

# Mobile WiMAX시스템에서 채널품질 변동추적을 이용한 유힬모드 이동단말의 효율적인 선호기지국 선택 방안

이 강 규<sup>†</sup> · 윤 희 용<sup>††</sup>

## 요 약

이동통신 시스템에서 이동단말이 소비하는 전력은 휴대용 배터리의 용량 제약으로 인하여 매우 중요하게 고려되는 이슈이다. 따라서, Mobile WiMAX 시스템을 포함한 대부분의 무선통신 네트워크 규격은 이동단말의 전력소모를 줄이기 위한 전력절약 모드를 지원한다. 그러나 이들 규격에서 제시하는 전력절약 모드는 청취구간의 시간적인 배치만을 정의한다. 따라서 전력절약 모드로 동작하는 단말의 소비전력은 단말 제조사의 구현형태에 의존적이며, 채널환경 변화에 따라 페이징 손실의 위험성도 존재한다. 본 논문은 광대역 이동통신 네트워크 환경에서 전력절약 모드로 동작하는 이동단말이 채널품질의 변동추이를 바탕으로 최선의 기지국을 선택하는 방식을 통해 보다 효율적인 전력사용 및 청취구간 동안 페이징 메시지의 손실 위험을 줄이는 실용적인 알고리즘을 제시한다. 이러한 채널적용형 주파수/기지국 재선택 알고리즘은 청취구간 동안 채널 품질을 측정하는 과정, 측정된 채널 품질의 변동을 추적하는 과정, 추적결과에 따라 이중 주파수 탐색을 수행하는 과정, 탐색결과에 따라 최선의 주파수 및 기지국을 재선택 하는 과정으로 구성되어 있다. 그러므로 제안된 방식은 단말이 이동함에 따라 해당 네트워크의 채널 환경이 변하더라도 전력을 합리적으로 사용함과 동시에 양호한 기지국을 선택하게 함으로써, 청취구간에서 페이징 메시지 수신 성능을 향상시킨다. 본 알고리즘을 적용한 시뮬레이션 결과는 단말의 이동하는 채널 환경에서 다른 후보방안들 보다 페이징 메시지 수신 성능이 우수함을 보여주고 있으며 동시에 단말이 평균적으로 보다 양호한 채널 환경에서 전력절약 모드를 동작하게 함을 보여준다.

키워드 : 전력절약, 주파수 재선택, 채널품질 변동

## Channel Variation Tracking based Effective Preferred BS Selection Scheme of Idle Mode Mobile device for Mobile WiMAX System

Kang Gyu Lee<sup>†</sup> · Hee Yong Youn<sup>††</sup>

## ABSTRACT

In the wireless communication systems, the power consumption of a mobile device is very important issue due to its battery limitations. Hence most of the standards for wireless networks including a mobile WiMAX system are supporting their own power saving mode in way that a mobile device is able to reduce its energy usage while in the mode. However, those standards just define the arrangement of special time intervals, called a paging listening interval, during which the device needs to receive the paging-related control messages, and they do not specify how to effectively reduce the power in many different network environments. This means the amount of power spent by the device is very dependent on the implementations of individual device-vendors, and undesirable paging loss may happen according to the channel conditions. To reduce unnecessary power usage and the risk of paging loss, this paper proposes the effective frequency/BS selection algorithm applicable to a mobile device operating in the power saving mode, which serves the device with better BS based on the tracking for channel variation. This algorithm consists of the channel estimation phase during each paging listening interval, the tracking phase for the measured results, the frequency reselection phase based on the tracking activity, and the preferred BS reselection phase. Thus the proposed method can improve the paging performance while the device is moving in the network. Also the simulation result shows that the presented scheme is superior to other candidates in energy efficiency due to the channel-adaptive frequency/BS selection.

Keywords : Power Saving, Frequency Reselection, Channel Variation

<sup>†</sup> 정 회 원 : 성균관대학교 정보통신공학부 전자전기컴퓨터공학과 석사과정  
<sup>††</sup> 종 신 회 원 : 성균관대학교 정보통신공학부 교수 및 유비쿼터스 컴퓨팅기술 연구소 소장(교신저자)

논문접수: 2010년 8월 2일  
수 정 일: 1차 2010년 9월 28일  
심사완료: 2010년 10월 17일

### 1. 서론

무선 이동통신 네트워크에서 단말이 소비하는 전력은 휴대용 배터리의 제약성으로 인하여 매우 중요하게 고려되는 사안이다. 이런 이유로 Mobile WiMAX [1-3] 시스템을 포함하여 대부분의 이동통신 네트워크 규격에서는 단말이 소비하는 전력을 줄이기 위해 전력절약 모드를 정의한다. 그러나, 이들 전력절약 모드는 단말이 기지국으로부터 Paging (페이징) 정보를 포함하는 특별한 목적의 제어 메시지를 수신하는 Paging Listening Interval (PLI, 청취구간)의 시간적인 배치만을 정의한다. 즉, 전력절약 모드로 동작하는 단말이 주어진 네트워크 환경에서 효과적으로 전력소비를 줄일 수 있는 방안에 대해서는 기술하고 있지 않다.

최근 들어 광대역 무선 이동통신 시스템으로서 Mobile WiMAX 기반의 WiBro 네트워크가 국내에서 상용화되었고, 미국 및 인도에서도 상용화가 활발히 진행되고 있다. 이들 Mobile WiMAX 시스템 역시 단말의 전력소비를 줄이기 위해 전력절약 모드를 정의하고 있으며, 유휴모드(Idle Mode)와 슬립모드(Sleep Mode)가 이 시스템이 지원하는 전력절약 모드이다. 이들 두 가지 모드의 대표적인 차이는 해당 모드가 유효하게 적용되는 범위가 다른 점에 있다. 슬립모드는 특정 기지국 범위 내에서 유효한 모드이며, 유휴모드는 해당 네트워크 범위 내에서 단말이 기지국간을 이동하여도 유지되는 전력절약 모드이다. 이후 본 논문에서 지칭하는 전력절약 모드는 특별한 언급이 없는 한 Mobile WiMAX 네트워크에서 단말의 이동성을 고려한 유휴모드를 의미한다. 유휴모드는 청취구간과 비청취구간 (Paging Unavailable Interval)으로 구성되는 것을 특징으로 하며, 유휴모드로의 진입을 위해 단말/기지국간에 이들 구간들의 시간적인 배치 (이러한 배치를 전력절약 패턴이라 칭함)를 알려주는 제어 메시지가 교환된다. 청취구간은 유휴모드로 동작하는 단말에게 기지국이 페이징 메시지를 전송하는 시간으로 정의되며, 비청취구간은 페이징 메시지가 전송되지 않는 시간적 구간을 의미한다.

(그림 1)은 Mobile WiMAX 시스템에서 정의하는 유휴모드의 구성을 도시한 것이다. (그림 1)에서 유휴모드로 진입한 단말은 청취구간, PLIs, 마다 기지국이 전송하는 페이징 메시지(MOB\_PAG-ADV)를 수신한다. 이때, 유휴모드로 동작하는 단말이 청취구간에서 페이징 메시지를 수신하기 위해 선택하는 기지국을 선호기지국이라 한다. (그림 1)에서 단말은 예약된 청취구간이 아닌 구간에서는 전력소비를 최

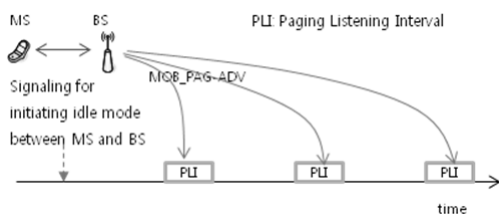
소화하도록 구현된다.

유휴모드에서 동작하는 단말은 사용자의 움직임에 따라 정지상태에 있거나 이동한다. 이때, 해당 단말이 청취구간마다 체크하는 채널품질은 단말의 위치에 따라 변동될 수 있다. 일반적으로 주변에 전개된 기지국들의 사용 주파수가 동일한 환경 (FRP=1환경, Frequency Reuse Pattern 1, 국내에 전개된 WiBro 네트워크의 전개 환경이 FRP1임)에서, 신호품질이 약한 지역에 위치한 단말이 선호기지국을 선택하고 동기를 획득하기 위해서는 신호품질이 양호한 지역보다 많은 시간이 요구된다. 따라서, 단말 동기획득 블록을 구현함에 있어서 신호 품질을 고려하지 않고 고정길이의 탐색 시간을 부여하는 경우, 신호품질이 약한 지역에 위치한 단말은 특정 청취구간에서 착신 서비스를 받지 못하는 결과를 초래할 수 있다. 더욱이 최근 대다수의 Mobile WiMAX 사업자들은 사용자들에게 보다 양질의 서비스를 제공하기 위해 복수의 주파수를 전개하는 추세이므로, 유휴모드로 동작하는 단말은 선호기지국을 선택함에 있어서 주파수 변경 여부도 추가적으로 고려해야 한다. 그러나, 앞서 언급한 바와 같이 기존의 규격[1-3]은 청취구간의 시간적인 배치에 대해서만 기술할 뿐, 단말이 겪게 되는 네트워크 환경을 고려하여 전력을 효율적으로 사용하면서도 효과적으로 양호한 선호기지국을 선택하는 방법을 제시하지 못하고 있다.

본 논문은 유휴모드로 동작하는 단말이 채널응용적인 방법으로 전력사용의 효율성을 높이고 최선의 선호기지국을 선택하는 알고리즘을 제시한다. 제안된 알고리즘은 청취구간마다 하향링크의 채널 품질을 측정하는 과정과, 측정된 채널 품질에 따라 선호기지국의 동기획득에 필요한 시간을 제어하는 과정과, 측정된 채널 품질의 변화를 추적하는 과정과, 채널 품질의 변동에 따른 선택적인 타 주파수 탐색동작을 통해 최선의 선호기지국을 재선택하는 과정으로 이루어져 있다. 본 알고리즘은 이러한 과정을 통해 유휴모드에서 동작하는 단말이 동기획득 오버헤드 길이를 합리적으로 조절하게 하고, 선택적으로 타 주파수 탐색과정을 수행하게 함으로써, 불필요한 전력사용을 줄이고 페이징 손실의 위험도 효과적으로 피할 수 있게 해준다. 이 알고리즘에서 활용될 수 있는 채널품질로는 수신신호세기 (RSSI, Received Signal Strength Indicator), 신호 대 잡음비(CINR, Carrier to Interference Ratio) 및 경로손실(PL, Path loss) 등이 있으며, 효과적으로 페이징 손실을 회피하기 위한 방안의 설명을 위해 RSSI 및 PL 기반의 실용적인 채널환경 모델을 활용하였다.

### 2. Related Work

IEEE 802.16 [1-3] 을 기반으로 전개된 Mobile WiMAX 시스템은 단말에게 효과적인 이동성을 부여하기 위해 핸드 오버 (Handover, HO) 절차를 정의한다. HO절차에서 서비스 기지국은 주변 기지국의 제어정보를 포함하는 네이버 메시지 (MOB\_NBR-ADV) 와 HO의 조건을 포함하는 DCD



(그림 1) Mobile WiMAX 시스템의 Idle Mode 구성 예

(Downlink Channel Descriptor) 메시지를 방송하고 단말은 서비스 기지국의 채널품질과 네이버 메시지를 통해 알려진 주변 기지국의 제어정보를 이용하여 측정된 네이버 기지국의 채널 품질을 비교함으로써, HO조건이 만족되면 새로운 기지국으로의 이동을 통해 사용자 서비스의 QoS (Quality of Service)를 만족시킨다. 이때, 이러한 HO절차를 위해 단말은 정상적으로 네이버 메시지를 수신하고 HO관련 제어 메시지를 송수신 할 수 있는 전용 연결확인자가 필요하다. 그러나, 정상모드가 아닌 유희모드에서는 HO관련 제어 메시지 송수신을 위한 단말 전용 연결확인자가 네트워크로 반납되며, 청취구간의 이산적인 배치로 인하여 유희모드 단말이 최신의 선택기지국으로부터 방송되는 네이버 메시지를 항상 수신할 수는 없다.

(그림 2)는 유희모드에서 동작하는 단말이 이동하는 과정에서 자신이 가장 최근에 선택한 선택기지국으로부터 항상 네이버 메시지를 수신하지 못하는 이유를 도시한 것이다. 즉, 유희모드로 동작하는 단말은 전력소비를 줄이기 위해 비청취구간에서는 수신에 필요한 블록마저 비활성 상태로 유지시키는 것이 일반적인 구현형태 이므로, 네이버 메시지가 약속된 청취구간에서 전송되지 않으면 해당 단말은 최신의 네이버 기지국 정보를 획득할 수 없다. 또한, 네이버 메시지를 수신하더라도 해당 단말의 전용 연결확인자가 반납된 상태에서는 HO관련 제어메시지의 교환은 불가능하다.

Daehyong Hong과 Stephen S.Rappaport [4]는 무선 이동통신 네트워크의 골격이 되고 있는 셀룰러 시스템에서, 활성화된 통화의 막힘 현상을 줄이고 HO성공률을 향상시키기 위한 사용자 트래픽 모델을 제안한다. 또한, [4]에서는 현장의 엔지니어들이 셀룰러 시스템을 전개할 때 셀 크기를 적절하게 결정하는데 도움을 줄 수 있는 간단하면서도 유용한 그래프도 제시한다. 하지만, [1-3]과 마찬가지로 유희모드라는 전력제한적인 모드에서 단말의 이동성을 효과적으로 지원하기 위한 방안은 제시되어 있지 않다. Mahkoum. H 와 Sarikaya B [9]는 다중 이종망(Multi-RAT) 환경에서 적용할 수 있는 통합형 전력절약 프레임워크를 제안하고 있다. 이 제안은 MIH (Media Independent Handover) 메시징 방식과 MRPM(Multi-Radio Power Management)라는 다중 이종망간 전력관리 방식을 통합한 것이 특징이다. MIH는 잘 알려져 있는 상위계층 어플리케이션의 핸드오버에 적용되는 개념이며, MRPM은 [9]에서 고안한 이종망간 HO과정에서 전력을 줄일 수 있는 방안이다. 그러나, 이 방안도 정

상모드에서 단말의 이동에 따른 HO과정 중에 적용 가능할 뿐 유희모드에서는 적용할 수 없다.

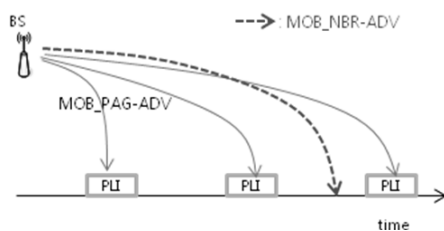
이에 반하여, Timothy X Brown 과 Seshadri Mohan [5]은 유희모드에서의 페이징 및 위치갱신 전략을 제시한다. 이 방법은 네트워크 관점에서 유희모드 단말에게 제공하는 페이징을 효과적으로 줄이고, 단말이 이동함에 따라 수행하는 위치갱신 횟수를 줄이기 위한 전략을 제시한다. 또한, Shantidev Mohanty 와 Muthaiah Venkatachalam [10]은 유희모드에서 트레이드오프 관계에 있는 페이징 오버헤드와 페이징 지연에 대하여 효과적인 균형점을 찾기 위한 네트워크 페이징 알고리즘을 제안한다. 그러나, [5, 10]은 모두 유희모드에서 동작하는 단말의 전력절약 관점이 아니라, 시스템 레벨 관점에서 유희모드 성능을 예측, 향상시키기 위한 제안들이다. 반면에, 단말의 관점에서 전력소비를 줄일 수 있는 방안들이 [6-8]에 제시되어 있다. 이들이 제안한 방식들은 다중의 이종망 환경에서 하위계층에 의해 적절한 액세스 망이 선택될 경우 그 망으로의 전환을 수행하는 방식으로 단말의 소비전력을 줄일 수 있는 방안들이다. 그러나, 각 이종망에서 기술하는 유희모드와 연계되어 단말의 전력절약을 지원할 수 있는 방식과는 거리가 있다.

### 3. Mobile WiMAX 동작 개요

IEEE 802.16e를 기반으로 하는 Mobile WiMAX시스템에서, 단말은 자신의 식별자, 능력, 보안 및 인증 그리고 QoS 관련 내용을 협상하기 위해 서비스 기지국(Serving BS, 이하 SBS)으로 네트워크 진입절차 (Network Entry, 이하 NE)를 수행해야 한다. 이 과정을 통해 단말은 해당 네트워크에 대한 시스템 정보를 획득할 수 있으며, 단말은 이 NE 절차가 완료된 시점 이후부터 유희모드로 진입이 허용된다. 유희모드의 목적은 사용자 패킷 송수신이 발생하지 않는 환경에서 단말의 에너지 사용을 줄이고 기지국의 자원을 축소시키기 위한 것이다. 유희모드로 동작하는 단말(Idle Mode Mobile Station, IMMS)는 자신의 전력을 절약하기 위해, 비청취구간 동안 자신의 구성요소 일부 또는 전체를 비활성화시킬 수 있고, 사용자 패킷 송수신이 필요하면 언제든지 상기 구성요소들을 재 활성화시킨다. 또한, IMMS는 청취구간에서 네트워크의 요청에 응답하기 위해 페이징 메시지를 확인하며 경우에 따라 위치갱신을 시도한다. 본 절에서는 Mobile WiMAX시스템에서 NE 과정을 포함한 유희모드 동작을 기술한다.

#### 3.1 망 진입(Network Entry, NE) 절차

기지국은 DCD (Downlink Channel Descriptor), DL-MAP (Downlink MAP), UCD (Uplink Channel Descriptor) 및 UL-MAP (Uplink MAP) 등의 방송메시지를 통해 다양한 시스템 정보를 제공한다. 이러한 시스템 정보를 바탕으로, 단말은 특정 기지국에 대한 순방향 및 역방향 동기를 획득하고 능력, 인증 및 등록과 관련된 정해진 메시지를 교환한 후 해



(그림 2) 유희모드에서 단말이 최신의 선택기지국으로부터 항상 네이버 정보를 얻지 못하는 예

당 단말 사용자를 위해 필요한 QoS 정보를 제공 받는다. 상기 시스템에서는 이러한 일련의 과정을 NE절차라 하며, 해당 단말이 NE절차를 성공적으로 완료한 기지국을 SBS(Serving BS)라 한다. 단말이 정상적인 서비스를 제공받기 위해 필요한 SBS와의 NE절차는 다음과 같이 구성되어 있다.

3.1.1 Ranging

레인징 절차는 해당 단말이 역방향 타이밍, 송신전력 오프셋, 그리고 주파수 오프셋과 같은 정보를 획득하는 과정이다. 또한 이 과정을 통해 해당 단말은 MAC address 와 같은 자신의 식별자를 SBS에게 전달한다.

3.1.2 Basic Capability Negotiation

능력협상 절차는 성공적인 레인징 절차 이후에 수행되며 해당 단말과 SBS가 서로의 기본적인 능력을 확인하고 협상하는 과정이다. 이 절차에서 교환되는 능력정보는 단말의 최대 전송전력세기, 지원 가능한 변조 및 복조방식, 하위계층 링크 적용에 필요한 HARQ 및 MIMO 관련 정보, 인증전략 등을 포함한다.

3.1.3 Registration

등록절차는 성공적인 능력협상 절차 이후 인증절차가 성공적으로 이루어진 이후에, 해당 단말이 SBS에게 자신을 등록하는 과정이다. 이 과정을 통해 IP version, ARQ 지원 형태, 핸드오버 지원형태, 전력절약모드 지원형태 등과 같은 정보들이 단말과 SBS사이에 설정된다.

3.1.4 Service Provisioning

사용자에게 제공될 서비스의 설정절차는 등록절차를 완료한 단말에 대하여, 사용자 패킷 송수신 서비스를 위한 QoS 관련 연결을 설정해 주는 과정이다. 이 과정을 성공적으로 완료한 이후, 단말은 사용자 패킷 송수신을 위한 IP 획득과정을 수행하며, 여기서 진행되는 IP 획득과정은 인터넷 프로토콜에서 정의된 절차를 통해 이루어진다.

3.2 유휴모드(Idle Mode) 절차

Mobile WiMAX 규격에서는, 해당 단말 및 SBS가 유휴모드로 진입하기 위해 필요한 조건에 대하여 제약을 기술하고 있지 않다. 따라서, 유휴모드로의 진입과 관련한 조건은 단말 및 기지국 제조사의 구현에 따라 다를 수 있다. 그러나, 일정한 시간 동안 사용자 패킷의 교환이 발생되지 않는 경우 단말 및 기지국이 유휴모드로의 진입을 시도하는 형태가 일반적으로 알려진 진입 조건이다. 다만 규격에서는 유휴모드로의 진입결정이 단말에서 발생하는 경우(MS Initiated Idle Mode)와 기지국에 의해서 발생(BS Initiated Idle Mode)하는 절차에 대하여 별도로 정의한다.

3.3. Idle Mode Characteristic Pattern

앞서 언급한 유휴모드 진입절차를 통해 단말은 기지국으

로부터 전달된 Paging information을 획득하며, 그 정보에는 전력절약 패턴(power saving pattern)이 포함되어 있다. 기지국이 제공하는 Paging information은 <표 1>을 참조한다.

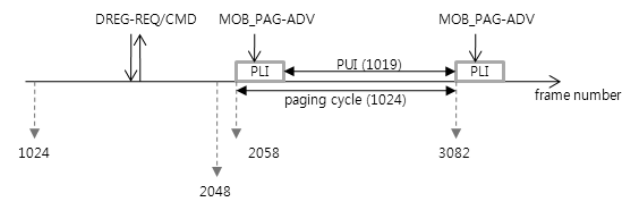
유휴모드에서 전력절약 패턴은 청취구간 (Paging Listen Interval, PLI)과 비 청취구간 (Paging Unavailable Interval, PUI)으로 구성되는 것이 특징이다. (그림 3)은 Paging Cycle이 1024 프레임이고 Paging Offset이 10 프레임이며 PLI 크기가 5 프레임으로 구성된 전력절약 패턴의 예를 보여준다. 또한, 수식1은 각 PLI의 시작 프레임을 얻기 위해 규격에서 제시하는 방법이다.

$$N_{frame} \% Paing Cycle = Paging Offset \quad (1)$$

(그림 3)에서는 유휴모드로의 진입 절차(DREG-REQ/DREG-CMD교환)가 완료된 이후, 수식1에 의해서 첫 번째 PLI가 FN = 2058에서 시작되는 예를 보여준다. (그림 3)에서 IMMS는 PLI 구간마다 기지국으로부터 전송되는 페이징 메시지(MOB\_PAG-ADV)를 수신하며, PUI 구간에서는 어떠한 동작을 수행해도 무방하지만 일반적으로 저전력상태를 유지하거나 주변기지국을 탐색하는 동작을 수행한다.

<표 1> Paging Information TLV

bits	parameters	meaning	scope
Bit #0-15	paging cycle	Cycle in which the paging message is transmitted within the paging group.	DREG-CMD, RNG-RSP
Bit #16-31	paging offset	Frame within the cycle in which the paging message is transmitted.	
Bit #32-47	paging group ID	Identity of the paging group assigned to the MS.	
Bit #48-55	paging interval length	Maximum duration in frames. Must be between 1 and 5 frames.	



(그림 3) Idle 모드에서의 전력절약 패턴의 예

3.4 페이징(Paging) 절차

Mobile WiMAX네트워크는 효율적인 페이징 서비스를 위해 하나 이상의 페이징 그룹(Paging Group, PG)을 관리한다. 또한 이들 PG를 제어하기 위한 네트워크 구성요소로서 하나 이상의 페이징 제어국 (Paging Controller, PC)을 포함

할 수 있다. 일반적으로 PG은 지리적으로 특정영역에 모여 있는 하나 이상의 기지국으로 이루어지며, PC는 하나 이상의 PG을 제어하고 자신이 제어하는 PG단위에 소속된 IMMS들의 설정정보를 관리한다.

PC는 자신이 제어하는 특정 IMMS로 목적지가 설정된 패킷 요청이 발생하거나 특정 IMMS의 위치를 파악하고 싶은 경우, 그 특정 IMMS가 위치할 것으로 예상되는 PG에 속하는 모든 기지국을 통해 페이징 메시지를 방송한다. 이후 자신의 MAC address가 포함된 페이징 메시지를 수신한 특정 IMMS는 그 메시지에 포함된 명령에 따라 망 재진입 절차 및 위치갱신절차를 시도하는데, 이러한 일련의 과정을 페이징 절차라 칭한다.

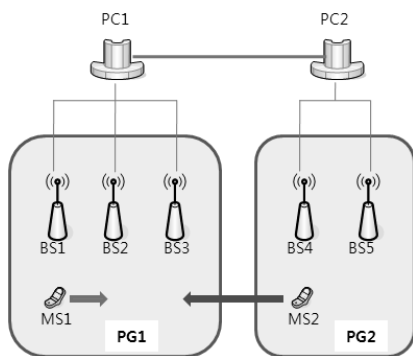
### 3.5 위치갱신(Location Update) 절차

Mobile WiMAX 시스템은 IMMS의 위치갱신을 위해 다음과 같이 4가지 기준을 제시한다.

- Paging Group Update
- Timer Update
- Power Down Update
- MAC Hash Skip Threshold Update

(그림 4)는 IMMS가 Paging Group Update 기준에 의한 위치갱신 절차를 수행하는 예를 보여준다.

(그림 4)에서 MS2는 자신이 속하는 페이징 그룹이 PG2에서 PG1으로 변경되기 때문에 Paging Group Location Update를 수행하지만, MS1은 BS1에서 BS2로 이동했음에도 불구하고 PG1내에 머물고 있으므로 Paging Group Location Update기준의 위치갱신을 수행하지 않는다. (그림 4)에서 MS2가 위치갱신 절차를 수행하는 동안 MS2와 BS3는 RNG-REQ 메시지(MS2→BS3)와 RNG-RSP 메시지(BS3→MS2)를 교환한다. 이러한 위치갱신 절차의 결과로서 페이징 제어국 PC1은 MS2에게 새로운 Paging Information을 제공할 수 있다.



(그림 4) An example of Paging Group Location Update

### 3.6 망 재진입(Network Re-entry) 절차

유힬모드에서 동작하던 IMMS는 망 재진입 절차를 통해

정상적으로 사용자 패킷을 송수신할 수 있는 모드로 복귀할 수 있다. 즉, 특정 IMMS가 자신의 응용계층에서 패킷이 발생하거나 또는 PC로부터 자신의 MAC address정보와 Positive traffic indication이 포함된 페이징 메시지를 수신한 경우, 망 재진입 절차를 통해 정상모드로 복귀한다. 이러한 망 재진입 절차는 2가지 형태로 분류되며, 최적화된 망 재진입절차와 부분 최적화된 망 재진입절차가 그것이다. 먼저 최적화된 망 재진입 절차 (Full Optimized Network Re-entry from idle mode)는 단말과 기지국간에 레인징 절차만으로 망 재진입 과정이 완료되는 절차이며, 부분 최적화된 망 재진입절차는 앞서 3.1에서 언급한 NE 절차의 일부 또는 전체를 통해 망 재진입 절차가 수행된다.

## 4. Proposed Scheme

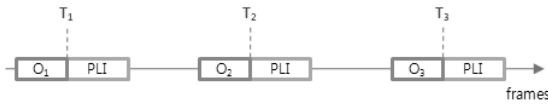
이 절에서는 본 논문이 제안한 유힬모드 단말의 효율적인 주파수 선택을 통한 전력절약 알고리즘에 대한 기본개념과 접근방법을 기술한다. 또한 제안된 방식에 의해 바람직하게 동작하는 유힬모드 단말의 적절한 예를 제시한다.

### 4.1 Basic Concept

최근 Mobile WiMAX 사업자들은 자신들의 네트워크 정책에 따라 단일 주파수 및 다중 주파수를 전개한다. 본 절에서는 이러한 단일 또는 다중 주파수가 전개된 네트워크 환경에서 제안된 알고리즘을 적용한 IMMS의 효과적인 전력절약 동작을 기술한다.

유힬모드에서의 전력절약 패턴은 PLI 와 PUI로 구성됨을 특징으로 한다. 이들 PLI 및 PUI 구간의 길이는 해당 IMMS를 지원하는 SBS에 의해 제공되며 그 값을 결정하는 것은 그 SBS를 관리하는 PC이다. PC가 결정하는 PLI길이는  $PLI\ length \geq 2\ frames$ 이며  $PUI \leq 65535\ frames$ 이다. 일반적으로, IMMS가 사용할 수 있는 에너지는 제한적일 뿐만 아니라 특별한 이유가 없는 한 PUI구간에서는 하향링크 신호를 검색할 필요가 없기 때문에, IMMS는 PUI구간 동안 낮은 에너지소비 상태를 유지하게 된다. 이러한 상태로 유지되는 PUI 구간에서의 단말동작은 다양한 형태로 불리어 지는데, 보통 저전력 상태 또는 비활성화 상태 및 Power-down 상태 등으로 언급된다. 그러나, 실제로 IMMS가 선호 기지국을 선택하고 동기를 획득하기 위해서는 각 PLI 구간 보다 앞선 일부 시간 동안 정상모드 상태와 유사한 량의 전력을 소모한다. (그림 5)는 고정 위치에 있는 IMMS가 각 PLI 직전에 PBS와의 동기획득을 위해 비활성화 상태가 아닌 정상모드 상태의 전력을 소비하고 있는 예이다.

(그림 5)에서  $T_1, T_2, T_3$ 는 수식(1)에 의해 도출한 각 PLI의 시작 프레임을 나타내며, 해당 단말은  $O_1, O_2, O_3$ 로 표시된 구간 동안 PBS와의 동기를 위해 저전력상태보다 큰 전력을 소모하고 있다. 본 논문에서는 이러한 오버헤드 구간을 전치오버헤드(Prior-Overhead, Prior-O)구간으로 정의한다. 이러한 Prior-O 구간은 규격에서 언급되는 내용이 아니

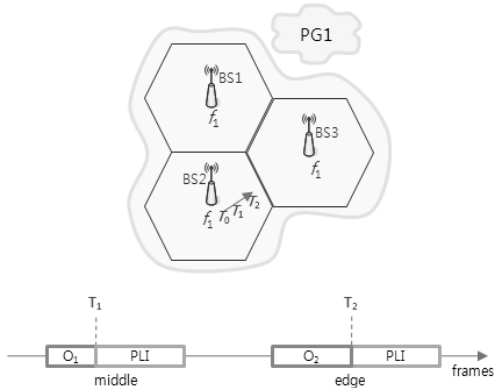


(그림 5) PBS에 대한 동기획득을 위해 PLI보다 앞선 시점에서 정상모드 상태와 유사한 에너지를 소비하는 단말 동작의 예

며, 단말 제조사의 구현에 따라 다양한 길이를 가진다. 분명한 것은 이러한 Prior-O 구간이 짧을수록 해당 단말이 소비하는 에너지의 양은 줄어든다. 일반적으로, 고정 위치에 머무르는 IMMS는 하향신호의 품질 변동이 일정 범위를 벗어나지 않으므로 일정한 길이의 Prior-O 구간을 소비하게 되며, 이동중인 IMMS는 PBS의 하향신호 품질이 시간에 따라 상대적으로 크게 변동되므로 동기획득을 위한 Prior-O 구간이 일정하지 않게 된다. 즉, 한국에서 전개된 WiBro 처럼 단일 주파수가 전개된(Frequency Reuse Pattern 1, FRP1) 네트워크 환경에서, 이동중인 IMMS는 자신이 선택한 최종 PBS의 하향신호 품질에 따라 다음 PLI구간에서 새로운 또는 동일한 PBS 선택을 위해 Prior-O 구간의 길이를 변경시키는 것이 가능하다. (그림 6)은 이와 같은 방법에 의해 PBS 하향신호의 품질변동에 따라 적절하게 Prior-O 구간의 길이를 조절함으로써 PBS 동기획득에 소요되는 전력을 효율적으로 사용하고 있는 예를 보여주고 있다.

(그림 6)에서 해당 IMMS는 BS2의 중심부에서 점차적으로 셀 경계 방향으로 이동함에 따라 Prior-O의 길이를 증가시키고 있으며, IMMS의 이러한 선택은 고정적인 Prior-O 길이를 적용하는 방식보다 효율적이다. 즉, 하향신호 품질이 양호한 셀 중심부에서는 최소화된 Prior-O를 이용하여 PBS(BS2) 동기획득을 수행함으로써 전력소모를 최소화하고, 셀 경계와 같이 약전계 상태에서는 확장된 Prior-O를 적용함으로써 PLI에 앞서 동기획득 성공률을 증가시킬 수 있게 된다.

이와는 별도로, 다중 주파수를 포함하는 네트워크 환경에서 IMMS는 상기 Prior-O 외에 추가적인 오버헤드 구간을 더 고려해야 한다. 즉, IMMS는 타 기지국으로의 이동에 따른 중심 주파수 변경을 고려해야 한다. 본 논문에서는 이때 고려되는 오버헤드 구간으로서 Idle Mode Channel Reselection

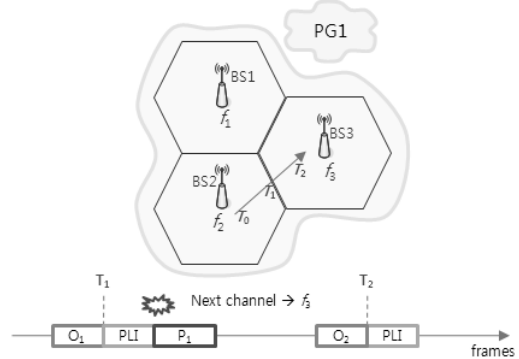


(그림 6) 하향신호 품질에 따른 다양한 길이의 Prior-O 적용의 예

Procedure Overhead (IMCRP-O)를 정의한다. 여기서 사용된 채널(Channel)이라는 용어는 기지국의 중심 주파수와 동일한 의미를 가진다. 다중 주파수가 적용된 네트워크 환경에서 IMMS는 이동 중 PBS를 선택하기 위해 주파수 변경을 고려할 필요가 있다. 그러나, 유희모드에서 동작하는 IMMS는 자신이 가장 최근에 선택한 PBS 주위에 전개되어 있는 주변기지국이 어떤 주파수를 사용하는지 모르는 경우가 대부분이다. 그 이유는 정상모드 단말과 달리 PUI 구간에서 저전력상태로 동작하는 동안에는 주변 기지국 정보를 전달하는 MOB\_NBR-ADV 메시지를 수신하지 못하기 때문이다.

일반적으로 네트워크 사업자들은 자신들이 전개하는 중심 주파수 정보를 단말 제조사에 공지하고, 해당 네트워크에 참여하는 단말들은 사업자 주파수 정보를 메모리에 저장한다. 이와 같은 다중 주파수 네트워크 환경에서는 IMMS가 이동 중 더 양호한 PBS를 선택하기 위해 기 공지된 사업자 주파수 정보를 바탕으로 해당 주파수들의 하향신호 품질을 탐색할 필요가 있다. (그림 7)은 다중 주파수 네트워크 환경에서 IMMS가 PBS 동기획득을 위해 Prior-O 외에 추가적으로 IMCRP-O를 통해 다중 주파수 탐색을 시도하는 예를 보여 준다.

(그림 7)에서 IMMS는 네트워크 사업자의 주파수 정보(f<sub>1</sub>, f<sub>2</sub>, f<sub>3</sub>)를 이미 자신의 메모리에 저장한 상태라고 가정한다. (그림 7)에서 IMMS는 O<sub>1</sub>으로 표시된 Prior-O 구간에서 f<sub>2</sub> 주파수를 대상으로 BS2를 PBS로서 선택하였고, P<sub>1</sub>으로 표시된 IMCRP-O구간에서는 사업자가 정의한 주파수(f<sub>1</sub>, f<sub>2</sub>, f<sub>3</sub>)에 대한 하향신호 품질을 평가한 후 f<sub>3</sub>를 다음 PLI를 위한 최적의 주파수(Best Frequency)로 선택하였으며, 잇따르는 Prior-O(O<sub>2</sub>)구간에서는 앞선 P<sub>1</sub>구간에서 선택한 f<sub>3</sub> 주파수를 통해 BS3를 새로운 PBS로 결정하여 동기를 획득하고 있다. 이와 같이 다중 주파수를 포함하는 네트워크 환경에서 IMMS가 최적 주파수(Best Frequency)를 선택하기 위해서는 해당 주파수의 하향신호 품질을 측정하고 평가할 수 있어야 한다. 전형적으로 기지국 하향신호 품질의 기준으로는 CINR, RSSI 및 PLI 사용될 수 있으며 본 논문에서는 하향신호 품질의 평가 기준으로 RSSI를 활용할 것이다.



(그림 7) 다중 주파수 네트워크에서 IMCRP-O를 통해 양호한 PBS가 포함된 주파수를 선택하는 단말 동작의 예

정상모드 (Normal Operational Mode) 에서 동작하는 단말은 SBS로부터 전송되는 MOB\_NBR-ADV 메시지를 통해 주변 기지국들의 정보를 파악할 수 있다. (그림 8)은 정상모드에서 동작하는 단말이 핸드오버 절차를 통해 SBS로부터 다른 Target BS (TBS)로 이동하는 모습을 나타낸다.

(그림 8)의 하단 그래프에서 실선은 단말이 화살표로 표시된 이동경로로 이동함에 따른 BS1(current SBS)의 하향 신호 품질의 변동을 나타내며, 점선곡선은 단말의 TBS로서 가정된 BS2의 하향신호 품질의 변동을 의미하고,  $T_0$  시점에서 BS1이 전송한 MOB\_NBR-ADV 메시지에는 BS2를 포함한 주변의 모든 기지국(BS2~BS7)의 정보가 포함되어 있다고 가정한다. (그림 8)에서 단말은  $T_0$ 시점부터 BS2의 존재를 인식하고,  $T_2$ 시점부터 DCD 및 MOB\_NBR-ADV 메시지를 통해 공지되는 Scan Trigger 조건에 의해 BS1과는 다른 주파수로 서비스를 제공하고 있는 주변 기지국들(BS2~BS7)에 대한 Scanning을 시작하며,  $T_3$  시점에서 BS2의 신호품질이 SBS인 BS1보다 양호함을 확인한 후 핸드오버 절차를 통해 TBS인 BS2로 이동한다.

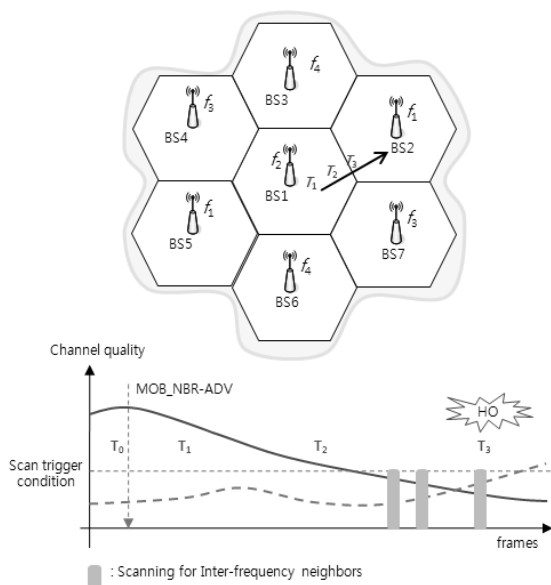
이와는 달리 유희모드에서 동작하는 IMMS는 앞서 언급한 바와 같이 항상 MOB\_NBR-ADV 메시지를 수신하지 못하는 제약으로 인하여 주변 기지국에 대한 정보를 정확히 파악하기 매우 어렵다. 그리고, MOB\_NBR-ADV 메시지가 항상 PLI 구간에 전송된다고 해도 그 PLI 구간 동안에는 선택된 PBS로부터 페이징 메시지를 수신해야 하기 때문에 해당 IMMS가 다른 주파수를 탐색하기 어렵다. 또한, 상업적으로는 단말의 크기, 전력소비 및 열 발생 증가 등의 이유로 단말이 동시에 복수의 주파수를 탐색할 수 있도록 구현되지 못하는 것이 현실이다.

(그림 9)는 유희모드에서 이동중인 IMMS가 셀 경계지역에서 바람직하지 못한 주파수 선택으로 인한 페이징 손실

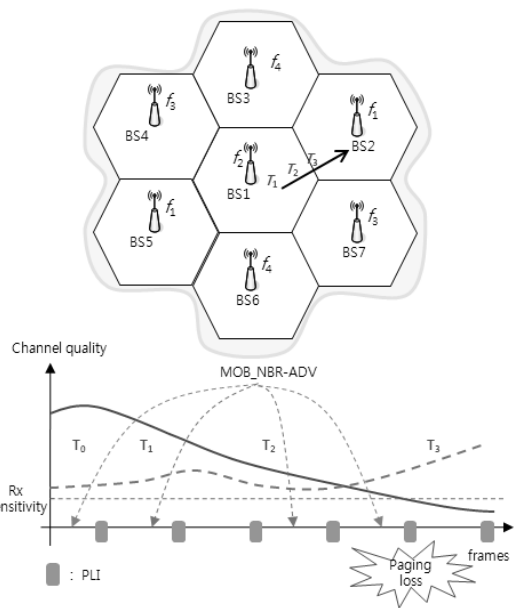
(Paging Loss)이 발생할 수 있음을 보여주는 예이다.

(그림 9)에서, IMMS는 PLI 구간에서 MOB\_NBR-ADV 메시지를 수신할 수 없으며, 더 양호한 주파수를 선택하기 위한 IMCRP-O 구간을 적용하지 않는다고 가정한다. 이 그림에서 수평점선은 페이징 메시지를 손실할 수 있는 Outage level of paging message (즉, 페이징 메시지에 대한 Rx Sensitivity 레벨)을 나타내며, 실선은 최종 PBS였던 BS1에 대한 하향신호 품질의 변동을 나타내고 점선곡선은 해당 IMMS가 이동할 것으로 가정된 BS2의 하향신호 품질의 변동을 나타내고, 점선 화살표는 BS1이 해당 IMMS에게 MOB\_NBR-ADV 메시지를 전송하는 시점을 가리킨다. (그림 9)에서, 바람직한 IMMS의 동작은  $T_3$  시점에서 BS2를 PBS로 선택해야 하며 이를 위해서  $T_3$  보다 앞선 시점에서 BS2의 주파수인  $f_1$ 을 새로운 주파수로서 선택하는 것이다. 그러나, (그림 9)에서는 이전 PBS였던 BS1의 주파수인  $f_2$ 를  $T_3$ 이후에도 PBS 동기획득 과정에 사용함으로써 페이징 손실을 초래하는 동작을 보여주고 있다. (그림 9)는 다중 주파수 네트워크 환경에서 적절한 IMCRP-O의 적용이 왜 중요한지 보여주는 좋은 예이다.

이때, 중요한 것은 다중 주파수 네트워크 환경에서 IMMS가 IMCRP-O 구간을 적용하는 시점을 결정하는 것이다. 그 이유는IMCRP-O 구간의 적용과 전력절약이라는 유희모드의 목적이 서로 trade-off 관계에 있기 때문이다. 즉, IMMS가 IMCRP-O동안 사업자가 정의하는 주파수의 일부 또는 전체에 대하여 하향신호 품질을 측정하고 평가하는 일련의 동작은 단말이 정상모드에서 소비하는 만큼의 전력이 요구되며, 반면 IMCRP-O의 과정이 없는 다중 주파수 네트워크 환경에서 부적절한 주파수 선택에 의한 페이징 손실을 초래하게 된다.



(그림 8) Normal Operational Mode에서 단말이 Handover를 수행하는 동작



(그림 9) 부적절한 주파수 선택으로 인하여 페이징 손실이 발생하는 예

지금까지 Mobile WiMAX 규격은 여러 차례 개정된바 있으나 다중 주파수 네트워크 환경에서 IMCRP-O의 적용과 전력절약 극대화간의 균형을 맞출 수 있는 어떠한 방법도 기술되어 있지 않다. 그 결과 현재 이와 관련한 균형점은 개별 단말 제조사의 구현에 의존된 상태로 남아 있다. 본 논문에서는 지금까지 단말의 효율적인 유희모드 동작을 위해 채널 적응적인 가변길이Prior-O 적용방식을 기술하였고, 이후 절에서는 다중 주파수 네트워크 환경에서 최적의 PBS 선택에 필요한 IMCRP-O구간의 적용시점을 결정하는 알고리즘을 제안하고자 한다.

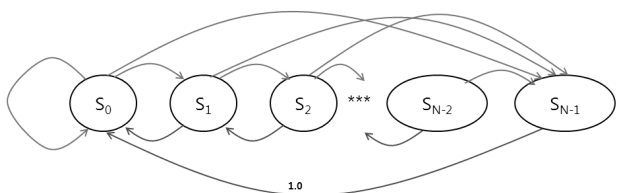
4.2 Proposed Approach

본 논문에서 제안하는 IMCRP-O 적용시점 결정 알고리즘의 목적은 유희모드에서 페이징 검출성능의 저하 없이 단말의 전력소비를 줄이는 것이다. 특히, 현재 대다수의 네트워크 사업자가 서비스 품질향상을 위해 다중 주파수를 전개하고 있는 추세에 따라 효율적으로 IMCRP-O적용여부를 결정하는 방식에 초점을 맞춘다.

유희모드에서 동작하는 단말의 IMCRP-O 적용여부를 결정하기 위해, 본 논문에서 제안하는 방식은 최종 선택된 PBS와 이전 선택된 PBS의 하향신호 품질의 변동을 활용한다. 이를 위해 Markov chain 형태의 상태관리 state machine(SM<sub>IMCRP</sub>)을 정의하며 아래의 파라미터들이 운용된다.

- N: 제안하는 State machine에서 정의하는State의 총 개수.
- S<sub>j</sub>: State Space에 정의된 j번째 state (0 ≤ j ≤ N-1)
- CQPLI<sub>k</sub>: PLI<sub>k</sub> 구간 동안 측정된 PBS의 하향신호 품질.
- CQ<sub>LOWER</sub>, CQ<sub>UPPER</sub>: 인접한 상태로의 천이를 유발시키는 CQPLI<sub>k</sub>의 범위. 즉, CQPLI<sub>k</sub> ≤ CQ<sub>UPPER</sub> 이면 S<sub>j</sub>→S<sub>j-1</sub> 또는 S<sub>j</sub>→S<sub>j+1</sub>로의 상태천이가 발생한다.
- CQ<sub>RX-MIN</sub>: 해당 단말의 Rx Sensitivity를 나타내는 하향신호 품질 (예, RSSI = -95dBm), 이것은 CQ<sub>LOWER</sub> 와 CQ<sub>UPPER</sub> 를 얻기 위해 사용된다.

(그림 10)은 제안된 방식의 동작을 기술하는 상태천이도이다. 여기서 상태(S<sub>j</sub>)는 단말이 유희모드 진입 직후 S<sub>0</sub> (j=0)부터 시작되며, 이후 CQPLI<sub>k</sub> 가 CQ<sub>UPPER</sub> 이하 값을 가지는 채널상태로 진입하면 상태천이가 발생한다. 상태천이 과정에서 최근CQPLI<sub>k</sub>값이 직전 값(CQPLI<sub>k-1</sub>)보다 양호하면 j값은 j-1로 변화되고, 그렇지 않으면 j+1로 변화된다. 본 논문



(그림 10) 제안한 방식을 설명하는 State Diagram

에서 제안한 알고리즘은 앞서 기술한 파라미터를 바탕으로 다음과 같은 동작을 수행한다.

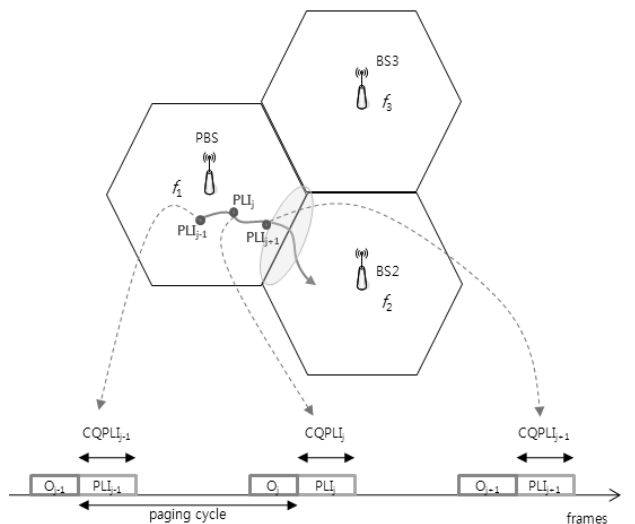
4.2.1 ACG Registration

단말이 진입하고자 하는 네트워크의 사업자가 제시하는 주파수 집합 (Available Channel Group) 정보를 메모리에 저장하는 과정이다.

4.2.2 Channel Quality Measurement

유희모드에 진입한 IMMS는 PLI<sub>k</sub>마다 Prior-O<sub>k</sub>에서 선택된 PBS의 하향신호 품질(CQPLI<sub>k</sub>)을 측정한다. 이렇게 측정된 CQPLI<sub>k</sub>는 PLI<sub>k</sub> 종료 시점에 IMCRP-O의 적용여부를 결정하는데 사용된다.

(그림 11)은 유희모드에서 이동중인 IMMS가 각 청취구간 PLI<sub>j-1</sub>, PLI<sub>j</sub>, PLI<sub>j+1</sub>에서 CQPLI<sub>j-1</sub>, CQPLI<sub>j</sub>, CQPLI<sub>j+1</sub>을 얻어내는 과정을 보여준다. 상태관리자 (SM<sub>IMCRP</sub>)는 이렇게 확보한 CQPLI 정보를 바탕으로 각 PLI가 종료되는 시점에서 IMCRP-O 적용여부를 결정한다.



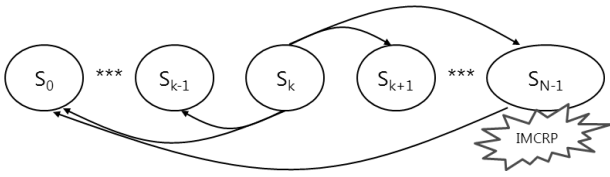
(그림 11) CQPLI를 측정하는 예

4.2.3 IMCRP Determination

본 절차는 최근 PLI에서 얻어진 CQPLI를 바탕으로 IMCRP-O 적용여부를 판단하는 과정이다. 본 논문에서 제안하는 IMCRP-O 결정 알고리즘은 CQPLI<sub>k</sub>를 확인하여 PLI<sub>k</sub> 시점에서의 상태를 결정하는 것이며, (그림 12)는 제안된 알고리즘에 의해 정의된 상태관리자의 동작이다.

(그림 12)는 IMMS가 유희모드에서 임의의 상태 S<sub>k</sub>에 놓여 있을 때 발생할 수 있는 상태천이를 나타낸 것이며, 상태천이는 각 PLI의 끝에서 발생한다. 상태천이가 각 PLI 끝에서 발생하는 이유는 PLI<sub>k</sub>동안 측정된 CQPLI<sub>k</sub>를 바탕으로 상태천이를 판단하기 때문이다. 단말의 상태는 유희모드 동안 S<sub>0</sub>-S<sub>N-1</sub> 범위에서 관리되고, 단말의 상태가 S<sub>N-1</sub>에 도달하면 IMCRP-O를 적용한다. IMCRP-O 동안 채널 재선택 과





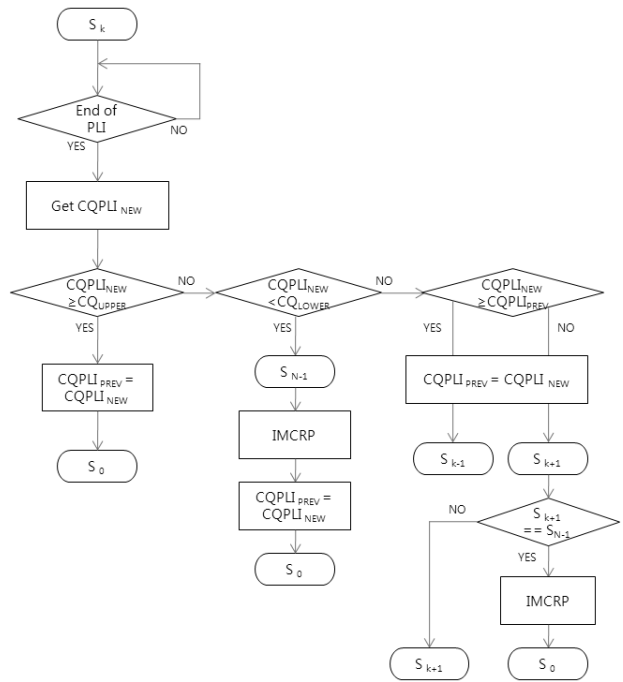
(그림 12) IMCRP 결정 알고리즘의 상태도

정을 통해, 해당 IMMS는 다음 PLI에서 최선의 PBS 획득을 위해 탐색할 주파수를 선택할 수 있다. (그림 12)에서 해당 네트워크는 복수의 주파수를 적용하고 있고, 직전 PLI는  $PLI_{j-1}$ 이며, 해당 IMMS는  $CQPLI_j$ 를 얻기 위해  $PLI_j$  동안 PBS의 하향채널 품질을 측정했다고 가정한다. 이렇게 측정된 하향채널 품질  $CQPLI_j$ 는 다음 조건 중 하나를 만족하게 된다.

- Condition i)  $CQPLI_j < CQPLI_{LOWER}$
- Condition ii)  $CQ_{LOWER} \leq CQPLI_j < CQ_{UPPER}$
- Condition iii)  $CQ_{UPPER} \leq CQPLI_j$
- Condition iv)  $CQPLI_j < CQPLI_{j-1}$
- Condition v)  $CQPLI_{j-1} \leq CQPLI_j$

여기서,  $PLI_j$  종료시점에서 Condition i)가 만족되면  $S_k$ 와  $S_{N-1}$  사이에 하나 이상의 상태가 존재하더라도 해당 IMMS는  $S_{N-1}$  상태로 천이하며, 그 IMMS는 IMCRP-O 적용을 통해 채널 재선택 과정을 수행하고 다시  $S_0$  상태로 복귀한다. 만일 Condition iii)가 만족되는 경우, 해당 IMMS는  $CQPLI_j$ 가 성공적인 페이징 검출을 보장할 정도로 충분히 양호하다고 판단하고 IMCRP-O 적용 없이 바로  $S_0$  상태로 복귀한다. 만일  $CQPLI_j$ 가 Condition ii)를 만족하는 경우, Condition iv) 및 Condition v) 조건에 따라 다음 상태는 각각  $S_{k-1}$  또는  $S_{k+1}$ 로 천이한다. 단, 천이된 상태  $S_{k+1}$ 이  $S_{N-1}$ 인 경우, 그 IMMS는 IMCRP-O를 통해 채널 재선택 과정을 수행한 후  $S_0$ 로 복귀한다. (그림 13)은 앞서 언급한 IMCRP-O 결정 알고리즘의 동작을 기술한 순서도이며, 여기서  $CQPLI_{NEW}$ 와  $CQPLI_{PREV}$ 는 각각 앞서 언급한  $CQPLI_j$ ,  $CQPLI_{j-1}$ 과 동일한 의미를 가진다. 이와 같이 설계된 IMCRP-O 결정 알고리즘의 특성을 정리하면 다음과 같다.

- Prior- $O_k$ 에서 선택된 PBS의 하향신호 품질이 양호한 경우 IMCRP를 수행하지 않으므로써 단말의 전력소비를 줄인다.
- Prior- $O_k$ 에서 선택된 PBS의 하향신호 품질이  $CQ_{LOWER}$ 보다 작으면 IMCRP의 수행을 통해 다음 PLI에서는 보다 양호한 PBS를 선택할 수 있도록 한다. 이런 IMCRP 동작은 해당 IMMS가 Cell Coverage 밖에서 페이징을 수신하게 되는 바람직하지 못한 상태를 사전에 방지하며, 보다 양질의 PBS 선택을 유도함으로써 셀 경계와 같은 약전계에서 페이징 검출 성능을 향상시킨다.
- 셀 경계 부근에서 Prior- $O_k$ 을 통해 선택된 PBS의 하향신호 품질이 페이징 메시지를 수신할 수 있는 신호품질



(그림 13) IMCRP 결정을 위한 순서도

범위, Condition ii), 에 있다면  $CQPLI_k$ 의 변화가 지속적으로 저하되지 않는 한 IMCRP를 수행하지 않도록 함으로써 단말의 전력이 불필요하게 소모되지 않도록 제어한다.

#### 4.2.4 Region Parameter Configuration

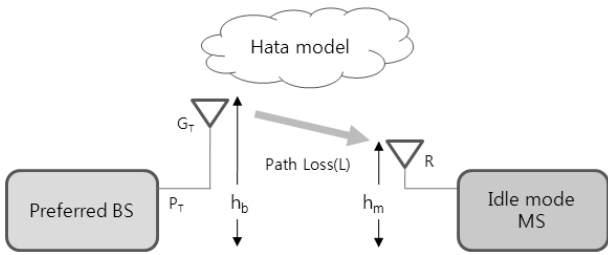
본 논문에서 제안하는 IMCRP-O 결정 알고리즘은 앞서 언급된 파라미터  $CQ_{RX-MIN}$ ,  $CQ_{LOWER}$ ,  $CQ_{UPPER}$  값을 통해 운영된다. 먼저  $CQ_{RX-MIN}$ 은 해당 단말의 Rx Sensitivity를 의미한다. 이 값은 개별 단말의 성능에 해당하는 값으로서 단말마다 다를 수 있으나 일반적으로  $-100\text{dBm} \sim -95\text{dBm}$  범위의 값을 가진다. 단말의 성능에 따라  $CQ_{RX-MIN}$  값이 결정되면 이 값과 이후 기술되는 방법을 통해  $CQ_{LOWER}$  값을 결정한다.

본 논문에서는  $CQ_{LOWER}$  값을 결정함에 있어서 [11]에서 언급된 유용한 채널모델인 경로손실 기반의 Hata Model을 활용한다. (그림 14)는 Hata Model의 개념도이며 수식 (2)는 Hata Model을 기반으로 주파수(MHz), 단말/기지국간 거리(km)에 따른 경로손실을 나타낸다.

(그림 14)에서  $P_T$ 는 PBS의 전송세기(dBm),  $G_T$ 는 PBS 송신 안테나의 총 이득(dB),  $L$ 은 경로손실(dB),  $h_m$ 는 단말의 높이(meter),  $h_b$ 는 PBS의 높이(meter)를 의미한다.

$$L = 69.55 + 26.16 \log_{10}(f_{\text{MHz}}) - 13.82 \log_{10}(h_b) - a(h_m) + [44.9 - 6.55 \log_{10}(h_b)] \log_{10}(d_{\text{km}}) - K$$

$$a(h_m) = \begin{cases} [1.1 \log_{10} f_{\text{MHz}} - 0.7] h_m - [1.56 \log_{10} f_{\text{MHz}} - 0.8] \\ 3.2 [\log_{10}(11.75 h_m)]^2 - 4.97 \end{cases} \quad (2)$$



(그림 14) Small/Large city를 위한 Hata모델의 개념

수식 (2)는 Hata Model 중에서 도심지에서 유용한 small/large city 모델과 RF 전송 시스템에서 전형적으로 가정되는  $R = P_T + G_T - L$ 로부터 유도된 경로손실이다. 상기 수식(2)에서  $a(h_m)$ 을 나타내는 상/하위 수식은 각각 small city, large city 환경을 반영하여 유도된 것이며,  $K$ 는 0으로 가정한다.

상기 수식 (2)를 바탕으로  $CQ_{RX-MIN}$ 을 형성하는 단말/기지국간 거리( $D_{CQ_{RX-MIN}}$ )는 수식 (3)으로 유도될 수 있으며, 그 거리는 해당 단말의 Outage Distance, 즉, 단말이 체감하는 셀 반경에 해당한다.

$$D_{CQ_{RX-MIN}} = \frac{P_T + G_T - CQ_{RX-MIN} - 69.55 - 26.16 \log_{10}(f_{MHz}) + 13.82 \log_{10}(h_b) + a(h_m)}{44.9 - 6.55 \log_{10}(h_b)} \quad (3)$$

(그림 15)는 상기 수식 (3)으로부터 유도된 셀 반경으로부터  $CQ_{LOWER}$ 를 추출하는 개념을 설명하기 위해 도시하였다. (그림 15)에서 실선으로 표시된 최 외각 원은 수식 (3)으로부터 얻은 셀 반경을 의미하며,  $O$ 는 기지국의 위치를 나타내고,  $P_{RX-MIN}$ 은 셀 반경 상의 임의의 지점에 위치한 IMMS를 나타내고, 점  $P_{LOWER}$  및 점  $P_{UPPER}$ 는 각각  $CQ_{LOWER}$ ,  $CQ_{UPPER}$ 에 대응하는 단말의 위치를 의미한다

(그림 15)에서 세 점  $P_{LOWER}$ ,  $P_{UPPER}$ ,  $P_{RX-MIN}$ 은 모두 직선  $\overline{OP_{RX-MIN}}$  상에 위치하는 것으로 가정한다. 이때  $CQ_{LOWER}$ 는 점  $P_{LOWER}$ 에서 단말에 의해 측정된 하향신호 품질을 의미하는데, 개념적으로 IMMS가 점  $P_{RX-MIN}$  위치에서  $V_{MAX}$ 의 속도로 Paging Cycle 동안 기지국 방향으로 직선  $\overline{OP_{RX-MIN}}$  상을 이동한 후에 측정된 PBS의 하향신호 품질을 나타낸다. 이때,  $V_{MAX}$ 는 해당 네트워크가 지원하는 단말의 최대 이동속도를 의미한다. 여기서, 해당 IMMS가 Paging Cycle 동안 이동하는 최대거리는 수식(4)와 같다.

$$D_{MAX/PagingCycle} = V_{MAX} * T_{PagingCycle} \quad (4)$$

따라서 (그림 15)에서 점선으로 이루어진 내부의 원은  $CQ_{PLI_{LOWER}}$ 에 대응하는 단말/기지국간 거리를 나타내며, 수식 (3), 수식 (4)를 이용하여  $CQ_{PLI_{LOWER}}$ 에 대응하는 단말/기지국간 거리,  $D_{CQ_{LOWER}}$ ,는 수식 (5)와 같이 표현할 수 있다.

$$D_{CQ_{LOWER}} = D_{CQ_{RX-MIN}} - D_{MAX/PagingCycle} \quad (5)$$

여기서, 수식 (3), 수식 (4), 수식 (5)를 이용하여 역으로  $CQ_{LOWER}$ 를 구하면 수식 (6)으로 표현이 가능하다.

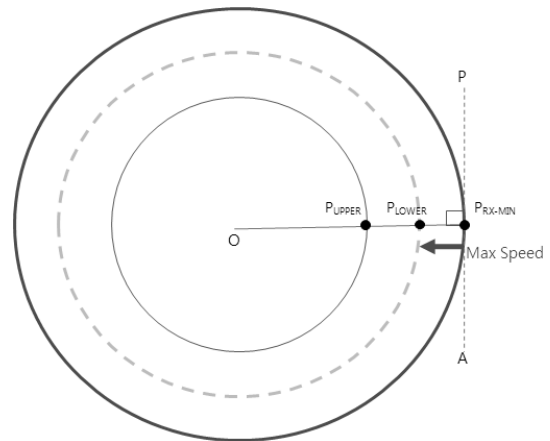
$$CQ_{LOWER} = P_T + G_T - \{ 69.55 + 26.16 \log_{10}(f_{MHz}) - 13.82 \log_{10}(h_b) - a(h_m) + [44.9 - 6.55 \log_{10}(h_b)] \log_{10}(D_{CQ_{LOWER}}) - K \} \quad (6)$$

본 논문에서 제안한 IMCRP-O 결정 알고리즘이  $CQ_{LOWER}$ 를 구하는데 있어서 해당 네트워크가 지원하는 최대이동속도를 고려하는 이유는, 해당 IMMS가 고속으로 이동하는 환경에서 다음 PLI의 Prior-O구간 동안PBS동기를 획득할 때 셀 반경을 벗어나지 않도록 하기 위함이다. 즉, 셀 반경을 벗어난 지역에서 PLI를 겪는 단말은 페이징 손실의 위험이 증가하므로, 페이징 손실의 위험을 회피하기 위해  $V_{MAX}$ 를 고려하였다.

$CQ_{UPPER}$ 는 해당 IMMS가 PLI 종료시점에서 IMCRP수행을 결정하기 위해 사용된다. (그림 15)에서 해당 IMMS가 내부 실선과 점선원 사이 지역을 이동할 때, 단말의 상태는 Condition ii) 및 Condition iv), Condition v)에 따라 변경될 수 있으며IMCRP가 수행될 수도 있다. 여기서 내부 실선과 점선원 사이, 즉, IMMS가 동일 PBS에 대하여 $CQ_{PLI_{UPPER}}$ 와  $CQ_{PLI_{LOWER}}$ 를 체감하게 되는 지역을 IMCRP-O결정 알고리즘의 동작영역(Operating Zone, OZ)이라 칭한다.  $CQ_{PLI_{UPPER}}$ 를 결정함에 있어서 중요한 것은 최선의 PBS를 선택할 수 있도록 충분한 IMCRP기회가 주어지도록 결정되어야 하고, 동시에 너무 과도하게 IMCRP가 수행됨으로 인하여 불필요한 전력의 낭비가 없도록 결정되어야 한다. 따라서,  $CQ_{PLI_{UPPER}}$ 를 결정하는 과정에서 충분한 필드시험 경험은 매우 중요하다. 본 논문에서는 OZ을 표현하기 위해  $\alpha$ 라는 오프셋 개념을 사용하며, 이 값이 의미하는 것은 수식 (7)과 같다.

$$CQ_{UPPER} = CQ_{LOWER} + \alpha \quad (\alpha > 0) \quad (7)$$

이와 같이  $CQ_{UPPER}$ 와  $CQ_{LOWER}$ 를 결정하는 이유는 앞서 언급한 동작영역을 정의하기 위함이며, 잘 정의된 동작영역



(그림 15)  $CQ_{LOWER}$  및  $CQ_{UPPER}$ 를 추출하는 방식

은 IMCRP-O 적용여부를 효율적으로 결정하는데 중요한 역할을 하기 때문이다.

추가적으로, IMCRP-O 결정 알고리즘의 동작영역에서 사용되는 상태개수 파라미터 N에 대하여 살펴본다. 파라미터 N은 해당 IMMS가 동작영역에서 채널 적응적인 방식으로 IMCRP를 효율적으로 수행하기 위한 기준을 제공한다. 우선, 상태개수 파라미터 N을 설명하기 위해 이동통신 시스템에서 단말이 경험하는 채널열화 현상에 대하여 간단히 언급한다. 잘 알려진 바와 같이 이동통신 네트워크 상에서 IMMS는 Fast Fading, Slow Fading 및 Path Loss와 같은 다양한 채널열화를 경험한다. Fast Fading은 주로 기지국 부근에 존재하는 장애물들에 의한 신호 산란(Scattering)현상에 기인하고, Slow Fading은 단말과 기지국 사이에 존재하는 비교적 큰 장애물에 의해 발생하며, 경로손실(Path Loss)은 단말과 기지국간 거리에 의해서 발생하는 채널열화 현상이다. 본 논문에서는 동작영역 관련한 파라미터를 결정함에 있어서 경로손실에 기반한 Hata Model을 활용하고 있으므로 Slow Fading 과 경로손실에 초점을 맞춘다.

여기서 N은 제안된 알고리즘에 의한 IMCRP 적용 빈도를 제어하는데 사용된다. 즉, N 값을 크게 설정하는 경우, 동작영역에서 IMCRP 수행시점이 지연되는 효과가 있다. 따라서 해당 IMMS가 지속적으로 이동하는 경우, N 값이 크게 설정될수록 IMCRP-O 적용회수가 줄어들어 단말의 전력을 보다 효율적으로 사용할 수 있다. 더욱이 IMMS가 동작영역 내에서 맴도는 상황에서는 더 효과적일 수 있다. 반면, 작은 N 값을 적용하는 경우 동작영역에서 IMCRP 수행 빈도가 증가하므로 해당 IMMS가 최종 PBS로부터 멀어지는 방향으로 고속으로 이동하는 환경에서 보다 빨리 최적의 PBS를 선택할 수 있게 해준다. 따라서 주어진 네트워크의 환경에 따른 적절한 N 값의 선택은 본 알고리즘의 성능을 향상시키는데 도움을 줄 수 있다.

### 4.3 Examples

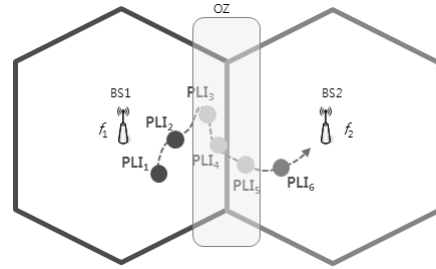
본 절에서는 제안된 IMCRP-O 결정 알고리즘의 장점을 설명하기 위해 유용한 예들을 기술한다. 본 절에서 제시하는 예를 위해, 가정된 네트워크 및 동작관련 파라미터는 <표 2>와 같다.

<표 2> Example Parameters

BS EIRP ( $P_T + G_T$ )	43dBm(BS1), 45dBm(BS2)
Center Frequency	2647MHz(BS1), 2657MHz(BS2)
Paging Cycle	5 sec
MS speed	Maximum 120 km/h
MS Rx sensitivity	-95dBm
$\alpha$	6dB
N	4

#### 4.3.1 동작 예 1

예 1은 제안된 IMCRP-O 결정 알고리즘에 의해 단말이 적절한 시점에 목적 주파수(target frequency)를 선택하여 새로



(그림 16) IMCRP-O 결정 알고리즘을 통해 주파수를 적절하게 선택하는 동작

운 PBS로 이동하는 동작을 보여준다. 또한 본 알고리즘에서 필요한 동작영역 관련 파라미터를 계산한 결과를 기술한다.

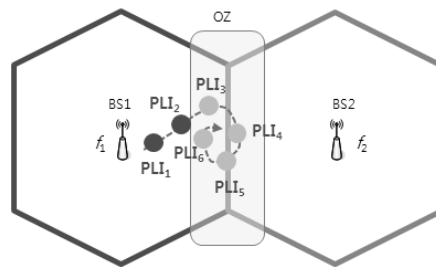
(그림 16)은 단말이 IMCRP-O 결정 알고리즘에 의해 BS1로부터 BS2로 이동하는 과정에서 셀 반경 부근의 적절한 시점에서 주파수 재 선택을 통해 보다 양호한 PBS인 BS2로 이동하는 동작을 보여준다. (그림 16)에서 단말은  $PLI_3$ 에서  $S_1$  상태로 진입하고,  $PLI_5$ 에서  $S_3(S_{N-1})$ 에 도달하여 IMCRP 과정을 통해 주파수 재 선택 결과  $f_2$ 를 best frequency로서 선택하고, Prior-O<sub>6</sub> 구간에서 BS2를 새로운 PBS로 선택한다. 또한, 예1의 단말이 본 알고리즘에서 제안한 동작영역 관련 파라미터를 <표 2>와 수식 (2)-(7)을 통해 구한 결과는 다음과 같다.

- $CQ_{LOWER-BS1}$ : -88.98 dBm
- $CQ_{UPPER-BS1}$ : -82.98 dBm
- $CQ_{LOWER-BS2}$ : -89.75 dBm
- $CQ_{UPPER-BS2}$ : -83.75 dBm

#### 4.3.2 동작 예 2

예2는 제안된 IMCRP-O 결정 알고리즘에 의해, 해당 단말이 지속적으로 동작영역 내에서 머무는 경우 불필요한 IMCRP를 회피함으로써 단말의 전력소비를 줄이는 동작이다.

(그림 17)에서 단말은  $PLI_3$ 에서  $S_1$ 으로 진입하고  $PLI_4$ 에서  $S_2$ 로 진입했으나  $PLI_5$ 에서  $S_1$ 으로 재진입하고  $PLI_6$ 에서  $S_0$ 로 복귀한다. 예2에서는 해당 단말이 OZ로 표시된 동작영역에서 지속적으로 맴도는 경우, 제안된 알고리즘에 의해 불필요한 IMCRP수행이 방지됨으로써 전력을 낭비하지 않고도 BS1으로부터 페이징 메시지를 정상적으로 수신하는 동작을 보여준다.

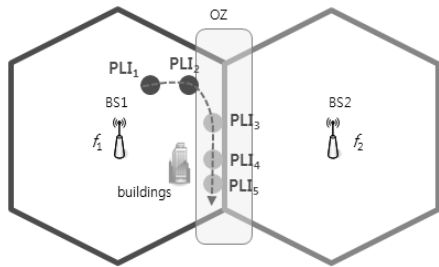


(그림 17) IMCRP-O 결정 알고리즘을 통해 불필요한 주파수 탐색을 시도하지 않는 동작

4.3.3 동작 예 3

예 3은 제안된 IMCRP-O 결정 알고리즘에 의해 해당 단말이 지리적으로는 기지국과의 거리가 크게 변동이 없더라도 예상치 못하는 장애물에 의해 신호품질이 저하되는 경우 적절한 시점에 IMCRP수행을 통해 최적의 PBS를 신속하게 선택하는 동작이다.

(그림 18)에서 단말은  $PLI_3$ 에서  $S_1$ 으로 진입하였고,  $PLI_4$  시점에서는 단말과 기지국간 장애물에 의한 Shadowing 효과로 BS1의 하향신호 품질이 저하되어 해당 단말이 측정된  $CQPLI_4$ 가 Condition i)을 만족시킴으로써 IMCRP 수행을 통해  $f_2$ 주파수가 선택되고,  $PLI_5$ 에서는 PBS로서 BS1보다 양호한 BS2가 선택되어 페이징을 성공적으로 수신하는 동작을 보여준다.



(그림 18) 동작영역에서 장애물이 존재하는 경우 신속하게 적절한 PBS를 선택하는 동작

4.4 알고리즘 성능평가 모델

본 절에서는 제안된 IMCRP-O 결정 알고리즘을 적용함으로써 얻을 수 있는 이득을 평가하기 위한 평가모델을 제시한다. 이 절에서 제시한 모델을 이용한 성능평가 수행결과는 다음 절에 소개한다.

본 논문에서 제안하는 IMCRP-O 결정 알고리즘은 IMMS로 하여금 불필요한 에너지를 소비하지 않으면서도 이동에 따른 페이징 검출능력의 저하 없이 성공적인 페이징 획득을 위해 고안된 것이다. 따라서, 제안된 알고리즘이 적용된 단말과 적용되지 않은 단말의 동작을 비교하기 위한 평가모델에는 페이징 손실횟수, IMCRP수행회수 및 양호한 PBS선택에 실패 함으로서 약전계에서 PLI를 겪는 횟수가 고려되었고 수식 (8), 수식 (9)로 표현될 수 있다.

$$\begin{aligned}
 N_{PL} &= \sum_{k=1}^M PL_k, PL_k = \begin{cases} 1, & CQPLI_k < CQ_{RX-MIN} \\ 0, & \text{Ohterwise} \end{cases} \\
 N_{IMCRP} &= \sum_{k=1}^M IMCRP_k, IMCRP_k = \begin{cases} 1, & S_{PLI_k} = S_{N_{MAX}-1} \\ 0, & \text{Ohterwise} \end{cases} \\
 N_{LSIG} &= \sum_{k=1}^M LSIG_k, LSIG_k = \begin{cases} 1, & CQPLI_k < CQ_{HO} \\ 0, & \text{Ohterwise} \end{cases}
 \end{aligned} \tag{8}$$

Where:

M = Total number of PLIs.

k = Index of PLI sequence,  $k = 1 \dots M$   
 $S_{PLI_k}$  = The state where IMMS stays at the end of

$$PLI_k, S_{PLI_k} \in \{S_0 \dots S_{N-1}\}$$

$N_{PL}$  = Total number of paging losses.

$N_{IMCRP}$  = Total number of IMCRP trials.

$N_{LSIG}$  = Total number of PLIs where MS is in low signal.

$$Q_{penalty} = \omega N_{PL} + \gamma N_{IMCRP} + \sigma N_{LSIG} \tag{9}$$

수식 (8)에서  $N_{PL}$ 은 평가수행 기간 동안 발생한 페이징 손실의 회수이며,  $N_{IMCRP}$ 는 IMCRP를 수행한 회수,  $N_{LSIG}$ 는 해당 IMMS가 평가기간에 발생된 전체 PLI 동안 측정된  $CQPLI_1-CQPLI_N$ 가 기준치 이하의 약전계에 머문 회수를 의미한다. 마지막에 언급된  $N_{LSIG}$ 는 보다 양질의 PBS가 있음에도 불구하고 적절한 PBS선택을 수행하지 못해서 해당 단말이 약전계에 머무르게 되는 기회손실을 성능평가에 포함한 것이다. 수식 (9)는 수식 (8)을 이용하여 성능평가 기간 중 얻은 값을 바탕으로, 알고리즘의 성능을 판단하기 위한 평가 결과식이다.

수식 (9)에서  $\omega, \gamma, \sigma$  는 각각  $N_{PL}, N_{IMCRP}, N_{LSIG}$  항목에 대한 가중치이며,  $Q_{PENALTY}$ 는 본 알고리즘의 성능평가 값이고, 이 값이 낮을수록 좋은 성능을 의미한다. 수식 (9)에 사용되는 가중치는 단말 제조사의 구현에 따라 달라질 수 있으나, 일반적으로  $\omega$ 는 다른 가중치에 비해 매우 큰 값이 선택될 것이다. 그 이유는 유희모드에서의 페이징 손실은 QoS에 매우 중요한 요소이기 때문이다.

5. Performance Evaluation

본 논문에서는 시뮬레이션을 위해 서로 다른 주파수를 가지는 2개의 기지국과 이들 기지국 사이를 이동하는 하나의 단말을 적용하였다. 또한, 제안된 IMCRP-O결정 알고리즘의 성능을 비교하기 위해 아래와 같이 가정된 3가지 추가적인 후보방안을 제시한다.

- Candidate Method #1(CM1): 페이징 손실이 발생했을 때만 IMCRP를 수행하는 방안
- Candidate Method #2(CM2):  $CQPLI_k < (CQ_{RX-MIN} + 10dB)$  를 만족하는 경우에만 IMCRP를 수행하는 방안
- Candidate Method #3(CM3):  $CQPLI_k < CQ_{LOWER}$  를 만족하는 경우에만 IMCRP를 수행하는 방안

본 논문에서 수행한 시뮬레이션을 위해 추가적으로 고려한 가정은 다음과 같다.

- No Co-Channel Interference
- 단말의 이동방향은 각 Paging Cycle 마다 무작위로 결정되며, 동일 Paging Cycle 동안에는 변경되지 않음.
- 단말의 이동속도는 각 Paging Cycle 마다  $V_{MAX}$ 범위 내에서 무작위로 결정되며, 동일 Paging Cycle동안에는 변경되지 않음.
- 각 IMCRP동안 소비하는 시간 및 전력은 일정함.

- IMCRP를 통한 주파수 재선택 과정의 결과는 항상 Best Frequency임.

5.1 Simulation Model

본 논문에서 수행한 시뮬레이션에서 사용한 파라미터는 <표 3>을 참조한다.

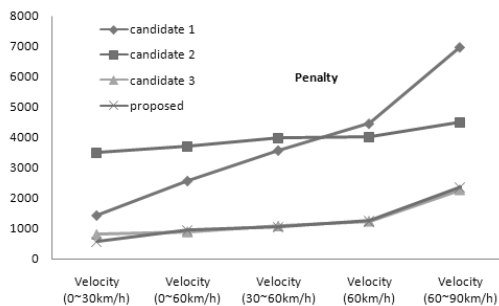
<표 3> Simulation에 사용된 파라미터

Parameters	Values
MS receiver sensitivity	95 dBm
BS EIRP(Cell#1, Cell#2)	+43 dBm
Used path loss model	Hata large city model
Height of buildings	8 meters
Height of MS	1 meters
Cell#1 carrier frequency (f <sub>c1</sub> )	2647 MHz
Cell#2 carrier frequency (f <sub>c2</sub> )	2657 MHz
Cell#1 radius	556.8 meters
Cell#2 radius	555.4 meters
Cell overlap coefficient	D√2
Max Velocity	60 km/h
Paging cycle	1024 frames (5.12 sec)
Number of PLIs	2880
MS initial location @ Cell#1	235.7 meters
α	6 dB
ω / γ / σ	50 / 3 / 2
Number of state (N)	5
Derived Parameters	Values
CQ <sub>LOWER_CELL#1</sub>	92.183 dBm
CQ <sub>UPPER_CELL#1</sub>	86.183 dBm
CQ <sub>LOWER_CELL#2</sub>	92.176 dBm
CQ <sub>UPPER_CELL#2</sub>	86.176 dBm

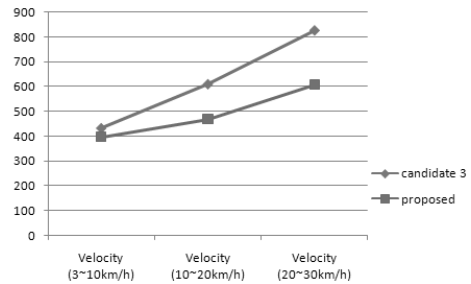
5.2 Simulation Result

시뮬레이션은 본 논문이 제안한 IMCRP-O결정 알고리즘을 포함하여 앞선 절에서 언급된 CM1, CM2, CM3 방법에 대하여 동일한 파라미터를 기반으로 수행되었고, 각 4가지 방식에 대하여 Q<sub>PENALTY</sub> 값을 산출하였다.

(그림 19)는 제안된 IMCRP-O결정 알고리즘과 CM1, CM2, CM3 방식으로부터 산출된 Q<sub>PENALTY</sub> 값을 도시한 것이다. CM1 방식은 저속상태에서는 비교적 양호한 성능을 보였으나 단말의 이동속도가 증가함에 따라 성능열화가 급격히 증가하였다. CM1방식이 이동속도의 증가에 따라 급격한 성능열화를 보이는 이유는, 셀 경계 지역에서 단말이 고속으로



(그림 19) 각 4개의 방법을 통해 산출된 Q<sub>PENALTY</sub>

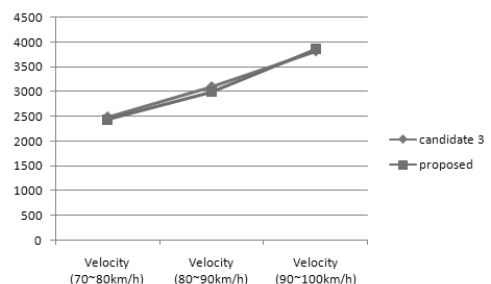


(그림 20) CM3와 제안된 알고리즘의 저속환경 비교

이동함에 따라 잇따른 PLI구간이 셀 반경을 초과하는 초 약전계 상태에서 발생함으로써 페이징 손실이 다른 방식보다 급격히 증가했기 때문이다. CM2 방식은 전반적으로 단말의 이동속도와 무관하게 다른 방식에 비해 성능이 양호하지 못한 결과를 보였는데, 그 이유는 다른 방식에 비해 매우 빈번하게 IMCRP를 수행했기 때문이다. 이에 비해 제안된 IMCRP-O결정 알고리즘이 적용된 방식과 CM3는 상대적으로 양호한 성능을 나타내고 있는데, 그 이유는 CM1, CM2 방식에 비해 페이징 손실이 적고 IMCRP 수행횟수가 적었기 때문이다. 전반적으로 4가지 방식 모두 단말의 이동속도가 증가함에 따라 성능열화를 보였는데, 그 이유는 속도 증가에 따라 페이징 손실 및 IMCRP 수행횟수, 약전계에서 PLI가 진행되는 횟수가 증가했기 때문이다.

(그림 20)은 (그림 19)을 통해 상대적으로 양호한 성능을 보인 CM3 방식과 본 알고리즘을 비교하기 위해 시뮬레이션을 수행한 결과이다. (그림 19)의 결과 두 방식이 고속환경에서는 유사한 성능을 보였으므로, (그림 20)에서는 30km/h 이하의 저속으로 이동하는 단말을 가정하고 시뮬레이션을 수행하였다. (그림 20)에서 단말의 이동속도가 3km/h 에서 30km/h 로 증가함에 따라 IMCRP-O결정 알고리즘이 적용된 방식의 성능이 CM3보다 양호한 결과를 나타내고 있다. CM3가 제안된 알고리즘 보다 상대적으로 성능저하를 보인 주된 원인은 해당 IMMS가 약전계에서 PLI를 겪게 되는 횟수가 많았기 때문이었다. 즉, Target PBS의 부적절한 선택으로 인하여 상대적으로 채널상태가 양호하지 못한 환경에서 페이징 메시지를 수신한 경우가 더 많았음을 의미한다.

(그림 21)은 제안된 알고리즘과 CM3를 고속환경에서 시뮬레이션을 수행한 결과이며, 고속환경에서 두 방식이 거의 유사한 성능을 보이고 있다. 그러나, 실제 필드에서 셀 반경



(그림 21) CM3와 제안된 알고리즘의 고속환경 비교



의 형태가 불규칙할 경우 본 알고리즘이 양호한 성능을 보일 것으로 예상된다. 즉, IMCRP-O결정 알고리즘은 동작영역과 N값을 정의하고 있어서 단말이CQPL<sub>LOWER</sub>환경에 도달하기 전에 IMCRP수행을 통해 보다 양호한 주파수를 선택할 수 있는 가능성이 크기 때문이다.

### 6. 결 론

본 논문에서는 단일 및 다중 주파수가 전개된 이동통신 네트워크 환경에서 유휴모드로 동작하는 단말이 효율적으로 소비전력을 줄일 수 있는 알고리즘을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 유휴모드로 동작하는 이동단말의 채널변동을 이용하여 동기획득 시간과 주파수 재선택과정을 효율적으로 제어함으로써, 소비전력은 줄이면서 페이징 수신성능은 보장할 수 있는 채널적응형 신호기저국 선택 방안이다. 또한, 제안된 알고리즘은 Markov Chain의 기본개념을 적용하여 직전 /최종 취취구간의 채널상태만을 고려함으로써, 알고리즘 단순화를 통해 실용성을 추구하였다.

본 논문은 제안된 알고리즘이 필요한 구체적인 이유와 알고리즘을 형성하는 파라미터의 도출배경에 대한 설명을 포함한다. 파라미터 도출과정에서는 실제 네트워크로의 적용과 분석이 용이한 경로손실 기반의 Hata Model을 활용하여 동작영역을 정의하였다. 또한 제안된 알고리즘이 효과적으로 이득을 나타낼 수 있는 유용한 상황 예시를 소개하였고, 본 알고리즘의 성능을 비교평가하기 위해 유용한 후보방식을 제시하였으며, 시뮬레이션을 통해 제안된 알고리즘이 후보방식에 비해 성능적으로 우수함을 보였다.

향후 연구에서는 본 논문에서 활용한 경로손실, RSSI 외에 CINR을 포함한 다양한 신호품질 기준을 고려할 것이다. 실제 상용 네트워크 환경에서는 Co-Channel 간섭뿐 만 아니라 지형적이 다양성에 기인한 채널열화가 발생하므로, 본 논문에서 이용한 경로손실, RSSI 만으로는 하향신호 품질을 모두 대변할 수 없기 때문이다. 추가적으로 하향신호 품질 외에 역방향 신호품질을 고려 함으로써 유휴모드에서 정상모드로의 천이를 포함하는 보다 포괄적이고 정밀한 알고리즘 개발을 향후 연구과제로 진행하고자 한다.

### 참 고 문 헌

[1] P802.16-2004/Cor2/D3, IEEE Standard for Local and metropolitan area networks Part16: Air Interface for Broadband Wireless Access System, Corrigendum 2.  
 [2] IEEE Std 802.16<sup>TM</sup>-2009 (Revision of IEEE Std 802.16-2004), IEEE Standard for Local and metropolitan area networks Part16: Air Interface for Broadband Wireless Access System.  
 [3] WiMAX Forum<sup>TM</sup> Mobile System Profile Release1.0. Approved Specification. Revision 1.7.0:2008-09-18.  
 [4] Daehyong Hong and Stephen S.Rappaport, "Traffic Model and Performance Analysis for Cellular Mobile Radio Telephone Systems with Prioritized and Non-Prioritized

Handoff Procedures," in IEEE Trans.Vehicular Technology. AUG 1986, Vol.VT-35, No.3.  
 [5] Timothy X Brown and Seshadri Mohan, "Mobility Management for Personal Communication Systems," in IEEE Trans. Vehicular Technology. MAY 1997, Vol.46, No.2.  
 [6] Eugene Shin, Paramvir Bahl, and Michael J. Sinclair, "Wake-on-wireless: An event driven energy saving strategy for battery operated devices," in Proceedings of the 8<sup>th</sup> annual international conference on Mobile computing and networking ACM Press, 2002.  
 [7] T.Pering, Y.Agarwal, R.Gupta, R.Want, "Reducing the power consumption of wireless mobile devices with multiple radio interfaces," The 4<sup>th</sup> international conference on Mobile systems, 2006.  
 [8] Y.Agarwal, R.Chandra, A.Wolman, P.Bahl, K.Chin and R.Gupta, "Wireless wakeups revisited: Energy management for VoIP over WiFi smartphone," The 5<sup>th</sup> International conference on Mobile systems, 2007.  
 [9] Mahkoum, H and Sarikaya B "A Framework for Power Management of Handheld Devices with Multiple Radios," in IEEE WCNC, April, 2009.  
 [10] Shantidev Mohanty, Muthaiah Venkatachalam and XiangYing Yang, "A Novel Algorithm for Efficient Paging in Mobile WiMAX," in IEEE Mobile WiMAX Symposium. March, 2007.  
 [11] Mahdi Orooji and Bahman Abolhassani, "New Method for Estimation of Mobile Location Based on Signal Attenuation and Hata Model Signal Prediction," in IEEE-EMBS 2005. Jan., 2006. 27<sup>th</sup> Annual International Conference.



### 이 강 규

e-mail : kanggyu.lee@samsung.com  
 1997년 성균관대학교 전자공학과(학사)  
 2009년~현 재 성균관대학교 정보통신공학부 전자전기컴퓨터공학과 석사과정  
 1997년~현 재 삼성전자 DMC연구소 책임연구원

관심분야 : 이동컴퓨팅, Mobile WiMAX Mobility Service



### 윤 희 응

e-mail : youn@ece.skku.ac.kr  
 1977년 서울대학교 전기공학과(학사)  
 1979년 서울대학교 전기공학과(석사)  
 1988년 Univ.of Massachusetts at Amherst, 컴퓨터공학과(박사)

1988년~1991년 Univ. of North Texas, 조교수  
 1991년~2000년 Univ. of Texas at Arlington, 부교수  
 2000년~현 재 성균관대학교 정보통신공학부 교수 및 유비쿼터스 컴퓨팅기술연구소 소장

관심분야 : 이동컴퓨팅, 분산처리, RFID/USN