

CDMA 기반 이동통신 시스템에서의 패킷 데이터 서비스를 위한 MAC 프로토콜의 성능분석

정희원 박성수*, 조동호**, 송영재***

Performance Analysis of MAC Protocol for Packet Data Service in CDMA Based Mobile Communication Systems

Seong-Soo Park*, Dong-Ho Cho**, Young-Jae Song*** *Regular Members*

요약

본 논문에서는 무선 패킷 데이터 서비스를 효율적으로 지원하기 위해 채널 액세스 메카니즘과 전송 메카니즘으로 구성되는 MAC 프로토콜을 제안하였다. 채널 액세스를 위해 방송채널은 랜덤 액세스 채널의 상태정보를 알려 주고, 이동단말은 상태정보를 기반으로 랜덤 액세스를 시도한다. 또한, 이동단말에 액세스 확률을 부여함으로써 랜덤 액세스 채널에서의 short 메시지 전송으로 인한 충돌증가를 방지하였다. 효율적인 전송을 위해 이동단말의 전송 대기 큐의 상태에 따라 전송속도를 변경함으로써 버스트한 트래픽 특성에 적응할 수 있도록 하였다. 전송대역과 전송코드 수가 제한된 환경에서 제안한 MAC 프로토콜은 cdma2000 시스템 보다 효과적으로 전송을 지원함을 알 수 있었다.

ABSTRACT

In this paper, we propose MAC protocol that consists of channel access mechanism and transmission mechanism to support effective wireless packet data service. In channel access mechanism, broadcast channel announces status information of random access channel, and mobile station tries random access based on status information. Also, mobile station has access probability to prevent collision increase due to transmission of short message. For effective transmission, mobile station changes transmission rate based on transmission queue status to adapt burst traffic characteristics. In restricted environments of transmission code and bandwidth, proposed protocol shows better performance than cdma2000 system.

1. 서론

향후의 이동통신서비스에서는 대화형 비디오와 같이 지연과 손실에 민감한 트래픽, 음성과 같이 지연에는 민감하지만 일정 손실을 수용하는 트래픽, 대화형 데이터와 같이 손실에는 민감하지만 어느 정도의 지연을 수용할 수 있는 트래픽, 그리고 파일 전송과 같이 지연과 약간의 손실을 수용하는 트래픽 등을 모두 수용할 수 있어야 한다¹⁾.

하나의 시스템에서 서로 다른 형태의 서비스를 동시에 지원하기 위해서는 서비스의 QoS(quality of service) 지원과 시스템 운용에 대한 문제를 해결하여야 한다. 즉, 네트워크 자원의 낭비없이 서로 다른 서비스의 QoS 요구를 보장할 수 있어야 하며, 버스트 구간을 포함한 모든 트래픽 전송구간에 대해 안정적인 처리를 보장할 수 있어야 한다.

음성 위주의 2세대 이동통신 서비스 뿐만 아니라 무선링크를 통해 다양한 종류의 서비스를 제공하기

* 한국전자통신연구원 이동프로토콜팀(sspark70@etri.re.kr),

** 한국과학기술원 전기및전자공학과(dhcho@ee.kaist.ac.kr),

*** 경희대학교 전자계산공학과(yjsong@nms.kyunghee.ac.kr)

논문번호 : 98496-1126, 접수일자 : 1998년 11월 26일

※ 본 논문은 95년도 과학재단 위탁과제의 연구결과임(과제번호 : 95-0100-1501-3)

위한 3세대 이동통신 시스템에 대한 많은 예비 연구가 수행되었으며, 현재 표준화가 진행 중이다. 일본의 ARIB 표준안에서는 광대역 DS-CDMA(direct sequence-CDMA)에 기반한 3세대 이동통신 시스템의 물리계층에 대한 개념이 정립되었다^[2]. 또한, 유럽과 미국에서도 CDMA 기술을 기반으로 하는 3세대 시스템에 대한 많은 연구가 진행되었다^[3,4]. 특히, TIA TR45.5의 cdma2000 시스템은 기존 IS-95 시스템과 호환성을 유지하면서 다양한 서비스를 지원하기 위한 표준화 작업을 수행하고 있다.

현재의 3세대 이동통신 시스템 표준화 작업에서는 패킷 데이터 서비스의 제공에 보다 많은 관심을 두고 있다. 특히, 하나의 무선 시스템에 패킷 데이터와 음성 서비스를 혼합함으로써 서비스를 다양화하려는 연구들이 진행되었다. PRMA(packet reservation multiple access)는 음성과 데이터를 동시에 서비스할 수 있는 대표적인 액세스 프로토콜이다^[5,6]. PRMA는 slotted-ALOHA와 TDMA를 결합한 방안으로, 음성의 on/off 특성을 이용하여 여러 소스들로부터 통계적 다중화 이득을 얻을 수 있도록 하였다. 음성은 예약을 통해 발음구간에서 안정적으로 서비스 받을 수 있으며, 묵음구간에 대해서는 다른 랜덤 데이터가 해당자원을 사용할 수 있도록 함으로써 전송성능을 개선하였다^[7]. 또한, 시스템의 과부하에 따른 성능감소나 랜덤 데이터 전송시마다 발생하는 경쟁에 의한 지연증가 등의 문제점을 해결하기 위해 데이터에 대해서도 예약방식을 적용하는 방안이 제시되었다^[8]. 하지만, 데이터에 대해서도 예약 메카니즘을 적용하는 방안은 예약용 슬롯을 따로 두는 ALOHA 예약 구조를 가지므로, 예약을 위한 추가적인 오버헤드와 순방향 및 역방향 채널의 동기를 위한 추가적인 오버헤드가 고려되어야 한다.

데이터 전송을 위해 해당 슬롯을 할당받는 TDMA 시스템과는 달리 CDMA 시스템에서는 각 단말이 자신만의 특별한 코드를 할당받고, 이 코드를 이용하여 음성 및 데이터의 전송을 수행하게 된다. 따라서, 시스템의 가용용량이 충분하고 상관성을 유지할 수 있는 코드의 수가 충분할 경우에는 이동단말은 언제든지 데이터 전송을 수행할 수 있다^[9]. CDMA PCS 시스템이나 광대역 CDMA 시스템에서는 이동단말이 데이터 전송을 위한 코드를 할당받기 위해 slotted-ALOHA에 기반한 채널 액세스 메카니즘을 사용하게 된다. 코드의 할당이 이루어지면 이동단말은 할당된 코드를 이용하여 전송을

수행하는데, 음성과 데이터의 동시전송이 요구될 경우, 음성 전송을 위한 무선링크에 데이터 정보를 다중화하여 전송하게 된다. CDMA 네트워크에서는 신뢰성있는 데이터 전송을 위해 LAPPR(link access procedure for packet radio)과 유사한 프로토콜을 사용하거나 RLP(radio link protocol)를 사용한다. 하지만, 이들 프로토콜은 무선자원의 효율적 사용보다는 데이터의 정확한 전달을 목표로 한다. 따라서, 제한된 자원을 가지는 무선환경에서 데이터 서비스를 효율적으로 지원하기 위해서는 무선 MAC 프로토콜에서 자원의 효율적인 이용에 대한 고려가 이루어져야 한다. 실제로 TIA TR45.5의 cdma2000 시스템 표준화 작업에서는 무선 패킷 데이터를 위한 MAC 프로토콜에서 대역의 공유를 위한 메카니즘들을 정의하고 있다. 하지만, cdma2000 시스템에서는 상관성 코드의 수에 대한 제약이 거의 없고, 단지 가용대역만이 제한되는 환경을 고려하고 있으므로, 가용코드와 전송대역의 제한이 동시에 이루어지는 현재의 이동통신 시스템에 적용에 있어서는 문제점을 가지게 된다.

본 논문에서는 CDMA 기술을 기반으로 하는 이동통신 시스템에서 패킷 데이터 서비스를 효율적으로 지원할 수 있는 RLC(radio link control)/MAC (medium access control) 프로토콜을 제안하고 그 성능을 분석하였다. 서론에 이어 2장에서는 무선 데이터 서비스를 위한 각 계층별 프로토콜 구조에 대해 고찰한다. 제 3장에서는 기존의 MAC 프로토콜에 대한 분석을 수행하고, 새로운 RLC/MAC 프로토콜을 제안한다. 제 4장에서는 패킷 데이터 서비스를 지원하기 위한 채널 액세스 및 전송 메카니즘에 대한 성능을 시뮬레이션을 통해 분석하고, 5장에서 결론을 맺는다.

II. 무선 패킷 데이터 서비스

1. MAC 계층 프로토콜에 대한 기존 연구

무선 데이터 서비스를 제공하기 위한 이동통신 시스템에서의 MAC 프로토콜들의 대부분은 중앙제어에 기반한 통한 요구할당 방식을 사용한다. 기지국의 제어에 의한 요구할당방식에는 기지국이 각각의 이동단말을 호출하는 폴링방식과 이동단말의 요구에 대해 기지국이 해당 대역을 할당해 주는 예약방식이 있다^[10].

폴링에 기반한 MAC 프로토콜은 해당 단말을 순

차적으로 폴링하기 때문에 지연에 민감한 특성을 가지는 데이터 처리에 대해서는 성능을 보장할 수 없다. 지연성능을 개선하기 위해서 폴링주기를 높일 수 있으나, 이 경우에는 폴링으로 인한 무선자원의 낭비가 심각하게 발생하게 된다. RAP(Round-robin Access Polling) 프로토콜은 단순 폴링 메카니즘을 개선한 방안으로, 시스템의 부하가 작을 경우에 폴링에 따른 오버헤드 문제로 인해 발생하는 성능저하를 보완하였다. 이 방안에서는 시스템의 충돌 방지를 위해 기지국에 응답하는 랜덤번호를 생성하여 사용하게 되는데, 랜덤번호의 범위가 작을 경우에는 잦은 충돌을 유발하게 되고, 클 경우에는 시스템의 하드웨어 비용이 증가하게 된다.

이러한 폴링방식의 메카니즘에 비해 예약기반 프로토콜은 보다 효율적인 동작이 가능하다. 이동단말은 기지국으로 무선자원을 예약하기 위한 요구 메시지를 전송하게 되고, 기지국은 수신한 요구 메시지에 대해 무선자원을 할당한다. 무선자원을 할당받기 위해 이동단말은 단지 무선자원 요구 메시지만을 전송하며, 자원할당에 대한 모든 처리는 기지국에서 이루어진다. PRMA, DQ-RUMA(distributed queuing request update multiple access), DSA++(dynamic slot assignment) 프로토콜^[11] 등이 이러한 예약방식에 기반한 프로토콜이다. 이들 프로토콜들은 slotted-ALOHA 프로토콜에서와 같이 하나의 프레임을 여러개의 타임슬롯 구간으로 분할하고, 각 타임슬롯 단위로 채널할당 요구 메시지를 전송할 수 있다. PRMA 프로토콜에서 이동단말은 idle 채널이 검출되면 상향 채널로 음성패킷을 전송한다. 기지국으로 전송된 음성패킷에 대한 피드백 정보에서 충돌이 검출되지 않으면 이동단말은 해당 채널이 예약된 것으로 간주하고, 전송 큐에 존재하는 모든 음성패킷을 연속적으로 전송하게 된다. 만약, 피드백 정보에 충돌이 검출되면 전송을 중단하고 일정시간의 랜덤지연후, 채널 액세스를 재시도한다. 초기의 PRMA에서는 예약기능을 오직 음성패킷에 대해서만 적용하고, 데이터 패킷은 slotted-ALOHA 기반의 랜덤 액세스를 수행하도록 하였으나, 최근에는 데이터 패킷에 대해서도 예약메카니즘을 적용하는 연구가 진행되고 있다. DSA++ 프로토콜은 무선 멀티미디어 서비스를 지원하기 위한 MAC 계층 프로토콜로서 기지국이 다수의 이동단말에 의해 액세스되는 채널들을 관리함으로써 보다 많은 수의 이동단말이 동시에 액세스할 수 있도록 통계적 다중화 효율을 향상시킨 방안이다.

DSA++에서 기지국은 채널관리를 위해 하향링크 버스트에 몇 개의 연속된 슬롯에 대한 시그널링 메시지를 그룹화하여 전송한다. 하향링크 버스트에 포함되는 정보로는 이전의 상향링크 시그널링 구간에 대한 피드백 정보와 다음 시그널링 구간에 대한 예약정보 등이 있다. 또한, 채널 액세스의 성능을 개선하기 위해서는 랜덤 액세스 채널을 여러개의 작은 타임슬롯으로 분할하여 슬롯 단위의 액세스를 수행함으로써 충돌확률을 줄였다. 하지만, CDMA 방식의 이동통신 시스템에서 미니슬롯구간 동안에 액세스를 수행하기 위해서는 고도의 무선전송 기술이 필요하며, 하향링크 버스트 정보의 전송오류에 대한 복구가 완벽하게 이루어져야 한다는 문제점을 가진다.

본 논문에서는 현재의 CDMA 기반 3세대 이동통신 시스템에서 필수적인 무선 패킷 데이터 서비스의 지원방안에 대해 연구하였다. 이동통신 시스템에서 패킷 데이터 서비스를 제공하기 위해서는 무선구간에서의 신뢰성 보장과 전송의 효율을 높이기 위한 RLC/MAC 프로토콜이 요구된다. 이를 위해, 본 연구에서는 기존의 MAC 프로토콜에서 제안된 방안들을 기반으로 하여, CDMA 이동통신 시스템에서 효율적인 데이터 서비스를 수행할 수 있는 MAC 프로토콜을 제시한다.

2. cdma2000 시스템에서의 패킷 데이터 서비스

TIA의 TR45.5에서 표준화가 진행중인 cdma2000 시스템의 MAC 프로토콜에서 사용하는 채널은 전용채널과 공용채널로 구분된다. 전용채널은 패킷 데이터와 패킷 음성과 같은 비교적 길이가 긴 트래픽들을 효과적으로 지원하기 위해 사용되는데, DSCH(dedicated signaling channel), DMCH(dedicated MAC channel), DTCH(dedicated traffic channel) 등이 있다. DSCH는 호 설정 및 해제, 위치관리 메시지를 전송하기 위해 사용하며, 5/20ms의 프레임 구조를 함께 지원한다. DMCH는 역방향 또는 순방향의 논리채널로서 MAC 메시지의 송수신에 사용되며, 대부분 5ms 프레임 구조를 가진다. DTCH는 역방향 또는 순방향 논리채널로 사용자 데이터의 전송을 위해 사용하며 5/20ms의 프레임 구조를 지원한다. 공용채널로는 PPCH(packet paging channel), PACH(packet access channel) CTCH(common traffic channel) 등이 있다. PPCH는 각 상태에서 단말로 신호정보를 전송하기 위해 사용하며,

PACH는 이동단말에서 기지국으로 신호정보를 전송하기 위해 사용한다. CTCH는 비교적 짧은 메시지의 전송을 위해 사용된다.

이동단말은 액세스 채널을 통해 데이터 전송을 위한 전용채널 할당을 요구하게 된다. 기지국은 이동단말의 액세스 요구가 충돌없이 정확히 수신되었으면, 가용 전용코드의 할당 여부를 판단하게 된다. 기지국은 전용코드의 할당이 가능하면 이 사실을 이동단말에 알려주고, 이동단말은 해당 코드를 이용하여 데이터 전송을 수행하게 된다.

cdma2000 시스템에서의 패킷 데이터 서비스를 위한 MAC 계층 프로토콜이 그림 1에 나타나 있다. MAC 계층 상태천이도에서의 각 상태는 채널의 보유 상태에 따라 구분되며, 상태간 천이는 타이머 혹은 인위적인 프리미티브를 통하여 이루어진다. cdma2000 시스템의 MAC 프로토콜은 다음의 상태들을 정의하고 있다.

- Null state : 패킷 전송을 위한 호 설정 이전의 상태에서 역방향 및 순방향 링크를 통한 데이터의 송수신은 이루어지지 않고, 신호 메시지의 송수신을 위해 액세스 채널과 페이징 채널을 이용함
- Initialization state : 기지국이나 이동단말의 패킷 서비스 요구에 대한 옵션들을 협의하는 상태에서 패킷 서비스 옵션 설정과 DMCH 제어 정보의 획득이 이루어짐
- Control hold state : 순방향 및 역방향 제어정보의 전송을 위한 DMCH가 할당되지만 데이터의 전송은 이루어지지 않는 상태로, 필요할 경우 DTCH의 할당이 즉각적으로 이루어질 수 있음
- Active state : 순방향과 역방향에 대해 DTCH이 할당됨으로서 패킷의 전송이 가능한 상태로 지정된 파라미터(물리적인 코드, 전송속도, 할당 전송시간, 전송 트래픽의 량, 전송출력 등)에 기반하여 패킷 데이터 전송을 수행함
- Suspended state : 패킷 서비스를 위한 옵션은 유지되지만 순방향 및 역방향 전송을 위한 전용채널은 해제되고, 순방향 및 역방향 공용 MAC 채널을 통해 제어정보를 교환함
- Dormant state : 장기간동안 트래픽의 송수신이 없는 경우에 2계층 이하의 모든 채널을 해제하고, PPP에 관련된 연결 정보만을 관리하는 상태로 짧은 메시지의 전송은 CTCH를 통해 이

루어짐

- Reconnect state : dormant 상태에서 전송할 트래픽이 발생하는 경우에 DMCH 채널 할당을 위해 기지국으로 제어정보를 전송한 상태로 공용채널을 통해 MAC 제어정보를 송수신함

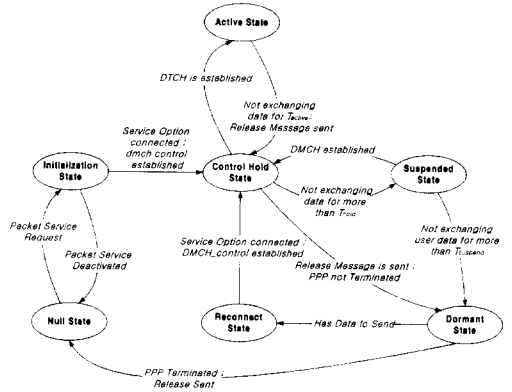


그림 1. cdma2000 시스템에서의 패킷 데이터 서비스를 위한 MAC 상태 천이도

cdma2000의 MAC 계층 프로토콜에서는 기존 IS-95와의 역방향 호환성 지원 측면에서 20ms 프레임 구조를 지원하며, 보다 향상된 기능을 제공하기 위해서 5ms 기반의 메시지 구조를 지원한다. 특히, MAC 계층 제어를 위한 DMCH 메시지의 경우는 5ms의 고정크기 메시지를 사용함으로써 고속의 채널할당 및 해제가 가능하도록 하고 있다. DSCH의 경우는 고속 제어를 위하여 5ms의 메시지 구조를 가지면서, 대량의 정보가 전달되어야 하는 경우를 위하여 가변 길이의 메시지 구조를 별도로 지원한다.

3. 광대역 CDMA 시스템에서의 패킷 데이터 서비스

유럽의 ETSI(european telecommunications standards institute)에서는 차세대 이동통신 시스템의 개발을 위해 FRAMES(future radio wideband multiple access system)를 개발하고 있다. FMA2(FRAMES multiple access 2)는 광대역 DS-CDMA를 사용하며, 사용자들은 서로 다른 코드 값을 이용하여 전송하게 된다. 또한, FMA2에서는 ITU M-1035 표준에 정의된 논리채널들을 기반으로 하는데, 여기서 사용되는 채널은 다음과 같다.

- BCCH(broadcast control channel) : 시스템과 셀에 관련된 특정 정보를 고정 전송율로 전송

하며, 모든 셀이 동일한 short 코드를 사용함

- RACH(random access control channel) : 이동 단말이 기지국으로 정보를 전송함
- PCH(paging channel) : 페이징 구간내의 이동 단말에 메시지를 전달함
- FACH(forward access channel) : 하나의 셀내에서 기지국에서 이동국으로 전송되는 메시지를 전송함
- DCCH(dedicated control channel) : 제어정보 전송을 위한 채널로 SDCCH(stand-alone dedicated control channel)과 ACCH(associated control channel)가 여기에 포함됨
- DTCH(dedicated traffic channel) : 순방향과 역방향을 통해 사용자 트래픽의 점대점 전송을 수행함

이동단말이 기지국으로 데이터를 전송할 때 사용되는 물리채널로는 사용자 데이터를 전달하는 DPDCH(dedicated physical data channel)와 파일럿 및 전력제어를 위한 DPCCH(dedicated physical control channel)이 있다. 이들 두 채널은 다중화를 거쳐 무선링크로 전송되는데, 그림 2에서와 같이 2 가지 방안이 사용된다.

데이터 전송을 위한 전용 채널획득이나 패킷 데이터 전송을 위한 랜덤 액세스는 패킷단위 전송을 통해 2세대 시스템보다 빠르고 효율적인 액세스를 수행하도록 하였다. 또한, FMA2의 랜덤 액세스 방안은 slotted ALOHA 방식을 기반으로 하며, 그림 4와 같은 랜덤 액세스 버스트 구조를 가진다.

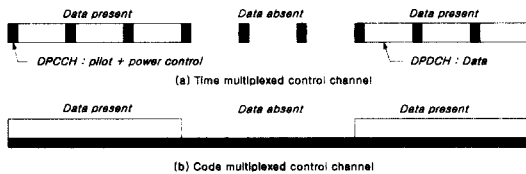


그림 2. 물리계층에서의 다중화 및 전송

또한, 동일한 연결을 통해 다중의 서비스를 지원하기 위해서는 DPDCH로 전달되는 데이터에 대한 다중화가 이루어져야 한다. 이러한 다중화는 그림 3과 같이 inner 코딩이나 outer 코딩 이후에 이루어지며, 다중화와 채널코딩이 완료된 다중 서비스 데이터 스트림들은 하나 또는 그 이상의 DPCH와 매핑되어 전송된다.

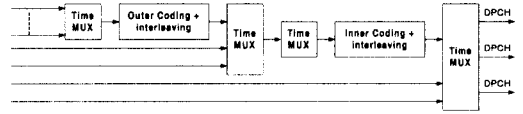


그림 3. 서비스의 다중화

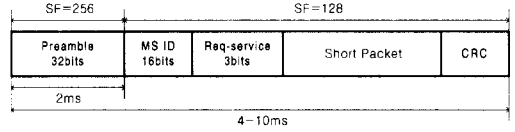


그림 4. FMA2 랜덤 액세스 버스트

이동국은 랜덤 액세스 전송 이전에 시스템 동기화 및 랜덤 액세스를 위한 코드를 획득하여야 하며, 순방향 채널의 경로 손실을 검사하게 된다. 기지국과의 동기화 과정에서는 칩 동기화, 코드 동기화 및 프레임 동기화가 이루어진다. 또한, 해당 셀이나 섹터에 대한 랜덤 액세스 코드에 대한 정보는 BCCH로부터 획득할 수 있으며, 순방향 링크의 전력강도를 평가함으로써 랜덤 액세스시에 전송전력 세기를 결정하게 된다. 짧은 패킷 데이터 전송일 경우에는 별도의 패킷채널 할당이나 스케줄링 없이 데이터 전송을 수행하며, 긴 패킷 데이터의 경우에는 별도의 전용 채널할당을 수행한다. 랜덤액세스는 패킷 전송뿐만 아니라 다른 정보의 전송을 위해서도 사용될 수 있으며, 필요할 경우에는 하나이상의 랜덤 액세스 채널의 사용도 가능하다.

III. CDMA 기반의 패킷 데이터 서비스를 위한 MAC 프로토콜

1. 기존 MAC 프로토콜의 문제점

CDMA 기반 3세대 이동통신 시스템은 IS-95B와 호환성을 유지하면서 다양한 서비스를 수용하기 위한 cdma2000 시스템과 새로운 형태의 멀티미디어 서비스를 지원하려는 광대역 CDMA 시스템으로 대별된다. cdma2000 시스템은 IS-95 기반의 신호 프로토콜과 cdma2000 상위계층 신호프로토콜을 모두 수용하고 있으며, 패킷 데이터 서비스와 음성서비스 및 회선 데이터 서비스를 지원한다. 광대역 CDMA 시스템은 다중코드 및 가변 전송율 전송을 통해 다양한 형태의 서비스를 지원한다.

cdma2000 시스템에서는 패킷 데이터 서비스를 위한 MAC 계층 프로토콜의 기본 설계가 이루어졌으며, 다른 서비스에 대한 표준화 작업을 진행하고

있다. cdma2000 시스템에서의 패킷 데이터 서비스를 위한 MAC 프로토콜의 주요특징은 데이터 전송 코드의 공유와 2가지 형태의 다른 액세스 프레임의 제공이다. 이동단말은 패킷 데이터 전송을 위해 랜덤 액세스 채널을 통해 채널할당을 요구하며, 기지국은 해당 이동단말에 데이터 전송을 위한 트래픽 채널을 할당한다. 이동단말은 할당된 채널을 통해 기지국으로 패킷 데이터의 전송을 수행하게 되며, 송신 큐에 전송할 패킷 데이터가 일정시간 동안 존재하지 않을 경우에는 데이터 전송을 위한 채널을 해제하게 된다. 이 경우에는 기지국이 다른 단말에 해당 채널을 할당할 수 있으며, 데이터 채널을 해제한 이동단말이 패킷 서비스를 제공받기 위해서는 새로운 데이터 채널을 할당받기 위한 채널 액세스 메카니즘을 수행하여야 한다. cdma2000 시스템에서는 이러한 채널의 재할당 과정에서 발생하는 지연 증가를 방지하기 위해 5ms 단위의 프레임을 이용한 채널 액세스를 정의하고 있다. 채널 액세스를 위한 경쟁은 NULL 상태와 suspended 상태, dormant 상태에서 발생하는데, suspended 상태에서는 공용 MAC 채널을 통해 5ms 프레임을 통해 채널 액세스를 수행한다. 5ms 단위의 채널 할당요구 및 응답 메시지 사용은 기존의 20ms 프레임보다 빠른 처리를 가능하게 함으로서 성능을 향상시킬 수 있다. 또한, 데이터 전송이 일시적으로 중단되면 이동단말은 DTCH를 해제함으로써 무선자원의 공유가 가능하게 하였으며, DMCH를 통해 단말간 경쟁없이 채널할당 요구 메시지를 전송함으로써 DTCH의 신속한 재할당이 가능하게 하였다. 하지만, DTCH 이외에 DMCH를 유지하기 위해서는 각 단말마다 이를 위한 전용코드가 할당되어야 하며, 공용 MAC 채널과 공용 트래픽 채널을 위한 코드가 별도로 할당되어야 한다. 이 경우, 상관성을 유지할 수 있는 코드의 개수가 충분한 경우에는 전혀 문제가 없으나, 실제 시스템의 구현과정에서 생성할 수 있는 상관성 코드의 개수는 제한적이므로 이를 해결할 수 있는 방안이 제시되어야 한다. 또한, 일시적인 전송중단 상태(control hold 상태 또는 suspended 상태)에서 short 패킷이 도착할 경우, 데이터 채널 할당 절차를 수행한 후, 전송이 이루어지게 되므로 전송 데이터의 양에 비해 상대적으로 많은 처리시간을 요구하게 된다. 따라서, short 패킷 처리를 위한 별도의 처리 메카니즘이 고려되어야 한다.

광대역 CDMA 시스템에서 MAC 프로토콜은 slotted ALOHA 메카니즘에 기반한 채널 액세스 메

카니즘만이 표준화가 이루어졌으며, 응용 서비스를 위한 사용자 영역 프로토콜을 지원하는 MAC 계층 프로토콜에 대한 연구는 진행중에 있다. 현재의 slotted ALOHA 메카니즘에 기반하여 패킷 데이터 서비스를 제공할 경우에는 전송이 일시적으로 중단된 단말에 대해서도 채널 해제를 수행한다. 따라서, 새로운 단말과 일시적인 전송중단 상태에 있는 단말이 동일한 랜덤 액세스를 수행함으로써 연속된 패킷 단위의 데이터 전송을 보장할 수 없다는 문제점이 발생하게 된다.

2. 패킷 데이터 서비스를 위한 프로토콜 구조

이동 패킷 데이터 서비스를 지원하기 위한 이동통신 시스템의 사용자 영역 프로토콜 스택이 그림 5에 나타나 있다.

그림에서 알 수 있듯이 RLC/MAC은 물리계층 위에 존재하게되며, 이동단말과 무선 네트워크 제어부 사이에서 무선채널을 통한 전송을 제어하게 된다. RLC/MAC 계층이 기지국에 위치할 수도 있으나, 셀의 소형화 추세에 따라 무선전송 기능만을 가지는 dummy 기지국의 사용이 증가함으로써 RLC/MAC 프로토콜은 무선자원 관리부에 위치하는 것이 바람직하다. 또한, 이 경우에는 패킷 데이터 서비스에서도 다이버시티 핸드오버를 원활히 지원할 수 있다는 장점을 가지게 된다. LLC는 RLC/MAC 계층위에 위치하여 ARQ에 기반한 데이터 프레임의 전송을 수행하며, LLC 연결의 종단점은 core 네트워크가 된다. 따라서 무선자원의 효율적인 사용, 다중 서비스 환경에서의 신뢰성 있는 전송, 다양한 형태의 전송속도 지원 등의 기능들을 RLC/MAC 계층에서 지원할 수 있어야 한다.

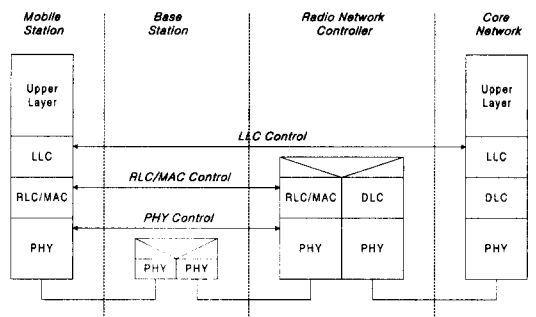


그림 5. 사용자 영역 프로토콜 스택

유럽이나 일본에서 제안한 3세대 이동통신 시스템의 물리계층에서는 단일 이동단말에서 서로 다른

서비스를 위한 데이터들을 동시에 전송할 수 있다 [12]. 서로 다른 서비스에서 발생되는 데이터 스트림들은 물리계층에 의해 다중화되며, 각기 서로 다른 품질을 요구할 경우에는 서비스별로 전송시에 사용하는 코딩 방식이 서로 다르게 적용된다. 예를 들면, 서비스가 매우 작은 BER을 요구하는 경우에는 콘볼루션 코드와 RS(reed solomon) 코드를 모두 사용하고, 상대적으로 BER에 대한 제약이 약할 경우에는 콘볼루션 코드만을 사용하거나 코딩을 전혀 하지 않은 채로 전송할 수도 있다. 광대역 CDMA 시스템에서 역방향 링크에 대해 1/2 rate 콘볼루션 코딩을, 순방향 링크에 1/3 rate 콘볼루션 코딩을 적용할 경우에 BER이 10^{-3} 인 서비스를 제공할 수 있다. 또한, outer RS 코딩을 적용하면 BER이 10^{-6} 정도인 고품질의 서비스를 제공할 수 있다. 이러한 물리계층의 개념적인 모델이 그림 6에 나타나 있다.

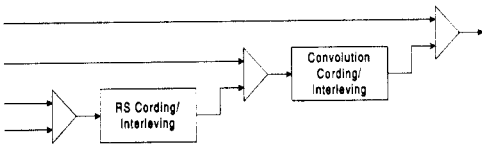


그림 6. 물리계층에서의 개념적 전송모델

또한, 이동국은 전용채널을 통해 가변비트를 전송을 지원하며, 전력제어 비트와 전송을 정보비트가 전송된다. 전력제어는 고속 페이딩으로 인한 영향을 완화시키기 위해 사용하며, 전송을 정보비트는 전용 채널의 전송율을 지시하기 위해 사용한다. 전용채널에서의 가변 전송을 전송은 확산코드의 확산 factor 값을 변경시킴으로서 지원할 수 있으며, 전송을 변경은 라디오 프레임 단위로 이루어질 수 있다. 무선 인터페이스에서의 신뢰성있는 전송은 RLC와 LLC 계층의 ARQ 메커니즘에 의해 가능하며, 선택적 재전송 ARQ 방안이 주로 사용된다.

RLC ARQ에서는 무선 인터페이스상의 오류를 효율적으로 보완하기 위해 다양한 형태의 코딩기법을 사용할 수 있다. RLC와 LLC는 다른 노드를 종단점으로 하기 때문에 핸드오버시에 RLC와 LLC 사이에 오류가 발생할 수 있으며, 이러한 오류는 LLC ARQ에서 검출하여 정정함으로써 상위계층에 무결성을 가지는 데이터를 전달할 수 있다. 상위계층의 데이터는 작은 블록의 형태로 분할된 RLC PDU 단위로 무선 인터페이스를 통해 전송하므로 재전송을 수행하는 최소 크기는 RLC PDU의 크기

가 된다. 한편, LLC 계층으로 부터의 전송 데이터 PDU의 분할 처리과정이 그림 7에 나타나 있다. 그림에서 알 수 있듯이 RLC PDU는 기본 전송율의 라디오 프레임에 적합한 크기로 설정되며. 무선 채널이 고속 데이터 서비스를 지원할 경우에는 복수개의 RLC PDU를 하나의 라디오 프레임에 삽입하여 전송한다. 이는 서로 다른 BS 사이에서 발생할 수 있는 다이버시티 핸드오프에서 신뢰성있는 데이터의 전송을 위한 것이다. 또한, 이동국은 가변 전송을 지원을 위해 전송율, 코드, 인터리빙 길이, 전송을 매핑을 위한 반복 및 puncturing 방법 등의 정보가 포함된 전송형식에 대한 정보를 채널 획득 과정에서 기지국으로부터 수신하여야 한다.

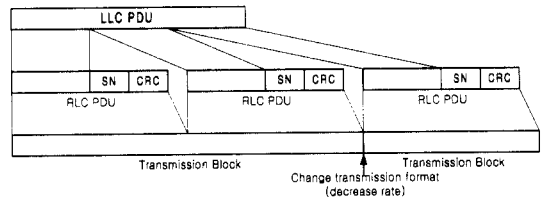


그림 7. RLC PDU의 전송

3. 패킷 데이터 서비스를 위한 새로운 MAC 프로토콜

패킷 데이터 서비스를 위해서는 다음 3가지의 전송방법이 사용된다. 첫 번째로는 랜덤 액세스 채널을 통해 짧은 패킷 데이터를 전송하는 방법이다. 이 방법은 셀내의 모든 단말이 사용하는 공통채널을 이용하여 패킷 데이터를 전송함으로써 충돌에 의한 데이터 손실이 발생하게 된다. 또한, 이동단말은 해당 채널에 대해 전력제어를 사용할 수 없다는 단점을 가진다. 둘째, 이동단말이 전용채널을 요구하고, 할당된 전용채널을 통해 데이터 프레임의 전송을 수행하는 방안이다. 이 경우, 전용 데이터 채널에 대한 전력제어가 가능하며, 전용채널을 할당받기 위한 할당요구 메시지를 랜덤액세스 채널을 통해 전송하여야 한다. 셋째, 전용채널을 통해 데이터 전송을 위한 전송채널 할당요구 메시지를 전송하는 방안으로, 이동단말이 이미 다른 서비스를 위해 전용채널을 할당받아 사용하는 경우에 적용된다. 따라서, 코드 수에 대한 제약이 존재하는 시스템에서는 short 메시지를 공용 제어채널을 통해 전송하는 것이 추가적인 전송코드의 할당을 요구하지 않는 방안이 될 수 있다. 또한, 데이터 전송중에 발생하는

제어정보의 전송을 위한 제어채널은 inband 시그널링 메시지로 정의하는 것이 필요하다.

본 논문에서 제안하는 패킷 데이터 서비스를 위한 MAC 계층의 상태 천이도가 그림 8에 나타나 있다.

패킷 데이터 서비스를 위한 상태 천이도에서의 각 상태는 다음과 같이 정의된다.

- Null state : 패킷 전송을 위한 호 설정 이전의 상태로써 역방향 및 순방향 링크를 통한 데이터의 송수신은 이루어지지 않음
- Initiation state : 패킷 서비스 모드에서 방송채널의 정보에 포함된 랜덤 액세스 채널의 상태 정보를 획득하고, short 패킷은 공용 제어채널을 통해 전송하며, 긴 패킷은 패킷의 길이와 속도요구 등의 파라미터를 전송함으로써 전용채널 할당을 요구함
- Code active state : 패킷 전송을 위한 전용채널의 코드가 결정됨
- Control hold state : 채널의 전송속도와 타이밍 정보를 수신하고 이를 기반으로 트래픽 채널과 inband 신호채널을 활성화시킴
- Active state : 순방향과 역방향에 대해 DTCH와 ACCH가 활성화되어 패킷 데이터 전송을 수행함
- Suspended state : 기본 전송율을 지원하는 ACCH를 통해 short 패킷과 신호 데이터를 전송함
- Reconnect state : 전용채널 할당을 위한 요구 메시지를 전송하고 전송 타이밍과 속도정보를 수신하기 위해 대기함

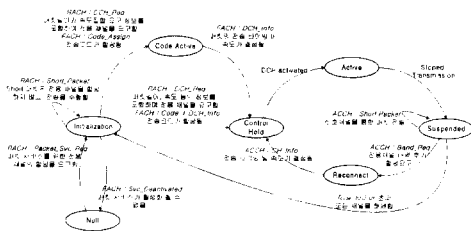


그림 8. 패킷 데이터 서비스를 위한 상태천이도

제안한 MAC 프로토콜과 cdma2000 MAC 프로토콜에서의 주요 차이점은 다음과 같다.

- Initialization 상태에서 cdma2000 시스템은 패킷 데이터 서비스를 위한 MAC 계층의 파라미터를

협상하고 전용 신호채널을 활성화하는 기능만을 수행한다. 하지만, 제안한 프로토콜은 short packet일 경우에는 별도의 채널 협상 절차 없이 공용 제어채널을 통해 전송함으로써 채널협상 및 할당으로 인한 지연을 방지할 수 있다. 하지만, 공용 제어 채널에서의 부하가 증가되므로 채널액세스에서 여기에 대한 고려가 필요하다.

- 제안한 MAC 프로토콜에서의 code active 상태는 전송을 위한 연결협상 과정에서의 서브상태로 정의된 것으로 cdma2000 시스템에서는 별도의 상태를 정의하지 않는다.
- Control hold 상태에서 cdma2000 시스템은 outband 신호전송을 위한 신호채널을 활성화하고 이를 통해 전용채널을 활성화시키지만, 제안 방안에서는 inband 시그널링을 수행하므로 신호채널과 트래픽 채널을 동시에 활성화시킨다.
- Active 상태에서 제안한 프로토콜은 전송 버퍼의 상태에 따른 트래픽 채널의 가변 전송율을 지원한다.
- Suspended 상태에서 cdma2000 시스템은 공용 MAC 채널을 통해 경쟁 메카니즘에 의해 제어 정보만을 교환하지만, 제안한 프로토콜에서는 전용채널을 통해 신호 및 short 패킷 데이터를 전송할 수 있도록 한다.
- cdma2000 시스템에서는 dormant 상태에서 공용 트래픽 채널을 통해 short 패킷전송을 지원하고 있지만, 제안 프로토콜에서는 별도의 상태를 두지 않는다.

제안한 프로토콜을 이용하여 패킷 데이터 서비스를 제공할 경우에 동작절차는 다음과 같다. 먼저, 이동단말에 전원이 인가되면 시스템 초기화를 수행하며, MAC 프로토콜은 null 상태에서 대기하게 된다. 패킷 데이터 서비스가 요구되면 null 상태에서 initialization 상태로 천이하고, 전송 대기큐에 있는 데이터 패킷의 수에 따라 전용채널 할당 및 전송절차를 수행할 것인지, 아니면 랜덤 액세스 채널을 통한 전송을 수행할 것인지를 결정하게 된다. 랜덤 액세스 채널은 방송채널을 통해 수신되는 랜덤 액세스 채널의 상태정보를 기반으로 하여 결정한다. 따라서, 액세스 채널의 상태정보를 제어함으로써 랜덤 액세스 채널의 예약이 가능하게 되고, 연속 전송시에도 성능을 보장할 수 있다. 즉, 전송 대기큐에 경계값 이상의 패킷이 존재하면 전용채널을 통한 전

송을 시도하고, 경계값 이하의 패킷이 존재하면 랜덤 액세스 채널을 통한 전송을 수행한다.

이동단말은 전용채널을 할당받기 위해 전송 코드, 전송요구 패킷 수, 전송을 set 요구 등을 기지국으로 전송하면, 기지국 가용전송 코드를 검사하여 이동단말이 패킷 전송에 사용할 전송코드를 결정한다. 또한, 시스템에서 지원가능한 전송을 set과 가용대역과 전송대기 패킷 수 등을 기반으로 하여 전용채널의 전송속도를 결정하여 이동단말에 전달하게 된다. 기지국으로부터 이들 정보가 순차적으로 수신될 경우, 이동단말은 code active 상태를 거쳐 control hold 상태로 천이한다. Control hold 상태에서 전용채널이 활성화가 되면, active 상태로 천이함으로써 패킷 데이터의 전송이 이루어진다. Active 상태에서는 전송 대기 큐의 상태에 따라 전송을 set내의 다른 전송속도로 변경하는 것이 가능하다. 전송 대기 큐의 패킷이 모두 전송되어 전송이 중단될 경우에는 현재 사용중인 코드의 전송율을 기본 전송율로 변경하고 suspended 상태로 천이하게 된다. Suspended 상태에서는 일정시간 동안 기본 전송율로 전송을 수행하며, 전송속도의 변경은 이루어지지 않는다. 만약, 전송 대기큐에 패킷이 경계값보다 많이 존재하게 되면 전용채널 할당 요구를 통해 추가적인 대역할당을 요구하고 reconnect 상태로 천이한다. 기지국이 대역 추가할당 요구를 수용하면 이동단말은 control hold 상태를 거쳐 active 상태로 천이한다. 하지만, 전송대기 큐가 T_{code} 동안 비어있는 상태로 존재하면, 더 이상의 전송이 없는 것으로 간주하고 해당 채널을 해제한다.

4. 채널 액세스 및 전송 메커니즘

Slotted-ALOHA 메커니즘은 구현의 용이성으로 인해 CDMA 시스템에서 널리 사용된다. Slotted-ALOHA 메커니즘은 액세스 슬롯을 여러개의 서브슬롯들로 나누고, 각 이동단말이 해당 서브슬롯을 통해 액세스를 요구하는 방식이다. CDMA 시스템에서는 여러개의 랜덤 액세스 채널을 가지며, 하나의 프레임 구간을 일정한 크기의 서브슬롯 단위로 분할하여 서브슬롯의 시작점에서 액세스를 수행함으로써 액세스 단말간 충돌확률과 액세스까지의 지연 시간을 줄였다. 또한, 버스트한 전송은 랜덤 액세스를 통해 전용채널 할당을 수행한 후에 처리함으로써 충돌로 인한 성능의 감소를 줄였다. 하지만, 채널 액세스 과정에서의 충돌문제가 여전히 성능감소의 주요 요인이므로, 이를 감소시키기 위한 방안이

요구된다.

랜덤 액세스 채널에서의 충돌을 줄이기 위해서는 랜덤 액세스 채널에 대한 상태정보를 통해 이동단말이 자신의 전송시점을 결정할 수 있어야 한다. 이를 위해서는 랜덤 액세스 채널의 상태정보는 기지국에서 전송되는 주기적인 방송정보에 포함시켜 모든 이동단말들이 공유할 수 있도록 하여야 한다. 채널의 상태정보는 랜덤 액세스 채널이 가용한지 아닌지를 표시하게 되며, 이동단말은 가용 랜덤 액세스 채널에 대해서만 액세스를 시도하게 된다. 이동단말과 기지국 사이의 채널할당 요구 및 데이터 전송을 위한 랜덤 액세스 절차는 <그림 9>와 같다.



그림 9. 랜덤 액세스 절차

그림과 같은 채널 액세스 메커니즘을 지원하기 위해서는 각 채널별로 다음의 정보들이 추가되어야 한다.

- 방송채널 프레임 : 각 랜덤 액세스 채널에 대한 예약여부를 표시하는 필드를 추가함
- 랜덤 액세스 프레임 : 데이터/신호 프레임 지지 필드, 전송 대기 패킷의 수와 전송을 set 요구 필드 등을 추가함
- 순방향 제어채널 프레임 : 데이터/신호 프레임 지지 필드를 추가함

전송할 데이터 패킷이 존재하면, 이동단말은 데이터 패킷을 전용채널을 통해 전송할 것인지 랜덤 액세스 채널을 통해 전송할 것인지를 결정하게 되는데, 전송 대기 큐의 상태와 재전송 시도 횟수가 기본 정보로 사용된다. 전송대기 큐의 길이가 Q_{TH} 이상이면 전용채널 할당을 통해 전송을 수행하고, 아닐 경우에는 랜덤 액세스 채널을 통한 전송을 수행한다. 또한, 충돌로 인해 랜덤 액세스 전송을 위한 데이터 패킷의 재전송 횟수가 증가하면, 랜덤 액세스 채널 전송을 전용채널을 통한 전송으로 전환한다. 아울러, 랜덤 액세스 채널에서의 충돌확률을 감소시키기 위해 액세스 확률을 적용하는데, 액세스 확률의 계산은 다음식에 의해 이루어진다.

$$\text{단말의 액세스 확률} = \frac{\text{가용 랜덤 액세스 슬롯 수}}{\text{전체 랜덤 액세스 슬롯 수}}$$

이러한 이동단말의 전송 절차가 그림 10에 나타나 있다.

Short 패킷에 대해서는 랜덤 액세스 채널을 통해 데이터 패킷 전송을 수행한다. 패킷 전송중에 새로운 패킷이 도착함으로써 전송 대기큐의 패킷 수가 Q_{TH} 이상이 되면 랜덤 액세스 채널을 통한 데이터 전송을 중단하고 예약된 랜덤 액세스 채널을 통해 전용채널 할당요구 메시지를 전송함으로써 전용채널을 통한 패킷 전송을 시도한다. 전용채널의 할당이 이루어지면 할당된 전용채널을 통해 전송을 수행하고 예약되어 있던 랜덤 액세스 채널은 해제한다.

전용채널을 통한 전송에서는 무선자원(전송 대역폭과 코드 수)을 고려한 스케줄링 메커니즘을 적용한다. 가용 대역과 코드의 수가 충분할 경우, 기지국은 이동단말에 평균 전송속도를 지원할 수 있는 대역을 기본적으로 할당하고, 가용대역에 대한 추가적인 할당을 수행한다. 하지만, 가용코드가 충분하지 못할 경우에는 전용코드가 할당된 이동단말중에서 전송대기 패킷의 수가 가장 적은 단말의 전송속도를 높여줌으로서 가용 코드의 생성을 빠르게 한다. 또한, 가용대역이 충분하지 못할 경우에는 각 이동단말에 추가적으로 할당되어 있는 전송대역을 해제함으로써 새로운 이동단말에 채널대역을 할당한다. 이를 위해, 이동단말은 역방향 트래픽 채널의 라디오 프레임에 패킷의 추가적인 도착을 알리는 필드를, 기지국은 순방향 트래픽 채널 라디오 프레임에 대역의 추가 할당 및 해제 사실을 통보하는 필드를 추가로 정의한다.

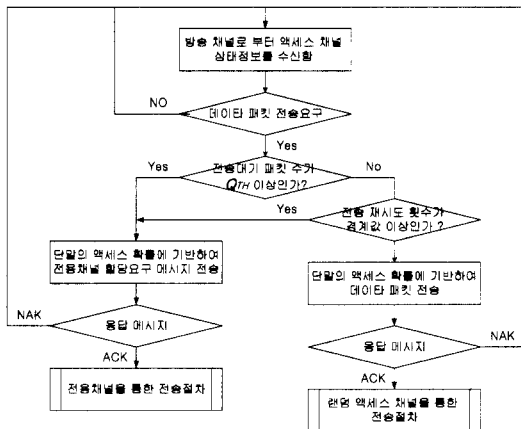


그림 10. 이동단말에서의 액세스 결정 메커니즘

IV. CDMA 기반의 패킷 데이터 서비스를 위한 MAC 프로토콜

1. 시스템 환경

본 논문에서 제안한 CDMA MAC 프로토콜의 성능분석을 위한 시스템 큐잉모델이 <그림 11>에 나타나 있다.

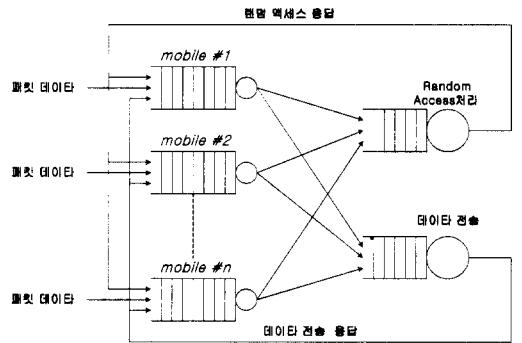


그림 11. 시스템 큐잉 모델

또한, 성능분석을 위한 시스템의 전송능력을 결정하는데 사용된 시스템 파라미터가 표 1에 나타나 있다.

표 1. 성능분석을 위한 시스템 파라미터

물리계층의 라디오 프레임	10ms
방송채널의 수	2개
랜덤 액세스 채널의 수	8개
역방향 전용채널 코드의 수	128개
전용 트래픽 채널 평균 전송속도	8Kbps
전용 트래픽 채널 최대 전송속도	64Kbps
코딩 및 처리에 소요되는 시간	5ms

각 이동단말의 데이터 응용들은 전송할 패킷이 존재하면 MAC 계층에 패킷 데이터 전송을 요구하고, 패킷 데이터를 전송대기 큐에 삽입한다. 각 이동단말의 MAC 계층에서는 전송대기 큐의 패킷 수와 방송채널에서 수신되는 액세스 채널의 상태정보 등에 기반하여 채널 액세스를 수행하게 된다. 랜덤 액세스 채널에 대한 예약이나 전용 트래픽 채널 할당이 이루어지면 해당 채널을 통한 패킷 데이터의 전송이 수행된다. 또한, 방송채널을 통한 상태정보의 전송은 라디오 프레임의 가용 비트를 이용하여

별도의 오버헤드없이 전송할 수 있다고 가정한다.

전용채널 할당을 요구할 경우에는 기지국은 요구된 전송율을 기준으로 가용채널을 이동단말에 할당하게 된다. 또한, 요구 전송율에 대해 전용채널을 할당한 후에도 가용채널이 존재하면 전송 대기 패킷의 수가 많은 이동단말부터 우선적으로 추가적인 대역을 할당한다. 이때, 기지국은 수신 메시지의 디코딩, 채널할당, 응답 메시지의 생성 및 코딩 등의 처리를 5ms 이내에 처리할 수 있다고 가정하였다. 전용 패킷 데이터는 평균 전송율이 8Kbps인 bulk 포아송 분포를 따른다고 가정하였으며, 신호 트래픽의 양은 패킷 데이터의 10%로 가정하였다.

2. 결과분석

cdma2000 시스템에서는 패킷 데이터 전송을 시작할 경우, 20ms의 프레임용을 사용하여 채널액세스를 시도하며, 전송이 일정기간 중단되는 dormant 상태에서는 5ms의 프레임용을 이용하여 채널 액세스를 시도한다. 하지만, 제안한 채널 액세스 메카니즘에서는 10ms의 액세스 프레임용을 통해 채널 액세스를 시도하게 된다. 액세스 채널의 전송속도는 동일하고, 전송 신호 메시지의 길이를 20ms 프레임과 동일하게 적용하여 경우엔 채널 액세스 지연특성이 그림 12에 나타나 있다.

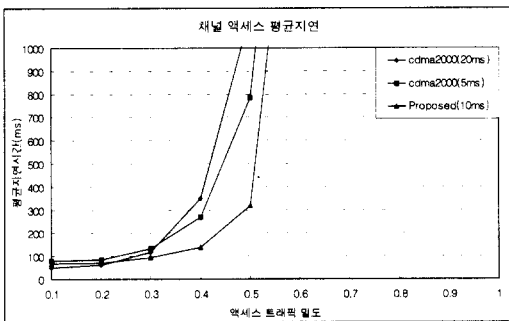


그림 12. 채널 액세스 메카니즘의 지연특성

각 방안에서 동등한 비교를 위해 신호메시지의 길이를 20ms 프레임에 포함될 수 있는 정보의 길이를 기준으로 설정하였다. 따라서, 5ms 프레임 전송에서는 4개의 라디오 프레임을 사용하여야 하며, 10ms의 프레임 전송에서는 2개의 라디오 프레임을 사용한다. 액세스 트래픽 밀도가 낮을 경우에는 20ms의 비교적 긴 프레임의 사용이 효과적이다. 하지만, 트래픽 밀도가 0.3이상으로 증가할 경우에는 짧은 프레임을 전송하여 액세스를 시도하는 것이

효과적임을 알 수 있다. 제안한 방안에서는 한번의 경쟁으로 채널을 예약이 가능하므로 짧은 라디오 프레임 사용시에 상대적으로 많이 발생하는 이동단말간의 경쟁빈도를 줄이게 된다. 또한, 가용 액세스 채널을 알려줌으로서 현재 전송중인 신호메시지의 전송을 보증할 수 있도록 하였다.

이러한 이유로 제안한 방안이 평균전송 지연 측면에서 상대적으로 우수한 특성을 보이며, 그림 13에서와 같이 처리율 측면에서도 우수한 성능을 나타낸다.

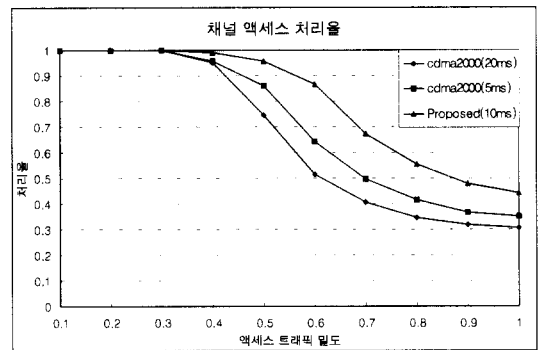


그림 13. 채널액세스 처리율 특성

사용자의 데이터 패킷이 버스트하게 연속적으로 도착할 경우, cdma2000 시스템에서는 채널 액세스를 수행하고, 채널의 할당이 이루어지면 전송대기 큐의 패킷을 순차적으로 전송하게 된다. 채널할당 과정에서 전송코드와 전송속도가 결정되면 패킷 데이터의 전송이 수행된다. 이동단말에 할당될 수 있는 전송코드의 수와 전송대역이 제한된 환경에서 데이터 패킷만을 고려한 경우의 cdma2000 시스템의 전송 특성이 <그림 14>에 나타나 있다.

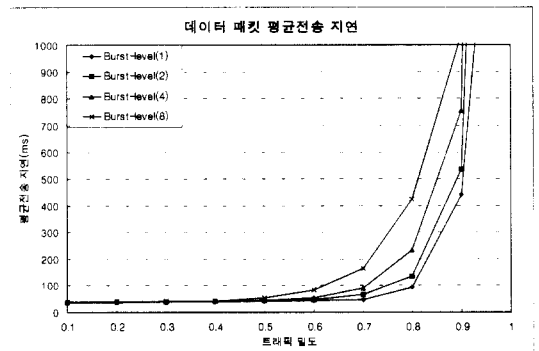


그림 14. cdma2000 시스템의 전송 특성(데이터 패킷만을 고려한 경우)

그림에서 알 수 있듯이 트래픽 밀도가 낮은 경우에는 버스트한 트래픽에 대해서도 가용 전송대역을 충분히 할당할 수 있기 때문에 지연의 차이는 크게 발생하지 않는다. 하지만, 트래픽 밀도가 증가하게 되면, 가용 전송대역이 줄어들게 되고 이로 인해 데이터 패킷의 버스트 레벨이 큰 트래픽부터 전송지연이 증가하게 된다.

제안한 방안에서의 전송에서는 cdma2000과 유사한 전송을 수행하지만, short 패킷은 공용 액세스 채널을 통해 전송할 수 있다는 차이를 가진다. 따라서, 버스트 정도가 작은 데이터 패킷은 공용채널을 통해 전송할 수 있으므로 추가적인 가용 전송채널이 증가하게 된다. 트래픽 밀도와 전송대기 패킷이 증가함으로써 채널의 추가할당이 요구되는데, 이때 공용채널을 통한 전송으로 인한 전송이득이 나타나게 된다. 데이터 패킷만을 고려한 경우에 있어서 제안방안과 cdma2000 시스템에서의 데이터 평균지연 특성에 대한 비교가 그림 15에 나타나 있다. 그림에서 괄호안의 숫자는 데이터 패킷의 버스트 레벨을 나타내며, 공용채널을 통한 전송이득은 버스트 정도가 적을수록 크게 나타남을 알 수 있다.

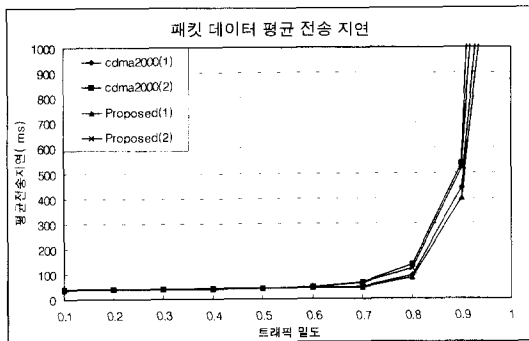


그림 15. 데이터 패킷만을 고려한 경우에 대한 데이터 패킷의 평균지연

패킷 데이터 전송에서 다른 제어신호를 추가로 고려할 경우, cdma2000 시스템의 이동단말은 데이터 전송을 위한 물리채널과 제어정보의 전송을 위한 물리채널을 유지하여야 한다. 따라서, 전용채널을 통한 전송에 사용할 수 있는 코드의 수가 제한될 경우에는 가용 전송대역이 존재함에도 불구하고 데이터 패킷 전송이 수행되지 않을 수도 있다. cdma2000과 제안한 방안에서 10%의 제어 트래픽을 고려할 경우의 데이터 패킷 전송지연과 처리율이 그림 16과 그림 17에 나타나 있다.

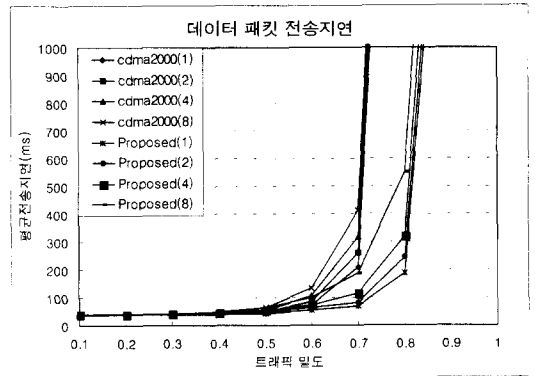


그림 16. 데이터 패킷 전송 지연(제어 트래픽을 고려할 경우)

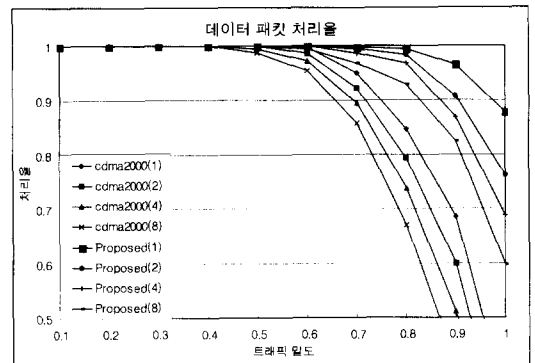


그림 17. 데이터 패킷 처리율(제어 트래픽을 고려할 경우)

cdma2000 시스템에서는 신호 메시지의 전송을 위한 별도의 대역과 코드를 할당하며, 제안한 방안에서는 inband 시그널링을 통한 전송을 수행하므로 코드와 대역을 공유하게 된다. 따라서, cdma2000 시스템에서 트래픽 밀도 0.7 이후의 급격한 지연증가는 전송대역 보다는 전송코드 수의 제한이 가장 중요한 원인이 된다. 제안한 방안에서는 트래픽 밀도가 0.8 이후에서 급격한 지연의 증가를 보이는데, 이는 가용 전송대역의 제한에 기인한 것이다. 또한, 패킷 데이터의 트래픽 밀도가 증가함에 따라 inband 신호전송은 outband 신호전송 보다 많은 전송지연을 유발하게 된다. 이 경우에는 트래픽 채널의 추가 할당 및 해제를 위한 정보전달도 지연되며, 이로 인해 패킷 지연은 증가하게 된다. 하지만, 제안방안에서는 패킷 데이터 전송대역의 추가할당 및 해제를 위한 파라미터 전달을 위한 필드를 트래픽 채널 라디오 프레임내에 정의함으로써 트래픽 밀도 증가에 따른 전송을 변경시의 추가 지연은 없다.

V. 결론

이동 컴퓨팅 기술의 발전으로 인해 이동환경에서의 데이터 처리기술이 널리 보급됨에 따라 향후의 이동통신서비스에서 패킷 데이터 서비스는 매우 중요한 분야이다. 이미, 3세대 이동통신 시스템 연구에서는 효율적인 데이터 서비스를 지원하기 위한 많은 연구들을 수행하고 있다.

무선환경에서 효율적인 음성 및 데이터 서비스를 지원하기 위한 MAC 프로토콜로 PRMA, DQ-RUMA, DSA++ 등이 제안되었다. 3세대 이동통신 시스템으로 개발중인 cdma2000 시스템과 광대역 CDMA 시스템은 slotted-ALOHA 채널 액세스 메카니즘을 사용하여 데이터 전송을 위한 채널할당을 수행하고 있다. cdma2000 시스템에서의 MAC 계층 프로토콜에서는 이미 패킷 데이터 서비스에 대한 표준화를 완료하고, 최적 파라미터 설정을 위한 연구를 수행하고 있으며, 광대역 CDMA 시스템에서는 채널 프레임 구조만을 정의하고 있다.

본 논문에서는 무선 패킷 데이터 서비스를 효율적으로 지원하기 위한 RLC/MAC 프로토콜을 제안하였다. RLC에서는 사용자 프레임을 라디오 프레임 단위로 제어하게 함으로서 가변 전송을 전송에서도 제어가 가능하도록 하였다. 방송 채널을 통해 랜덤 액세스 채널의 상태정보를 알려주고, 가용 채널을 통해 이동 단말이 랜덤 액세스를 시도할 수 있도록 하였다. 또한, 이동단말에 액세스 확률을 부여함으로써 랜덤 액세스 채널에서의 short 메시지 전송으로 인한 충돌 확률을 줄였다. 아울러, 이동단말의 전송대기 큐의 상태에 따라 전송채널의 추가할당 및 해제를 MAC 프레임의 필드값으로 정의함으로써, 버스트한 트래픽 특성에 적용할 수 있도록 하였다. 전송 대역과 전송 코드 수가 제한되는 환경에서 제안한 MAC 프로토콜이 cdma2000 시스템에서의 MAC 프로토콜 보다 우수한 전송 지연 및 처리율을 보였다. 이는 제안한 방안이 cdma2000 시스템에서 상관성 코드 수의 제한으로 인해 발생할 수 있는 전송성능의 저하를 보다 효과적으로 해결함과 동시에 대역의 재사용을 보장할 수 있기 때문이다.

참 고 문 헌

- [1] Q.Cao, "Medium Access Control(MAC) for Wide-Band CDMA Systems with Optimal Throughput", *Proc. VTC'98*, pp. 988-992, May. 1998
- [2] ARIB, "Specification of A-Interface for the 3G Mobile System", Oct. 1997
- [3] H.Holma, F.Ovesjo, E.Dahlman, M.Latva-Aho, and A.Toskala, "Physical Layer of FRAMES Mode 2 - Wideband CDMA", *Proc. VTC'98*, pp. 978-981, May. 1998
- [4] TIA TR45.5, "The cdma2000 ITU-R RTT Candidate Submission", Apr. 1998
- [5] D.J.Goodman, R.A.Valenzuela, K.T.Gayliard, and B. Ramamurthi, "Packet Reservation Multiple Access for Local Wireless Communications", *IEEE Transaction on Communications*, Vol. 37, No. 8, pp. 885-890, Aug. 1989
- [6] D.J.Goodman, and S.X.Wei, "Efficiency of Packet Reservation Multiple Access", *IEEE Transaction on Vehicular Technology*, Vol. 40, No. 1, pp. 170-176, Feb. 1991
- [7] S.Nanda, and D.J.Goodman, "Performance of PRMA : A Packet Voice Protocol for Cellular Systems", *IEEE Transaction on Vehicular Technology*, Vol. 40, No. 3, pp. 584-598, Aug. 1991
- [8] G.Bianci, F.Borgonovo, L.Fratta, L.Musumeci, and M.Zorzi, "C-PRMA : A Centralized Packet Reservation Multiple Access for Local Wireless Communications", *IEEE Transaction on Vehicular Technology*, Vol. 46, No. 2, pp. 1-21, May. 1997
- [9] C.Roobol, P.Beming, J.Lundsjo, and M.Johansson, "A Proposal for An RLP/MAC Protocol for Wideband CDMA Capable of Handling Real Time and No Real Time Service", *Proc. VTC'98*, pp. 107-111, May. 1998
- [10] J.Jiang and T.H.Lai, "An Efficient Access control Protocol for Delay Sensitive Bursty Data in Broadband Wireless Networks", *Proc. PIMRC'98*, pp. 1355-1359, Sep. 1998.
- [11] M.J.Karol, Z.Liu, and K.Y.Eng, "Distributed Queueing Request Update Multiple Access(DQRMA) for Wireless Packet(ATM) Networks", *Proc. ICC95*, pp.1224-1231, Jun.

1995

- [12] Tdoc SMG2 270/97, “Concept group alpha-Wideband Direct Sequence CDMA, Evaluation Document, Part 1 : System Description, Performance Evaluation”, *ETSI SMG2#23*, Oct. 1997

박 성 수(Seong-Soo Park)
한국통신학회논문지 제24권 6호 참조

정회원

조 동 호(Dong-Ho Cho)
한국통신학회논문지 제24권 6호 참조

정회원

송 영 재(Young-Jae Song)
한국통신학회논문지 제24권 6호 참조

정회원