

수신단 최적결합 알고리즘을 적용한 시스템 레벨의 성능개선기법

송중익, 김영환, 박창원
전자부품연구원 메디컬 IT 융합연구센터
e-mail : jisong96@hotmail.com

Performance Enhancement of Optimum Combine scheme in System Level

Jong-Ik Song, Young-Hwan Kim, Chang-Won Park
Medical IT Convergence Research Center,
Korea Electronics Technology Institute

요 약

Cellular 망에서의 무선통신은 일반적으로 하나의 송수신안테나를 사용하거나 둘 이상의 송수신 안테나를 사용한다. MRRC(Maximum Ratio Receiver Combining)기법의 경우 여러 안테나를 사용하여 신호를 수신하는 시스템이며, 이 경우 각 안테나의 채널에 따른 이득과 손실을 고려한 수신기가 제안되었다. Cellular model 에서의 SINR 값에 따른 추정을 통해 최적 결합 기법을 적용한 MRRC 수신기를 사용하는 경우, 이에 따른 Cellular modeling 을 이용하여 시스템 레벨에서의 MRRC 기법과 Optimum-MRRC 기법을 도입으로 인한 성능의 개선을 알 수 있다..

1. 서론

무선통신망에서의 동일한 주파수 대역을 사용하는 간섭들이 있는 경우, 즉 Neighbor Base Station 의 영향에 따른 신호대비 잡음의 비율이 높아지며, 이로인한 성능의 저하가 나타나게 된다. 최근 관심이 대두되고 있는 Mobile WiMAX 시스템[1]에 적용되는 변수를 이용하여, System level 에서의 모의실험을 통해 신호대비 잡음의 비율을 추정함으로써 시스템으로부터 되먹임 되는 변수들을 이용하여 성능을 추정할 수 있을 것으로 사료된다. MRRC(Maximum Receiver Ratio Combining)기법[3]을 사용한 수신기를 이용할 경우 수신된 신호의 세기는 채널을 거치면서 달라지게 된다. Optimum Combining 기법을 적용한 경우, 채널의 특성에 따른 보상이 주어지게 되며 이를 무선통신망에서 적용한 경우, Interference 의 영향에 따른 시스템의 성능개선을 시뮬레이션을 통해 알 수 있다.

2. 모의 실험을 위한 시스템 모델

모의 실험을 위한 Cellular 망구성에서 기지국의 구성은 SBS(Serving Base Station)와 NBS(Neighbor Base Station)로 구성되며, BS 의 간격은 1km 로 가정하였다.[1] 하나의 기지국은 3 개의 sector 로 구분되어 있으며, 각 sector 는 서로 다른 주파수 대역을 사용한다고 가정한다. 그림 1 은 모의 실험을 위한 기지국의 위치를 나타낸다. Frequency Reuse Factor 를 나타낸다.[1]

모의 실험에서 사용하는 경로 감쇠 모델은 Macro Cell

COST-HATA231 모델[2]을 사용하였으며, 이는 수식 1 과 같다.

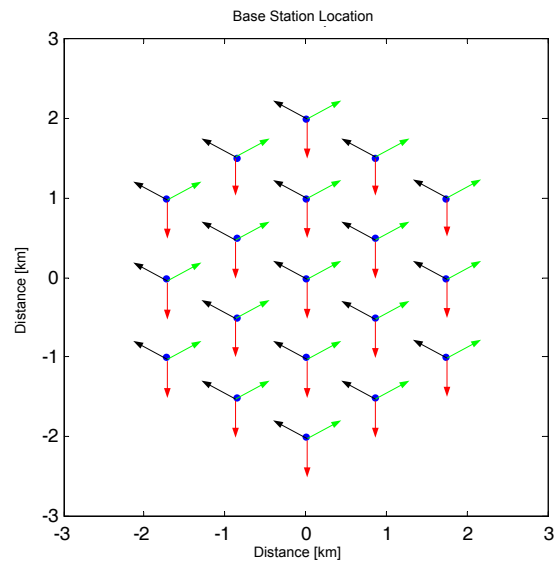


그림 1. Base Station location for simulation

h_b 는 건물의 높이이며, h_m 은 단말기의 높이, f_c 는 송신 주파수, d 는 BS 와 MS 사이의 거리를 의미한다. C 는 도심 혹은 그외의 지역 모델에 따라 적용되는 변수이며, 도심에서는 3dB, 그외의 지역에서는 0dB 의 gain 을 갖는다.

$$PL[dB] = (44.9 - 6.55 \log_{10}(h_b)) \log_{10}\left(\frac{d}{1000}\right) + 45.5 + (35.46 - 1.1h_m) \log_{10}(f_c) - 13.82 \log_{10}(h_b) + 0.7h_m + C$$

수식 1. Macro Cell Propagation Model.

수식 2는 Antenna의 beam pattern에 관한 이득을 나타내며 이러한 수식을 이용하는 경우, 최대 16dBi와 최소 7.18dBi의 이득을 얻을 수 있다.

$$G(\theta) = G_{\max} + \max\left[-12\left(\frac{\theta}{\theta_{3dB}}\right)^2, -G_{FB}\right]$$

수식 2. Antenna Beam Pattern for Mobile WiMAX

θ_{3dB} 는 70°에서 3dB의 beam width (degrees)를 가짐을 의미하며, 여기서 $|\theta| \leq 180$, G_{\max} 는 boresight direction에 대한 이득을 나타내며, G_{FB} 은 front-to-back ratio를 나타낸다.

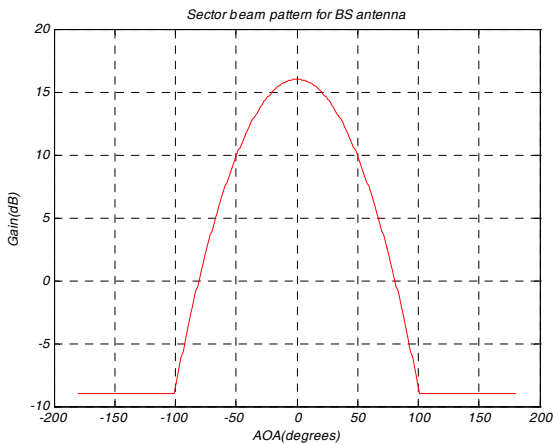


그림 2. Antenna Beam pattern of each sector

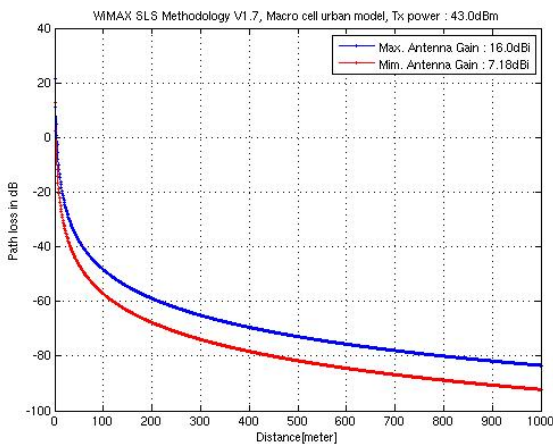


그림 3. Macro cell path loss model with its antenna gain.

그림 3은 Macro Cell model에서 antenna beam pattern이 적용된 경우의 경로손실을 나타낸 것이다. 송신단의 신호세기는 20W이며, 열잡음은 -174dBm/Hz, Noise Figure는 7dB, 그리고 Hardware loss의 경우 2dB로

가정하였다. 10MHz의 Bandwidth를 가지는 Mobile WiMAX system을 기준으로 하였으며, 2nd Tier의 구조에서의 거리에 따른 SINR의 dB값을 나타내면 그림 4과 같다. 그림 5는 하나의 NBS만 존재하는 경우를 나타내며, Interference의 영향으로 인한 SINR값의 변화를 나타낸다.

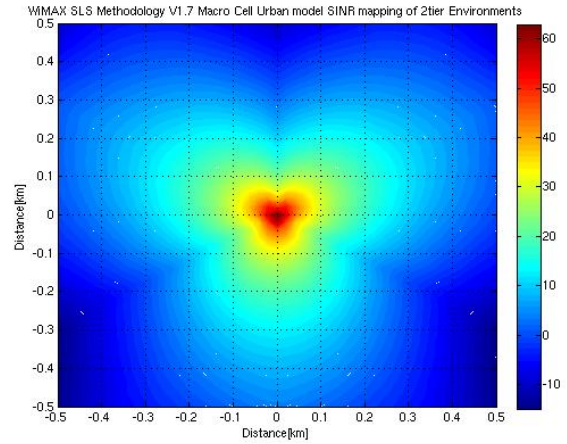


그림 4 SINR Map of 2nd Tier environment

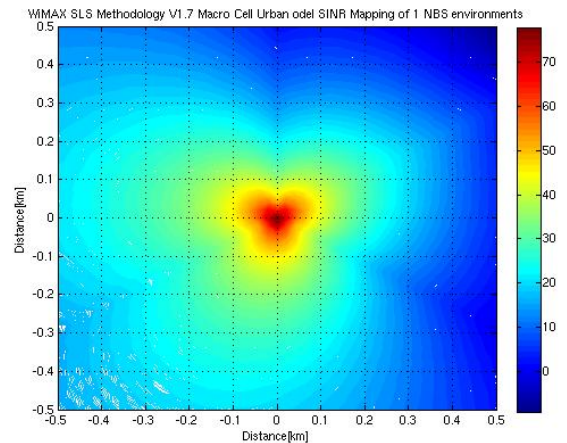


그림 5. SINR Map of 1 NBS environment.

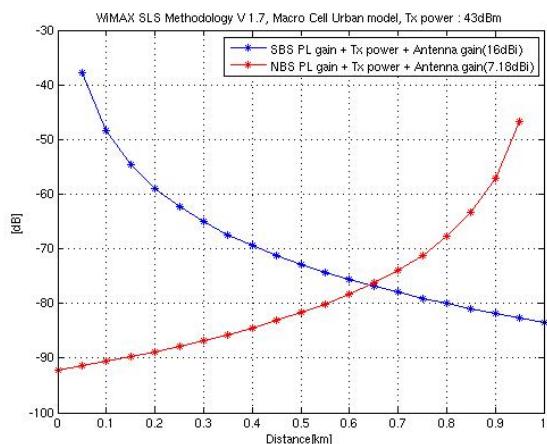


그림 6. Path loss comparison of SBS and NBS.

시뮬레이션에서 사용하는 O-MRRC 기법은, 두 개의 수신안테나의 Preamble power를 측정하여 CINR의 세기에 따라 CINR이 높은 경우, 신호세기를 증폭하며,

CINR 이 낮은 경우, 신호의 세기를 인위적으로 감소시킨 후 MRRC 기법을 적용하는 것이다.

Preamble CINR 을 이용하지 않은 경우, 잡음이 많이 섞인 신호성분과 그렇지 않은 신호 성분이 섞여 수신 성능의 저하가 나타나게 되며 이를 개선하고자 이러한 방법을 도입하게 된 것이다.

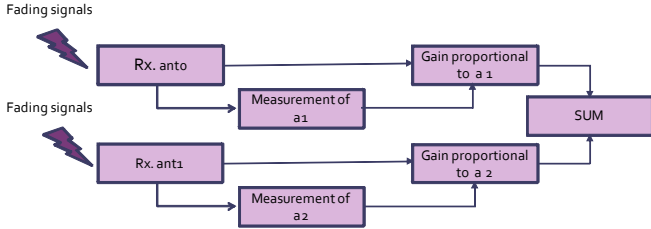


그림 7. Optimum-MRRC scheme.

두 개의 수신안테나를 이용하는 시스템에서 Rayleigh fading 채널을 사용하였으며, 두 채널간의 상관관계는 고려하지 않았다. Pedestrian B 3km/h 의 환경에서 MRRC 기법과 Preamble CINR 을 이용하는 O-MRRC 기법을 적용하여 성능을 비교하였다.

시뮬레이션에서 비교검증을 위해 FCH 와 DLMAP 을 사용하였으며, FCH 는 CC encoding 기법을 적용하였으며 QPSK 1/2 modulation 을 사용하며, 4 번의 반복전송을 적용하였다. DLMAP 의 경우 CTC encoding 기법을 사용하며, 이 또한 동일한 MCS 를 사용하며, 6 번의 반복전송을 사용한다. Shadow 의 경우 8.9dB 의 standard deviation 값을 가지며, SBS 와 NBS 의 상관계수는 0.5 로 가정한다.[5]

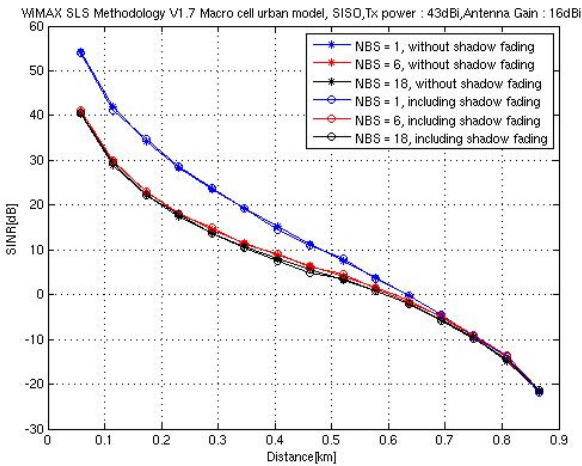


그림 8. SINR of macro cell urban model with variable NBS number.

Mobile WiMAX 에서 사용하는 preamble 의 수는 284 개로, 각 preamble 은 다른 신호보다 9dB 의 증폭된 이득을 가지며 172 개의 Guard band 와 하나의 DC subcarrier 를 가지며 BPSK modulation 을 사용한다. 각 세그먼트는 3 가지의 preamble 구조중 하나의 구조를 선택하여 사용하게 된다.

Preamble 의 CINR 을 구하는 식은 수식 3 과 같다.

$$CINR = \frac{Signal_power}{Noise_power} = \frac{1}{284^2} \left(\sum_{i=0}^{i-1} y_i \right)^2 \div \left(\frac{1}{284^2} \sum_{i=0}^{i-1} (y_i)^2 - \frac{1}{284^2} \left(\sum_{i=0}^{i-1} y_i \right)^2 \right)$$

수식 3. Preamble CINR calculation scheme.

수식 3 에서 계산된 Preamble CINR 값을 이용하여, 하나의 안테나는 3dB 의 이득을 주고 다른 안테나에는 -3dB 의 이득이 주어진 시스템의 경우, O-MRRC 기법을 적용한 기법과 MRRC 기법을 적용한 시스템의 성능을 비교하면 그림 9 와 같은 결과를 얻을 수 있다. 50meter 의 간격으로 모의 실험을 하였으며, Monte-Carlo simulation 을 한 결과이다.

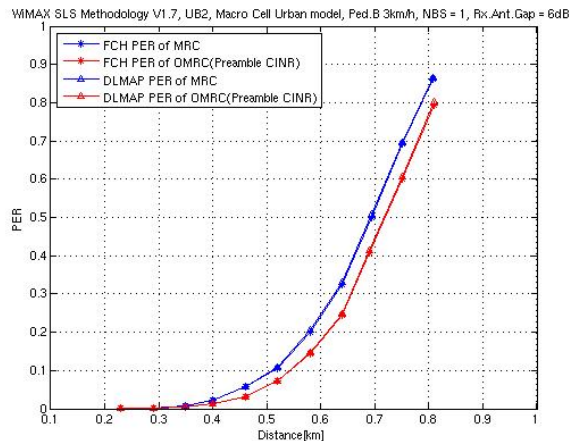


그림 9. PER of MRRC and O-MRRC scheme.

3. 결론

두 개의 수신 안테나에서 수신된 신호는 채널로 인해서 서로 다른 이득을 가지게 되며 실제 시스템에 적용되는 경우, 수신단에 O-MRRC 기법을 적용하면, PER(패킷 오류율)이 개선되며, 이로 인한 시스템에서의 성능개선이 이루어짐을 알 수 있다. 각 채널간 상관관계가 적용되는 경우와, 수신단의 안테나의 수에 따른 변화에 따른 고려도 필요하며 PER 의 개선으로 인한 시스템의 이득과 Optimum Combining block 의 추가로 인한 H/W 의 복잡성 또한 고려되어야 할 사항이다.

참고문헌

- [1] Part16: Air Interface for Fixed and Mobile Broadband Wireless Access Systems Corrigendum2 IEEE Std. 802.16-2004
- [2] V. Erceg, L.J. Greenstein, "An Empirically Based Path Loss Model for Wireless Channels in Suburban Environments." IEEE journals on selected areas in communications. Vol. 17, No. 7, July 1999
- [3] Linear Diversity Combining Techniques., Proceeding of the IEEE, Vol., 91, No. 2, Feb., 2003 D.GBRENNAN
- [4] WiMAX System Level Evaluation Methodology V1.7 2007 WiMAX Forum.
- [5] Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); Selection procedures for the choice of radio transmission Technologies of the UMTS (UMTS 30.03 version 3.2.0) / Technical Report.