

cdma2000 1x 환경에서 파일럿 채널의 특성을 이용한 스마트 안테나 시스템의 성능 분석

김기돌*, 이원철**, 안성수***, 최승원*

*한양대학교 전기전자컴퓨터공학부

**용인송담대학 정보통신과

***명지대학 정보통신과

02-2296-6267 / 02-2299-6263

Performance Analysis of the Smart Antenna System Utilizing the Characteristics of Pilot Channel in cdma2000 1X environments.

*Ki-dol Kim, **Woen-cheol Lee, ***Sung-soo Ahn, *Seung-won Choi

*School of Electrical and Computer Engineering, Hanyang University

**Dept. of Info. and Comms., Yong-in Songdam College

***Dept. of Info. and Comms., Myung-ji College

E-mail : dori0015@dsplab.hanyang.ac.kr

Abstract

This paper presents a novel signal processing method for optimal beamforming of smart antenna system in cdma2000 1X mobile communication environments. This method utilizes characteristics of the reverse pilot channel of cdma2000 1X mobile communication systems, and applies them to improve the performance of an adaptive algorithm, which is used to a smart antenna system for beamforming.

1. 서론

이동통신 시스템은 한정된 무선채널 대역폭에서 고속화 및 대용량화를 통한 통신용량의 증대 및 통신 품질의 향상을 위해 지속적으로 진화되어 왔다.

본 논문에서는 cdma2000 1X 신호 환경에서 위와 같은 사항을 해결하기 위한 기술 중 하나인 스마트 안테나 시스템에 대한 성능을 분석한다[1][2]. 또한, 본 논문에서는 파일럿 채널과 다른 데이터 전송채널이 다중화되어 전송되는 경우 파일럿 채널의 특성을 이용하여 적응 배열 안테나 시스템의 성능을 향상시키는 방법을 제시하였다.

본 논문에 적용된 적응 알고리즘의 기본적인 동작원리는 기지국 셀 혹은 섹터 내부에 간섭 신호들이 존재할 때 이동하는 목표 신호원의 방향으로 최대 이득을 가진 빔 패턴을 제공하여 공간적 여파(Spatial Filtering)를 통하여 간섭신호의 수신 전력을 최소화함으로써 신호

대 간섭 및 잡음비(SINR)를 최대화하는 적응절차를 거친다. 본 논문에서는 이러한 적응 절차를 갖는 알고리즘으로 라그랑제 승수에 기초한 알고리즘을 사용하였다[3][4].

본 논문의 2장에서는 cdma2000 1X 시스템에서의 신호 모델링에 대해 소개하였으며, 3장에서는 파일럿 채널을 이용한 수신 데이터 복조에 대해 설명하였으며, 4장에서는 파일럿 채널을 이용한 스마트 안테나 시스템의 성능을 분석하였다.

2. cdma2000 1X 신호 모델링

2.1 송신신호 모델링

본 절에서는 cdma2000 1x 시스템의 역방향링크의 물리계층에 대한 송신신호를 모델링하였다. 그림 1에서 보여지는 각 채널들은 콘볼루션(또는 터보) 코딩, 심볼 반복, 인터리빙을 거친 심볼 변조된 신호들이 있는 채

널이다. 심볼 변조된 신호가 송신되는 각 채널들은 앞쉬 변조 과정과 PN (Pseudo random Number) 확산 과정을 거쳐 송신하게 된다.

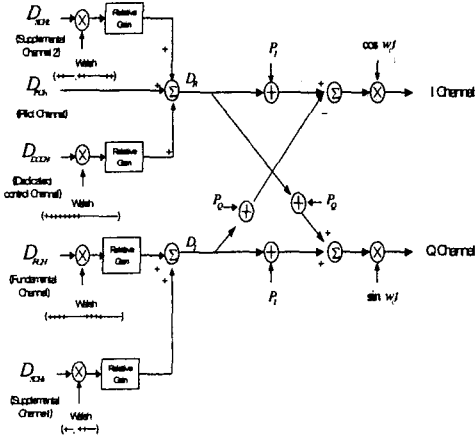


그림 1. cdma2000 1x 역방향 채널의 송신 구조

그림 1에서 보는 바와 같이 심볼 변조된 각 채널들은 앞쉬 변조를 거쳐 실수부 채널인 D_R 과 허수부 채널인 D_I 로 구분된다. 두 개의 D_R, D_I 채널은 P_I (실수부 PN 확산), P_Q (허수부 PN 확산)에 의한 복소 확산되어 실수부 채널과 허수부 채널로 구분된다. 그림 1에서 송신되는 신호 $s(t)$ 는 식 (1)과 같다.

$$s(t) = I_{ch} + Q_{ch} \\ = (D_R P_I - D_I P_Q) \cos \omega_c t + (D_R P_Q + D_I P_I) \sin \omega_c t \quad (1)$$

위의 식(1)을 간략히 하기 위해

$$\cos \Psi = D_R P_I - D_I P_Q \\ \sin \Psi = D_R P_Q + D_I P_I$$

로 놓고, 실수부 채널과 허수부 채널을 합한 최종 송신신호는 아래 식 (2)와 같이 된다.

$$s(t) = \cos(\omega_c t - \Psi(t)) \quad (2)$$

여기서 $\Psi(t) = \tan^{-1} \frac{D_R P_I - D_I P_Q}{D_R P_Q + D_I P_I}$ 이다.

2.2 수신신호 모델링

cdma2000 1X 역방향 링크에서의 수신 신호 모델링을

위해, 본 논문에서는 N개의 안테나가 반 파장씩 떨어져 등 간격으로 배열되어 있는 선형 배열 안테나를 고려한다. 또, 각각의 안테나 소자는 전 방향에 대해서 동일한 이득을 주는 등방성 안테나라고 가정한다. cdma2000 1X 환경에서 m_0 번째 안테나를 통해 수신되는 신호에 대한 기저국의 수신 구조는 그림 2와 같다.

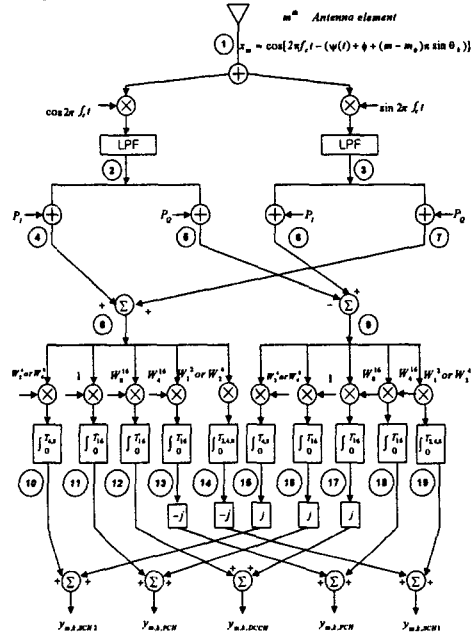


그림 2. cdma2000 1x 역방향 채널의 수신 구조

기준 안테나를 m_0 번째 안테나로 하여 페이딩이 포함되지 않은 기본적인 수신신호는 식 (3)과 같다[3].

$$x_m(t) = \sum_{j=1}^M s_j(t) e^{-j(m-m_0)\pi \sin \theta_j} + n_m(t) \quad (3)$$

여기서 M은 전체 사용자의 수를, $s_j(t)$ 는 j 번째 사용자 신호원으로부터 전송된 신호가 기준 안테나에서 수신된 값이고, θ_k 는 k 번째 신호원의 입사각이며, $n_m(t)$ 는 m 번째 안테나의 잡음으로 평균이 0인 백색 가우시안 잡음으로 고려이다.

식 (3)에 다중경로에 의한 페이딩을 고려하면 기준 안테나로부터 m 번째 떨어진 안테나에 수신된 신호에 대한 수식은 다음 식 (4)와 같다[5].

여기서, K_j 는 j 번째 신호원으로부터 수신 안테나까지

의 다중경로 수, L_k 는 산란되는(scattering) 수, f_d 는 도플러 주파수, f_c 는 캐리어 주파수, $\tau_{j,k,q}$ 는 경로의 전파 지연시간, $\theta_{j,k,q}$ 는 산란된 신호원의 도달 각이며 m_0 번째 안테나를 기준 안테나로 설정하였다.

$$x_m(t) = \sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^{K_j} \left(\sum_{q=1}^{L_k} s_{j,k,q}(t - \tau_{j,k,q}) e^{j2\pi(f_c \cos \theta_{j,k,q} t - f_c \tau_{j,k,q})} \right) e^{-j(m-m_0)\pi \sin \theta_{j,k,q}} + n_m(t) \quad (4)$$

3. 파일럿 채널의 특성을 이용한 수신 데이터 복조

본 논문에서 제안하는 신호처리 방법은 CDMA 이동통신 시스템에서 파일럿 채널과 다른 채널 즉, 데이터 전송채널, 제어채널(control channel), 신호채널(signaling channel) 등이 여러 개 다중화 되어 전송되는 경우 파일럿 채널의 특성을 이용하여 적응 배열 안테나 시스템의 성능을 향상시키는 방법을 제시하였다. 즉, 적응 배열 안테나 시스템의 빔형성을 위한 핵심 과정인 웨이트 벡터의 생성을 데이터 전송채널이 아닌 파일럿 채널을 통하여 구하고, 이렇게 구해진 웨이트 벡터를 데이터 채널에 적용하여 최종출력을 얻는 방법을 제시하였다.

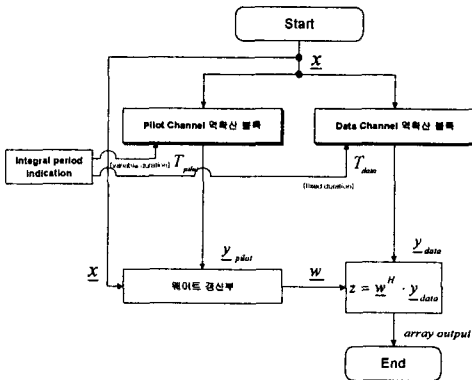


그림 3. 파일럿 채널을 이용한 웨이트 갱신 구조도

그림 3은 적응 배열 시스템에서 파일럿 신호를 이용한 웨이트 갱신 구조도를 나타낸다. 수신 신호벡터 x 는 모뎀 수신기 블록을 통해 역확산을 거쳐 y 를 생성한다. 이 중 각 안테나의 파일럿 채널의 역확산 신호들, 즉, y_{pilot} 가 수신 신호벡터 x 와 함께 웨이트 갱신부의 입력신호로 전달된다. 웨이트 갱신부에서는 입력된 x 와 y 를 이용하여 최적의 웨이트 벡터, 즉, W 를 구하는데 사용된다. 계산된 웨이트 벡터는 모뎀 수신기 블록

으로 전달되어 각 안테나의 데이터 채널 역확산 신호, 즉, y_{data} 에 곱해지는 웨이팅 과정 $z = W^H y_{data}$ 을 거쳐 최종 출력신호 z 를 만들게 된다.

4. 성능 분석

본 논문에서는 2절에서 분석한 cdma2000 1X 환경의 역방향 링크에서 3절에서 제시한 신호처리 방법에 따라 스마트 안테나 시스템의 성능을 분석하였다. 즉, cdma2000 1X의 역방향 링크에서 수행되는 과정, 단말기에서 기지국까지의 송신 과정과 기지국에서의 수신 후 복조하는 과정을 모의실험을 통하여 성능 분석하였다.

그림 4와 5는 파일럿 채널의 확산율이 384일 때, 페이딩의 유무에 따른 단일 안테나와 라그랑제 알고리즘을 적용한 적응 배열 안테나의 성능을 비교한 것이다. 그림 4와 5의 결과에 의하면, 사용자 수가 증가함에 따라 라그랑제 알고리즘은 기존의 단일 안테나보다 성능이 우수하고, 페이딩의 유무와 상관없이 성능이 우수함을 알 수 있다. 또한, 일반화된 라그랑제(G-Lagrange) 알고리즘이 정규 라그랑제(O-Lagrange) 알고리즘에 비해 전반적으로 성능이 좋은 것을 알 수 있다.

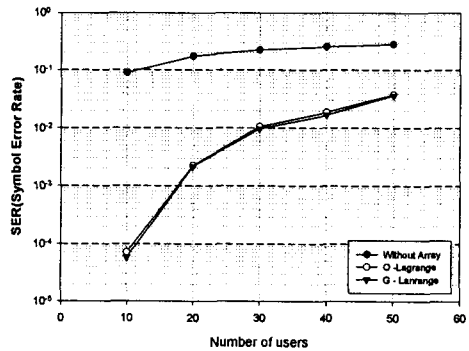


그림 4. 파일럿 채널 확산율 384, 페이딩이 없는 경우

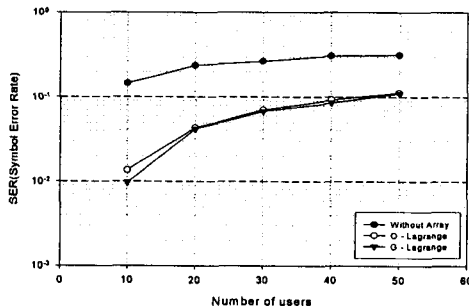


그림 5. 파일럿 채널 확산율 384, 페이딩이 있는 경우

그림 6과 7은 각도 퍼짐의 증가에 따른 2 안테나 다이버시티(2-antenna diversity)시스템과 적응 배열 안테나 시스템간의 성능을 비교한 것이다. 그림 6과 7의 결과에 의하면, 각도 퍼짐이 있는 채널 환경에서 일반화된 라그랑제 알고리즘이 정규 라그랑제 알고리즘에 비해 전반적으로 우수하며, 특히 각도 퍼짐이 커질수록 알고리즘 간의 성능 차는 더 커짐을 확인할 수 있다. 이러한 결과는 공간여파의 특성과 간섭원에 대한 억제(nulling)효과가 우수한 일반화된 라그랑제 알고리즘의 특성이 반영된 것이다[5][6].

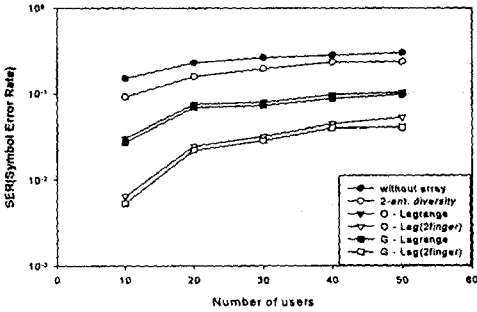


그림 6. 각도 퍼짐이 $\pm 7^\circ$ 인 경우

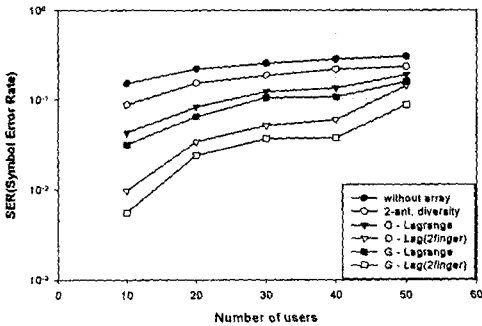


그림 7. 각도 퍼짐이 $\pm 20^\circ$ 인 경우

5. 결론

본 논문에서는 cdma2000 1X 통신환경에서 라그랑제에 근간한 알고리즘을 이용하여 적응 배열 안테나 시스템의 성능을 분석하였다. 성능 분석에는 페이딩 및 각도 퍼짐 그리고 사용자 수가 변화하는 무선 채널환경에서 기존의 기지국 시스템인 2 안테나 다이버시티 시스템과 적응 배열 안테나 시스템간의 성능을 비교하였다. 성능 분석의 결과에 의하면 각도 퍼짐이 증가함에 따라 전반적으로 성능이 악화되지만, 일반화된 라그랑제 알고리즘은 각도 퍼짐이 비교적 심한 상황에서도 정규

라그랑제 알고리즘에 비해 안정된 성능을 나타냄을 확인할 수 있었다. 결과적으로, 일반화된 라그랑제 알고리즘의 공간여파 특성이 보다 우수함을 확인할 수 있었다.

참고문헌

- [1] Ojanpera prasad, *Wideband CDMA for 3G Mobile Communications*, Artech House, 1998.
- [2] Presad M.K, *Third Generation Mobile Communication Systems*, Artech House, 2000.
- [3] S. Choi and D. Yun, "Design of adaptive array antenna for tracking the source of maximum power and its application to CDMA mobile communications", *IEEE Trans. Antennas and Propagations*, Sep. 1997.
- [4] S. Kwon, I. Oh, S. Choi, K. Lee, and K. Lee, "A smart antenna system based on the extreme eigen-solution for a wideband CDMA channel", *10th International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications*, Sept. 12-15, 1999.
- [5] S. Kwon, I. Oh, S. Choi, "Adaptive Beamforming from the Generalized Eigenvalue Problem with a Linear Complexity for a Wideband CDMA channel," *50th Vehicular Technology Conference*, September 19-22, 1999.
- [6] K. Noh, W. Lee, and S. Choi, "A Performance Analysis of the Smart Antenna System Utilizing Lagrange Algorithm in the CDMA2000 Channel," *54th Vehicular Technology Conference Fall 2001*, 7-11 Oct. 2001.