

IEEE 802.16e에서 그룹 기반의 빠른 스캐닝 기법

준회원 최재각*, 정회원 유상조**

Fast Group Scanning Scheme in IEEE 802.16e Networks

Jae-Kark Choi* Associate Member, Sang-Jo Yoo** Regular Member

요약

이동성을 보장하는 IEEE 802.16e 네트워크에서 MS는 자신이 핸드오버 할 타겟 BS를 결정하기 위해 스캐닝 과정을 수행한다. IEEE 802.16e 네트워크에서 동작하는 BS는 각각의 MS에 대한 위치정보를 관리하지 않으므로 스캐닝 스케줄을 요청한 각각의 MS들에게 위치적으로 고려되지 않은 이웃 BS 채널들을 제공하게 된다. MS는 적절한 타겟 BS 채널을 발견하기까지 긴 시간을 스캐닝 과정에 머무르게 된다. 이러한 스캐닝 과정은 반복적인 스캔 구간에 의해 MS의 서비스 품질을 저하시키거나 MS가 이후의 핸드오버를 시작할 적절한 타이밍을 놓치게 하는 등의 문제점을 내재하고 있다. 따라서 본 논문에서는 IEEE 802.16e의 여러 MS들이 그룹을 형성하여 분산적으로 스캐닝을 수행하고 그 결과를 공유함으로써 보다 빠르고 효율적으로 타겟 BS를 발견할 수 있는 그룹 스캐닝 기법을 제안한다. 제안된 기법은 직접 그룹을 형성하는 MS들 뿐만 아니라 동일한 셀 내에서 유행하는 다른 MS들에게도 유용하게 적용될 수 있다.

Key Words : IEEE 802.16e, WiMAX, M-WiMAX, Scanning, Target base station

ABSTRACT

The mobile station which is about to do handover in IEEE 802.16e networks scans its neighboring base station channels to decide its next target base station. However, due to the lack of location information of its subscribers, the serving base station cannot provide any reliable candidate channel which is actually attachable by the scanning mobile stations, which makes the mobile station suffer from the long scanning time. Sometimes, long scanning time may cause the degradation of quality of service due to repeatable scan-duration or failure to start the handover procedure in time. To overcome these problems, in this paper, we propose a new protocol so called fast group scanning scheme, in which multiple mobile stations form a group to scan their neighboring base station channels simultaneously. Main contribution of this proposal is to find and decide a reliable target base station within a short scanning time. The fast group scanning scheme can be deployed to the cell network of the serving base station with a dynamic neighboring base station list management.

I. 서론

차세대 무선 통신 기술 중의 하나인 휴대 인터넷

기술 IEEE 802.16e-2005^[1]는 향상된 무선 인터페이스를 기반으로 높은 데이터 전송률을 지원하며, 사용자의 이동성을 보장하고 넓은 영역을 커버하는

※ 본 연구는 지식경제부 및 정보통신진흥연구원의 대학 IT연구센터 지원 사업의 연구결과로 수행되었음(IITA-2008-C1090-0801-0019).

※ 본 연구는 2008년도 정부(과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. R01-2006-000-10266-0).

* 인하대학교 정보통신대학원 멀티미디어통신망 연구실 (jkrosi@naver.com)

** 인하대학교 정보통신대학원 교수 (sjyoo@inha.ac.kr)

논문번호 : KICS2008-03-135, 접수일자 : 2008년 3월 19일, 최종논문접수일자 : 2008년 5월 20일

광대역 무선 통신 기술이다. 이는 기존의 고정 단말을 지원하는 IEEE 802.16-2004^[2] 기술을 보다 발전시킨 것으로 IEEE 802.16e 워킹 그룹을 중심으로 2005년 표준이 제정되었으며, 모바일 와이맥스(Mobile WiMAX), 와이브로(WiBro) 기술 등으로 일컬어지기도 한다. 이러한 휴대인터넷 기술은 높은 데이터 전송률과 다양한 서비스 품질(quality of service)을 만족시킨다. 또한, 직교 주파수 분할 다중 접속(OFDMA : orthogonal frequency division multiple access)을 사용함으로써 유연한 자원 분배가 가능할 뿐만 아니라, 하드 핸드오버(hard hand-over) 및 소프트 핸드오버(soft handover)를 통한 단말의 이동성을 지원한다.

IEEE 802.16e에서 이동하는 단말은 접속된 기지국의 교환을 위해서 핸드오버를 수행하기에 앞서, 자신이 다음으로 연결하게 될 기지국을 탐색하는 스캐닝(scanning) 과정을 수행한다. 스캐닝 과정은 단말이 핸드오버를 수행할 때와 같이 일시적인 링크의 끊김 현상에 의한 데이터의 지연을 발생시킨다. IEEE 802.16e에서는 일시적 링크 끊김 현상을 수반하는 스캐닝 구간이 적절한 다음 기지국 채널을 발견하기까지 반복적으로 발생할 수 있기 때문에 서비스 품질이 온전히 보장된다고 할 수 없다. IEEE 802.16e에서의 핸드오버와 관련한 주제를 다루는 몇 가지 제안들^[3-5]은 대부분 타겟 기지국이 이미 결정되어 있는 상황을 전제로 하고 있는 반면, IEEE 802.16e에서의 효율적인 스캐닝 방법 혹은 빠른 타겟 기지국의 선출 방법 등에 관한 연구는 상대적으로 미비한 실정이다.

IEEE 802.16e에서는 현재의 기지국이 단말에게 스캔을 수행할 이웃 기지국 채널 목록을 제공하고 단말은 이들에 대한 스캔을 시도하게 된다. 하지만, IEEE 802.16e의 기지국은 단말에게 위치적으로 최적화된 이웃 기지국 채널 목록을 제공할 수 없다. 즉, 단말은 적합한 기지국 채널을 직접 스캔 할 때까지 스캔을 수행해야 한다. 이러한 동작은 스캔 구간의 반복에 의한 서비스의 지연, 적절한 핸드오버 시기의 지연, 다음 기지국의 결정 이전에 현재 기지국의 서비스 영역을 이탈하는 문제 등을 야기한다. 이는, 단말이 이용 중인 서비스의 품질을 심각하게 왜곡시킬 뿐만 아니라 단말로 하여금 초기 네트워크 엔트리(initial network entry) 과정을 통째로 다시 수행하도록 하는 심각한 문제를 일으킨다.

따라서 본 논문에서는 단말이 다음 기지국 채널을 보다 빠르게 결정할 수 있는 그룹 스캐닝 기법

을 제안한다. 그룹 스캐닝 기법은 인접한 지역의 단말들 간에 그룹을 형성하여 협력적으로 스캐닝을 수행하도록 하는 기법이다. 제안된 그룹 스캐닝 기법은 그룹을 형성하는 단말들에게 빠른 스캐닝 시간을 보장할 뿐만 아니라, 스캐닝 된 정보들이 임의의 단말들에 의해서도 재사용 될 수 있도록 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 기존 IEEE 802.16e에서의 스캐닝 과정과 발생 가능한 문제점을 설명하고 그와 관련된 기존의 연구들을 소개한다. III장에서는 제안된 그룹 스캐닝 방법의 개요와 세부 단계별 과정을 전반적으로 다루며, IV장에서는 기존의 스캐닝 과정과 제안된 그룹 스캐닝 방법의 스캐닝 시간을 수식적으로 고찰한다. V장에서는 모의실험을 통해 그룹 스캐닝 기법의 개선된 성능을 살펴보고, 마지막 VI장에서 본 논문의 결론을 맺는다.

II. 기존의 스캐닝 방법 및 관련 연구

본 논문에서 단말은 MS (mobile station), 현재의 기지국은 서빙 BS (serving base station), 이웃의 기지국은 이웃 BS (neighboring base station) 그리고 스캐닝 과정을 통해 결정된 다음의 기지국은 타겟 BS (target base station)로 표기한다.

2.1 IEEE 802.16e에서의 스캐닝 과정

IEEE 802.16e의 스캐닝 과정은 동기화(synchronization) 과정과 레인징(ranging) 과정으로 나뉜다. 동기화 과정은 MS가 이웃 BS로부터 DL-MAP (Downlink-Map), UL-MAP (Uplink-Map), DCD (Downlink Channel Descriptor), UCD (Uplink Channel Descriptor)를 수신하는 과정이다. 모든 BS는 매체 자원의 효율적인 분배를 위해, 맵 프레임 구간의 초기에 DL-MAP, UL-MAP 메시지를 브로드캐스트 한다. 각각의 MS들은 DL-MAP, UL-MAP에 의해 자신에게 할당된 구간을 인식하고, 데이터를 다운로드하거나 업링크 할 수 있다. DCD와 UCD 메시지는 다운로드 혹은 업링크 되는 데이터들의 버스트 프로파일(burst profile) 특성을 비롯한 물리적 정보를 포함하며, 수초에 달하는 긴 전송 주기를 갖는다. 레인징 과정은 스캐닝 과정의 선택 사항으로써, 동기화 과정을 끝낸 MS가 이웃 BS와의 전송 전력을 맞추거나 보다 정확한 시간동기를 위해 전송 시간을 조정하는 등의 과정이다. 본 논문에서는 레인징 과정 없이 동기화 과정만을 수행하

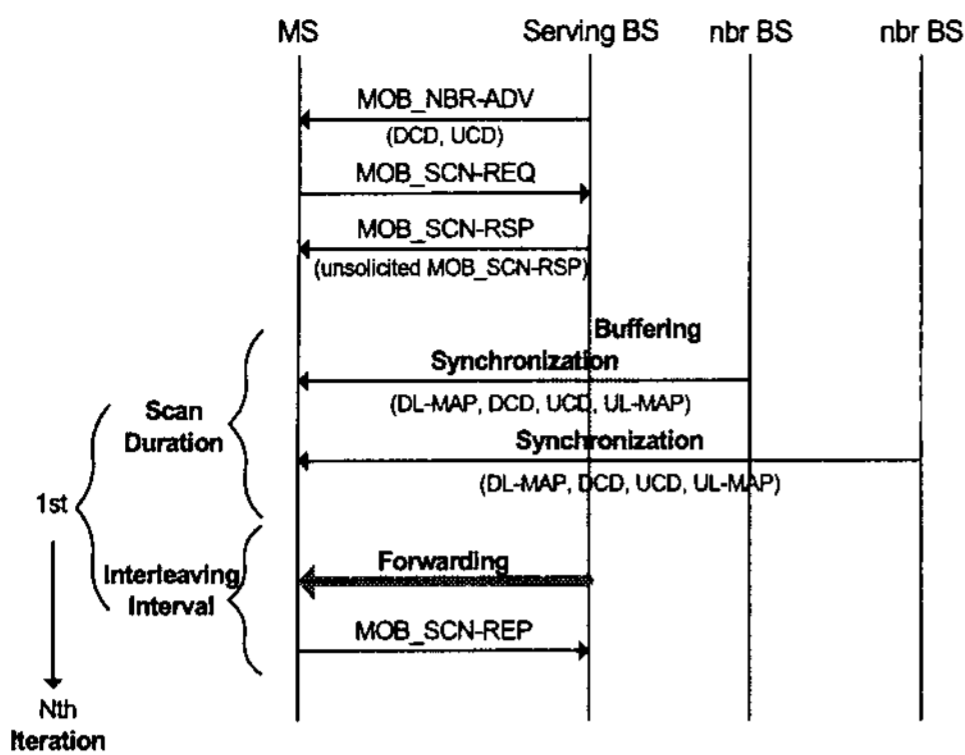


그림 1. IEEE 802.16e에서의 스캐닝 과정

는 결합 없는 스캔(scan without association) 과정만을 고려한다.

그림 1은 전반적인 MS의 스캐닝 과정을 나타낸 것이다. 서빙 BS는 주기적으로 이웃 BS들의 채널을 광고한다(MOB_NBR-ADV). 광고 메시지는 이웃 BS 채널에 대한 DCD, UCD 정보가 포함되어 있다. 이처럼 BS들은 상호간에 DCD, UCD 정보를 백본망을 통해 주고 받아 자신에게 속한 MS들에게 브로드캐스트 함으로써, 긴 전송주기를 가진 이들 메시지를 MS가 직접 수신하지 않아도 그 정보를 획득할 수 있도록 도와준다.

스캐닝 과정은 MS에 의해 요청(MOB_SCN-REQ)되거나, MS의 신호 상태를 관찰하던 서빙 BS의 판단에 의해 스케줄(unsolicited MOB_SCN-RSP) 된다. 이후의 스캐닝 스케줄 정보는 MOB_SCN-RSP 메시지에 포함된다. 스캐닝 스케줄은 세 가지 파라미터로 구성되어 있다. 첫째로, 스캔 구간(scan duration)은 MS가 이웃 BS의 채널로 이동하여 스캐닝을 시도하는 구간이다. 스캔 구간 동안 MS로의 데이터들은 서빙 BS에서 버퍼링(buffering) 된다. 둘째로, 인터리빙 구간(interleaving interval)은 매 스캔 구간 이후, MS가 서빙 BS 채널에서 정상적인 서비스를 수행하는 구간이다. 스캔 구간동안 서빙 BS에 버퍼링 되어 있던 데이터들은 인터리빙 구간동안 MS로 포워딩(forwarding) 된다. MS가 한 번의 스캔 구간동안 모든 이웃 BS의 채널들을 스캔한다고 단정할 수 없기 때문에 스캔 구간과 인터리빙 구간은 반복적으로 발생하게 된다. 이때 허용된 반복횟수가 세 번째 파라미터이다. MS는 스캐닝 과정 중에 획득한 결과들을 주기적(periodic report)으로 혹은 이벤트 발생 기반(event-triggered report)으로 서빙 BS에게 보고한다. 이러한 과정을 통해 적

절한 타겟 BS를 결정한 MS는 이후 핸드오버가 요구되면 해당 타겟 BS로 핸드오버를 수행한다.

2.2 관련 연구

여러 MS들이 동시에 스캐닝을 수행하는 경우에는 서빙 BS의 제한적인 데이터 처리량으로 인해 각각의 인터리빙 구간동안 포워딩 되는 데이터들이 트래픽 오버헤드(traffic overhead)를 발생시킬 수 있다. 이러한 문제점을 해결한 ‘적응적 채널 스캐닝 기법’(ACS : Adaptive Channel Scanning)^[6]은 동시에 스캔 구간을 점유하는 MS의 수를 줄이고 임의의 MS가 스캔을 하는 동안 사용하지 않는 자원(bandwidth)을 인터리빙 구간 중에 있는 다른 MS들에게 할당하여 자원의 효율성을 높이고, 더 많은 데이터의 포워딩을 보장한다. 그러나 여러 MS들의 스캔 구간과 인터리빙 구간을 동시에 설정해야 하기 때문에 MS가 필요이상으로 짧은 스캔 구간을 가지게 되는 경우에는 한 번에 스캔할 수 있는 채널의 수가 줄어들게 되어 전체적인 스캐닝 시간이 기존보다 증가할 수 있다는 단점이 있다.

빠른 스캐닝을 위한 기존의 연구로 서빙 BS가 스캐닝을 계획하는 MS에게 이력 기반(history-based)의 이웃 BS 채널을 제공하는 방법이 있다^[7]. 저자는 이웃 BS 채널들을 ‘가장 자주 발생하는 BS 채널 순서(MFU : Most Frequently Used strategy)’ 혹은 ‘가장 최근에 발생한 BS 채널 순서(MRU : Most Recently Used strategy)’로 상황에 맞게 분류하여 MS에게 제공하여 보다 빠른 스캐닝을 보장할 수 있음을 보였다. 그러나 이러한 방법은 사전에 경로가 설정되어 있거나 특정 채널로의 집중적인 핸드오버가 발생하는 등의 제한적 환경에서 적용이 가능하다.

Ⅲ. 그룹 스캐닝 기법

3.1 그룹 스캐닝 동작의 개요

본 논문에서는 인접한 지역의 MS들 간에 그룹을 구성하여 이웃 BS 채널을 스캐닝하는 그룹 기반의 스캐닝 기법을 제안한다. 핸드오버를 목적으로 스캔을 시도하는 MS가 존재한다면, 해당 MS와 인접한 지역에 존재하는 MS들도 가까운 미래에 스캐닝을 시도할 확률이 높을 것이다. 이러한 가정은 그룹을 기반으로 하고 있는 스캐닝 기법의 설정에 설득력을 더해준다.

그림 2는 그룹 스캐닝 동작의 개요를 표현한 것

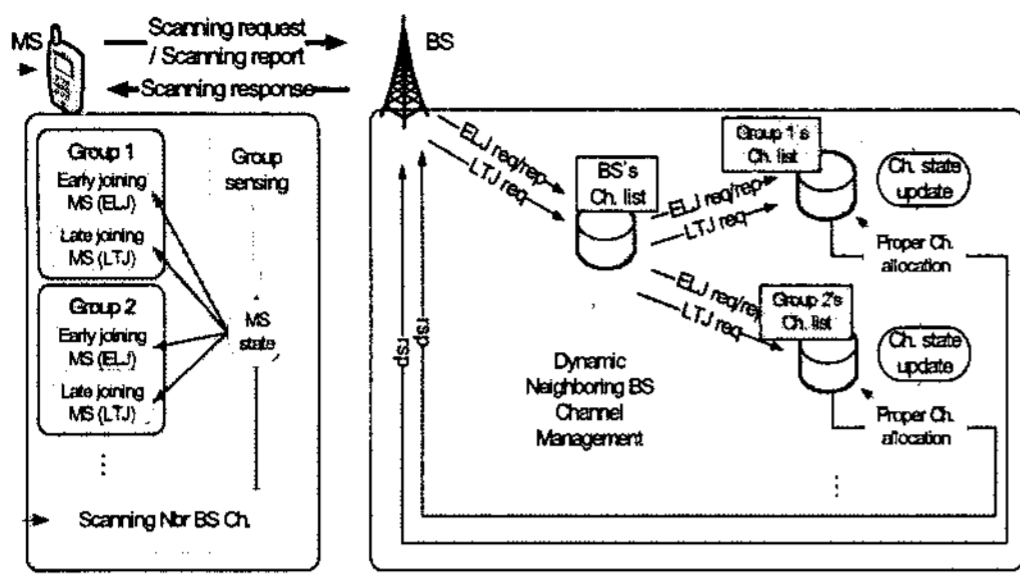


그림 2. 그룹 스캐닝 동작 개요

으로 그룹을 구성하고 있는 각 MS의 상태와 각각의 그룹이 이용하는 이웃 BS 채널의 목록을 나타내고 있다. 스캐닝이 필요한 MS는 자신의 주변에 그룹이 존재하는 경우, 그룹 ID(identifier)와 자신의 상태 정보를 포함한 스캐닝 스케줄을 서빙 BS에게 요청한다. 그룹이 존재하지 않는 경우, MS는 그룹 ID를 생략한 채 자신의 상태정보를 포함한 스캐닝 스케줄을 서빙 BS에 요청한다. 이는 기존 IEEE 802.16e의 스캐닝 과정 중에 사용되는 메시지에 간단한 그룹 ID와 MS 상태 정보만을 추가한 형태이다. 그룹 ID는 서빙 BS의 주기적인 광고 메시지(MOB_NBR-ADV)를 통해 브로드캐스트 되거나, MS의 요청에 의해 유니캐스트(unicast) 될 수 있다.

모든 MS는 N(normal), ELJ(Early Joining), LTJ(Late Joining) 그리고 PH(Preparing Handover) 중 하나의 상태로 분류된다.

- N : 스캐닝 스케줄을 획득하기 이전의 MS 상태.
- ELJ : 스캐닝이 필요한 MS가 자신의 주변에서 그룹 스캐닝중인 MS를 발견하지 못하거나, 스캐닝이 당장 필요하지 않더라도 스캐닝을 미리 준비할 수 있는 MS가 그룹 광고 메시지를 받았을 때, 그룹에 참여하고 그룹 내의 다른 ELJ들과 함께 그룹 스캐닝을 수행하는 MS 상태.
- LTJ : 스캐닝이 필요한 MS가 자신의 주변에서 그룹 스캐닝을 수행중인 MS를 발견하였을 때, 발견된 MS가 속한 그룹의 스캐닝 결과를 이용하여 스캐닝을 수행하는 MS 상태.
- PH : ELJ 상태의 MS가 핸드오버를 준비해야 할 시기가 임박했음을 나타내는 MS 상태.

ELJ에서 PH로 상태가 천이된 MS는 LTJ와 마찬가지로 자신이 속한 그룹의 스캐닝 결과를 이용하여 스캐닝을 수행한다. 만일 PH 상태의 MS가 유력한 타겟 BS 채널을 과거에 자신이 스캔한 적이 있

다면, 해당 그룹의 스캔 결과가 아직 유효한 경우 과거의 결과를 그대로 이용한다. 상태가 N인 MS로부터 스캐닝 스케줄을 요청 받은 서빙 BS는 그룹을 형성하고 그룹 스캐닝을 수행하게 될 MS(ELJ)인지, 기존의 그룹을 발견한 MS(LTJ)인지를 판단하고 적절한 이웃 BS 채널을 할당한다.

서빙 BS는 그룹별로 이웃 BS 채널을 관리하는 동적 이웃 BS 채널 관리(Dynamic Neighboring BS Channel Management) 동작을 수행한다. 서빙 BS는 이러한 관리 동작을 통해, 새로운 그룹의 ELJ-MS들에게 보다 신뢰성 있는 채널을 할당한다. 이는 간단히 기존의 그룹에서 유력한 타겟 BS 채널을 새로운 그룹의 ELJ-MS들에게 가장 나중에 할당하는 방법이다.

3.2 그룹의 형성

본 논문에서는 그룹 영역의 형성 절차를 위해 그림 3-(a)와 같이 RSS (Received Signal Strength) 임계값(threshold)을 기반으로 한 그룹의 영역을 정의하였다. 사용되는 RSS 및 RSS 임계값들은 표 1과 같이 정의된다. RSS_{ELJ} 와 Thr_{grp} 와 같이 임의의 MS가 다른 MS의 전송을 수신하는 것을 가능토록 하기 위해, 본 논문에서는 그림 3-(b)와 같이 MS가 특정 MS의 업링크 구간을 센싱하여 RSS를 측정하는 방법을 제안한다. UL-MAP 메시지는 IEEE 802.16e에 접속을 최초로 시도하는 MS조차도 네트워크 엔트리(network entry) 과정을 수행함에 있어서, 대역 요청(bandwidth request)과 같은 메시지 전송을 목적으로 해석(decoding)이 가능한 메시지이다. 서빙 BS는 각 MS들의 업링크 구간을 할당하기 위해, 매 프레임의 초기에 UL-MAP 메시지를 브로드

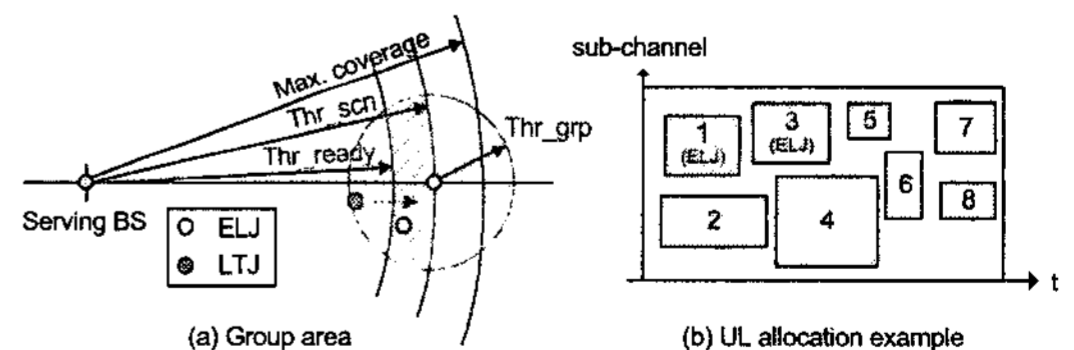


그림 3. 그룹 영역의 정의

표 1. RSS 및 RSS 임계값 정의

구분	정의
RSS_{BS}	MS가 수신한 서빙 BS의 RSS
RSS_{ELJ}	MS가 수신한 ELJ 상태의 이웃 MS의 RSS
Thr_{scn}	MS가 스캔을 요청하게 되는 RSS_{BS}
Thr_{ready}	MS가 ELJ 혹은 LTJ 상태가 될 수 있는 RSS_{BS}
Thr_{grp}	MS가 ELJ 혹은 LTJ 상태가 될 수 있는 RSS_{ELJ}

캐스팅 한다. 따라서 서빙 BS가 UL-MAP 메시지의 특정 부분을 지시한다면 이를 수신할 수 있는 모든 MS들은 스스로의 판단에 의해 해당 업링크 구간에 대한 센싱을 시도할 수 있게 된다. 이때 임의의 MS가 특정 MS의 업링크 구간을 센싱하게 되더라도 업링크하는 MS와 서빙 BS간에 설정된 보안 요소(private key) 및 데이터의 변조기법(modulation) 등으로 인해 실제 전송되는 데이터를 해석하는 것은 불가능한 것으로 간주한다. 결국, 본 논문에서는 특정 업링크 구간의 센싱을 통해, 해당 업링크 구간을 사용 중인 MS의 RSS만을 측정할 수 있다.

그림 4의 (a)와 (b)는 각각 MS측과 BS측에서의 그룹 형성 과정을 나타낸다. 이때, 존재하는 그룹에 대한 광고는 서빙 BS에 의해 주기적으로 브로드캐스트 되거나, 특정 MS의 요청에 의해 유니캐스트(unicast) 될 수 있다. MS는 스캐닝 스케줄을 요청하기 전에, 자신과 인접한 지역에 그룹 스캐닝을 하고 있는 MS가 있는지를 판단한다. 그룹이 존재하는 경우, MS는 서빙 BS로부터 획득한 그룹 내 MS의 업링크 신호를 측정하여 해당 MS의 인접성을 판단한다. 이러한 판단을 근거로 MS는 상태와 그룹 ID(그룹이 발견되지 않은 경우 생략)를 포함한 스캐닝 스케줄 요청 메시지를 전송하고, 이를 수신한 BS는

MS의 상태를 ELJ와 LTJ, 둘 중 하나의 상태로 천이하여 요청에 응답한다.

3.3 동적 이웃 BS 채널 관리 기법

동적 이웃 BS 채널 목록에서 각각의 채널에 할당되는 채널 상태는, 아직 스캐닝이 시도되지 않은 채널 상태 NS(Not Scanned), 성공적으로 스캔된 채널 상태 SS(Successful Scanned) 그리고 이미 스캐닝이 시도되었지만 적절한 타겟 채널로 사용될 수 없는 채널 상태 US(Unsuccessful Scanned) 이상 세 가지가 있다. 각 채널 상태들의 우선순위는 SS, NS, US 순서로 구성되며, 이 중 SS 상태는 스캐닝 결과로 보고된 RSS값이 큰 순서로 구성되어 있다. 동적 이웃 BS 채널 관리 기법은 이러한 채널 상태 정보의 실시간 갱신을 바탕으로 ELJ-MS들에게는 NS 상태의 채널들을, LTJ-MS 및 PH-MS들에게는 SS 상태의 채널들을 할당해주게 된다. 새롭게 구성된 그룹은 기존의 그룹과 영역적으로 배타적인 관계에 있으므로, 동적 이웃 BS 채널 관리 기법에 의해 채널 상태들을 역순(reverse order)으로 재정렬한 초기 채널 목록 상태를 제공받는다. 즉, 기존 그룹의 US 상태 채널들을 가장 높은 우선순위로, SS 상태 채널들을 가장 낮은 우선순위로 구성하는 것이다. 초기 채널 목록 상태의 조정으로 인해 새롭게 형성된 그룹들은 보다 신뢰성 있는 초기 채널 목록을 바탕으로 그룹 스캐닝을 수행할 수 있게 된다.

3.4 그룹 스캐닝

그룹이 형성되면, 해당 그룹은 서빙 BS가 할당한 스케줄 기간 동안 각자가 할당받은 이웃 BS 채널들에 대해 스캐닝을 실시한다. 그림 5는 이러한 그룹 스캐닝 과정의 한 예이다. 그림 5에서 첫 번째 그룹(Grp 1)을 형성하고 있는 세 개의 ELJ-MS는 서빙 BS로부터 각각 다른 이웃 BS 채널을 할당받고 스캐닝을 실시한다. 각각의 ELJ들은 매 스캔 구간의 종료 시에 스캔 결과를 보고함으로써 동일 그룹에 속한 임의의 MS들 모두가 스캔 결과를 실시간으로 공유할 수 있도록 한다. 그림에서 서빙 BS가 관리하고 있는 이웃 BS 채널은 총 10개이다. 각 MS들의 스캐닝 과정은 다음과 같다.

- Grp 1 ELJ 1 : 첫 번째 그룹에 속한 MS로서, 최초의 스케줄 된 스캔 구간동안 CH5에 대한 스캔을 시도하였고, CH6에 대한 스캔 시도는 마무리 되지 않았으므로 이후에 재 할당된다.

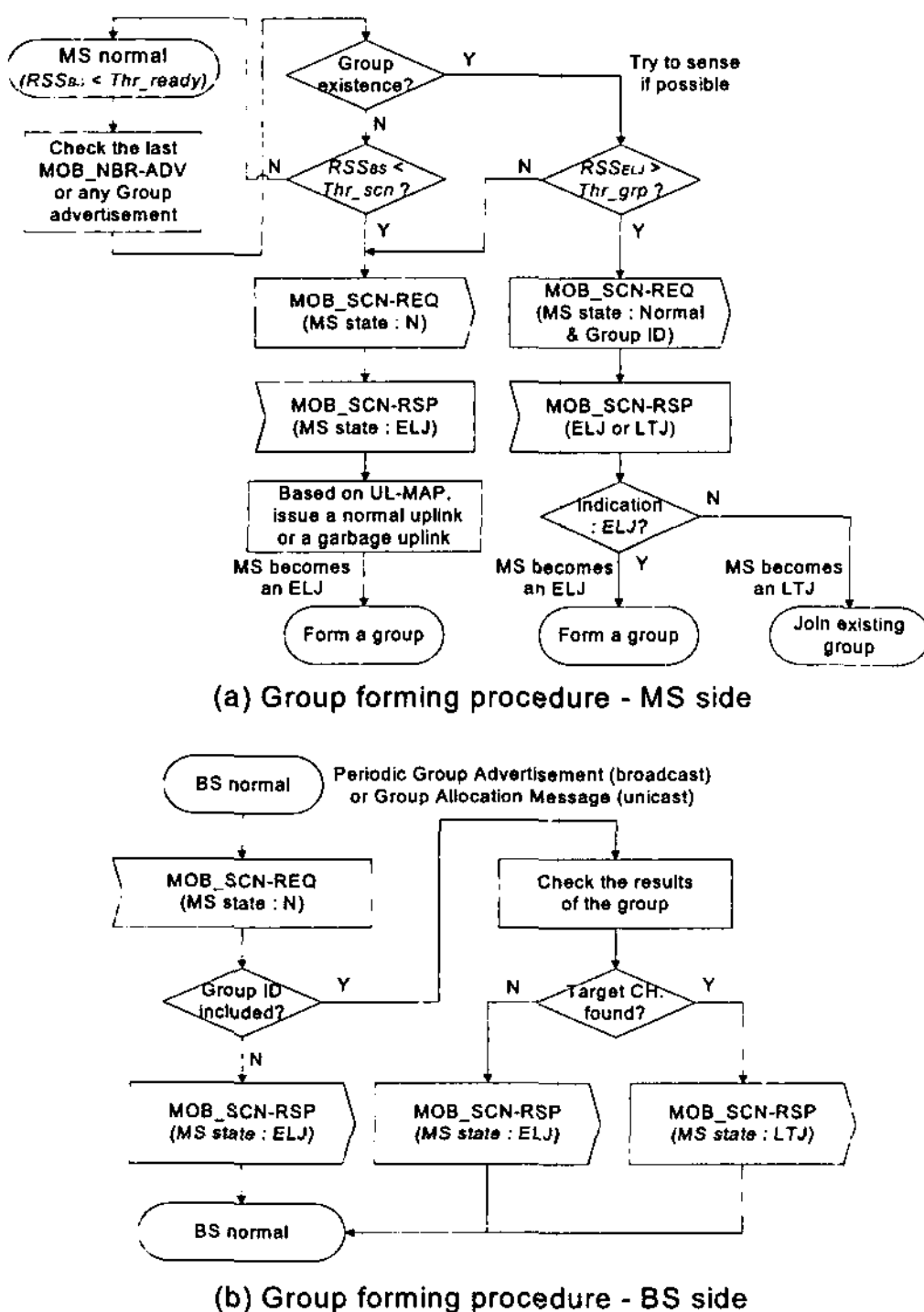


그림 4. 그룹 형성 과정

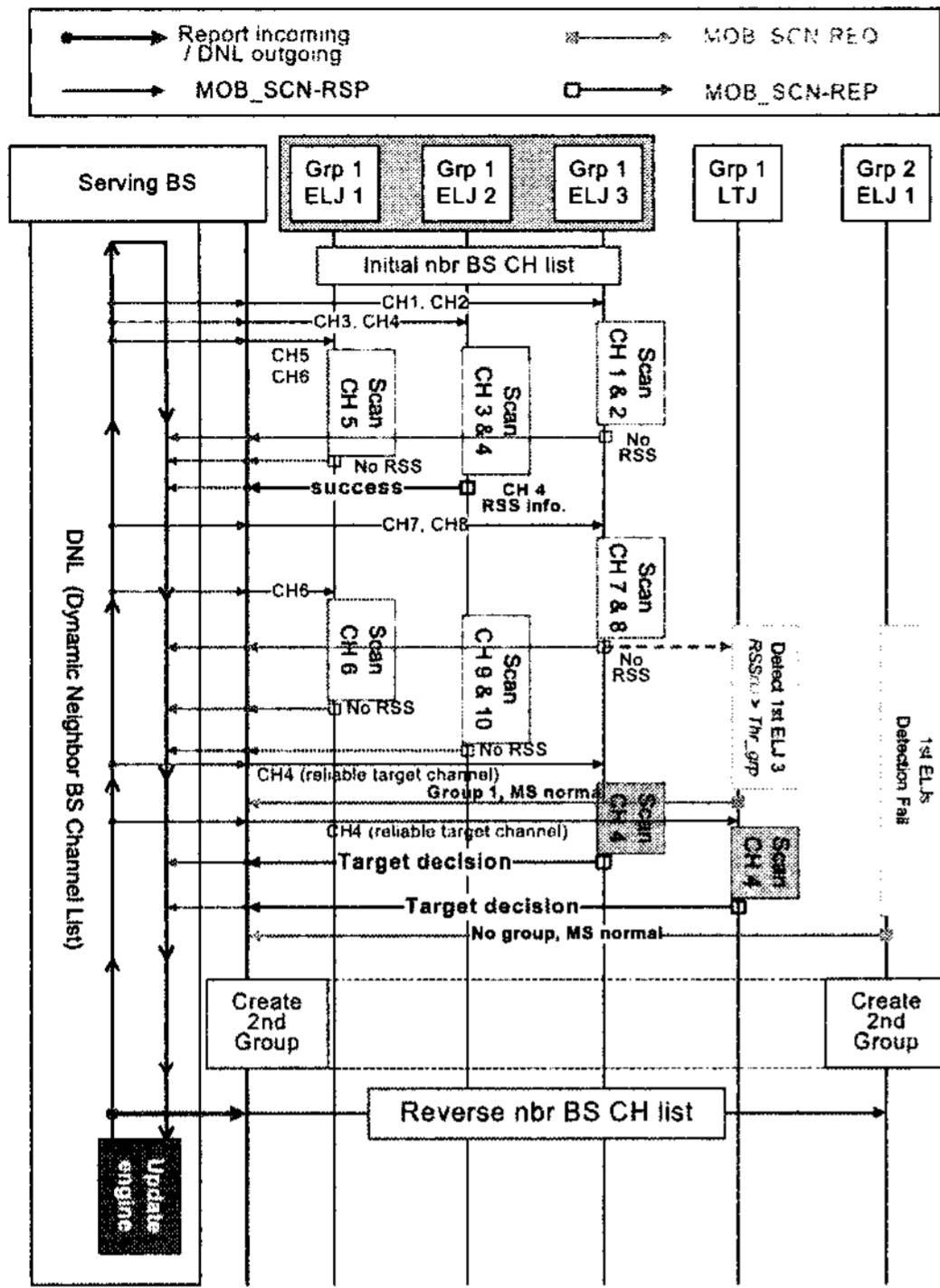


그림 5. 그룹 스캐닝 과정

CH5에 대한 스캔 결과, 해당 채널의 신호강도가 미약하거나 혹은 측정되지 않아, 타겟 BS 채널로 적합하지 않음을 보고(No RSS)하게 된다.

- Grp 1 ELJ 2 : 첫 번째 그룹에 속한 MS로서, 스캔 구간동안 할당된 두 채널을 모두 스캔한 후, 타겟 BS 채널로 가능성이 있는 CH4를, 측정된 평균 RSS 정보와 함께 서빙 BS에게 보고하였다. 이는, 타겟 BS 채널로 가능성이 있는 이웃 BS 채널이 다수 존재할 때, 그 중 가장 신호강도가 좋은 타겟 BS 채널을 구분하기 위함이다. 해당 MS는 당장 핸드오버가 필요한 것은 아니기 때문에 다음 스캔 구간에서 CH9와 CH10에 대한 스캔을 계속해서 시도하게 된다.
- Grp 1 ELJ 3 : 첫 번째 그룹에 속한 MS로서, 두 번의 스캔 구간동안 타겟 BS 채널로 적절한 채널을 발견하지 못하였다. 이후, 해당 MS는 핸드오버가 임박한 MS가 되어, 서빙 BS로부터 타겟 BS 채널로 가장 유력한 CH4를 할당 받는다. CH4를 성공적으로 스캔한 해당 MS는 정상적으로 핸드오버를 준비 할 수 있게 된다.
- Grp 1 LTJ : 첫 번째 그룹에 속한 MS로서, 서빙 BS는 이미 해당 그룹에서의 유력한 채널

정보를 알고 있으므로, 해당 MS의 상태를 LTJ로 설정하고, 유력한 타겟 BS 채널을 스캐닝 해준다.

- Grp 2 ELJ 1 : 두 번째 그룹에 속한 MS로서, 그룹의 형성 단계에서 현재 존재하는 첫 번째 그룹을 발견하지 못한 MS이다. 따라서 해당 MS는 두 번째 그룹을 형성하기 시작하는 ELJ로 설정되면서 두 번째 그룹을 만드는 MS가 된다. 그룹을 형성한 해당 MS는 DNL(dynamic neighbor-ing base station channel list)의 갱신장치(update engine)에 의해 첫 번째 그룹의 스캐닝 결과의 역 순서(reverse neighboring base station channel list)로 이웃 BS 채널을 할당 받게 된다.

3.5 임의의 LTJ-MS를 위한 ELJ-MS 정보 갱신

그룹을 형성하는 ELJ-MS들은 언제든지 그룹이 형성된 영역으로부터 이탈할 수 있는 이동성을 가지고 있기 때문에, 서빙 BS는 이러한 MS들의 유효성을 관리해야 한다. 이러한 관리를 기반으로 임의의 LTJ-MS는 특정 그룹의 MS들을 센싱하고 해당 정보들을 이용할 수 있기 때문이다.

ELJ-MS의 업링크 메시지가 서빙 BS에 설정된 특정 값보다 작은 신호 세기로 수신되거나, ELJ-MS가 핸드오버를 통해 타겟 BS로 이동한 경우에는 서빙 BS가 해당 MS를 광고 메시지에서 직접 배제할 수 있다. 서빙 BS에 의해 직접 관리가 어려운 상황은 특정 ELJ-MS가 핸드오버 하지 않고 그룹의 영역을 이탈한 경우와 그룹 자체가 다른 지역으로 이동해가는 경우이다. 이를 보완하기 위해 ELJ-MS들은 타겟 BS 채널을 간단히 센싱 해보거나 경우에 따라서는 재차 스캐닝 보아야 한다. 만일 그룹의 유망한 타겟 BS 채널이 타겟으로서 적절하지 않다면, 이들 스캔에 실패한 MS들은 그룹에서 배제된다. 또한, 특정 LTJ-MS가 유력 채널의 스캐닝에 실패하게 되는 경우, 서빙 BS는 해당 LTJ-MS가 센싱한 ELJ-MS를 그룹으로부터 배제하게 된다.

IV. 스캐닝 시간 분석

4.1 스캐닝 시간의 비교

그림 6은 기존 IEEE 802.16e에서의 스캐닝 시간과 제안하는 그룹 기반 스캐닝 기법에서의 스캐닝 시간을 도식적으로 나타낸 것이다. 그림 6에서 사용되는 파라미터들은 표 2와 같으며, t_{TCH} 를 제외한

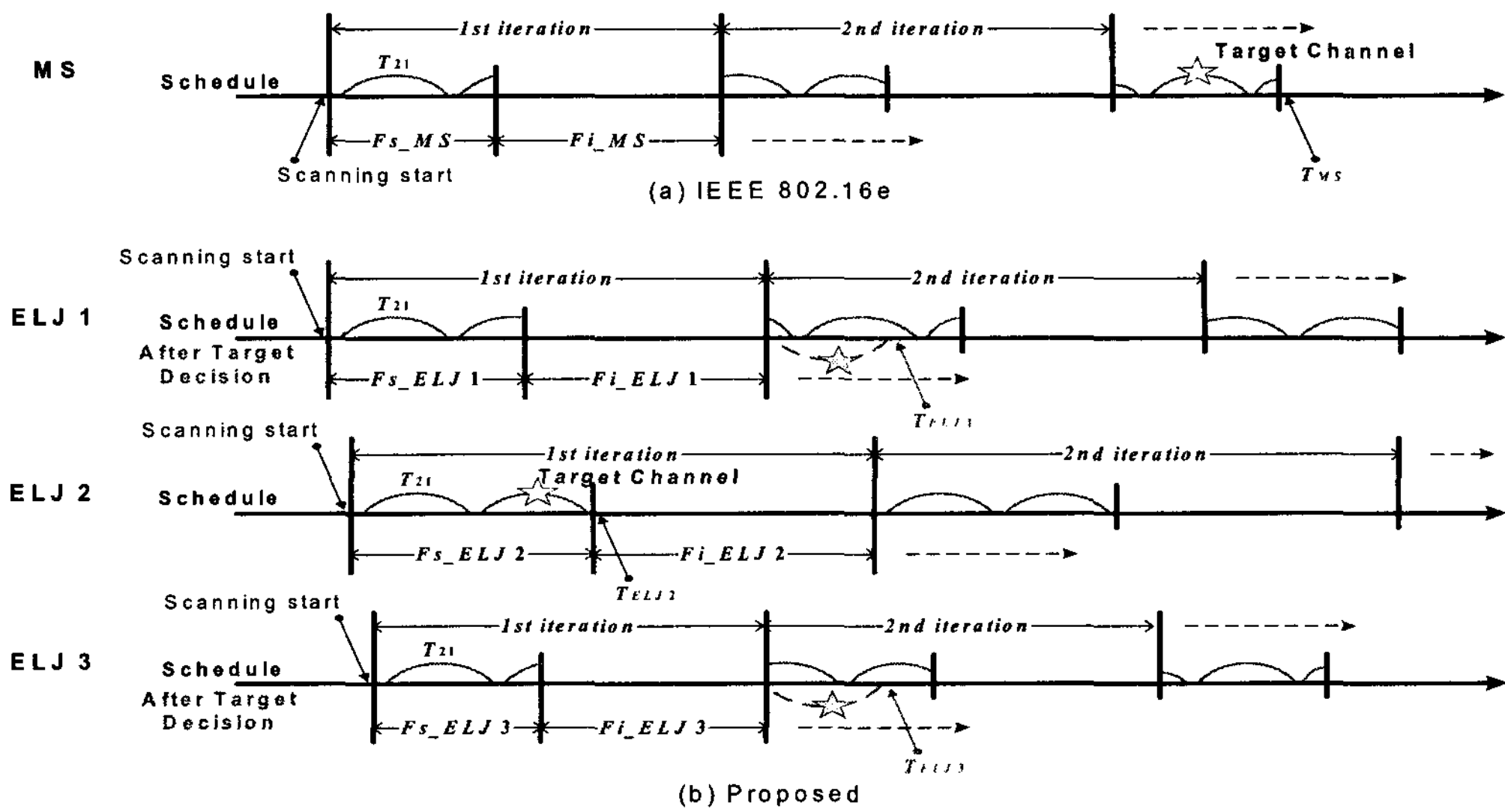


그림 6. 스캐닝 시간 비교

모든 파라미터들은 IEEE 802.16e-2005[1]에서의 정의에 따른다. 그림 6에서는 t_{TCH} 를 T_{21} 과 같은 값으로 가정하였다.

그림 6-(a)는 기존의 스캐닝 과정으로써, 서빙 BS가 제공하는 이웃 BS 채널 중 네 번째로 스케줄된 채널이 타겟 BS 채널인 상황이다. MS는 반복적인 스캔 구간 동안 세 차례의 T_{21} 를 경유한 후 비로소 타겟 BS 채널의 동기화에 성공할 수 있다. MS는 스케줄된 스캔 구간을 따르기 때문에 T_{MS} 시간이 되어서야 자신의 스캐닝 결과를 서빙 BS에게 보고한다. MS는 T_{MS} 시간 까지 총 두 번의 서비스 버퍼링과 포워딩을 반복하였다.

그림 6-(b)는 세 개의 ELJ-MS들이 그룹 기반으로 스캐닝을 수행하는 상황이다. 각 ELJ-MS들에게 스케줄된 스캔 구간과 인터리빙 구간은 각각이 이용 중인 서비스의 상황을 고려하여 설정되었고, 그림 6-(a)에서와 같이 이웃 BS 채널 목록의 네 번째 채널이 타겟 BS 채널인 것으로 간주한다. ELJ 1은 첫 번째와 두 번째 채널을, ELJ 2과 ELJ 3은 이후

순서대로 두 개씩의 채널을 할당받았다. 모든 ELJ-MS들은 이후의 스캔 구간동안에도 순서대로 이웃 BS 채널들을 할당받는다.

그림에서 ELJ 2만이 자신의 첫 번째 스캔 구간에서 타겟 BS 채널에 대한 동기화를 완료하고 T_{ELJ2} 시간(첫 번째 스캔 구간의 종료 시)에 이를 보고하게 된다. 따라서 ELJ 1이나 ELJ 3은 이후의 스캔 구간에서 요청을 통해, 타겟 BS 채널을 할당 받을 수 있다. 이때, 타겟 BS 채널을 스케줄 하는 서빙 BS는 해당 채널과의 동기화에 요구되는 예상 시간만큼을 스캔 구간 정할 수 있다. 결국 그림에서 ELJ 1, ELJ 2, ELJ 3는 최소, 각각 T_{ELJ1} , T_{ELJ2} , T_{ELJ3} 시간만에 타겟 BS 채널과의 동기화에 성공할 수 있게 된다. 결국, 모든 ELJ-MS들은 T_{MS} 시간보다 짧은 시간 안에 타겟 BS 채널을 결정할 수 있으며, 짧아진 스캐닝 시간만큼 각각의 서비스의 버퍼링과 포워딩 횟수 또한 줄일 수 있게 된다. 그러나 서빙 BS가 타겟 BS 채널을 첫 번째나 두 번째에 스케줄 한다면, 오히려 그룹 스캐닝 기법이 기존에 비해 좋지 않은 성능을 나타내기도 한다.

표 2. 스캐닝 시간 파라미터

구분	정의
T_{21}	MS가 스캔하려는 채널에서 해석이 가능한 (decodable) DL-MAP을 수신 할 때까지 대기할 수 있는 최대 시간
t_{fd}	하나의 프레임 시간
F_s	프레임 단위의 스캔 구간
F_i	프레임 단위의 인터리빙 구간
t_{TCH}	MS가 타겟 BS 채널에 대한 동기화를 완료하는데 소요되는 시간

4.2 최대 스캐닝 시간 분석

본 절에서는 기존의 스캐닝 기법과 제안된 그룹 스캐닝 기법의 성능을 수식적으로 분석하기로 한다. 서빙 BS가 관리하는 이웃 BS 채널의 총 수를 N 이라 하자. 스캔을 시도하는 MS들은 서빙 BS의 이웃 BS 광고 메시지(MOB_NBR-ADV)를 통해 각 BS의 DCD, UCD 정보를 획득한 상태라고 가정한다.

t_{TCH} 는 타겟 BS 채널의 동기화에 필요한 시간이다. 동기화를 위해 MS가 이웃 BS 채널로부터 직접 수신해야 하는 메시지는 DL-MAP과 UL-MAP 뿐이며, 이들은 서빙 BS가 매 프레임마다 브로드캐스팅 되므로 t_{TCH} 는 수 프레임에 해당하는 작은 값을 갖는다. 기존의 스캐닝 기법에서 N 개의 채널을 스캔하는데 필요한 전체 스캔 구간을 T_{21} 단위로 구하면 식 (1)을 얻는다.

$$\max T_{conventional}^{SD}(N) = (N-1) \times T_{21} + t_{TCH} \quad (1)$$

이때 필요한 모든 인터리빙 구간은 식 (2)와 같이 스캔 구간의 개수를 셈으로써 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} \max T_{conventional}^{II}(N) & \quad (2) \\ & = \left\lfloor \frac{\max T_{conventional}^{SD}(N)}{F_s \times t_{fd}} \right\rfloor \times F_i \times t_{fd} \end{aligned}$$

기존의 스캐닝 기법에서 N 개의 이웃 BS 채널을 스캔하는 MS의 최대 스캐닝 시간은 식 (3)과 같다.

$$\begin{aligned} \max T_{conventional}^{Scan}(N) & \\ & = \max T_{conventional}^{SD}(N) + \max T_{conventional}^{II}(N) \\ & = (N-1) \times T_{21} + t_{TCH} \\ & + \left\lfloor \frac{(N-1) \times T_{21} + t_{TCH}}{F_s \times t_{fd}} \right\rfloor \times F_i \times t_{fd} \quad (3) \end{aligned}$$

동일한 조건에서 $n_{ELJ}(>1)$ 개의 ELJ-MS가 그룹 스캐닝을 하는 상황을 가정하자. 수식의 간결화를 위해 모든 ELJ-MS들의 F_s 와 F_i 를 동일한 값으로 간주한다. 임의의 ELJ-MS가 스캔을 맡게 될 최대 이웃 BS 채널의 수는 식 (4)와 같다.

$$C_{n_{ELJ}}^V = \{N/n_{ELJ}\} \quad (4)$$

만일 네 개의 ELJ-MS가 일곱 개의 이웃 BS 채널을 스캔하게 된다면, 임의의 ELJ-MS가 스캔을 맡게 될 최대 이웃 BS 채널은 두 개 ($C_4^7 = \lceil 7/4 \rceil = 2$)이다. 타겟을 직접 스캔하지 못한 임의의 ELJ-MS가 타겟 BS 채널을 발견 할 때까지 스캐닝을 시도하는 최대 이웃 BS 채널의 수는 식 (5)와 같다.

$$\max C_{n_{ELJ}}^V = C_{n_{ELJ}}^V + 1 \quad (5)$$

이제 식 (1)-(3)에서와 같이 수식을 전개하면 식 (6)과 같은, 그룹 스캐닝 기법의 최대 스캐닝 시간을 얻을 수 있다.

$$\begin{aligned} \max T_{proposed}^{SCAN}(N) & \\ & = \max T_{proposed}^{SD}(N) + \max T_{proposed}^{II}(N) \\ & = (\max C_{n_{ELJ}}^V - 1) \times T_{21} + t_{TCH} \\ & + \left\lfloor \frac{(\max C_{n_{ELJ}}^V - 1) \times T_{21} + t_{TCH}}{F_s \times t_{fd}} \right\rfloor \times F_i \times t_{fd} \quad (6) \end{aligned}$$

V. 모의실험

모의실험을 위한 각 MS 및 BS의 위치와 네트워크 환경 파라미터는 그림 7 및 표 3과 같다. MS가 스캐닝 결과를 주기적으로 보고하는 경우에는 매 두 번($R=2$)의 반복횟수(iteration)마다 보고하도록 하고 이벤트 발생기반으로 보고하는 경우에는 매 반복횟수($R=1$)마다 보고하도록 하였다.

그림 8의 실험 (a)와 (b)에서는 스캔 시간을 측정하는데 있어서, T_{21} 값을 각각 80ms(20 frames)와 40ms(10frames)로 설정하여, 시간(T_{21})에 따른 성능을 동시에 관찰할 수 있다. 각 실험의 결과 (a), (b)의 좌측의 그래프는 제안된 그룹 스캐닝 기법이

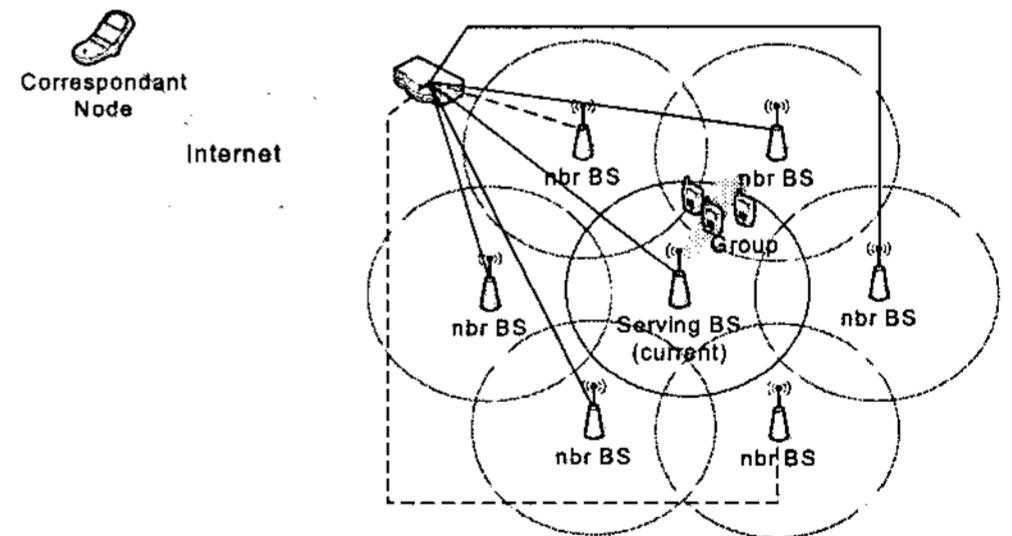


그림 7. 모의실험 토폴로지

표 3. 모의실험 환경 파라미터

Parameters	Value
이웃 BS 채널의 개수(NCH)	3 ~ 20
타겟 BS 채널의 개수(TCH)	1
ELJ-MS의 개수	2 ~ 4
t_{fd}	4ms
F_s	30 ~ 70 frames
F_i	30 ~ 70 frames
T_{21}	40 ~ 80ms
t_{TCH}	12 ms (3 frames)
R (보고 주기)	1 ~ 2

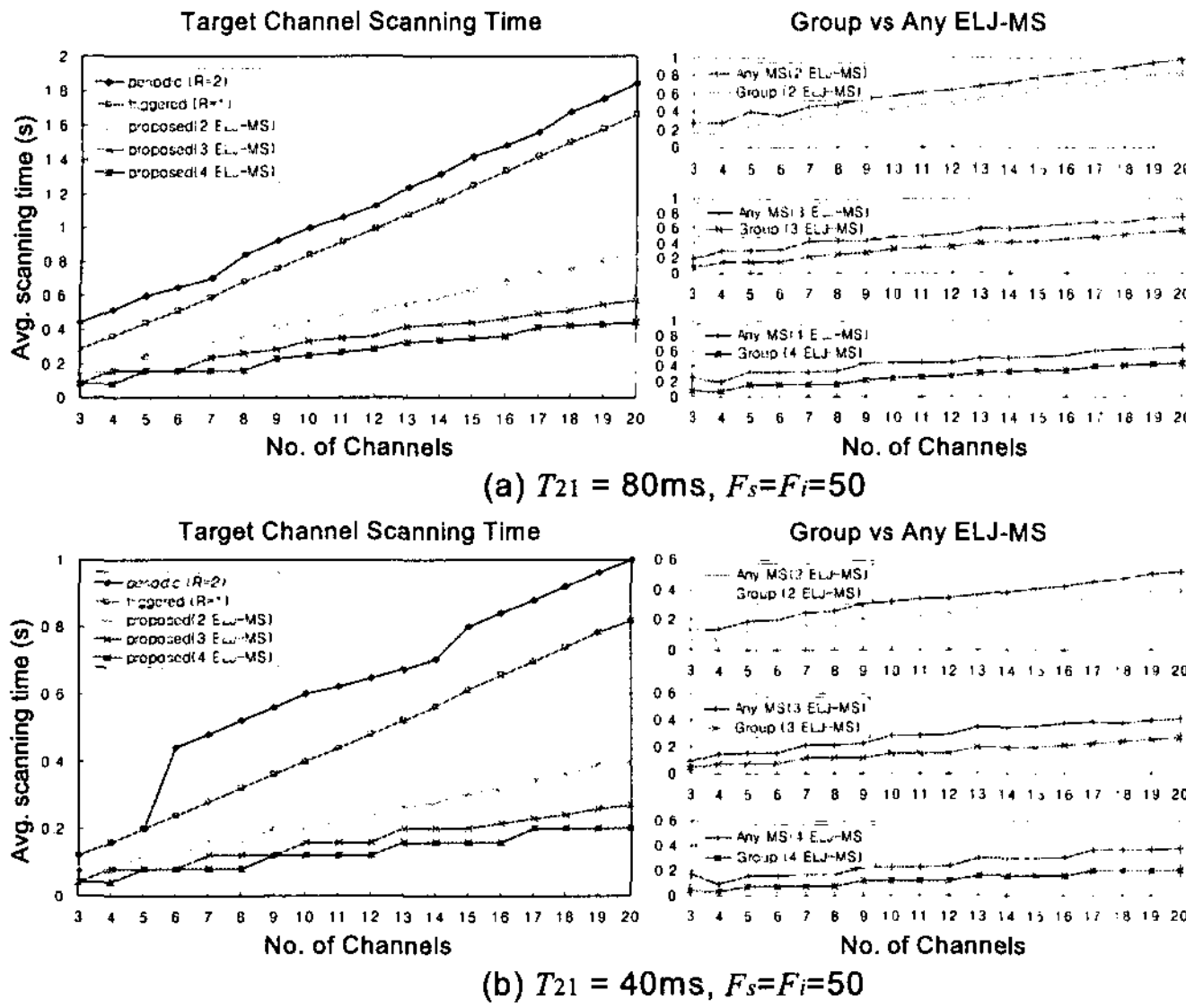


그림 8. 스캐닝 시간의 비교

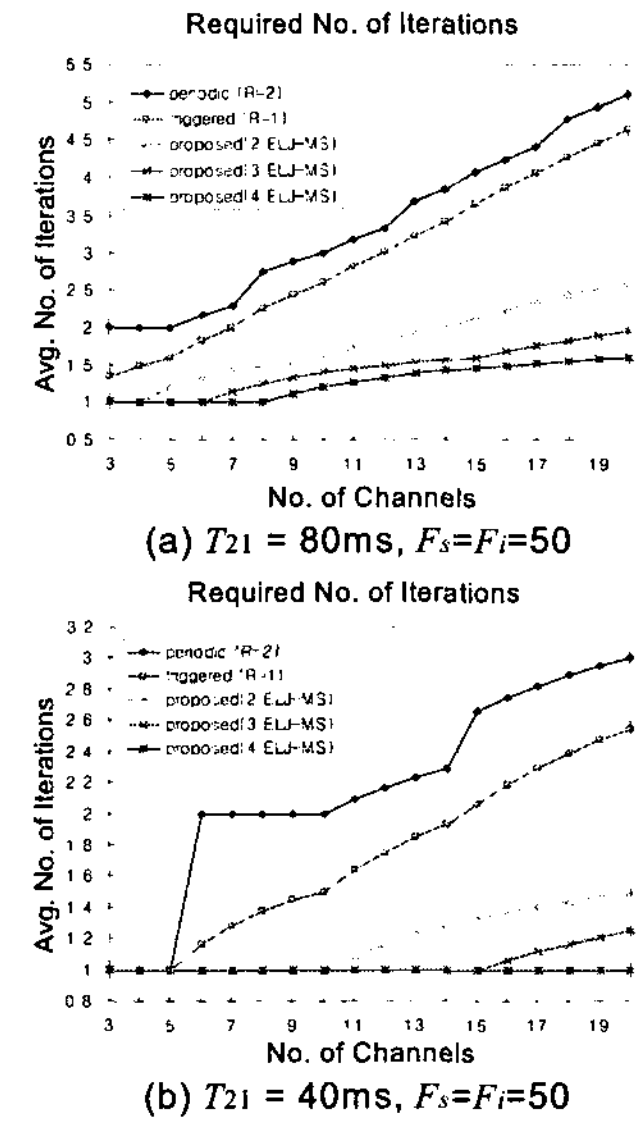


그림 9. 스캔 구간의 반복 횟수 비교

기존의 스캐닝 방법에 비해 보다 빠른 시간 안에 타겟 BS 채널을 발견할 수 있음을 보여준다. 이들 그래프는 그룹 내의 임의의 ELJ-MS가 타겟 BS 채널을 발견한 순간, 즉, 그룹이 최초로 타겟 BS 채널을 발견한 시간을 평균한 것이며 각각의 우측의 그래프에서 그룹 내 임의의 ELJ-MS가 발견된 타겟 BS를 스캔하게 되는 평균 스캐닝 시간을 이와 비교하여 나타내었다. 그림 8의 실험 결과는 그룹 스캐닝을 하는 경우, 그룹에 참여하는 모든 ELJ-MS들로 하여금, 기존의 방법보다 빠른 스캐닝 시간을 보장하는 것을 보여준다.

그림 9에서는 측정된 스캐닝 구간동안 스캔 구간의 반복 횟수, 곧, MS가 이용 중인 서비스의 버퍼링과 포워딩 횟수(서비스 지연의 반복 횟수)를 실험한 결과이다. 실험 결과 (a), (b)에서 볼 수 있듯이 제안된 그룹 스캐닝 기법은 스캔 구간의 반복횟수 측면에서도 보다 유용한 결과를 나타낸다.

그림 10은 스캔 구간과 인터리빙 구간의 비율에 따른 평균 스캐닝 시간을 관찰한 것이다. 스캔 구간과 인터리빙 구간의 비율은 MS가 이용하는 서비스 품질에 의해 결정되는 요소라고 할 수 있다. 실험 결과 MS가 어떠한 종류의 스캔 구간 비율을 갖더라도 그룹 스캐닝 기법을 사용하는 것이 기존의 스캐닝 기법보다 빠르게 타겟 BS 채널을 스캔하는 것을 관찰 할 수 있다.

마지막으로 그림 11에서는 그룹 스캐닝 기법의 효과가 동일한 서빙 BS에 접속 중인 임의의 MS에게로 확장될 수 있다는 것을 단적으로 보여준다. 이

웃 BS 채널의 개수(NCH)는 12개로 설정하였다. 실험 결과, 첫 번째 그룹 스캐닝이 시작된 이후에 새로이 그룹 스캐닝을 시작하는 그룹의 경우, 첫 번째 그룹의 스캐닝 결과를 이용하는 DNL의 업데이트 엔진에 의해 보다 신뢰성 있는 이웃 BS 채널 목록을 제공받기 때문에, 첫 번째 그룹보다 더 빠른 시간 이내에 타겟 BS 채널을 발견할 수 있음이 관찰

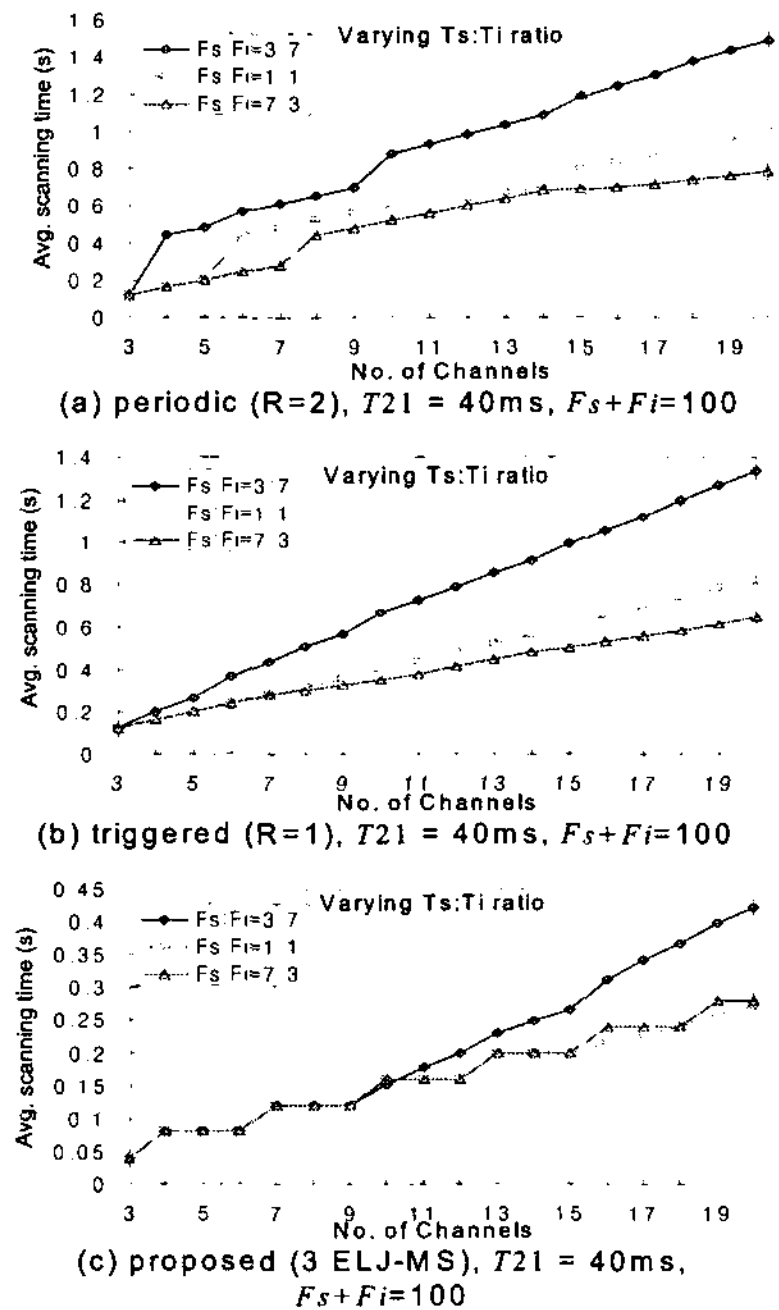


그림 10. Fs와 Fi의 비율에 따른 스캐닝 시간

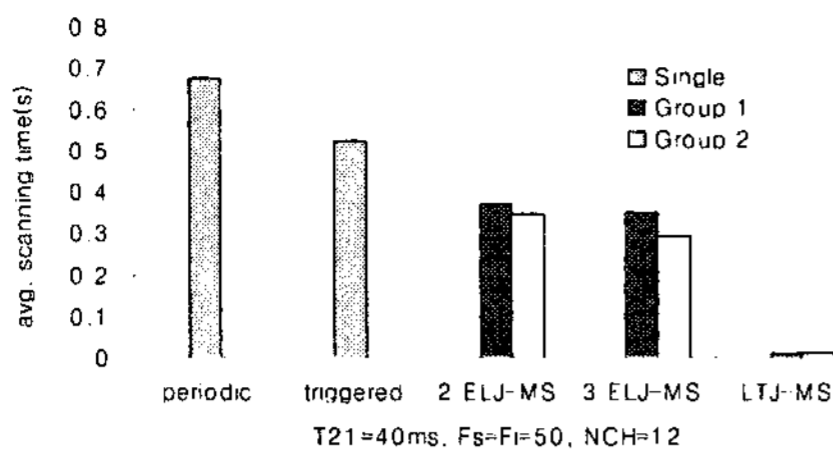


그림 11. 순차적 그룹 및 LTJ-MS의 스캐닝 시간

된다. LTJ-MS의 경우는 이미 그룹에 의해 타겟 BS 채널이 발견된 상황에 나타난 경우로 가정하였으며, 이러한 MS의 경우 매우 짧은 시간 안에 타겟 BS 채널을 발견할 수 있음을 알 수 있다.

VI. 결 론

본 논문에서는, IEEE 802.16e에서 타겟 BS를 선정하기 위한 스캐닝 과정에서 발생하는 문제점을 지적하고 이를 해결하기 위해 그룹 스캐닝 기법을 제안하였다. 그리고 모의실험의 결과를 통해 그룹 스캐닝 기법이 시간적으로 빠른 타겟 BS 채널의 발견을 보장하는 것을 보였다. 그룹 스캐닝 기법은, 다소 복잡한 동작 절차를 가지며 스캐닝에 참여하는 모든 MS들로 하여금 매 스캔 구간의 종료 시마다 그 결과를 보고하도록 하므로 네트워크의 트래픽을 일시적으로 증가시킬 수 있는 약점도 가지고 있다. 하지만 한 번 그룹이 생성된 후에는 그룹 스캐닝에 참여하는 ELJ-MS들의 유지관리를 통해 이후의 LTJ-MS들에게 가장 빠른 스캐닝 시간을 보장함으로써 점차적으로 이러한 트래픽 오버헤드를 줄일 수 있을 것으로 기대된다.

그룹 기반의 스캐닝 기법은 셀 내부를 운영하는 MS의 수가 증가 할수록 비슷한 지역에서 동시에 스캐닝을 수행하는 여러 MS들을 그룹으로 관리하여 보다 빠른 스캐닝을 보장할 수 있다. 이는 특히 이웃 BS 채널의 수가 많을수록 기존의 스캐닝 기법보다 월등히 성능을 보장하며, 더 많은 그룹이 형성될수록 점점 더 빠른 스캐닝 시간을 기대할 수 있는 확장성을 제공한다.

참 고 문 헌

- [1] IEEE Std 802.16e-2005, "IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks - Part 16: Air Interface for Fixed and Mobile Broadband Wireless Access Systems - Amendment 2: Physical and medium access control layers for combined fixed and mobile operation in licensed band and corrigendum 1", February 2006.
- [2] IEEE Std 802.16-2004, "IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks - Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access systems.", October 2004.
- [3] S. Choi, G. Hwang, T. Kwon, A. Lim, and D. Cho, "Fast Handover Scheme for Real-Time Downlink Services in IEEE 802.16e BWA System", in *Proc. of IEEE VTC 2005-Spring*, pp. 2028-2032, June 2005.
- [4] S. Cho et al. "Hard Handoff Scheme Exploiting Uplink and Downlink Signals in IEEE 802.16e Systems", in *Proc. of IEEE VTC 2006-Spring*, pp. 1236-1240, May 2006.
- [5] D. Lee, K. Kyamakya, and J. Umondi, "Fast Handover Algorithm for IEEE 802.16e Broadband Wireless Access System.", in *Proc. of IEEE ISWPC 2006*, pp. 1-6, January 2006.
- [6] R. Rouil and N. Golmie, "Adaptive Channel Scanning for IEEE 802.16e", in *Proc. of IEEE MILCOM 2006*, pp. 1-6, October 2006.
- [7] P. Boone, M. Barbeau, and E. Kranakis, "Strategies for Fast Scanning and Handovers in WiMax/802.16", in *Proc. of IEEE ACCESSNETS 2007*, pp. 1-7, August 2007.
- [8] R. Rouil and N. Golmie, "Effects of IEEE 802.16 Link Parameters and Handover Performance for Select Scenarios", IEEE 802.21 session #13 in Denver Colorado, February 2006.

최 재 각 (Jae-Kark Choi)

준회원



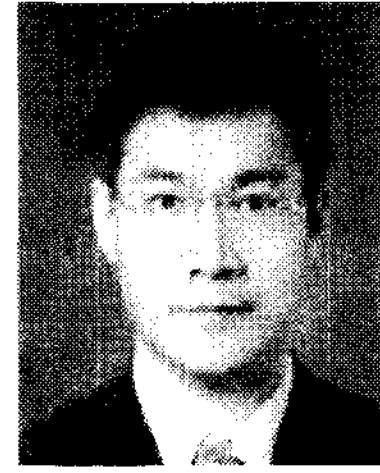
2006년 2월 인하대학교 전자공학
과(공학사)

2006년 9월~현재 인하대학교 정
보통신대학원 석사과정

<관심분야> Cognitive Radio,
Seamless handover, MAC

유 상 조 (Sang-Jo Yoo)

정회원



1988년 2월 한양대학교 전자 통
신학과(공학사)

1990년 2월 한국과학기술원 전기
및전자공학과(공학석사)

2000년 8월 한국과학기술원 전자
전산학과(공학박사)

1990년 3월~2001년 2월 KT 연구
개발본부

2001년 3월~현재 인하대학교 정보통신대학원 부교수

<관심분야> 초고속 통신망, 무선 MAC 프로토콜, 인터
넷 QoS, Cross-layer 프로토콜 설계, Cognitive
Radio Network