

OFDMA 시스템에서 서비스 연속성 지원 방안

이종찬¹, 박상준^{1*}

¹군산대학교 컴퓨터정보공학과

Supporting Service Continuity in OFDMA Systems

Jong-Chan Lee¹ and Sang-Joon Park^{1*}

¹Dept. of Computer Information Eng., Kunsan National University

요약 본 논문의 목적은 다중 셀 OFDMA 시스템에서 효율적인 부채널 할당에 근거하여 서비스 연속성을 제공하는 것이다. 특히 지연 및 손실에 의해 서비스 지속성에 악영향을 야기할 가능성이 있으므로 다양한 이동 멀티미디어 서비스의 QoS 요구사항을 유지하기 위하여 핸드오버를 위한 자원 관리 방안이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 두 개의 부채널 할당 방법을 제안한다. 우선, 동일 부채널 간섭 원리를 사용하여 주파수 재사용 기법을 확장함으로써 간섭 채널의 중첩 할당 방식이 제안되고, 둘째로 핸드오버 요구를 위하여, 이동 멀티미디어의 서로 다른 서비스 특성과 서비스의 질에 따라서 할당된 채널의 수를 조정하는 새로운 부채널 할당 방법을 제안한다. 시뮬레이션을 통하여, 제안된 방법이 데이터 처리량을 20%까지 증가시키며, 핸드오버 실패율을 25% 정도 감소시킬 수 있음을 보인다.

Abstract The objective of this paper is to provide service continuity based on an efficient subchannel allocation in OFDMA systems. The resource management for handover are necessary to maintain the QoS requirements of different multimedia applications because the service continuity may be defected by some delay and information loss. Therefore we propose two subchannel management schemes applied to OFDMA systems. Firstly, a superposition allocation of interference subchannels is achieved by modifying a frequency reuse scheme, using co-subchannel interference principle. Secondly for handover applications, we suggest a novel subchannel reservation scheme to adjust the number of allocated channels, depending on the different characteristics and diverse quality of mobile multimedia applications. Simulation results show that the total throughput for the proposed method is increased up to 20% at average and peak arrivals and the handover failure rate is decreased to about 25%, as compared to the conventional method.

Key Words : LTE-Advanced, OFDMA, QoS, Subchannel Interference

1. 서론

최근 이동통신 시스템 기술의 급격한 발전과 더불어 기존의 음성 서비스에서 VoIP, VoD, Web Browsing, 대용량 데이터 전송 등 다양한 이동 멀티미디어 서비스 (mobile multimedia service; 이하 MMS)에 대한 수요가 증가함에 따라서 이를 수용할 수 있는 무선 자원 다중 접속 방식으로서 OFDMA(Orthogonal Frequency Division Multiple Access)가 제안되고 있다. OFDMA는 각 사용자

에게 요구하는 전송속도에 따라 부채널(subchannel)의 개수를 다르게 할당함으로써 자원 분배를 효율적으로 할 수 있으며, 주파수마다 채널상황이 다르기 때문에 부채널의 SINR(Signal to Interference and Noise Ratio)에 따라 서로 다른 번조방식을 사용하여 채널 용량을 최적화 할 수 있다. 또한 사용자의 데이터 전송률이나 채널 환경에 따라 각각의 사용자에게 대용량의 데이터를 부반송파로 분할 전송하거나 할당된 부반송파를 증감시킴으로써 다수의 사용자에게 서로 다른 QoS(Quality of Service)를 제

이 논문은 2012학년도 군산대학교 대학자체 학술공모과제 연구비 지원에 의하여 연구되었음

*Corresponding Author : Sang-Joon Park (Kunsan National University)

Tel: +82-10-2866-5170 email: lubimia@kunsan.ac.kr

Received November 7, 2012 Revised November 19, 2012 Accepted February 6, 2013

공할 수 있다[1,2].

OFDMA 시스템은 높은 주파수 효율을 가진 시스템이지만 구조상 동일 부채널 간섭(co-subchannel Interference)이 필연적으로 발생한다. 동일 셀 내에서는 주파수 직교성이 유지되어 간섭이 일어나지 않지만 인접 셀에서 동일 부채널을 사용할 경우 셀 간 간섭이 발생함으로써 사용자 전송률의 저하를 가져온다. 이를 해결하기 위하여 IEEE 802.20에서는 FFR(Fractional Frequency Reuse) 기법을 제안하고 있다. 셀 간 간섭으로 인해 수신 성능이 저하된 셀 가장자리에 위치한 사용자의 수신 성능을 개선하기 위한 주파수 재사용 방법으로서 이동단말기(mobile terminal; 이하 MT)의 위치에 따라 주파수 재사용률을 다르게 적용함으로써 시스템 성능을 향상시킨다. 3GPP LTE에서는 FFR보다 더 높은 성능을 얻기 위하여 셀을 2영역으로 나누어 안쪽 영역에서는 모든 주파수 자원을 사용할 수 있는 SFR(Soft Frequency Reuse) 방식을 제안하였다[3-4]. 그러나 두 방식은 전체 주파수를 모두 사용하지 않음으로 인한 용량의 감소가 발생하고, 사용자 분포의 불균형이 발생하면 자원의 부족 또는 자원이 잉여 현상으로 인하여 시스템 성능 저하의 주요 원인이 된다. 따라서 OFDMA에서의 주파수 재사용의 효율적 운용을 위하여 MT의 위치, 부채널 상태, 간섭의 양 등 실시간 정보에 의하여 MT가 속하는 주파수 영역이 결정되는 동적 자원 할당의 문제로 확대하고 MMS의 데이터 특성(실시간 형태 또는 비실시간 형태)과 서비스 시점(핸드오버 연결 요구 또는 신규 연결 요구)을 동적 자원 할당에 파라미터로 적용함으로써 OFDMA 시스템에서 MMS에 적합한 부채널 할당을 수행할 수 있다.

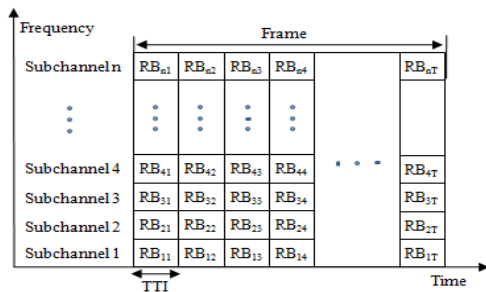
현재 인터넷 서비스를 기본으로 이루어지는 패킷 기반의 MMS는 각각 자원의 한계나 성능, 용량, 효율 등이 서로 다르며 이를 MT에서 지원 가능해야 한다. 마찬가지로 패킷 서비스를 지원하기 위한 MT도 다양한 MMS를 동시에 수용할 수 있어야 하고, 동시에 수용되는 MMS는 서로 다른 무선 자원의 조건을 요구하므로 핸드오버 시 끊임없는 연결을 통한 서비스 연속성을 제공해야 한다[5-7]. 즉, MT에 동시에 다양한 MMS를 제공할 수 있게 함으로써 음성, 영상, 데이터 서비스 등 자원 요구 사항이 서로 다른 서비스들이 서비스 연속성을 가지고 공존 가능하게 할 필요가 있다.

따라서 본 논문에서는 두 가지 부채널 할당 방법을 제안한다. 첫째로, 간섭 상태에 있는 부채널을 계속 간섭 상태로 유지하여 간섭 부채널의 수를 최소로 발생시킴으로써 간섭 지역에서 자유 부채널의 수를 항상 최대도 유지하는 동적 부채널 할당 방법을 제안하고, 이를 기반으로 OFDMA에서 이동 멀티미디어(mobile multimedia)의 서

로 다른 서비스 특성과 QoS에 따라서 할당된 부채널의 수를 동적으로 조정하는 새로운 자원 할당 방법을 제시한다. 즉, 음성이나 동영상, Interactive 게임, 3D 영상 등의 실시간 전송을 요하는 데이터들은 지연에 민감하므로 버퍼 대기시간을 고려해야 하고, Web 그리고 FTP 데이터와 같은 비실시간성 MMS는 비교적 지연에 둔감하므로 패킷 손실에 유연하게 대처할 수 있는 여지가 충분하다. 따라서 서비스 연속성을 지원하기 위하여, 실시간성 MMS 관점에서는 데이터 전송의 최대화나 사용자간 공정정보보다도 부하제어를 기반으로 패킷 전송 지연을 만족시키고, 비실시간성 MMS 관점에서는 부하제어를 기반으로 부채널 상태를 효과적으로 반영하여, 핸드오버 시의 서비스 연속성을 향상시키는 방안을 OFDMA 시스템 기반으로 제안한다.

2. 부채널 할당 방법

3GPP LTE-Advanced 시스템의 라디오 프레임(Radio Frame)은 10ms의 구간을 가지고 있으며, 총 10개의 서브 프레임(Sub-frame)으로 구성된다. 하나의 서브 프레임은 2개의 슬롯(slot)으로 구성된다. 하나의 서브프레임의 길이는 1msec이고 이를 TTI(Transmission Time Interval)라 한다. Fig. 1은 부채널이 n 개이고 다수의 TTI가 하나의 프레임을 구성하는 채널 구조를 보인다. 부채널은 다수개의 부분송파로 구성된다. 하나의 TTI와 부채널이 자원 할당의 최소 단위인 자원 블록(Resource Block; 이하 RB)을 이루고, 변조 수준 갱신, 부채널 상태 갱신 그리고 자원 할당이 RB를 기준으로 이루어진다. 스케줄러는 사용자 트래픽 요구량 따라서 TTI 단위로 다수의 부채널을 서비스 중인 사용자에게 할당한다. 기지국은 사용대역폭(1.25/2.5/5/10/20MHz; 이를 채널이라 한다)에 따라 미리 정해진 수의 부채널을 가지고 있으며 TTI 단위로 부채널의 할당과 해제를 반복적으로 수행한다.

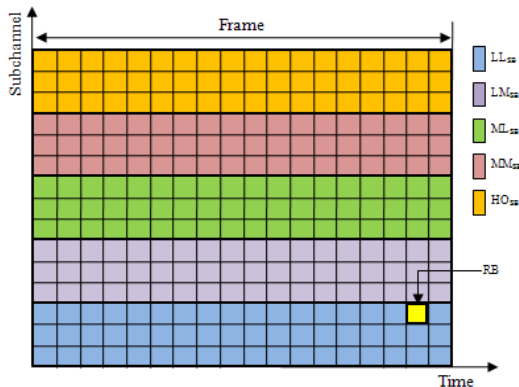


[Fig. 1] OFDMA Subchannel Allocation

2.1 부채널 분할 구조

본 연구에서는 MMS의 특성에 따라, 각 기지국에 할당된 부채널의 점유 매커니즘을 정의하기 위하여 MMS를 4개의 부류- LL, LM, ML, MM로 분류한다. LL(Less Delay, Less Loss)은 지연에 민감하며 손실에도 취약한 특성을 갖는 실시간성 MMS를 나타낸다. LM(Less Delay, More Loss)은 지연에 민감하나 손실에 대해서는 덜 취약한 특성을 갖는 실시간 MMS 형태를 나타내고, ML(More Delay, Less Loss)은 지연에 덜 민감하나 손실에는 취약한 특성을 갖는 비실시간 MMS를 의미하고, MM(More Delay, More Loss)은 지연에 민감하지 않고 손실에도 덜 취약한 특성을 갖는 서비스 형태를 나타낸다.

Fig. 2는 MMS의 클래스 분류에 근거하여, 본 연구에서 제안한 논리적인 부채널의 점유 구조를 보인다. 각각의 TTI 동안 사용가능한 부채널은 4개의 MMS 부류를 지원하는 4개의 서비스 블록(Service Block; 이하 SB) - LL_{SB} , LM_{SB} , ML_{SB} , MM_{SB} , HO_{SB} 으로 구성되며, 각 SB는 물리적으로 일정량의 예약된 부채널을 가진다. 각 SB의 크기는 해당 클래스에 속한 MMS의 최소전송률을 보장하기 위하여 요구되는 RB의 수를 의미하고, 이전 TTI 동안의 부채널 점유 상태에 따라 TTI 마다 동적으로 변경된다. 사용자가 요구하는 MMS의 종류 및 전송률, 그리고 현재의 부채널 상태에 따라 다수개의 부채널 (즉 RB)을 동적으로 할당하여 주파수 효율을 높일 수 있다.



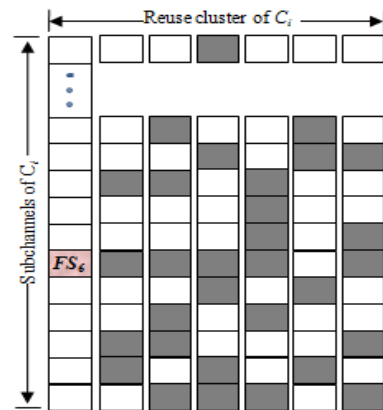
[Fig. 2] Subchannel Distribution Based on MMS

2.2 간섭 부채널 중첩 할당 방법

OFDMA 시스템에서 주파수 재사용 K=1의 망운용을 통하여 자원 효율성을 증대시키려면, 인접한 셀의 동일 부채널 사용자로 인한 셀 간 간섭 문제를 최소화하여야 한다. 특히 셀 내의 사용 가능 부채널 및 신호 세기에 관한 정보만을 사용하여 최적의 부채널을 결정하므로 인접

셀의 동일 부채널에 허용 할 수 없는 간섭을 줄 수 있다. 또한 부채널이 불규칙적으로 사용되고 전체적으로 주파수 사용효율이 감소할 가능성이 있다. 따라서 본 연구에서는 간섭 부채널 중첩 할당을 제안한다. 한 셀은 다수의 셀 클러스터- 셀 경계지점에 있는 사용자가 동일 부채널을 사용할 경우, 간섭을 일으킬 수 있는 인접 셀들의 집합-에 속하고, 그 셀의 한 부채널은 동일 채널 간섭을 일으키는 거리에 있는 다수의 클러스터 내 셀들로부터 간섭을 받는다. 따라서 각 부채널은 서로 다른 간섭시간이 중첩된다.

Fig. 3에 이동통신 시스템의 전형적인 셀 운용 구조인 7셀 구조에 기반으로 본 연구에서 제안한 부채널 할당 방법을 보인다. 셀 C_i 에 자유 부채널(Free Subchannel; 이하 FS) 각각에 대하여, C_i 의 재사용 클러스터 내에서 주파수 재사용으로 인하여 CINR 기준치 값을 만족하지 못하는 간섭 부채널을 측정된 후, 간섭 부채널(Interference Subchannel; 이하 IS)의 수가 최대인 자유 부채널들을 우선적으로 할당한다. 즉 간섭 상태에 있는 부채널은 계속 간섭 상태로 유지하여 간섭 부채널의 수를 최소로 발생시킨다. 따라서 간섭 지역에서 자유 부채널의 수를 항상 최대로 유지할 수 있다. 각 셀의 기지국은 부채널 상태 정보를 TTI 마다 인접 클러스터 셀들에게 전송하고, 그 정보를 이용하여 부채널 상태 정보를 TTI 마다 갱신한다고 가정한다.



[Fig. 3] Interference Subchannel Superposition Allocation Method

셀 C_i 에 각 부채널에 대하여 식 (1)가 성립한다. 여기서 n 과 S_{jh} 는 C_i 의 재사용 클러스터 내의 기지국의 수와 기지국의 동일 부채널의 수이다. h 는 C_i 의 자유 부채널을 의미한다.

$$IS_i = \sum_{j=1}^n S_{jh}, \quad (1)$$

$If(S_{jh} = IS) \text{ then } S_{jh} = 1, \text{ otherwise } S_{jh} = 0$

하나 이상의 부채널이 동일한 IS_i 를 가지고 있다면 후보 부채널 중 첫 번째 부채널이 할당된다. $IS_i = 0$ 이면 C_i 의 재사용 클러스터 내에 간섭 부채널이 없음을 의미한다. $IS_i > 0$ 이면 SINR 측정치가 기준치보다 큰 부채널 중에서 최대치의 IS_i 를 갖는 부채널 순서로 사용자 요구에 할당된다. 이 기법은 간섭 부채널을 중첩시킴으로서 재사용 클러스터 내에 사용 가능한 부채널의 수를 최대로 유지하는 장점을 갖는다. 따라서 시스템은 평균 간섭 시간 그리고 간섭 부채널수를 최소화할 수 있다.

3. 핸드오버 시 서비스 연속성 지원

3.1 부하제어 구조

각 MMS의 전송률이 시간에 따라 달라질 수 있으며 또는 동일한 전송률에서도 MT의 핸드오버로 인하여 보다 많은 부채널을 필요로 할 수 있다. 이와 같이 셀 내의 부하가 지나치게 증가하도록 허용한다면, 셀의 영역이 계획된 값 이하로 줄어들게 되며 현재 연결되어 있는 MMS의 QoS를 보장할 수 없다. 따라서 현재의 부하 상태와 인접 셀들로 부터의 핸드오버 발생을 동적으로 감시하여 적정 부하로 제어함으로써 서비스 연속성을 지원해야 한다. 이를 위하여 본 연구에서는 두 형태의 부하제어- 정기적 부하제어와 일시적 부하제어-를 수행한다.

3.1.1 정기적 부하제어

정기적 부하제어(periodic load control)는 총 부채널 점유(Total occupied Subchannel; ToS)가 T_{+0} 이상이면 점유 기준치 (occupation threshold) T_0 이하가 될 때까지 해당 MM&ML MMS들의 전송률을 감소시키고, ToS이 T_{-0} 이하 이면 T_0 이상이 될 때까지 MM&ML MMS의 전송률을 증가시킴으로서 지시국 내의 부하를 일정하게 유지하는 목적을 갖는다. [Fig. 4]와 같이 부하제어 알고리즘 수행 기준 값인 T_{-0} , T_0 그리고 T_{+0} 을 둔다. 전송률 증가($ToS > T_{+0}$)이면 부하제어 알고리즘이 동작한다. 알고리즘은 서비스 중인 MMS의 자원 사용량을 MiBR(Minimum Bit Rate)로 줄여 ToS이 T_0 이하로 조정한다. 자원을 재할당하는 방법은, LL>LM>ML>MM의 우선순위 별로 ToS이 T_0 이하로 낮아질 때까지 전송률을

줄인다. 전체 전송량을 재조정할 때 각 MMS에 허용된 MiBR을 보장해야 한다.

전송률을 재할당하고자 하는 MMS를 전송률의 우선순위에 따라 오름차순으로 정렬하고, ToS이 T_0 이하가 될 때까지 MiBR을 계산하여 할당한다. 또한 전송률 감소($ToS < T_{-0}$)인 상태가 일정 시간 계속되면 부하제어 알고리즘이 수행되어 할당량을 T_0 한도 내에서 MaBR(Maximum Bit Rate)로 증가시킨다. 전송량의 증가는 비실시간성 MMS 위주로 LL>LM>ML>MM의 우선순위가 큰 클래스부터 수행된다.

Algorithm 1 *부채널의 가용성을 조사하여 부하제어를 수행하라*

```

* MM, LM MMS에 전송률 감소를 요구한다.
*  $HO_{SB} \rightarrow MM_{SB} \rightarrow ML_{SB}$  부하제어를 요구한다.

if (ToS >  $T_{+0}$ ) then
  while (ToS ≤  $T_0$ )
     $MM_i$  또는  $ML_i$  MMS의 요구용량을 순차적으로 MiBR로 조정;
    ToS ← ToS - 확보 용량;
  end;
endif (ToS <  $T_{-0}$ ) then
  while (ToS ≥  $T_0$ )
     $MM_i$  또는  $ML_i$  MMS의 요구용량을 순차적으로 MaBR로 조정;
    ToS ← ToS + 증가 용량;
  end;
else
  부하제어 종료;
end if

```

[Fig. 4] Periodic Load Control

3.1.2 일시적 부하제어

일시적 부하제어(temporary load control)는 LM, ML, MM MMS 중에서 데이터 전송률을 조정함으로써 MM과 ML MMS의 핸드오버 시 부채널이 부족할 경우, 이를 확보하여 점유 가능케 하는데 목적이 있다. 일시적 부하제어의 부채널 재조정 방법은 Fig. 5와 같이, 자원 할당 부채널의 HO→MM→ML 순서대로 LL MMS의 MaBR과 LM MMS의 MiBR이 확보될 때 까지 해당 MT의 부채널을 조정한다. 전송량을 재조정할 때 각 MT에 허용된 MiBR을 보장해야 하므로 해당 MMS들의 전송률을 MiBR까지 조정한다.

Algorithm 2 *부채널의 가용성을 조사하여 부하제어를 수행하라*

- * MM, LM MMS에 전송률 감소를 요구한다.
- * $HO_{SB} \rightarrow MM_{SB} \rightarrow ML_{SB}$ 부하제어를 요구한다.

```

if(  $LL_i$ )then
    while( $n > i$ )
         $MM_i$ 과  $ML_i$  MMS의 요구 용량을 순차적으로 MiBR로 조정;
         $R_{LL} \leftarrow$  가용용량 + 확보용량;
        if(요구 용량 <  $R_{LL}$ )then
            요구용량 확보;
            부하제어 종료;
        else
             $i \leftarrow i+1$ ;
        endif
    end;
elseif( $LM_i$ )then
    while( $n > i$ )
         $MM_i$ 과  $ML_i$  MMS의 요구 용량을 순차적으로 MiBR로 조정;
         $R_{LM} =$  가용 용량 + 확보 용량;
        if(요구용량< $R_{LM}$ )then
            요구용량확보;
            부하제어 종료;
        else
             $i \leftarrow i+1$ ;
        endif;
    end;
    if(요구용량< $R_{LM}$ )then
        요구 용량확보;
        부하제어 종료;
    end;
endif;

```

[Fig. 5] Temporary Load Control

3.2 핸드오버를 고려한 부채널 할당 방법

본 연구에서는 실시간 및 비실시간성 MMS가 혼재한 상황에서 실시간성 MMS의 지연 및 지연 변이 QoS를 만족시키면서 비실시간성 MMS의 전송률 (throughput)을 최대화를 목적으로 하는 부하제어 기반의 ISSD(Interference Superposition based Subchannel Distribution)를 제시한다. 한다. MT가 핸드오버를 요구하면, 부하제어를 기반으로 TTI 마다 Fig. 6의 부채널 할당 절차를 수행한다. 각 클래스 마다 그 특성을 기반으로 핸드오버 요구의 처리 방안을 다르게 수행하는데, 공정성 측면의 자원할당 보다는, 실시간성 MMS의 QoS 유지 및 사용자 수 증대를 목적으로 한다. 이는 비실시간성 MMS의 지연 둔감으로 인하여 패킷 손실에 유연하게 대처할 수 있는 특성과 실시간성

MMS의 지연에 민감한 특성을 응용하여 부채널 단위로 할당된 전송률을 다르게 적용한다.

Algorithm 3 *부채널 할당 구조*

```

Define
 $S_i$ : MT 내의 MMS  $i$ 
 $C_i^{dmin}$ : MMS  $i$ 를 MiBR로 전송하기 위한 요구 용량
 $C_i^{dmax}$ : MMS  $i$ 를 MaBR로 전송하기 위한 요구 용량
 $\sum_{i \in SB} AR_i$ : 각 SB의 가용 자원의 합 (LL MMS는  $LL_{SB}$  포함, LM MMS는  $LM_{SB}$  제외)
 $R_{MM}$ :  $MM_{SB}$ 의 가용 용량
 $R_{ML}$ :  $ML_{SB}$ 의 가용 용량
 $R_{LM}$ :  $LM_{SB}$ 의 가용 용량
 $R_{LL}$ :  $LL_{SB}$ 의 가용 용량
 $R_{HO}$ :  $HO_{SB}$ 의 가용 용량
 $\psi_T^R$ : 조정된 총 가용 용량
 $\sum_{i=1}^n \psi_i^R$ : 부하제어를 통한 MMS의 총 반환 용량
 $\sum_{i=1}^n \psi_i^{RHO}$ : 부하제어를 통한  $HO_{SB}$ 를 점유하고 있는 MMS의 총 반환 용량
 $A_i^R$ : 수락된 부채널의 양
 $n$ : MT 내 MMS의 수
ResourceAllocation()
while ( $1 \leq n$ )
    if( $S_i ==$ MM 클래스)then
        if( $C_i^{dmax} < R_{MM}$ ) then
            핸드오버 요구 수락,  $A_i^R \leftarrow C_i^{dmax}$ ;
        elseif( $C_i^{dmin} < R_{MM}$ ) then
            핸드오버 요구 수락,  $A_i^R \leftarrow C_i^{dmin}$ ;
        else
            MM queue  $\leftarrow S_i$ ;
        endif
    elseif( $S_i ==$  ML 클래스)then
        if( $C_i^{dmax} < R_{ML}$ ) then
            핸드오버 요구 수락,  $A_i^R \leftarrow C_i^{dmax}$ ;
        elseif( $C_i^{dmin} < R_{ML}$ ) then
            핸드오버 요구 수락,  $A_i^R \leftarrow C_i^{dmin}$ ;
        elseif( $C_i^{dmin} < R_{HO}$ ) then
            핸드오버 요구 수락,  $A_i^R \leftarrow C_i^{dmin}$ ;
        else
            ML queue  $\leftarrow S_i$ ; HO queue  $\leftarrow S_i$ ;
        endif
    elseif( $S_i ==$ LM 클래스)then
        if( $C_i^{dmax} < R_{LM}$ ) then
            핸드오버 요구 수락,  $A_i^R \leftarrow C_i^{dmax}$ ;
        elseif( $C_i^{dmin} < R_{LM}$ ) then
            핸드오버 요구 수락,  $A_i^R \leftarrow C_i^{dmin}$ ;
        elseif( $C_i^{dmin} < \sum_{i \in SB} R_i$ ) then

```

```

핸드오버 요구 수락,  $A_i^R \leftarrow C_i^{d\min}$ ;
else
 $\psi_T^R = \sum_{i=1}^n \psi_i^{R|HO} + \sum_{i \in SB} R_i$ ;
if( $C_i^{d\min} < \psi_T^R$ ) then
    핸드오버 요구 수락,  $A_i^R \leftarrow C_i^{d\min}$ ;
else
    핸드오버 요구 절단;
endif
endif
elseif( $S_i = LL$  클래스)then
if( $C_i^{d\max} < R_{LL}$ ) then
    핸드오버 요구 수락,  $A_i^R \leftarrow C_i^{d\max}$ ;
elseif( $C_i^{d\max} < \sum_{i \in SB} R_i$ ) then
    핸드오버 요구 수락,  $A_i^R \leftarrow C_i^{d\max}$ ;
else
 $\psi_T^R = \sum_{i=1}^n \psi_i^R + \sum_{i \in SB} R_i$ ;
if( $C_i^{d\max} < \psi_T^R$ ) then
    핸드오버 요구 수락,  $A_i^R \leftarrow C_i^{d\max}$ ;
else
    핸드오버 요구 절단;
endif
endif
endif
j=j+1;
end;
```

[Fig. 6] Subchannel Allocation for Handover

4. 시뮬레이션과 성능분석

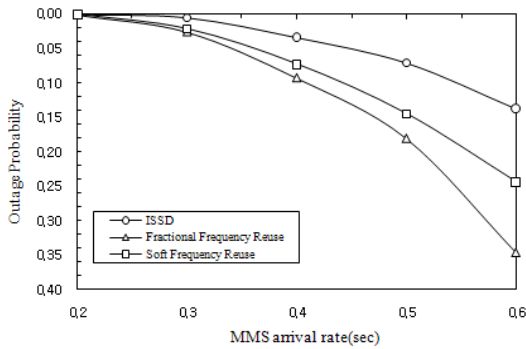
본 논문에서 제안한 동적 부채널 할당 기법의 성능을 분석하기 위하여 사용한 OFDMA 시스템 모델은 다음과 같다. 19개의 기지국이 균일하게 분포된 재사용도 1의 LTE-Advanced 시스템을 고려하였다. MT의 서비스 요구는 셀 내에서 고르게 발생하며, MMS의 발생은 포아송 분포(Poisson distribution)를 따른다. 각 MT는 $0 \sim 2\pi$ 의 임의의 방향으로 이동할 수 있으며 이동 속도와 방향이 계속적으로 변경 가능하며, 이에 따른 핸드오버 발생은 평균 40%인 포아송 분포를 가정한다. 채널 페이딩 모델은 표준 편차가 5dB인 ITU-R M.1225 pedestrian B 모델을 사용하였고, 경로 손실(path-loss)은 Urban Macro 타입으로 경로 손실 지수(path-loss exponent)는 4를 적용하며, 음영(shadowing) 모델은 8dB의 표준 편차를 갖는 WINNER Channel Model II를 따른다. SINR은 지수 분포를 따르고 기준치는 3dB로 가정하였다.

본 연구에서 고려한 주요 시스템 레벨 시뮬레이션 환경은 Table 1과 같다. TTI는 0.5ms로 가정하고 한 개의 프레임(10ms)내에 20개의 TTI가 배치되며, TTI에 해당하는 시간 영역에 7개의 OFDM 심볼을 갖는다. 또한 부반송파의 간격은 15kHz이다. 자원 할당 시 최소 단위인 RB(또는 부채널)의 구조는 한 개의 TTI에 해당하는 시간 영역에 7개의 OFDM 심볼과 180KHz에 해당하는 부반송파 12개로 이루어진 2차원 형태이다. 따라서 한 프레임은 20개의 TTI와 30개의 RB로 총 600개의 RB로 구성된다. 각 RB는 1명의 사용자에게만 할당되며, 1명의 사용자는 요구 전송률에 따라서 다수의 RB를 할당받을 수 있다.

[Table 1] Simulation Parameters

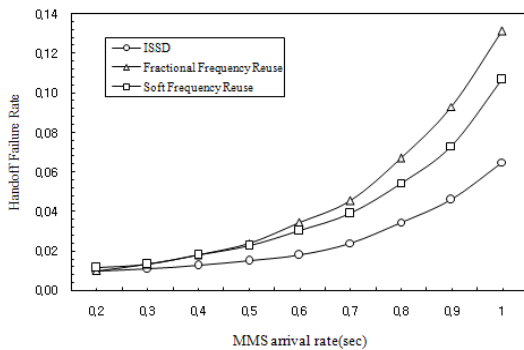
파라미터	값
주파수 대역	2.3GHz
채널 대역폭	10MHz
FFT 포인트 수	1,024
Cyclic prefix 포인트 수	128
TTI 길이	0.5ms
프레임 길이	10ms
TTI 당 OFDM 심벌 수	7
프레임 당 부채널 수	50
부채널 당 부반송파 수	12
프레임 당 부반송파 수	600
TTI 당 RB 수	50
프레임 당 RB 수	1000 (TTI*RB의 수)
재전송 가능 횟수	3
재전송 주기	4ms
MCS 수준	QPSK 1/2, QPSK 3/4, 16QAM 1/2, 16QAM 3/4, 64QAM 2/3

Fig. 7은 MMS 도착율의 증가에 따른 Outage 확률의 비교 결과이다. 연결 상태인 MMS의 평균전송률이 MiBR이하인 MMS의 비율로서 계산하였다. SFR과 FFR에 비하여 ISSD는 Outage 확률을 크게 향상시켰음을 알 수 있다. 이는 자원의 유연한 할당이 가능하고 서비스 수락 및 전체 전송량을 재조정할 때 각 MMS에 허용된 MiBR을 보장하기 때문이다. 특히 SFR과 FFR은 셀 내 부하의 증가(여기서는 0.4 이상)에 따라 사용자 분포의 불균형이 발생하고 이로 인하여 자원의 부족 또는 자원이 잉여가 발생하여 Outage 확률이 현저히 증가함을 알 수 있다.



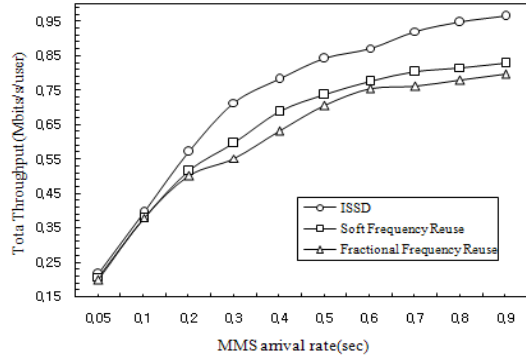
[Fig. 7] Comparison of Outage Probability

Fig. 8은 ISSD의 핸드오버 실패율을 SFR 그리고 FFR과 비교한다. ISSD는 부하 0.6이상에서는 기존 방식에 비하여 자원 부재로 인한 실패율이 현저히 감소함으로써 사용자 수를 증대시킬 수 있다. 이는 핸드오버 요구 시에 각각의 MMS의 특성을 기반으로 부채널 할당을 적응적으로 수행하고, 핸드오버로 인한 셀 내 부하 증가에 효율적으로 대처하기 위하여, 부하제어를 기반으로 동적으로 부채널 할당 범위를 재조정할 수 있기 때문이다. 이를 통하여 빈번한 핸드오버로 인한 부채널 할당 문제에 능동적으로 대처할 수 있다.



[Fig. 8] Comparison of Handover Failure Rate

Fig. 9는 MT의 서비스 요구 증가에 따른 전송률의 성능을 비교한 결과이다. ISSD는 간섭 부채널의 수를 최소로 발생시킴으로서 간섭 지역에서 자유 부채널의 수를 항상 최대로 유지할 수 있으며, 또한 어떠한 상황에서도 MiBR을 유지하는 정책을 사용함으로써, 부하 0.3이상에서는 SFR과 FFR에 비하여 20% 정도의 데이터 처리량의 증가를 보인다.



[Fig. 9] Comparison of Total Throughput

5. 결론

본 논문은 핸드오버 시 부하제어에 근거한 부채널 할당 방법에 관한 것으로서, 부하제어에 근거하여 핸드오버 시의 서비스 연속성을 지원하기 위한 부채널 관리 방법을 제안하였다. 낮은 부하를 가진 셀로부터 높은 부하를 가진 셀 영역으로 이동할 경우에도 MT의 MMS가 요구하는 각각의 QoS를 보장할 수 있어야 한다. 이를 위하여 간섭 부채널의 수를 최소로 발생시킴으로서 간섭 지역에서 자유 부채널의 수를 항상 최대로 유지할 수 있는 간섭 부채널 중첩 할당 방법을 제안하였다. 또한 이를 바탕으로, 부하제어를 이용하여 핸드오버 시 서비스 연속성 지원하기 위한 부채널 할당 방법을 제시하였다. 이를 통하여 음성, 영상, 데이터 서비스 등 자원 할당 요구사항이 서로 다른 서비스들의 QoS 적응 및 조정을 수행함으로써, MMS의 연속성을 실현할 수 있다. 제안된 방법의 성능을 평가하기 위하여, Outage 확률, 핸드오버 실패율, 그리고 처리율을 분석하였다. 시뮬레이션에 의하면 기존의 방법들에 비하여 성능이 우수함이 확인되었다.

References

- [1] I-Kang Fu, Yih-Shen Chen, "Multicarrier Technology for 4G WiMAX System," WiMAX/LTE Update, IEEE Communications Magazine, August 2010.
- [2] IEEE Std 802.16-2009, "Part 16 : Air Interface for Broadband Wireless Access Systems," IEEE Standard for Local and metropolitan area networks, October 2010.
- [3] Nageen Himayat, Shilpa Talwar, "Interference Management for 4G Cellular Standards," WiMAX/LTE

- Update, IEEE Communications Magazine, August 2010.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/MCOM.2010.5534591>
- [4] IEEE Std 802.16m-2011, "Part 16 : Air Interface for Broadband Wireless Access Systems," Amendment 3 : Advanced Air Interface, May 2011.
- [5] Z. Abichar, and J.M. Chang, "WiMAX vs. LTE: Who Will Lead the Broadband Mobile Internet," IEEE IT Professional, Vol. 12, No. 3, pp. 26-32, May 2010.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/MITP.2010.47>
- [6] J. Liu, R. Love, K. Stewart, and M.E. Buckley, "Design and Analysis of LTE Physical Downlink Control Channel," Proc. IEEE Int. Vehicular Technology Conf. (VTC), pp. 1-5, 2009.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/VETECS.2009.5073490>
- [7] J. Shi and A. Hu, "Radio Resource Allocation Algorithm for the Uplink OFDMA System," in IEEE International Conference on Communications Workshops 08, pp. 11-15, 19-23, May 2008.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/ICCW.2008.7>
- [8] L. Yanhui, W. Chunming, Y. Changchuan, and Y. Guangxin, "Downlink Scheduling and Radio Resource Allocation in Adaptive OFDMA Wireless Communication Systems for User-Individual QoS," International Journal of Electrical and Electronics Engineering, Vol. 3, No. 2, pp. 97-101, 2009.
- [9] Yongho Kim, Inuk Jung, "Advanced Handover Schemes in IMT-Advanced Systems," WiMAX/LTE Update, IEEE Communications Magazine, August 2010.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/MCOM.2010.5534590>
- [10] Shafi Bashar and Zhi Ding, "Admission Control and Resource Allocation in a heterogeneous OFDMA Wireless Networks," IEEE Transactions on Wireless Communications, Vol. 8, No. 8, August 2009.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/TWC.2009.080844>

이 종 찬(Jong-Chan Lee)**[정회원]**

- 1996년 8월 : 숭실대학교 컴퓨터학과 (공학석사)
- 2000년 8월 : 숭실대학교 컴퓨터학과 (공학박사)
- 2000년 10월 ~ 2005년 4월 : 한국전자통신연구원 선임연구원
- 2005년 4월 ~ 현재 : 국립군산대학교 컴퓨터정보공학과 부교수

<관심분야>

차세대 이동통신, 센서 네트워크, 무선 멀티미디어

박 상 준(Sang-Joon Park)**[정회원]**

- 1998년 2월 : 숭실대학교 컴퓨터학과 (공학석사)
- 2002년 2월 : 숭실대학교 컴퓨터학과 (공학박사)
- 2002년 3월 ~ 2003년 2월 : 런던대 ISG 박사후과정
- 2004년 3월 ~ 2007년 2월 : 숭실대학교 정보미디어기술연구소 전임연구교수
- 2007년 3월 ~ 현재 : 국립군산대학교 컴퓨터정보공학과 조교수

<관심분야>

B3G 이동통신, 인터넷 망 분석, 유비쿼터스 네트워크