MIMO 시스템에서 COMB 방식의 파일럿 구조에 직교코드를 이용한 긴 채널추정

*박도현 *강은수 **한동석

*경북대학교 전자전기 컴퓨터 학부 *경북대학교 IT대학 전자공학부

*friendspdh@ee.knu.ac.kr *kesno1@ee.knu.ac.kr **dshan@ee.knu.ac.kr

Channel estimation for long delay using orthogonal code in comb type pilot arrangement in MIMO system

*Park, DoHyun *Kang, EunSu **Han, DongSeog

*Kyungpook National University Graduate School of electrical engineering and computer science

**Kyungpook National University College of IT Engineering

요약

본 논문은 MIMO 시스템에서 Comb 방식의 파일럿 구조를 이용한 채널 추정에 관해서 논의한다. 기존의 채널 추정은 시간영역에서 정해진 구간의 평균 이용하여 계산량이 아주 작은 방법을 사용한다. 본 논문은 각각의 안테나에 존재하는 파일럿에 직교코드를 넣어 기존의 알고리듬 보다 긴 채널 추정을 가능하게 하였다. 제안된 알고리듬은 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 기존 방식보다 긴 채널을 추정함을 알 수 있다.

1. 서론

MIMO(Multi-Input Multi-Output) 시스템은 여러 개의 안테나를 사용함으로써 단일 안테나 시스템에 비해 전송량을 증가시킬 수 있다. 그러나 전송량의 증대를 위해서는 무엇보다도 각각의 채널에 대한 정확한 추정이 전제된다. MIMO 시스템에서는 송·수신 안테나 개수가 증가함에 따라 채널 개수가 증가하여 보상을 요하는 채널 또한 증가한다. 여기서 각각의 채널들은 정확한 검파를 하기 위해 채널 간에 간섭을 최소화 하여 정확한 채널 정보를 알아내는 것이 중요하다. 일반적인 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 시스템은 주파수 영역에서 파일럿을 일정한 간격으로 전송신호에 삽입하는 Comb 방식의 파일럿 배치를 주로 사용하여 채널을 추정한다. [1]에서는 각각의 안테나에 심겨진 파일럿에 위상을 달리하여 전송된 신호를 시간영역에서 평균 알고리듬을 적용하여 채널 추정이 제안되었다. 이 알고리듬은 채널길이가 OFDM 심벌 첨두치 간격의 1/2이하에서만 적용이 가능하다. 만약 채널길이가 OFDM 심벌 첨두치 간격의 1/2 이상이면 채널이 중복되어 [1]은 채널추정이 불가능하다. 이에 본 논문은 직교 코드를 파일럿에 적용시켜 기존 알고리듬보다 긴 채널을 정확히 추정 하는 알고리듬을 제안한다.

2. Comb Type Pilot Aided 채널추정시스템 모델

기존의 알고리듬은 ST-OFDM(Space Time Coded OFDM)을 기반으로 Comb 방식의 파일럿 구조를 이용한 2개의 송신안테나와 1개의 수신안테나의 시스템에 적용 되었다[1]. 수신된 신호는 다음과 같이 나타낸다.

$$y(n,l)=\sum_{i=1}^{2}(\sum_{l'}^{L-1}h_i(n,l')x_i(n,l-l'))+w(n,l) \qquad (1)$$

여기서 h와 x는 각각 송신 안테나와 수신단 사이의 채널 임펄스 응답과 전송된 신호를 의미하며, w는 AWGN(Additive White Gaussian Noise) n, l은 각각 시간블록과 채널길이를 의미한다.

기존의 알고리듬은 송신단의 파일럿 배치를 다중안테나에서 다음과 같이 한다. 첫 번째 안테나에서 전송되는 파일럿들은 특정한 A의 상수 값의 파일럿을, 두 번째 안테나에서는 위상을 회전시킨 파일럿을 삽입한다. 수신단에서 받은 신호의 구간별 평균을 통해 채널을 추정한다. 이 알고리듬은 낮은 SNR환경에서도 비교적 정확하게 채널추정이 된다는 장점이 있다. 그러나 특성상 시간영역의 첨두치 간격의 1/2이하의 채널을 통과해야 한다는 제약을 가진다[2].

아래의 식은 수신된 OFDM신호를 평균값을 구하는 과정을 나타낸다.

$$r(l)=\frac{1}{\Delta f}\sum_{r=0}^{\Delta f-1}y(r\cdot M+l) \quad ,l=0,...,M \qquad (2)$$

여기서 Δf는 파일럿간의 간격이고, r과 M은 각각 시간영역의 첨두치 간격과 한 구간 당 샘플 개수이다. 수신된 신호를 각 첨두치 사이의 샘플들을 평균값을 구하여 채널을 추정하는 알고리듬이다. 첫 번째 채널과 두 번째 채널은 각각 식 (3)과 식 (4)로 나타난다.

$$\widehat{h_1}(l)=\frac{\Delta f}{A}r(l) \qquad (3)$$

$$\widehat{h_2}(l)=\frac{\Delta f}{A}r(l+\frac{M}{2}) \qquad (4)$$

3. 제안된 알고리듬

※ "본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 "대학IT연구센터 육성지원사업"의 연구결과로 수행되었음" (NIPA-2010-C1090-1001-0006)

본 장에서 기존의 알고리듬에서 직교 코드를 파일럿에 적용한 알고리듬을 제안한다. 기존의 알고리듬은 OFDM 신호를 주파수 영역에서 심벌 네 개 당 한 개 삽입된 파일럿을 이용한다. 여기서 파일럿 신호는 시간 영역에서 4개의 첨두치의 값을 가지게 된다. 파일럿 신호는 송신된 신호가 다중경로를 거치게 될 때 시간영역에서 채널의 각각의 경로 크기대로 4번 나타나게 된다. 각각의 송신 안테나에서는 파일럿의 위상을 변화시켜 시간영역에서 첨두치의 값이 겹치지 않고 동일한 시간마다 첨두치의 값을 가지도록 하였다. 예를들어 2개의 송신안테나가 있다고 하면 안테나 1에서 송신된 신호는 시간영역에서 첨두치 값이 4개가 존재하며 안테나 2에서 송신된 신호는 시간영역에서 안테나 1의 신호와 겹치지 않게 존재하게 된다. 여기서 안테나1 첨두치의 위치와 안테나2의 첨두치 위치의 간격이 채널을 추정할 수 있는 거리가 된다. 제안 알고리듬은 채널 추정 구간을 늘릴 수 있도록 파일럿 톤에 직교 코드를 적용시키는 것을 제안한다. 각 안테나에서 송신된 파일럿은 시간영역에서 서로 독립적이게 된다. 이것은 각안테나에서 전송한 신호가 수신기에서 중복되는 영역에서도 채널 추정이 가능하여 채널 추정 구간을 증대 시킬 수 된다. 본 논문은 시간영역에서 4개의 첨두치값에 길이 4의 직교코드를 적용시켰다. 즉 시간 역역의 첨두치의 값을 부호를 이용하여 직교 코드를 가지도록 하였다. 수신기에서는 이미 알고 있는 직교 코드를 이용하여 신호의 부호를 바꾸게 되며 각 첨두치 구간을 평균을 하게 된다. 이때 안테나1과 안테나2의 채널의 서로 겹치게 될 경우 직교코드로 인해 분리가 가능하게 되어 채널을 추정할수 잇는 구간이 길게 된다. 된다.

4. 실험결과

본 장에서는 기존의 알고리듬과 제안된 알고리듬의 채널추정성능을 실험을 통하여 비교하였다. 실험 환경은 송신안테나 2개와 수신안테나 1개인 다중안테나 시스템을 고려하였으며 네 개의 다중경로를 가진 레일리 채널을 고려하였다. 성능의 평가를 위해 첫 번째 안테나의 채널과 두 번째 안테나의 채널 추정구간이 겹칠 수 있는 지연을 두어 기존의 알고리듬과 제안 알고리듬의 성능을 평가하였다. 여기서 편의상 채널1은 안테나1과 수신기간의 채널을 채널2는 안테나 2와 수신기간의 채널을 각각 의미한다. 그림 1은 15dB에서 기존 알고리듬의 채널을 추정 결과이다. 채널1의 추정값은 채널2의 값이 섞여있고 채널 값도 정확한 추정이 불가하였다. 채널2의 추정도 동일하게 정확한 추정이 불가하였다. 또한 기존의 알고리듬은 평균제곱오차 값을 채널1은 0.0953 채널2는 0.03492를 각각 가지게 된다. 그림 2는 15dB일 때 제안된 채널추정 알고리듬의 결과를 나타낸다. 그림2에서 제안 알고리듬은 채널1과 채널2의 위치와 크기를 거의 정확하게 각각 추정을 함을 볼 수 있다. 또한 평균제곱 오차 값은 채널1이 0.0071, 채널2가 0.0027을 가져 기존의 알고리듬 보다 개선됨을 볼 수 있다.

5. 결론

본 논문에서는 파일럿 신호가 시간영역에서 가지는 첨두치의 값에직교 코드를 이용해 코딩함으로써 채널간의 간섭을 제거하는 알고리듬을 제안하였다. 제안된 채널추정 방법은 OFDM 심벌에서 채널길이의 제약조건을 첨두치 간격의 1/2이하에서 첨두치 간격까지로 늘리고 채널간의 간섭을 줄였다. 시간영역의 샘플구간마다 코딩을 하여 첫 번째 안테나와 두 번째 안테나에서 전송되는 신호간의 간섭을 수신단에서 제거하였다. 특히 채널이 겹치는 구간에서도 정확한 채널 추정이 가능하여 기존 알고리듬에 비해 긴 채널을 추정함을 확인할 수 있었다.

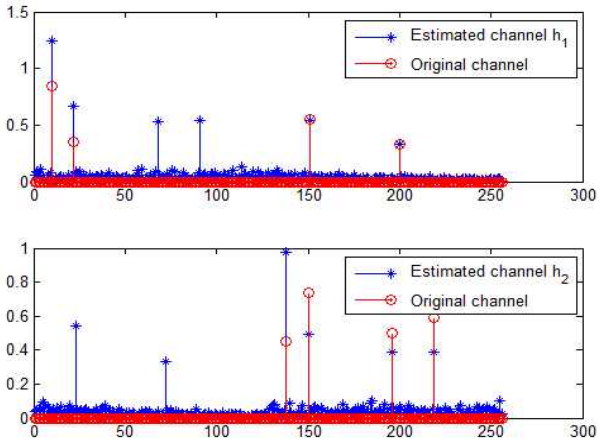

그림 1 15dB에서 기존 채널추정 값

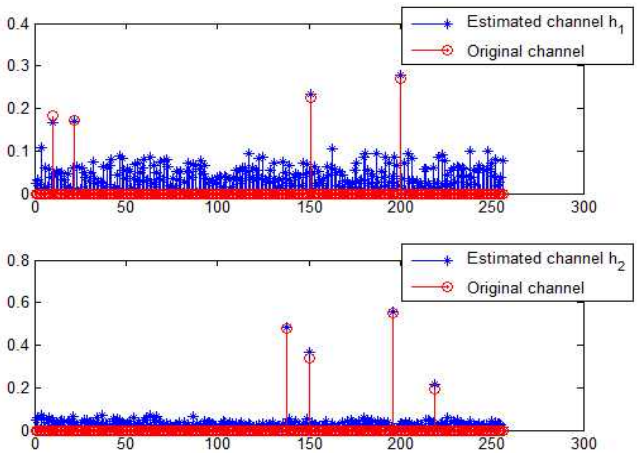

그림 2 15dB에서 제안 된 채널추정된 값

참고문헌

[1] S. M. Alamouti, "A simple transmitter diversity scheme for wireless communications," IEEE J. Select. Areas Commun., vol. 17, pp. 1451-1458, Oct. 1998.

[2] Bowei Song, Lin Gui, and Wenjun Zhang, "Comb Type Pilot Aided Channel Estimation in OFDM Systems With Transmit Diversity" IEEE Trans. on Broadcast, vol. 52, no. 1, March, 2006