

무선망에서의 정보슬롯 예약요구 및 이동단말 상태정보 전송 방안 연구

김용권(金容權), 기장근(奇長根), 노승환(盧承煥), 박성균(朴成鈞)

공주대학교 전기전자정보공학부

전화 : (0416) 850-8595 / 팩스 : (0416) 855-0062

A study on the transmission of slot reservation request and MT status in wireless network

Yong Kwon Kim*, Jang Geun Ki**, Soong Hwan Ro***, Seong Gyoon Park****

Division of Electrical, Electronic & Information Engineering Kongju National University

E-mail : dh0513@vision.kongju.ac.kr*, kjg@image.kongju.ac.kr**, rosh@comp1.kongju.ac.kr***,

skpark@comp1.kongju.ac.kr****

ABSTRACT

Proposed in this paper is an algorithm in which the maximum value of transmission delay due to collision during the reservation request minicell transmission in the uplink period is guaranteed for each traffic type in order to support real time multimedia traffic in wireless ATM environment. Also proposed is a scheme that uses minislots in which dynamic parameters can be transmitted without collision by using only 1-bit piggyback flag of each cell. Setting the piggyback flag is determined according to traffic characteristics and buffer length of each mobile terminal. It is shown that there has been a great improvement in performance of the proposed algorithm through performance analysis using simulation although the algorithm has little overhead.

I. 서 론

무선통신은 기존의 유선통신에서 가질 수 없는 이동성과 휴대성 등의 다양한 서비스 요구를 만족하기 위해 대두되었으며, 이러한 무선통신은 초기에 주로 음성 서비스와 문자 서비스만을 지원하였으나 최근에는 광대역의 다양한 서비스를 지원하는 방안이 심도 있게 연구되고 있다.

이렇게 유선통신에서 무선통신으로 확장되면서 유선

통신에서의 다양한 서비스를 무선통신에서도 만족하기 위한 다양한 MAC(Medium Access Control) 프로토콜들[1-4]이 제안되고 있으며 이러한 MAC 프로토콜은 크게 경쟁기반과 비경쟁기반 프로토콜로 분류할 수 있다. 일반적으로 경쟁기반 방식은 망의 부하가 낮을 때에 효율적이거나, 망의 부하가 클 경우 안정성(stability)을 제공할 수 없는 단점이 있다. 망의 부하가 증가하면 랜덤 액세스 지연의 최대값을 보장받을 수 없게 되므로 이를 보장해 줄 수 있는 방안이 MAC 프로토콜 설계에 반영되어야 한다. 비경쟁 스킴은 랜덤 액세스 지연시간을 비교적 용이하게 만족시킬 수 있으나, 망의 부하가 작을 경우 경쟁기반 알고리즘에 비해 효율이 낮은 것으로 알려져 있다[3,5]. 따라서 본 논문에서는 경쟁기반 스킴을 기본으로 동작하되 랜덤 액세스 지연에 대한 요구조건을 만족시킬 수 있는 효율적인 알고리즘을 제안하였다.

본 논문에서 제안하는 알고리즘은 하향링크 트래픽에 의한 지연이 거의 발생하지 않으므로 상향링크 트래픽만을 고려하였으며 동적 파라미터를 전송할 필요가 있음을 기지국에 알리기 위해 1 비트 플래그만을 사용하도록 하였다.

II. 예약요구와 동적파라미터의 효율적 전송을 위한 MAC 알고리즘

그림 1에 다양한 트래픽 클래스를 지원하기 위해 설계된 MAC 프레임 구조를 간단히 나타내었다. MAC

프레임은 TDMA/TDD(time division duplex) 방식[1]으로 프레임은 고정길이를 갖으며 상향링크 구간과 하향링크 구간으로 나뉘고, 각 구간은 여러 개의 서브구간으로 나뉜다. 각 서브구간들 사이의 경계는 동적으로 변화된다.

그림에서 랜덤액세스구간(RAP : random access period)은 연결이 설정된 이동단말에서 트래픽 버스트가 발생했을 때 경쟁기반 방식으로 기지국에 예약요구 미니셀(mini-cell)을 전송하는데 사용하는 구간이다. 비경쟁구간(CFP : contention-free period)은 예약요구 최대허용지연시간에 도달했다고 예상되는 이동단말들에게 기지국이 사용권을 할당하는 미니슬롯들로 구성되며, 사용권을 획득한 이동단말들은 이 미니슬롯을 통해 경쟁없이 예약요구 미니셀을 전송할 수 있다. 피기백구간(PBP : piggyback period)은 예약상태에 있는 이동단말이 자신의 트래픽 변화 상태를 기지국에 통보하기 위해 사용하는 미니슬롯들로 구성된다.

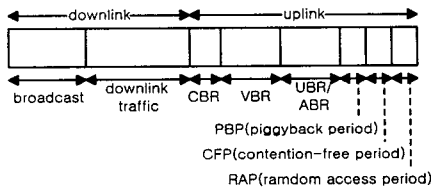


그림 1. MAC 프레임 구조
Fig.1. MAC frame structure

본 논문에서 설계된 기지국과 이동단말의 상호 동작 기본 원리는 다음과 같다.

먼저 이동단말은 연결설정시 협상을 통해 자신의 트래픽 파라미터들을 기지국에 신고하며, 연결이 설정된 이동단말은 초기에 비활성화 상태로 있게 된다.

비활성화 상태인 이동단말에 전송할 트래픽 버스트가 발생하면 경쟁 상태로 천이 되고, 임의의 미니슬롯을 선택하여 예약요구 미니셀을 전송한다.

만약, 충돌 등으로 인해 예약이 실패할 경우에는 다음 프레임에서 예약을 재시도하게 된다. 예약이 성공하면 이동단말은 예약 상태가 되며, 기지국의 스케줄러는 예약상태가 된 이동단말들의 트래픽 타입을 고려하여 다음 프레임의 해당 구간의 정보 슬롯들을 적절히 할당하고, 이 정보는 방송구간을 통해 이동단말들에게 알려진다. 예약상태의 이동단말이 전송하는 정보셀은 1비트 길이의 피기백 플래그 필드를 가지고 있어 자신의 트래픽 상태 변화를 경쟁없이 기지국에 알릴 수 있다. 플래그가 세트(set)된 정보셀을 기지국이 수신하면 스케줄러는 다음 프레임의 구조를 결정할 때

피기백구간내의 한 미니셀을 해당 이동단말에 할당하고, 이동단말은 자신의 트래픽 상태 정보를 미니셀을 통해 전송하게 된다.

만일 이동단말이 자신에게 할당된 정보 셀 슬롯을 전부 사용하지 않으면 기지국은 예약을 취소시킨다.

기지국 스케줄러의 프레임 구조 결정 알고리즘은 다음과 같다.

① 하향링크 구간 및 상향링크의 CBR 구간 결정

하향링크는 기지국이 이동단말에 전송하고자하는 정보에 의해 결정되며, 상향링크의 CBR(constant bit rate) 구간은 CBR 트래픽 서비스를 요구한 이동단말들에게 주기적으로 할당되어지는 셀슬롯들로 구성된다.

② 피기백 구간 결정

피기백구간(PBP)내의 미니슬롯 수(N_{pbms})는 직전 프레임에서 피기백 플래그를 이용하여 피기백 미니슬롯을 요구한 단말 수 만큼 할당한다.

예약상태의 이동단말은 아래식에 의해 정해진 임계값보다(T_{buffer}) 버퍼 길이가 클 경우 현재 프레임에서 피기백 플래그를 세트시켜 정보 셀을 전송함으로써, 매 전송셀 마다 많은 양의 상태정보를 피기백하는 방안이나 경쟁을 통해 상태 정보를 전송하는 방안에 비해 효율적이 된다.

$$CTD_{max} = \text{max cell transfer delay}$$

$$\lambda_{on} = \text{mean cell arrival rate in active state}$$

$$a = \text{비례상수}(0 < a \leq 1)$$

$$T_{buffer} = CTD_{max} * \lambda_{on} * a$$

if (buffer length > T_{buffer})

flag = 1

else

flag = 0

③ 비경쟁구간 결정

비경쟁구간내의 미니슬롯 수(N_{cfms}) 결정을 위해 먼저 기지국 스케줄러는 연결이 설정된 각 이동단말에 대해 예약요구 최대허용지연시간을 고려한 카운터를 운영한다. 카운터 초기값은 연결 설정시 이동단말이 신고한 셀전송 최대허용지연시간과 프레임 길이를 고려하여 설정된다(예를 들어 카운터 초기값=셀전송 최대허용지연시간/프레임 길이-1). 예약상태가 아닌 이동단말에 대한 카운터의 값은 매 프레임마다 랜덤액세스 구간 내에서 충돌이 발생할 경우 1씩 감소하며, 카운터 값이 0이 된 이동단말은 비경쟁구간 내의 한 미니

슬롯을 할당받게 된다. 이와 같이 예약요구 최대허용 지연시간을 만족시켜주기 위한 카운터를 운영함으로써 멀티미디어 환경에서 다양한 특성을 갖는 트래픽 소스들의 지원이 가능하게 된다.

④ 랜덤액세스구간 결정

다음 프레임의 랜덤액세스구간 내의 미니슬롯 수 (N_{rams})는 직전 프레임에서 발생한 충돌횟수의 2배(최소값=1)로 결정하되 셀슬롯 단위로 프레임 경계를 맞추어 계산한다.

⑤ VBR 구간내의 셀슬롯 할당

VBR 트래픽 서비스를 요구하는 이동단말들에게 셀슬롯을 할당하는 방법은 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 B_{total} &= \text{프레임의 전체 슬롯 수} \\
 B_{downlink} &= \text{하향링크 트래픽에 할당된 슬롯 수} \\
 B_{CBR} &= \text{CBR 트래픽을 위한 슬롯 수} \\
 B_{avail} &= B_{total} - B_{downlink} - B_{CBR} \\
 B_{req} &= \sum_i (b_{effective}^i + b_{extra}^i) \\
 &= \sum_i b_{effective}^i + \sum_i b_{extra}^i = B_{effective} + B_{extra} \\
 \text{if } (B_{req} \leq B_{avail}) \\
 a^i &= b_{effective}^i + b_{extra}^i \\
 \text{else} \\
 a^i &= b_{effective}^i + (B_{avail} - B_{effective}) \\
 &\quad * b_{extra}^i / B_{extra}
 \end{aligned}$$

위 식에서 $b_{effective}^i$ 는 이동단말 i 가 요구하는 등가 대역폭을 나타낸 것이며, b_{extra}^i 는 트래픽의 버스트 특성으로 인해 변화되는 버퍼길이를 나타낸 것으로 이동단말의 필요에 따라 피기백 스킴을 이용하여 스케줄러에게 통보된다. $b_{effective}^i$ 와 b_{extra}^i 값을 함께 고려하여 셀슬롯을 할당한 경우 기지국은 할당된 슬롯중 하나라도 덜사용하게 되면 b_{extra}^i 값을 재통보 받을 때까지 0으로 취급한다.

VBR 트래픽을 위한 셀슬롯 할당에서 가용한 셀슬롯 수가 모자랄 경우 등가대역폭 만큼씩 먼저 할당하고 남은 셀슬롯들을 요구량에 비례하여 할당한다. 만일 각 등가대역폭의 합이 가용슬롯수보다 클 경우는 적절한 CAC(Connection Admission Control)에 의해 제어되었다고 가정한다.

⑥ ABR/UBR 구간내의 셀슬롯 할당

VBR 트래픽에 대한 셀슬롯들을 할당하고 남은 가용 슬롯($B_{ABR/UBR}$)들은 ABR/UBR 트래픽을 위해 할당될 수 있다. 따라서 본 논문에서는 ABR/UBR 트래픽 자체에 대한 상세한 슬롯할당 알고리즘은 다루지 않았으나, VBR 트래픽의 서비스 품질 요구 조건을 만족시키는 범위내에서 $B_{ABR/UBR}$ 값이 클수록 보다 효율적인 시스템으로 판단할 수 있다.

III. 시뮬레이션에 의한 성능분석

본 논문에서 제안한 알고리즘의 성능을 분석하기 위해 먼저 각 트래픽 소스로 부터의 셀 발생 프로세스는 on-off 모델[6,7]로 모델링하였다.

표 1에 성능분석을 위한 시뮬레이션시 사용된 주요 파라미터들의 대표값들을 나타내었다.

표 1. 입력 파라미터

프레임 길이 $L_{frame} = 2ms$
프레임당 셀슬롯 수 $B_{total} = 100$
프레임내의 상향링크의 전체 셀슬롯 수 $B_{uplink} = 50$
셀슬롯 길이와 미니슬롯 길이의 비율 $R_{csms} = 4$
트래픽 소스의 평균 on, off 구간 길이 $L_{on} = L_{off} = 40ms$
on 구간에서의 평균 셀 발생률 $\lambda_{on} = 500 \text{ cells/sec}$

예약요구 미니셀 전송시 발생하는 충돌에 대한 성능 분석 결과를 그림 2에 나타내었다. 그림에서 점선은 충돌이 발생하면 완전경쟁방식에 의해 계속 재전송을 시도하도록 한 경우이고, 실선은 예약 시도에 대한 최대지연시간을 트래픽 타입별로 만족시킬 수 있도록 본 논문에서 제안한 방법을 적용한 경우이다.

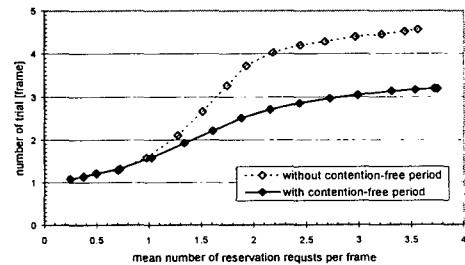


그림 2. 예약요구 부하에 따른 예약요구 미니셀 평균 전송 횟수

그림 3에는 각 트래픽 소스의 셀 발생 분포가 지수 분포(exponential distribution)를 갖는다고 가정한 경우에, 트래픽 부하의 증가에 따른 셀손실율을 나타내었다. 그림에서 실선으로 나타낸 4가지 경우는 본 논문에서 제안한 피기백구간과 비경쟁구간의 도입 여부에 따른 각 경우를 나타낸다. 그림 3으로부터 트래픽 부하가 0.8이하인 경우 본 논문에서 제안한 방법을 모두 적용하면 적용하지 않는 경우에 비해 작은 오버헤드에도 불구하고 셀손실율에 대한 성능이 약 10-100배 정도 향상됨을 알 수 있다.

그림 3에서 점선은 이동단말의 버퍼길이가 1이상이면 무조건 피기백 미니슬롯을 요구하는 경우 ($T_{buffer}=1$)로, 트래픽 부하가 낮을 경우(약 0.7 이하 경우) 셀손실이 거의 없으나, 트래픽 부하가 클 경우에는 피기백 미니슬롯 할당량 만큼 VBR 트래픽을 위한 할당 슬롯수가 줄어들게 되어 오히려 성능이 저하됨을 볼 수 있다. 또한 그림 3에서 발생하는 셀 손실의 주된 요인은 각 트래픽 소스가 자신의 평균 셀발생율인 λ_{on} 만큼만 필요 대역폭으로 요구하도록 설정하고 시뮬레이션 하였기 때문이며, 이는 일반적으로 VBR 트래픽 소스의 등가대역폭이 평균 셀발생율과 최대 셀발생 사이의 값이 됨을 감안해볼 때 최악의 경우에 해당한다. 따라서 보다 효율적인 등가대역폭을 계산하는 알고리즘을 도입하여 이에 따른 대역폭을 기지국에 요구하게 되면 전체적인 셀손실율을 더 줄일 수 있을 것이다.

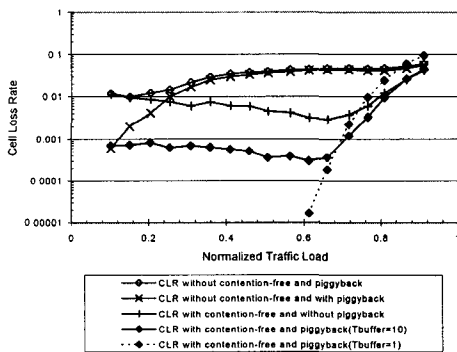


그림 3. 트래픽 부하에 따른 평균 셀손실율 (random cell arrival)

IV. 결 론

본 논문에서는 무선 ATM 망에서 실시간 멀티미디어 트래픽의 지원을 위해, 상향링크 구간에서 예약요구 미니셀 전송시 충돌로 인한 전송지연의 최대값을

트래픽 타입별로 보장할 수 있는 기지국 스케줄러 알고리즘 및 프레임 구조를 제안하였다. 또한 1비트 길이의 피기백 플래그를 이용하여 충돌없이 동적 파라미터를 전송할 수 있는 미니슬롯을 할당받는 스킴을 제안하였으며, 각 이동단말별로 자신의 트래픽 특성 및 버퍼길이에 따라 피기백 플래그를 설정하는 방법을 제시하였다. 시뮬레이션을 이용한 성능 분석 결과로 프레임당 예약요구 부하에 따른 예약요구 지연시간의 변화, 다양한 트래픽 부하의 증가에 따른 셀손실율 등을 제시하였으며, 제안된 MAC 프로토콜에서 사용된 알고리즘이 적은 오버헤드에도 불구하고 많은 성능향상을 얻을 수 있음을 보였다. 본 논문의 연구결과는 무선 ATM 망에서 실시간 VBR 서비스 트래픽들의 다양한 전송지연 요구 조건들을 비교적 용이하게 만족시킬 수 있는 방안으로 활용될 수 있을 것이다.

*정보통신부 대학기초연구지원사업 과제

참고문헌

- [1] Jaime Sánchez, Ralph Martinez, and Michael W. Marcellin, "A Survey of MAC Protocols Proposed for Wireless ATM", IEEE Network, pp.52-62, November/December 1997.
- [2] Osama Kubbar, Hussein T. Mouftah, "Multiple Access Control Protocols for Wireless ATM: Problems Definition and Design Objectives", IEEE Communications Magazine, pp.93-99, Nov., 1997.
- [3] Yong Jin Kim, Min Jae Hwang, Chung Gu Kang, "Extended Dynamic Slot Assignment Protocol for Wireless ATM", Proceedings of the 4th International Workshop on Mobile Multimedia Communications, pp.526-529, 1997.9.
- [4] Truong H. Le, Babak Jafarian, A. H. Aghvami, "Performance Comparison of New Centralized PRMA and TDMA Systems for Wireless ATM Networks", IEEE Vehicular Technology Conference, pp.1466-1470, May, 1998.
- [5] Andrew S.Tanenbaum, Computer Networks, Prentice Hall, pp.246-275, 1996.
- [6] Hiroshi Saito, Teletraffic Technologies in ATM Networks, Artech House, Inc., pp.47-53, 1994.
- [7] Raif O. Onvural, Asynchronous Transfer Mode Networks: Performance Issues, Artech House, pp.122-133, 1995.