

IEEE 802.16m 시스템의 SINR 측정기의 설계

정회원 김 준 우*, 박 윤 옥*, 종신회원 김 환 우**

A Design of SINR Measurement Unit for IEEE 802.16m

Jun-Woo Kim*, Youn-Ok Park* *Regular Members*, Whan-Woo Kim** *Lifelong Member*

요 약

본 논문에서는 IEEE 802.16m IMT-Advanced WiMax 단말에서 SNR(Signal to Noise Ratio)과 SINR(Signal to Interference Plus Noise Ratio)을 측정하는 블록의 설계에 대해 기술하였다. IMT-Advanced 시스템을 위한 IEEE 802.16m 규격에서는 하향링크로 PA-Preamble과 SA-Preamble의 두 가지 A-Preamble (Advanced Preamble) OFDM 심볼을 전송하는데, 이를 이용하면 SNR과 SINR을 정확히 측정할 수 있으며, Doppler 등에 의해 ICI(Inter-Carrier-Interference)가 발생했는지의 여부도 알 수 있다.

본 논문에서는 IEEE 802.16m 시스템의 단말에서 PA-Preamble과 SA-Preamble을 이용하여 SINR을 측정하고 ICI가 발생했는지 여부도 판정하는 SNR/SINR 측정 방법과 시뮬레이션 결과를 제시하였다. ICI의 발생여부를 정확히 인지할 수 있으면, 단말은 평소에는 1-Tap 등화기만 사용하다가 ICI가 있을 때에만 복잡한 ICI 완화를 수행하면 되므로 성능 향상 뿐 아니라 저전력 특성까지 향상시킬 수 있다.

Key Words : SINR, OFDM, IEEE 802.16m, ICI

ABSTRACT

This paper presents the signal-to-noise ratio (SNR) and signal-to-interference plus noise ratio (SINR) estimation based on A-Preamble of IEEE 802.16m IMT-Advanced WiMax system with simulation results. The downlink signal of IEEE 802.16m has two kinds of A-Preambles: the PA-Preamble and the SA-Preamble. This paper proposes the effective method of estimating SNR and SINR with A-Preambles, and also shows that this method can recognize the ICI(Inter-Carrier-Interference) occurrence due to doppler frequency.

With the recognition of ICI, the mobile station can save the power by operating 1-tap equalizer in usual cases, and activating ICI mitigation module only when it perceives the ICI occurrence.

1. 서 론

IEEE 802.16m은 IEEE 802.16e Mobile WiMax와의 호환성을 유지하면서 차세대 4G 이동통신 규격으로 ITU-R에 IMT-Advanced 시스템으로 제안될 IEEE의 규격이다^[1]. IMT-Advanced는 휴대단말을 통해 고속 이동시 100Mbps, 저속 이동시에도 1Gbps의 데이터 전송속도를 가지며 오는 2012년경 상용화될 것

로 예상된다.

본 논문은 IEEE 802.16m 시스템의 단말이 SNR(Signal-Noise-Ratio)과 SINR(Signal-to-Interference Plus Noise Ratio)를 구하는 방법에 대해 설명하고 있다.

Mobile WiMax의 기술적 특징 중 하나인 AMC(Adaptive Modulation and Coding)는 단말이 측정된 SINR값을 기지국으로 피드백하면 기지국이 단말의 채널 품질에 적당한 변조(Modulation) 및 채널 인코

※ 본 연구는 지식경제부의 "IMT-Advanced 기반 개방형 WiBro 플랫폼 기술 개발"사업(2009-F-041-01)의 지원으로 수행되었습니다

* 한국전자통신연구원 이동단말모뎀연구팀(jwkim74@etri.re.kr), ** 충남대학교 전자공학과(wwkim@cnu.ac.kr)

논문번호 : KICS2010-10-498, 접수일자 : 2010년 10월 18일, 최종논문접수일자 : 2010년 12월 7일

딩 (Channel encoding)을 수행해 데이터를 전송하는 것으로서, 이를 수행하기 위해서는 정확한 SINR의 측정이 필요하다⁶⁾.

본 논문에서는 IEEE 802.16m의 두 가지 A-Preamble인 PA-Preamble과 SA-Preamble을 이용해 SNR과 SINR을 정확히 측정하는 방법과 시뮬레이션 결과를 제시한다. 또한 본 논문이 제시하는 방법이 ICI(Inter Carrier Interference)가 어느 정도 발생했는지도 파악할 수 있음을 보인다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 IEEE 802.16m의 프레임 구조 및 일반적인 SNR, SINR 계산 방법을 설명하고, 3장에서는 두 가지의 A-Preamble을 이용하여 잡음전력, 신호전력 및 간섭전력을 측정해 SNR 및 SINR을 계산하는 방법, 4장에서는 시뮬레이션 결과 및 구현 후 테스트한 결과를 제시한다.

II. 시스템 개요

2.1 IEEE 802.16m의 A-Preamble

IEEE 802.16m과 종래의 IEEE 802.16e의 차이점 중 하나는 Preamble로서, IEEE 802.16e에서는 5ms마다 동일한 Preamble이 반복된 것에 반해 IEEE 802.16m에서는 그림 1에서 보인 것과 같이, 20 ms 길이의 슈퍼 프레임(Superframe) 내에 하나의 프라이머리 프리앰블 (Primary Preamble: PA-Preamble)과 세 개의 세컨더리 프리앰블(Secondary Preamble : SA-Preamble)이 5ms마다 위치한다.

PA-Preamble은 모든 사용자가 수신할 수 있도록, 전체 사용대역 중 최소 대역인 5MHz 대역만을 이용해 전송된다. 반면, SA-Preamble은 IEEE 802.16e의 Preamble과 유사하게 Segment별로 쓰이는 부반송파가 겹치지 않도록 구성되어있다. 그림 2는 PA-Preamble

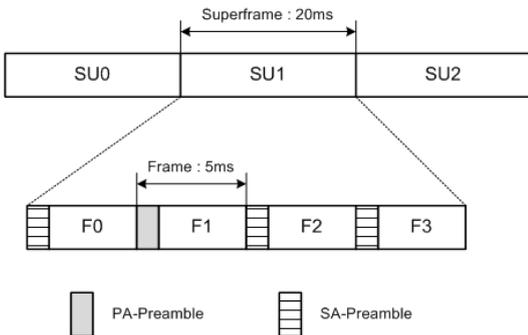


그림 1. IEEE 802.16m에서 A-Preamble의 위치.

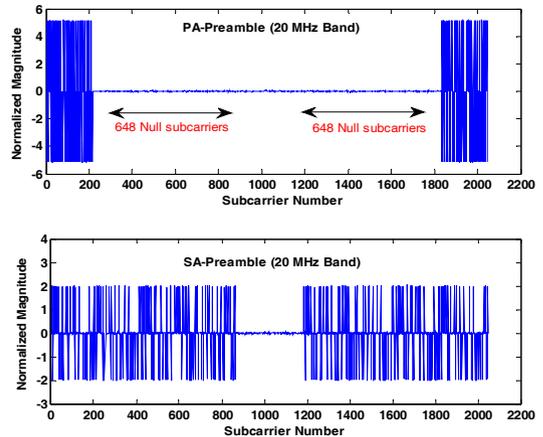


그림 2. PA-Preamble과 SA-Preamble의 주파수 영역 값 배치 (20MHz 대역폭).

과 SA-Preamble의 주파수 영역 값을 나타내고 있다.

PA-Preamble은 시간 영역에서 두 번 반복되는 특성을 얻기 위해 주파수 영역에서 유효한 값을 가지는 부반송파들 사이에 NULL 부반송파가 하나씩 삽입되어 있다. 본 논문에서는 편의상 이들 NULL 부반송파를 유효부반송파간 NULL 부반송파로 명명한다. 그림 3은 PA-Preamble의 주파수 영역값 중 앞부분을 도시한 것으로, 부반송파 1번에 DC 부반송파가 위치하게 배열하였다.

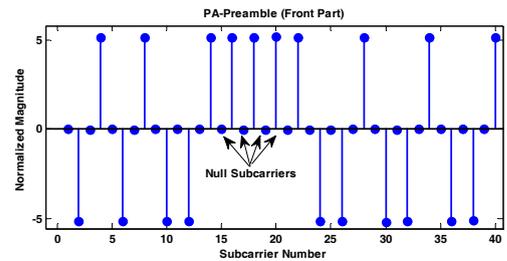


그림 3. PA-Preamble의 유효한 부반송파들 사이에 위치한 NULL 부반송파들.

2.2 SNR과 SINR의 계산

IEEE 802.16m 단말은 측정된 SINR값을 4비트의 CQI(Channel Quality Indicator)로 매핑하여 기지국에 피드백한다¹¹⁾. 식(1)은 SNR과 SINR을 계산하는 방법을 나타낸다⁹⁾.

$$SNR = 10 \times \log_{10} \left(\frac{SP}{NP} \right) \quad [dB]$$

$$SINR = 10 \times \log_{10} \left(\frac{SP}{NP + IP} \right) \quad [dB]$$

SP는 수신신호의 신호전력, NP는 잡음전력, IP는 간섭전력이다. SINR은 수신신호의 전력 대비 잡음 및 간섭전력의 비를 dB(데시벨) 단위로 나타낸 것이다.

간섭전력에는 인접셀 기지국 신호에 의한 셀간 간섭(Inter-Cell Interference)과 Doppler spread 등에 의한 부반송파간 간섭(ICI: Inter-Carrier Interference)을 포함하고 있으며, 다양한 간섭 회피 및 제거 기술로 그 영향을 상쇄하는 방법(ICI Mitigation)이 연구되고 있다^[11].

종래의 IEEE 802.16e Mobile WiMax에서는 Preamble를 이용하여 셀간 간섭을 구할 수 있었으나, ICI의 발생을 인지하는 것은 쉽지 않았다. 그러나, IEEE 802.16m에서는 SA-Preamble를 이용해 셀간 간섭전력을 측정하고, 단말이 5MHz보다 큰 대역을 사용하는 경우, PA-Preamble를 이용하여 잡음전력 외에도 ICI에 의해 발생한 간섭전력까지 측정하는 것이 가능하다.

2.3 Noise Power의 측정

SNR 및 SINR의 정확한 측정을 위해서는 Signal Power, Interference Power 및 Noise Power의 측정이 필요한데, 이 중 Noise Power의 측정이 가장 중요하고 어려운 일이다.

기존의 연구에서는 시간영역의 반복특성을 이용하여 이를 측정하거나^[4], 주파수 영역에서 이미 알고있는 프리앰블값과의 차이를 이용하여 이를 추정^[2,3]하였는데, 시간영역에서의 측정은 AWGN 채널에서만 유효한 결과를 구할 수 있으며, 주파수 영역에서의 추정도 시험결과 최소 100 프레임 정도 길이의 평균값이 있어야 신뢰할만한 결과를 얻을 수 있었고, 특히 15dB 이상의 환경에서 작은 크기의 잡음전력 측정에 대한 정확도가 급격히 떨어졌다. 본 논문에서는 IEEE 802.16m 시스템에서 Noise Power를 짧은 시간 안에 더 쉽고 정확하게 구할 수 있음을 보이고, ICI의 영향도 인지할 수 있음을 보인다.

III. A-Preamble를 이용한 SINR 측정

3.1 잡음전력의 측정과 ICI 발생의 인지

IEEE 802.16e Mobile WiMax에서는 5ms 간격으로 동일한 Preamble이 위치하는데, 이를 이용해 신호전력, 잡음전력, 간섭전력 모두를 측정해야 했으며, 특히 잡음전력을 측정하기 위해 복잡한 계산을 필요로 했으며, 이는 통계적 방법을 이용해야 했기 때문에 오랜 계산 시간이 필요했으며 정확도도 낮았다^[2-4]. 그러

나 IEEE 802.16m 시스템에서는 PA-Preamble의 NULL 부반송파들을 이용해 잡음전력을 거의 오류없이 구할 수 있다.

PA-Preamble에 위치하는 NULL 부반송파들은 다음 두 가지가 있다.

3.1.1 유효부반송파간 NULL 부반송파

유효한 부반송파들 사이에 존재하는 NULL 부반송파들(그림 3)

3.1.2 5MHz대역의 NULL 부반송파

5MHz보다 큰 대역을 사용하는 시스템에서 5MHz를 초과하는 부분의 부반송파들 (그림 2)

20MHz 대역을 사용하는 시스템에서 PA-Preamble에는 1513개의 NULL 부반송파가 존재하는데, 이 중 유효부반송파간 NULL 부반송파는 116개이며 5MHz대역의 NULL 부반송파는 1297개이다. 10MHz 대역을 사용하는 시스템의 경우에는 총 765개의 NULL 부반송파가 존재하며, 유효부반송파간 NULL 부반송파 116개, 5MHz대역의 NULL 부반송파가 649개가 있다.

AWGN 상황이나 단말의 속도가 낮아 Fading의 영향이 적은 경우에는 유효 부반송파들 사이의 NULL 부반송파들로 잡음전력을 구해도 정확한 값을 구할 수 있으나, 단말이 고속으로 이동하는 상황에서는 Doppler Spread에 의한 ICI가 발생하는데, 이러한 상황에서는 유효 부반송파간 NULL 부반송파들이 ICI의 영향을 받으므로, 이를 이용해 계산된 잡음전력의 정확도가 낮아진다. 반면, 5MHz대역의 NULL 부반송파로 잡음전력을 측정하면 ICI가 발생하는 상황에서도 정확한 잡음전력을 측정할 수 있다.

그림 4는 20MHz의 대역폭을 사용하는 시스템에서 Doppler에 의한 ICI가 발생할 때 PA-Preamble의 NULL 부반송파들만의 값을 보이고 있다. 그림의 좌우 가장자리에 위치한 유효부반송파간 NULL 부반송파들은 ICI의 영향을 받지만, 중앙에 위치한 5MHz대역의

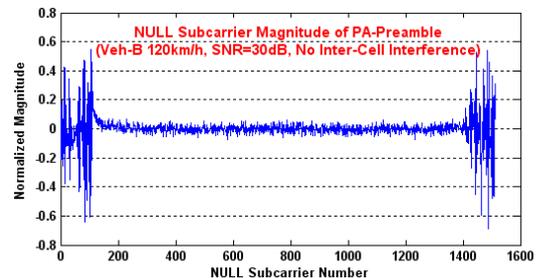


그림 4. PA-Preamble의 NULL 부반송파들

부반송파들은 대부분 ICI에 무관함을 알 수 있다.

ICI의 영향을 받지않은 순수한 잡음전력을 측정하기 위해서는 PA-Preamble에서 NULL부반송파들을 골라내고, 이 중 ICI의 영향을 받지 않는 NULL부반송파들만 이용해 식(2)과 같이 잡음전력 NP1을 계산한다. 식(2)는 그림 2의 PA-Preamble 값에서 [140:863], [1184:1908]에 해당하는 1448개의 NULL부반송파의 전력을 구하는 식이다.

$$NP1 = \frac{\sum_{i=N_V/2+M}^{N_{USED}/2-1} (|PA(i)|^2 + |PA(N_{FFT} - i)|^2)}{N_{USED} - N_V - 2M} \quad (2)$$

NP는 실제 잡음전력, PA는 PA-Preamble의 주파수 영역값으로, 표1의 PA Sequence에 해당하는 값이다. N_{USED}는 Guard Band를 제외한 반송파의 개수로, 10MHz대역일 때는 864, 20MHz대역일 때는 1728이다. N_{FFT}는 FFT크기로 10MHz대역일 때는 1024, 20MHz 대역일 때는 2048이며, N_V는 PA-Preamble의 유효한 부반송파 개수인 216이다.

그리고 M은 ICI가 발생했을 경우 영향을 주는 구간인데, Vehicular-B 채널 120km/h까지 시뮬레이션한 결과, 32로 설정하였다. 즉, 유효 부반송파로부터 32개 이상의 거리에 위치한 부반송파는 ICI의 영향을 거의 받지 않는다.

ICI가 있을 때, 216개의 유효부반송파간 NULL부반송파들을 이용해 구한 잡음전력 NP2는 다음 식(3)과 같이 Boosting된 ICI값을 포함하고 있다. NP2는 그림 3에서 나타난 것과 같은 NULL부반송파들의 전력으로, 2개의 부반송파 중 하나씩만 선택하여야 한다.

$$NP2 = NP + B_{PA}^2 \times IP_{ICI} = \frac{\sum_{i=1}^{N_V/2} (|PA(2i-1)|^2 + |PA(L+2i)|^2)}{N_V} \quad (3)$$

B_{PA}는 PA-Preamble의 Boosting값, NP는 잡음전력, IP_{ICI}는 ICI에 의해 발생한 간섭전력이다. 특히 PA-Preamble의 유효반송파들은 표 1에서처럼 큰 값으로 Boosting되어있으므로 ICI가 발생하면 유효부반송파간 NULL부반송파로 측정된 잡음전력인 NP2는 대단히 크고 부정확한 값을 나타낸다. 따라서 유효한 SNR값 및 SINR값을 구하기 위해서는 NP2를 바로

표 1. PA-Preamble의 boosting값

Bandwidth	B _{PA}	PA Sequence
5 MHz	2.3999	6DB4F3B16BCE59166C9CEF 7C3C8CA5EDFC16A9D1DC0 1F2AE6AA08F
10 MHz	3.4143	1799628F3B9F8F3B22C1BA1 9EAF94FEC4D37DEE97E027 750D298AC
20 MHz	5.1320	92161C7C19BB2FC0ADE5CE F3543AC1B6CE6BE1C8DCA BDDD319EAF7

사용하지 않고, 식 (7)과 같은 계산이 필요하다.

N_V는 유효부반송파의 숫자인 216, L은 전체 사용대역에서 유효부반송파 구간을 제외한 길이로, 20MHz 시스템에서는 1831, 10MHz 시스템에서는 807이 된다.

3.2 신호전력과 간섭전력의 측정

신호전력과 간섭전력은 SA-Preamble을 이용하여 측정할 수 있다.

SA-Preamble은 그림5에서 보인 것과 같이 IEEE 802.16e의 Preamble과 유사하게 기지국이 Segment별로 사용하는 부반송파가 겹치지 않도록 구성되어있다. 따라서 단말이 수신한 SA-Preamble에서 단말이 속한 SA-Preamble Set에 해당하는 부반송파의 평균 전력을 계산하면 신호전력이 구해지고, 단말이 속하지 않은 SA-Preamble Set의 평균 전력을 계산하면 간섭전력이 구해진다.

만약 인접 기지국의 간섭 신호가 동일한 SA-Preamble Set을 사용하면 신호 및 간섭 전력을 구할 때 오류가 발생하게 되므로 이러한 경우가 발생하지 않도록 Cell Planning을 할 필요가 있다.

식(4)와 (5)는 각각 신호전력과 간섭전력의 값을 구하는 방법이다.

$$SP = \frac{1}{N_S} \times \left(\sum_{i \in SA_V \text{ Set}} |SA(i)|^2 \right) - NP \quad (4)$$



그림 5. SA-Preamble의 부반송파 배치.

$$IP_{CELL} = \frac{1}{N_S} \times \left(\sum_{i \in SA_N \text{ Set}} |SA(i)|^2 \right) - NP \quad (5)$$

$$B_{SA}^2 - IP_{ICI}$$

SP는 신호전력, IP는 간섭전력, NP는 잡음전력이며, B_{SA} 는 SA-Preamble의 Boosting값으로, 표2에서 그 값을 보이고 있다. SA_N Set은 그림5에서 보인 것처럼 해당 기지국이 속한 Segment의 SA-Preamble Set을 의미하고, N_S 는 SA_N Set에 속한 부반송파의 개수이다.

즉 신호 전력은 해당 기지국이 속한 Segment의 SA-Preamble Set에 해당하는 부반송파들의 전력의 평균에서 잡음 전력에 해당하는 부분을 빼고나서 Power boosting의 영향을 제거하여 구할 수 있다. 그리고 셀간 간섭전력은 해당 기지국이 속하지 않은 Segment의 SA-Preamble Set에 해당하는 부반송파들의 전력의 평균에서 잡음 전력에 해당하는 부분을 빼고나서 Power boosting의 영향을 제거하여 구한 뒤, ICI에 의한 간섭전력을 별도로 계산하여 이를 빼주면 구해진다. 종래에는 ICI에 의한 간섭전력을 별도로 구하는 것이 쉽지 않았으나, 본 논문에서는 IEEE 802.16m에서 이를 쉽게 구할 수 있는 방법을 식(6)에서 제시하였다.

표 2. SA-Preamble의 boosting값

ANT/FFT	512	1K	2K
1	1.87	1.75	1.73
2	2.51	2.33	2.43
4	4.38	3.56	3.98
8	8.67	6.25	5.13

3.3 SINR의 계산

잡음전력, 신호전력, 간섭전력을 측정하면, 이를 종합하여 SINR을 계산할 수 있다. 5MHz대역의 NULL 부반송파로 측정된 잡음전력인 NP1은 실제 잡음전력 NP에 거의 근접한 값이 계산되고, 유효부반송파간 NULL 부반송파를 이용해 측정된 잡음전력인 NP2는 $NP + B_{PA}^2 \times IP_{ICI}$ 이므로, ICI가 포함된 유효 SINR값은 다음과 같이 계산된다.

$$Effective\ SINR = 10 \times \log_{10} \left(\frac{SP}{NP + IP_{ICI} + IP_{CELL}} \right) \quad (6)$$

$$= 10 \times \log_{10} \left(\frac{SP}{NP1 + (NP2 - NP1) / B_{PA}^2 + IP_{CELL}} \right)$$

ICI에 의한 간섭전력을 제외하고 Cell간 간섭만 있을 때, SINR값은 다음과 같이 계산된다.

$$SINR_{NO_ICI} = 10 \times \log_{10} \left(\frac{SP}{NP + IP_{CELL}} \right) \quad (7)$$

단말은 식 (6)을 이용해 유효 SINR값을 구하고, 식 (7)을 이용해 ICI를 포함하지 않은 SINR값을 구한다. 두 값이 같으면 ICI가 발생하지 않은 것이지만, 그렇지 않으면 ICI가 발생했다고 판단하고 ICI 완화(Mitigation) 알고리즘을 실행시켜 성능향상을 도모한다.

SNR값은 셀간 간섭전력을 제외한 값이므로, 위의 수식 (6)과 (7)에서 IP_{CELL} 값을 0으로 두고 계산을 수행하면 구할 수 있다.

IV. 시뮬레이션 및 시험 결과

본 논문에서 제안한 방법의 성능을 검증하기 위해 시뮬레이터와 하드웨어가 구현되었다. 시뮬레이터는 Matlab/Simulink를 이용하여 작성되었으며, 하드웨어는 모뎀 복조기의 다른 모듈들과 함께 Altera Stratix 4 FPGA에 VHDL을 이용하여 구현되었다.

시험 환경은 그림 6과 같이 구성되었다. 하향링크 신호를 신호 생성기(Signal Generator)로 생성하고, Azimuth사의 채널 에뮬레이터를 이용해 채널을 인가하였다.

시험에 사용된 파라미터는 다음 표 3과 같다. 셀간

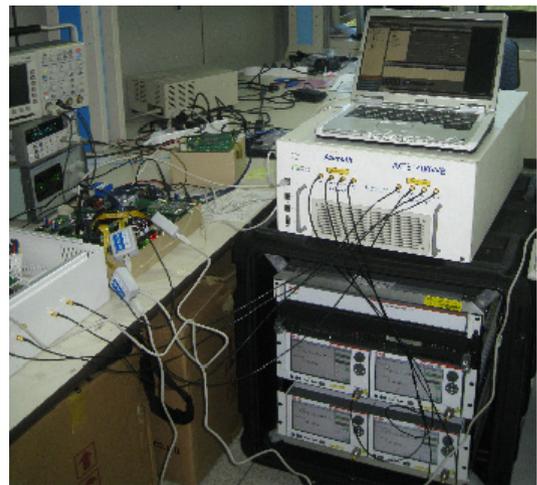


그림 6. 하드웨어 시험환경

표 3. 시험 및 시뮬레이션에 사용된 Parameter

Parameter	Value
시스템 대역폭	20 MHz
FFT 크기	2048
채널모델	AWGN, Vehicular-B
하향:상향링크비	35:12 (Symbols)
유효부반송파 갯수	216 (PA Preamble) 1728 (SA Preamble)
부반송파간 간격	10.94 kHz
간섭 기지국의 갯수	0 또는 1 (50% 간섭전력)

간섭을 정확히 측정하는지를 확인하기 위해 하나의 간섭 기지국으로부터 현재 서비스중인 기지국 전력의 50%에 해당하는 간섭전력이 수신되는 상황도 가상하여 시험하였다.

표 4는 시뮬레이션 및 시험에 사용된 ITU-R의 Vehicular-B 채널^[10] 파라미터이다. ICI의 영향이 확연히 드러나는 상황을 시뮬레이션하기 위해 속도를 120 km/h로 두었다.

그림 7은 Vehicular-B 채널, 속도는 120km/h 상황에서 SNR을 시뮬레이션한 결과이다. 셀간 간섭의 유무와는 무관하게 ICI에 의한 영향을 제외하고 측정된 SNR값은 실제 채널에 인가된 SNR값과 거의 동일함을 확인할 수 있다. 반면, ICI의 영향이 반영된 유효 SNR값은 높은 SNR 영역에서 큰 폭의 감소를 보이는 데, 이는 낮은 SNR영역에서는 잡음전력의 영향이 큰 반면, 높은 SNR영역에서는 ICI의 영향이 더 우세하기 때문이다.

그림 8은 AWGN 채널 상황에서 유효 SINR값과 ICI의 영향을 제거한 SINR값을 나타낸 것으로, 첫 번째 그림은 간섭기지국이 없는 상황, 두 번째 그림은 서비스 기지국에 비해 50%의 간섭전력이 있는 경우를 나타내고 있다.

AWGN채널에서는 ICI가 발생하지 않으므로 두 가지 SINR값이 거의 동일함을 알 수 있다.

표 4. Vehicular-B 채널의 파라미터

Tap	Relative Delay (ns)	Average Power (dB)
1	0	-2.5
2	300	0
3	8,900	-12.8
4	12,900	-10.0
5	17,100	-25.2
6	20,000	-16.0

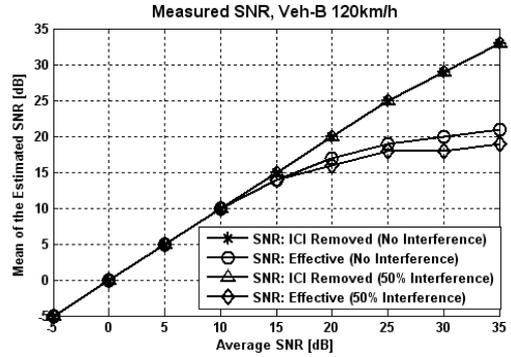


그림 7. SNR/SINR 시뮬레이션 결과 (Veh-B 120km/h).

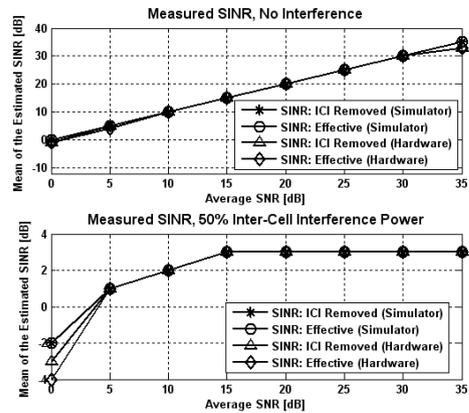


그림 8. SINR시뮬레이션 및 측정결과 (AWGN채널).

하드웨어로 구현해 측정된 결과는 10초 (500개 Superframe)간의 측정 결과를 평균한 것으로, 33 dB 이상의 값이 제대로 측정되지 않는데, 이는 RF 모듈의 특성 때문인 것으로 보인다. 그리고 0dB 부근의 낮은 SNR 상태에서는 측정값이 부정확해지는데, 이는 시각동기 및 양자화 오류 등 여러 원인이 복합된 때문으로 추정된다.

그림 9는 Vehicular-B 채널에서 두 SINR값을 비교한 결과이다. 그림 하단의 간섭기지국이 있는 상황에서는 셀간 간섭에 의한 영향이 압도적이므로 ICI의 영향을 인지할 수 없으나, 그림 상단의 경우처럼 셀간 간섭이 없거나 약한 경우에는 높은 SNR영역에서 두 값의 차이가 크게 나타난다. 단말은 이 차이로부터 ICI의 발생을 인지하게 된다.

최종적으로, 만약 단말이 별도의 ICI mitigation을 수행하지 않는다면 유효 SINR값을 기지국에 피드백 하여야 한다. 그러나 단말이 ICI의 발생을 인지하고 ICI mitigation^[11]을 수행한다면 ICI의 영향을 제외하

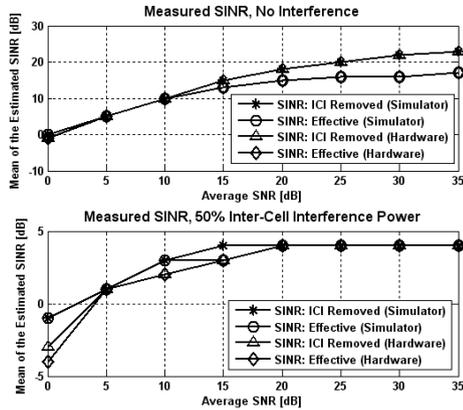


그림 9. SINR 측정 결과 (Veh-B 120km/h)

고 계산된 SINR값(8)까지 성능을 향상시킬 수 있는 여지가 있으며, 이는 그림 8에서 본 바와 같이 수신 SNR 자체는 높으나 단말이 고속으로 이동하고 있는 상황에서 특히 큰 효과가 있을 것으로 예상된다.

V. 결론

본 논문에서는 4G 이동통신 규격인 IEEE 802.16m 시스템에서 PA-Preamble과 SA-Preamble을 이용하여 SNR과 SINR을 측정하는 방법에 대해 설명하고 시뮬레이션 결과 및 하드웨어의 시험결과를 제시하였다.

종래의 IEEE 802.16e Mobile WiMax에 비해 IEEE 802.16m에서는 PA-Preamble에 많은 NULL 부반송파가 위치하므로 이를 이용하여 잡음전력을 쉽게 구할 수 있으며, 이러한 특성을 이용할 수 없었던 기존의 연구들^[2-4]에 비해 월등히 우수한 SINR 측정 결과를 얻을 수 있었다. 또한, IEEE 802.16m에서 제공하는 여러 가지 대역 모드 중 5MHz대역을 제외하고 일반적으로 많이 사용하게 될 10MHz와 20MHz 대역에서는 PA-Preamble을 이용하여 ICI의 발생과 그 영향도 확인할 수 있음을 보였다.

본 논문에서 제안한 방법을 이용하면 고속으로 이동 중인 IEEE 802.16m 단말은 도플러 효과에 의한 ICI의 발생을 인지할 뿐 아니라 그 크기도 계산할 수 있게 된다. 이를 활용한 단말은 평상시에는 1-tap 등화기(equalizer)^[5]를 이용해 동작하다가 ICI가 발생했을 때에만 복잡한 ICI 완화를 수행하면 되므로 성능 향상 외에도 저전력 특성을 구현할 수 있게 된다.

본 논문은 이 방법이 수신 SNR 자체는 높으나 단말이 고속으로 이동하고 있는 상황에서 특히 큰 효과

가 있을 것으로 예상된다.

참고 문헌

- [1] IEEE P802.16m/D5, "DRAFT Amendment to IEEE Standard for Local and metropolitan area networks, Part 16: Air Interface for Fixed and Mobile Broadband Wireless Access Systems," Apr. 2010
- [2] Sandrine Boumard, "Novel Noise Variance and SNR Estimation Algorithm for Wireless MIMO OFDM Systems", GLOBECOM 2003, pp.1330-1334.
- [3] M.Zivkovic and R.Mathar, "Preamble-based SNR estimation in frequency selective channels for wireless OFDM systems," to appear in Proc. of IEEE VTC 2009 Spring, 2009.
- [4] G.Ren, Y.Chang, and H.Zhang, "SNR estimation algorithm based on the preamble for wireless OFDM systems", Science in China Series F: Information Sciences, Vol.51, No.7, pp.965-974, July 2008
- [5] Richardvan Nee and R. Prasad, OFDM for wireless MultiMedia Communications, Artech House, 2000
- [6] 권은현, 박효순, 이재용, "AMC를 사용하는 무선 이동 네트워크에서 Markov CAC 모델", 한국통신학회논문지 '06-4, Vol.31, No.4B, pp.270-277
- [7] 권재균, 이희수, 안재영, "OFDM 이동 셀룰러 시스템에서 셀간간섭 회피 및 제거의 결합 성능 분석", 한국통신학회논문지 '08-04, Vol.33, No.4, pp.371-376
- [8] 강승원, 김규현, 장경희, "MIMO-OFDM 수신기의 성능 영화 분석 및 고속 이동환경에서의 성능 향상을 위한 저복잡도 HIC 간섭제거 기법", 한국통신학회논문지 '07-2, Vol.32, No.2, pp.95-112
- [9] G.Song, K.Stewart, R.Love, X.Zhung, Y.Sun, "Asymptotic Performance of Broadcast Services in IEEE 802.16e with CSTD", VTC-2006 Fall. 25-28 Sept. 2006 pp.1-5.
- [10] ITU-R Rec. M.1225, "Guidelines for Evaluation of Radio Transmission Technologies for IMT-2000."
- [11] Y. Mostofi and D. C. Cox, "ICI mitigation for pilot-aided OFDM mobile systems," IEEE

Trans. Wireless Commun., Vol.4, No.2, pp. 765-774, Mar. 2005.

김 준 우 (Jun-Woo Kim)

정회원



1996년 2월 경북대학교 전자공학과 학사

1998년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 석사

2006년 3월~현재 충남대학교 정보통신공학부 박사과정

1998년 1월~2001년 9월 데이콤 종합연구소 연구원

2001년 10월~현재 한국전자통신연구원 연구원

<관심분야> 디지털 신호처리, 디지털 통신

김 환 우 (Whan Woo Kim)

중신회원



1977년 2월 서울대학교 전자공학과 학사

1979년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 석사

1988년 6월 University Of Utah 전자공학과 박사

1980년 6월~현재 충남대학교 정보통신공학부 교수

<관심분야> 디지털 신호처리, 초고속 디지털 통신

박 윤 옥 (Youn-Ok Park)

정회원



1986년 2월 한양대학교 전자공학과 학사

1997년 2월 충남대학교 컴퓨터공학과 석사

2001년 3월~현재 충남대학교 정보통신공학과 박사과정

1985년 12월~1987년 1월 삼성전자 종합연구소 연구원

1987년 2월~현재 한국전자통신연구원 팀장(책임연구원)

<관심분야> 디지털 통신, CDMA, OFDMA, MIMO