

비대칭 멀티미디어 서비스를 위한 자원 할당 방법

정희원 이종찬*, 이문호**

Resource Allocation schemes for the asymmetric multimedia services

Jong-Chan Lee*, Moon-Ho Lee** *Regular Members*

요 약

본 논문은 CDMA/TDD 시스템에서, 높은 전송률과 일정한 QoS를 갖는 실시간 클래스의 무선 자원 할당에 대한 방법론을 제시한다. 실시간 클래스와 비실시간 클래스를 제어하기 위하여, 예약 액세스 기법과 우선 순위 기법이 각각 제안된다. 또한 각 셀 링크간 간섭에 의한 성능 감소를 예방하기 위하여 슬롯 할당 기법을 제안한다. 제시된 방안들을 통하여 실시간 클래스의 연속성을 보장하고 비실시간 가입자를 최대로 수용할 수 있다. 다중 셀 환경과 멀티미디어 서비스 모델을 가정하여, 제안된 기법의 성능이 전송 지연, 채널 이용률 그리고 데이터 손실 등을 근거로 하여 평가된다. 시뮬레이션 결과는 상당한 성능 향상이 있음을 보인다.

Key Words : CDMA/TDD; Realtime class, Reserved access scheme.

ABSTRACT

Resource allocation methods are proposed to address the problem of how flexibly allocate limited wireless resource to high bandwidth demanded realtime class with certain QoS guarantees in CDMA/TDD systems. In this method, A reserved access scheme is used for allocating the resource to realtime and non-realtime class respectively. We also propose a slot allocation algorithm for the CDMA/TDD system, which can prevent the performance degradation due to the interlink interference in each cell. Our framework is able to guarantee QoS continuity of realtime class and carry the maximum number of non-realtime subscriber. System performance of proposed method is evaluated by considering transmission delay, channel utilization and data loss, assuming a practical multi-cell environment and a multimedia service model. Our simulation results demonstrate the significant performance improvement.

I. 서 론

차세대 이동통신의 주요 서비스인 멀티미디어의 경우, 음성 통신과 달리 양방향에서 생성되는 트래픽 양이 서로 크게 차이가 날 수 있다. 일반적으로 단말기는 작고 가벼워야 하므로 멀티미디어 서비스를 위한 정보 데이터베이스

와 컴퓨팅 파워는 단말기가 아니라 망측에 위치하게 된다. 인터넷 액세스나 VOD(Video On Demand) 등은, 일반적으로 수십 바이트의 짧은 명령어가 상향 링크(Uplink)를 통해 망으로 전달되는데 비하여, 수십 내지 수백 킬로바이트에 해당하는 상대적으로 큰 파일이 하향 링크(Downlink)를 통해 단말기로 전송된

* 한국전자통신연구원 무선접속연구팀(chan2000@etri.re.kr), ** 청운대학교 멀티미디어학과(mhlee@cwunet.ac.kr)
논문번호 : 020179-0418, 접수일자 : 2002년 4월 19일

다. 이러한 경우, 만약 양 링크가 동일한 크기의 대역폭을 사용한다면 시스템 용량은 하향 링크에 의해 제한될 수밖에 없다. 이 현상은 결국 대역폭의 낭비와 용량의 저하를 초래한다. 사실 어떤 FDD 시스템에서도 트래픽 불균형으로 인한 문제를 피할 수 없다. 이 문제를 극복하려면 하향 링크의 대역폭이 상향 링크의 대역폭보다 넓어야만 하고, 두 링크간의 대역폭 차이를 쉽게 재설정할 수 있어야 한다. 이 목적을 달성하기 위한 방법 중 한가지가 TDD 모드를 사용하는 것으로, TDD는 TDMA 방식처럼 유연하게 자원을 할당할 수 있다. 따라서 CDMA의 장점인 용량과 TDD의 이점인 자원 할당의 유연성을 함께 가진 CDMA/TDD 시스템은 차세대 멀티미디어 이동통신 시스템으로서 큰 매력울 지닌다⁽¹⁻³⁾.

CDMA/TDD 시스템은 망 자원이 코드 평면(Code aspect)와 시간 평면(Time aspect)에 걸쳐있는 시스템이다. 전송될 버스트(Burst)들은 시간 축에서 타임 슬롯(Time slot)으로 다중화될 수 있으며 코드 축에서 서로 다른 OVSF를 사용하여 다중화 할 수 있다. 그러나 시간 평면의 설계에 있어서, 한 셀의 상향(하향) 링크와 인접 셀의 하향(상향) 링크간의 간섭이 존재할 경우, 시스템의 성능에 영향을 미치므로 셀간 링크 간섭을 고려해야 한다⁽⁴⁻⁶⁾. 또한 코드 평면을 설계하기 위하여 코드 분할 스케줄링을 고려해야 한다. 코드 분할 스케줄링 방법으로는 동적 및 정적 스케줄링이 제안되고 있으며, 정적 스케줄링에서는 할당된 비트율이 호 연결동안 고정된다. 그러나 실제적인 상황에서 패킷 트래픽은 버스트하고 예측이 불가능하므로 이미 할당된 비트율을 조정할 필요가 있는데, 이를 가능하게 하는 것이 바로 동적 코드 분할 방식이다. 이 기법을 적용하여 비트율을 늘리거나 반대로 줄일 수 있다. 비트율 변화는 시스템 버퍼에 있는 데이터의 양과 관련이 있다.

회상 전화와 같은 실시간 클래스에서는 어느 정도의 전송 에러를 허용하지만, 일정한 량의 전송 속도를 유지해야만 서비스가 이루어진다. 반면에, 파일 전송과 같은 전송 지연에 어느 정도 민감하지 않은 서비스들은 전송 속도를 일정 시간 최소로 떨어뜨릴 수 있다. 즉 사용자의 서비스 형태에 따라서 전송률 자체를 제어한다

면, 무선 자원을 보다 효율적으로 제어할 수 있는 가능성이 존재한다. 따라서 본 논문에서는 시간 평면상에서, 셀간 간섭을 억제하는 타임 슬롯 할당 방법과 코드 평면상에서 동적 코드를 분할을 이용하여 해당 자원을 효율적으로 이용하는 방법을 제안한다. 제안된 자원 할당 방식은, 실시간 성을 갖는 연결과 해당 자원울 블럭화 시키는 방안으로서, 타임 슬롯, 채널 코드(Channelization code) 그리고 전력(Power)을 블럭화 개념으로 묶어서 해당 연결에 할당하고 할당된 자원은 연결의 종료 시까지 가상 예약하며, 연결 중에 일시적으로 해제하지만 언제나 블럭화된 자원을 획득하여 점유함으로써 실시간 성을 보장하면서 자원을 효율적으로 사용할 수 있는 방안을 제시한다.

논문의 구성은 다음과 같다. II절에서는 CDMA/TDD 시스템 환경을 기술하고, III절에서는 R-CDMA/TDD 구조를 제시한다. IV절에서는 시뮬레이션을 통하여 제시된 방법의 성능을 분석한다. 마지막으로 V절에서는 결론을 내린다.

II. 시스템 환경

본 논문에서는 인터넷 사이트에 저장된 멀티미디어 정보에 접속하여 이를 이용하는 것이 테이터 전송의 기반이 되는 링크 편향형(Link-biased type) 응용을 고려한다. 이에 따른 멀티미디어 트래픽의 전송 흐름은 그림 1과 같다. 각종 사이트들은 멀티미디어 정보의 저장소 역할을 한다고 가정한다. 기지국은 무선 망과 유선망의 인터페이스 역할을 하므로 인터넷워킹 기능을 수행해야하며 CDMA/TDD 망과의 인터페이스로서 전송률 조정, 동기화 등의 기능을 수행하기 위하여 수신되는 데이터의 버퍼링(Buffering)이 필요하다. 멀티미디어 정보는 우선 각 사이트의 멀티미디어 서버로부터 기지국으로 전송된다. 여기서 필요하다면 할당된 RF 채널을 통한 단말기로의 전송에 앞서 일시적으로 버퍼에 저장되고, 인터넷 망 내에서 일어나는 패킷, 지터 지연을 순화시키기 위하여 기지국의 버퍼들은 데이터 객체를 위한 일시적인 저장 장치 기능을 갖는다. 이 버퍼들은 인터넷 망과 CDMA/TDD 망 사이의 전송률 차이를 보상한다. 결과적으로 다양한 데이터 스트림

(Data stream) 사이에서 스트림 동기화를 보장한다⁽⁷⁻⁸⁾.

본 논문에서는 이 버퍼에 쌓인 데이터를 객체라 정의한다. 비디오와 인터넷 데이터 등은 버스트한 특성으로 인하여 전송 중인 패킷에 따라서 정보율(Information rate)이 변화한다. 이런 특성을 이용하여 본 논문에서는 일정 시간 간격 $[T_i, T_{i+1}]$ 동안에, 버퍼에 쌓인 전송 중인 트래픽의 일정 부분, 즉 데이터, 이미지 또는 비디오의 일부분으로 객체(Object)를 정의하고 실시간 클래스를 나타내는 실시간 객체와 비실시간 클래스를 나타내는 비실시간 객체로 구분한다. 이 객체를 수용하기 위하여 시간 간격 $[T_i, T_{i+1}]$ 동안에 필요한 자원의 집합 개념을 채널 형상(Channel configuration)이라 정의한다. 채널 형상에는 타임 슬롯, 채널 코드 그리고 해당 전력 등이 있다. 그리고 한 호(Call)의 상향 링크와 하향 링크를 연결(Connection)이라 정의한다. 한 호의 각 링크에서 요구되는 채널 형상을 설정할 때, 연결 단위로 해당 자원을 할당하고 예약한다. 이 중에서 실시간 클래스를 서비스하면 실시간 연결(Realtime connection) 그리고 비실시간 클래스를 서비스하면 비실시간 연결(Non-realtime connection)이라 정의한다.

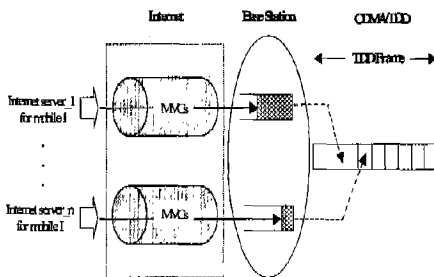


그림 1. 비예약 멀티미디어 서비스의 흐름

III. R(Reservation)-CDMA/TDD

멀티미디어 정보는 일반적으로 비디오, 고화질의 이미지 등의 광대역 데이터를 포함한다. 이들을 수용하기 위하여, CDMA 망의 가장 중요한 고려 사항은 제한된 채널 형상의 효율

적 사용에 있다. 실시간으로 변하는 멀티미디어 트래픽의 요구 용량은 트래픽의 전송률에 따라서, 채널 형상을 동적으로 할당하는 방법을 사용함으로써 실현 가능하다. 기지국의 채널 형상이 주어지면 시간 범위에서 멀티미디어 트래픽의 총 요구 용량을 만족하면 각각의 연결의 신뢰성이 보장된다. 그러나 연결된 객체들이 갖는 요구 용량의 동적인 특성 때문에 기지국은 경우에 따라서는, 어떤 시간 범위에서는 채널 형상을 만족시킬 수 없다. 따라서 본 논문에서는 기지국의 제한된 채널 형상을 가지고 다수의 연결을 운영하는 방법으로서 지연에 둔감하지만 패킷 손실에 민감한 비실시간 클래스의 특성과 패킷 손실에 둔감하지만 지연에 민감한 실시간 클래스의 특성을 이용하여 자원을 효율적으로 관리하는 방법인 R-CDMA/TDD를 실시간 객체의 전송에 우선 순위를 두어 연구를 진행하였다. 각 연결에 전송률 $[b_{max}, b_{min}]$ 가 주어지고, 연결 수락 제어(Connection Admission Control) 시 망은 최소한 $[b_{min}]$ 을 보장해야 한다. 이 방식에서, 실시간 연결은 해당 자원을 예약하여 배타적으로 점유하고 데이터 전송률이 감소하면 여분의 채널 형상을 다른 비실시간 연결이 일시 점유한다. 이를 통하여 데이터 전송률이 가변적인 실시간 객체와 데이터 전송률이 일정한 비실시간 객체의 특성을 이용하여 진행 중인 연결들의 제어 방법을 제시하였다. 특정 시간에 실시간 연결의 전송률이 증가하면 예약된 자원을 최우선으로, 실시간 연결에 전송의 우선 순위를 두고 비실시간 연결을 최대한 수용하는 방안을 제시하였다.

3.1 프레임 및 타임 슬롯의 구조

R-CDMA/TDD 기법은, 시간 평면에서 타임 슬롯 할당 방법을 근간으로 버스트 속성이 큰 실시간 클래스의 전송 속도 변화를 이용하는 타임 슬롯 예약 기법을 적용한다. 제안된 R-CDMA/TDD 기법의 프레임 구조는 그림 2와 같다. 연결 상태인 모든 연결은 상향 링크와 하향 링크에 각각 매 프레임 당 적어도 한 개의 타임 슬롯을 유지하고 이 슬롯의 제어 필드를 이용하여 할당 슬롯의 수를 증감시킴으로써 속도 변화에 적응한다. 만일 실시간 연결의 하향 링크의 전송률이 높아지는 경우, 기지국은

현재 사용 중인 타임 슬롯의 제어 필드를 통하여 추가적인 채널 형상을 할당한다. 이 과정을 통하여 타임 슬롯 예약이 이루어진다. 한편, 일단 예약되어 사용 중인 자원은 바로 이전 프레임에서 명시적인 타임 슬롯 증감 요구에 따라 서 점유의 지속 여부가 결정된다.

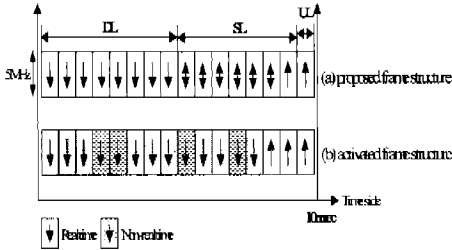


그림 2. 제안된 프레임 구조

효율적으로 멀티미디어를 수용하기 위하여, 셀마다 트래픽 구성이 달라질 것이고 이에 따라 타임 슬롯 할당을 셀마다 달리해야 할 것이다. 이는 인접 셀간에, 상향 및 하향 링크의 타임 슬롯 할당 형태가 달라지는 결과를 초래한다. 결국 상충되는 타임 슬롯간에 간섭을 유발 시킴으로 시스템의 용량을 저하시킨다. 트래픽 불균형 정도가 셀마다 다른 시스템 환경에서 상위의 문제를 극복하기 위하여, 클러스터 내의 모든 셀들에 대해 동일한 타임 슬롯을 할당하는 정적 할당 방법과 각 셀의 트래픽 불균형 정도에 따라 셀마다 타임 슬롯 할당을 달리하는 동적 할당 방법이 제시되고 있다. 정적 할당 방법과 동적 할당 방법은 시스템 용량에 긍정적인 측면과 부정적인 측면을 동시에 갖는다.

본 논문에서는 하향 링크 편향형 응용을 고려하여, $\frac{K}{2}$ 개의 하향 링크(DL) 타임 슬롯을 하향 링크를 위하여 미리 예약함으로써 클러스터 내의 모든 셀들에게 정적으로 할당하고 $\frac{K}{2}-2$ 개의 타임 슬롯은 상향 링크와 상향 링크가 동적으로 공유하는 방식을 사용한다. 공유 링크(SL: shared link) 타임 슬롯은 각 링크가 경쟁적으로 점유할 수 있으며, 먼저 점유한 링크가 해당 타임 슬롯을 일정 시간 동안 예약하여 점유한다. 예약 시간 간격은 클러스터 내의 모든 셀에서 그 슬롯의 사용을 해제할 때까지

지로 한다. 그 후, 해당 슬롯은 상향과 하향 링크에서 경쟁적으로 할당하여 예약할 수 있다. 이를 통하여 타임 슬롯간의 간섭 문제를 해결할 수 있으며 트래픽 불균형 문제도 상당 부분 해결 가능하다. 또한 하향 링크 슬롯의 양은 각 클러스터 별로 조정 가능하며, 그것은 클러스터의 트래픽 불균형 정도 또는 생성 형태에 따라 변형 가능하다.

이런 관점에서 제어 알고리즘을 기술하면 다음과 같다.

1. 한 프레임 내의 타임 슬롯의 순서는 그림 2와 같은 프레임 구조를 수용하며 클러스터 내의 모든 셀에서 동일하다.
2. 하향 링크 슬롯은 하향 링크 전용으로 할당되고 공유 링크 슬롯은 하향 링크와 상향 링크가 경쟁적으로 할당한다.
3. 공유 링크 슬롯은 예약 시간 간격을 갖으며, 그 시간 동안 하향(상향) 링크가 독점적으로 사용한다.
4. 공유 링크 슬롯 중 예약 슬롯은 클러스터 내의 이를 사용하는 모든 연결이 종료되면 해제된다.
5. 해제된 슬롯은 하향 링크나 상향 링크가 경쟁적으로 다시 예약 가능하다.

3.2 연결 수락 제어

CDMA/TDD 시스템에서는 자원을 두 측면, TDD에서는 한 프레임에 속한 타임 슬롯들로, CDMA에서는 각 슬롯에서 허용 가능한 총 수신 전력으로 정의한다. 각 실시간(비실시간) 연결은 프레임의 타임 슬롯 및 채널 코드의 집합. 그리고 이들의 할당에 의하여 생성되는 전력의 양을 요구한다. 본 논문에서는 요구하는 확산 코드(Spreading code)가 할당 가능하고 셀 내에 연결 상태인 모든 유저들의 $E_b/(N_0 + I_0)$ 가 만족될 때 타임 슬롯이 할당 가능하고 연결은 수락될 수 있다.

실시간 연결에 필요한 채널 형상이 서비스 협상(Negotiation) 절차를 이용하여 결정되며, 협상 결과에 따른 트래픽 채널 형상의 활성화는 부가 채널 예약 절차를 통하여 이루어진다. 즉 언제(When)부터, 얼마(How much)의 채널 형상을, 얼마 동안(How long) 사용할 것인가를 결정하여 최종적으로 물리 채널(Physical channel)을 구동시킨다. 최대 지

연 가능 시간 내에 연결 설정을 하지 못하면 연결 설정 시도를 중지한다. 채널 형상의 협상이 성공하면 기지국으로부터 임시 번호(Temporal number)를 할당받고, 예약에 성공한 것이 되며 채널 형상은 연결을 해제할 때까지 또는 다른 셀로 핸드오프할 때까지 유효하다. 비실시간 연결에서 서비스 요청이 개시되면 해당 서비스의 지원을 위한 연결 처리 과정을 수행하기 위하여 공용 채널(Shared channel)로 등록 과정만을 수행하며 기지국으로부터 임시 번호를 부여받고 해당 셀 내에 있는 동안 고유 번호로 사용한다. 임시 번호를 부여받은 비실시간 연결은 기지국의 대기 큐에 큐잉(Queueing)되고, 서비스를 요구한 시간에 따라 우선 순위(Priority)를 할당받는다.

각 연결은 기본 슬롯(Primary slot)을 유지한다. 이 기본 슬롯은 한 슬롯 타임을 의미하고 각 연결이 소멸될 때까지 유지된다. 실시간 연결에서 예약 자원의 일부분이며 비실시간 연결에서 MiTR(Minimum Transmission Rate)에 해당한다. 이 기본 슬롯을 할당할 수 없다면 각 연결은 블럭킹된다. 실시간 연결 수락 제어 시에는, 상향(하향) 링크에 기본 슬롯을 할당한 후에, AvTR(Average Transmission Rate)보다 작다면 다시 부가 슬롯(Supplementary slot)을 할당하고 이를 예약 자원으로 결정한다. 비실시간 연결에서는, MiTR에 해당하는 기본 슬롯과 채널 코드만을 할당하며 MaTR을 위한 부가 채널은 할당하지 않는다. 부가 채널에 해당하는 자원은 실시간 연결의 버스트를 이용하여 일시적으로 할당한다. 가용한 자원이 있다면 비실시간 연결은 예약 상태와 상관없이 그 채널 형상을 할당하고, 채널 형상을 점유한 비실시간 연결은 전송 상태를 유지한다. 전송 중에, 실시간 연결이 재전송을 시작하면, 비실시간 연결은 전송을 마치기 전에 부가 자원을 반환하게되고 큐잉의 우선 순위는 최하위가 된다. 비실시간 연결의 전송이 완료되면, 시스템과의 인터페이스를 종료한다.

3.3 채널 형상 관리

CDMA/TDD에서 사용자의 채널 형상은 할당된 타임 슬롯과 채널 코드의 조합으로 구분된다. 하나의 주파수 채널을 타임 슬롯 단위로 구분하고, 그 중 일정한 개수의 슬롯을 하향 링

크에 할당하고, 나머지 슬롯은 상향 링크에 할당한다. 채널 코드는 CDMA에서 채널을 구분하기 위해서 사용되는 채널 코드에 의해 결정되는 통신 채널이며, 코드 뱅크(Code bank)란 각 타임 슬롯에서 사용자에게 할당할 수 있는 모든 채널 코드들의 집합이다. 즉, 새로운 채널 코드에 대한 요청이 있을 때 자원 관리 기구는 코드 뱅크의 채널 코드 중 일부를 할당하게 된다. 코드 뱅크의 채널 코드들이 이미 모두 사용 중이면 새로운 채널 코드를 할당할 수 없게 되고, 코드 뱅크 내에 채널 코드의 여유분이 있을 때만 채널을 할당할 수 있다. 각 타임 슬롯별로 CDMA 시스템의 특성이 그대로 유지되는 CDMA/TDD 시스템은 한 기지국에서 각 타임 슬롯별로 제공할 수 있는 용량이 인접 기지국으로부터의 간섭량 및 해당 기지국 내의 사용자 분포 등에 의해 변화한다. 본 논문에서는 현 상태에서 최대한 할당할 수 있는 채널 코드 수(즉, 코드 뱅크의 크기)를 주기적으로 계산하여 코드 뱅크를 유지한다.

그림 3은 CDMA/TDD의 채널 형상 관리를 위한 기지국의 제어 구조를 보인다. 다중 서비스를 지원하기 위해서는 자원을 예약하는데 사용되는 자원 예약 프로토콜이 필요하다.

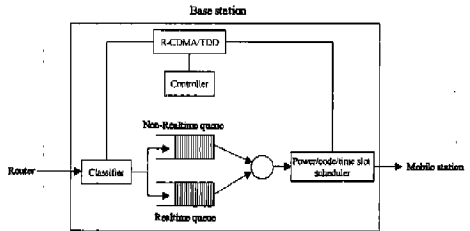


그림 3. 기지국 스케줄러

또한 분류기(Classifier)는 라우터(Router)에서 들어오는 모든 데이터들을 수집하여, 서비스 클래스와 해당 패킷을 매핑하여 실시간 요구는 실시간 큐에, 비실시간 요구는 비실시간 큐에 FCFS(First Come First Serve)로 버퍼링한다. 제어기(Controller)는 요청한 QoS를 처리할 수 있는 가를 판단한다(ABR, CBR, VBR). 스케줄러는 해당 서비스 클래스에 따라, 그리고 객체의 크기에 따라 패킷을 처리한다. 이를 위

하여 채널 형성 즉, 채널 코드와 전력 그리고 타임 슬롯을 할당한다.

3.4 동적 자원 할당

CDMA/TDD 시스템은 타임 슬롯 별로 용량이 결정되고 각 슬롯마다 용량은 달라질 수 있다. 만일 특정 슬롯 동안의 기지국 내 총 요구 용량이 슬롯 용량(Slot capacity)을 초과한다면, 초과된 용량만큼의 QoS 손실을 가져올 수 있다. 이는 현재 사용 중인 전력량만을 고려하여 할당할 경우 발생할 수 있는 문제로, 현재 연결 상태인 호출이 낮은 전송률로 전송하여 전송 전력량에 일시적으로 여분의 자원이 있는 경우, 호 수락 시에 과도하게 연결을 수락함으로써 발생할 수 있다. 본 논문에서는 실시간 클래스의 지연 특성을 고려하여 연결 수락 제어와 자원 할당 방법을 연계하여 제안한다. 실시간 연결에는 AvTR로 전송되는 전송 전력량을 고려하고, 비실시간 클래스에는 MiTR을 가정하여 전송 가능한 지를 결정한다.

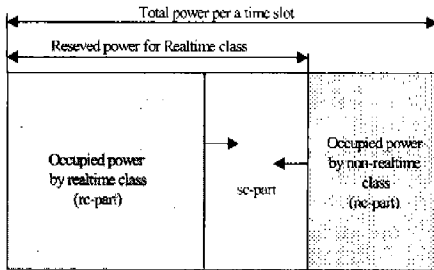


그림 4. 타임 슬롯 당 하향 링크 전력

그림 4와 같이 실시간 클래스는 전력량을 예약한다. 이 전력량은 타임 슬롯마다 변화하며 공유 클래스(Shared class)인 sc-part의 크기는 실시간 객체들의 크기에 따라서 변화한다. 두 클래스의 점유 용량은 항상 sc part의 일정 부분에서 결정되며 또한 타임 슬롯마다 변한다. 즉 sc-part는 슬롯 타임 T_i 동안 비실시간 연결에 의하여 일시 점유 가능하며, T_{i+1} 에서는 다시 갱신된다. 또한 sc-part는 무선 채널 환경 악화로 인한 순간적인 전력 상승을 감내하는 역할을 수행한다.

1) 실시간 클래스 처리 방안

실시간 객체의 크기로 전송률의 변화를 감지한 기지국은, 실시간 및 비실시간 객체를 위한 채널 형상을 결정하고 객체를 전송하기 위한 채널 형상을 재할당한다. T_{active} 동안 한 실시간 연결의 전송률이 높아지면 언제든지 그 연결에 예약된 채널 형상만큼 부가 채널(타임 슬롯, 채널 코드, 전력 등)을 재할당하여 전송할 수 있으며 이에 따라 이 예약된 채널 형상을 점유하고 있던 해당 비실시간 연결의 데이터의 전송률을 재할당하여 MiTR로 전송된다.

해당 채널 형상은 비실시간 연결만이 액세스할 수 있다. 이 때에도 실시간 연결은 각종 제어 정보를 송수신하며 실시간 객체의 크기를 확인한다. 점유 자원을 반환한 실시간 연결은 언제든지 자신의 예약된 채널 형상을 사용하여 전송 가능하며 이에 따라 비실시간 연결은 즉시 채널 형상을 반환해야 한다. 실시간 연결의 상태 전이를 이용한 실시간 클래스 처리 알고리즘이 그림 5에 보인다.

2) 비실시간 클래스 처리 방안

Null state는 비실시간 단말의 요청이 개시되지 않은 상태이다. 비실시간 연결에서 비실시간 객체의 요청이 개시되면 해당 서비스의 지원을 위한 연결 수락 제어를 수행하기 위하여 Initialization state로 전이한다. Initialization state에서는 MiTR만 허용된다면 기지국으로부터 임시 번호를 부여받고 Queuing state로 전이하여 기지국의 대기 큐에 큐잉되고, 서비스를 요구한 시간에 따라 가용 자원을 할당받기 위하여 우선 순위를 할당받는다.

특정 타임 슬롯에 가용한 채널 형상이 있다면 비실시간 연결은 예약 상태와 상관없이 그 형상을 할당하고, 형상을 점유한 비실시간 연결은 부가 자원을 활용하는 상태로 유지된다. 비실시간 연결은 전송을 마치기 전에 해당 채널 형상을 반환하면 큐잉의 우선 순위는 최하위가 된다. 비실시간 연결의 전송이 완료되면, 시스템과의 인터페이스를 종료한다. 비실시간 단말기의 상태 전이를 이용한 비실시간 클래스 처리 알고리즘이 그림 6에 보인다.

```

Algo. 1: for realtime connections
1: Define
2:  $B_T^c$ : available channel configuration in cell  $c$ 
3:  $b_i^{r_{ave}}$ : average rate by realtime connection  $i$ 
4:  $b_i^{r_{min}}$ : minimum rate by realtime connection  $i$ 
5:  $b_i^{r_{rev}}$ : reserved resource to realtime connection
6: CON_1: TRUE if the transmission rate of realtime connections is decreased for more than  $T_{active}$  and FALSE otherwise
7: CON_2: TRUE if the transmission rate of realtime connections is increased for more than  $T_{active}$  and FALSE otherwise
8:  $SP$ : point for dividing frame into uplink and downlink
9:  $RP$ : point for dividing downlink into realtime and non-realtime connection
10:  $A$ : A set of active realtime connections in the cell and new connection
11: /* if primary slot can be found for each uplink and downlink */
12: RealtimeConnection(  $B_T^c, SP, RP, A$  )
13: while  $SP > 0$  do
14:   if  $b_i^{r_{ave}} \leq B_T^c$  then
15:     admit a new realtime connection
16:      $b_i^{r_{rev}} \leftarrow b_i^{r_{ave}}$ 
17:   else if  $b_i^{r_{min}} \leq B_T^c$  then
18:     admit a new realtime connection
19:      $b_i^{r_{rev}} \leftarrow b_i^{r_{min}}$ 
20:   else
21:      $SP \leftarrow SP - 1$ 
22:      $RP \leftarrow RP + 1$ 
23:   end if
24: end while
25: for all realtime connections  $i \in A$  do
26:   if CON_1 == TRUE then
27:     reallocate the rate of realtime call
28:     reallocate  $b_i^{r_{rev}}$  in response to decrease in rate
29:   else if CON_2 == TRUE then
30:     reallocate the rate of realtime call
31:     reallocate  $b_i^{r_{rev}}$  in response to increase in transmission rate
32:   end if
33: end for
    
```

그림 5. 실시간 클래스 처리 알고리즘

```

Algo. 2: for non-realtime connections
1: Define
2:  $B_T^c$ : available channel configuration in cell  $c$ 
3:  $b_i^{n_{max}}$ : maximum transmission rate by non-realtime connection  $i$ 
4:  $b_i^{n_{min}}$ : minimum transmission rate by non-realtime connection  $i$ 
5:  $b_i^r$ : allocated resource to non-realtime connection  $i$ 
6: CON_3: TRUE if there is available resource due to decrease in the transmission rate of realtime connections and FALSE otherwise
7:  $b_i^a$ : the amount of available resource in case of CON 1 is TRUE
8: CON_4: TRUE if the allocated resource is decreased due to increase in the rate of realtime connections
9:  $b_i^d$ : the amount of decreased resource in case of CON_2 is TRUE
10:  $B$ : A set of active non-realtime connections and new connections
11: /* if primary slot can be found for each uplink and downlink */
12: RealtimeConnection(  $B_T^c, P, RP, A$  )
13: if  $b_i^{n_{min}} \leq B_T^c$  then
14:   admit a new non-realtime connection
15:    $b_i^r \leftarrow b_i^{n_{min}}$ 
16:   insert the connection num. into queue
17: else
18:   reject a new non-realtime connection
19: end if
20: if CON 3 == TRUE then
21:   for all non-realtime conn.  $i \in B$  do
22:     /*allocate it with the highest priority*/
23:     for all  $\sum_{i \in A} b_i^a \geq 0$  do
24:        $b_i^r \leftarrow b_i^{n_{max}} - b_i^{n_{min}}$ 
25:        $\sum_{i \in A} b_i^a \leftarrow \sum_{i \in A} b_i^a - b_i^r$ 
26:     end for
27:   end for
28: else if CON 4 == TRUE then
29:   while  $\sum_{i \in A} b_i^d \geq 0$  do /*release it with the lowest priority
30:      $b_i^r \leftarrow b_i^{n_{min}} +$ 
31:      $\sum_{i \in A} b_i^d \leftarrow \sum_{i \in A} b_i^d + b_i^{n_{max}} - b_i^{n_{min}}$ 
32:   end while
    
```

그림 6. 비실시간 클래스 처리 알고리즘

IV. 성능 평가

본 논문에서 제안한 다중 액세스 기법을 평가하기 위하여 시뮬레이션 저작 도구인 MODSIM을 이용하여 시뮬레이션 프로그램인 MOBILESimulatorV5를 개발하고 이를 사용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 평가를 위한 기본 구조는 표 1과 같다.

표 1. 시뮬레이션 파라미터

Parameter	Comments
Mean Active Duration	5sec
Mean Inactive Duration	20sec
Call Arrival Rate	Variable
Cell Layout	1 cell
Given Bandwidth	6.15[MHz]
Shadowing	Log-Normal
Fading	Rayleigh
Call Generation	Poission
User Distribution	Uniform

멀티미디어 트래픽에 대한 영향을 분석하기 위하여, 호 지속 시간, 전송률, 서비스 종류에 근거하여 표 2에 보인 바와 같은 다섯 가지의 서비스를 고려하였다.

표 2. 멀티미디어 트래픽

서비스 분류	멀티미디어 트래픽	전송률 (Kbps)
실시간 클래스	화상 회의	64-384
	VOD	1000-2000
비실시간 클래스	E-mail, 팩스	2.4-6.4
	원격 로그인	64-144
	화일 전송	1000-2000

본 논문에서 제안한 자원 할당 방식을 편의상 R-CDMA/TDD, 자원 예약 특성을 갖지 않는 기존의 자원 할당 방식을 NR-CDMA/TDD라 칭하고 두 부류를 성능 평가하였다. 자원 이용률의 경우, 실시간 연결

에 의하여 예약된 자원이 어느 정도의 비실시간 클래스를 다중화할 수 있는가가 평가 대상이므로, 비실시간 연결만이 사용하는 예약되지 않는 채널은 고려하지 않는다. 클래스와 상관없이 최소 전송률로 30개의 연결을 수용할 수 있다는 가정 하에, 각 클래스와 이에 해당하는 전송률을 발생시켰으며, 연결 수를 변화시키더라도 두 부류의 성능은 거의 유사하였다. 그림 7은 R-CDMA/TDD의 자원 이용률(Resource utilization)을 보인다. 시간 평면과 해당하는 코드 평면상에서 타임 슬롯과 채널 코드를 실시간(비실시간) 클래스가 효율적으로 점유하므로 자원 이용률이 향상됨을 알 수 있다.

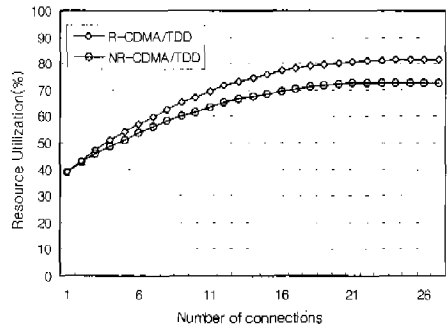


그림 7. 자원 이용률의 비교

그림 8과 9는 R-CDMA/TDD의 평균 전송 지연(Average transmission delay)과 데이터 손실(Data Loss)을 보인다. R-CDMA/TDD에서는 실시간 클래스의 경우에, 전송량 만큼 자원을 점유하여 전송 가능하므로 전송 지연은 거의 없고 비실시간 클래스의 전송 지연이 주로 성능에 관련된다. 반면에 NR-CDMA/TDD에서는 연결 수가 증가하고 연결의 전송량이 증가하면 할수록 실시간 클래스와 비실시간 클래스의 지연과 이에 따른 손실이 증가함을 알 수 있다. 특히 NR-CDMA/TDD의 실시간 클래스의 경우, 특정 시간 간격 동안의 객체를 수용하지 못하는 경우가 연결의 수가 증가하면 할수록 증가하게 되고, 할당받은 전력량으로 수용하지 못하는 만큼의 데이터는 손실된다.

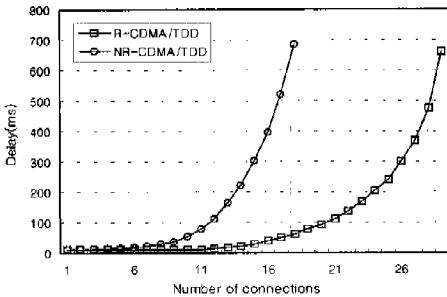


그림 8. 전송 지연의 비교

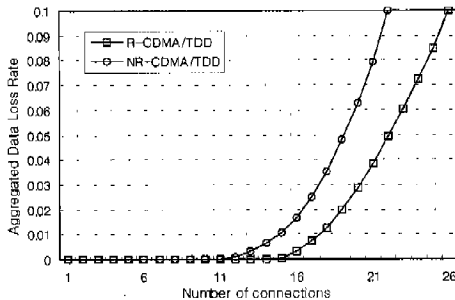


그림 9. 데이터 손실률의 비교

V. 결론

본 논문에서는 시간 평면상에서, 셀간 간섭을 억제하기 위한 타임 슬롯 할당 방법과 코드 평면상에서 해당 자원을 효율적으로 운용하는 방법을 제안하였다. 제안된 방법은 실시간 클래스를 효율적으로 전송하고 보다 많은 가입자를 수용하기 위하여, 실시간 연결은 자원, 즉 타임 슬롯 그리고 채널 코드, 전력 등을 블럭화 함으로서 자원을 예약하고, 전송률이 감소하면 비실시간 연결이 해당 자원을 일시적으로 사용하게 함으로서 사용자를 극대화하였고, 자원을 예약 함으로서 전송률이 증가하면 해당 자원을 다시 점유하게 함으로서 전송 효율을 높였다. 성능 평가를 통하여 지연 및 자원 이용률을 평가하였다. 시간 평면과 해당하는 코드 평면상에서 타임 슬롯과 채널 코드 및 해당 전력을 실시간 클래스와 비실시간 클래스가 효율적으로 점유 함으로서 자원 이용률과 데이터 손실 그리고 전송 지연 성능이 우수함을 알 수 있었다. 따라

서, 제안한 방안은 링크 편향형 무선 멀티미디어 환경에서 효과적으로 사용할 수 있는 방안으로 여겨진다. 단지, 사용자 수가 증가하면 패킷 손실과 지연 증가에 비하여 블럭킹 확률이 다소 증가함으로, 이에 대한 적절한 파라미터가 실제 시스템에서 고려되어야 하며, 실제 시스템 구축 시에는 실시간 연결의 총 채널 중 예약 가능 용량의 비율을 선정하는 것이 필요하다.

참고 문헌

- [1] J. C.-I. Chuang, "Performance limitations of TDD wireless personal communications with asynchronous radio ports," *Electron. Lett.* Vol.28, no. 6, pp. 532-534, Mar. 12, 1992.
- [2] J. Li, et. al., "Dynamic TDD and fixed cellular networks," *IEEE Commun. Letters*, vol.4, no.7, pp.218-220, July 2000.
- [3] W. S. Jeon and D. G. Jeong, "Comparison of time slot allocation strategies for CDMA/TDD systems," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 18, no. 7, pp. 1271-1278, July 2000
- [4] D. G. Jeong and W. S. Jeon, "CDMA/TDD system for wireless multimedia services with traffic unbalance between uplink and downlink," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 17, no. 5, pp. 939-946, MAY 1999
- [5] S. Ramanathan, "A unified framework and algorithms for (T/F/C)DMA channel assignment in wireless networks," *Proc. IEEE INFOCOM '97*, pp.901-908, 1997.
- [6] K.-N. Chang and D. Kim, "Optimal time slot and channel allocation for CDMA/TDD systems with unbalanced traffic," *Proc. of INFORMS-KORMS Seoul 2000*, Seoul, June 2000
- [7] O. Gurbuz and H. Owen, "Dynamic resource scheduling for variable QoS traffic in W-CDMA," *ICC'99*, Vol. pp 703-707, June 1999.
- [8] Miae Woo et. al., "Dynamic Resource Allocation for Multimedia Service in Mobile Communication Environments," *IEEE J.*

Select. Area Comm., Vol. 13, No. 5, PP. 913-922, June 1995.

- [9] 3GPP TS 25.922 V3.1.0, Radio Resource Management Strategies, Mar. 2000
- [10] Z. Pu, X. You, S. Cheng, and H. Wang, "Transmission and reception of TDD multicarrier CDMA signals in mobile communications system," in *Proc. IEEE VTC'99*, Houston, TX, May 1999.

이 종 찬(Jong-Chan Lee)

정회원



1994년 2월 : 군산대학교 전자
계산학과 졸업
1996년 8월 : 숭실대학교 전자
계산학과 석사
2000년 8월 : 숭실대학교 전자
계산학과 박사
2000년 10월~현재 : 전자통신

연구원 선임 연구원

<주관심분야> 무선 멀티미디어, OFDMA

이 문 호(Moon-Ho Lee)

성회원



서울대학교 공학사
숭실대학교 공학 석사
숭실대학교 공학 박사
한국전자통신연구소 연구원
현대전자 정보통신사업부 과장
현재: 청운대학교 멀티미디어
학과 교수

<주관심분야> 무선 멀티미디어, 이동체 위치 추적