

# OFDMA 시스템에서 동기 RA 방식 기반의 상향링크 패킷 전송

## Synch. RA-based Uplink Packet Transmission in OFDMA Systems

오 상 규\*  
Sangkyu Oh

문 진 수\*\*  
Jinsoo Moon

신 석 주\*\*\*  
Seokjoo Shin

### 요 약

본 논문에서는 OFDMA 시스템에서 서로 다른 QoS를 제공하는 다양한 멀티미디어 트래픽 전송을 위해 synchronized RA 기반에서의 상향링크 패킷 전송 프로토콜을 제안한다. 임의 접근 방식에서 발생하는 충돌을 최소화하기 위해 예약 접근 채널을 트래픽 채널에 독립적으로 운영하고, 예약 채널 내에서의 잦은 충돌로 인한 손실을 최소화하기 위하여 예약 채널 접근 확률 합수를 적용하였다. 트래픽별로 제공될 수 있는 예약 채널 접근 확률을 이용하여 우선 순위가 높은 트래픽이 시스템 부하 상태에 관계없이 요구하는 최소 전송률을 보장 받을 수 있는 알고리즘을 제시하였고, 성능평가를 통해 확인하였다.

### Abstract

In this paper we propose uplink packet transmission scheme based on Synchronized RA. The scheme can afford to support diverse QoS required from diverse multimedia traffics. In order to minimize the collision probability occurred in contention based channel access, we assign a reservation access channel additionally to the traffic channels. Access probability function for controlling collisions occurred in the reservation access channel is applied. Through assigning different access probability to each traffic user with respect to priority issued by his required QoS, the proposed scheme guarantees minimum throughput required by higher priority users in the whole range of system load.

\*\*\* keyword : OFDMA, Synch. RA, 상향링크 패킷 전송

## 1. 서 론

최근 이동통신 시스템은 고품질의 다양한 멀티미디어 서비스를 사용자에게 고속으로 제공할 수 있도록 끊임없이 발전되고 있다. 이러한 기술의 발전을 통해 모바일 사용자들에게 음성, 데이터, 비디오를 포함한 멀티미디어 서비스의 폭 넓은 범위를 지원하게 될 것이다. 이동통신 시스템에서는 활용 가능 한 주파수 대역폭이 제한되기 때문

에 제한된 주파수 자원을 효율적으로 활용하기 위해 다중 접속(Multiple Access) 및 다중화(Multiplexing) 방식을 사용한다[1]. 무선 다중 접속 및 다중화 방식 중 하나인 OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access)는 페이딩에 강하고, 쉽게 고속 전송을 위한 대역폭 확장이 가능하다는 장점으로 인해 많은 시스템에 적용되고 있다.

OFDMA 방식에서의 임의접근(RA: random access)은 단말과 기지국의 시간 동기 확보 여부에 따라 비동기접근(non-synchronized RA)과 동기접근(synchronized RA)으로 나뉜다. 비동기접근은 기지국과 단말들 간의 상향링크 동기가 없는 상태에서 기지국에 호설정, 자원요청 등을 수행하는 방식으로 동기 불일치에 의한 왜

\* 준 회 원 : 조선대학교 컴퓨터공학부 석사과정  
gatesple@gmail.com

\*\* 준 회 원 : 조선대학교 컴퓨터공학부 석사과정  
junhyukrue@nate.com

\*\*\* 종신회원 : 조선대학교 컴퓨터공학부 교수 (교신저자)  
sjshin@chosun.ac.kr

[2007/11/20 투고 - 2007/11/29 심사 - 2007/12/10 심사완료]

곡 및 간섭이 심하다. 단말은 비동기임의접근을 통해 상향링크로의 동기를 획득할 수 있다. 동기 임의접근은 상향링크 동기를 획득한 상태에서 상대적으로 안정된 상태에서 기지국에 자원 등을 요구하는 방식이다. 두 방식 모두 어떤 단말이 어느 때에 자원을 요구해올지 모르기 때문에 경쟁 체제로 운용된다. 임의접근 시 단말의 전송 목적이나 임의 접근 우선순위를 할당하여 단말의 임의접근 성공 확률을 제어할 수 있다[2].

본 논문에서는 단말과 기지국 간에 비동기임의접근 과정을 통하여 상향링크로의 패킷 전송에 필요한 동기를 획득하고 있다고 가정된 후, 상향링크로 단말들이 패킷을 임의접근 방식에 따라 전송하는 시나리오를 제안하고 그 성능을 분석하였다. 기존의 슬롯화된 ALOHA 방식과 같은 패킷 전송 프로토콜과는 달리, 임의접근 방식에서 발생하는 잦은 충돌로 인한 손실을 최소화하기 위하여 본 연구에서는 예약접근채널을 트래픽채널과 독립적으로 운용하는 패킷 전송 방식을 제안한다. 제안된 임의접근 프로토콜에서는 패킷 전송 이전에 자원 할당 요청을 위한 예약프리앰블을 먼저 예약접근채널을 통하여 전송하고, 기지국으로부터 예약프리앰블 전송에 대한 접근 허용(Access Grant: 임의접근 성공에 대한 ACK, 트래픽 채널 자원에 대한 할당 정보 등)을 수신한 후, 해당 단말은 할당된 자원을 이용하여 패킷을 전송하는 시나리오를 제안하였다.

## 2. 동기임의접근 방식에서의 제안된 상향링크 패킷 전송 기법

셀룰러 환경에서 한 셀 내에는 하나의 기지국과 여러 개의 이동 단말이 존재하는 무선 네트워크를 가정하였다. 각 단말은 기지국과 통신을 하며, 기지국은 다른 유선 혹은 무선망을 통해 다른 네트워크에 연결될 수 있다.

제안된 프로토콜은 기본적으로 OFDMA 구조에서 상향링크에 대한 동기를 획득한 후의 패킷 전송을 가정하였으므로, MAC 프레임의 구조는

Hybrid FDMA/TDMA[3] 형태에 있어서의 패킷 기반 전송 모델과 유사하다. OFDMA 시스템에서 사용되는 다수의 서브캐리어(subcarrier)를 그룹으로 묶어서 하나의 서브채널을 구성한다고 가정하면 주파수축으로 FDMA 시스템과 같이 다수의 독립된 트래픽 채널이 존재하는 구조로 생각할 수 있다. 또한, 패킷 기반의 전송에서 시간 축을 효율적으로 제어하기 위해서는 TDMA 방식에서와 유사하게 프레임 단위의 구조를 가정하는 것이 효과적이며, 한 프레임에 시간 영역에서 분할될 수 있는 슬롯의 단위는 평균 전송되는 MAC PDU 사이즈를 고려하는 것이 효과적이다. 본 연구에서는 AMC 옵션이 최소일 때, 44bytes 정도의 크기를 갖는 구조로 가정한다.

시스템을 단순화시키기 위하여 모든 멀티미디어 트래픽의 MAC PDU (Protocol Data Unit)사이즈는 고정된 것으로 가정하고, 모든 단말의 TTI (Transmission Time Interval)은 슬롯시간과 동일한 것으로 간주한다.

따라서 본 연구에서 고려하는 시스템 파라미터는 다음과 같이 정의될 수 있다.

(표 1) OFDMA 기반 시스템에서의 MAC 프레임 파라미터

| 파라미터        | 값       |
|-------------|---------|
| 서브채널 수      | 6       |
| 프레임당 슬롯 수   | 10      |
| 한 프레임의 길이   | 10ms    |
| MAC PDU 사이즈 | 44bytes |

동기임의접근 방식에서의 패킷 전송에서 충돌 효과를 최소화하기 위한 방안으로 예약접근채널을 트래픽채널과 독립적으로 운용한다. 예약접근채널을 제외한 나머지 서브 채널들은 단말들의 MAC PDU들을 전송하기 위한 트래픽 채널로 정의한다. 예약 접근 채널에서 전송되어 질 프리앰블은 트래픽 채널의 패킷보다 상당히 작아도 되므로 예약 접근 채널은 다수의 부슬롯으로 분할될 수 있다.

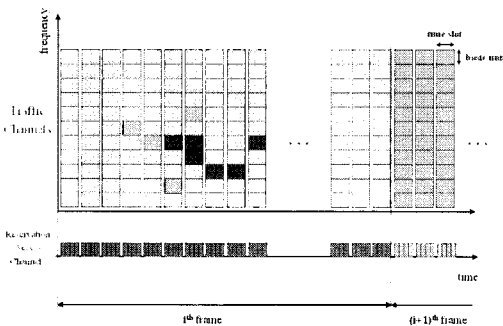
그림 1은 제안된 MAC 프레임의 예를 보여준다.

## 2.1 멀티미디어 트래픽의 구분

본 연구에서는 음성 트래픽, 데이터 트래픽, 비디오 트래픽의 세 가지 트래픽 형태가 고려되었다. 기존의 무선 네트워크에서는 음성 트래픽을 단순히 CBR 트래픽으로 간주하고 일정한 자원을 할당했다. 그러나 패킷 기반의 무선 네트워크에서는 음성 트래픽을 음성 활성 구간과 비활성 구간의 반복적인 특성을 고려하여 음성 활성 구간에서만 패킷을 생성, 전송하면 된다 (실제로는 비활성 구간에서도 제어 정보의 전송이 필요하나 여기에서는 무시한다).

데이터 트래픽은 버스티한 특성을 잘 묘사하기 위하여 Pareto 분포로 가정하는 것이 일반적이다. 본 연구에서는 데이터 트래픽으로 가장 일반적으로 고려하는 웹브라우징 모델을 적용하였다.

비디오 트래픽은 VBR로 묘사되며, 주기적 특성과 버스티한 특성이 혼용되어 있는 트래픽으로 모델링할 수 있다. 또한, 음성이나 상향링크의 데이터 전송에 비해 전송량이 많은 트래픽이므로 본 연구에서의 비디오 트래픽은 버스티한 특성을 갖도록 패킷의 사이즈는 파레토 분포로 묘사되고, 주기적 특성을 위해 일정한 패턴의 패킷 발생이 되도록 모델링하였다.



(그림 1) 예약접근채널과 트래픽채널로 분리된 형태의 제안 프레임 구조

## 2.2 예약접근채널의 구조 및 운용

단말의 패킷을 상향링크로 전송하는 경우 예약

접근채널을 적용하기 때문에 예약프리앰블 전송에 성공한 단말은 기지국에 의해 트래픽채널 할당을 받기 때문에 충돌은 슬롯화된 ALOHA 기반 전송을 수행하는 예약프리앰블 전송 시에만 발생한다. 예약접근채널에서의 이러한 프리앰블의 충돌을 최소화하기 위하여 예약채널접근확률 함수를 정의한다. 예약채널접근확률 함수는 입력부하에 따른 충돌 해소 기법이기도 하지만, 동시에 멀티미디어 트래픽의 다양한 QoS에 따른 우선순위 할당 정책으로 고려될 수 있다. 또한, 우선 순위 기반 스케줄링에서 부각되는 기근 해소 문제도 같이 고려하여 최적의 할당 방식을 제안할 수 있다.

동기임의접근 방식 기반의 패킷 전송 시나리오에서 전송할 패킷을 가지고 있는 단말이 트래픽 채널의 슬롯을 예약하지 못하는 경우는 다음과 같이 두 가지로 정의 될 수 있다.

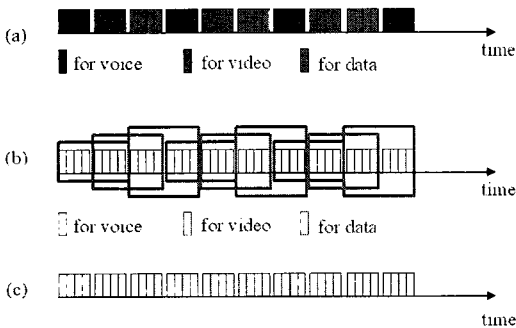
- i) 예약 접근 채널의 부슬롯에서 예약프리앰블 간의 충돌 및 페이딩 등에 의한 전송 신호의 왜곡, 채널 및 기지국간의 간섭에 의한 왜곡 등으로 인하여 기지국이 전송된 프리앰블을 올바르게 수신하지 못하는 경우.
- ii) 예약프리앰블의 수신에는 성공했으나, 트래픽 채널에서 더 이상의 사용 가능한 자원이 없는 경우.

만일, 단말이 성공적으로 예약채널을 통하여 예약프리앰블을 전송하게 되면, 기지국은 트래픽 채널에 사용 가능한 슬롯이 존재할 경우에만 그 단말에게 사용할 슬롯에 대한 정보를 송신하게 된다. 반대로, 단말이 위의 두 가지 원인으로 인하여 예약에 성공하지 못하면, 주어진 갠신된 예약채널수락 확률을 기반으로 예약접근채널에서의 프리앰블 전송을 재 시도한다.

그림 1에서 보여 지는 예약접근채널과 같이 한 슬롯 구간에  $S_m$ 개의 부슬롯이 존재한다고 가정하면, 다양한 멀티미디어 트래픽의 임의접근 시도를 보다 효과적으로 지원하기 위해 트래픽별로 자원을 할당하는 방법과 공유하는 방법을 고려해

볼 수 있다. 그림 2에서는 예약접근채널의 자원을 트래픽별로 할당할 수 있는 다양한 시나리오를 표현하고 있다. (a)는 각 트래픽이 사용하는 빈도 (트래픽별 RA 시도 평균 비율)에 따라 트래픽 별로 고정된 자원을 할당하는 방식이고, (b)는 트래픽 별 접근 시도 빈도에 따른 자원 할당과 더불어 실시간 트래픽 변화량에 적응하기 위해 부분적으로 공유 자원 할당 방식이다. 한 예로 그림에서와 같이 각 트래픽 단말은 각각 고유의 예약접근채널 자원과 공동의 자원을 이용하여 예약 시도 임의접근을 수행한다. (c)는 모든 트래픽의 단말이 사용 가능한 예약접근채널의 자원을 모두 공유하는 방식이다.

임의접근 방식 패킷 전송의 문제점 중 하나는 각 단말의 상향링크 채널에 대한 CQI(Channel Quality Information) 정보를 이용하여 AMC(Adaptive Modulation and Coding)와 같은 링크 적응 기법을 적용하기가 어렵다는 것이다. 하나의 가능한 시나리오는 프리앰블 전송으로부터 해당 단말의 채널 상태를 추정하고 기지국은 하향링크로 패킷 전송을 승인할 때 사용할 수 있는 AMC 옵션에 대한 정보를 같이 전송함으로써 단말이 자신의 버퍼 상태 및 트래픽 특성에 따라 능동적으로 AMC 옵션을 선택할 수 있도록 한다. 기지국은 단말의 버퍼 상태를 알 수 없기 때문에 접근허용 시에 사용할 수 있는 최대 AMC 옵션만 지정한다.



(그림 2) 트래픽에 따른 예약접근채널 자원 할당 방식: (a) 트래픽 별 비공유 자원 할당 (b) 트래픽별 부분 공유 자원 할당 (c) 모든 트래픽 공유 자원 할당

## 2.3 예약채널접근확률 함수

예약채널접근확률 함수(Reservation Channel Access Permission Probability)의 정의는 다음과 같은 목적을 달성할 수 있도록 설계한다: 1. 예약 채널에서 발생할 수 있는 프리앰블 간 충돌 확률 최소화. 2. 트래픽에 따른 전송 우선순위를 할당함으로써 단말이 요구하는 다양한 QoS를 충족. 이러한 목적으로 트래픽 종류 및 재전송 횟수 등에 따른 예약채널접근확률 함수를 정의할 수 있으며, 위에서 언급한 것과 같이 예약접근채널의 자원 분배 정책에 따라 함수 정의가 달라질 수 있다. 따라서 각 단말이 예약프리앰블을 언제 전송하느냐 하는 것은 시간에 따라 업데이트되는 접근확률 함수에 의해 통제되어진다. 우선 접근확률 함수를 최적으로 정의하기 위해 현 시점의 프레임 구간에서 예약을 시도하는 모든 단말의 수를 예상할 필요가 있다. 이는 예약접근채널에서의 처리량을 최대로 유지하기 위해 예약프리앰블 관점에서의 입력부하가 항상 1이 유지되도록 하기 위함이다. 현 프레임동안 예약프리앰블을 전송하는 모든 단말에 대한 예상치로서 이전 프레임에서 예약프리앰블을 전송한 단말의 수를 사용하여 예약채널접근확률을 최적화하였다.

우선, 그림 2의 (c)와 같이 모든 예약채널의 자원을 모든 트래픽 사용자가 공유하는 경우를 생각한다. 따라서 우리는 다음과 같은 조건에 의해서 각 트래픽에 대한 예약채널접근확률을 정의할 수 있다.

먼저 각각의 트래픽 클래스들의 접속 시도 확률을 다음과 같이 정의하자.

- $a_v$ : 음성 트래픽의 접근 우선 순위
- $a_s$ : 비디오 스트리밍 트래픽의 접근 우선 순위
- $a_w$ : WWW 트래픽의 접근 우선 순위

여기서  $0 \leq a_v, a_s, a_w \leq 1$ 을 만족한다. 모든 트래픽 클래스들의 총 사용자  $J$ 명이 접속을 시도하고

있을 때, 각 트래픽 클래스의 평균 사용자 수는 임의의 정해진 비율  $J_v, J_s, J_w$  각각으로 주어진다 고 가정한다. 이때 각각의 트래픽 클래스들의 사용자들 중 접속 시도를 성공한 사용자들의 개수들을  $(J_0, J_1, J_2)$ 로 표현하면 발생 확률  $P(J_0, J_1, J_2)$ 는 다음과 같이 얻어질 수 있다.

$$P(J_0, J_1, J_2) = \binom{J_v}{J_0} \binom{J_s}{J_1} \binom{J_w}{J_2} r_0^{J_0} (1-r_0)^{J_v-J_0} r_1^{J_1} (1-r_1)^{J_s-J_1} r_2^{J_2} (1-r_2)^{J_w-J_2} \quad (1)$$

결과적으로 음성 트래픽 클래스 버스트들이 충돌 없이 기지국에 평균적으로 접속 성공될 확률,  $P_{s,voice}$  을 구하면 다음과 같이 얻어질 수 있다.

$$P_{s,voice} = \frac{\sum_{j=1}^{J_v} \sum_{j_0=1}^{J_0} P_{s,voice}(j, j_0)}{J_v} \quad (2)$$

나머지 트래픽 클래스들의 평균 성공확률도 위의 방식과 유사한 방법으로 얻을 수 있다. 위에서 계산되어진 트래픽 별 평균 성공 확률 값을 얻기 위하여  $a_v, a_s, a_w$  의 예약접근 채널 확률 함수를 그림 2의 (c)와 같이 모든 트래픽 단말이 예약채널의 자원을 공유한다는 가정에서 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$a_v=1, \quad J_v+J_s \times a_s+J_w \times a_w \leq L_{R_t}^v \quad (3)$$

$L_{R_t}^v = \text{floor}(R_t - (R_t - 2) \times \text{GMSP}_v)$  은  $\text{GMSP}_v$  와 가능한 모든 무선 자원( $R_t$ )에 따라 일정하다. 여기서  $\text{GMSP}$ 는 트래픽에 따라 할당되는 최소보장성 공확률 (Guaranteed Minimum Success Probability) 이다. 비디오 트래픽에 대한  $\text{GMSP}$  또한 맞게 하기 위해  $a_w$  가 항상  $\text{GMSP}_s$  과  $\text{GMSP}_v$  의 비율보다 크거나 같도록 값을 선택한다. 따라서 획득된 액세스 우선순위 값은  $a_v, a_s, a_w$  의 값으로 도출될 수 있다.

### 3. 트래픽 모델링과 시뮬레이션 환경

#### 3.1 음성 트래픽 모델

음성 원은 지수 함수 분포에 의해 결정되는, 통계적으로 서로 독립인 음성활성 구간과 비활성 구간의 패턴을 생성한다. 각 구간의 평균 값은 1 초, 1.35초이다. 음성 패킷은 음성활성 구간 동안만 생성되며, 8000bps의 비트 생성율을 갖는다. 그중 160 비트씩 하나의 음성 패킷으로 만들어지며, 이는 1초에 50개의 프레임이 있다고 가정하면 한 프레임에 하나의 패킷만을 전송함으로써 음성의 음질을 만족하는 전송속도를 유지할 수 있다.

본 연구에서는 음성 트래픽의 활성 구간 초기에 예약채널을 통한 트래픽 채널 자원 할당 받으면 기지국은 매 2번째 프레임마다 자원을 고정적으로 할당하는 것으로 가정한다. 음성 활성 구간의 종료는 piggybacking 방식에 의해 기지국에 전달된다[5].

#### 3.2 데이터 트래픽 모델

웹 브라우징 세션은 웹 페이지의 다운 로딩과 그 정보의 독서 시간으로 구분되어 온/오프 모델의 형태를 띠고 있으며, 웹 페이지의 다운로드는 패킷 콜로 불린다. 웹 브라우징 트래픽은 서로 다른 크기의 시간영역에 대하여 비슷한 특성을 갖는 자기 유사의 형태를 지니고 있다. 그러므로 패킷 세션과 같이 패킷 콜은 온/오프 구간으로 다시 나뉜다. 하나의 웹 페이지는 단독적으로 참조되는 여러 개의 개체들로 구성되어 있으며 한 페이지는 사용자에 의해 명시적으로 요구된 단일 HTTP 요구이다. 처음의 HTML 페이지를 주 개체라 하고 주 개체에 의해 참조되는 구성개체들은 임베디드 개체라 한다. 트래픽 모델의 각 구성요소의 분포와 그 분포와 관련된 파라미터는 [5]를 따른다.

### 3.3 비디오 트래픽 모델

비디오 트래픽 모델은 실시간 폴링 서비스 (real-time Polling Service: rtPS)로 생각할 수 있다. 비디오 스트리밍 트래픽 모델은 일정한 시간에 해당하는 프레임의 연속적인 발생으로 묘사되며, 하나의 프레임은 고정된 수의 패킷으로 분해된다. 또한 각 패킷은 파레토 분포에 의해 그 사이즈가 결정된다. 하나의 비디오 세션에는 연속적인 비디오 프레임이 존재하며, 비디오 프레임 간의 간격은 100ms로 정의된다. 프레임 당 가변길이를 갖는 비디오패킷이 8개 발생하며, 각 패킷의 길이와 패킷 간 도착시간은 Pareto 분포를 따른다. 비디오 트래픽 모델의 파라미터 값들은 [5]를 따른다. 비디오 트래픽의 MAC PDU 생성은 가변적이며, 이를 효과적으로 전송하기 위해서는 자원할당의 주기도 가변적이어야 한다.

(표 2) 모의실험에 사용된 시스템 파라미터

| 파라미터                         |         | 값        |
|------------------------------|---------|----------|
| 상향링크 채널                      | 트래픽 채널  | 11       |
|                              | 예약접근 채널 | 1        |
| 프레임당 슬롯 수                    |         | 10       |
| 예약채널의 슬롯당 부슬롯 수              |         | 5        |
| 한 프레임의 길이                    |         | 10ms     |
| CDMA 코드 수                    |         | 4        |
| 최대 허용 패킷                     | 음성      | $10^2$   |
| 손실률                          | 비디오     | $10^2$   |
| MAC SDU 사이즈                  |         | 40bytes  |
| 최대 허용 지연 시간                  |         | variable |
| 발생 데이터 율                     | 음성      | 16kbps   |
|                              | 비디오     | 339kbps  |
| # of Iteration in Simulation |         | 100      |

### 3.4 시뮬레이션 모델 및 파라미터

표 2는 모의실험에 사용한 시스템 파라미터를 정리한 것이다. 무선 환경에서는 사용자가 기지국으로부터 수신하는 수신 전력 뿐만 아니라 단말로부터 송신되어 기지국에서 수신되는 전력도 셀에서의 지형적 위치, 페이딩 특성 등에 크게 의존

한다. 특히, OFDM 변조 방식과 같이 주파수 다이버시티의 장점을 갖는 시스템에서는 링크 적응 기술을 적용하여 채널의 효율을 극대화 할 수 있다. 상향링크로 정의된  $N_{ch}$  개의 채널에 대해 단말  $k$ 는  $SNR_k^0, \dots, SNR_k^Y$ 과 같은 채널 품질을 갖는다. 이러한 수신  $SNR_k$  값은 단말로부터 기지국으로 송신되는 파일럿 채널에 의해 추정될 수 있으나, 예약프리앰블 전송 시에 이러한 특징을 획득할 수 있다. 즉,  $n$ -번째 채널에 대해  $k$ -번째 사용자에 대한 기지국의 수신  $SNR$ 은 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$SNR_k^n = \frac{P_p h_{k,n}^2}{N_0 \frac{B}{N}} \quad (4)$$

여기에서  $h_{k,n}$ 는  $k$ -번째 사용자의  $n$ -번째 채널에 대한 페이딩 효과의 랜덤 변수이고,  $P_p$ 는 파일럿 혹은 프리앰블을 통해 전송되는 송신 전력이다.  $N_0$ 는 잡음 전력 스펙트럼 밀도이고,  $B$ 는 시스템에서의 대역폭을 의미한다. 사용자  $k$ 의  $n$ -번째 채널에 대한 채널 이득인  $h_{k,n}^2$ 는 다음과 같이 주어질 수 있다. 여기에서  $PL_k$ 은  $k$  사용자에 대한 경로 손실 함수로 정의된다.

$$h_{k,n}^2 = |\alpha_{k,n}| \cdot PL_k \quad (5)$$

$$PL_k = PL(d_0) + 10\beta \log\left(\frac{d_k}{d_0}\right) + X_\sigma \quad (6)$$

$\alpha_{k,n}$  사용자  $k$ 의  $n$ 채널에 대한 페이딩이고, 기지국과 사용자  $k$  사이의 상대적 거리를  $d_0, d_k$ 로 표현하고, 경로 손실 파라미터로  $PL$ 을 정의할 수 있으며 이때  $X_\sigma$ 는 섀도잉에 대한 가우시안 랜덤 변수로 표현된다.

본 논문에서는 단말  $k$ 에 대한 모든 상향링크 채널의 채널품질정보는 동일하다고 가정한다. 셀 내에서의 모든 사용자의 위치는 랜덤하게 분포된다고 가정하고, 예약접근채널에서의 슬롯 당 부슬롯의 수는 5, 부슬롯에서 사용할 수 있는 CDMA 코드는 4라고 가정하였다.

#### 4. 시뮬레이션 결과 및 성능 평가

본 절에서는 제안된 동기임의접근 방식 기반의 상향 링크 패킷 전송 시나리오에 대한 성능 평가를 수행하였다. 우선 다음과 같이 시스템에 존재하는 각 트래픽별 단말의 수와 각 단말의 패킷 전송을 위한 예약접근채널에서의 임의접근 GMSP를 정의하였다.

각 트래픽 별 사용자 수:  $J_v:J_s:J_w = 2:3:5$

각 트래픽 별 GMSP:

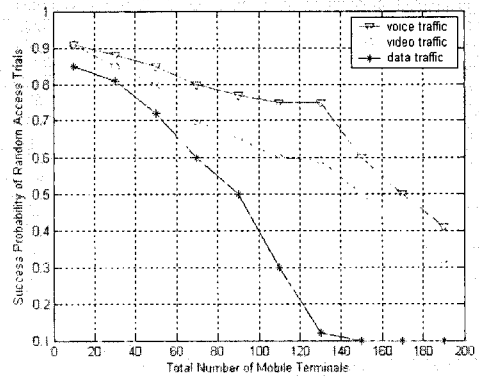
$GMSP_v:GMSP_s:GMSP_w = 40\% : 30\% : 10\%$ .

그림 3은 각각의 트래픽이 예약접근채널에 예약채널접근확률 함수를 이용하여 임의 접근을 시도할 때 시스템에서의 동시사용자에 따른 접근 시도 성공 확률을 나타내었다. 그림에서와 같이 음성 및 비디오 트래픽에 대해서는 항상 데이터 트래픽에 비해 높은 성공 확률을 제공하고 데이터 트래픽의 성공 확률은 10%에서 GMSP 값을 유지한다. 데이터 트래픽의 성공확률을  $GMSP_w$ 로 유지하기 위하여 음성 및 비디오 트래픽의 성공 확률을 희생하게 되며, 이 또한 요구되는 각각의 GMSP 값에서 유지되도록 시스템을 운용한다. 일정 문턱값 이후에는 모든 트래픽이 요구하는 GMSP 값을 만족시킬 수가 없다. 이러한 결정적 문턱값을 브레이크 포인트로 정의한다.

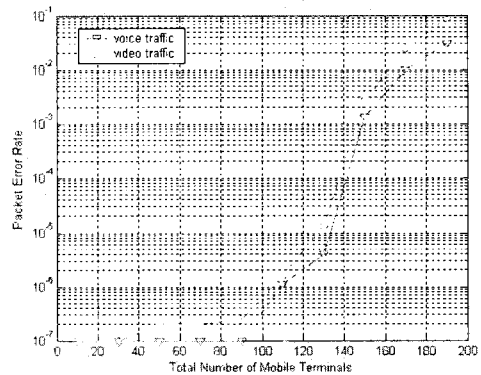
그림 4는 동일 조건 ( $J_v:J_s:J_w = 2:3:5$ ,  $GMSP_v:GMSP_s:GMSP_w = 40\% : 30\% : 10\%$ ) 하에서 실시간 트래픽으로 간주되는 음성 및 비디오 트래픽의 패킷 손실률 (PER)을 측정하였다. 요구되는 GMSP 값들이 차이가 있기 때문에 그림에서와 같이 음성보다 비디오의 패킷 손실률이 같은 조건의 사용자 수에 대해 더 높음을 알 수 있다.

그림 5는 동일 조건 ( $J_v:J_s:J_w = 2:3:5$ ,  $GMSP_v:GMSP_s:GMSP_w = 40\% : 30\% : 10\%$ ) 하에서 데이터 트래픽에서 발생하는 평균 패킷 전

송 지연 시간을 나타내었다. 그림 3에서의 영향과 같이 일정 수 이상의 사용자 수 증가의 경우 패킷 지연이 급격하게 증가하게 되나, GMSP를 10% 최소한 유지하므로 그 포인트 이후의 패킷 지연을 서서히 증가하고 있음을 확인할 수 있다.



(그림 3) 트래픽 별 사용자 수 증가에 따른 각 트래픽 별 예약접근 채널에서의 채널 접속 성공 확률 값

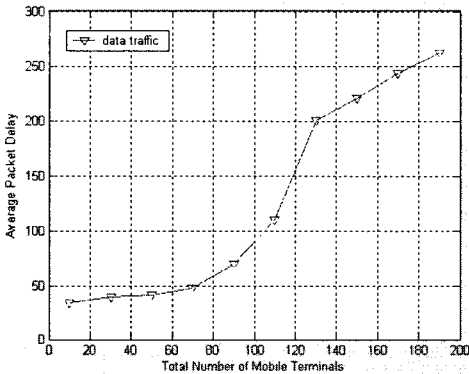


(그림 4) 트래픽 별 사용자 수 증가에 따른 음성 및 비디오 트래픽에서의 패킷 손실률 (PER)

#### 5. 결론

본 논문에서는 OFDMA 기반 시스템에서 동기 임의접근 방식 기반 패킷 전송 시나리오에 적합한 전송방식을 제안하고 그 성능을 분석하였다.

임의접근 방식에서의 단점인 충돌에 의한 손실을 최소화하기 위하여 예약접근채널을 통한 예약방식으로 패킷 전송 효율 증대를 유도하였고, 다양한 멀티미디어 트래픽이 요구하는 여러 가지의 QoS 등을 만족시키기 위하여 우선순위 기반의 채널접근확률을 적용하여 트래픽 별 채널 접근 성공 확률을 다르게 유지할 수 있음을 성능 평가를 통해 증명하였다. 시스템 부하 상태에 관계없이 최소 전송율을 보장할 수 있는 트래픽 별 최소 채널 접속 성공 확률인 **GMSP** 기법을 적용하여 그 성능을 평가하였다.



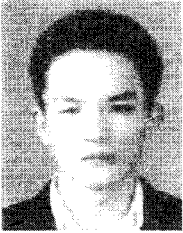
(그림 5) 트래픽 별 사용자 수 증가에 따른 데이터 트래픽에서의 평균 패킷 전송 지연 특성

## 참고 문헌

- [1] V. Huang and W. Zhuang, "QoS-Oriented Access Control for 4G Mobile Multimedia CDMA Communications," *IEEE Commun. Magazine*, pp. 118-125, Mar. 2002.
- [2] Y. Choi, S. Park, and S. Bahk, "Multichannel Random Access in OFDMA Wireless Networks," *IEEE JSAC*, vol. 24, no. 3, pp. 603-613, Mar. 2006.
- [3] C. Drewes, R. Hasholzner, and J. S. Hammerschmidt, "TDMA-based Broadband Fixed Radio Access: Performance and Implementation Issues of Adaptive Equalizers," *Proceedings of the Int'l Zurich Seminar on Broadband Communications*, pp. 193-200, Feb. 1998.
- [4] P. Chatzimisios, A. C. Boucouvalas, and V. Vitsas, "Optimization of RTS/CTS handshake in IEEE 802.11 Wireless LANs for maximum performance," *Proceedings of IEEE Globecom*, pp. 270-275, Dec. 2004.
- [5] S. Shin and B. H. Ryu, "Packet Loss Fair Scheduling Scheme for Real-time Traffic in OFDMA Systems," *ETRI J.* vol. 26, no. 5, pp. 391-396, Oct. 2004.



● 저 자 소 개 ●



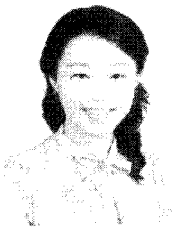
**오 상 규(Sangkyu Oh)**

2007년 조선대학교 컴퓨터공학부 인터넷 소프트웨어 공학과 졸업(학사)

2007년~현재 조선대학교 컴퓨터공학과 석사과정

관심분야 : 무선통신 MAC, VANET

E-mail : gatesple@gmail.com



**문 진 수(Jinsoo Moon)**

2006년 조선대학교 인터넷 소프트웨어 공학과 졸업(학사)

2006년~2008년 조선대학교 컴퓨터공학과 졸업(석사수료)

관심분야 : 무선통신 MAC

E-mail : junhyukrue@nate.com



**신 석 주(Seokjoo Shin)**

1997년 한국항공대학교 항공전자공학과 졸업(학사)

1999년 광주과학기술원 정보통신공학과 졸업(석사)

2002년 광주과학기술원 정보통신공학과 졸업(박사)

2002~2003 한국전자통신연구원 이동통신연구단 선임연구원

2003~현재 조선대학교 컴퓨터공학부 조교수

관심분야 : 무선통신 MAC, 센서 네트워킹, 협력통신, VANET

E-mail : sjshin@chosun.ac.kr