중 프로토콜 연구 및 무선 액세스 프로토콜 연구, 유/무선 ATM 프로토콜 연구