

## 멀티미디어 무선 네트워크에서 가변비트율 서비스를 위한 프로토콜의 설계 및 성능평가

임재환

남서울대학교 멀티미디어학과

### 요 약

본 논문에서는 무선 네트워크의 MAC 프로토콜로 DTDD/PS라는 프로토콜을 제안하고, 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 성능을 평가한다. 시뮬레이션 결과 제안된 DTDD/PS 프로토콜이 시스템의 사용 상황을 반영한 슬롯의 동적 할당으로 서비스 품질을 보장할 수 있는 부하 한계를 향상시키고, 트래픽의 변동 시에도 안정된 처리율을 보임을 알 수 있다.

## A Design and Evaluation of Protocol for VBR Service in Wireless Multimedia Network

Lim, Jaehwan

### ABSTRACT

In this paper we proposed a wireless MAC protocol called DTDD/PS (Dynamic Time Division Duplex using Poll/Select scheme), and throughput performance is evaluated using computer simulation. Simulation results indicate that the proposed DTDD/PS protocol increases the limitation of allowable loads that guarantee quality of services by dynamic allocation of slot based on the system status. Also the proposed protocol is shown to maintain stable throughput even in the case of traffic variations.

## I. 서 론

무선 통신의 전화, 인터넷 데이터, 그리고 비디오 회의와 같은 멀티미디어 어플리케이션을 지원하는 방향으로 발전되고 있다. 유선 네트워크에서 ATM은 QoS(Quality of Service)를 유지하는 광대역 종합 정보 통신 네트워크에 의해서 제공되는 멀티미디어 트래픽을 전송할 수 있고, 따라서 ATM이 무선 네트워크들로 서비스의 적용을 확장할 때에도 당연한 것으로 고려된다. 이를 위해 무선 ATM이 이동 멀티미디어 어플리케이션을 위해 제안되었다.

무선 네트워크는 일반적으로 기지국과 몇 개의 단말로 구성된 성형(star) 네트워크로 구성되고, 기지국과 각 단말 사이의 전송 매체인 전파는 상향채널과 하향채널로 구분된다. 두 개의 채널은 주파수 분할 이중화(FDD : Frequency Division Duplexing)에 의해 각각 다른 주파수를 할당받을 수도 있고 시분할 이중화(TDD : Time Division Duplexing)로 하나의 주파수 대역을 두 개의 채널로 나누어 사용할 수 있다. 기지국은 고속 유선 네트워크(예, ATM LAN)와 유선 링크를 통해 연결되어 있다. 무선 단말들은 상향채널을 통해 기지국으로 데이터를 전송한다. 기지국은 자신이 관할하는 셀 내의 다른 무선단말로 보내야 하는 데이터는 하향채널을 통하여 방송하고 그 외의 데이터는 유선 네트워크를 통해 목적지로 전송한다. 하향채널은 기지국이 독립적으로 사용하는 데 반해 상향채널은 모든 무선단말에 의해 공유되는 매체이므로 상향채널에 대한 전송매체 액세스제어 (MAC : Medium Access Control)

프로토콜이 필요하다.

무선 ATM의 성능에 대하여 가장 중요한 문제 중 하나는 전달 간섭과 burst-error의 복잡한 라디오 환경에서 제한된 라디오 자원을 효율적으로 분배하는 것과 QoS 필요 조건을 만족시키는 MAC 프로토콜이다. 더욱이, MAC 프로토콜은 근본적으로 다른 성능 요구조건을 갖는 다양한 동적 멀티미디어 서비스(CBR, Rt-VBR, Nrt-VBR, ABR, 그리고 UBR)를 적절히 다룰 수 있어야 한다는 것이다.

본 논문에서는 동적인 멀티미디어 서비스를 지원하기 위한 MAC 프로토콜로 DTDD/PS (Dynamic Time Division Duplexing using Poll/Select scheme) 방식을 제안하고 이에 대한 성능을 평가한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 제안하는 DTDD/PS 프로토콜을 설명하고, 3장에서는 DSA와 동일한 환경에서의 시뮬레이션을 통해 성능을 분석한다. 그리고 4장에서는 본 논문의 결론과 향후 연구방향을 논의한다.

## II. DTDD/PS 프로토콜

### 2.1 기본개념

본 논문에서 제안하는 DTDD/PS 프로토콜의 기본 개념은 기지국과 단말로 구성된 무선 패킷 네트워크를 하나의 큐잉 시스템으로 고려하는 것이다. 기지국에 있는 MAC 제어기는 각 단말의 QoS를 만족시키기 위해 각 단말로부터의 순간적인 대역요구의 수용에 초점을 둔다. 이를 위해 기지국에서는 각 단말로부터 동적 매개변수를 받아 이것을 이용하여 각 단말들의 접속 상태를 통제하고 슬롯 단위로 동적인 할당을 한다. 이러한 방법으로 유선 네트워크보다 낮은 전송률을 갖는 무선

패킷 네트워크에서 실시간 서비스의 QoS를 만족시킬 수 있게된다. DTDD/PS의 특징을 정리하면 다음과 같다.

① 예약 방식으로 S-ALOHA를 이용한다. 충돌의 확률을 줄이기 위해 예약용 슬롯은  $m$ 개의 미니슬롯으로 나뉘고, 예약용 미니 패킷의 전송에 사용된다.

② 예약 패킷의 충돌에 의한 예약의 실패를 빨리 해결하기 위해 기지국은 충돌을 감지한 즉시 예약용 슬롯을 할당하는 빠른 충돌해결 알고리즘을 사용한다.

③ 다중화 이득을 최대로 하기 위해서 기지국의 스케줄 알고리즘에 의한 중앙집중식 스케줄로 동적인 슬롯 할당을 수행한다.

④ 고정 프레임 사용할 경우의 문제를 해결하기 위해서 가상적인 가변 프레임구조를 갖는다.

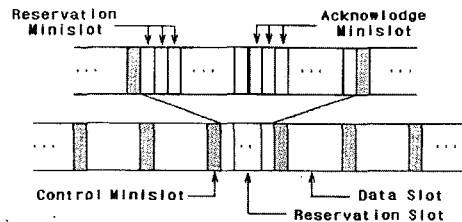
⑤ 동적 TDD 방식으로 상/하향 링크의 대역을 동적으로 관리하여 FDD 방식에서 상/하향 링크의 불균형 트래픽을 서비스할 경우에 생기는 슬롯 할당의 비효율성을 제거한다.

⑥ 슬롯 단위의 동적인 할당을 통해 폴링/선택팅 방식을 이용한 즉시 재전송 알고리즘을 사용하여 BER(Bit Error Rate)이 높은 무선환경에 대처한다.

## 2.2 슬롯의 종류 및 구조

DTDD/PS 프로토콜에서는 기지국에서의 스케

줄링에 따라 임의접속 방식과 폴링/선택팅 방식을 사용한다. 기지국은 매 슬롯마다 제어용 미니슬롯으로 각 슬롯이 예약용 슬롯(Reservation Slot)인지 데이터용 슬롯(Data Slot)인지를 방송한다. 예약용 슬롯은 그림 1과 같이 다시 예약용 미니슬롯과 응답용 미니슬롯으로 나뉘고, 각 단말은 예약용 미니슬롯 중에서 임의로 하나를 선택하여 예약용 미니패킷을 기지국으로 전송하여 예약을 요청한다. 기지국에서는 수신된 예약용 미니패킷에 대해 응답용 미니슬롯을 통해 수신 결과를 통보한다. 데이터용 슬롯인 경우는 기지국의 스케줄 알고리즘의 폴링에 의해 상향 데이터 전송용과 선택팅에 의해 하향 데이터 전송용으로 구분된다.



(그림 1) DTDD/PS 프로토콜의 슬롯구조

### 2.2.1 예약용 슬롯

예약용 슬롯은  $m$ 개의 예약용 미니슬롯과  $m$ 개의 응답용 미니슬롯으로 나누어진다.

#### (1) 예약용 미니슬롯

예약용 미니슬롯은 예약을 위해서만 사용되며 충돌의 확률을 줄이기 위해  $m$ 개의 미니슬롯으로 나뉘어 예약용 미니패킷의 전송에 사용된다. 이 미니패킷에는 동적 매개변수와 단말의 ID, 요구 QoS, CRC 등이 포함된다. 이 미니패킷의 전송 방식은 S-ALOHA 기법을 사용한다.

(2) 응답용 미니슬롯

기지국은 예약용 미니 슬롯을 통해 수신한 예약용 미니패킷을 확인하고 수신된 결과를 같은 번호의 응답용 미니슬롯을 통하여 방송한다. 이 때 방송의 내용은 수신이 정상적이면 ACK를, 충돌이 발견되었으면 NAK를, 수신된 것이 없으면 IDLE이 된다.

만일 하나의 미니슬롯이라도, 충돌이 일어났으면, 다음 슬롯을 예약용 슬롯으로 할당하여 빠른 충돌 해결 알고리즘을 수행한다. 응답용 미니슬롯을 통해서도, 예약에 대한 결과만을 방송하고, 슬롯의 할당은 스케줄링 알고리즘에 의해서 결정되어 폴링/선택에 의해 각 단말로 통지된다.

2.2.2 데이터 전송용 슬롯

데이터 전송용 슬롯은 기지국으로부터의 신호에 따라 상향 데이터 전송용과 하향 데이터 전송용으로 구분된다. 기지국에 의해 폴링을 받은 단말은 해당슬롯을 통해서 데이터를 전송하게된다. 이때 폴링에는 단말의 ID뿐만 아니라 CRC와 0 또는 1을 갖는 명령순서가 포함된다. 단말로부터 기지국으로 전송되는 데이터 패킷에는 단말의 ID, 동적 매개변수, CRC 등을 포함하고 있다. 동적 매개변수의 전송은 패킷 발생률이 일정한 CBR에서는 다음에 보낼 패킷이 있다는 것을 알리는 의미로 사용되지만, VBR과 같이 패킷 발생률이 가변적인 경우에는 다음 패킷의 전송 시점에 대한 매우 중요한 정보가 된다. 또한 ABR의 경우에는 기지국이 여유 슬롯을 단말에 동적으로 할당하기 위한 자료로 사용하게 된다. 단말은 더 이상 전송할 패킷이 없을 경우에는 EOT(End Of Transmission)를 동적 매개변수 대신에 전송하고, 기지국은 EOT를 수신하면 해당 단말에 더 이상 전송할 패킷이 없다는 것을 감지하고 연결을

해제한다.

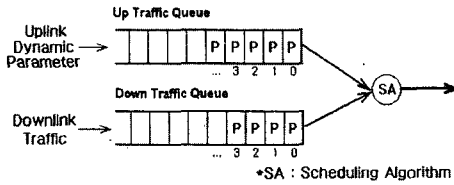
기지국은 빠른 선택 방식을 이용하여 유선 네트워크나 셀 내의 다른 단말로부터 도착한 하향 데이터를 전송한다 하향링크의 데이터 패킷 헤더에는 목적지 단말의 ID가 있으므로 해당 단말만이 이에 대해 응답하게 된다.

2.3 DTDD/PS 스케줄링 알고리즘

DTDD/PS 스케줄링 알고리즘에서는 다양한 QoS를 갖는 멀티미디어 트래픽을 통합적으로 수용하고, 상향과 하향링크의 대역폭을 동적으로 할당하여 전체 링크의 이용률을 극대화시키기 위해서 단말의 선두 패킷의 잔여수명  $l_i$ , 단말  $i$ 의 재전송 회수  $r$ , 경쟁상태에서 충돌여부를 나타내는 경쟁 Flag  $F_c$ , 지난번 예약슬롯 이후에 할당된 데이터 슬롯의 수  $CRS$ (Consecutive Reserved Slot),  $CRS$ 의 임계값  $C_T$ , 그리고  $r$ 의 임계값  $r_T$  등의 동적 매개변수를 사용한다.

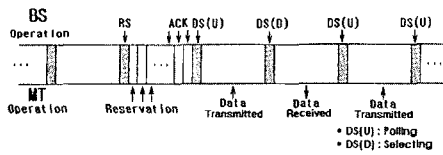
스케줄링 알고리즘은 각 단말의 연결 상태를 관리하기 위해 그림 2와 같은 상향트래픽 큐(UTQ : Up link Traffic Queue)와 하향트래픽 큐(DTQ : Down link Traffic Queue)를 관리한다. UTQ에는 예약에 성공하여 전송 권한을 얻기를 기다리는 단말의 ID와 동적 매개변수들이 기록된다 스케줄링 알고리즘은 패킷이 올라오 수신되면 헤더에 기록된 동적 매개변수를 이용하여 UTQ를 갱신한다 UTQ는 매 슬롯의 끝에서 잔여수명 순서로 재 정렬되고, 이때 잔여수명은 이전의 잔여수명보다 한 슬롯의 시간만큼 감소된다. 만일 어떠한 이유에서든 패킷이 폐기되어 단말로부터의 동적 매개변수가 정상적으로 전달되지 않으면 스케줄링 알고리즘은 이전에 수신한 해당단

말의 동적 매개변수로 UTQ를 갱신한다. 하나의 단말에 대해서는 항상 하나의 패킷에 대한 예약만이 UTQ에 있게 된다.



(그림 2) DTDD/PS 프로토콜의 상/하향링크 트래픽 큐

또한 스케줄링 알고리즘은 유선 네트워크나 셀 내의 단말로부터 동일 셀 내의 다른 단말로 향하는 패킷이 도착하면 DTQ에 저장한다. DTQ도 하향 패킷의 잔여 수명에 따라 매 슬롯의 끝에서 재 정렬된다. 이 DTQ와 UTQ의 상태를 이용하여 스케줄링 알고리즘은 다음 슬롯의 종류를 결정하고, 그림 3와 같이 슬롯을 동적으로 할당한다. 그림 4에 DTDD/PS 프로토콜의 스케줄링 알고리즘을 보인다.



(그림 3) DTDD/PS 프로토콜의 동적 슬롯 할당

### 2.3.1. 예약용 슬롯의 할당기준

기지국의 스케줄링 알고리즘은 다음의 세 가지 조건 중 하나가 만족되면 다음 슬롯을 예약용 슬롯으로 할당한다.

① 이전의 예약용 슬롯 이후에 연속적으로 할당된 데이터 슬롯의 수 CRS가  $C_T$ 를 초과하는 경우에 예약용 슬롯을 할당한다. 이것은 새로운 트래픽이 발생한 단말이 예약을 시도하기까지 기다려야하는 최대 지연 시간이 된다.

```

void main () /* main Procedure */
{
    while(1)
    {
        if ( CRS >= CT OR Fc = Set )
            RS_ALLOC();
        else if ( DTQ not busy AND UTQ no busy)
            RS_ALLOC();
        else if ( UTQ 서비스 순서 AND UIQ busy)
            DS_ALLOC(UTQ(0));
        else if ( UTQ 서비스 순서 AND UTQ not busy)
            DS_ALLOC(DTQ(0));
        else if ( DTQ 서비스 순서 AND DTQ busy)
            DS_ALLOC(DTQ(0));
        else if ( DTQ 서비스 순서 AND DTQ not busy)
            DS_ALLOC(UTQ(0));
        else RS_ALLOC();
    }
}

void RS_ALLOC() /* Reservation Slot Allocation */
{
    FC = reset;
    DO
    {
        Control_Minislot = Reservation;
        Request_Receive();
        if (Collision) FC = set; /* Collision Detection */
    } while(FC=set); /* Collision Resolution */
}

void DS_ALLOC (queue) /* Data Slot Allocation */
{
    DO
    {
        CRS++;
        if(queue==DTQ) Control_Minislot = Selecting;
        else Control_Minislot = Polling;
        Error_Detect(); /* Error Detection */
    } while(Error && CRS < CT && retrans_count < rT )
}
    
```

(그림 4) DTDD/PS 프로토콜의 스케줄링 알고리즘

② 단말들로부터의 예약용 미니 패킷이 충돌되었음을 알리는  $F_C$  플래그가 설정되면, 즉 충돌이 감지되면 예약용 슬롯을 할당한다. 이것으로

빠른 충돌해결을 할 수 있다.

③ UTQ와 DTQ의 선두 패킷의 잔여수명이 재 전송 제한회수  $r_T$ 보다 클 때, 즉 상/하향 트래픽 부하가 비교적 적을 때 예약용 슬롯을 할당한다. 이것을 통해 새로운 메시지가 발생한 단말이 예약을 시도하기까지 기다리는 지연시간을 감소시킬 수 있다.

### 2.3.2 데이터 전송용 슬롯의 할당기준

스케줄링 알고리즘은 기본적으로 DTQ와 UTQ를 교대로 서비스한다. 만일 DTQ의 서비스 순서에 DTQ 선두 패킷의 잔여수명이  $r_T$ 보다 크고 UTQ 선두 단말의 잔여수명이  $r_T$ 보다 작다면, UTQ 선두 단말에 하향 데이터용으로 데이터 전송용 슬롯을 할당한다. 또한 UTQ의 서비스 순서에 UTQ 선두 단말의 잔여수명이  $r_T$ 보다 크고 DTQ 선두 패킷의 잔여수명이  $r_T$ 보다 작다면, DTQ 선두 패킷 하향 데이터용으로 데이터 전송용 슬롯을 할당한다. 결과적으로 데이터 전송용 슬롯을 잔여수명이 짧은 패킷에 먼저 할당하므로, 동적인 슬롯의 할당이 이루어지게 된다.

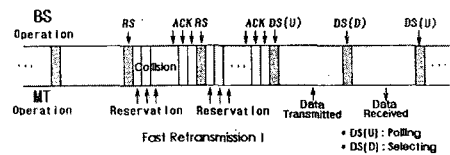
상향데이터 전송용 슬롯에서 전송오류가 생기면 기지국은 다음 슬롯을 다시 해당 단말에 상향 데이터 전송용 슬롯으로 재 할당하여 즉시 재전송을 시도한다. 이때 재전송 회수가  $r_T$ 를 넘게되면 더 이상의 재전송을 포기하고 해당단말에 대해서 이전에 받았던 동적 매개변수를 이용하여 UTQ에 재등록해 준다. 따라서 단말의 선두 패킷은 폐기되지만 연결은 계속 유지되어 다음 패킷은 정상적으로 서비스 받게 된다.

### 2.4 빠른 충돌 해결 알고리즘

S-ALOHA 방식의 경쟁예약방식을 사용할 경우에는 충돌에 의한 예약실패가 문제가 된다. 특히 예약용 슬롯의 위치가 고정되어 있는 경우에 예약의 시도에 실패한 단말은 다음 예약용 슬롯까지 기다리게 되고, 결과적으로 잔여수명 동안에 예약을 다시 시도하지 못하는 경우도 생길 수 있다.

DTDD/PS 프로토콜에서는 예약을 위해 기다리는 지연시간을 최소화하기 위해서 예약용 슬롯의 할당 간격을 시스템의 부하에 따라 가변하고 있다. 또한 예약용 미니 패킷의 충돌에 의한 예약의 실패를 빠른 시간 안에 해결하기 위해서 그림 5와 같은 빠른 충돌 해결 알고리즘을 채용한다.

빠른 충돌해결 알고리즘은 예약용 슬롯을 할당하고 나서, 예약용 미니슬롯에서 충돌이 감지되면 바로 다음 슬롯을 다시 예약용 슬롯으로 할당하여 충돌이나 무선 구간의 잡음 등으로 인해 예약에 성공하지 못한 단말들이 빠른 시간 안에 예약용 미니패킷을 재 전송할 수 있도록 한다.



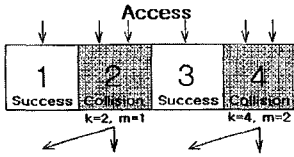
(그림 5) DTDD/PS프로토콜의 빠른 충돌해결 알고리즘

재 할당된 예약용 슬롯을 통해 각 단말들은 다시 예약을 시도한다. 이 때 각 단말에서는 충돌의 확률을 줄이기 위해 이진병렬분할 알고리즘을 사용한다. 이를 위해 각 단말은 응답용 미니슬롯의 내용을 검사하여 충돌이 일어난 슬롯의 개수를 카운트한다. 만일 k번째 미니슬롯에 대한 응답이 충돌

돌이고 이전까지 충돌의 개수가  $m$ 개라면 이 단말은 다음과 같은 식에 의해 재 전송할 미니슬롯의 번호  $k'$  를 결정한다.

$$k' = \text{Random}(2m+1, 2m+2) \quad (1)$$

여기서  $\text{Random}(A,B)$ 는 A와 B중에서 임의의 하나를 선택하는 함수이다. 이러한 방법으로 분할된 단말들은 서로 중복된 미니슬롯을 이용할 확률이 줄어들게 되므로 충돌의 확률이 감소되고, 예약용 미니슬롯의 이용률을 증가시켜 빠른 충돌해결이 가능하다.



(그림 6) 이진 병렬 분할의 예

### III. 시뮬레이션에 의한 성능평가

시뮬레이션을 위한 도구는 event driven 방식의 큐잉 시뮬레이션 도구인 smp1[6]을 사용하였다.

성능 평가의 기준과 비교 분석을 위하여 유럽의 MBS 프로젝트의 DSA 프로토콜 환경을 그 원형으로 한다. 이 프로토콜 구조에 DTDD/PS 프로토콜을 적용시켜 여러 측면에서의 성능을 비교 평가한다. 시뮬레이션 사양을 표 1에 정리하였다.

DSA는 TDMA/FDD 기반으로 설계되었으므로 정량적인 비교를 위한 시뮬레이션 환경을 표 1과 같이 정한다. 표 1에서 패킷 오버헤드 비율은 무선 구간의 패킷화에 요구되는 오버헤드 나타낸다.

즉, ATM 셀의 전송속도가 1Mbps라면 무선 구간의 오버헤드로 인하여 채널에서 그 단말에 제공하여야 하는 속도는 약 1.4Mbps 정도로 증가한다.[1,2,3]

〈표 1〉 시뮬레이션 사양

	DSA	DTDD/PS
채널 속도	34 Mbps	68 Mbps
슬롯 시간	0.02 msec	0.01 msec
슬롯 오버헤드 비율	0.4	0.4
슬롯 크기	85 byte	85 byte

#### 3.1 트래픽 모델

시뮬레이션에 사용된 각 서비스 클래스의 트래픽 특성은 다음과 같다.

표 2에서 VBR단말의 경우에는 video telephony 나 video retrieval 등의 서비스에 해당되며, CBR은 64Kbps PCM 음성을, 그리고 ABR은 컴퓨터로부터의 데이터 전송을 가정하였다.

〈표 2〉 서비스 클래스별 트래픽 특성

	CBR	VBR	ABR
최대 전송률	64Kbps (151 패킷/초)	5 Mbps (11792 패킷/초)	3 Mbps (7075 패킷/초)
평균 전송률	unspecified	2.5 Mbps (5896 패킷/초)	unspecified
최소 전송률	unspecified	unspecified	64 Kbps (151 패킷/초)
버스트 정도	1	2	unspecified
평균 버스트 길이	unspecified	5 msec	unspecified
셀 손실 허용률	$10^{-6}$	$10^{-6}$	$10^{-6}$
패킷 최대 지연	5 msec	30 msec	$\infty$

그러나 채널의 영향은 고려하지 않고 단지 구조

적인 효율성 평가에 초점이 맞추어져 있으므로, 각 트래픽의 손실을 기준은 AAL계층의 예러제어 가 수행된 이후의 요구 기준으로 설정하였다[4].

또한 각 서비스 클래스들의 표본 트래픽에서 셀 손실 허용 확률이 같은 것을 선정하여 시뮬레이션을 단순화하였다.

위의 특성을 따르는 트래픽을 이용하여 시뮬레이션을 수행하기 위해서는 트래픽 특성을 반영할 수 있는 트래픽의 모델링이 요구된다. 따라서 서비스 클래스 별로 아래와 같은 모델을 이용하였다.

(1) CBR 트래픽 발생

64 Kbps인 PCM 음성을 기준으로 하고 있으므로, 슬롯 오버헤드를 고려한다면 151 ATM packet/sec 의 고정적인 패킷 도착율을 갖는다. 따라서, 0.0066초의 도착시간 간격을 갖게되며 이는 332 슬롯마다 하나의 패킷이 고정적으로 도착하게 됨을 의미한다.

(2) VBR 트래픽 발생

트래픽 특성인 최대 전송률과 평균 전송률 그리고 burstiness를 이용하여 On-off 소스로 모델링한다. On-off 소스인 경우 burstiness B는 다음의 식과 같이 정의된다

$$B = \frac{L_{on} + L_{OFF}}{L_{ON}} \quad (2)$$

여기서,  $L_{ON}$ 은 ON 구간의 평균 길이이고,  $L_{OFF}$ 는 OFF 구간의 평균 길이이다. 이로부터 평균 버스트 길이  $L_{burst}$ 를 ON 구간의 평균 길이  $L_{ON}$ 로 하여, OFF 구간의 평균 길이  $L_{OFF}$ 를

알 수 있다. 따라서 평균이  $L_{ON}$ 인 지수분포에 의해 발생된 ON 구간 동안은 최대 전송률  $R_{peak}$ 로 패킷이 도착하며, 평균이  $L_{OFF}$ 인 지수분포에 의해 발생된 OFF 구간 동안은 패킷이 도착되지 않는다.

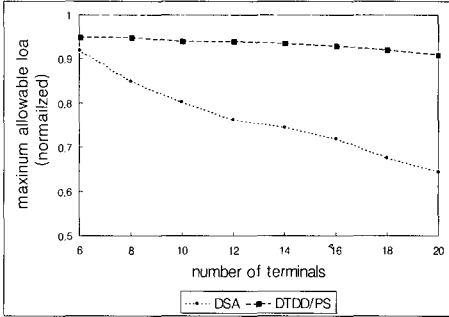
(3) ABR 트래픽 발생

원래 ABR 트래픽은 발생 분포가 정의되는 것이 아니지만, 시뮬레이션에서는 ABR 트래픽의 최소율 보장과 최대율 협의와 관련된 특성의 만족 여부를 관찰하기 위하여 이 트래픽을 포아송 도착 과정으로 모델링한다. 포아송 과정의 정의에 의하여 패킷 도착 시간 간격은 지수분포를 갖게 된다 [5]; 따라서 주어진 전송률에 의해 그 역수로 계산된 시간 간격을 평균 패킷 도착 간격으로 결정한다.

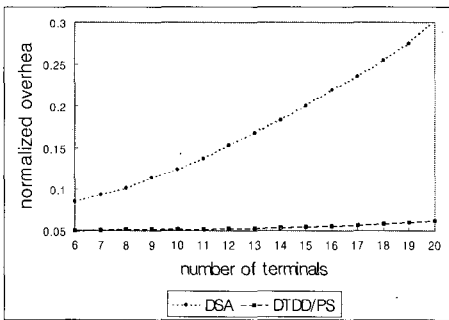
3.2 시뮬레이션 결과

그림 7은 DSA와 DTDD/PS 프로토콜에서 단말 수 변화에 따라 최대한 수용 가능한 부하량에 대한 비교이다. 이 그림에서 알 수 있듯이, DSA에서는 단말 수에 따라 최대 신호 주기를 매 번 최적화시켜 고정시켰음에도 불구하고, 증가된 주기로 인하여 최대 수용 부하가 감소하게된다. 반면에 DTDD/PS에서는 시스템의 사용 상황이 적절하게 반영되어 동적으로 최적의 신호 주기가 할당되므로, 최대 수용 부하가 단말 수에 따라 큰 변화 없이 유지된다. 따라서, DTDD/PS에서는 총 부하량이 일정한 경우에는 총 부하를 이루는 트래픽들의 구성이 어떠한 경우라도 최대 수용 부하에 큰 변화가 없으므로 처리율 성능의 안정도가 높다고 할 수 있다.





(그림 7) 단말 수의 변화에 따른 최대 수용 부하



(그림 8) 단말 수 변화에 따른 알고리즘별 오버헤드.

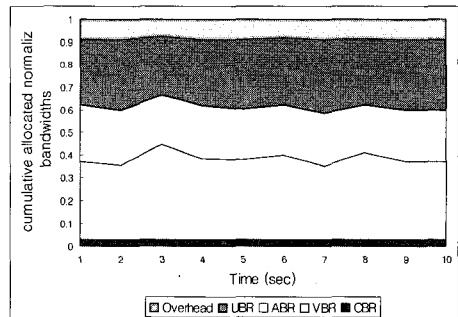
그림 8은 각 프로토콜에 대해서 단말 수의 변화에 따른 오버헤드를 나타낸다. DSA에서는 단말 수가 증가하면 제어용 슬롯의 충돌로 인하여 제어용 슬롯의 수를 변화시킬 수 있기 때문에 트래픽 변동에 대처할 수 있으나, 제어용 슬롯으로 인한 오버헤드가 크게 증가한다. DTDD/PS에서는 저부하시에 할당되는 고정적인 오버헤드의 양을 줄일 수 있으며, 예약용 슬롯과 플링용 슬롯을 통합적으로 관리하고 있으므로 전체 오버헤드가 감소하게 된다. 이렇게 불필요한 오버헤드가 줄어들게 되므로 실제 전송 대역이 증가하여 시스템의 처리율 및 안정성에 기여할 수 있다.

서비스 클래스들이 혼재된 상황의 시뮬레이션을 위한 트래픽은 다음의 표 3과 같다. 여기서의 각

트래픽 특성은 표 2와 동일하다. 각 CBR VBR, ABR 트래픽의 요청대역을 시스템이 충분히 수용할 수 있는 정도로 단말 개수를 가정하고 있으며, 그 외의 잉여 대역은 UBR 트래픽에 사용된다.

<표 3> 서비스 클래스 지원 평가를 위한 트래픽.

	Number of terminals	Normalized offered load	Cumulative offered load
CBR	10	0.03	0.03
VBR	3	0.309 - 0.618	0.339 - 0.648
ABR	2	0.006 - 0.248	0.345 - 0.896
UBR	3	-	-



(그림 9) 시간 변화에 따른 서비스 클래스별 누적 할당 대역.

그림 9에서는 앞서 정의된 트래픽들이 동시에 서비스될 때, 각 트래픽들에 할당된 평균 대역의 누적치를 시간의 진행에 따라 표시하고 있다. CBR 트래픽의 경우에는 고정적인 시간 간격으로 패킷들이 발생되므로 전체 시뮬레이션 시간에 대하여 대역이 일정하게 할당된다. VBR 트래픽의 경우에는 패킷의 발생률이 변동하지만, 최대 대역 이하에서 가변적으로 대역이 할당되며 전체적으로는 사전 협의된 평균 전송률만큼의 대역을 할당받고 있음을 알 수 있다.

ABR 트래픽은 VBR 트래픽들의 변동에 따라 평균적인 전송률이 변동될 수 있는 트래픽이지만, 여기서는 여유 대역이 전체 시간에 걸쳐 충분하므로 지속적으로 최대 전송률에 해당되는 대역을 할당받고 있다. 반면, UBR 트래픽은 제어를 위한 오버헤드가 차지하는 대역을 제외한 모든 대역을 사용하고 있다. 이 결과는 유선의 ATM 시스템에서 기대할 수 있는 결과와 일치하고 있으며, DTDD/PS 알고리즘으로 무선 구간에서도 동일한 효과를 가져올 수 있음을 의미한다.

## N. 결 론

무선 네트워크에서 멀티미디어 트래픽을 통합적으로 수용하기 위한 MAC 프로토콜에서는 동적인 채널할당 알고리즘이 주로 사용된다. 이 알고리즘으로 무선 환경에서도 ATM에서의 각 서비스 클래스별 요구사항이 최대한 만족될 수 있다. 동적 할당을 수행할 때에는 단말의 요구사항 뿐만 아니라 시스템의 상태가 고려되어야만 한다. 본 논문에서는 이러한 동적인 대역할당을 통해 멀티미디어 트래픽을 지원할 수 있는 무선 네트워크 MAC 프로토콜로 DTDD/PS 프로토콜을 제안하고, 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 성능을 평가하였다. 그 결과 제안된 DTDD/PS 프로토콜이 시스템의 사용 상황을 반영한 슬롯의 동적 할당으로 서비스 품질을 보장할 수 있는 부하 한계를 향상시키고, 트래픽의 변동 시에도 안정된 처리율을 보임을 알 수 있다.

## 참고문헌

- [1] RACE II Project MBS (R2067),  
<http://www.comnets.rwth-aachen.de/project/mbs>.
- [2] D. Petras; A. Kramling, "MAC protocol with polling and fast collision resolution for an ATM air interface", In IEEE ATM Workshop, San Francisco, CA, August 1996.
- [3] D. Petras, A. Kramling, A. Hettich, "MAC protocol for Wireless ATM: contention free versus contention based transmission of reservation requests", In PIMRC'96, Taipei, Taiwan, October 1996.
- [4] R. O. Onvural, *Asynchronous Transfer Mode Networks: Performance Issue*, 2nd Ed., Artech House, 1994.
- [5] L. Kleinrock, *Queueing System (Vol. I : Theory)*, John Wiley & Sons, 1975.
- [6] M. H. MacDougall, *Simulation Computer Systems Techniques and Tools*, The MIT Press, 1987.

## 임 재 환



1991년 숭실대학교 전자공학과(공학사)

1993년 숭실대학교 전자공학과(공학석사)

1998년 숭실대학교 전자공학과(공학박사)

1999년~현재 남서울대학교 멀티미디어학과 조교수