

# OFDMA 초기 레인징 경쟁 프로세스의 최적화를 위한 자동적응형 알고리즘

정희원 김 하 정\*, 장 봉 석\*\*, 이 성 로\*\*\*

## Automatic Adaptive Algorithm to Optimize OFDMA Initial Ranging Contention Process

Hajeong Kim\*, Bongseog Jang\*\*, Seong-Ro Lee\*\*\* *Regular Members*

### 요 약

본 논문은 OFDMA 기반 무선 이동통신망에서 이동단말 초기접속 시 레인징 슬롯의 효율적인 사용방안에 대해서 연구하였다. 특히 이동단말의 초기 경쟁접속 시 이용하는 레인징 슬롯의 충돌발생 증가 경우에 이를 감소시키는 방안을 포함한 자동적응형 알고리즘을 연구하였다. 그 결과로서 초기 접속요청에 있어서 접속요청 단말의 증감에 따른 충돌을 최소화하고 초기접속요청 슬롯의 범위를 자동적이며 다이나믹하게 가변적으로 유지하는 알고리즘을 제안한다. 제안된 알고리즘의 성능평가를 위하여 현재 IEEE802.16e 표준의 고정된 초기접속용 슬롯할당 방식과 충돌 발생횟수 및 슬롯의 사용률에 대하여 제안된 알고리즘과 비교하였다. 성능평가를 위한 시뮬레이터 구현을 위하여 IEEE802.16e 기반 MAC 계층의 프레임구조 및 동작절차를 시뮬레이터로 구현하여 성능분석을 수행하였다. 시뮬레이션 결과로부터, 본 논문에서 제안된 자동적응형 알고리즘은 설치된 기지국의 유지보수 비용절감효과가 크므로 연근해 해상 무선통신을 위한 무인기지국 건설에 매우 큰 기여를 할 것으로 기대한다.

**Key Words** : Initial Ranging Slot, OFDMA, IEEE802.16e, Automatic, Adaptive, Slot Allocation

### ABSTRACT

In this paper, we work for the efficient use of the initial ranging contention slot in OFDMA based wireless mobile networks. Specially, the collision reduction method using an automatic adaptive optimal algorithm is studied for initial ranging contention slot used at initial connection of the mobile terminals. As a result, we propose the algorithm that achieves the collision minimization and the auto-dynamic slot arrangement of the initial ranging slots. To evaluate the proposed algorithm, we compare the simulation results of IEEE802.16e fixed initial ranging slot allocation method versus the proposed algorithm. The simulator is developed based on the IEEE802.16e standard MAC frame structure and processing procedures. As the simulation results, we can expect the proposed algorithm can be applied for the unmanned coastal base station because the proposed algorithm has the effect of minimizing administration cost for the base station.

※ 본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학IT연구센터 지원사업(IITA-2009-C1090-0902-0010)과 2008년도 정부재원(교육인적자원부 학술연구조성사업비)의 한국학술진흥재단 지원(KRF-2008-521-D00293)에 의한 연구결과로 수행되었습니다.

\* 목포대학교 일반대학원 전자공학과(hajeong@mokpo.ac.kr)

\*\* 목포대학교 멀티미디어공학전공(jang@mokpo.ac.kr),

\*\*\* 목포대학교 정보전자공학전공(srlee@mokpo.ac.kr)

논문번호 : KICS2009-05-184, 접수일자 : 2009년 5월 4일, 최종논문접수일자 : 2009년 7월 7일

## I. 서 론

4세대 이동통신은 독자적인 표준이 아닌 3세대 표준과 Wimax 표준 등을 기반으로 OFDMA, MIMO, Smart Antenna 등의 핵심기술을 추가하는 형태로 진행되고 있고, 현재 3세대 베이스 표준기구인 3GPP LTE(Long Term Evolution)와 3GPP2 UMB (Ultra Mobile Broadband)에서는 아래 표와 같이 4세대 광대역 무선접속방식으로 OFDMA를 채택하였다.<sup>[1][4][5]</sup> OFDMA(orthogonal frequency division multiple access)는 주파수 선택적 페이딩 채널(frequency selective fading channel)에 강인한 주파수 효율적인 변조방식인 OFDM(orthogonal frequency division multiplexing)을 바탕으로 하여, 각 사용자별 데이터가 전체 orthogonal sub-carriers 중에서 일부 subset으로 구성되어 multiple access를 달성하는 방식이다.<sup>[2][3]</sup> 이러한 OFDMA는 차세대 이동통신기술의 핵심적인 기능을 수행할 것으로 전망된다.

BWA(Broadband wireless access) 이동 통신망은 경쟁적이며 빠른 속도로 IEEE802.16 기반 무선 MAN(Metropolitan Area Networks) 구축을 위한 표준화 작업이 완료되었다. 국내에서는 IEEE 802.16e 표준에 의거한 와이브로(Wireless Broadband)망으로 이를 실현하고 있으며, 최근에 성공적인 시범서비스를 마치고 상용화된 상태이다.<sup>[6]</sup> 그러므로 보다 앞서서 BWA망을 구축하고 무선 인터넷 서비스를 이동 중에도 경제적으로 받을 수 있는 기반 망 구

축이 실현되고 있다. 이미 국내 유선 인터넷망은 광대역화되어 있으며 이와 연동되는 와이브로망은 패킷데이터 처리를 무선 액세스 구간에서 효율적으로 처리할 것이다. 그 결과로 보다 경제적인 멀티미디어 디지털콘텐츠 서비스가 본격적으로 구현될 수 있으며 이는 많은 경제적 파급 효과를 창출할 수 있을 것이다.

이동단말의 초기 접속에는 랜덤하게 단말이 접속요청을 하게 되므로, 만일 동일한 대역이나 슬롯을 사용하게 되면 충돌이 발생한다. 현재 IEEE802.16e에 명시된 표준기술은 이러한 접속시도 충돌이 발생한 경우 지수함수적으로 백오프되는 접속 지연시간을 이용한 방식을 이용하여 단말이 다음 접속 기회를 갖도록 한다. 그리고 현 표준방식에서는 초기 접속을 위한 경쟁슬롯 대역이나 슬롯의 범위가 고정된 상태이며 이는 기지국 초기 구축시 고정된 슬롯의 범위로 지정되도록 되어있다. 기지국건설 등의 초기에 지정된 고정슬롯의 범위는 향후 접속경쟁 증감에 따른 유지보수가 필요하기 때문에 해상환경의 무인기지국 경우에는 매우 비효율적인 방법이다.

본 논문에서는 IEEE802.16e 표준기반 무선이동통신망에서 이동단말들의 초기 접속 시 호 접속을 위한 초기 레인징 경쟁슬롯의 효율적인 사용에 관한 연구를 한다. 초기 접속 시 초기 레인징 경쟁슬롯 충돌발생 증가 경우에 이를 자동적응적으로 감소시키는 방안에 대한 연구를 진행하였으며 또한 초기 무선 접속자원의 사용효율을 증가시키면서도 향후 접속증감 변화에 따른 슬롯 범위의 자동조정을 위한 알고리즘을 제안한다.

본 논문에서 제안된 알고리즘은 현 표준방식인 IEEE802.16e의 고정된 초기 접속 슬롯범위 방식과 비교를 통해서 충돌 발생횟수 및 슬롯의 사용률을 비교 분석을 하였다. 시뮬레이션을 위하여 IEEE 802.16e 기반의 MAC 계층의 프레임 구조, 동작 절차 등 표준문서를 참조하여 시뮬레이터를 구현하였다. 시뮬레이션 결과로서 제안된 알고리즘과 비교 대상이 되는 표준 기반 알고리즘의 성능 비교 테스트를 수행하여 제시하였다. 시뮬레이터는 C로 작성하였다. 시뮬레이션 결과로서, 본 논문에서 제안된 자동적응형 알고리즘은 설치된 기지국의 유지보수 비용절감효과가 크므로 연근해 해상 무선통신을 위한 무인기지국 건설에 매우 큰 기여를 할 것으로 기대한다. 다음 장에서는 IEEE802.16e 표준에 명시된 초기 접속기술에 대해서 설명하고, 제3장에서는 본 논문에서 제안하는 초기 접속 알고리즘을 제시

표 1. 4세대 후보기술<sup>[5]</sup>

구분	LTE	UMB	WiBro+
주파수대역	-	3.5GHz	2.3-2.4GHz
대역폭	1.25-20MHz	1.25-20MHz	10/20/40MHz
전송 속도	downlink	100Mbps	288Mbps
	uplink	50Mbps	75Mbps
통신 방식	downlink	OFDMA	OFDMA
	uplink	SC-FDMA	SC-FDMA
셀당 동시 수용자수	200명	1,000명	-
이동속도	350km/h이상	250km/h이상	120km/h이상
셀커버리지	5/30/100km	15km	1-1.5km(도심)/3-5km(외곽)
핸드오버절단 시간	-	-	100ms
Duplexing	TDD/FDD	TDD/FDD	-
Latency	5ms (user plane)	14.3ms	-

하며 4장에서는 시뮬레이션 결과를 설명한다. 그리고 5장에서는 결론을 맺는다.

## II. 초기 레인징 절차 표준

IEEE802.16e MAC 계층은 802.16e 물리계층과의 매체 독립적인 인터페이스를 제공하는 기능을 수행하며 MAC 계층은 효율적인 방식에 의해서 무선자원을 처리해야 한다.

IEEE802.16e MAC 프로토콜은 connection-oriented 접속 방식을 지원하며 망에 들어오는 단말은 기지국과 데이터 송수신을 위한 하나 이상의 연결을 설정할 수 있다. MAC 계층에서는 설정된 연결에 대해서 무선 자원을 할당하고 이동단말을 제어하며, 또한 QoS 제어를 위한 차별화된 스케줄링을 수행한다. 데이터 수율을 최대로 제공하면서 bit error rate (BER)를 최소화하기 위해서 link adaptation과 automatic repeat request (ARQ)를 수행한다. MAC 계층은 또한 망으로 유입과 핸드오버 및 이탈되는 단말에 대한 처리를 하며 protocol data unit (PDU) 생성의 임무를 수행한다. 그리고 convergence sub layer 을 통해서 셀과 패킷 데이터를 지원한다.

다음은 IEEE802.16e 기반 MAC 기능 중에서도 초기 접속방법에 대한 내용을 설명한다. IEEE 802.16e 에서 초기 레인징 과정은 물리적으로 동기화를 맞추어 채널간 인터페이스를 최소화하기 위함이고 또한 단말의 위치에 따른 파워조절을 통한 송수신 신호의 동일함을 보장하기 위함이다. 단말기는 또한 MAC 주소를 기지국에 알려주어 기본 그리고 주 CID를 할당 받아서 추후에 관리제어 메시지를 송수신할 수 있게 한다. 레인징은 초기 레인징과 주기적 레인징이 있으며 초기 레인징 절차에 대해서 알아본다.

초기 레인징 절차는 단말이 망 접속 후 서비스 받기 위해서 최초 망 유입 절차를 성공적으로 수행해야 하는 과정이 포함된다. 망 유입 절차는 DL 채널 동기화, 초기 레인징, capability negotiation, authentication message exchange, registration, 그리고 IP connection stage로 나뉜다. 그림 1은 이와 같은 과정에 대한 상태도를 나타낸다. 성공적인 망 유입 절차를 마치면, 단말은 하나 이상의 서비스 설정을 하고 데이터를 전송할 수 있다. 초기 레인징 과정은 기지국과 단말이 그림 2와 같은 절차로 경쟁 기반 초기 레인징 절차를 수행한다.<sup>[7][8]</sup> 각 단계별 초기 레인징 수행 절차 및 각 절차에 속한 내용

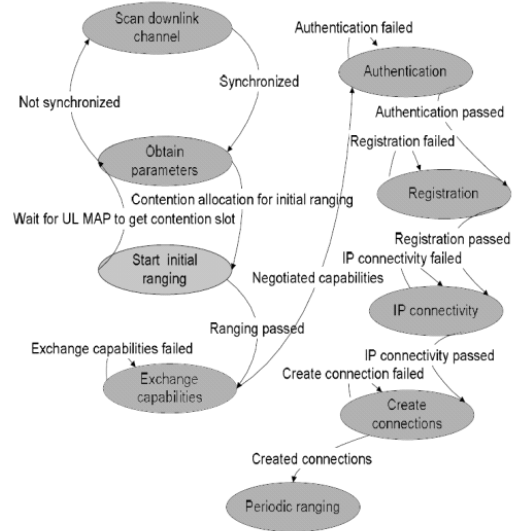


그림 1. Network entry process diagram

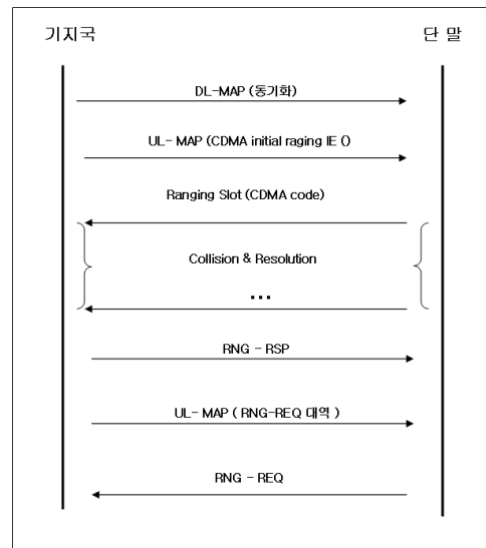


그림 2. 기지국과 단말의 초기 레인징 과정

을 구분하여 정리하면 다음과 같다.

Step\_1: 기지국은 broadcast connection ID 와 CDMA initial ranging IE를 UL-MAP을 통해서 보낸다.

Step\_2: 단말은 가능한 레인징 영역에서 랜덤하게 선택된 레인징 슬롯에 랜덤하게 선택된 초기 레인징 코드를 전송한다.

Step\_3: 기지국은 레인징 코드를 받은 후에, 타임,

파워조정, 그리고 단말이 보낸 레인징 코드와 레인징 슬롯 정보를 RNG-RSP 메시지로 단말에게 보낸다.

Step\_4: 단말은 받은 RNG-RSP 메시지의 레인징 슬롯과 코드가 일치하면, 단말에게 기지국이 보낸 메시지라고 알 수 있으며 타임, 파워를 조절한다. 만일 RNG-RSP 메시지의 status가 success이면 위와 같이 처리하고, 만일 continue이면 다시 처음부터 다시 시작한다.

Step\_5: 기지국은 위의 RNG-RSP 메시지를 보낼 때 status가 success이었으면 RNG-REQ을 위한 대역을 준비를 한다. 그리고 다음 UL-MAP을 보낼 시간이 되면, 단말의 레인징 코드와 슬롯에 대한 대역 할당을 포함한 MAP을 보낸다.

Step\_6: 단말은 UL-MAP을 받은 후에, RNG-REQ 메시지를 기지국에 보낸 후에 다음 초기 망 진입 절차를 수행한다.

본 논문에서는 위의 절차 중에서 Step2 항목의 초기 레인징 경쟁 자원의 획득방법에 대한 개선을 연구한다. 위 Step2에서는 초기 레인징 슬롯을 할당하고 또한 각 슬롯에 CDMA 코드를 사용한다. 최초 접속을 위한 두 번째 자원인 CDMA 코드는 각 초기 레인징 슬롯 당 최대 256개가 할당 되지만, 초기 레인징 슬롯 당 약 1/3 정도가 사용된다. 슬롯 당 CDMA 코드 할당사용은 최초접속에서의 충돌확률을 감소함이 확실시 된다. 본 논문에서는 CDMA 코드 할당 과정은 포함하지 않았다.

다음 장에서는 초기 레인징 슬롯을 자동적 적응으로 할당하는 방안에 대해서 설명하고, 또한 슬롯의 가변적 사용으로 인한 충돌 확률의 감소 및 자동적 슬롯범위 적용이 가능한 새로운 방안을 제시하고자 한다.

### III. 초기 레인징을 위한 자동 적응적 알고리즘

#### 3.1 제안하는 알고리즘

다이나믹하게 초기 레인징 경쟁슬롯의 수를 제어하게 되면 향후 망 접속량 증감에 따른 자동적인 기지국 초기화 및 자동적 관리와 유지가 가능하다. 즉 기지국을 초기 구축한 후에 단말 유입의 증가 및 감소에 의한 망 초기접속 부하의 변화에 의한 망의 확장 및 축소에 대한 시스템 유지를 수동적으

로 하게 되면 그에 따르는 유지 보수비용이 증가하게 된다. 그러나 본 논문에서 제안한 방식은 단말의 접속 상황과 충돌 상황을 적절히 이용하여 기지국이 자동적으로 필요한 초기 레인징 경쟁 슬롯의 범위를 결정하게 한다.

일반적으로 슬롯 수가 많으면 접속 지연은 감소하지만, 슬롯의 활용 효율은 감소하게 되고 슬롯 수가 적으면 접속 지연이 증가하고 슬롯 활용 효율은 증가하게 된다. 그러므로 본 논문에서 제안한 알고리즘은 자동적으로 그러한 지연과 효율의 최적한 값을 찾아 가도록 고안된 알고리즘이다.

초기 접속에 대한 충돌이 발생하면 binary truncated 지수함수 알고리즘을 적용하여 충돌을 해소한다. 그러나 기지국에서는 초기 접속을 시도한 단말의 수는 알 수 없는 값이다. 그러므로 다음 값들은 명백하게 기지국이 알 수 있는 값들이다.

변수1: 기지국에서는 전체 초기 레인징 경쟁 슬롯 범위와 접속이 성공된 단말의 수는 알 수 있다.

변수2: 기지국은 접속요청이 성공한 단말에게는 RNG-RSP 메시지를 보내게 되므로 이에 포함되는 메시지는 명백하게 알 수 있다.

그러므로 초기 레인징 경쟁 슬롯의 점유율은 다음 같이 계산한다.

$$r(n) = \text{accepted\_slot}(n) / \text{slot}(n) \quad (1)$$

위 식(1)에서 r(n)은 초기 레인징 슬롯의 점유율이며, n은 프레임 타임을 나타낸다. 그리고 accepted\_slot(n)는 프레임 타임 n에서 단말이 성공적으로 RNG-REQ 메시지를 기지국에 전송한 경우의 슬롯 수를 나타내며, slot(n)은 초기 레인징 경쟁 슬롯의 범위를 나타낸다. r(n)은 프레임 타임마다 계산이 되는 값으로서 향후 slot(n)의 범위를 결정할 때 주요한 변수로 활용된다. 위의 r(n)을 활용하여 다음 프레임 타임에 사용할 초기 레인징 경쟁 슬롯을 다음과 같이 계산한다. 즉 시간 n에서 r(n)이 바로 이전 시간 n-1보다 증가하면 점유율 r(n)은 짧은 시간 동안 증가함수가 될 가능성이 매우 크다. 이 의미는 충돌이 더욱 많이 발생하고 있음을 암시한다. 그러므로 다음 프레임 타임에서의 초기 레인징 경쟁 슬롯의 할당 수는 증가되어야 한다. 반대인 경우는 점유율 r(n)이 감소하는 경우이고 이 경우는 다음 초기 레인징 경쟁 슬롯 할당의 수가 감소 가능함을

의미한다. 다음 알고리즘은  $r(n)$ 을 활용하여 작성한 것이다.

```

알고리즘:
If  $r(n) \geq r(n-1)$  then
    event_1 = 0 ;
    event_0 ++ ;
    slot(n+1) = slot(n) + slot(n) * pow
                (r(n),event_0);
else
    event_0 = 0 ;
    event_1 ++ ;
    slot(n+1) = slot(n) - slot(n) * pow
                (1-r(n),event_1);
    
```

위 알고리즘에서 event\_0와 event\_1은 매 프레임 타임마다 조건 사항이 발생하면 증가하고 상태가 바뀌면 초기화 된다. 그러므로 연속적인 조건이 발생하면 누적되어서 증가하고 다른 조건이 발생하면 0으로 초기화 된다. 다음 프레임타임에 이용할 slot (n+1) 값은 현재 slot(n)에서 event\_0 혹은 event\_1 에 따르는 지수적인 증가 및 감소를 하게 된다. 그러므로 만일 초기 레인징 경쟁 슬롯에 대한 점유율  $r(n)$ 이 증가되면 초기 레인징 경쟁 슬롯의 수는 지수함수적으로 증가를 하고 반대인 경우는 지수함수적으로 감소를 하게 된다. 어느 시점 n에서 점유율  $r(n)$ 이 증가하면 접속을 시도하는 단말의 수가 증가함을 알 수 있고 이에 대하여 슬롯의 지수 함수적 증가는 binary truncated 지수함수 알고리즘을 적용하며 이때 대부분의 경우 2~3번째 backoff time에 충돌이 해소되었다. 이는 시뮬레이션을 통하여 증명된다.

본 알고리즘은 매우 간단하면서 시스템의 이용 가능한 적은 수의 변수를 사용하도록 고안되었다. 이는 실제 시스템 구현 시 매우 간편하게 구현할 수 있도록 하기 위함이다. 본 알고리즘은 초기 기지국 구축 시 적용하면, 자동적으로 셀내 사용자 증감에 따라서 접속 슬롯의 수를 자동 조정해 주므로 향후 셀내 접속부하 증감에 대하여 자동적 유지관리 기능이 제공된다. 그러므로 본 알고리즘은 해상에서 무인으로 운영되는 기지국건설에 매우 필요한 기술이다.

### 3.2 제안하는 알고리즘의 시뮬레이션 구현

본 논문에서 제안한 알고리즘과 기존 IEEE

802.16e 표준기술인 고정 초기 레인징 슬롯 할당방법과 비교 시뮬레이션을 통해서 테스트하여 제안된 알고리즘의 성능을 비교분석 하도록 한다. 그러므로 시뮬레이터는 표준방식에서 제안된 절차와 변수를 이용하여 구성하였다.

단말이 망에 유입되는 절차 중에서 초기 레인징 과정을 시뮬레이션 하였다. 가장 초기 시뮬레이션 단계는 단말이 발생하는 경우로 랜덤하게 발생된다. 단말 생성 후 셀 내에 발생하는 단말을 위치시키고 망 유입 절차를 수행하도록 한다. 생성된 단말은 서비스 후 이웃 셀로 이동하는 경우도 포함되어 있으며, 또한 파워오프 되는 경우도 포함되어 있다. 시뮬레이션 과정은 다음과 같은 내용이 이미 이루어진 것으로 가정한다.

가정\_1: 단말이 셀내에서 파워 온 되거나 유입되는 경우 기지국과 단말의 동기화 과정이 DL-MAP을 수신하여 이미 이루어진 것으로 가정하고 초기 레인징 절차에 들어가는 걸로 한다.

가정\_2: 단말은 DCD/UCD를 수신하고 초기 레인징에 필요한 상하향 링크 채널의 변수를 갖고 있다.

가정\_3: 단말은 UCD 메시지로부터 초기 backoff start와 end의 범위를 안다.

가정\_4: 단말은 UL-MAP IE( )의 ranging method을 00이나 01로 설정하고 CDMA\_Allocation\_IE( )을 통해서 코드를 선택하여 보내고, 또한 초기 레인징 경쟁 슬롯의 범위를 정해서 보낸다.

위 가정을 기본으로 다음 내용을 시뮬레이션에서 수행한다. 단말이 CDMA 초기 코드 및 슬롯을 정해서 기지국에게 서비스 연결 설정을 요청한다. 기지국은 다른 단말과 초기 코드와 슬롯의 충돌이 발생하지 않으면 이를 수신하고 RNG-RSP 메시지를 보내서 추가적인 망 유입 절차를 수행한다. 만일 충돌이 발생하면 backoff 모드에 돌입하고 충돌 발생 횟수에 따라 결정된 주어진 범위에 의해 재 레인징 과정을 UL-MAP CDMA\_Allocation\_IE( )에서 슬롯과 코드를 선택하여 재 시도한다.

시뮬레이션에서 유입되는 단말은 Poisson 분포를 이룬다. 시뮬레이션의 기본 단위(구간)는 OFDMA 프레임타임으로 설정되었다. CDMA 초기 코드를 이용한 부분은 시뮬레이션 과정에서는 생략되었다.

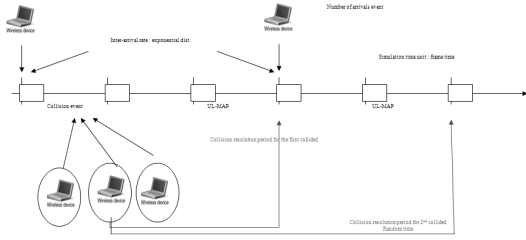


그림 3. Event-driven simulation with binary exponential backoff

가변적인 단말 도착을 수행하기 위하여 일정 시간이 지나면 또 다른 arriving rate가 random 하게 결정되고 이러한 과정을 시뮬레이션 기간 동안 반복한다. 본 시뮬레이터는 event-driven 시뮬레이션으로 구성되었으며, 각 이벤트 발생은 프레임 타임에 의하여 발생되므로 slotted aloha random access 방식을 적용한다. 충돌이 발생한 경우는 binary truncated exponential algorithm을 적용하여 충돌 반복 횟수에 따라서 다음에 선택할 초기 레인징 최대 구간이 결정되고 이 구간 내에서 랜덤하게 재 진입 시간을 선택하도록 한다.

단말과 기지국에서 처리될 초기 레인징 시뮬레이션 과정은 그림 4와 5의 플로우차트와 같다. 단말은 기지국으로부터 RNG-RSP with success 메시지를 받으면 다음 망 유입 절차를 진행하지만, 만일 충돌이 발생하면, truncated binary exponential backoff 알고리즘을 적용하여 다음 기회를 보고 있다가 UL-MAP을 다시 수신하여서 해당 되는 슬롯 범위를 CDMA initial ranging IE( )에서 찾아서 다시 슬롯과 코드를 결정해서 재전송한다.

기지국은 제안된 알고리즘을 이용하여 결정된 초

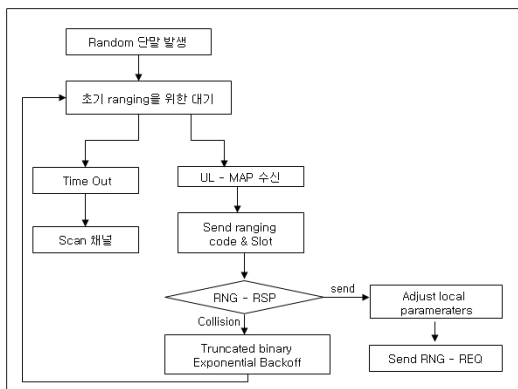


그림 4. 단말 측에서의 초기 레인징 절차도

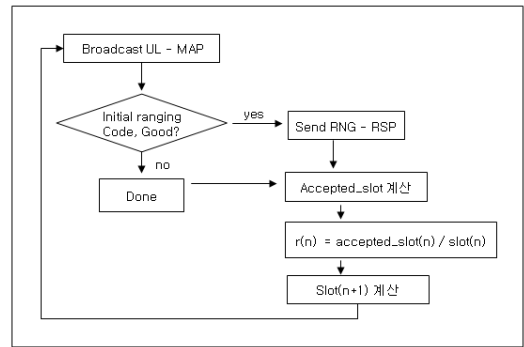


그림 5. 기지국 측에서의 초기 레인징 절차도

기 레인징 슬롯의 범위를 UL-MAP CDMA initial ranging IE( )에 적용하고 UL-MAP 을 전송한다. 표준방식을 구현한 경우는 r(n) 계산 부분이 생략된다.

#### IV. 시뮬레이션 결과 분석

도착되는 단말의 수가ダイナミク하게 변하는 과정을 구현하기 위하여, 도착단말은 가변적인 Poisson 분포를 따른다. 즉 랜덤하게 선택한 프레임 타임동안 Uniform 랜덤 선택한 평균값에 의한 도착률을 갖는 Poisson 분포를 구현한다. 고정된 초기 레인징 경쟁 슬롯의 개수는 10개부터 100까지 측정을 하였고 본 논문에서 제안된 방식과 비교하였다.

그림 6의 Y축의 왼편은 초기 레인징 경쟁 슬롯 개수를 오른편은 단말의 수를 나타내며, X축은 프레임 타임을 나타낸다. 빨간색 실선은 본 논문에서 제안된 알고리즘 적용 시 초기 레인징 경쟁 슬롯의 변화 과정을 보여 주며, 파란색 포인트 + 는 접속 시도 단말의 개수를 초록색 포인트 o 는 접속이 허용된 단말의 수를 나타낸다. 본 알고리즘에 의하여

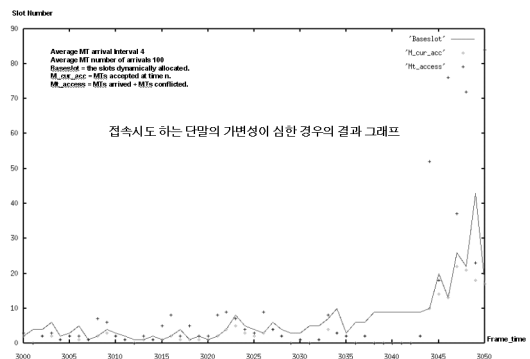


그림 6. 가변적인 초기 레인징 슬롯 변화 결과

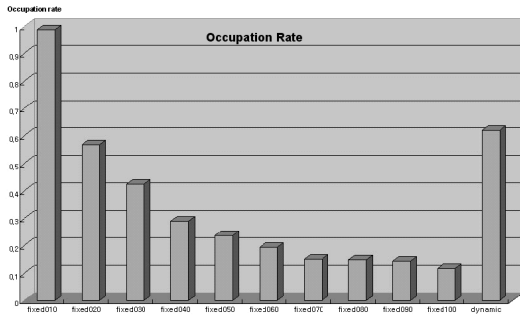


그림 7. 초기 레인징 경쟁 슬롯 점유율 r(n) 비교

접근 시도 단말의 수가 작은 경우는 초기 슬롯의 수도 작아지며 접근 시도 단말의 수가 큰 경우는 슬롯의 수도 빠르게 증가됨을 알 수 있다.

그림 7의 Y축은 초기 레인징 경쟁 슬롯에 대한 접근 허용된 단말의 평균 비율 값으로서 초기 레인징 경쟁 슬롯 점유율 r(n)의 평균값을 나타낸다. 기존 표준방식의 고정 슬롯 10인 경우는 거의 모든 슬롯이 접근 단말에게 이용됨을 알 수 있다. 즉 점유율 r(n)의 평균이 95% 이상이다. 초기 레인징 경쟁 슬롯이 고정인 경우는 슬롯의 수가 커지면 반면에 점유율 r(n)의 평균도 감소한다. 본 논문에서 제안된 알고리즘을 적용한 경우는 점유율 r(n)의 평균이 약 60%를 유지하게 된다. 이 결과는 고정된 초기 레인징 경쟁 슬롯을 적용하는 경우에는 단말 유입 비율에 따라서 비효율성이 내포함을 의미한다. 반면에 본 제안된 알고리즘을 적용하여 자동적으로 초기 레인징 경쟁 슬롯을 변화시키면 평균 60% 이상의 r(n)을 유지함으로써 효율성이 증가함을 의미한다.

그림 8의 Y축은 모든 단말의 접속이 성공 (RNG-RSP를 받는 시간까지)하는데 까지 걸리는 평균 프

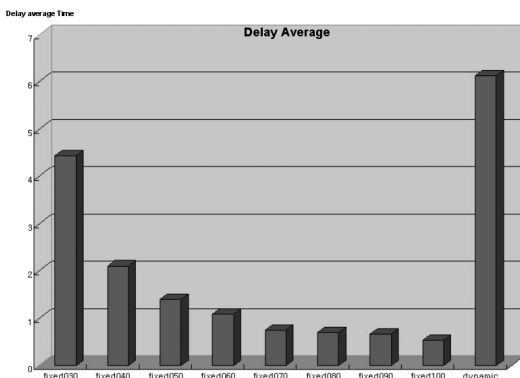


그림 8. 초기 레인징 success delay 비교

레이 타임(접속 지연 시간)이며 backoff 되는 시간들이 포함된 값들이다. 본 논문에서 제안된 알고리즘 경우에 약 6 프레임 타임의 평균 접속 지연이 발생한 것을 알 수 있으며 고정된 초기 레인징 경쟁 슬롯 10과 20인 경우는 지연이 매우 커서 위 그래프에서 생략하였다.

## V. 결론

본 논문은 IEEE802.16e 기반 무선망의 MAC 계층에서 처리되는 초기 레인징 과정에서 기존 표준에서 제안한 고정된 슬롯을 사용하는 방식이 아닌 자동적응형 초기 레인징 경쟁 슬롯 할당 알고리즘을 제안하고 시뮬레이션을 통하여 두 방식을 비교 분석 하였다.

기본적으로 표준에서 제안된 고정 슬롯을 이용하는 경우는 초기 레인징 경쟁 슬롯 범위가 크면 충돌이 적고 접속지연이 적어 망 접근이 용이하지만 실제 슬롯 사용 효율은 매우 떨어진다. 그리고 초기 레인징 경쟁 슬롯 범위가 작으면 충돌 발생확률이 증가하고 접속지연이 증가하지만 슬롯 사용 효율은 매우 높아진다.

그러나 본 논문에서 제안한 자동적응형 초기 레인징 경쟁 슬롯 방식을 적용하면 망 유입 단말의 도착률 가변성에 따라서 슬롯의 범위가 자동 적용되므로 슬롯 사용 효율이 60% 이상을 유지하도록 할 수 있었다.

그러므로 본 논문에서 제안된 방식은 초기 기지국 건설 후에도 슬롯범위 자동화가 가능하여 향후 유지보수 비용 절감효과가 크다는 것을 알 수 있다. 또한 연근해에 설치되는 광대역 해상 무선통신 기지국 경우에는 유지보수를 위한 자동화가 더욱 필요하므로 본 알고리즘을 매우 효과적으로 해상 광대역 기지국 건설에 응용할 수 있다.

향후 연구로서 초기 레인징 경쟁 슬롯에 대하여 CDMA 초기 코드를 활용하는 경우에 있어서 본 알고리즘을 적용하고자 한다.

## 참고 문헌

- [1] J. Chuang and N. Sollenberger, "Beyond 3G: Wideband Wireless Data Access Based on OFDM and Dynamic Packet Assignment", IEEE Comm. Magazine, pp. 78-87, July 2000.
- [2] IEEE Std 802.16-2004 Part16 Air Interface for

Fixed Broadband Wireless Access Systems. 2004.

- [3] MC-CDMA 및 Frequency Hopping OFDMA 방식의 성능 분석 및 비교, Telecommunications Review, Vol.12 pp.479-489, 2004.
- [4] IEEE 802.16e-2005 IEEE Standard for Local and metropolitan area networks Part 16: Air Interface for Fixed and Mobile Broadband Wireless Access Systems. 2005.
- [5] 4G 이동통신 기술, 시장 및 주파수 동향 한국전파진흥협회(RAPA), SPECTRUM 이슈 리포트 2008. 3. 10.(제23호)
- [6] 와이브로 표준화를 통해본 차세대 이동통신 4G, KETI 전자부품연구원, 2007.12.
- [7] Telecommunications Technology Association, Specifications for 2.3GHz band Portable Internet Service(PHY & MAC Layer) 2005. 12. 21.
- [8] OFDMA 시스템 상향링크의 레인징 부호 검출 성능 향상 기법, 한국통신학회논문지, 2006-6. Vol.31, No.6A, pp.575-585.

김 하 정 (Hajeong Kim)

정회원



2004년 2월 목포대학교 전자공학  
학과

2006년 2월 목포대학교 전자공학  
학과 석사

2008년 8월~현재 목포대학교  
전자공학과 박사과정

<관심분야> 이동통신, 무선통신

시스템, 광통신

장 봉 석 (Bongseog Jang)

정회원



1997년 5월 미국 메사추세츠  
주립대 컴퓨터과학 박사

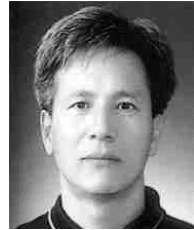
1997년 9월~1999년 8월 삼성  
전자 통신연구소 선임연구원

1999년 9월~현재 목포대학교  
정보공학부 멀티미디어공학전  
공 부교수

<관심분야> 최적화, 이동통신, 디지털콘텐츠

이 성 로 (Seong-Ro Lee)

정회원



1987년 2월 고려대학교 전자공  
학과

1990년 2월 한국과학기술원 전  
기및전자공학과 석사

1996년 8월 한국과학기술원 전  
기및전자공학과 박사

2005년 3월~현재 목포대학교  
정보공학부 정보전자공학전공 교수

<관심분야> 디지털통신시스템, 이동 및 위성통신시  
스템, USN/텔레매틱스응용분야, 임베디드시스템,  
생체인식시스템