

# 무선 ATM에서 서비스 품질 보장을 위한 매체 접근 제어 방식

문 필 주\*, 전 문 석\*\*, 이 철 회\*\*

\*한국전자통신연구원, \*\*송실대학교 정보과학대학

E-mail : pjmoon@etri.re.kr

## MAC Scheme for Guaranteed QoS on WATM

Philjoo Moon\*, Moonseog Jun\*\* and Chulhee Lee\*\*

\*ETRI, \*\*Soongsil University

E-mail : pjmoon@etri.re.kr

### Abstract

This paper proposes the MAC scheme based on variable reservation slots for the guaranteed QoS of ATM services on RF and evaluates the performance. This scheme has improved the utilization of channel and success ratio of reservation by using the variable number of RES(REServation) slots according to the collisions. It is the results of performance evaluation that the CTD of CBR Service is 7.9ms with overall load( $\rho$ ) 85%. And also VBR service of it is 3.5ms, ABR service of it is 9.8ms with overall load 85%.

### I. 서론

무선 ATM은 기존의 유선망 기반에서 적용되던 ATM 기술을 무선 구간까지 확장하여 종단간에서 멀티미디어 서비스를 제공하기 위한 차세대 통신망 기술이다[1]. 현재 무선 통신망은 높은 대역폭을 요구하는 멀티미디어 서비스에 대한 사용자 요구가 증가하면서 광대역화와 유·무선 통합화를 위한 연구개발이 활발히 진행되고 있다. 그러나 무선 통신망에서 멀티미디어 서비스를 수용하기 위해서는 고주파 대역의 문제점인 다중경로 페이딩(Multipath Fading), 멀티미디어 서비스를 제공하기 위한 매체 접근 제어 방식에서 서비스 품질(QoS : Quality of Service)을 보장하는 방법 그리고 낮은 비트 오류율을 유지하는 등의 기술적인 문제가 해결되어야 한다[7]. 특히, 다양한 트래픽 특성을 갖는 이질적인 트래픽들을 무선 링크를 통하여 통합 처리하기 위해서는 제한된 대역폭을 가지고 여러 가입자가 공유해서 효율적으로 사용하는 방법과 기존의 유선 ATM에서 사용하는 서비스 품질 보장 개념을 적용하기 위한 매체 접근

제어 방식(MAC : Medium Access Control)에 관한 연구가 필수적이다.

본 논문에서는 이러한 문제점을 인식하여 무선 ATM에서 진정한 의미의 통계적 다중화 이득을 얻을 수 있고 다양한 ATM 서비스들에 대하여 서비스 품질을 보장하기 위한 매체 접근 제어 프로토콜을 제안하고 성능평가를 한다. 이를 위하여 예약 슬롯의 개수를 가변적으로 운영하고 서비스별 트래픽 특성에 따라 동적으로 슬롯을 할당하는 방식을 도입한다.

본 논문의 주요 내용은 제2장에서 무선 ATM에서 서비스 품질을 보장하기 위한 매체 접근 제어 프로토콜을 제안하였으며, 제3장에서는 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 제안한 방식의 성능을 평가하였다. 끝으로 제4장에서는 향후 연구 방향과 결론을 맺는다.

### II. 서비스 품질 보장을 위한 MAC 프로토콜

제안한 매체 접근 제어 방식은 예약 슬롯의 개수를 가변적으로 운영하고 서비스별 트래픽 특성에 따라 동적인 슬롯 할당 기법을 사용하고 있으며 다중화 방식은 TDMA를 기본으로 한다. 제안한 방식은 입력 트래픽 특성에 따라 우선 순위를 고려하여 데이터 슬롯을 동적으로 할당함으로써 채널 사용의 효율성을 높이고 서비스 품질을 보장하였다. 예약 슬롯(RES : REServation) 슬롯의 개수는 충돌이 발생하면 증가시키고 충돌이 없으면 감소시킴으로써 채널 사용의 효율성을 극대화하고 모든 이동 단말들에게 예약 슬롯 사용의 기회를 최대한 보장하도록 하였다. RES 슬롯에 대한 충돌은 두 개 이상의 이동 단말이 동시에 동일한 RES 슬롯을 액세스할 때 발생하며 충돌이 없으면 예약한 슬롯을 슬롯 할당 방식의 스케줄링 절차에 따라 다음 프레임에서 할당받는다. 그림 1.에 프레임 구조를 나타냈다.

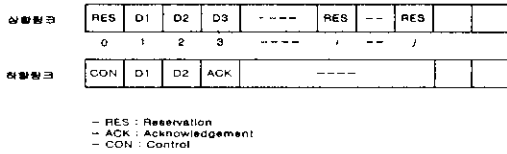


그림 1. 프레임 구조

여기서 RES 슬롯은 기본적으로 첫 번째 슬롯에 고정되어 있고 이동 단말들이 다음 프레임의 슬롯을 할당받기 위한 예약 슬롯으로 사용한다. D(Data) 슬롯은 사용자 정보를 전송하는데 사용하며, ACK(ACKnowledge) 슬롯은 이동 단말이 RES 슬롯으로 슬롯 할당을 요구하면 슬롯 할당 방식에 의거하여 슬롯 할당 여부를 알려주는 역할을 한다.

이동 단말이 RES 슬롯을 접근하는 방식은 Slotted-ALOHA 방법을 따른다. 즉, 예약을 원하는 이동 단말이 RES 슬롯을 통해 예약 요청 정보를 보낸 후 일정한 시간( $r$  : Turn-around Time) 동안 ACK을 받지 못하면 충돌이 발생하거나, 가능한 슬롯이 없어서 슬롯 할당을 해줄 수 없는 경우이다.  $r$  시간 안에 ACK를 받으면 이동 단말은 다음 프레임에서 할당된 슬롯을 사용할 수 있다. 이동 단말의 입장에서는 어떤 경우에도 ACK을 받지 못하면 재전송 확률  $P(r)$ 에 따라 다시 예약 요청 정보를 보낸다. 이때 충돌이 발생하면 RES 슬롯은 다음 프레임에서  $4n(n = 1, 2, 3, 4, 5)$ 개씩 증가된다. RES 슬롯은 최초로 1개에서 출발하여 충돌이 발생하면 4개( $n = 1$ ), 또 충돌이 발생하면 8개( $n = 2$ )로 증가한다. 계속해서 충돌이 발생할 경우  $n = 5$  까지 최대 RES 슬롯의 수인 20개로 증가하며 RES 슬롯의 개수가 20개인 상태에서 충돌이 발생해도 RES 슬롯의 수는 더 이상 증가하지 않고 20개를 유지한다. 이렇게 충돌이 발생하면 기지국은 현재 RES 슬롯에서 가장 가까운 곳의 빈 슬롯을 찾아 순서대로( $i, j, k, \dots$ ) RES 슬롯으로 사용한다. 변경된 RES 슬롯의 위치 정보는 하향링크의 CON(CONTROL) 슬롯을 통하여 모든 이동 단말들에게 방송된다. 이와 같이 RES 슬롯은 최대 할당할 수 있는 RES 슬롯 수까지 동적으로 증가시킬 수 있으며, 충돌이 발생하지 않으면 역으로 RES 슬롯 개수를  $4n$ 개씩(20, 16, 12, 8, 4, 1) 감소시킨다.

### 1. 트래픽별 슬롯 할당 방식

제한한 매체 접근 제어 방식은 서비스 품질을 보장하기 위하여 트래픽의 우선 순위에 따른 동적 슬롯 할당 방식을 사용한다. RES 슬롯을 통해 전달되는 예약 요청 정보에는 기본적으로 트래픽 종류와 서비스 품질 인자(CLR, CDV, MCTD, PCR, SCR, BT 등) 값이 포함되어 이 정보를 받은 기지국은 표 3에 나타난 트래픽 우선 순위에 따라 동적으

로 슬롯 할당 방식을 수행하여 사용 가능한 슬롯이 있으면 슬롯 할당 정보를 ACK 슬롯에 포함하여 전송하고, 사용 가능한 슬롯이 없으면 ACK 신호를 보내지 않는다.

우선 순위(P)	서비스 클래스
P = 4	CBR, rt-VBR
P = 3	nrt-VBR
P = 2	ABR
P = 1	UBR

표 1. 트래픽 형태에 따른 우선 순위

CBR 트래픽은 우선 순위가 가장 높기 때문에 기지국에서 우선적으로 슬롯을 할당하여 ACK 슬롯을 통해 할당된 슬롯 정보를 전송한다. ACK 정보를 수신한 음성 이동 단말은 연속되는 TDMA 프레임에서 동일한 D 슬롯에 보내고자 하는 데이터를 전송하며, 전송하고자 하는 모든 데이터를 보낼 때까지 이 D 슬롯의 사용을 보장받는다.

실시간 VBR 비디오 트래픽의 통계적 다중화 이득을 최대화하고 서비스 품질을 보장하기 위하여 등가대역(Equivalent Bandwidth) 개념을 도입하여 서비스를 요청한 트래픽의 등가대역을 계산하여 슬롯을 할당한다. 등가대역을 계산하는 방법에는 정규 근사법[5], 유체 흐름 근사법 등과 같이 여러 가지 다양한 방식이 있으나 본 논문에서는 일반적으로 가장 많이 사용하는 정규 근사법을 사용하였다.

정규 근사법은 다음과 같다.  $n$ 개의 트래픽 흐름을 다중화 할 경우, 시간  $t$ 에 트래픽원  $i$ 의 비트 유효율 확률 변수  $X_i(t)$ 로 나타낼 경우 총 트래픽의 비트 유효율  $Y(t)$ 는 다음과 같다.

$$Y(t) = X_1(t) + \dots + X_n(t) \tag{1}$$

따라서, ON 상태일 시간의 비가  $\rho$ 인 동질의 ON/OFF 트래픽 원들이  $n$ 개 다중화 된다면, 임의의 시점에서  $n$ 개의 원들 중  $k$ 개가 ON 상태일 확률  $P_k$ 는 다음 식으로 구해진다.

$$P_k = \binom{n}{k} \rho^k (1 - \rho)^{n-k}, \quad k = 1, 2, \dots, n \tag{2}$$

여기서  $\rho$ 는 ON 상태인 시간의 비로서 식 (3)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\rho = \frac{R_{scr}}{R_{per}} \tag{3}$$

$R_{scr}$  : Sustainable Cell Rate,  $R_{per}$  : Peak Cell Rate  
그러면, 셀 손실률  $\epsilon$ 에 대한 등가대역  $C_0$ 는 다음의 식에 의해서 계산된다.

$$C_0 = k^* \times R_{per} \tag{4}$$

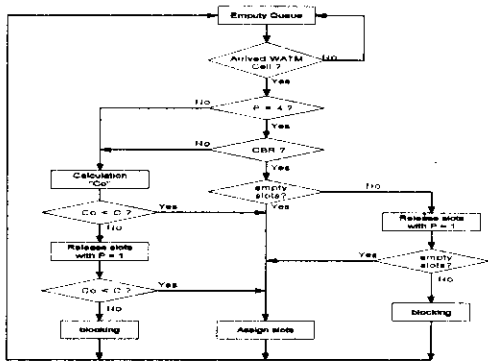
여기서  $k^*$ 는 다음 식을 만족시키는 최소의 정수이다.

$$\sum_{k=1}^n P_k \leq \epsilon \quad (5)$$

이와 같이 VBR 트래픽의  $R_{pct}$ ,  $R_{scr}$ ,  $\epsilon$  이 주어진다면 식 (1)에서 식(5)을 이용하여 등가 대역  $C_0$ 를 신속하고 간단하게 계산될 수 있다.

ABR 트래픽이 RES 슬롯을 통해 슬롯할당을 요구하면 기지국은 ABR 트래픽이 요구한 최소 셀 전송률(MCR : Minimum Cell Rate) 혹은 SCR(Sustainable Cell Rate)이 시스템에서 가능한 대역폭이 요구한 대역폭보다 많으면 최소 셀 전송률 만큼의 슬롯을 할당해 주고, 그렇지 않으면 블로킹 처리한다.

단말기가 UBR 트래픽의 서비스를 요청하면 기지국은 가능한 슬롯여부를 계산하여 요구하는 대역폭을 수용할 수 있는 슬롯이 있으면 다음 프레임에 슬롯을 사용할 수 있도록 슬롯을 할당해 주고 그렇지 않으면 블로킹 처리한다. 이렇게 할당받은 슬롯의 사용은 기본적으로 단말기에서 셀을 모두 전송할 때까지 유효하지만 UBR 트래픽보다 높은 우선 순위의 트래픽이 서비스를 요청하면 UBR 트래픽에 할당된 슬롯을 해지한다.



\* P : 우선 순위  
Co : 등가 대역폭  
C : 사용 가능한 대역폭

그림 2. 트래픽별 슬롯할당 방식의 흐름도

### III. 성능 평가

제안한 방식의 성능을 평가하기 위하여 컴퓨터 모의 실험을 통한 평균 셀 전송 지연(MCTD : Mean Cell Transfer Delay), 셀 손실률(Cell Loss Rate) 등을 계산하였다. 모의 실험을 수행하기 위한 기본적인 전제 조건으로써 무선 ATM LAN 시스템의 물리계층에서의 전송 오류는 없

는 것으로 가정하였다. 모의 실험을 위한 시스템은 SUN Ultra-2를 사용하였으며 프로그램은 C 언어로 구현하였다. 또한 모의 실험을 위해 사용한 시스템 인자 값을 표 2에 나타냈다.

인자	값
채널속도	25 Mbps
MAC 패킷 길이	140.625 bits
MAC 사용자 정보	80 bits
프레임 당 슬롯 수	780 개
RES 슬롯 수	가변치
프레임 전송 시간	5 ms
무선 ATM 셀/초	156,000 개
무선 ATM 셀 전송시간	0.0000064 초

표 2. 시스템 인자

멀티미디어 트래픽 원(Traffic Source)은 다양한 트래픽 특성을 모델링 하는데 가장 많이 사용하는 ON/OFF 모델을 중첩적으로 사용하여 구현하였다[6]. 트래픽 원별 ON/OFF 모델링을 위한 인자 값은 표 3과 같다.

트래픽원 인자	CBR (64kbps PCM)	rt-VBR (4Mbps RTV)	ABR (MCR:64kbps)
P	64kbps	4Mbps	1.5Mbps
p	0.4	0.38	0.3
Ton	1.2	0.033	0.35
Ns	1	30	1

\* P : peak rate, p : activity ratio, Ton : expected ON duration, Ns : 동일한 ON/OFF 원의 개수

표 3. 트래픽원별 인자값

무선 ATM에서 서비스 품질을 보장하는 매체 접근 제어 프로토콜의 성능을 평가하기 위한 척도로서 트래픽 전체 부하( $\rho$  : Overall load)에 따른 서비스 처리율, 평균 셀 전송 지연, 셀 손실률 값을 사용하였으며, 다음과 같은 식을 이용하여 계산하였다.

$$\bullet \text{ 처리율} = \frac{\text{총 발생 데이터 셀 수} - \text{총 손실 셀 수}}{\text{총 발생 데이터 셀 수}}$$

$$\bullet \text{ 평균 셀 전송 지연} = \frac{\text{총 셀 전송 지연}}{\text{총 발생 데이터 셀 수}}$$

$$\bullet \text{ 셀 손실률} = \frac{\text{총 손실 셀 수}}{\text{총 발생 데이터 셀 수}}$$

모의실험 결과 평균 셀 전송 지연은  $\rho$  값이 증가함에 따라 모든 서비스들이 점진적으로 증가함을 보이고 있다.  $\rho$  값이 80%일 때 CBR 서비스의 경우 7.8ms, VBR 서비스의 경우 4.22ms 그리고 ABR 서비스의 경우 8.6ms로 측정되었으며  $\rho$  값이 100% 일 때는 CBR 서비스의 경우 9ms, VBR 서비스의 경우 5ms 그리고 ABR 서비스의 경우

15ms로 나타났다. 그림 3에  $\rho$  값의 변화에 따른 서비스별 평균 지연 시간의 변이를 나타냈다.

제한한 방식에서 CBR 서비스의 평균 지연 시간이 VBR 서비스보다 큰 것은 CBR 서비스의 슬롯할당은 기본적으로 한 프레임에 한 개의 슬롯을 주기적으로 할당하기 때문에 780개 슬롯에 대한 지연을 내포하고 있다. 반면에 VBR 서비스는 등가대역에 의해 슬롯의 개수를 정하여 할당하기 때문에 최대 셀율이 4Mbps 인 경우 한 프레임 내에서 차지하는 슬롯의 개수가 수백 개가되어 CBR 서비스보다 지연시간이 상대적으로 작게 나타난다. ABR 서비스의 경우  $\rho$  값이 100%가 될 때 급격히 증가하는 것은 ABR 서비스의 특성상  $\rho$  값이 증가하면 무선 링크의 전체적인 가용대역폭이 감소하기 때문에 평균 셀율 이상으로 서비스하고 있던 대역폭을 반환하고 다시 평균 셀율 이하로 서비스를 전환하는 과정에서 버퍼에 쌓인 무선 ATM 셀들을 일시적으로 모두 처리해야하기 때문에 평균 셀 전송 지연이 길어진다.

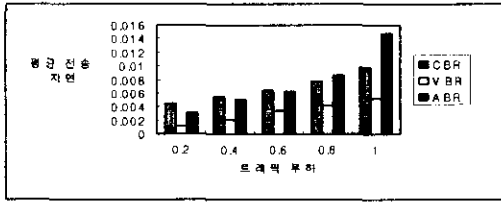


그림 3. 서비스 별 평균 셀 전송 지연

셀 손실률은 VBR 서비스의 경우  $\rho$  값이 증가함에 따라 40%에서부터 셀 손실이 발생하여 100%에서는 0.000407이 됨을 알 수 있다. CBR 서비스와 ABR 서비스의 경우  $\rho$  값이 증가해도 계속해서 0을 유지하였다. 그림 4에  $\rho$  값의 변화에 따른 서비스별 셀 손실률의 추이를 나타냈다.

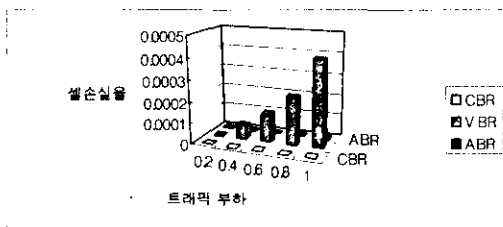


그림 4. 서비스 별 셀 손실률

지금까지 모의 실험을 통하여 제안한 방식의 평균 셀 전송 지연, 셀 손실률을 측정된 결과와 ATM 포럼의 트래픽별 서비스 품질 인자 값을 비교해 보면 셀 손실률과 평균 셀 전송 지연을 모두 만족하는 것으로 나타났다. ATM 포럼에서 제시하고 있는 셀 손실률, 셀 평균 전송 지연 시간

의 값은 무선 ATM 상에서의 일반적인 상황이고 모의 실험의 결과는 특정한 상황 즉, CBR, VBR, ABR 서비스를 적절히 모델링을 통하여 발생된 트래픽에 한정하여 측정된 것이기 때문에 직접적으로 비교하는 것은 다소 객관성이 떨어질 수 있다. 그러나 제안한 방식의 성능을 평가함에 있어서 모의 실험시 사용한 멀티미디어 트래픽 모델의 가정 하에서는 실험을 통하여 얻은 결과는 무선 ATM LAN 상에서 ATM 서비스의 품질을 만족시키는 방식으로서 유효할 수 있다.

#### IV. 결론

지금까지 비허가 주파수 대역인 5.2GHz 주파수 대역을 사용하고 전송속도가 25Mbps인 무선 ATM LAN 상에서 ATM 서비스를 효과적으로 수용하고, 채널 사용을 극대화하며 서비스 품질을 보장하기 위한 매체 접근 제어 프로토콜을 제안하고 그 성능을 평가하였다.

성능평가 결과 제안한 방식은 ATM 포럼의 WATM WG에서 제시하고 있는 트래픽별 서비스 품질 인자인 셀 손실률과 셀 전송 지연을 만족시킴으로써 모의 실험을 실시한 가정 및 환경 하에서 서비스 품질을 보장한다는 것을 알 수 있었다.

향후 연구 과제는 멀티미디어 트래픽 원에 대한 보다 상세한 연구와 데이터 링크 기능인 FEC와 ARQ 방식을 함께 고려한 성능 평가가 이루어져야 하며 궁극적인 무선 ATM 서비스를 구현하기 위하여 호 설정 중에도 서비스 품질에 대한 재협상에 관한 연구가 필요하다.

#### 참고문헌

- [1] ATM Forum BTD-WATM-01.06, Feb. 1998.
- [2] J. Mikkonen, "The Magic WAND: Overview", Wireless ATM Workshop, Espoo, Finland, Sep. 1996.
- [3] J. Sanchez, Ralph Martinez and Michael W. Marcelline, "A Survey of MAC Protocols for Wireless ATM", IEEE Network, Nov. 1997
- [4] Nikos Passas, "Traffic Scheduling in Wireless ATM Networks", IEEE ATM'97, pp.391-400, 1997.
- [5] Raif O. Onvural, "Asynchronous Transfer Mode Networks, Performance Issues", Artech House, 1994.
- [6] Sitatam Kowtha and Dhadesugoor R. Vaman, "A Generalized ATM Traffic Model and its Application in Bandwidth Allocation", ICC'92
- [7] 강충구, "Wireless ATM에서의 매체 접근 제어", 한국통신학회지, 제15권, 제 2호, pp.61-81, 1998년 2월.