

무선 ATM 망에서 셀 구조 및 QOS를 고려한 매체 접근 제어 프로토콜의 성능 분석

정회원 안계현*, 박혁규*, 이동은*, 김영천*

A Performance Analysis of the MAC Protocol Considering the Cell Structures and the QOS in Wireless ATM Networks

Kye-Hyun Ahn*, Hyuk-Gyu Park*, Dong-Eun Lee*, Young-Chon Kim* *Regular Members*

요 약

무선 ATM 망은 유선 ATM 망과 달리 높은 비트 에러율을 갖는 제한된 대역폭의 무선 링크를 통하여 멀티미디어 서비스를 제공해야만 한다. 따라서 열악한 무선 채널에서 신뢰성 있는 전송 서비스를 제공하기 위하여 에러 제어 기법을 고려한 무선 ATM 셀 구조와 제한된 대역폭으로 다양한 이동 멀티미디어 서비스의 유형에 따른 QOS를 보장하는 효율적인 매체 접근 제어 프로토콜이 요구된다.

본 논문에서는 무선 ATM 서비스의 QOS를 고려한 매체 접근 제어 프로토콜을 설계하고, 다양한 무선 ATM 셀 구조에 따른 매체 접근 제어 프로토콜의 성능을 분석하였다. 이를 위하여 여러 형태의 무선 ATM 셀 구조 중에서 무선 ATM 망에서 요구하는 CLR과 CER을 만족시킬 수 있는 셀 구조를 성능 분석을 통하여 선택하였으며, 서비스별 QOS를 고려한 대역 할당 알고리즘 및 매체 접근 제어 프로토콜을 설계하였다. 또한 시뮬레이션을 실시하여 선택한 셀 구조에 따른 제안한 매체 접근 제어 프로토콜의 채널 이용률, 호 블로킹률, 패킷 폐기율 등의 성능을 비교하였다.

ABSTRACT

Wireless channel has high error rate and limited bandwidth. In order to guarantee the quality of service for multimedia through wireless channel, wireless ATM network requires the cell structure with error control schemes and an efficient medium access control protocol.

In this paper, an efficient medium access control protocol, which is considered of cell structure and the QOS, is proposed for wireless ATM networks. Many kinds of ATM cell structures are analyzed in terms of cell error rate and cell loss rate to choose the proper cell structures for this proposed MAC protocol. And a bandwidth allocation algorithm is also designed to satisfy the priority of services.

The performances of proposed MAC protocol are evaluated in terms of channel utilization, call blocking and packet discard probability according to different kinds of cell structure through simulation.

I. 서론

최근 무선망에서는 음성 서비스뿐만 아니라 화상 회의, 화상 전화 등과 같은 광대역 멀티미디어 서비

스에 대한 요구가 증가하고 있다. 이에 따라 유·무선간에 투명한 멀티미디어 서비스를 제공하기 위해 무선 링크에 ATM(Asynchronous Transfer Mode) 기술을 적용한 무선 ATM 망이 차세대 무선 통신

* 전북대학교 컴퓨터공학과(khyun@solar.chonbuk.ac.kr)
논문번호 : 99044-0203, 접수일자 : 1999년 2월 3일

망으로 주목받고 있다. 그러나 무선 ATM 망은 광섬유를 기반으로 신뢰성 있는 광대역 서비스를 제공하는 유선 ATM 망과 달리 간섭 및 다중 경로 페이딩으로 인하여 높은 비트 에러율을 갖는 무선 링크를 전송 매체로 사용하며, 제한된 주파수 대역을 이용하여 다양한 형태의 광대역 이동 서비스의 QOS(Quality Of Service)를 보장해야 한다. 따라서 무선 ATM 망의 열악한 무선 채널을 통하여 신뢰성 있는 전송을 하기 위해서는 강화된 에러 제어 기법을 고려하여 적절한 셀 손실률(CLR : Cell Loss Rate)과 셀 오류율(CER : Cell Error Rate)을 제공할 수 있는 무선 ATM 셀 구조가 요구된다. 또한 다수의 사용자에게 공유되는 제한된 주파수 자원을 이용하여 ATM 서비스가 갖는 다양한 요구대역폭, 지연, 셀 손실률 등과 같은 QOS 요구사항을 보장하기 위해서는 트래픽의 버스트 특성을 이용한 통계적 멀티플렉싱을 지원하여 채널 이용률을 향상시킬 수 있는 효율적인 매체 접근 제어 프로토콜이 필수적으로 요구된다¹¹⁻¹⁴⁾.

기존의 매체 접근 제어 프로토콜에 대한 많은 연구들은 서비스의 QOS 요구사항의 보장 및 무선 채널의 효율성 향상만을 고려하였으며 셀 구조에 따른 CLR 및 CER은 고려하지 않았다. 그러나 무선 ATM을 위한 셀 구조는 무선 채널에서의 높은 CLR을 감소시키기 위해 헤더에 대한 FEC(Forward Error Correction) 영역을 증가시키거나 CER을 낮추기 위해 페이로드를 분할하는 형태로 결정할 수 있으며, 이러한 무선 ATM 셀의 구조는 MAC(Medium Access Control) 프레임 구조를 변화시키고 매체 접근 제어 프로토콜의 성능에 많은 영향을 미친다.

따라서 본 논문에서는 무선 ATM 서비스가 요구하는 오류 제어 능력을 갖는 다양한 형태의 무선 ATM 셀 구조를 제시하고 이에 따른 매체 접근 제어 프로토콜의 성능을 분석하였다. 이를 위하여 무선 ATM 망에서 요구하는 CLR과 CER을 만족시킬 수 있는 다양한 형태의 무선 ATM 셀 구조를 성능 분석을 통하여 선택하고, 선택한 각 셀 구조를 사용하는 매체 접근 제어 프로토콜을 설계하였다. 제안한 매체 접근 제어 프로토콜은 MDR-TDMA (Multiservice Dynamic Reservation-TDMA)를 기반으로 ABR 서비스의 비실시간 특성을 고려하여 실시간 특성을 갖는 CBR 서비스에게 우선 순위를 부여한 새로운 부프레임 경계 설정 알고리즘을 갖는다. 또한 사용하는 셀 구조를 고려하여 프레임 구조와 대

역 할당 알고리즘을 설계하였다. 다양한 형태의 무선 ATM 셀 구조에 따른 매체 접근 제어 프로토콜의 성능을 평가하기 위해 시뮬레이션을 실시하였으며 채널 이용률, 호 블로킹률, 패킷 폐기율 등과 같은 파라메타를 이용하여 분석하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 에러 정정 기법을 포함한 다양한 형태의 셀 구조를 제시하고, 무선 ATM 서비스가 요구하는 QOS를 만족시킬 수 있는 ATM 셀 구조의 제시 및 분석을 실시한다. III장에서는 무선 링크에서 서비스 유형별 QOS를 고려하여, 효율적으로 무선 채널을 이용할 수 있는 프레임 구조와 대역 할당 알고리즘을 제안하고 매체 접근 제어 프로토콜을 설계한다. IV장에서는 다양한 무선 ATM 셀 구조에 따른 매체 접근 제어 프로토콜의 성능을 분석하고, V장에서 결론을 맺는다.

II. 무선 채널 액세스를 위한 프레임 및 셀 구조

무선 ATM 망은 무선 인터페이스에 ATM 프로토콜을 적용하여 ATM 기반의 무선 접속 기능을 제공하고, 무선 환경에서도 유선 ATM 망에서 제공 가능한 광대역 멀티미디어 서비스를 제공할 수 있도록 하는 차세대 광대역 무선 통신 시스템이다.

무선 ATM 시스템에서 무선 단말기와 기지국은 무선 링크를 통하여 ATM 셀을 전송하기 위하여 무선 액세스 및 에러 제어를 위한 RAL(Radio Access Layer)를 포함한다. 특히 다수의 무선 단말기에 대한 채널 액세스 제어와 QOS 보장을 위한 매체 접근 제어 프로토콜은 한정된 무선 자원을 이용하여 다양한 클래스의 ATM 서비스를 제공하고 무선 채널을 효율적으로 이용하기 위해 필수적으로 요구된다. 또한 매체 접근 제어 프로토콜은 ATM 서비스가 요구하는 CLR 및 CER과 같은 QOS를 보장하기 위하여 무선 ATM 셀을 MAC 프레임으로 캡슐화하면서 FEC 필드를 추가한다. 따라서 매체 접근 제어 프로토콜의 성능은 적용되는 FEC 코드에 의해서 많은 영향을 받는다.

1. 무선 ATM 망에서의 프레임 구조

무선 매체 접속을 위한 방식은 크게 CDMA(Code Division Multiple Access)와 TDMA(Time Division Multiple Access)로 나눌 수 있다. 대역 확산 기술을 이용하는 CDMA는 간섭을 매우 효과적으로 배제할 수 있으며 주파수 재사용 측면에서

우수한 특성을 가지고 있지만, 타임 슬롯을 기반으로 대역폭을 공유하는 TDMA에 비하여 2 Mbps 이하의 상대적으로 낮은 비트율의 전송 서비스를 제공한다. 따라서 유·무선 간 투명한 전송 서비스를 제공하기 위하여 높은 전송률을 필요로 하는 무선 ATM 망에서는 TDMA 기법을 사용하는 것이 일반적이며, 현재 무선 링크에서 TDMA를 기반으로 25 Mbps 이상의 높은 데이터율을 제공하기 위한 연구가 진행되고 있다^[1].

한편 TDMA 기반의 무선 ATM 망에서는 단말기의 상향 링크에 대한 무선 매체 접속을 기지국에서 제어하는 중앙 집중 방식과 단말기가 독립적으로 제어하는 분산 방식으로 구분할 수 있다. 일반적으로 분산 방식은 처리율이 낮을 뿐만 아니라 실시간 서비스의 지연 시간을 보장할 수 없기 때문에 무선 ATM 망의 매체 접근 제어 방식으로는 적합하지 않다. 반면에 중앙 집중 방식은 단말기들의 요구를 받아 기지국에서 서비스의 QOS를 고려한 대역 할당을 수행하므로 멀티미디어 서비스를 지원해야 하는 무선 ATM 망에 적합한 방식이다^[2]. 현재 중앙 집중식 스케줄링에 의해 동적 슬롯 할당을 수행하는 여러 매체 접근 제어 기법들이 제안되었다.

본 논문에서는 NEC C&C Lab에서 WATMnet 시스템을 위해 사용한 MDR-TDMA를 기반으로 매체 접근 제어 프로토콜을 설계하였다. MDR-TDMA는 다른 기법들과 달리 Polling이나 Piggybacking 등을 사용하지 않으며 오직 경쟁을 통해서만 상향 링크의 데이터 슬롯 할당을 요청할 수 있다. 또한 한 단말기에 할당된 여러 개 슬롯을 하나의 연속적인 버스트로 전송함으로써 동기화 및 기타 오버헤드를 최소화할 수 있는 장점을 갖는다^[2].

기지국에서 무선 자원에 대한 관리 및 단말기에 대한 액세스 제어를 수행하는 프레임 구조를 그림 1과 같이 정의하였다.

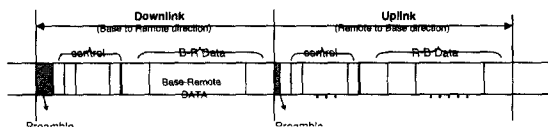


그림 1. 매체 접근 제어를 위한 프레임 구조

제한된 주파수 대역을 이용하여 기지국과 단말기 간의 효율적인 양방향 전송을 위하여 기지국에서 단말기로 전송하는 하향 채널(B-R:Base-Remote)과

단말기로부터 기지국으로 전송하는 상향 채널(R-B:Remote-Base)은 시분할 다중화(TDD:Time Division Duplexing) 방식으로 구성한다. 하향 링크와 상향 링크는 프레임의 동기를 위한 preamble, 제어 슬롯, 데이터 슬롯으로 구성되고, 상향과 하향 링크의 다중화 및 무선 자원에 대한 액세스 제어는 제어 슬롯과 데이터 슬롯을 이용하여 다음과 같이 이루어진다.

먼저 데이터를 전송하고자 하는 다수의 단말기는 상향 링크의 제어 슬롯을 통하여 데이터 슬롯 할당 요구를 기지국에 보낸다. 이때 상향 링크의 R-B 제어 슬롯은 데이터 슬롯 할당 요청 및 무선 제어 패킷 등을 기지국으로 전송하기 위해 다수의 단말기에 공유되며, 제한된 수의 R-B 제어 슬롯에 대한 액세스 제어는 slotted ALOHA를 이용하여 경쟁한다. 경쟁에서 성공한 데이터 슬롯 할당 요구를 수신한 기지국은 서비스의 QOS를 고려하여 데이터 슬롯의 할당 요구에 대한 수락 및 거절 여부를 결정하고, 하향 링크의 B-R 제어 슬롯을 통하여 각 단말기에게 스케줄링 정보를 통보한다.

중단간에 전송되는 데이터는 무선 ATM 셀과 동일한 크기의 데이터 슬롯을 통하여 전송되며, 오류율이 매우 높은 무선 환경에 적합하도록 에러 정정 능력이 강화된 무선 ATM 셀 구조를 이용한다. 따라서 다양한 무선 ATM 셀 구조에 따라 상·하향 링크에서의 데이터 슬롯의 수와 매체 접근 제어 프로토콜의 구조 및 성능에 많은 영향을 미치게 된다.

2. 무선 ATM 망을 위한 셀 구조

유선망의 ATM 셀을 기반으로 무선 환경에 적합한 형태의 무선 ATM 셀 구조를 정의하기 위한 연구가 활발히 이루어지고 있다^[3,4,5]. 먼저 무선 ATM 셀의 헤더는 유선 ATM 셀의 5바이트 헤더를 모두 사용하는 구조를 비롯하여 HEC(Header Error Control)를 제외한 4바이트의 헤더를 사용하는 구조, 그리고 2바이트로 압축된 헤더를 사용하는 구조 등이 정의되어 왔다. 이 중에서 12비트의 VCI(Virtual Channel Identifier)와 PT(Payload Type), CLP(Cell Loss Priority)로 구성된 2바이트 압축 헤더를 가지며, 부가적으로 무선 링크를 위한 무선 헤더 2바이트가 추가된 무선 ATM 셀 구조가 가장 널리 받아들여지고 있다. 무선 헤더 2바이트는 서비스 형태, 순서번호, 세그먼트 카운터 및 핸드오프를 위한 필드로 구성되며, 서비스 형태 필드는 기지국에서의 프로토콜 처리를 단순하게 하도록 전송되는 ATM

셀이 CBR(Constant Bit Rate), VBR(Variable Bit Rate), ABR(Available Bit Rate) 등과 같은 사용자 데이터인지 supervisory/control 등과 같은 제어 데이터인지를 지시한다. 무선 ATM 셀의 페이로드는 유선 ATM 셀의 48바이트 페이로드를 그대로 사용하는 방법과 무선 환경의 높은 오류율을 고려하여 48/n (n:정수)크기로 나누는 방법이 제안되고 있다. 페이로드의 크기를 24 또는 16바이트로 정의하는 경우에는 하나의 유선 ATM 셀의 페이로드가 2 또는 3개의 무선 ATM 셀로 대응되며, 무선 ATM 셀의 헤더에 있는 세그먼트 카운터를 이용하여 페이로드의 분할과 관련된 정보를 전송한다.

그림 2에서 무선 ATM 망에서의 기본적인 셀 구조를 나타내었다. 그러나 이와 같은 셀 구조를 무선 링크를 통하여 전송하게 되면 무선 채널의 높은 비트 오류율($10^{-3} \sim 10^{-5}$)로 인하여 많은 수의 셀들이 손실되거나 데이터에 오류가 발생한다. 따라서 무선 ATM 망에서 목표로 하는 CLR과 CER을 만족시키기 위해서는 그림 2에 나타난 기본 구조에 별도의 오류 제어 기법이 필수적으로 사용되어야 한다. 특히 무선 ATM 망에서는 셀룰라 망과 달리 고속의 전송 서비스를 제공하여야 하기 때문에 강력한 오류 제어 기법이 요구된다.

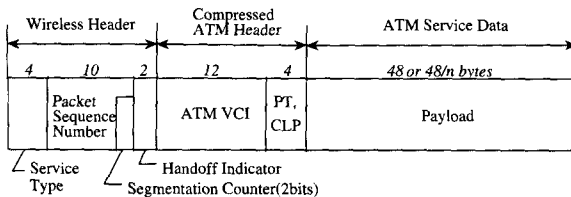


그림 2. 무선 ATM 망에서의 기본 셀 구조

무선 ATM 망에서 적용 가능한 대표적인 오류 제어 기법은 FEC(Forward Error Correction)와 ARQ(Automatic Retransmission reQuest)가 있다. FEC 기법은 단말기에 오류 정정 기능을 부가하여 오류 검출 시 재전송 요구를 하지 않고 수신 단말기에서 오류를 정정하는 방법이고, ARQ 기법은 단말기에 오류 검출 기능을 부가하여 오류 검출 시 재전송을 요구하는 방식이다. ARQ는 에러 정정을 위해 왕복 지연이 추가되므로 실시간 서비스와 같이 지연에 민감한 서비스에 사용되기에는 부적절하다. 반면 FEC는 오류 정정을 위해 오버헤드 비트가 추가되므로 전송 부하가 증가되지만 실시간 처리가

가능하므로 모든 서비스에 적용할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 오류 제어를 위하여 FEC 기법을 이용하는 무선 ATM 셀 구조만을 고려한다.

3. 무선 ATM 망에 적합한 셀 구조 분석

무선 ATM 셀에 에러 정정을 위한 FEC 기법의 적용은 단일 코딩과 분리 코딩으로 구분할 수 있다. 단일 코딩은 셀의 헤더와 페이로드를 구분하지 않고 전체 셀에 대하여 FEC를 적용하고, 분리 코딩 방법은 헤더에 대한 FEC와 페이로드에 대한 FEC를 구분하여 적용하는 기법이다. 헤더는 페이로드에 비하여 상대적으로 중요하고, ATM 서비스에서는 헤더의 손실로 인한 CLR과 페이로드의 손실로 인한 CER 값이 서로 다르게 요구되기 때문에 분리 코딩이 보다 효과적이다.

비트의 에러를 정정할 수 있는 FEC 기법을 사용하여 k 비트의 데이터를 전송한다고 할 때 실제 전송하는 데이터의 크기는 에러 정정을 위한 오버헤드가 추가된 n 비트이고, 이를 (n, k) 로 표시한다. 무선 채널의 BER(Bit Error Rate)을 p , FEC 기법을 적용한 후에 얻어지는 BER을 P_{FEC} 라고 할 때, k 비트 에러 정정 능력을 갖는 (n, k) BCH 코드를 사용했을 때의 P_{FEC} 는 다음과 같다^[3,6].

$$P_{FEC} = 1 - \sum_{i=1}^k n C_i (1-p)^{(n-i)} p^i \quad (1)$$

이때 오류 정정 능력을 나타내는 i 값이 증가할수록 P_{FEC} 는 작아지지만 추가되는 오버헤드 비트는 증가한다. 따라서 FEC를 적용한 후에 얻어지는 BER과 오버헤드 사이에서 적절한 타협이 요구되며, 특히 무선 ATM 망에서는 높은 에러율(BER $\approx 10^{-3}$)의 무선 채널을 통하여 ATM 서비스가 요구하는 BER을 제공하면서 효율적으로 데이터를 전송하기 위해 적절한 FEC 코드를 선택해야만 한다. 이를 위하여 그림 3에서는 다양한 오류 제어 능력을 갖는 무선 ATM 셀 구조를 나타내었다. 그림에서 FEC의 에러 정정 능력에 따라 추가되는 비트 수가 달라지므로 (n, k) 에서 n 을 *로 표시하였다.

검출되지 않는 비트 오류는 없다고 가정하고, 제시한 무선 ATM 셀 구조의 에러 제어 능력을 비교하기 위해 CLR과 CER을 다음과 같이 정의하였다.

- CLR(Cell Loss Rate) : 셀 헤더에서 정정할 수 없는 오류가 발생되어 셀이 폐기되거나 망에서의 통계적 다중화 과정에서 셀이 폐기되는 비율을 의미하며, 32비트 무선 헤더에 k 비트 에러

정정 능력을 가진 FEC를 적용한 경우 다음과 같이 나타낼 수 있다.

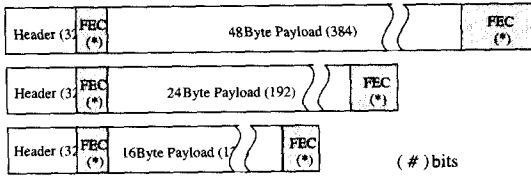


그림 3. 오류 제어를 위한 다양한 무선 ATM 셀 구조

$$CLR = 1 - \sum_{i=0}^L n C_i (1-p)^{(32-i)} p^i \quad (2)$$

- CER(Cell Error Rate) : 셀의 페이로드에서 정정할 수 없는 오류가 발생하는 비율을 의미하며, N비트를 갖는 페이로드에 i비트 에러 정정 능력을 가진 FEC를 적용했을 때 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$CER = 1 - \sum_{i=0}^L n C_i (1-p)^{(N-i)} p^i \quad (3)$$

그림 4는 무선 헤더 4비트에 대하여 각각 (44, 32), (50,32), (56,32) 단축부호를 사용하여 2비트, 3비트, 4비트 오류 정정 능력을 갖는 FEC를 적용했을 때의 CLR을 보여준다. 일반적으로 무선 채널에서의 BER은 약 $10^{-3} \sim 10^{-5}$ 이고, 무선 ATM 망에서 헤더 오류로 인한 CLR 목표값은 CBR 서비스인 경우 $10^{-4} \sim 10^{-6}$, 비실시간 서비스에 대하여 $10^{-6} \sim 10^{-9}$ 정도이다⁷⁾. 따라서 헤더에 대하여 3비트 오류를 정정할 수 있는 (50,32) BCH 코드를 사용하면 10^{-6} 정도의 CLR을 만족시킬 수 있다.

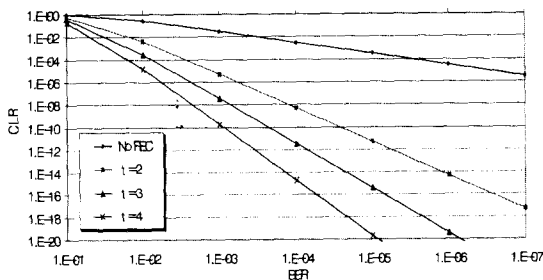


그림 4. CLR

그림 5에서는 다양한 페이로드 구조에 따른 CER을 나타내었다. 그림에서 실선은 페이로드 크기를

유선 ATM 셀과 동일하게 48비트를 사용하고 각각 다른 에러 정정 능력을 갖는 FEC를 적용한 경우이다((402, 384), (420, 384), (438, 384), (456, 384) BCH 코드). 점선은 4비트 에러 정정 능력을 가진 FEC를 사용하면서 48바이트 페이로드를 두 개 또는 세 개로 분할한 경우이다((224, 192), (160, 128) BCH 코드). 그림으로부터 같은 능력의 FEC를 사용하더라도 페이로드 크기를 분할했을 때 향상된 CER 값을 얻을 수 있다는 것을 알 수 있다. 따라서 무선 ATM 망에서 적용 가능한 셀 구조로써 10^{-3} 의 BER을 가지는 무선 환경에서 $10^{-5} \sim 10^{-7}$ 정도의 CER을 유지할 수 있는 셀 구조들을 타원으로 표시하였다.

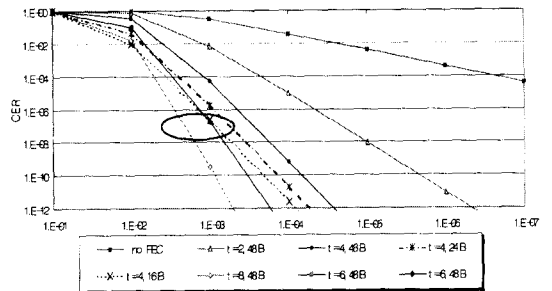


그림 5. CER

위의 결과로부터 무선 ATM 망에서는 오류율이 높은 무선 환경에서 ATM 서비스가 요구하는 CLR, CER을 만족시키기 위해 FEC 부호를 사용한 다양한 셀 구조를 이용할 수 있고, 선택한 셀 구조와 동일한 크기의 데이터 슬롯을 통하여 ATM 셀을 전송한다. 따라서 선택한 셀 구조에 따라서 ATM 셀 및 데이터 슬롯의 크기가 영향을 받게되고, 이는 매체 접근 제어를 위한 프레임의 구조 및 성능에 많은 영향을 미치게 된다. 따라서 효율적으로 무선 채널을 이용할 수 있도록 무선 ATM 셀 구조를 고려한 매체 접근 제어 프로토콜의 개발이 요구된다.

III. 매체 접근 제어 프로토콜

무선 ATM 망에서는 다수의 단말기가 상향 채널의 제어 슬롯을 통하여 데이터를 전송하기 위하여 서로 경쟁하기 때문에 충돌을 최소화하는 사용자 요청 알고리즘이 필요하다. 이를 위해서는 슬롯 예약을 통한 데이터의 전송이 합리적이지만, 단말기에

게 고정적으로 슬롯을 예약하는 방식은 트래픽의 변화에 능동적으로 대처하기 어렵다. 또한 적용되는 무선 ATM 셀 구조에 따라 매체 접근 제어 프로토콜은 많은 영향을 받는다. 따라서 무선 ATM 망은 다수의 단말기가 공유하는 제한된 대역폭의 무선 링크를 통하여 멀티미디어 서비스를 제공하기 위해 단말기간의 경쟁 과정에서 충돌을 최소화하고, ATM 서비스 유형별 QOS를 고려하며, 트래픽의 버스티 특성을 기반으로 무선 채널을 효율적으로 이용할 수 있는 매체 접근 제어 프로토콜이 필요하다.

이를 위하여 본 논문에서는 경쟁과 예약 방식을 이용하여 서비스 유형별로 요구하는 QOS를 보장하기 위한 대역 할당 알고리즘과 트래픽의 버스티 특성 및 셀 구조를 고려하여 서비스 클래스별 부프레임의 경계를 동적으로 결정하기 위한 알고리즘을 제시하였다.

1. 단말기 요청 알고리즘

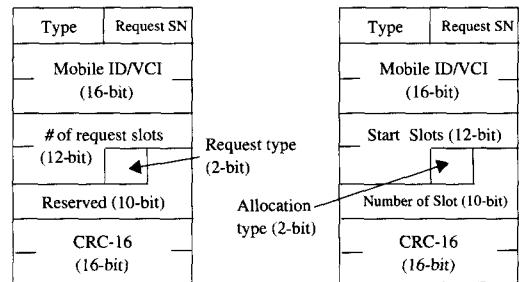
다수의 단말기는 무선 링크를 통하여 데이터를 전송할 슬롯을 할당받기 위해 slotted ALOHA 방식으로 상향 채널의 제어 슬롯을 액세스한다. 경쟁을 통하여 제어 슬롯 액세스에 충돌없이 성공한 단말기는 기지국으로부터 데이터 슬롯을 할당받아 데이터를 전송한다. 제어 슬롯 액세스에 실패한 단말기는 다음 프레임 또는 임의의 지연 시간 후에 제어 슬롯 액세스를 재시도한다. 제어 슬롯 재시도로 인한 망 자원의 낭비를 극복하기 위해서는 제어 슬롯에 대한 예약 기법이 효과적이다. 그러나 VBR 및 ABR 서비스는 버스티한 트래픽 특성을 가지기 때문에 예약 기법보다는 경쟁 기법이 보다 효율적이다. 따라서 본 논문에서는 서비스의 클래스에 따라 경쟁과 예약 기법을 분리하여 적용하는 단말기 요청 알고리즘을 사용한다.

실시간 서비스인 CBR 서비스는 경쟁을 통하여 제어 슬롯 액세스가 성공적으로 이루어지면 서비스를 종료할 때까지 전송 프레임내의 데이터 슬롯을 고정적으로 예약하여 데이터를 전송한다. 제어 슬롯 액세스에 실패한 CBR 서비스는 최대 호 설정 시간 (W_{CBRMAX})을 두어 이 시간을 초과하기 전까지는 계속적으로 제어 슬롯 액세스를 재시도할 수 있도록 한다. 또한 제어 슬롯 액세스에 성공하더라도 기지국으로부터 데이터 슬롯을 할당받지 못하면 다음 프레임에서 제어 슬롯 액세스를 재시도한다. 그러나 W_{CBRMAX} 시간내에 제어 슬롯 액세스를 성공하지 못

하면 블로킹이 발생한다.

버스티한 트래픽 특성을 갖는 VBR과 ABR 서비스는 경쟁을 통하여 제어 슬롯 액세스가 성공적으로 이루어지면 CBR 서비스와 달리 데이터 슬롯을 고정적으로 예약하지 않고 기지국으로부터 데이터 슬롯을 할당받기 위해 서비스 클래스별로 큐잉된다. 따라서 전송할 데이터가 있는 VBR, ABR 서비스는 제어 슬롯을 매번 경쟁을 통하여 액세스에 성공해야만 데이터를 전송할 수 있다. 제어 슬롯 액세스에 실패하게 되면 임의의 지연 시간 후에 제어 슬롯 액세스를 재시도함으로써 CBR 서비스에게 우선권을 부여하도록 하였다. 데이터 슬롯을 할당받기 위하여 버퍼링된 데이터는 FIFO(First In First Out) 방식에 의하여 기지국으로부터 데이터 슬롯을 할당받아 전송되며, 정해진 시간(T_{VBR} , T_{ABR})내에 데이터 슬롯을 할당받지 못한 데이터는 폐기된다.

그림 6은 기지국과 단말기간에 제어 슬롯 액세스를 위해 사용되는 제어 패킷의 구조이다. (a)는 단말기가 기지국에게 대역 할당을 요구하기 위해 사용되는 상향 채널의 제어 패킷 구조이고, (b)는 단말기로부터 요구된 대역 할당 정보를 기반으로 기지국에서 스케줄링을 하고 그 결과를 단말기에게 응답하기 위한 하향 채널의 제어 패킷의 구조이다.



(a) Bandwidth Request Packet (b) Bandwidth Allocation Packet

그림 6. 제어 패킷 구조

제어 패킷은 8 비트로 구성되며 다음과 같은 정보를 포함한다. 먼저 상향 또는 하향 채널의 제어 패킷에 공통으로 사용되는 필드는 유형(type), 순서 번호(RSN:Request Sequence Number), 단말기 ID/VCI가 있다. 유형 필드는 4 비트로 구성되며, 대역 요구 패킷 또는 대역 할당 패킷 등과 같이 제어 패킷이 포함하는 정보의 유형을 나타낸다. RSN 필드는 4 비트로 구성되며, 제어 패킷의 전송 도중에 손실여부를 확인하기 위해 필요하다. 단말기 ID/

VCI 필드는 16 비트로 구성되며, 단말기 또는 제공되는 서비스를 나타내기 위해 사용된다. 이와 함께 상향 채널의 대역 할당 요구 패킷에서는 기지국에게 데이터 슬롯 할당을 요구하는 12 비트의 데이터 슬롯의 수와 CBR, VBR, ABR 등과 같이 요구하는 서비스의 클래스를 구분하기 위한 2비트의 요청 서비스의 유형(request type) 필드가 포함된다. 또한 하향 채널의 대역 할당 응답 패킷에서는 단말기가 데이터 전송을 위해 사용할 수 있는 시작 데이터 슬롯을 나타내는 12 비트의 시작 슬롯 번호(Start Slot), 서비스 클래스를 나타내기 위한 2 비트의 할당 유형(allocation type), 그리고 기지국에서 데이터 전송을 위해 할당한 데이터 슬롯의 개수를 포함한 10 비트의 슬롯 수(number of slot) 필드가 포함된다.

2. 대역 할당 알고리즘

무선 ATM 망에서 다수의 단말기는 데이터 슬롯 할당을 요청하기 위해 slotted ALOHA를 이용하여 상향 채널의 제어 슬롯을 경쟁한다. 제어 슬롯 액세스에 충돌없이 성공한 단말기는 기지국으로부터 서비스 유형별로 요구하는 QOS를 고려하여 경쟁과 예약 기반의 대역 할당 알고리즘을 이용하여 데이터 슬롯을 할당받아 데이터를 전송한다.

지연에 민감한 CBR 서비스는 예약을 통하여 연속적인 프레임 내에서 데이터 슬롯을 고정적으로 할당받기 때문에 최초의 제어 슬롯 액세스를 위한 경쟁 외에는 추가적인 경쟁이 필요없다. 그림 7에서 CBR 서비스를 위한 대역 할당 과정을 나타내었다.

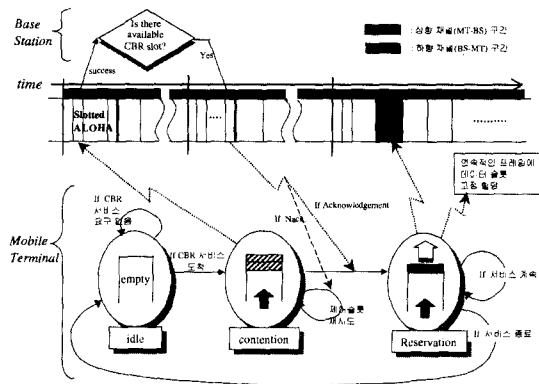


그림 7. CBR 서비스 대역 할당(고정 할당)

제어 슬롯을 통해 데이터 슬롯 할당 요구정보가 전달되면 기지국은 CBR 서비스를 위해 할당 가능

한 데이터 슬롯이 있는지 판단한다. 할당 가능한 데이터 슬롯이 있는 경우에는 시작 슬롯 번호와 할당된 슬롯 수를 포함하는 스케줄링 정보를 하향 채널의 다음 제어 슬롯을 통하여 슬롯 할당을 요청한 단말기에게 통보하며, 이용 가능한 데이터 슬롯이 부족하여 슬롯을 할당할 수 없는 경우에는 할당된 슬롯 수를 0으로 설정하여 전송한다. 할당된 슬롯 수는 서비스의 데이터 율과 프레임 시간 그리고 ATM 셀의 크기를 고려하여 결정한다.

그림 8에서는 기지국에서 VBR과 ABR 서비스를 위해 데이터 슬롯을 할당하는 과정을 나타내었다. 버스티 특성을 갖는 VBR과 ABR 서비스는 데이터를 전송하기 위하여 CBR 서비스와 다르게 데이터 슬롯을 고정적으로 할당받지 않고 매 프레임마다 경쟁을 통하여 제어 슬롯 액세스에 성공해야만 한다. 제어 슬롯을 통해 성공적으로 데이터 슬롯 할당이 요구되면 기지국은 서비스 클래스별로 이용 가능한 데이터 슬롯이 있는지 검사하고, CBR 서비스에서와 유사한 방법으로 스케줄링 정보를 하향 채널의 다음 제어 슬롯을 통하여 단말기에게 통보한다. VBR/ABR 서비스를 위해 할당된 데이터 슬롯의 수는 상향 채널의 제어 슬롯을 통하여 전달되는 요청 슬롯 수와 할당 가능한 데이터 슬롯의 수를 고려하여 가변적으로 결정된다. 그러나 서비스가 요구하는 MCR(Minimum Cell Rate)을 유지시켜주기 위해 최소한의 데이터 슬롯이 예약될 수 있다.

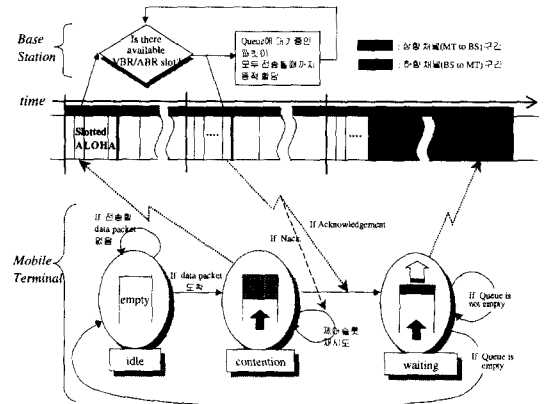


그림 8. VBR/ABR 서비스의 대역 할당(동적 할당)

또한 버퍼에 저장된 패킷들이 모두 전송되고 단말기의 버퍼가 비어있다면 그 다음 도착하는 패킷을 전송하기 위해서는 새로운 제어 슬롯 액세스 과

정이 필요하다. VBR과 ABR 서비스의 트래픽 특성은 유사하지만 VBR 서비스는 실시간 서비스이고 ABR 서비스는 비실시간 서비스이다. 따라서 버퍼에서 데이터 슬롯을 할당받기 위해 기다릴 수 있는 시간이 VBR은 상대적으로 매우 짧기 때문에 빠른 할당이 요구된다. 이를 위하여 VBR 서비스를 위한 슬롯을 먼저 할당한다. 따라서 전송할 VBR 트래픽이 없고 할당 가능한 데이터 슬롯이 있는 경우에만 ABR 서비스는 슬롯을 할당 받을 수 있다.

프레임의 데이터 슬롯을 통하여 전송된 셀들의 비트 오류는 수신측에서 FEC를 사용하여 정정한다. 정정 능력 이상의 오류가 발생한 경우에는 셀 손실 또는 셀 오류로 간주한다. 또한 일정 시간 내에 데이터 슬롯을 할당 받지 못할 때 CBR 서비스의 블록킹 및 VBR/ABR 서비스의 패킷 폐기가 발생한다. 그림 9에서는 매체 접근 제어를 위한 대역 할당 알고리즘을 의사 코드로 나타내었다.

```

Traffic Generation
Control_Slot_Access
  if success then go to Slot_Allocation
  else go to Retrieal
Slot_Allocation .
  if CBR
    then compute the required number of data slots
    check the allocatable data slots
    allocate allocatable data slots
    go to Retrieal for failed calls
  else /* VBR or ABR */
    buffering for dynamic allocation
    check the expiration time
    if not exceeded then allocate data slots
    else discard packet
Retrieal
  if CBR
    then check the call set up time
    if not exceeded
      then access control slot in next frame
      else block the call
  else /* VBR or ABR */
    check the expiration time
    if not exceeded
      then delay for random time
      go to Control_Slot_Access
    else discard packet
    
```

그림 9. 매체 접근 제어를 위한 대역 할당 알고리즘

3. QOS를 고려한 부프레임 경계 설정 알고리즘
 매체 접근 제어 프로토콜에서 각 프레임은 CBR, VBR, ABR 등과 같은 트래픽 클래스별 부프레임(sub-frame)으로 나뉘어진다. 각 서비스를 위해 할당 가능한 최대 대역폭을 해당 부프레임의 대역으로 제한시킴으로서 다른 서비스의 전송을 보장하기 위해서이다. 기존의 연구에서는 부프레임 사이의 경

계를 전체 트래픽에서 각각의 서비스가 차지하는 비율을 이용하여 결정하였다. 이러한 방법은 입력 트래픽의 특성을 반영할 수는 있지만 서비스별 QOS를 고려하지 않고 있다는 문제점을 가진다. 따라서 본 논문에서는 셀 지연 시간, 블록킹률, 패킷 폐기율 등과 같은 QOS 특성을 고려하여 서비스 클래스별 우선 순위를 CBR>VBR>ABR 순으로 부여한 부프레임 경계 설정 알고리즘을 설계하였다. CBR 서비스는 실시간 서비스이면서 일정한 대역폭을 요구하므로 첫 번째 데이터 슬롯을 할당받은 후에는 추가적인 경쟁 없이 고정 할당 방식에 따라 연속적으로 전송된다. 반면에 비실시간 특성을 갖는 ABR 서비스는 셀의 전송 지연에 민감하지 않다. 따라서 본 논문에서는 ABR 서비스가 차지하는 부프레임의 대역을 CBR 서비스를 위한 부프레임의 대역에 추가시킨다. CBR 서비스를 위한 부프레임의 대역을 증가시키므로서 CBR 서비스의 블록킹률이 감소하고 채널 이용률이 증가하는 효과를 얻을 수 있다. 또한 실시간 전송을 요구하는 VBR을 위하여 최소의 전송 대역을 보장할 수 있다.

제안한 부프레임 경계 설정 알고리즘을 갖는 프레임에서 CBR 서비스를 위한 부프레임의 경계는 CBR 서비스의 최대 허용 대역폭이며 전체 입력 트래픽에서 CBR 서비스와 ABR 서비스가 차지하는 비율을 이용하여 다음과 같이 결정한다. 즉, 하나의 프레임에서 제공하는 총 데이터 슬롯의 수 M 에 대한 CBR의 최대 허용 대역폭 θ 는 전체 트래픽 도착률 λ_i 에 대한 CBR과 ABR의 트래픽의 도착률 $(\lambda_{CBR}, \lambda_{ABR})$ 을 이용하여 식 (4)와 같이 결정한다.

$$\theta = M \times \frac{\lambda_{CBR} + \lambda_{ABR}}{\lambda_i} \quad (4)$$

$$\lambda_i = \lambda_{CBR} + \lambda_{VBR} + \lambda_{ABR}$$

첫 번째 데이터 슬롯 할당 요구에 성공한 CBR 호는 서비스가 종료될 때까지 연속하는 프레임에서 다음 전송을 위한 데이터 슬롯이 일정한 개수만큼 고정 할당되며, 각 프레임마다 고정 할당되는 데이터 슬롯의 수 M_{CBR} 는 CBR 서비스의 데이터율 $C_{CBR}(bps)$, 프레임 시간 $t_F(sec)$, 데이터 슬롯의 페이로드 크기 $L_{payload}(bits)$ 에 따라 다음과 같이 결정된다.

$$M_{CBR} = \frac{C_{CBR} \times t_F}{L_{payload}} \quad (5)$$

현재 프레임(t)에서 성공한 CBR 호의 수를 $CS_{CBR}(t)$, 이전 프레임($t-1$)으로부터 지속되는 CBR 호의 수를 $CC_{CBR}(t-1)$ 이라 할 때, 현재 프레임에서 CBR을 위해 요구되는 데이터 슬롯수 N_{CBR} 는 식 (6)과 같이 계산할 수 있다.

$$N_{CBR} = (CC_{CBR}(t-1) + CS_{CBR}(t)) \times M_{CBR} \quad (6)$$

따라서 CBR 서비스를 위하여 실질적으로 할당되는 데이터 슬롯의 수 D_{CBR} 는 최대 허용 대역폭 θ 를 초과하지 않는 N_{CBR} 으로 결정되며 식 (7)과 같이 나타낼 수 있다.

$$D_{CBR} = \text{Min}(N_{CBR}, \theta) \quad (7)$$

프레임에서 VBR 서비스를 위해서 할당되는 데이터 슬롯수 D_{VBR} 는 CBR 서비스를 위해 할당한 슬롯을 제외한 범위에서 요구하는 데이터 슬롯의 수 N_{VBR} 를 기준으로 다음과 같이 결정할 수 있다.

$$D_{VBR} = \text{Min}(N_{VBR}, M - D_{CBR}) \quad (8)$$

VBR과 마찬가지로 ABR 서비스에 할당되는 데이터 슬롯의 수 D_{ABR} 도 ABR 서비스 전송을 위해 요구하는 데이터 슬롯수 N_{ABR} 를 기준으로 식 (9)와 같이 나타낼 수 있다.

$$D_{ABR} = \text{Min}(N_{ABR}, M - D_{CBR} - D_{VBR}) \quad (9)$$

IV. 성능 평가

II장에서 오류 제어를 위해 가능한 여러 형태의 무선 ATM 셀 구조를 제시하고 각 구조의 CLR과 CER에 대한 성능을 분석하였다. 본 장에서는 II장의 결과를 기반으로 무선 ATM 망에서 요구하는 CLR과 CER을 만족시킬 수 있는 4가지 셀 구조를 선택하고 각 셀 구조를 사용하는 매체 접근 제어 프로토콜을 설계하였다. 또한 시뮬레이션을 실시하여 셀구조에 따른 매체 접근 제어 프로토콜의 채널 이용률 및 호 블로킹률, 실시간 패킷 폐기율에 관한 성능을 평가 및 비교 분석하였다.

1. 다양한 셀 구조에 대한 프레임 구조

FEC 기법을 사용하여 무선 ATM 망이 요구하는 CLR, CER을 만족시키는 4가지의 셀 구조를 표 1에 나타내었다. (n, k, l)는 k 정보 비트에 l 비트 오

류 정정 능력을 갖는 FEC를 사용했을 때, n 비트로 코딩되는 구조를 의미한다. 셀 구조 1과 셀 구조 2는 페이로드를 유선 ATM 셀과 같은 48바이트(384비트)로 유지하면서 강력한 오류 정정 능력을 갖는 FEC를 사용한 구조이고, 셀 구조 3과 셀 구조 4는 각각 24, 16바이트(192, 128비트)의 페이로드를 가지면서 FEC를 사용한 구조이다.

표 1. FEC를 사용한 여러 가지 무선 ATM 셀 구조

	헤더	페이로드
기본 구조	No FEC (32bits)	No FEC (384bits)
셀 구조 1	(50, 32, 3)	(438, 384, 6)
셀 구조 2	(50, 32, 3)	(456, 384, 8)
셀 구조 3	(50, 32, 3)	(224, 192, 4)
셀 구조 4	(50, 32, 3)	(160, 128, 4)

표 2. 셀 구조에 따른 슬롯의 수

	데이터 슬롯 수	제어 슬롯 수
기본 구조	52개	22개 (공통)
셀 구조 1	44개	
셀 구조 2	42개	
셀 구조 3	77개	
셀 구조 4	100개	

매체 접근 제어 프로토콜의 프레임은 제어 슬롯과 데이터 슬롯으로 구성되며, 실질적인 데이터를 전송하는 데이터 슬롯 크기는 무선 ATM 셀 크기와 같다. 따라서 같은 채널 속도와 프레임 시간을 갖는 환경에서 서로 다른 셀 구조를 갖는 매체 접근 제어 프로토콜들은 한 프레임이 갖는 데이터 슬롯의 수가 다르다. 제어 슬롯의 수를 22개로 일정하게 유지할 때, 표 1의 각 셀 구조를 사용하는 시스템에서 한 프레임이 갖는 데이터 슬롯의 수는 표 2와 같이 계산할 수 있다.

서로 다른 셀 구조를 사용하는 매체 접근 제어 프로토콜은 하나의 프레임을 구성하는 데이터 슬롯의 개수가 달라질 뿐만 아니라 대역 할당을 위한 알고리즘도 달라진다. CBR 서비스인 경우 고정 할당 방식을 사용하므로 한번의 제어 슬롯 액세스를 통하여 데이터 슬롯 할당 요구를 기지국에 전달하면 서비스가 끝날 때까지 연속적인 프레임에 데이터 슬롯이 할당된다. 이때 하나의 CBR 서비스를 위해 각 프레임에서 할당되어야 할 데이터 슬롯의 개수 M_{CBR} 는 식 (5)에서 알 수 있듯이 셀 구조의 페이로드 크기 $L_{payload}$ 에 따라 달라진다. 예를 들어

48바이트 페이로드의 셀 구조를 갖는 매체 접근 제어 프로토콜에서 프레임마다 하나의 데이터 슬롯을 할당해야 하는 CBR 서비스인 경우, 24바이트 페이로드의 셀 구조를 갖는 시스템에서는 2개의 데이터 슬롯이 고정 할당되어야 한다. 따라서 CBR 서비스가 연결 설정되기 위해서는 할당 가능한 2개의 CBR 데이터 슬롯이 필요하다. 단지 한 개의 데이터 슬롯만이 할당 가능하다면 연결은 설정되지 못한다. 무선 ATM 셀 구조에서 오류 정정을 위해 추가되는 여분의 비트로 인하여 발생하는 오버헤드 뿐만 아니라 셀이 가지는 페이로드 크기도 매체 접근 제어 프로토콜의 성능에 영향을 미치는 것을 알 수 있다.

2. 성능 평가를 위한 가정 및 파라메타

CBR 서비스는 32 Kbps의 음성 데이터로 간주했으며 사용자당 평균 호 도착률(λ_i)은 0.0005 (calls/sec/user), 호의 평균 유지 시간은 180초이고 발생하는 호 사이 시간과 호 유지 시간은 지수 분포를 따른다. VBR 서비스와 ABR 서비스를 위한 패킷 데이터는 평균 0.1(msgs/sec/user)의 도착률로 발생하며 평균 5.12 kbits의 데이터를 요구한다. 이러한 패킷 데이터는 요구하는 최대 허용 지연에 따라 실시간 서비스와 비실시간 서비스로 구분되며, 지연에 민감한 VBR 서비스는 50 msec, ABR 서비스는 1000 msec를 요구한다. 전체 트래픽에서 각 서비스가 차지하는 비율은 음성 서비스인 CBR 트래픽이 50%, 실시간 서비스인 VBR 트래픽은 15%, 비실시간 서비스인 ABR은 35%를 갖는다. 그 밖의 시뮬레이션에 사용된 파라메타들을 표 3에 나타내었다.

표 3. 시뮬레이션에 사용된 파라메타

파라메타	값
TDMA 채널 용량, C	1,920 Kbps
TDMA 프레임 시간, t_f	12 msec
제어 슬롯 크기, L_C	8 bytes
데이터 슬롯 크기, L_D	셀 크기
평균 CBR 서비스 시간, L_{CBR}	3 min
최대 호 설정 시간, W_{CBRMAX}	5 sec
평균 VBR/ABR 데이터 길이, L_{VBR}, L_{ABR}	5.12 Kb
VBR Expiration Time, T_{VBR}	50 msec
ABR Expiration Time, T_{ABR}	1,000 msec

각기 다른 셀 구조에 대한 매체 접근 제어 프로토콜의 성능을 평가하기 위한 파라메타는 다음과

같다.

- 채널 이용률 : 데이터 전송을 위해 할당된 전체 대역폭에 대하여 실제 성공적인 전송을 하는데 사용된 대역폭의 비율이다. 전송을 위해 할당된 데이터 슬롯일지라도 셀손실 또는 셀오류로 인하여 성공적인 수신이 이루어지지 않은 경우는 포함되지 않는다.

$$\text{채널 이용률} = \frac{\text{성공적으로 전송된 수}}{\text{전체 데이터 슬롯 수}} \times \frac{\text{페이로드 크기}}{\text{셀 크기}} \quad (10)$$

- 호 블록킹률 : 발생한 전체 CBR 호의 개수에 대한 블록킹 된 호의 개수의 비율을 의미한다. 블록킹은 CBR 서비스가 일정 시간(5초)동안 제어 슬롯 액세스에 성공하지 못하거나, 성공하였을지라도 데이터 슬롯을 할당받지 못한 경우에 발생한다.

$$\text{호 블록킹률} = \frac{\text{블록킹된 호 수}}{\text{발생한 CBR 호 수}} \quad (11)$$

- 패킷 폐기율 : 전체 VBR 또는 ABR 트래픽 중에서 폐기된 패킷의 비율을 나타낸다. 패킷 데이터 서비스는 일정 시간 (T_{VBR}, T_{ABR})내에 전송이 이루어져야 하며, 시간이 초과되면 패킷은 폐기된다. 상대적으로 비실시간 서비스를 위한 T_{VBR} 는 T_{ABR} 보다 매우 큰 값을 갖는다.

3. 시뮬레이션 결과 및 분석

먼저 무선 채널의 순수한 BER이 10^{-3} 일 때, 입력 부하에 따른 채널 이용률을 그림 10에 나타내었다. 페이로드 크기가 48바이트인 셀 구조에 대해서는 실선으로 표시하였고, 48/n 바이트 페이로드를 갖는 셀 구조에 대해서는 점선으로 나타내었다.

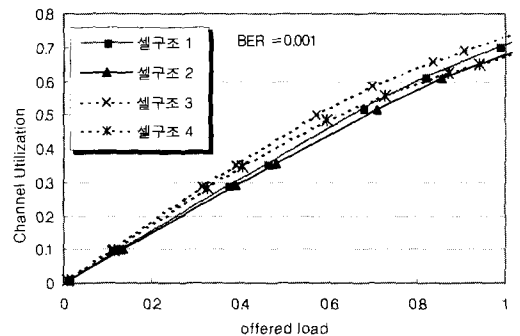


그림 10. Offered load에 따른 채널 이용률

48바이트 페이로드를 유지하는 셀 구조 1과 셀 구조 2는 작은 크기의 페이로드를 갖는 경우에 비해 낮은 채널 이용률을 갖는다. 그리고 셀 구조 2는 셀 구조 1보다 더 낮은 이용률을 보인다. 좀더 강력한 FEC를 사용함에 따라 추가되어진 여분의 비트 수가 오버헤드로 영향을 미쳤기 때문이다. 페이로드 크기를 24, 16바이트로 유지하는 셀 구조(점선)들은 상대적으로 높은 채널 이용률을 나타낸다. 페이로드를 나누기 때문에 하나의 유선 ATM 셀이 두 개 또는 세 개의 셀을 요구하지만 이에 따른 오버헤드는 큰 영향을 미치지 않는 것을 알 수 있다. 또한 셀 크기가 작기 때문에 같은 프레임 내에서 데이터 슬롯의 수는 증가하게 된다. 24바이트 크기의 페이로드에 4비트 FEC를 사용하는 셀 구조 3이 가장 좋은 성능을 나타낸다.

그림 11은 입력 부하가 1일 때, 다양한 BER에 따른 채널 이용률이다. 무선 채널이 갖는 $10^{-3} \sim 10^{-5}$ 정도의 BER 영역에서 모든 셀 구조가 충분한 오류 제어 능력을 가지고 있기 때문에 채널 이용률 그래프가 큰 기울기를 나타내지 않고 거의 일정하게 유지되는 것을 알 수 있다. 셀 구조 관점에서 채널 이용률에 영향을 미치는 요인은 셀 구조가 갖는 오류 정정 능력과 오버헤드이다. 그림 11은 충분한 오류 제어 능력을 가지는 셀 구조 간 채널 이용률을 나타내므로 셀 구조가 갖는 오버헤드의 영향을 쉽게 알 수 있다. 셀 구조 2와 셀 구조 4는 강력한 오류 제어를 통해 얻는 이득보다 이를 위해 추가된 오버헤드의 손실이 더 크게 나타난다.

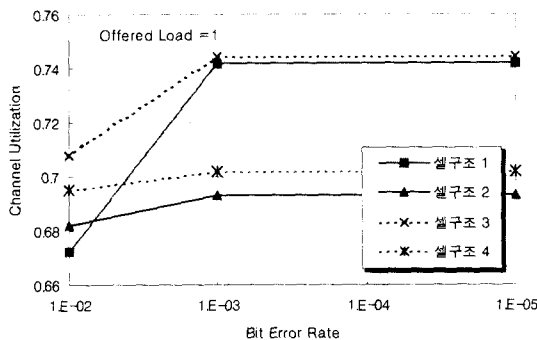


그림 11. BER에 따른 채널 이용률

셀 구조 1은 다른 셀 구조에 비하여 낮은 오류 제어 능력을 가지므로 열악한 환경($BER < 10^{-3}$)에서 전송하는 셀의 오류가 크게 발생하므로 채널 이

용률이 아주 낮게 나타난다. 그러나 BER이 10^{-3} 이상일 때에는 만족할만한 오류 제어 능력을 가지므로 좋은 채널 이용률을 나타낸다. 그림 10과 마찬가지로 셀 구조 3이 가장 좋은 성능을 나타낸다. 따라서 보다 나은 채널 이용률을 얻기위한 무선 ATM 셀 구조는 만족할만한 오류 제어 능력을 위한 최소의 FEC를 사용하면서 24바이트 정도의 페이로드를 갖도록 셀 크기를 줄이는 것임을 알 수 있다.

그림 12는 CBR 서비스에 대한 블로킹률을 나타내었다. 실선으로 표시된 셀 구조 1과 셀 구조 2는 비교적 낮은 블로킹률을 유지한다. 반면 셀 구조 3과 셀 구조 4는 입력 부하가 증가함에 따라 급격히 증가하고 있다. 셀이 가지는 페이로드 크기를 줄임으로써 데이터 슬롯의 개수는 증가하게 되지만 하나의 유선 ATM 셀은 여러 개의 무선 셀로 구성되면서 CBR 서비스는 2개 또는 3개의 데이터 슬롯을 한꺼번에 요구한다. 따라서 하나의 CBR 서비스가 설정되기 위해서는 2개 또는 3개의 슬롯이 할당 가능해야 한다. 그리고 다수개의 셀로 나누어지면서 무선 헤더 4바이트와 그 이상의 오버헤드가 발생한다. 따라서 실질적으로 같은 CBR 서비스를 전송하기 위해 필요한 데이터 슬롯의 수는 페이로드를 나누게 되면서 매우 크게 증가한다. 이런 이유로 셀 구조 3과 셀 구조 4는 높은 호 블로킹률을 나타낸다.

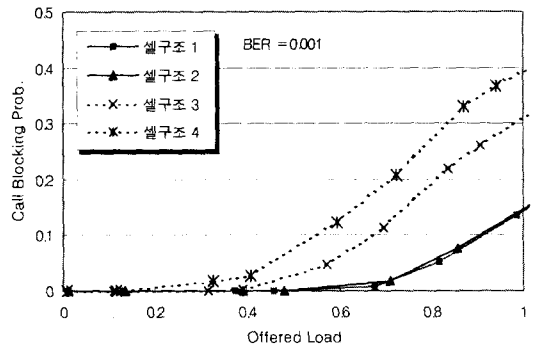


그림 12. 입력 부하에 따른 CBR 서비스의 블로킹률

그림 13은 실시간 서비스에 대하여 폐기되는 비율을 나타낸다. 실시간 서비스 부류에 속하는 응용 서비스들은 대체로 버스트율이 높고 셀 손실률이나 셀 지연시간에 매우 민감한 서비스이다. 전송 지연 시간에 대한 결과와 마찬가지로 부하가 증가함에 따라 폐기율도 증가하며 페이로드를 나누는 셀 구조 3과 셀 구조 4에서 높은 폐기율을 갖는다.

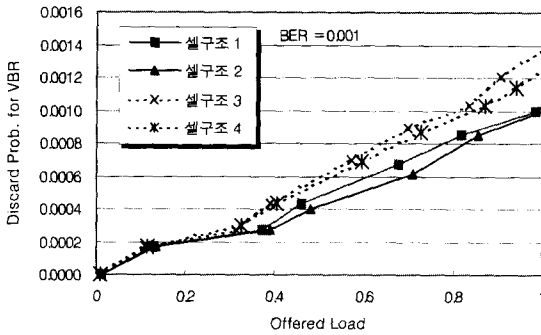


그림 13. 입력 부하에 따른 VBR 패킷 폐기율

V. 결론

본 논문에서는 무선 ATM 서비스가 요구하는 QoS를 보장하기 위하여 사용 가능한 다양한 형태의 무선 ATM 셀 구조와 이에 따른 매체 접근 제어 프로토콜의 설계 및 성능 분석을 실시하였다. 이를 위하여 먼저 $10^{-3} \sim 10^{-5}$ 정도의 BER을 가지는 무선 채널에서 무선 ATM 망이 요구하는 $10^{-6} \sim 10^{-9}$ 정도의 CLR과 CER을 만족시킬 수 있는 다양한 형태의 무선 ATM 셀 구조를 성능 분석을 통하여 선택하였다. 그리고 선택한 셀 구조와 제한된 대역폭의 무선 링크에서 서비스 클래스별 QoS를 고려하고, 트래픽의 버스티 특성을 기반으로 무선 채널을 효율적으로 이용할 수 있는 프레임 구조와 대역 할당 알고리즘을 갖는 매체 접근 제어 프로토콜을 설계하였다. 또한 시뮬레이션을 통하여 무선 ATM 망에서 요구하는 오류 제어 능력을 갖는 다양한 형태의 무선 ATM 셀 구조에 따른 매체 접근 제어 프로토콜의 성능을 채널 이용률, 호 블로킹률, 패킷 폐기율 등과 같은 파라미터를 이용하여 분석하였다.

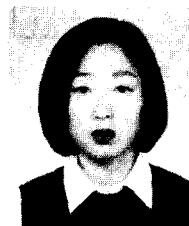
채널 이용률 관점에서는 24바이트 페이로드를 갖는 셀 구조 3이 가장 좋은 성능을 보였으나 CBR 서비스의 호 블로킹률과 VBR 서비스의 패킷 폐기율은 48바이트 페이로드를 갖는 구조가 더 나은 성능을 나타내었다. 비슷한 오류 제어 능력을 갖는 셀 구조라 할지라도 페이로드 크기나 오버헤드의 크기에 따라 데이터 슬롯의 구조와 매체 접근 제어 프로토콜의 구조가 달라지며 성능에서도 많은 차이가 나타나는 것을 알 수 있었다.

참고 문헌

- [1] D.Raychaudhuri and N.D. Wilson, "ATM-Based Transport Architecture for Multiservices Wireless Personal Communication Networks," IEEE JSAC, vol. 12, no. 8, pp.1401, October 1994.
- [2] 강충구, "Wireless ATM에서의 매체 접근 제어," 한국통신학회지, 제 15권 제 2호, 1998. 2.
- [3] Satoru Aikawa, Yasushi Motoyama and Masahiro Umehira, "Forward Error Correction Schemes for Wireless ATM Systems," in Proc. ICC'96.
- [4] C.A.Johnston, et. al., "Architecture and Implementation of Radio Access Protocols in Wireless ATM Networks," in Proc. ICC'98., pp.1081, June 1998.
- [5] Dipankar Raychaudhuri, et. al., "WATMnet : A Prototype Wireless ATM System for Multimedia Personal Communication," IEEE J.Select. Areas in Commun., vol. 15, no.1, pp.83, January 1997.
- [6] Stephen B. Wicker, Error Control Systems for Digital Communications and Storage, Prentice Hall, 1995.
- [7] ATM Forum/96-1058, Nokia Mobile Phones, Applications Requirements for WATM.

안 계 현(Kye-Hyun Ahn)

학생회원



1996년 2월 : 전북대학교

컴퓨터공학과 (학사)

1998년 2월 : 전북대학교

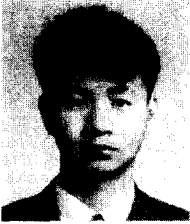
컴퓨터공학과 (석사)

1996년 3월~현재 : 전북대학교

컴퓨터공학과 박사과정

박 혁 규(Hyuk-Gyu Park)

학생회원



1997년 2월 : 전북대학교

컴퓨터공학과 (학사)

1998년 2월 : 전북대학교

컴퓨터공학과 (석사)

1999년 3월 ~ 현재 : 전북대학교

컴퓨터공학과 박사과정

이 동 은(Dong-Eun Lee)

정회원

한국통신학회 논문지 제 20권 제 8호 참조

현재 : 전북대학교 컴퓨터공학과 박사과정

김 영 천(Young-Chon Kim)

정회원

한국통신학회 논문지 제 19권 제 2호 참조

현재 : 전북대학교 컴퓨터공학과 교수