

## 무선 ATM에서의 동적 슬롯 할당 알고리즘

### Dynamic Slot Allocation Algorithm of Wireless ATM

이 지 현\* 유 소 영\*\* 서 주 하\*\*\*  
Lee, Ji-Hyun Yu, So-Young Seo, Ju-Ha

#### Abstract

In recent years, the predominant part in telecommunications is mobile communications. The next generation network is extending today's voice-only mobile networks to multi-service networks. ATM Network is possible to carry such multi-media traffic and it will be expect to use wireless ATM for the future mobile access network. One of many important aspects for the performance of wireless ATM is the Medium Access Control (MAC) protocol. The MAC protocol must be able to satisfactorily handle the different ATM services (CBR, VBR, ABR and UBR) with their radically different performance requirements. Additionally, the MAC protocol must be able to cope with the complex radio environment where fading, multi-path propagation interference and burst-errors further complicate the situation.

In this paper, a dynamic slot allocation algorithm in wireless ATM is proposed for an efficient channel sharing/media access at the MAC layer. We use equivalent capacity in the allocation of slots for VBR traffic which is variable along the time. It is simple and effective slot allocation method for VBR service. In particular, we consider the slot allocation of a session consisted of several connections for requirement of multimedia traffic. Simulation shows that the cell loss ratio is reduced by re-allocation of extra slots in Mobile Terminal (MT).

키워드 : 무선 ATM, 매체접근제어, 슬롯 할당

Keywords : wireless ATM, medium access protocol, slot allocation

#### 1. 서론

ATM 포럼의 무선 ATM Working Group에 서 정의하고 있는 무선 ATM 시스템은 Radio ATM과 Mobile ATM 두 시스템이 통합된 개념으로 볼 수 있으며, 이 각각의 시스템은 무선 접속을 통해서 유선망의 ATM 서비스를 무선 구

간으로 확장하고 ATM 단말에 이동성을 제공한다[1].

무선 ATM은 ATM 기반의 멀티미디어 서비스 망에서의 광대역 서비스를 무선 영역으로 확장하기 위한 무선 접속 및 이동성 관리 기술로, HFC에서의 무선 액세스 루프, ad-hoc 네트워크를 포함한 무선 LAN, 그리고 광대역 셀룰러 이동 전화망 등에서의 응용이 고려되고 있다.

이 논문에서는 무선 구간에서 매체를 어떻게 효율적으로 사용하는가의 측면에서 무선 ATM에서 동적인 슬롯 할당 방법에 대해서 연구하고자 한다.

\* 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과 석사과정  
\*\* 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과 박사과정  
\*\*\* 강원대학교 전기전자정보통신공학부 교수 공  
학박사

먼저 멀티미디어 서비스가 여러 개의 연결로 구성된 세션일 때, 서비스들을 위해서 어떻게 슬롯을 할당하면 무선매체를 효율적으로 사용할지를 연구하고자 한다.

무선 ATM은 유선 ATM 망과 이동성이 있는 무선 액세스 망의 통합으로 이루어지고, 광대역 멀티미디어 서비스가 경제적이고 효과적인 방법으로 제공되어야 한다.

따라서, 무선환경에서도 유선망과 동일한 형태의 서비스를 제공해야 한다. 이를 서비스의 트래픽은 현재 이동통신에서 제공되는 트래픽보다 고속의 트래픽을 포함하며, 트래픽이 CBR, VBR 및 ABR로 다양하고 QoS도 서비스 종류에 따라 구분된다. 무선 ATM 망은 음성, 데이터 및 멀티미디어 등의 서비스에 효율적으로 대처할 수 있는 유연성을 지녀야 한다. 이러한 서비스들을 효과적으로 제공하기 위해서 이동성, 자원관리, 전송 오류율, 프로토콜 참조모델, QoS 파라미터 재협상 등에 관한 기능들이 수행되어야 하며, 또한 유선망과의 인터페이스가 원활하게 이루어지고 관련 서비스 제공이 용이하도록 무선 ATM망이 구성되어야 한다[1].

ATM Forum에서 검토되고 있는 프로토콜 구조는 그림1과 같이 기존의 ATM 프로토콜 구조를 그대로 유지하면서 무선 채널, 이동성으로 인한 기능을 추가하는 형태이다. 표준화는 크게 무선 부분(Radio Access Layer 또는 Radio ATM으로 통칭)과 유선 기반의 망에서 이동망을 지원하는 기능(Mobile ATM Layer로 통칭)으로 나누어 작업되고 있다[2].

ATM 계층은 본래의 ATM 계층 이외에 공유자원인 무선 채널을 획득하기 위한 매체 접근 제어(MAC) 계층과 유선에 비하여 전파 간섭, 다중경로 전송 등으로 BER이 높은 전송 환경을 개선하기 위한 데이터 링크 계층으로 세분화된다.

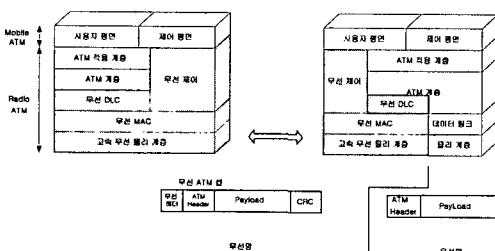


그림 1 무선 ATM 프로토콜

무선 환경상에서 ATM은 고속의 트래픽과 ABR, UBR, CBR등의 다양한 서비스와 무선 ATM망을 음성, 데이터 및 멀티미디어 등의 서비스 효율적으로 대처할 수 있는 유연성이 필요하다.

데이터 링크 계층에서는 서로 간의 신뢰성 있는 무선 링크를 구현하기 위해서 무선 환경의 열악한 특성에 의하여 발생하는 셀 손실을 보상해야 한다.

신뢰성 있는 무선 링크를 구현하기 위해서, FEC, 전송 에러 검출 및 재전송 기법 등의 강력한 에러 제어 기법을 사용한다. 또한, ATM 헤더 내에는 강력한 오류 정정 및 검출 코드를 사용하고, Payload의 데이터는 오류 검출 시에 재전송 기법을 사용한다.

매체 접근 제어 계층은 공유 매체인 무선 채널을 공동으로 이용하기 위한 방법으로 공동의 무선 채널을 이용하여 데이터를 송출할 때 최소의 간섭과 성능을 얻도록 단말기의 경쟁률을 제어하는 각 단말의 데이터 송출 순서 및 사용 절차 등을 제어하는 기능들의 집합이다. 또한, 일정 수준의 QoS를 유지하는 ATM 트래픽 내용을 제공하고, 이를 위해 MAC 제어 알고리즘, 물리 계층, 데이터 링크 제어 계층과의 접속 및 필요시에 이동성 지원이 필요하다.

매체 접근 제어는 여러 사용자들이 동일한 통신 매체를 효율적으로 공유하기 위해 필요한 접속을 제어함으로써, 궁극적으로 채널의 유효 용량을 어떻게 각 사용자들에게 할당할 것인가를 관장한다. 이를 위해 필요한 채널 할당 기능은 각 이동 단말이 요구하는 ATM 서비스에 따른 QoS에 따라 상하향 채널의 우선권을 산출한 후 기지국에서 중앙 제어 방식으로 결정하게 된다. 채널 할당에 영향을 미치는 변수로는 VC 단위의 트래픽/QoS 정보, 이동 단말의 연계/해제 여부, 핸드오프 요청/해제 여부, 재전송 요청 정보, 형재의 스케줄링 상태, 이동 단말의 동적 변화 상태 정보가 있다. 상하향 스케줄리는 이러한 변수를 이용하여 각각의 VC에 적절한 채널을 할당하게 된다.

이 논문의 2장에서는 무선 ATM에서의 트래픽 특성과 프로토콜과 프레임 구조, 무선 ATM MAC에 대해서 살펴보고, 3장을 통해서 제안하고자 하는 슬롯 할당에 대한 관련 연구들을 살펴보고, 멀티미디어 환경을 고려한 슬롯 할당 방법을 제안한다. 4장에서는 제안한 방법에 대한 시뮬레이션 모델을 살펴보고 시뮬레이션 결과에 대해서 기술하고 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

## 2. 무선 ATM에서의 대역 할당 기법 및 구현 사례

무선 ATM을 통해 기존 유선 ATM망에서 정의된 서비스 품질을 만족하면서 비트 발생률이 가변적인 서비스 트래픽을 효율적으로 수용하기 위한 접속 방식으로 동적 예약 기반의 MAC 프로토콜을 고려할 수 있다. 이때, QoS 및 전송률 요구 사항이 다양한 서비스 트래픽들에 대해 ATM이 추

구하는 bandwidth-on-demand를 실현하기 위해서는 무선 구간에서 통계적 다중화를 구현 할 수 있어야 한다.

유선 ATM망에서는 통계적 다중화 자체가 bandwidth-on-demand를 실현하는 수단이 된다. 그러나 무선 ATM 망의 경우에는 분산된 단말로부터의 트래픽 발생 상황을 직접적으로 파악할 수 없기 때문에 직접적인 통계적 다중화가 이루어 질 수 없다. 따라서, 목표로 하는 무선 구간에서의 통계적 다중화를 실현하기 위해서는 중앙의 기지국에 의해 동적 슬롯 할당을 수행할 수 있는 스케줄링 기능이 제공되어야 한다. 즉 기지국의 스케줄러는 각 단말의 트래픽 특성에 따른 대역 요구 사항을 신속 정확하게 파악하여 각 단말의 요구 품질은 만족하면서 사용 가능한 슬롯들을 요구에 따라 전체 단말 사이의 효율적으로 배분하는 동적 슬롯 할당을 수행해야 한다. 따라서 무선 ATM에서의 이와 같은 동적 슬롯 할당은 통계적 다중화를 실현하는 수단으로서 뿐만 아니라, 각 단말에서 요청한 서비스의 QoS 요구사항을 만족하기 위해 필요한 자원을 관리하는 역할을 한다. 또한 이와 같은 역할은 자원 관리 측면에서 호 수락 제어와도 매우 밀접한 관계가 있다[3][4].

## 2.1 DSA

DSA/DSA++ 알고리즘[5]은 RACE 프로젝트의 MBS(Mobile Broadband System)에서 제안된 동적 슬롯 할당 방식이다. 이동 단말기로부터 최초의 호 접속 시 전송되는 평균 및 최대 전송률 등의 연결 특성 정보를 기반으로 한 static parameter와 가장 짧은 잔여 수명 시간 및 대기 행렬의 길이 등과 같은 Dynamic parameter를 이용하여 매 슬롯 단위 또는 프레임 단위로 우선권을 계산하여 가장 높은 우선권을 갖는 이동국 순으로 각 슬롯을 할당한다. 이 방식은 우선권에 의해 각 서비스 트래픽의 특성과 품질 요구 사항을 반영함으로써, 트래픽 별로 별도의 대역 할당 방식을 고려하지 않는 것이 특징이다.

각 이동국의 대역 할당 관련 파라미터들은 RACH(Random Access Control Channel)를 통해 랜덤 접속 방식으로 전송되거나, 할당받는 상향 링크 슬롯을 통해 데이터와 함께 Piggybacking하여 전송된다. 즉, 최근  $n$  슬롯동안의 평균 데이터 발생률이 서비스 평균 트래픽 발생률보다 클 경우에는 최상위 우선권을 할당하여 우선적으로 슬롯을 할당받을 수 있도록 하고 그렇지 않은 경우에는 버퍼의 대기 행렬 길이, 최대 가능 데이터 발생률 등과 같은 Dynamic parameter에 의해 우선권 순위가 결정이 된다.

## 2.2 BoD-FSRR

Multi-rate DQRUMA[6]에 적용된 슬롯 할당 방식으로 BoD-FSRR (Bandwidth-on-demand Fair-Sharing Round-Robin)방식이라 불린다. 이 방식은 Time-Frequency Slicing에 의해 한 개의 시분할 슬롯 당 다수 개의 패킷 전송이 가능한 다중 전송률 시스템을 고려한 슬롯 할당 방식으로 단말의 평균 데이터 전송률과 전송 요구량에 따라 모든 단말 사이에 공평하게 슬롯을 분배하는 방법 제시한다.

기지국은 각 이동국들에 대한 정보를 관리하기 위해 request\_table을 사용한다. 또한, service counter(SC[n])를 주기적으로 생성하고, 단말들이 선언하는 서비스 전송률은 최대 전송률보다 작다고 가정한다. ( $m_s[n] < m[n]$ ) 또한, 단말기의 전송 특성을 고려한 유효 전송률을 이동국 요청 데이터 전송률과 최대 전송률의 비로 정의하게 된다. ( $\hat{m}[n] = m^e[n]/m[n]$ )

## 2.3 EP-SA

EP-SA(Estimation-Prorated Slot Assignment)[7]는 예측 기반 동적 대역 할당 알고리즘으로 TDMA/TDD 기반의 중앙 집중식 스케줄링 방식에서 VBR 비디오 트래픽을 고려한 동적 슬롯 할당 방식이다. VBR 비디오 트래픽의 전송률 변화 시정수는 일반적으로 MAC 프레임 길이보다 충분히 길기 때문에, 한 개의 MAC 프레임 구간 동안 요구되는 슬롯 요구량은 거의 일정하다는 전제하에서 각 프레임 주기로 순시 트래픽 발생률(instantaneous traffic rate)과 버퍼 대기 행렬 정보(buffer state information)등을 기반으로 추정된 슬롯 요구량과 sustained bit rate를 기준으로 슬롯들을 이동국 간에 분배하는 방법을 제안한 알고리즘이다.

상향 링크 슬롯 할당에 대한 슬롯 할당은 슬롯 요구량 예측의 주체에 따라 두가지 방식을 제안하는데 단말에 의한 슬롯 요구량 예측 방식과 기지국에 의한 슬롯 요구량 예측 방식으로 나눌 수 있다. 단말에 의한 슬롯 요구량 예측 방식은 각 단말에서 한 프레임 동안에 발생한 셀의 수와 현재 단말의 버퍼에서 대기 중인 셀의 수를 기반으로 다음 프레임에서 필요한 슬롯 요구량을 예측한다. 또한 기지국에 의한 슬롯 요구량 예측 방식은 무선 구간에서의 물리 계층 PDU인 무선 ATM 셀의 헤더를 통해 대역 할당에 필요한 현재 버퍼의 상태에 대한 정보를 기지국의 스케줄러로 전송함으로 예측을 한다. 이와 같은 방법으로 단말로부터

대역 할당량이 예측되면 기지국의 스케줄러는 모든 단말들이 요구하는 슬롯의 수를 할당할 수 있는지 잔여 대역량을 확인한다. 만일 모든 단말에 대해 요구 슬롯 수만큼 모두 할당할 수 없는 경우, 현재 프레임에서 할당이 가능한 대역 범위 내에서 요구량에 따라 슬롯을 재분배한다.

## 2.4 EC-DRSA

EC-DSA(Equivalent Capacity-based Dynamic Release Slot Assignment)알고리즘[8]은 DSAMA(Dynamic Slot Allocation Access)프로토콜에서 제안한 음성 및 비디오의 통합 서비스를 구현하기 위한 동적 슬롯 할당 기법이다. 음성 및 비디오의 VBR 트래픽 특성에 따라 동적 대역 할당을 수행하고, 특히 비디오의 경우에는 자원 사용도와 QoS 요구사항에 따라 결정된 등가대역(Equivalent capacity)을 근거로 슬롯 할당을 수행한다.

실시간 VBR 음성 트래픽을 서비스하기 위한 음성 터미널의 경우 음성 활성 감지 기능에 의해 활성 상태에서만 셀을 발생한다고 가정한다. 음성 터미널이 슬롯 예약을 시도하면, 기지국은 TDM 프레임 중에서 한 개의 I-slot을 할당한다. 음성 터미널이 버퍼에 대기중인 마지막 셀을 전송할 때 활성 상태에서 비활성 상태로 천이했음을 기지국에 알려 줌으로서 기지국은 단말기가 할당 받았던 슬롯을 해제하고 활성 상태의 다른 단말기들에게 할당해 주게 된다.

실시간 VBR 비디오 트래픽의 경우, 기본적인 QoS 요구사항을 보장하기 위해 등가대역개념을 도입하고 있다. 등가 대역은 주어진 트래픽의 특성과 버퍼 크기에 대하여 미리 설정된 목표 셀 손실률과 최대 전송 지연 시간을 보장하기 위해 필요한 대역으로, 이를 기준으로 대역 할당을 수행한다. 기본적으로 비디오 트래픽의 등가 대역만큼 슬롯을 할당하되, 대기 행렬의 길이가 일정 수준 이하인 비디오 터미널은 등가 대역 슬롯의 일부를 음성 터미널 또는 일정 수준 이상의 대기 행렬을 갖는 비디오 터미널에게 양보할 수 있다.

비 실시간 UBR 데이터 트래픽은 특별한 전송 지연 제한 시간을 두지 않고, 음성 및 비디오 트래픽에 대한 슬롯 할당 후 TDM 프레임 중에서 남아있는 I-Slot을 데이터 트래픽에게 할당한다. 그러나 버퍼의 대기 행렬이 일정 수준 이상인 비디오 터미널 또는 예약을 시도하는 음성 터미널이 있을 경우에는 데이터 단말기들은 할당받은 슬롯을 양보한다.

이 알고리즘에서는 예약된 슬롯의 수가 등가 대역을 초과하거나 또는 버퍼의 대기 행렬이 짧은

비디오 터미널들로부터 슬롯을 해제하여 활성 상태로 전환된 터미널들에서 슬롯을 양보하는 것을 대역 효율성 극대화를 위한 기본적인 접근 방법으로 택하고 있다.

## 3. 무선 ATM에서의 동적 슬롯 할당 알고리즘

### 3.1 VBR 서비스를 위한 등가 대역

기지국과 단말 사이에서 새로운 연결을 성립하기 위해서 단말에서 새로운 연결에 대한 승인을 요구하게 된다. 연결에 대한 원하는 트래픽 정보와 QoS를 전달하면, 현재 그 연결이 설정된 후에 이전에 설정된 연결의 QoS를 위반하지 않고, 또한 요청하는 QoS를 만족하게 될 때, 요청한 연결을 기지국에서 허락하게 된다. 이때, 트래픽의 변화가 많은 VBR에 대하여 CAC를 위한 기준 대역폭을 결정해야 하는데 판단의 기준으로 “등가대역”을 사용한다.

등가대역은 주어진 VBR 트래픽 특성(Peak rate, mean rate, burstiness)과 버퍼 크기에 대하여 미리 설정된 목표 셀 손실률과 최대 전송 지연 시간을 보장하기 위한 대역으로 이를 기준으로 승인 여부를 결정하게 된다. 등가 대역은 CAC를 위해서 사용되고, 요구 QoS를 보장하는 평균의 의미에서 사용된 것으로 실제 순시적으로 변화는 트래픽 변화를 수용할 수는 없는 것이 단점이다.

VBR 연결을 위한 CAC 알고리즘은 하나의 소스에서 요구하는 대역을 예측함으로 그 예측값으로 연결을 성립할지 안 할지를 결정하게 되는데 VBR의 연결을 결정하는 기준중의 하나인 등가대역(C)은 아래의 수식과 같이 정의 할 수 있다. [9]

$$C = R \frac{a - K + \sqrt{(a - K)^2 + 4K\alpha r}}{2a}$$

$$\text{where } a = -\ln \epsilon \left( \frac{1}{\beta} \right) (1 - r)R$$

$\epsilon$  : Queue의 서비스 룰

$$\epsilon = \beta \exp \left\{ - \frac{K(c - rR)}{b(1 - r)(R - c)c} \right\}$$

$$\text{where } \beta = \frac{(c - cr) + \epsilon r(R - c)}{(1 - r)c}$$

R : 최대 트래픽 rate

r : fraction of time the source is active

b : mean duration of the active period

K : queue의 capacity

C : service rate

VBR 트래픽은 양이 가변적이므로 각 단말이 사용할 수 있는 대역폭이 이에 따라 할당되어야 효율적인 전송이 가능하다. 그러나 VBR 트래픽이 많이 변할 경우 이를 해결할 수 있는 특별한 메커니즘이 제공되지 않으므로 QoS 보장이 이루어지지 않는다.

이 논문에서는 CAC에서 VBR에 대한 승인 척도로 사용한 등가 대역의 개념을 앞 절에서 VBR 서비스를 단순하게 하기 위해 기지국과 무선 단말 사이에 대역폭을 할당하는 기준으로 사용하고자 한다. VBR 트래픽 대역폭을 할당하는 방법으로 등가대역을 적용하면 VBR 트래픽의 변화에 따라 슬롯을 할당하지 못하지만, 등가대역을 적당히 잡을 수 있다면 슬롯 할당이 간단하다는 잇점이 있다.

### 3.2 동적 슬롯 할당 알고리즘

기지국은 한 개 이상의 단말을 가질 수 있고, 또한 단말은 한 개 이상의 연결을 설정할 수 있다. 멀티미디어 데이터 전송인 경우는 하나의 세션이 다수 개의 연결로 구성될 수 있고 또 미디어마다 서로 다른 특성을 가진 데이터를 가질 수 있다.

무선 ATM에서 화상 회의나 화상 전화와 같은 하나의 세션이 성립될 때나 PDA나 노트북과 같은 서비스를 하는 단말에서 여러 개의 연결을 요청하게 되는 경우, 요청하는 트래픽 서비스 특성에 따라 여러 개의 연결이 설정되고 각 연결마다 서로 다른 채널이 할당된다. 기지국에서는 연결 정보를 바탕으로 채널을 할당하고 단말에게 알려준다. 단말기는 할당된 채널 정보를 이용하여 서비스를 수행하게 된다.

하나의 단말에서 CBR 데이터, VBR 데이터, ABR 데이터 등 여러 개의 채널이 필요한 멀티미디어 세션이 일어나는 경우 각 트래픽에 할당된 슬롯을 재분배를 통해서 CBR에 할당된 슬롯이 남을 경우 VBR, ABR에, VBR에 할당된 슬롯이 남을 경우 ABR 데이터를 전송하는데 사용하면 분배 슬롯 이용율도 높아지고 다른 서비스들의 서비스 효율도 높아 질 것이다.

각 단말이 다수 개의 채널을 갖는 경우, 각 기지국 각 채널별로 할당한 슬롯을 단말에는 자신에 속한 여러 채널들에 할당된 슬롯을 한 개의 그룹으로 묶어서 자신의 스케줄링에 따라 재할당 할 수도 있다.

#### (1) 기지국에서의 슬롯 할당 알고리즘

ATM에서의 서비스 종류를 앞에서 살펴봤던

것과 같이 CBR, VBR, ABR, UBR이 있고, 이들 각각의 서비스들에 맞게 서비스 해 주어야 한다.

먼저 서비스되어야 하는 우선순위는 CBR, VBR, ABR, UBR의 순서로 서비스가 되어야 한다. CBR의 경우, Constant Bit Rate로 항상 PCR(Peak Cell Rate)만큼 슬롯을 할당해 준다.

그리고 VBR은 트래픽 양에 따라 슬롯을 할당해 주어야 하는 가변적인 특징을 가지지만 이 논문에서는 CAC 과정에서 승인 여부를 결정하게 되는 등가대역을 적용하여 슬롯을 할당하기로 한다. 등가대역은 CAC에서 VBR 트래픽의 기본적인 QoS 요구사항을 보장하기 위해 등가대역을 적용한다.

ABR, UBR의 경우는 시간적인 처리보다 정확한 전달을 필요로 하는 서비스이다. ABR은 MCR만큼은 항상 보장해서 보내주어야 하는데, 이 논문에서는 UBR을 ABR에 포함해서 생각한다.(ABR의 MCR이 0인 경우가 UBR 특성을 가진다)

기지국에서는 CBR을 우선적으로 고정된 크기를 매 프레임마다 할당하고, VBR, ABR 순서로 남는 슬롯을 할당한다. 하지만, 여러 개의 단말을 가진 기지국에서는 여러 개의 CBR, VBR, ABR 서비스를 가지게 되므로 이들 중 같은 서비스에 대한 우선 순위는 먼저 요청한 서비스에 먼저 할당하는 방법을 적용한다.

#### (2) 무선 단말에서의 슬롯 할당 알고리즘

단말에서는 할당된 채널을 좀 더 효율적으로 사용하기 위해서 단말 스스로가 자신에게 할당된 모든 슬롯을 재 할당할 수 있어야 한다. 기지국에서 할당받은 채널 정보를 바탕으로 단말에서의 재 할당을 통한 효율을 높이는 방법을 제안하고자 한다.

제안하는 방법은 기지국에서 할당된 슬롯의 수와 단말에서 발생한 트래픽의 슬롯 수를 가지고 단말에서 재 할당한다. 우선 순위가 높은 채널의 발생량을 기준으로 슬롯을 서비스한다.

CBR의 경우는 최대 발생량과 할당되는 슬롯의 수가 같으므로 먼저 CBR 채널은 발생량 만큼 슬롯을 사용한다. VBR 채널의 경우, 등가대역만큼 기지국에서 할당받으므로 실제 발생하는 트래픽 양은 할당량보다 적을 수도 있고 많을 수도 있다. VBR 소스에서 발생한 데이터 양이 등가대역보다 더 많은 경우, 등가대역만큼 할당하고 발생량이 등가대역보다 적은 경우, 발생량 만큼의 슬롯만을 우선 할당한다.

ABR 채널의 경우, 우선 기지국에서 할당한 양만 단말에서 우선 할당한다. 이러한 할당이 끝난 후, 단말에서 서비스할 슬롯이 남아 있다면, CBR을 제외한 나머지 채널, 즉 VBR 채널이나 ABR

채널의 서비스되지 않은 트래픽에 다시 슬롯을 할당하는 방법을 사용한다.

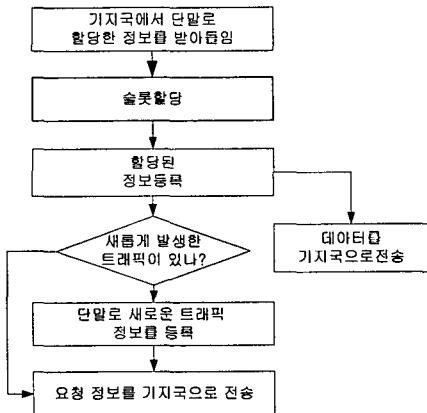


그림 2 단말 슬롯 할당 알고리즘

그림 2에서 슬롯 할당을 어떻게 하느냐에 따라서 단말에서 슬롯을 재사용하는 정도가 달라질 수 있다.

### 가. 기본 슬롯 할당 알고리즘

기본 슬롯 할당 알고리즘의 경우, 기지국에서 할당한 정보를 바탕으로 단말에서 할당한다. 실제 단말에서 슬롯 할당을 위한 스케줄링을 수행한다고 하기보다는 기지국에서 할당한 슬롯대로 단말에서 할당하여 전송한다.

### 나. 단말에서의 동적 슬롯 할당 알고리즘

단말에서의 동적 슬롯 할당 알고리즘의 경우, 기본 슬롯 할당 알고리즘과는 달리 단말에서 다시 채널을 재할당한다. 재할당하는 방법은 CBR, VBR, ABR 순서로 슬롯을 할당한다.

이 때, 슬롯 할당은 CBR 연결에 대해서 PCR으로 할당된 값을 기준으로 할당량과 발생량을 비교함으로 슬롯을 할당하게 된다. CBR의 경우 PCR보다 적게 데이터가 발생할 때도 있는데 이런 경우, CBR 연결에 대해서 PCR을 다 할당하기보다는 발생량 만큼의 슬롯만 사용한다.

CBR 연결에서 사용하고 남은 양을 VBR 연결에게 넘겨준다. 즉, VBR은 CBR의 남은 양과 VBR에 할당량을 기준으로 해서 VBR 연결을 위해서 슬롯을 할당하게 된다. VBR의 경우, 기지국에서 등가대역으로 할당하기 때문에 등가대역보다 요청량이 많을 수도 있고 적을 수도 있다. 데이터 발생량이 등가대역보다 많은 경우는 기지국에서 VBR

에 할당한 량과 CBR에서 남은 량을 합한 양만큼의 슬롯만 사용한다. CBR, VBR에 재할당하고도 남은 슬롯이 있다면 ABR을 위해서 사용한다.

단말에서의 동적 슬롯 할당 알고리즘에서는 CBR, VBR, ABR 순으로 할당함으로 해서 먼저 할당된 서비스에서 남은 량만 다음 할당되는 서비스에 상속받아서 할당함으로 사용되지 않고 보내지는 빈 슬롯을 줄이므로써 전체적인 효율을 높힐 수 있다.

## 4. 시뮬레이션

### 4.1. 시뮬레이션 환경

이 논문에서는 하나의 기지국에 다수의 단말을 가지고 있다고 가정하고 그 중 하나의 단말을 선택하여 기지국에서 그 단말의 각 연결별로 슬롯을 할당하고 단말에서는 3장에서 제안한 바와 같이 슬롯을 재 할당한다. 하나의 단말이 가지고 있는 다수의 연결은 멀티미디어 서비스를 위해 CBR, VBR, ABR 트래픽을 전송한다고 가정한다.

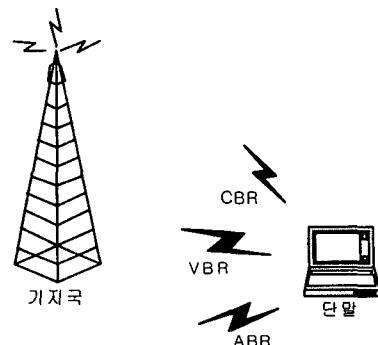


그림 3 시뮬레이션 환경

이 때 무선망의 전체 대역폭은 25Mbps로 가정 한다.

상하향 링크는 TDD로 각 구간은 5ms간격 구성되며, 상하향 링크를 TDMA로 구분하는 무선 ATM Cell은 ATM Cell + 무선 Header로 56\*8 bit 크기를 가진다.

이 때, 상하향 각각의 링크를 TDMA로 구분하고 하나의 슬롯에 하나의 무선 ATM Cell을 전송한다.

이 때 하나의 슬롯은 Tslot 단위로 나뉘게 된다.

$$T_{slot} = 56 \times \frac{8}{25Mbps} = 17.92 \times 10^{-6} \text{ sec}$$

이때, 5ms내에 존재하는 슬롯의 수는

$$\frac{T_{Link}}{T_{slot}} = \frac{5ms}{17.92 \times 10^{-6} \text{ sec}} = 279 \text{ slots}$$

이다.

#### 4.1.1. 시뮬레이션 트래픽 모델

##### (1) CBR 트래픽

CBR 트래픽 모델은 음성 트래픽으로 가정하면 그림 4과 같이 트래픽이 발생한다.

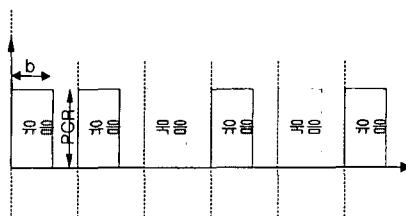


그림 4 CBR 트래픽 ( $b=burstness$ )

그림 4는 매 구간마다 유음인 경우는 PCR으로 데이터를 전송하게 되고 목음인 경우에는 데이터를 전송하지 않는다. 음성 트래픽은 기존의 PSTN에서 이용되는 64Kbps 만큼의 대역폭을 가지는 채널이고, 트래픽의 베스트(burstness)는 고정된 값으로 유지한다. ETSI에 의하면 GSM 환경에서는 VAD(Voice Activity Detection)값이 평균 유음 기간이 61%, 평균 목음 구간이 39%인 것으로 보고하고 있다[10]. 이를 근거로, 각 링크마다 유음과 무음은 3:2의 비율로 트래픽이 생성된다.

시뮬레이션을 위해 CBR 트래픽이  $P_{CBR}=64kbps$  일 때, 하나의 링크로 전송되는 bit수는

$$P_{CBR} \times 5msec = (64 \times 10^3 \text{ bit/sec}) \times 5 \times 10^{-3} \text{ sec} = 320 \text{ bits}$$

으로, 하나의 슬롯을 사용한다.

##### (2) VBR 트래픽, ABR 트래픽

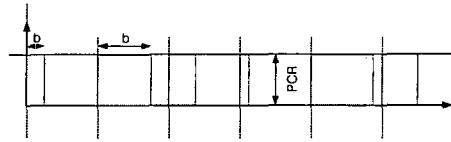


그림 5 VBR 트래픽, ABR 트래픽

VBR 트래픽은 평균 4개의 세로를 지수분포로 갖는 트래픽으로 동가대역과 버퍼의 크기를 변화시키면서 셀순실률의 변화를 알아보자 한다. VBR 트래픽은 평균 272kbps, 최대 2.040Mbps를 갖는 트래픽으로, 지수 분포로 트래픽이 발생될 때, 평균 4개의 슬롯을 사용하고 최대 30개의 슬롯을 요구하게 된다. 또한, ABR 트래픽은 평균 272kbps, 최대 408kbps를 갖는 트래픽이 균등분포(Uniform Distribution)로 발생될 때, 평균 4개의 Slot을 요청하고 최대 6개의 슬롯을 요청한다. 이때, ABR의 MCR은 1로 할당하고  $\alpha$ 는 평균이 2인 지수 분포를 가진 확률 변수이다.

ABR 트래픽을 위해서 기지국에서 할당하는 슬롯의 양은

$$MCR + \alpha$$

where  $\alpha = \exp(2.0)$

이다.

이런 환경에서 시뮬레이션을 통하여 단말에서의 동적 슬롯 할당 알고리즘에서 제안한 것처럼 CBR 트래픽에서 남은 슬롯을 VBR 트래픽에게 할당하고, 이렇게 할당한 후 남은 슬롯을 ABR에게 할당한다고 할 때, 서로의 상관관계를 알아보자 한다. 또한, 기지국에서 할당한 대로 단말에서 서비스하는 기본 슬롯 할당 알고리즘의 방법과 비교해봄으로 어떻게 성능향상이 되었는지 살펴보자 한다.

#### 4.2 시뮬레이션 결과

CBR 트래픽의 경우, 단말에서의 동적 슬롯 할당 알고리즘과 기본 슬롯 할당 알고리즘이 동일하게 Cell Loss가 없이 처리율(Throughput)이 1이다. 이것은 ATM 포럼에서 정의하고 있는 CBR 트래픽 특성이 항상 PCR로 기지국에서 할당하고 단말에서 전송을 하기 때문이다.

VBR 트래픽은 동가대역으로 기지국에서 단말로 할당함에 따라 기본 슬롯 할당 알고리즘과 단말에서의 동적 슬롯 할당 알고리즘의 셀순실률이 달라진다. 동가대역이 평균 근처에 존재한다고 할 때, 동가대역이 4, 5, 6, 7로 변화시킴에 따라 나타나는 Cell Loss Rate이 그림 6와 7이다. 그림 6은

기본 슬롯 할당 알고리즘을 적용한 방식으로 평균 발생하는 슬롯 수가 4.0 일 때, 등가대역 슬롯 수가 3인 경우에는 셀손실율이 0.3 만큼 발생하게 된다.

그림 6과 같이 평균 발생하는 평균만큼 등가대역(4)을 할당하게 될 때, 평균 등가대역보다 작은 경우 평균 등가대역(3)에 비해 적은 셀손실율을 나타낸다. 평균이 4.0인 VBR의 경우 평균 등가대역이 4일 때는 0.2 이상의 Cell Loss Rate을 가진다. 평균이 5.0, 6.0인 경우에 베피 크기가 35 이상인 경우에 Cell Loss Rate 서로 유사하다.

그림 7은 단말에서의 동적 슬롯 할당 알고리즘을 평균 슬롯이 4.0인 VBR에 적용한 그림이다.

그림 6과 비교해 볼 때, 손실되는 슬롯들이 기본 슬롯 할당 알고리즘에 적용한 경우보다 적음을 살펴 볼 수 있다. 이것은 CBR이 무음구간에 있을 때, 남은 슬롯이 VBR 트래픽을 위해서 할당되어지기 때문이다. 또한 그림 6에 비해서 셀손실율이 0에 가까이 수렴되는 베피의 크기 또한 더 작음을 살펴 볼 수 있다. 동일하게 등가대역이 VBR의 평균 발생량 이상으로 정해 질 때, 평균보다 등가대역이 작은 경우보다 확실하게 셀손실율이 적음을 알 수 있다. 또, 평균이 커짐에 따라 셀손실율이 0으로 수렴하는 베피의 수도 평균이 적은 경우보다 크다는 사실을 발견할 수 있다. 단말에서의 동적 슬롯 할당 알고리즘을 적용한 경우에 기본 슬롯 할당 알고리즘을 적용한 경우 보다 셀손실율은 1/2 더 적게 나타나는 것을 그림 6과 7를 통해서 알 수 있다.

평균(N)이상에서 등가대역을 결정한다고 할 때, 베피가 무한대인 경우 ( $N+8$ )이상의 등가대역을 취하게 되면 그림 11과 같이 셀 손실률이  $10^{-4}$ 보다 작은 손실률을 가질 수 있다. 평균이 5, 6인 경우에서도 동일하게 나타난다.

앞에서 제시한 CAC 과정에서 정해지는 등가대역을 사용하는 경우, 한 기지국과 연결되어 있는 VBR 트래픽 각각의 PCR의 값의 합에 대해서 VBR의 등가대역을 결정하게 되는데, 이런 경우 한 트래픽이라 가정할 경우, VBR은 CBR과 유사하게 PCR으로 슬롯을 할당받는다.

제안한 단말에서의 스케줄링 방법을 통해서 등가대역을 CAC에서 정하는 등가대역으로 정하기보다 평균값 근처에서 등가대역을 결정하게 되면 기지국에서의 전체 트래픽에 대한 스케줄링을 좀 더 효율적으로 할 수 있을 것이다. 또한, 이 논문의 시뮬레이션을 통해서 제안한 단말에서의 동적 슬롯 할당 방법을 적용함으로 해서 기준의 기지국에서만 슬롯 할당을 관리하는 것보다 등가대역을 결정할 때 1개의 슬롯 분량만큼 적은 경우도 똑같은 손실률이 난다는 사실을 발견할 수 있다.

## 5. 결론

시뮬레이션 결과에서 보는 바와 같이 단말에서의 동적 슬롯 할당 알고리즘과 같이 할당하고 남은 여분을 단말의 슬롯 할당 스케줄링을 통해서 다시 재할당 되므로 해서 셀 손실율이 감소하는 것을 살펴 볼 수가 있다.

즉 CBR의 무음 구간에서 남는 슬롯을 VBR 트래픽이 사용할 수 있어 셀 손실율이 감소하게 되고, CBR과 VBR을 처리하고 남은 대역폭을 ABR 트래픽을 위해서 슬롯을 할당함으로 기본 슬롯 할당 알고리즘보다 약 0.5 배 적은 셀 손실이 일어난다.

또한 베피의 크기도 남은 슬롯을 재할당하는 방법을 사용함으로 더 적은 베피의 양이 요구된다. 따라서 단말에서의 동적 슬롯 할당 알고리즘 방법으로 현재 데이터량이 슬롯 할당량보다 적은 경우, 그 남은 부분을 다른 서비스들을 위해서 재할당함으로 할당된 대역폭을 좀더 효율적으로 사용할 수 있고, 시간에 따라 버스트하게 변하는 특성을 가진 VBR 트래픽을 위해서 등가대역이라는 고정 할당 대역폭을 사용함으로 VBR 서비스를 위한 슬롯 할당 절차를 간단하게 하는 동시에 제안함으로써 슬롯 사용에 대한 효율을 높였다.

따라서 앞으로 많은 요구가 있을 무선망에서의 멀티미디어 서비스에 쉽게 구현하고 효율적인 방법으로 많은 사용이 예상된다.

## 참 고 문 헌

- [1] 무선 ATM 기술 개론 - 한국전자통신연구원
- [2] Melbourn Barton and T. Russell Hsing, "Architecture for Wireless ATm Networks", PIMRC '95, pp.778-782, 1995.
- [3] D. J. Goodman et al., "Packet Reservation Multiple Access for Local Wireless Communications," IEEE Transactions on Communication, 37(8): 885-890, Aug. 1989.
- [4] H. Xie et al., "Data Link Control Protocols for Wireless ATM Access Channels," In Proceedings of the ICUPC '95, Nov. 1995, pp. 1-5.
- [5] Xiaowen Wu et al., "Dynamic Slot Allocation Multiple Access Protocol for Wireless ATM Netowks", Proceedings of IEEE ICC'97, PP. 1560-1565, June 1997.
- [6] M.J. Karol, Z. Liu, and K. Eng, "Distributed-Queuing Request Update Multiple Access(DQRUMA) for Wireless

## 무선 ATM에서의 동적 슬롯 할당 알고리즘

- Packet(ATM) Networks", International Conference on Communications(ICC'95) Conference Record, June, 1995, Seattle, USA
- [7] J. S. Sanchez, R. Martinez, and M. W. Marcellin, "A Survey of MAC Protocols Proposed for Wireless ATM," IEEE Network, Nov. / Dec. 1997, pp. 52-62.
- [8] D. Raychaudhuri et al., "WATMnet: A Prototype Wireless ATM System for Multimedia Personal Communication," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 15(1): 83-95, Jan. 1997.
- [9] R. Guerin, H. Ahmadi, and M. Naghshineh, "Equivalent capacity and its application to bandwidth allocation in high-speed networks", IEEE J. Select. Areas Commun., vol. 9, no. 7, pp. 968-981, Sept. 1991
- [10] J.H.Baldwin, B.H Bharucha, B.T. doshi, S. Dravida, S.Nanda, "AAL-2-A New ATM Adaptation Layer for samll Packet Encapsulation and Multiplexing" Bell Labs Technical Journal, Spring 1997

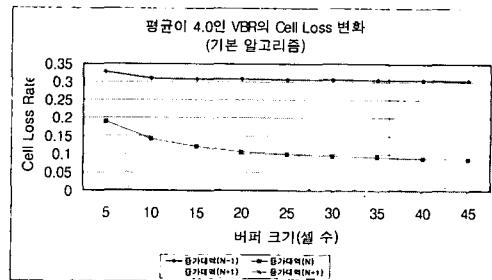


그림 6 기본 알고리즘의 버퍼 크기 변화에 따른 셀 손실률

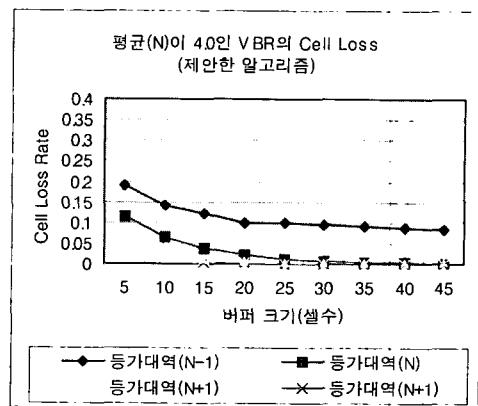


그림 7 제안한 알고리즘의 버퍼 크기에 따른 셀 손실률 변화

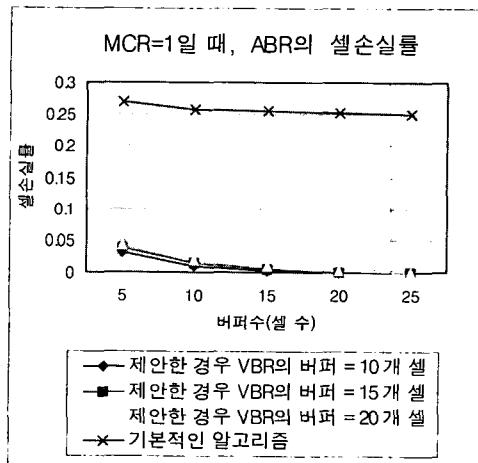


그림 8 VBR의 등가대역이 4일 때, ABR의 버퍼 오버플로에 의한 셀 손실률

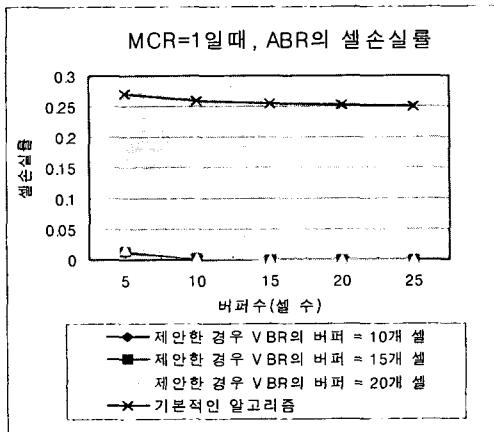


그림 9 VBR의 등가대역이 5일 때, ABR의 버퍼 오버플로에 의한 셀 손실률

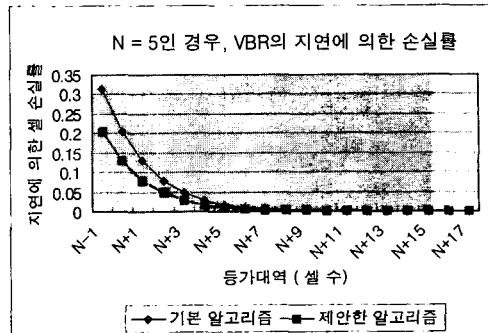


그림 11 평균이 5인 경우, VBR의 지역에 의한 셀 손실률

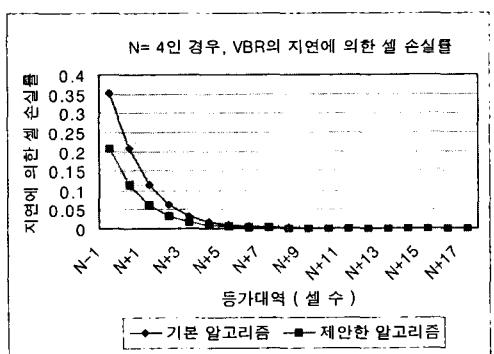


그림 10 평균이 4 일 때, VBR의 지역에 의한 셀 손실률

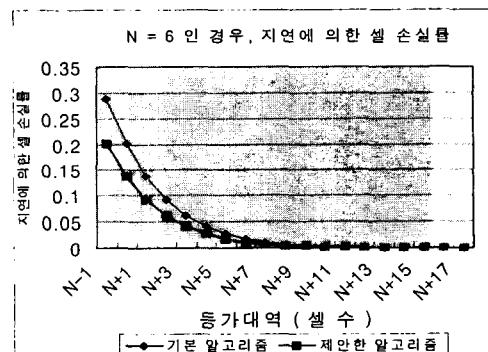


그림 12 평균이 6인 경우, VBR의 지역에 의한 셀 손실률