
OFDMA 시스템 상향 링크에서, 임의의 접근 채널의 차별화된 서비스 품질 제공을 위한 Backoff기반 임의의 접근 알고리즘 및 그 성능 분석

이영두* · 구인수**

Backoff-based random access algorithm for offering differentiated QoS services in the random access channels of OFDMA systems

Young-du Lee* · Insoo Koo**

이 논문은 산업자원부/울산광역시 지원 울산대학교 네트워크 기반 자동화연구센터의 지원에 의한 것임

요 약

본 논문에서는 다중 서비스 다중 사용자 OFDMA 시스템의 임의의 접근채널에서 차별화된 서비스 품질을 제공하기 위하여 backoff기반 임의의 접근 알고리즘을 제안하고, 임의의 접근 채널의 주 자원인 부채널의 수와 PN-코드의 수가 주어진 경우, 제안된 알고리즘의 성능을 각 서비스 클래스 접속 확률의 함수로서, 각 서비스 클래스의 접속 성공 확률, 처리율, 블로킹 확률, 접속 지연관점에서 분석한다. 수치적 분석을 통하여 제안된 backoff 기반 임의의 접근 알고리즘이 서로 다른 서비스 클래스의 임의접근 시도들에게 차등한 서비스 품질을 제공할 수 있음을 보였다.

ABSTRACT

In this paper, in order that the various QoS(Quality of Service)s that are required by different traffic class are guaranteed in the random access channels in multi-service multi-user OFDMA systems, the backoff-based random access algorithm is proposed and corresponding performance is analyzed in terms of the access success probability, the throughput, the average delay and the blocking probability. Through the numerical analysis, it is shown that the proposed backoff-based random access algorithm can provide the differentiated QoS to random access attempts according to their service class.

키워드

OFDMA, back-off based random access, Quality of Service (QoS)

* 울산대학교 전기전자정보시스템공학부 석사과정

** 울산대학교 전기전자정보시스템공학부 교수 (교신저자)

I. 서론

3세대 이동통신 시스템의 개발 이후, 고속 이동 환경에서도 고속의 멀티미디어 서비스가 가능한 광대역 무선 접속 시스템에 대한 연구가 증가하고 있다. 3.5세대 및 4세대 광대역 무선 접속 방식으로 OFDMA(orthogonal frequency division multiple access) 방식이 학계와 표준화 단체의 많은 관심을 끌고 있으며, IEEE802.16e, 3GPP LTE 그리고 3GPP2 AIE와 같은 차세대 무선통신시스템의 주요 후보군으로 선택되고 있다[1,2,3,4]. OFDMA 방식은 여러 사용자들에게 각기 다른 직교성을 가진 부반송파들을 할당해서 동시에 정보를 전송하는 무선 접속 방식이며, 주파수 축상에서 사용자들을 분리할 수 있어서 한 셀내에서의 다중 접속 간섭의 영향을 감소시킬 수 있는 장점을 가지고 있다[2,3].

OFDMA 시스템의 상향 링크에서, 각 사용자들은 사용자 데이터를 기지국으로 전송하기 전에 자원요청명령을 기지국으로 반드시 전송하여 특정 시간-주파수 자원들을 기지국으로부터 할당받아야 한다. 특히 사용자들이 새로운 호 설정을 시작하는 경우, 자원 요청을 위한 사용자 전용채널이 제공되지 않기 때문에 일종의 경쟁 기반 채널인 임의의 접근 채널(RACH : Random Access Channel)을 이용하여 기지국에 접근 시도를 하여야 한다 [2,3,5]. 이러한 임의의 접근은 OFDMA 기반 시스템에서 상향링크 동기화 및 핸드오프 처리등인 다른 기지국과의 동기화, 그리고 기지국으로부터의 대역폭 할당 요구 등의 목적으로 사용된다[2,5]. 특히, OFDMA 기반 시스템에서의 임의의 접근 방식은 제한된 시스템 자원(부채널 및 PN-코드의 수)하에서 운용됨으로 상향링크의 성능에 크게 영향을 미치며, 멀티미디어 서비스를 요구하는 단말들에게 차별화된 서비스 품질을 제공하는데 사용될 수 있다. 하지만, 차세대 이동통신 시스템에서 예상되는 단말들의 전송 트래픽 특성 및 OFDMA 임의의 접근 채널 구조에 적합한 임의의 접근 알고리즘에 대한 구체적인 언급 및 표준화 활동이 없이, 차세대 이동통신 시스템을 개발하고 있는 기관에 의해 독자적으로 연구되고 있는 실정이다.

이에 본 논문에서는 서로 다른 트래픽들이 요구하는 다양한 서비스 품질(QoS)을 OFDMA 시스템의 임의의 접근 채널의 상향링크에서 보장하기 위하여, backoff 기반 임의의 접근 알고리즘을 제안하고 그 성능을, 임의의 접근 성

공 확률, 처리율, 평균 접속 지연 그리고 블로킹 확률 관점에서 분석한다. 수치적 분석을 통하여 제안된 backoff 기반 임의의 접근 알고리즘이 실시간 및 비실시간 트래픽들에 대하여 차등한 서비스 품질(QoS)을 제공할 수 있음을 보인다. 또한 요구되는 각 서비스 클래스의 허용 가능한 최소 접속 성공 확률, 최대 접속 지연, 최대 블로킹 확률이 주어진 경우, 이를 만족할 수 있는 각 서비스 클래스의 접속 확률값을 구함으로써 임의의 접근 채널의 운용점을 제공한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 본 논문에서 고려되어진 시스템 모델 및 제안된 Backoff 기반의 임의의 접근 알고리즘에 관해 기술하며, 3장에서는 제안된 알고리즘의 성능을 임의의 접근 성공 확률, 평균 접속 지연 그리고 블로킹 확률 관점에서 분석한다. 4장에서는 수치적 예를 고려하며 최종적으로 5장에서 본 논문의 결론을 맺는다.

II. 시스템 모델 및 제안된 Back-off 기반 임의의 접근 알고리즘

2.1 시스템 모델

본 논문은 단일 셀 환경에서 동작하는 OFDMA/TDD 시스템을 고려한다. 셀내에 다수의 사용자(MT : mobile terminal)들이 존재하며 하나의 기지국이 존재한다. 또한 전체 시스템은 OFDM 심벌 동기화되어 있으며, 임의의 접근을 위해 주어진 시스템 자원의 양은 슬롯과 부반송파로 설명될 수 있다. 그림 1과 같이 TDD 수준에서의 한 프레임 내에는 J 슬롯들이 존재하며, 한 슬롯은 I 개의

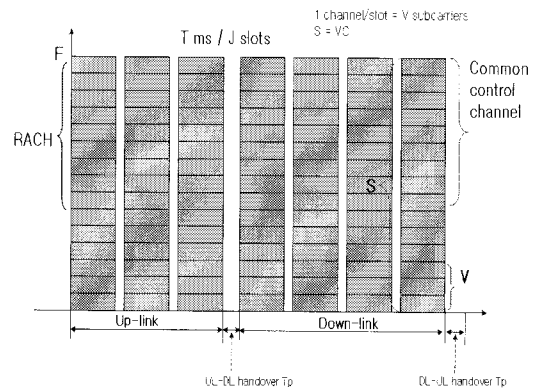


그림 1. 고려된 시스템의 MAC 프레임 구조
Fig. 1. MAC frame structure of the considered system

OFDM 심벌들로 구성된다[3]. 또한 한 OFDM 심벌 내에 S 개의 부반송파가 존재하고, S 개의 부반송파는 각각 V 개의 부반송파들로 구성된 P 개의 부채널들로 나뉘진다. 따라서 $S = P \cdot V$ 이고 데이터 전송 페이로드의 기본 단위는 한 슬롯 내에 있는 한 부채널이다. 고려된 시스템의 MAC 프레임 구조는 그림 1과 같다.

본 논문에서는 또한 서로 다른 종류의 서비스 요구 조건을 요구하는 트래픽들을 고려하기 위해, 2개의 임의 접근 서비스 클래스를 사용한다. 먼저 액세스 서비스 클래스 0 (Access Service Class 0 : ASC0)은 실시간 트래픽과 같이 지연에 민감한 트래픽을 위한 접속 서비스 클래스이며, 액세스 서비스 클래스 1 (Access Service Class 1 : ASC1)은 인터넷 접속과 같은 비 실시간 트래픽 사용자들에게 할당되는 서비스 클래스로 정의한다. 또한 각 단말에서 프레임 당 λ 의 요청률을 갖고 포아송 분포에 따라 임의 접근 전송 요청이 발생한다고 가정한다. 따라서 셀 내에 N 개의 단말이 존재할 때 프레임당, $\lambda \cdot N$ 개의 임의 접근 요청률이 존재한다. 또한 임의 접근 시도를 하고 있는 전체 사용자들의 $\phi\%$ 는 ASC0을 요청하는 실시간 트래픽 사용자들이며, $(1 - \phi)\%$ 는 ASC1의 사용을 원하는 비실시간 트래픽 사용자들이라고 가정할 때 한 프레임 내에서 K 개의 ASC0에 해당하는 접근 요청이 발생할 확률은 다음 수식에 의해 주어진다.

$$P_K = \frac{(\phi G)^K}{K!} e^{-\phi G}, K = 0, 1, 2, 3, \dots \quad (1)$$

여기서 G 는 프레임 당 ASC0에 해당하는 임의 접근 시도의 요청 도착률을 나타내며 $G = \lambda \cdot N$ 로 주어진다. 반면, 한 프레임 내에서 K 개의 ASC1에 속하는 사용자 임의 접근 요청이 발생할 확률은 다음과 같다.

$$D_K = \frac{((1 - \phi)G)^K}{K!} e^{-(1 - \phi)G}, K = 0, 1, 2, 3, \dots \quad (2)$$

2.2 제안된 backoff기반 임의 접근 알고리즘

고려된 OFDMA/TDD 시스템에서 단말들은 ALOHA 방식을 기반으로 임의 접근을 시도하게 된다. 우선 데이터를 전송하고자 하는 단말들은 그림 1과 같이, 공통 제

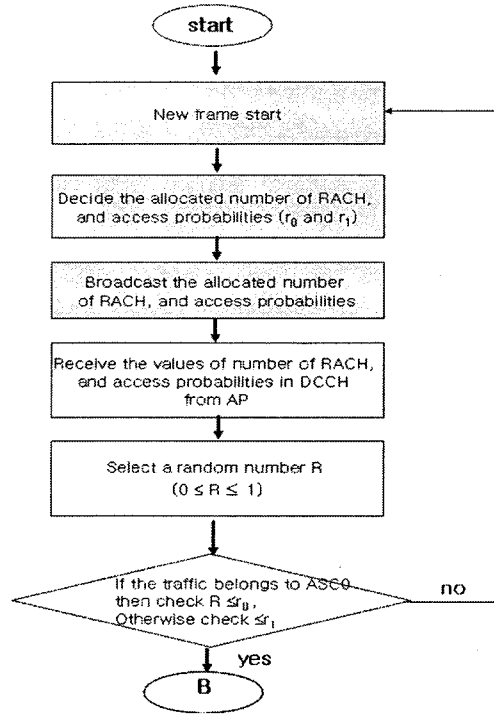


그림 2. 제안된 backoff기반 임의 접근 과정(a)
Fig. 2. The proposed backoff-based random access procedure (a)

어 채널(downlink common control channel : DCCH)을 통하여 기지국에서 브로드캐스팅된 임의 접근 채널 정보 및 각 서비스 클래스들의 접근 확률값을 수신하고 자원 요청 메시지 작성을 준비한다. 본 논문에서는 서비스 클래스 0과 서비스 클래스 1의 접근 확률값을 각각 r_0 와 r_1 으로 표기한다. 랜덤 액세스 단계에서 각 단말들은 [0 1] 사이의 랜덤 값을 선택하여 그 값이 자신이 속하는 서비스 클래스들의 접근 확률 보다 작을 경우만 임의 접근을 시도한다. 그렇지 않는 경우, 다음 프레임에서 다시 임의 접근을 시도한다. 또한, 각 단말들에서 유지되는 경쟁 윈도우 구간(Contention window interval) 즉, [1 CW] 내에서 임의의 정수 값 N 을 선택하고 랜덤 액세스 예약 채널(또는 코드)의 피드백(feedback)을 확인하기 위해 공통 제어 채널(downlink common control channel : DCCH)을 수신하고 이를 통해 다음 프레임 내에서 예약되지 않은 RACH 채널들의 수를 계산하고 첫 번째 예약되지 않은 RACH부터 시작하여 N 개를 카운트한 다음 N 번째 예약되지 않은 RACH 채널을 통하여 자원요청메시지를 전

송하다. 여기서 CW의 초기값은 임의의 접근 채널 자원의 양으로 설정된다. 만약 다음 프레임내의 예약되지 않은 RACH의 수가 선택된 수 N보다 작다면 단말은 다음 프레임에서 랜덤 액세스하지 않고 다음다음 프레임에서 카운트가 N보다 클 때 예약되지 않은 RACH 채널을 통하여 자원 요청 메시지를 전송할 것이다. 만약 단말이 공통 제어 채널(downlink common control channel : DCCH)을 통해 자원요청메시지에 대한 ACK 응답을 받는 경우, 랜덤 액세스 과정은 종료된다. 그러나 단말이 ACK 응답을 받지 못한 경우 랜덤 액세스가 성공할 때까지 또는 블로킹 될 때까지 위 과정이 계속 반복될 것이다. 그림 2와 그림 3은 제안된 backoff기반 임의의 접근 과정을 보여준다.

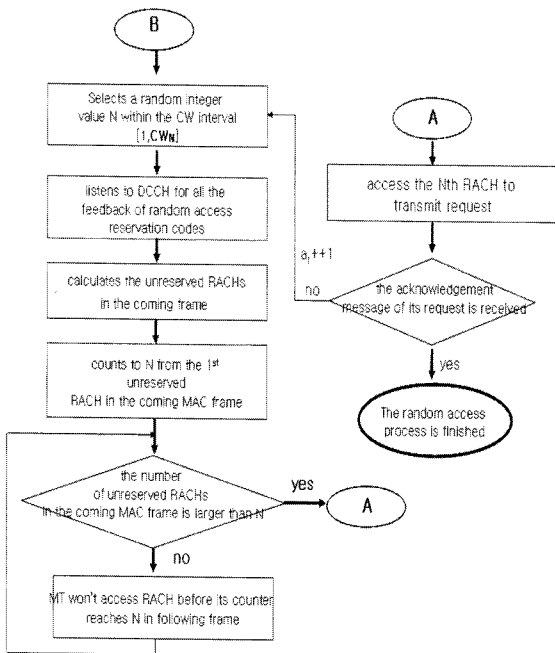


그림 3. 제안된 backoff기반 임의의 접근 과정 (b)
Fig. 3. The proposed backoff-based random access procedure (b)

임의접근과정 속에서 2명 이상의 단말들이 동일한 RACH 채널을 선택하여 AP에 액세스하는 경우 충돌이 발생하며, 충돌 발생 시마다 단말은 재전송 횟수를 증가시키고 경쟁윈도우 구간(contention window interval) 즉, [1 CW]내에서 새로운 임의의정수 값 N을 선택한다. 이

때 경쟁 윈도우 CW값은 재전송 횟수의 함수로 주어지며, 일반적으로 널리 사용되고 있는 윈도우 기반의 바이너리 백 오프(Binary backoff) 알고리즘의 경우는 재전송 횟수가 증가할 때마다 CW의 값이 두 배씩 증가하게 된다. 이와는 다르게, 제안하고자 하는 알고리즘의 경우는 비실시간 트래픽과 실시간 트래픽들이 갖는 서로 다른 QoS를 고려하기 위해 트래픽의 종류에 따라 CW값을 달리하는 방식을 채택한다. 즉, 실시간 트래픽의 경우는 트래픽이 갖는 지연 민감성을 고려하여 CW의 값을 재전송 횟수에 관계없이 일정한 값으로 유지하고, 비실시간 트래픽의 경우는 일반적인 바이너리 백 오프(Binary backoff) 알고리즘처럼 CW값을 재전송 횟수의 함수가 되도록 설정한다. 이는 실시간 트래픽의 지연에 민감하기 때문에 재전송에 따라 CW를 지수적으로 증가하면 접속지연이 커지는 문제점을 피하고, 비실시간 트래픽 보다는 실시간 트래픽 접근 시도에 우선권을 주기 위함이다. 따라서 제안된 back-off기반 임의접근 알고리즘에서 사용되는 CW값은 다음과 같이 트래픽의 종류 및 재전송 시도 횟수에 따라 결정된다.

① 초기시도일 때

$$a = 0, CW_{nr} = P, CW_r = P,$$
 ② a 번째 재전송시도일 때

$$a \geq 1,$$

$$CW_{nr} = \begin{cases} \beta \cdot P & \text{if } \beta \cdot P \leq 2^a \\ 2^a & \text{if } P \leq 2^a < \beta \cdot P \\ P & \text{if } 2^a \leq P \end{cases}$$

$$CW_r = P$$

(3)

여기서 a는 임의의 접근 시도의 재전송 횟수, P는 프레임 내에서의 가용한 임의의 접근 채널의 수, CW_{nr}는 비실시간 트래픽에 대한 CW의 값이며 CW_r는 실시간 트래픽에 대한 CW의 값이다. 수식과 같이, 트래픽의 종류에 따라 CW값이 달라지며, 비실시간 트래픽에 대해 실시간 트래픽에 우선권을 주기 위해 실시간 트래픽의 CW의 크기를 재전송과 관계없이 P으로 고정한다. 또한, 트래픽의 임의의 접근 시도들은 최대 허용 가능한 재전송 시도 횟수 r_{max} 번째 임의의 접근 시도 실패 후 전송을

포기하게 된다. 이러한 현상을 블로킹 (blocking) 이라 정의한다.

III. 제안된 임의 접근 알고리즘의 성능 분석

3.1 임의 접근 성공 확률값 및 처리율

OFDMA 시스템에서 임의 접근 채널의 자원은 부채널들과 코드들로 구성된다. 주어진 부채널의 수가 P , 코드들의 수가 Q 로 주어진다면, 전체 가용한 임의 접근 자원 수는 $P \times Q$ 로 주어진다. 이때, 제안된 임의 접근 알고리즘에서 각 임의 접근 사용자들이 임의 접근에 성공하기 위해서는, 먼저 [0 1] 사이에서 선택된 값이 자신이 속한 액세스 서비스 클래스의 접근 확률보다 작아야 하고, 자신이 선택한 임의 접근 채널의 자원이 활성화된 다른 임의 접근 사용자들이 선택한 자원과 달라야 함으로 액세스 서비스 클래스 0 사용자들의 평균 접속 성공 확률, $P_{access,ASCO}$ 은 각각 다음과 같이 표현된다.

$$P_{access,ASCO} = r_0 \left[\sum_{k_0=0}^{J_{AS0}-1} \sum_{k_1=0}^{J_{AS1}-1} \binom{J_{AS0}-1}{k_0} r_0^{k_0} (1-r_0)^{J_{AS0}-1-k_0} \left(1 - \frac{1}{P \times Q}\right)^{k_0} \binom{J_{AS1}}{k_1} r_1^{k_1} (1-r_1)^{J_{AS1}-k_1} \left(1 - \frac{1}{P \times Q}\right)^{k_1} \right] \quad (4)$$

여기서 k_0 와 k_1 는 각 서비스 클래스 사용자들의 수가 J_{AS0} , J_{AS1} 일 때 [0 1] 사이에서 선택된 값이 자신이 속한 액세스 서비스 클래스의 접근 확률(r_0)보다 작아서, 실제로 접속 시도에 참여하게 된 활성화된 임의 접근 사용자들의 수들이다. 이때 활성화된 사용자들이 고려중인 서비스 클래스 0의 임의 접근 사용자와 충돌을 하지 않기 위해서는 고려중인 서비스 클래스 0의 임의 접근 사용자가 선택한 자원과 다른 자원을 선택해야 한다. 고려중인 서비스 클래스 0의 임의 접근 사용자가 현재 활성화된 접속 시도 사용자 k_0 와 k_1 들과 충돌을 일으키지 않을 확률은 $(1 - \frac{1}{P \times Q})^{k_0}$ 과 $(1 - \frac{1}{P \times Q})^{k_1}$ 로 주어지며, 수식(4)에 포함되어 있다. 유사하게, 액세스 서비스 클래스 1에 속하는 사용자가 겪는 평균 접속 성공 확률,

$P_{access,ASCI}$ 다음과 같은 수식으로 표현가능하다.

$$P_{access,ASCI} = r_1 \left[\sum_{k_1=1}^{J_{AS0}} \sum_{k_0=1}^{J_{AS1}-1} \binom{J_{AS0}}{k_0} r_0^{k_0} (1-r_0)^{J_{AS0}-k_0} \left(1 - \frac{1}{P \times Q}\right)^{k_0} \binom{J_{AS1}-1}{k_1} r_1^{k_1} (1-r_1)^{J_{AS1}-1-k_1} \left(1 - \frac{1}{P \times Q}\right)^{k_1} \right] \quad (5)$$

또한, OFDMA 시스템의 임의 접근 채널의 처리율, ρ 은 할당된 임의 접근 채널의 자원 대비 성공한 평균임의 접근 사용자수로 정의 될 수 있으므로 다음과 같은 수식으로 표현된다.

$$\rho = \frac{1}{P \times Q} (P_{success,ASCO} \cdot J_{AS0} + P_{success,ASCI} \cdot J_{AS1}) \quad (6)$$

여기서 ρ 의 값이 클수록 임의 접근 채널 자원이 더 효율적으로 사용됨을 의미한다.

3.2 평균 접속 지연값

접속 서비스 클래스 i ($i=0$ 또는 1)에 속하는 임의 접근 사용자가 겪는 평균 접속 지연을 구하기 위해, 접속 서비스 클래스 i 에 속하는 임의 접근 버스트(burst) q 을 고려하자. 임의 접근 버스트 q 는 도착 후 다음 프레임 때까지 T_{wq} 의 잔여 시간동안을 대기후, 임의 접근 버스트 q 가 선택한 랜덤 정수에 해당하는 임의 접근 채널을 이용하여 기지국에 임의 접근한다. 여기서, 무선 채널을 통한 전파 지연은 프레임의 길이에 비해 매우 작기 때문에 전파지연을 무시할 수 있다. 단말들은 초기 임의 접근 후 기지국으로부터 하향링크 공동 제어 채널을 통해 긍정 응답을 받을 때까지 지연 시간은 $T_{tq} + T_{rq}$ 로 나타낼 수 있다. 여기서, T_{tq} 와 T_{rq} 는 초기 접속 시간 및 재전송 시간을 각각 나타낸다. 고려된 시스템 모델의 경우, 초기 접속 시간 T_{tq} 는 한 프레임 길이 T_{ms} 이며, 재전송 시간 T_{rq} 는 한 프레임 길이의 정수배가 될 것이다. 따라서 임의 접근 버스트 q 가 겪는 전체 접속 지연 시간 T_q 은 $T_q = T_{wq} + T_{tq} + T_{rq}$ 이며, 평균 접속 지연, $E[T_q]$ 은

$E[T_{wq}] + E[T_{tq}] + E[T_{rq}]$ 이다. 여기서 $E[T_{wq}]$ 는 평균 잔여 지연시간으로 $\frac{1}{2} T_{ms}$ 이고 $E[T_{tq}]$ 는 평균 초기 접속 시간으로 T_{ms} 로 주어진다. 또한 $E[T_{rq}]$ 는 재전송이 시작된 후부터 기지국로부터 긍정 응답을 받을 때까지 걸리는 재전송에 따른 평균 지연으로 접속 서비스 클래스 i 에 속하는 임의의 접근 버스트가 겪는 평균 접속 지연시간은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\left(\sum_{k=1}^{r_{\max}} P(n_{rt} = k) \left[\frac{E[K|n_{rt} = k]}{P} \right] \right) \cdot T_{ms} \quad (7)$$

여기서, $P(n_{rt} = k)$ 는 임의의 접근이 블로킹 되지 않았다는 조건하에서, 재전송 횟수가 k 일 확률값이며, $E[K|n_{rt} = k]$ 는 재전송 시도 횟수가 k 일 때 경쟁 구간 $[1CW]$ 에서 취할 수 있는 랜덤 정수 K 의 평균값이며 CW 값은 수식(3)과 같이 트래픽의 종류 및 재전송 시도 횟수에 따라 결정됨으로 다음과 같이 서비스 클래스 0(ASCO) 및 서비스 클래스 1(ASCI)에 속한 사용자의 접속 버스트가 겪는 평균 접속 지연은 다음과 같이 구할 수 있다.

● 서비스 클래스 0에 속한 사용자 버스트가 겪는 평균 접속 지연

$$\begin{aligned} E[T_{rq}] &= \left(\sum_{k=1}^{r_{\max}} P(n_{rt} = k) \left[\frac{E[K|n_{rt} = k]}{P} \right] \right) \cdot T_{ms} \\ &= \sum_{k=1}^{r_{\max}} P(n_{rt} = k) \cdot T_{ms} \end{aligned} \quad (8)$$

여기서 실시간 트래픽의 경우, 재전송 횟수에 관계없이 $CW_r = P$ 로 주어짐으로, $\left[\frac{E[K|n_{rt}]}{P} \right] = 1$ 이 된다.

● 서비스 클래스 1에 속한 사용자 버스트가 겪는 평균 접속 지연

$$E[T_{rq}] = \left(\sum_{k=1}^{r_{\max}} P(n_{rt} = k) \left[\frac{E[K|n_{rt} = k]}{P} \right] \right) \cdot T_{ms} \quad (9)$$

여기서 비실시간 트래픽의 경우, 재전송 횟수의 함수로

CW_r 값이 결정됨으로, $E[K|n_{rt} = k]$ 값이 다음과 같이 주어진다.

$$E[K|n_{rt} = k] = \begin{cases} \frac{(1 + \beta P)}{2} & \text{if } \log_2(\beta \cdot P) \leq k \\ \frac{(1 + 2^k P)}{2} & \text{if } \log_2(P) \leq k < \log_2(\beta \cdot P) \\ \frac{(1 + P)}{2} & \text{if } k < \log_2(P) \end{cases} \quad (10)$$

3.3 블로킹(blocking) 확률값

임의의 접근 과정에서 임의의 접근을 시도한 단말은 하향 링크 공동 제어 채널을 통해 자원 요청 메시지에 대한 긍정 응답을 받을 경우, 임의의 접근 과정은 종료된다.

그러나 단말이 긍정 응답을 받지 못한 경우 경쟁 윈도우 값을 재전송 횟수가 증가할 때마다 두 배씩 증가하고, 임의의 접근이 성공할 때까지 또는 블로킹 될 때까지 임의의 접근 과정을 계속 반복하게 된다. 본 논문에서는 각 임의의 접근 버스트들이 최대 허용 할 수 있는 재전송 회수, r_{\max} 번의 임의의 접근 시도 후 성공하지 못하는 경우, 전송을 포기하게 되며 그러한 현상을 블로킹(Blocking)이라 정의한다. 블로킹 확률을 계산하기 위해, 접속 서비스 클래스 $i(i=0,1)$ 에 속하는 임의의 접근 버스트의 재전송의 수를 랜덤 변수 R_i 로 표기하자. 각 버스트들이 r_{\max} 번의 임의의 접근 시도 후 성공하지 못하는 경우, 전송을 포기하게 됨으로 접속 서비스 클래스 i 에 속한 사용자들이 겪는 블로킹 확률, $P_{B,i}$ 는 다음과 같이 표현 될 수 있다.

$$\begin{aligned} P_{B,i} &= P\{R_i > r_{\max}\} \\ &= 1 - \sum_{r=0}^{r_{\max}} P\{R_i = r\}, i=0,1 \end{aligned} \quad (11)$$

여기서 $P\{R_i = r\}$ 은 접속 서비스 클래스 i 에 속하는 임의의 접근 버스트가 r 번째까지의 이전 전송들은 모두 실패하고, r 번째 전송에서 성공하는 확률을 의미하며 3.1절에서 구한 각 서비스 클래스 별 평균 접속 성공 확률값 $P_{\text{success},ASCI}(i=0,1)$ 을 이용하여 다음과 같이 구할 수 있다.

$$P\{R_i = r\} = (1 - P_{\text{success},ASCI})^r P_{\text{success},ASCI} \quad (12)$$

IV. 수치적 예

본 절에서는 지금까지 유도된 임의 접근 채널의 성능 결과식들이 갖는 의미를 고찰하기 위해, 다음과 같은 OFDMA 시스템을 고려한다. 임의 접근을 위한 부채널 수, P 는 2로 고정되었고, 임의 접근을 위한 PN-코드 수, Q 는 4로 주어졌다. 임의 접근을 시도하고 있는 전체 사용자들의 수 J 는 12명으로, 한 프레임의 길이는 4ms, 한 OFDM 심볼 당 부반송파 수는 1024, 시스템 대역폭은 20MHz로 가정한다. 이하, 제안된 backoff 기반 임의 접근 알고리즘의 성능을 평균접속성공확률, 처리율, 평균 접속지연, 그리고 블로킹 확률 관점에서 고찰하며 사용된 시뮬레이션 툴은 매트랩(matlab)을 이용하였다.

그림 4는 전체 사용자들 중 50%가 서비스 클래스 0 사용자들이고 50%가 서비스 클래스 1 사용자들인 경우 (즉, $\phi = 0.5$), 각 서비스 클래스의 접속 확률에 따른 접속 서비스 클래스 0의 접속 성공 확률값, $P_{success, ASC0}$ 을 보여주고 있다. 서비스 클래스 0의 접속 확률, r_0 이 증가함에 따라 그리고 서비스 클래스 1의 접속 확률값, r_1 이 감소함에 따라 서비스 클래스 0의 접속 성공 확률값, $P_{success, ASC0}$ 이 증가함을 알 수 있다. 따라서 특정 서비스 클래스의 접속 성공 확률값을 향상시키기 위해서는 그 서비스 클래스의 접속 확률 값을 증가시키고 다른 서비스 클래스의 접속 확률 값을 감소시켜야 함을 알 수 있다.

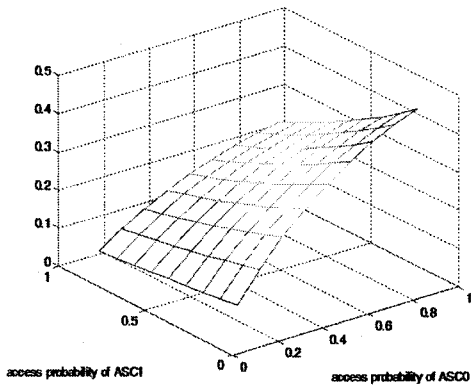


그림 4. 각 서비스 클래스의 접속 확률에 따른 접속 서비스 클래스 0의 접속 성공 확률 값
 Fig. 4. Access success probability of the service class 0 according to the access probability of each service class

그림 5는 각 서비스 클래스의 접속 확률에 따른 임의 접근 채널의 처리율을 보여준다. 각 서비스 클래스의 접속 확률값이 증가함에 따라, 임의 접근 채널의 처리율이 증가하고 일정 값 이상의 클래스의 접속 확률값이 증가하면 임의 접근 채널의 처리율이 감소함을 알 수 있다. 처리율 값이 클수록 임의 접근 자원이 더 효율적으로 사용되는 것을 의미하지만, 의미 있는 시스템 처리율은 서비스 요구조건을 만족하는 각 서비스 클래스의 접속 확률값 범위에서 의미를 갖는 것에 주목하여야 한다.

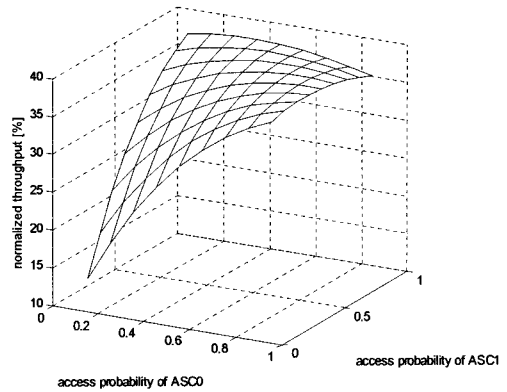


그림 5. 각 서비스 클래스의 접속 확률에 따른 임의 접근 채널의 처리율
 Fig. 5. Throughput of the access channel according to the access probability of each service class

그림 6은 전체 사용자들 중 50%가 서비스 클래스 0 사용자들이고 50%가 서비스 클래스 1 사용자들인 경우 ($\phi = 0.5$), 각 서비스 클래스 접속 확률에 따른 서비스 클래스 0의 블로킹 확률, $P_{B,0}$ 을 보여 준다. 접속 성공 확률값과 유사하게, 서비스 클래스 0의 접속 확률, r_0 이 증가하고, 서비스 클래스 1의 접속 확률값, r_1 이 감소함에 따라 서비스 클래스 0의 호 차단 확률, $P_{B,0}$ 이 개선됨을 알 수 있다. 유사하게 서비스 클래스 1의 임의 접근 버스트들이 겪는 블로킹 확률값은 서비스 클래스 0의 접속 확률 r_0 가 감소하고 서비스 클래스 1의 접속 확률 r_1 이 증가함에 따라 그 성능이 개선될 것이다.

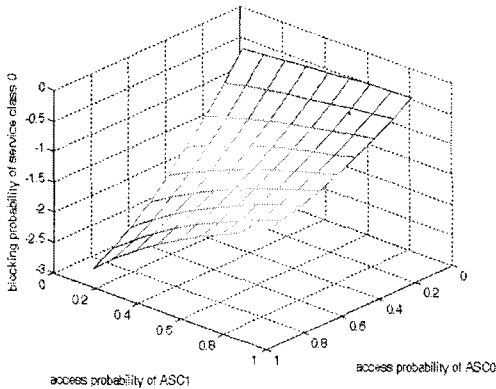


그림 6. 각 서비스 클래스 접속 확률에 따른 서비스 클래스 0의 호 차단 확률

Fig. 6. Call blocking probability of service class 0 according to the access probability of each service class

최종적으로 그림 7은 서비스 클래스 0과 서비스 클래스 1에 속하는 사용자의 접근시도들이 겪는 평균접속지연값 (average access delay)을 각 서비스 클래스의 접속확률의 함수로서 보여주고 있다. 서비스 클래스의 접속확률값이 작아질수록 그 서비스 클래스에 속하는 임의접근 사용자들이 겪는 평균 접속지연값은 증가됨을 알 수 있다. 또한, 제안된 Backoff-기반 임의접근 알고리즘을 통하여 서비스 클래스 0에 속하는 사용자의 임의 접근 시도가 겪는 평균 접속지연을 현저히 줄일 수 있으며서

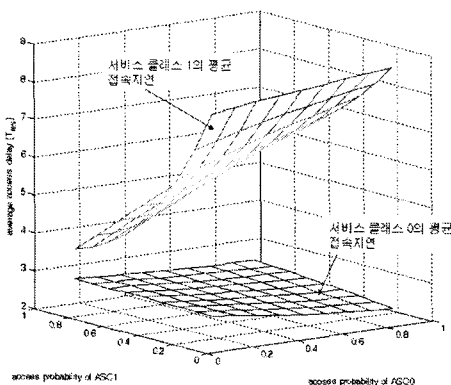


그림 7. 각 서비스 클래스 접속 확률에 따른 서비스 클래스 0과 서비스 클래스 1에 속한 사용자의 임의 접근 시도가 겪는 평균접속지연시간

Fig. 7. Average access delays of service class 0 and service class 1 according to the access probability of each service class

비스 클래스 1에 속하는 사용자의 임의의 접근 시도와 차별화된 서비스 품질을 제공할 수 있음을 알 수 있다.

V. 결론

본 논문에서는 다중 서비스 다중 사용자 OFDMA 시스템의 임의의 접근채널에서 차별화된 서비스 품질을 제공하기 위하여 backoff기반 임의의 접근 알고리즘을 제안하였다. 또한, 임의의 접근 채널의 주 자원인 부채널의 수와 PN-코드의 수가 주어진 경우, 제안된 알고리즘의 성능을 각 서비스 클래스 접속 확률의 함수로서, 각 서비스 클래스의 접속 성공 확률, 블로킹 확률, 접속 지연관점에서 분석하였다. 그 결과 특정 서비스 클래스의 성능을 향상시키기 위해서는 그 서비스 클래스의 접속확률값을 높이고 타 서비스 클래스의 접속확률값을 낮춤으로써 요구되는 서비스 품질을 만족시킬 수 있음을 보였으며 제안된 임의의 접근 알고리즘이 서로 다른 서비스 클래스의 임의접근 시도들에게 차등한 서비스 품질을 제공할 수 있음을 보였다.

참고문헌

- [1] IEEE standard for wireless LAN medium access control (MAC) and physical layer (PHY) specifications : High-speed physical layer 1 the 5GHz Band, IEEE Standard 802.11 a, 1999.
- [2] 김기남, 김진호, 조성준, "OFDMA 시스템 상향 링크의 레인징 부호 검출 성능 향상 기법," 한국통신학회 논문지, Vol.31, No.6A, 2006.
- [3] G. Xuelin et. al., "A new random access system for TD-OFDMA systems," Proceedings of ISCTI, pp.689-692, 2005.
- [4] I. Stavrakakis and D. Kazakos, "A multiuser random access communication system for users with different priorities," IEEE Trans. Communications, pp. 1538-1541, 1991.
- [5] G. Hwang, D. Choi, "Adaptive random channel allocation scheme in Hiperlan type 2," IEEE Communications letters, vol. 6, No.1, pp.40-42.

저자소개



이 영 두(Young-du Lee)

2007.2 울산대학교 전기전자정보
시스템공학부 졸업 (학사)
2007.3~현재 울산대학교 전기전자
정보시스템공학부 석사과정

※ 관심분야: 차세대이동통신, 유비쿼터스센서네트워크



구 인 수(Insoo Koo)

2002.2 광주과학기술원 (박사)
2002.3 광주과학기술원, 연구교수
2002.10 스웨덴왕립공과대학, 박사후
연수과정

2005.3 울산대학교, 조교수

2007.10 울산대학교, 부교수

※ 관심분야: 차세대이동통신, 유비쿼터스센서네트워크