

MIMO-OFDM 시스템에서 효율성을 위한 분할 검출 기법

강 성 진*

An Efficient Partial Detection Scheme for MIMO-OFDM Systems

Sung-jin Kang*

요 약

본 논문은 MIMO-OFDM 시스템에서 복잡도와 검출 성능의 관점에서 효율성을 위하여, QRD-M과 DFE 및 반복 검출을 통한 분할 검출 기법을 제안한다. 제안된 기법은 공간 스트림에 따라 다른 검출 방법을 사용하여 신호들을 검출한다. 제안된 기법에서 낮은 복잡도를 요구하는 공간 스트림에서는 높은 복잡도와 높은 검출 성능을 가지는 QRD-M을 사용하고 높은 복잡도를 요구하는 공간 스트림에서는 낮은 복잡도와 낮은 검출 성능을 가지는 DFE를 사용한다. 또한 DFE가 사용된 공간 스트림에 대해서는 신뢰성을 보장하기 위해 반복 검출을 수행한다. 시뮬레이션을 통하여, 제안된 기법은 비록 기존의 기법보다 증가된 복잡도를 가지지만, 검출 성능을 월등히 개선시키는 것을 확인하였다.

Key Words : MIMO-OFDM, V-BLAST, QRD-M, DFE, Iterative scheme

ABSTRACT

This paper proposes a partial detection scheme using QRD-M, DFE, and iterative schemes for efficiency in terms of detection performance and complexity in a MIMO-OFDM system. The proposed scheme detects signals by using the different detection methods in according to spatial stream. In the proposed scheme, QRD-M with high detection performance and high complexity is used in spatial stream that requires low complexity, and DFE with

low detection performance and low complexity is used in spatial stream that requires high complexity. Also, the iterative detection is performed in the detected spatial stream by using DFE. From the simulation, it is confirmed that although proposed scheme has increased complexity, detection performance is greatly improved by the proposed scheme.

I. 서 론

현재의 무선 통신 시스템들은 대역 제한된 환경 하에서 높은 데이터 율을 요구한다. 높은 데이터 율을 위한 시스템들로서, OFDM (orthogonal frequency division multiplexing)과 MIMO (multiple-input multiple-output) 시스템이 있다. 또한 더 높은 데이터 율을 위해, 두 시스템이 결합된 MIMO-OFDM^[1,2] 시스템이 널리 사용되고 있다.

MIMO-OFDM 시스템에서 대표적인 전송 구조로는 V-BLAST (vertical Bell laboratories layered space time)가 있다. V-BLAST의 검출 기법으로는 높은 복잡도와 높은 검출 성능을 가지는 QRD-M과 상대적으로 낮은 복잡도와 낮은 검출 성능을 가지는 DFE가 있다. 그러나 QRD-M은 높은 복잡도 때문에 실제 시스템에서 사용되기에 어려움을 가지고 있다.

본 논문에서는 신호의 검출 과정에서 요구되는 복잡도와 검출 성능의 관점에서 효율성을 개선하기 위해, MIMO 시스템의 공간 스트림에 대해 분할적으로 다른 검출 기법들을 사용하는 기법을 제안한다. 제안된 기법의 유용성은 시뮬레이션을 통해, BER (bit error rate) 성능과 복잡도를 비교하여 확인하였다.

II. 시스템 모델

본 논문에서는 N_T 개의 전송 안테나와 N_R 개의 수신 안테나를 고려한다. 송신기에서 생성된 데이터 스트림은 N_T 개의 공간 스트림으로 나뉘어져, 동시에 전송된다. j 번째 전송되는 안테나의 심볼은 $\mathbf{X}_j(k) = [X_j(0)X_j(1), \dots, X_j(k), \dots, X_j(K-1)]^T$ 로 표현되고, $X_j(k)$ 는 k 번째 서브 캐리어의 신호이다. MIMO-OFDM 시스템에서 신호들은 각 서브 캐리어

* First Author : Korea University of Technology and Education School of Electrical, Electronics and Communication Engineering, sjkang@koreatech.ac.kr, 종신회원

논문번호 : KICS2015-08-269, Received August 27, 2015; Revised September 7, 2015; Accepted September 7, 2015

단위로 검출된다. k 번째 서브 캐리어에서 수신된 신호는

$$Y(k) = H(k)X(k) + M(k) \\ = \sum_{i=1}^{N_R} \sum_{j=1}^{N_T} H_{i,j}(k)X_j(k) + N_i(k) \quad (1)$$

과 같이 표현할 수 있다. $H_{i,j}(k)$ 는 j 번째 송신 안테나와 i 번째 수신 안테나 사이의 채널 임펄스 응답이며, $N_i(k)$ 는 i 번째 수신 안테나에서 발생된 잡음 성분을 나타낸다.

III. 제안된 기법

본 논문에서는 신호의 검출 과정에서 요구되는 복잡도와 검출 성능의 관점에서 효율성을 개선하기 위해, MIMO 시스템의 공간 스트림에 대해 분할적으로 다른 검출 기법들을 사용하는 기법을 제안한다. 제안된 기법에서 낮은 복잡도를 요구하는 공간 스트림에서는 높은 복잡도와 높은 검출 성능을 가지는 QRD-M을 사용하고 높은 복잡도를 요구하는 공간 스트림에서는 낮은 복잡도와 낮은 검출 성능을 가지는 DFE를 사용한다. 그림 1은 N_T 개의 공간 스트림을 가지는 MIMO-OFDM 시스템의 특정 서브 캐리어에서 제안된 기법에 의해, 신호가 검출되는 과정을 보여준다.

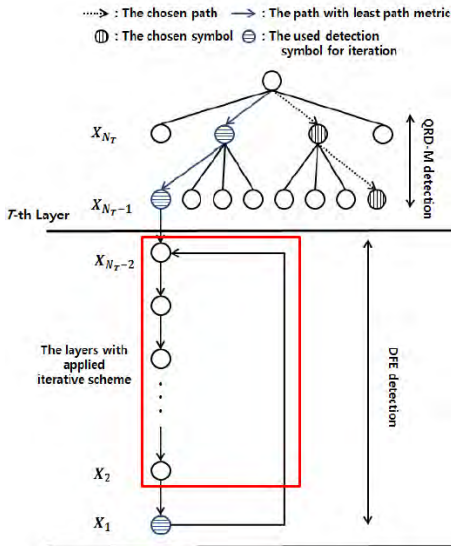


그림 1. 제안된 기법의 검출 과정 ($T=2, M=2$)
Fig. 1. Detection process of the proposed scheme ($T=2, M=2$)

다. 그림 1에서, QRD-M을 위해 사용되는 후보 수 (M)는 2개, QRD-M에 의해 검출되는 공간 스트림의 수 (T)는 2개로 가정되었다. 그림 1과 같이, 초기의 공간 스트림의 신호들은 QRD-M에 의해 검출된다. 그 이유는 만일 초기의 공간 스트림의 신호 검출 과정에서 에러가 발생될 경우, 그 다음의 모든 공간 스트림의 검출 과정에 영향을 주기 때문에, 높은 신뢰성을 보장하면서 신호가 검출되어야 하기 때문이다. 또한 QRD-M 기법은 하위의 공간 스트림의 검출 과정일수록 복잡도가 증가하는 특성을 가지고 있기 때문에, 초기의 공간 스트림에서 사용되는 것이 적합하다.

QRD-M과 DFE에 의해 N_T 개의 공간 스트림에 대한 신호가 검출된 이후, DFE에 의해 검출된 공간 스트림에 대해, 신뢰성을 보장하기 위해, 반복 검출을 수행한다. 반복 검출을 수행할 때는, DFE에 의해 검출된 공간 스트림에 대해, 기존 검출 과정의 반대 순서로 검출을 수행한다. 반복 검출이 종료된 이후, 기존 과정에 의해 검출된 신호와 반복 검출에 의해 검출된 신호의 복조 과정에서의 양자화 오류를 비교하여, 더 적은 오류를 가진 신호를 최종 검출 신호로 결정한다.

IV. 시뮬레이션 및 결론

본 논문에서는 제안된 기법의 시뮬레이션을 위하여 다음과 같이 파라미터들을 가정하였다. OFDM 시스템의 FFT (fast Fourier transform) 사이즈는 256으로 가정하였고, 각 채널은 7개의 경로를 갖는 레일리 채널을 사용하였다. 또한, QPSK (quadrature phase shift keying) 변조를 사용하였다.

그림 2와 3은 각각 8×8 , 16×16 으로 송신 및 수신 안테나를 구성하는 MIMO 시스템에서 제안된 기법과 기존의 기법에 대한 BER 성능을 나타낸다. 비교되는 기존 기법으로는 QRD-M과 DFE를 결합한 검출 기법을 고려하였다. 8×8 MIMO 시스템에서 $T=2$, $M=3$ 을 가정하였을 때, 제안된 기법에 대한 검출 성능은 10^{-5} 의 BER에서 기존의 기법보다 약 2.5dB 향상되었고, $T=2$, $M=2$ 를 가정하였을 때, 제안된 기법에 대한 검출 성능은 10^{-5} 의 BER에서 기존의 기법보다 약 2dB 향상되었다. 또한 16×16 MIMO 시스템에서 $T=2$, $M=3$ 을 가정하였을 때, 제안된 기법에 대한 검출 성능은 10^{-5} 의 BER에서 기존의 기법보다 약 2.8dB 향상되었고, $T=2$, $M=2$ 를 가정하였을 때, 제안된 기법에 대한 검출 성능은 10^{-5} 의 BER에서 기존의 기법보다 약 4.1dB 향상되었다. 복잡도

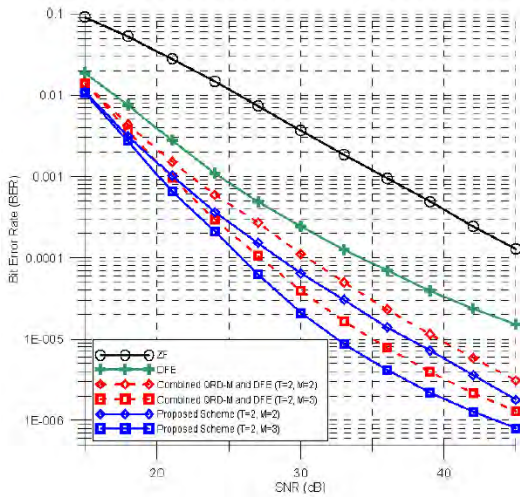


그림 2. 8×8 MIMO-OFDM 시스템에서의 BER 성능
 Fig. 2. BER performance in the 8×8 MIMO-OFDM system

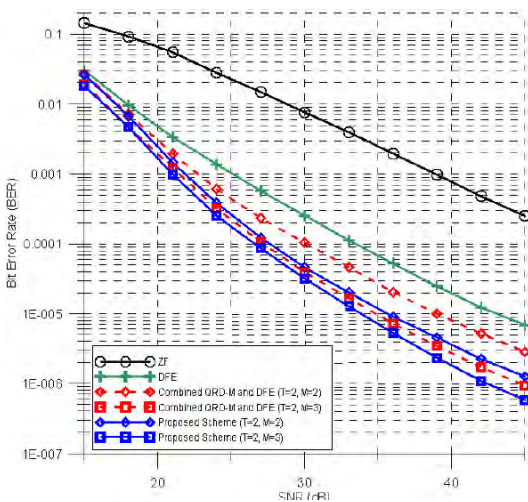


그림 3. 16×16 MIMO-OFDM 시스템에서의 BER 성능
 Fig. 3. BER performance in the 16×16 MIMO-OFDM system

는 복소수 곱셈의 수를 고려하였다. 8×8 MIMO 시스템에서 $T=2$, $M=3$ 을 가정하였을 때와 $T=2$, $M=2$ 를 가정하였을 때, 복잡도는 각각 28943, 23272이다. 그리고 $M=3$ 일 때와 $M=2$ 일 때, QRD-M과 DFE를 결합한 기존 기법의 복잡도는 각각 22762, 18652이다. 검출 성능과 복잡도를 같이 고려하면, 같은 파라미터를 사용하였을 때, 제안된 기법은 10^{-5} 의 BER에서 기존의 기법보다 약 2.3dB 검출 성능을 개선시키고, 약 25.96% 증가된 복잡도를 가진다. 16×16 MIMO 시스템에서 $T=2$, $M=3$ 을 가정하

였을 때와 $T=2$, $M=2$ 를 가정하였을 때, 복잡도는 각각 68791, 56102이다. 그리고 $M=3$ 일 때와 $M=2$ 일 때, QRD-M과 DFE를 결합한 기존 기법의 복잡도는 각각 50850, 43682이다. 검출 성능과 복잡도를 같이 고려하면, 같은 파라미터를 사용하였을 때, 제안된 기법은 10^{-5} 의 BER에서 기존의 기법보다 약 3.5dB 검출 성능을 개선시키고, 약 31.86% 증가된 복잡도를 가진다.

시뮬레이션을 통하여, 제안된 기법은 기존의 기법보다 증가된 복잡도를 가지지만, 검출 성능이 월등히 개선되는 것을 보였다. 따라서 본 논문에서 제안된 기법을 통하여, MIMO-OFDM 시스템에서 좀 더 효율적인 검출이 가능할 것이라 기대된다.

References

[1] J. K. Choi, C. Y. An, and H.-G. Ryu, "OFDM transmission method based on the beam-space MIMO system," *J. KICS*, vol. 40, no. 3, pp. 425-431, Mar. 2015.

[2] S. Rajiv and D. J. Hem, "OFDM and its major concerns: a study with way out," *IETE J. Edu.*, vol. 54, no. 1, pp. 26-49, Sept. 2014.