

# MIMO 환경에서 직교코드를 이용한 긴 채널추정

\*박도현 \*강은수 \*\*한동석

경북대학교

\*friendspdh@ee.knu.ac.kr \*kesnol@ee.knu.ac.kr \*\*dshan@ee.knu.ac.kr

## Channel Estimation for Long Delay with Orthogonal Code in MIMO System

\*Park, Do Hyun \*Kang, Eun Su \*\*Han, Dong Seog

Kyungpook National University

### 요약

본 논문에서는 MIMO(multi-input multi-output) 시스템에서의 시간영역 채널 추정방법을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 각 안테나에서 전송되는 시간영역의 OFDM(orthogonal frequency division multiplexing) 심볼 구간에 직교코드를 곱하여 기존의 채널 추정보다 긴 채널 추정이 가능하다. 제안된 알고리즘을 바탕으로 다양한 길이의 직교코드를 이용하여 채널추정이 가능함을 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 검증하였다.

## 1. 서론

MIMO(multi-input multi-output) 기법은 여러 개의 안테나를 사용함으로써 단일 안테나 시스템에 비해 전송량을 증가시킬 수 있다. 그러나 단일안테나에 비해 송·수신 안테나 개수가 증가함에 따라 채널 개수가 증가하여 채널추정이 어려워진다는 단점이 있다. 전송량의 증대를 위해서는 무엇보다도 각각의 채널에 대한 정확한 추정이 전제되어야 한다. 각각의 채널들의 정확한 추정을 위해서는 수신된 신호들로부터 각각의 채널 성분을 정확하게 추출하는 것이 중요하다. MIMO 기법과 함께 최신 시스템에서 광범위하게 받고 있는 변조 기술은 OFDM이다. 일반적으로 OFDM시스템은 주파수 영역에서 파일럿을 일정한 간격으로 전송신호에 삽입하는 콤(comb) 방식의 파일럿 배치를 주로 사용하여 채널을 추정한다[1]. 첫 번째 안테나와 두 번째 안테나에 삽입하는 파일럿의 위상차이로 시간영역의 침투치를 지연시킨다. 채널을 통과한 신호의 침투치 사이 구간들의 샘플들에 평균 알고리즘을 적용하여 채널을 추정한다. 이 알고리즘은 채널길이가 OFDM 심벌 침투치 간격의 1/2이하에서만 적용이 가능하다. 만약 채널길이가 그 이상이면 채널이 겹쳐져 채널추정이 불가능하다. 이에 본 논문은 직교코드를 이용하여 기존 알고리즘보다 긴 채널을 정확히 추정하는 알고리즘을 제안한다.

## 2. 기존 채널추정 방법

기존의 채널추정 방법은 ST-OFDM(space time coded ofdm)을 기반으로 콤 방식의 파일럿 구조를 이용한 2개의 송신안테나와 1개의 수신안테나 시스템에 적용하였다. 수신된 신호  $y$ 는 다음과 같이 표현된다.

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

여기서  $h_i$ 와  $x$ 는 각각  $i$ 번째 송신 안테나와 수신단 사이의 채널 임펄스 응답과 송신 신호,  $w$ 는 AWGN(additive white gaussian noise),  $n$ 과  $l$ 은 각각 시간영역의 샘플번호와 채널길이를 의미한다.

기존의 알고리즘은 첫 번째 송신 안테나에서 특정한 상수값  $A$ 를 가지는 파일럿을, 두 번째 안테나에서는  $A$ 의 위상을 회전시킨 파일럿을 삽입한다. 그리고 수신단에서는 수신된 신호의 구간별 평균을 통해 채널을 추정한다. 이 알고리즘은 낮은 SNR(signal to noise ratio)환경에서도 비교적 정확하게 채널을 추정한다. 그러나 알고리즘의 특성상 시간영역의 침투치 간격의 1/2이하의 채널만을 추정할 수 있다[2].

식(2)는 수신 신호로부터 구간들을 평균하여 평균값을 구하는 과정을 나타낸다.

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

여기서  $\Delta f$ 는 파일럿간의 간격이고,  $r$ 과  $M$ 은 각각 시간영역의 구간 번호, 한 구간 당 샘플 개수이다. 식 (2)로부터 첫 번째 채널과 두 번째 채널의 추정치는 각각 식 (3)과 식 (4)로 나타난다.

$$\hat{h}_1(l) = \frac{\Delta f}{A} r(l) \quad (3)$$

$$\hat{h}_2(l) = \frac{\Delta f}{A} r(l + \frac{M}{2}) \quad (4)$$

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

### 3. 제안 알고리즘

본 장에서는 기존의 알고리즘에 직교 코드를 적용한 적응형 채널 추정 알고리즘을 제안한다. 기존의 알고리즘은 OFDM 신호를 주파수 영역에서 심벌 네 개 당 한 개의 파일럿을 삽입한다. 이렇게 삽입된 파일럿 신호는 시간 영역에서 4개의 칩두치를 생성하게 된다. 파일럿 신호는 송신된 신호가 다중경로를 거치게 될 때 시간영역에서 채널이 각 구간마다 한 개씩 나타나게 된다. 각각의 송신 안테나에서는 파일럿의 위상을 변화시켜 시간영역에서 칩두치의 값이 겹치지 않고 동일한 시간마다 칩두치의 값을 가지도록 하였다. 2개의 송신안테나로부터 전송된 OFDM 심벌의 4개의 칩두치는 엇갈려 생성된다. 여기서 첫 번째 안테나의 칩두치와 두 번째 안테나의 칩두치의 간격이 채널을 추정할 수 있는 거리가 된다. 제안 알고리즘은 채널 추정 구간을 늘릴 수 있도록 시간영역의 신호에 직교코드를 적용시키는 알고리즘을 기본으로 한다[4]. 직교 코드 적용으로 인해 각안테나에서 전송한 신호가 수신기에서 중복되는 영역에서도 채널 추정이 가능하여 추정 가능한 채널 길이를 증대시킬 수 있다. 길이 8인 직교코드를 이용하여 잡음 상쇄 효과를 얻는 방법과 길이 4인 직교코드를 이용하여 더 긴 채널 추정이 가능한 두 가지 방법을 제안하였다.

### 4. 실험결과

본 장에서는 기존의 알고리즘과 제안된 알고리즘의 채널추정 성능을 실험을 통하여 비교하였다. 적응형으로 길이 8인 직교코드를 이용한 채널추정과 길이 4인 직교코드를 이용한 더 긴 채널의 채널추정을 모두 실험하였다. 송신안테나 2개와 수신안테나 1개인 MIMO시스템을 고려하였으며, FFT 길이를 1K에서 2K로써 늘임으로써 길이 4인 직교코드를 사용한 경우 기존의 알고리즘보다 2배 길이의 채널을 추정할 수 있다. 또한 길이가 기존 코드에 비해 2배인 직교코드를 이용하여 높은 잡음상쇄 효과를 얻는 실험도 하였다. 채널은 네 개의 다중경로를 가진 레일리 페이딩을 고려하였다. 그림 1은 15dB에서 8개짜리 코드를 이용한 채널추정 성능을 나타낸다. 기존의 채널추정의 결과는 채널1과 채널2의 추정 값이 섞여있고, 그에 따라 부정확한 값으로 추정이 되었다. 채널2의 추정도 동일하게 정확한 추정이 불가능하였다. 그리고 그림2는 15dB에서 4개짜리 코드를 이용한 채널 추정을 나타낸다. 그림 1의 경우 채널1과 채널2의 원래채널과 추정된 채널간의 평균제곱오차 값(MSE, mean square error)은 각각 0.0025와 0.0391이었으며, 기존 알고리즘의 경우 각각 0.2491와 0.3492이었다. 그림 2의 경우 제안된 알고리즘에서 채널1과 채널2는 각각 0.0070와 0.0094의 평균제곱오차 값을 가진다. 기존의 알고리즘의 경우는 채널1과 채널2의 평균제곱오차 값은 각각 0.5583과 0.2143이었다. 이 실험을 통해서 기존의 알고리즘 보다 성능이 더 개선됨과 함께 길이 8인 직교코드와 4인 직교코드를 적용할 수 있는 가능성을 확인하였다.

### 5. 결론

본 논문에서는 파일럿 신호가 시간영역에서 가지는 칩두치 사이의 각 구간에 직교코드를 이용해 코딩함으로써 채널간의 간섭을 제거하는 알고리즘을 제안하였다. 제안된 채널추정 방법은 OFDM 심벌에서

널길이의 제약조건을 칩두치 간격의 1/2이하에서 칩두치 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 알고리즘에 비해 긴 채널을 추정함을 확인하였다.

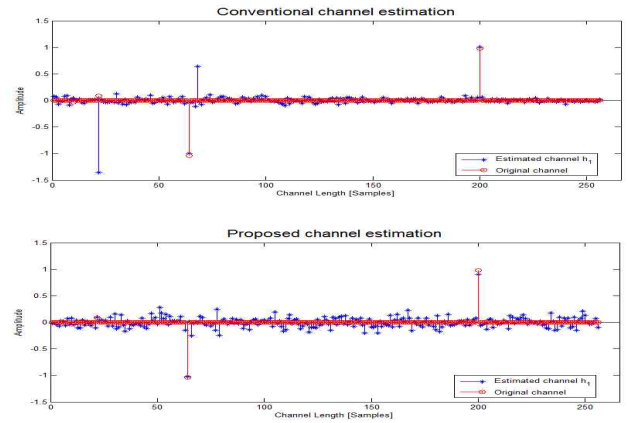


그림 1. 8개짜리 코드를 이용한 채널 추정 (채널길이 < 256 samples)

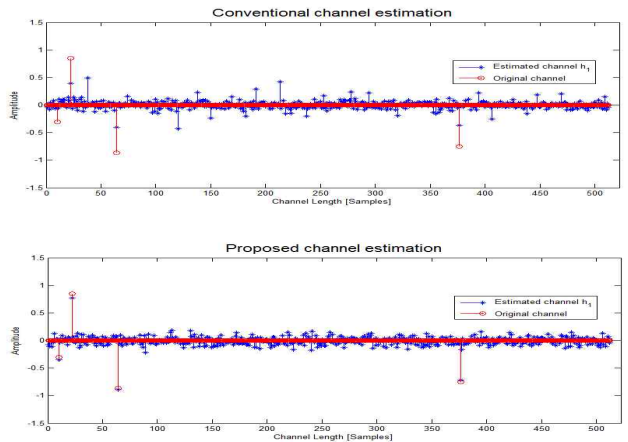


그림 2. 4개짜리 코드를 이용한 채널 추정 (채널길이 < 512 samples)

### 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] Bwei 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
- [3] 박도현, 강은수, 한동석 "COMB 방식의 파일럿 구조와 직교 부호를 이용한 MIMO 시스템 채널추정", 방송공학회논문지, 제16권, 제2호, pp.226-236, 2011년, 3월