

논문 2011-48TC-4-2

프리앰블을 이용한 새로운 SNR 추정 알고리즘 기반의 AMC 기법의 전송률 성능 분석

(Throughput Performance analysis of AMC based on New SNR
Estimation Algorithm using Preamble)

서 창 우*, 세를리 포르투갈*, 황 인 태**

(Chang-woo Seo, Sherlie Portugal, and In-tae Hwang)

요 약

이동통신이 발전해 감으로써 사용자들은 점점 더 높은 데이터율과 신뢰성이 높은 통신 시스템을 요구하고 있다. 최근에는 이러한 사용자 요구에 부합하기 위해 MIMO(Multiple Input Multiple Out)와 OFDM(Orthogonal Frequency Division multiplexing)의 장점을 모두 활용하는 MIMO-OFDM에 기반을 둔 시스템 개발이 활발히 이루어지고 있다. 또한, 빠른 무선 채널 환경에 대응하여 높은 전송률 및 양질의 데이터를 만족하기 위해서 채널 상태에 따라서 적응적으로 변조, 코딩, 부 반송 파수 및 파워 할당을 달리하는 시스템 등이 결합되고 있다. 이러한 피드백 기반 시스템은 얼마나 정확히 채널에 대한 상태 정보(CSI : Channel State Information)를 지연 없이 송신기에 전달하느냐에 따라서 시스템 전체 성능이 향상 될 수 있고 저하 될 수 있다. 본 논문에서는 송·수신단에서 서로 알고 있는 프리앰블(Preamble)을 이용하여 채널 추정과정 없이 정확한 SNR (신호 대 잡음비: Signal to Noise Ratio) 추정이 가능한 알고리즘을 제안하고 기존의 프리앰블 기반 SNR 추정 알고리즘들과 여러 가지 평가방법을 통해 성능을 비교 분석하였다. 또한, IEEE 802.11n 시스템에서 각 알고리즘에 의해 추정된 SNR을 피드백 기반으로 AMC를 적용해보았다. 여러 채널에서 각 알고리즘의 성능을 분석 해 본 결과, 제안된 알고리즘 기반으로 AMC 기법을 적용하였을 때 모든 채널에 대해서 가장 높은 전송률을 보임을 확인하였다.

Abstract

The fast growing of the number of users requires the development of reliable communication systems able to provide higher data rates. In order to meet those requirements, techniques such as Multiple Input Multiple Out (MIMO) and Orthogonal Frequency Division multiplexing (OFDM) have been developed in the recent years. In order to combine the benefits of both techniques, the research activity is currently focused on MIMO-OFDM systems. In addition, for a fast wireless channel environment, the data rate and reliability can be optimized by setting the modulation and coding adaptively according to the channel conditions; and using sub-carrier frequency, and power allocation techniques. Depending on how accurate the feedback-based system obtain the channel state information (CSI) and feed it back to the transmitter without delay, the overall system performance would be poor or optimal. In this paper, we propose a Signal to Noise Ratio (SNR) estimation algorithm where the preamble is known for both sides of the transceiver. Through simulations made over several channel environments, we prove that our proposed SNR estimation algorithm is more accurate compared with the traditional SNR estimation. Also, We applied AMC on several channel environments using the parameters of IEEE 802.11n, and compared the Throughput performance when using each of the different SNR Estimation Algorithms. The results obtained in the simulation confirm that the proposed algorithm produces the highest Throughput performance.

Keywords : MIMO, OFDM, CSI, Preamble, SNR

* 학생회원, ** 정회원, 전남대학교 전자공학과

(Department of Electronics Engineering, Chonnam National University)

※ 본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음.

(NIPA-2011-C1090-1111-0008)

접수일자: 2010년9월14일, 수정완료일: 2011년4월14일

I. 서 론

무선 통신 환경에서 통신 신뢰도 및 전송률 증가를 위해 적응 변조 코딩 기법(AMC: Adaptive Modulation and Coding)^[1], 적응적 부반송파 및 파워할당 등과 같은 기법들이 사용된다. 이러한 기법들은 채널상태에 대한 피드백 정보가 요구되며, CSI에 대한 피드백 정보는 수신 신호의 SNR 정보로부터 기반이 된다. 따라서 시스템 성능을 향상시키기 위해서는 채널의 상태 정보를 정확히 추정하고 낮은 복잡도를 갖는 SNR 추정기를 설계해야 하며 이와 관련된 많은 연구가 이루어지고 있다^[2-7].

제안하고 있는 SNR 추정 알고리즘은 채널 추정이 요구되어 연산과정이 복잡해짐에 따라 피드백 지연이 큰 기존의 알고리즘을 개선하기 위해 송·수신단 모두 알고 있는 프리앰블(Preamble)을 이용하며, 채널 추정 과정 없이 정확한 SNR 추정이 가능한 알고리즘이다. 본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다.

II 장에서는 시스템 모델에 대해서 살펴보고 III 장에서는 기존의 Boumard, Ren, Milan 및 새로운 SNR 추정 알고리즘에 대한 설명이 이루어질 것이다. 그리고 VI 장에서는 각각의 SNR 추정 알고리즘의 성능을 여러 평가 방법을 통해 비교 분석한다. 또한, IEEE 802.11n 2×2 MIMO-OFDM 시스템에서 각각의 SNR 추정 알고리즘에 의해 추정된 SNR 값을 피드백으로 AMC 기법을 적용하였을 때 전송률 성능을 비교 분석해본다. 마지막으로 V장에는 결론을 맺는다.

II. 시스템 모델

이번 장에서는 송·수신기 구조에 대해서 설명하도록 한다. 그림 1에서 볼 수 있듯이 송신 신호는 프리앰

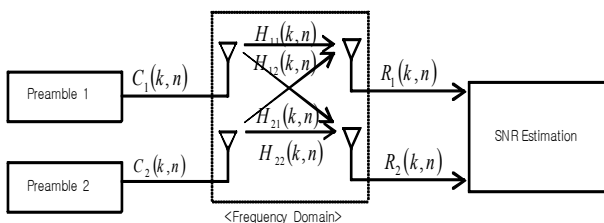


그림 1. 프리앰블 기반 2X2 MIMO OFDM 시스템 블록 다이어그램

Fig. 1. 2×2 MIMO-OFDM system block diagram based on preamble.

블만을 고려하였으며 각각 2개의 송·수신 안테나를 사용하는 MIMO-OFDM 시스템으로 구성 하였다. SNR 추정은 FFT(Fast Fourier transform)이후의 주파수 영역에서 수행이 되며, 수신신호의 타이밍 동기는 완벽하다고 가정하였다.

1. 송신기

송신기에서 각 안테나 마다 신호의 크기가 1인 BPSK(Binary Phase Shift Keying) 또는 QPSK(Quadrature Phase Shift Keying) 시퀀스를 이루는 OFDM 심볼 크기의 2개의 동일한 프리앰블이 전송된다. 그림 1에서 $C_i(k,n)$ 은 프리앰블 신호를 나타낸다. 여기서 i, k, n 은 각각 $i=1,2$ 의 전송안테나, $k=1,2$ 의 프리앰블 및 $n=0, \dots, N-1$ 의 부반송파 인덱스를 나타낸다. 프리앰블 전송 시 보호구간을 위해 CP(Cyclic Prefix)를 이용하였으며 크기는 전체 부반송파 수 N 에서 $N/4$ 샘플만큼 사용하였다.

2. 수신기

수신기에서 FFT 이후의 수신 신호 $Y_j(k,n)$ 은 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$Y_j(k,n) = \sum_{i=1}^2 H_{ij}(k,n) C_i(k,n) + n_j(k,n) \quad (1)$$

여기서 j 는 수신안테나 인덱스를 나타내며 $n_j(k,n)$ 은 j 번째 수신 안테나에서의 AWGN(Additive White Gaussian Noise)을 나타낸다. $H_{ij}(k,n)$ 은 i, j 번째 송·수신 안테나상의 채널 주파수 응답을 나타내며 식 (2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$H_{ij}(k,n) = \sum_{l=1}^L h_{l,ij}(kT_s) \cdot e^{-j\pi \frac{n\tau_{l,ij}}{NT_s}} \quad (2)$$

여기서 $h_{l,ij}(kT_s)$ 와 $\tau_{l,ij}$ 는 각각 i 와 j 번째 안테나상의 l 번째 경로 이득, 지연된 시간을 나타낸다. T_s 는 OFDM 심볼 크기의 프리앰블 시간을 나타내며 L 은 채널 경로 수를 나타낸다. 본 논문에서는 채널의 크기가 프레임시간 동안 일정하다고 가정한다. 따라서 SNR 추정 시 채널의 시간은 고려하지 않으며 $H_{i,j}(n)$ 으로 간략화 한다.

III. 기존 SNR 추정 알고리즘 및 새로운 SNR 추정 알고리즘 제안

1. Boumard SNR 추정 알고리즘

Boumard 알고리즘은 2x2 MIMO-OFDM 시스템에서 인접한 부반송파 간의 채널 변화가 거의 없다는 가정 하에 SNR 추정이 이루어지고 두 개의 동일하고 연속된 프리앰블 심볼을 이용한다^[5].

신호 파워 추정은 두 개의 연속된 수신 프리앰블 $Y(0, n)$ 과 $Y(1, n)$ 및 전송 프리앰블 $C(n)$ 을 이용하여 식 (3)과 같이 \hat{H} 를 추정 한 이후, 식 (4)와 같이 \hat{H} 의 절대값 제곱의 평균을 구함으로써 추정된다. 잡음 파워 추정은 식 (5)와 같이 유도되며, 최종적으로 SNR 추정은 식 (6)과 같이 구해진다.

$$\hat{H}(n) = \frac{C^*(n)}{2} (Y(0, n) + Y(1, n)) \quad (3)$$

$$\hat{S}_{Bou} = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} |\hat{H}(n)|^2 \quad (4)$$

$$\hat{W}_{Bou} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^{N-1} |C(n-1)(Y(0, n) + Y(1, n)) - C(n)(Y(0, n-1) + Y(1, n-1))|^2 \quad (5)$$

$$\hat{\rho}_{av, Bou} = \frac{\hat{S}_{Bou}}{\hat{W}_{Bou}} \quad (6)$$

Boumard 알고리즘은 기존의 ML(Maximum Likelihood)이나 MMSE(Minimum Mean Squared Error) 기반 SNR 추정 알고리즘에서 요구되는 채널 추정 없이 SNR 추정이 가능하나 채널 변화가 클 때 SNR 추정 오류가 커진다는 단점이 있다.

2. Ren SNR 추정 알고리즘

Ren SNR 추정 알고리즘은 Boumard 알고리즘과 같이 2개의 동일한 OFDM 심볼 크기를 갖는 프리앰블 기반으로 SNR 추정이 이루어진다^[6]. Ren SNR 추정 알고리즘은 채널의 주파수 선택적 특성에 민감한 Boumard 알고리즘을 개선한 것으로 Boumard 알고리즘과 다르게 식 (7)과 같이 동일한 부 반송파 상에서 노이즈 파워가 추정된다. 신호 파워 추정은 식 (8)과 같이 전체 수신 신호 파워에서 추정된 노이즈 파워를 제거함으로써 구해진다.

\hat{H} 는 식 (3)과 동일하게 구해지며, SNR 추정은 식(9)

와 같이 구해진다.

$$\hat{W}_{Ren} = \frac{4}{N} \sum_{n=0}^{N-1} \left\{ \text{Im} \left[\frac{Y(0, n) C^*(0, n) \hat{H}^*(n)}{|\hat{H}^*(n)|} \right] \right\}^2 \quad (7)$$

$$\hat{S}_{Ren} = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} |Y(0, n)|^2 - \hat{W}_{Ren} \quad (8)$$

$$\hat{\rho}_{av, Ren} = \frac{\hat{S}_{Ren}}{\hat{W}_{Ren}} \quad (9)$$

3. Milan SNR 추정 알고리즘

Milan SNR 추정 알고리즘은 시간영역에서 동일한 여러 개의 프리앰블을 이용한 알고리즘이다^[7]. 그림 2의 (a)에서처럼 전체 N개의 부 반송파로 이루어져있는 프리앰블을 시간영역에서 Q개의 동일한 주기적인 프리앰블 구조의 형태로 만들면 주파수 영역에서는 그림 (b)에서처럼 Q 간격마다 부 반송파가 주기적으로 나타나고 간격사이에는 널(Null) 신호가 나오게 된다. Milan SNR 추정 알고리즘은 이러한 특성을 이용하여 SNR 추정하는 방법이다. 즉, FFT 이후 신호 파워 추정은 신호가 나타나는 Q 간격마다 이루어지고 노이즈 파워의 추정은 Null 캐리어부분에서 이루어지게 된다. 본 논문에서는 $N=64$ 크기를 가지는 2개의 동일한 프리앰블을 사용하였으며, 동일한 시스템 환경에서 성능 분석을

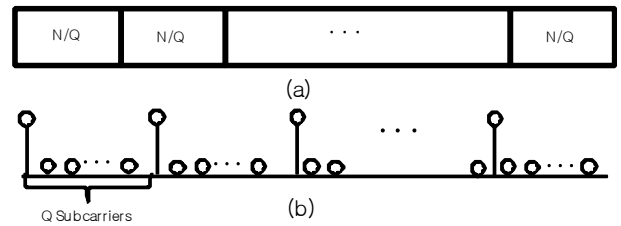


그림 2. Milan의 프리앰블 구조

(a) 시간영역 (b) 주파수 영역

Fig. 2. Preamble structure of Milan.

(a) Time domain (b) Frequency domain

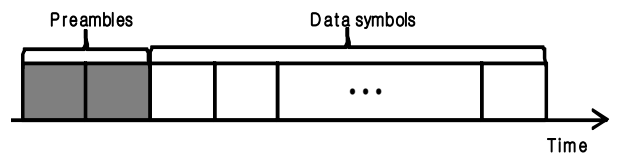


그림 3. 새로운 SNR 추정 알고리즘의 송신 프리앰블 구조

Fig. 3. Transmit preamble structure of new SNR estimation algorithm.

위해 Milan의 경우 $N = 128$, $Q = 2$ 로 적용하였다.

4. 새로운 SNR 추정 알고리즘

그림 3은 새로운 SNR 추정 알고리즘의 송신 프리엠블 프레임 구조를 나타낸다. 그리고 식 (10)은 새로운 SNR 추정 알고리즘을 나타내며, 여기서 $Y(0, n)$, $Y(1, n)$ 은 FFT이후의 연속된 수신 프리엠블 신호를 나타낸다.

$$\rho_{av, New} = \frac{1}{\left(\frac{1}{N} \sum_{n=1}^{N-1} |Y(0, n) - Y(1, n)|^2\right)} \quad (10)$$

식(10)에서 신호 파워의 추정은 송신프리엠블의 크기가 1인 것을 이용하고 노이즈 파워는 두 수신 프리엠블의 차의 절댓값 평균 제곱으로 구함으로써 고정된 송신 파워에서 상대적인 노이즈 파워의 변화를 통해 SNR 추정이 이루어진다.

표 1. 모의실험 파라미터
Table 1. Simulation Parameter.

파라미터	값
시스템 대역폭(BW)	20MHz
1 OFDM 심볼 시간	4μs(3.2μs:FFT 구간+0.8μs:CP 길이)
공간 스트림(SS)당 데이터 심볼 개수	468
데이터 및 프리엠블 부반송파 수	64
부반송파 간격	312.5 KHz
MIMO	Layered 2×2
잡음	AWGN
FFT 크기	64 point
GI(CP) 크기	16 point
1 OFDM 심볼 샘플	80
SNR 추정 기법	Boumard, Milan, Ren, New
Pre-Amble	QPSK 또는 BPSK의 연속된 동일한 2 OFDM symbol
데이터 심볼 변조기법	BPSK, QPSK, 16QAM
Convolutional coding(k=7)	1/2, 3/4
전송 패킷	25000

IV. 기존 SNR 추정 알고리즘 및 제안된 SNR 추정 알고리즘 성능 분석

본 절에서는 기존의 SNR 추정 알고리즘 및 제안된 SNR 추정 알고리즘의 성능 분석이 이루어질 것이다.

표 1과 2는 각각 모의실험 및 채널 파라미터를 나타

내고 있다. 모의실험 파라미터는 20Mhz 대역에서 IEEE 802.11n MIMO-OFDM 기반으로 구성 하였다. 채널 환경은 채널 상태 변화가 거의 없는 레일리 평탄 페이딩 채널, 최대 지연 샘플이 CP 길이 보다 작은 레일리 선택적 페이딩 채널 A 그리고 CP 보다 최대 지연 샘플이 큰 레일리 선택적 페이딩 채널 B로 구성하여 실험 하였다.

1. 기존 및 제안된 SNR 추정 알고리즘 모의 실험

성능 평가 방법은 실제 SNR 값에서 각 알고리즘에 의해 추정된 SNR이 얼마나 가깝게 추정되어있는지 대략적으로 비교해 보고 자세한 성능 비교를 위해 식 (11)과 같이 NMSE(Normalize Mean Square Error)를 통해 분석이 이루어졌다.

$$NMSE_{av} = \sum_{i=1}^{N_i} \left(\frac{\hat{\rho}_{av,i} - \rho_{av}}{\rho_{av}} \right)^2 \quad (11)$$

식 (11)에서 N_i 는 전송 패킷 수로 25,000개를 사용 하였으며, $\hat{\rho}_{av,i}$ 는 i 번째 수신 패킷의 프리엠블에서 추정된 SNR 값, ρ_{av} 는 실제 SNR 값을 나타낸다. 그림 4

표 2. 채널 파라미터
Table 2. Channel Parameter.

Channel	Delay Path(samples)	Rayleigh Power
Rayleigh Selective Fading Channel A	3Path : [0 12 15]	$\begin{bmatrix} -1.92 & -5.92 \\ & -9.92 \end{bmatrix}$
Rayleigh Selective Fading Channel B	4Path : [0 12 15 18]	$\begin{bmatrix} -1.92 & -5.92 \\ -9.92 & -12.92 \end{bmatrix}$
Rayleigh Flat Fading Channel	No Delay	-

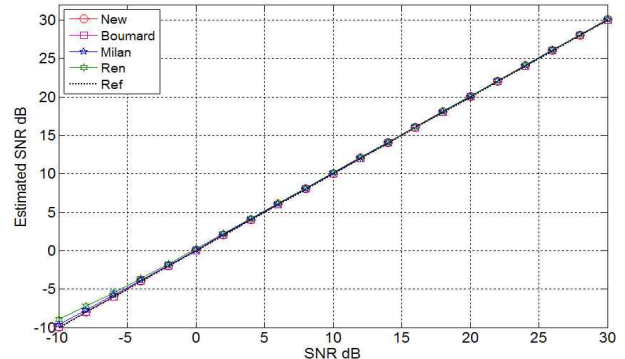


그림 4. 레일리 평탄 페이딩 채널에서 추정된 SNR 값 대 실제 SNR 비교

Fig. 4. Comparison true SNR value with estimated SNR value in Rayleigh Flat Fading channel.

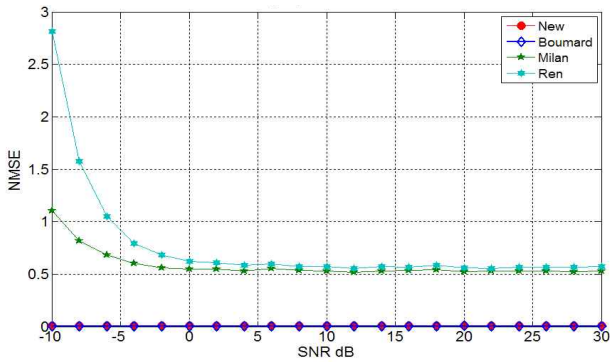


그림 5. 레일리 평탄 페이딩 채널에서 NMSE 성능
Fig. 5. NMSE performance in Rayleigh Flat Fading Channel.

.에서 레일리 평탄 페이딩 채널에서 각 기법에 의해 추정된 SNR 값과 실제 SNR 값을 대략적으로 비교 해보면, Ren 알고리즘의 경우 낮은 SNR 범위에서 다른 알고리즘보다 비교적 높은 SNR 추정 오류가 있으며 다른 알고리즘의 경우 실제 SNR과 거의 일치하고 있는 것을 볼 수 있다. 그림 5의 NMSE 성능결과를 통해 각 기법 간의 더 정확한 성능 차를 확인해 보면 새로운 알고리즘 및 Boumard 알고리즘의 경우 NMSE가 0에 가까운 결과가 나오는 것을 확인할 수 있으며 Milan, Ren 순으로 성능이 좋은 것을 확인할 수 있다. III.1에서 Boumard 알고리즘에 대한 설명에서 언급하였듯이 채널의 변화가 거의 없을 경우에 적합한 알고리즘임을 성능 결과들을 통해 보여주고 있으며 새로운 SNR 추정 알고리즘 또한 Boumard 정도의 성능을 띄고 있음을 보여주고 있다.

그림 6과 7은 각각 레일리 선택적 페이딩 채널 A에서 실제 SNR과 각 알고리즘에 의해 추정된 SNR을 비

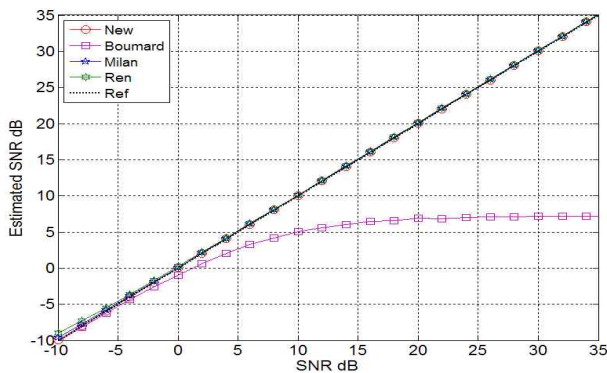


그림 6. 레일리 선택적 페이딩 채널 A에서 추정된 SNR 값 대 실제 SNR 비교
Fig. 6. Comparison true SNR value with Estimated SNR value in Rayleigh Selective Channel A.

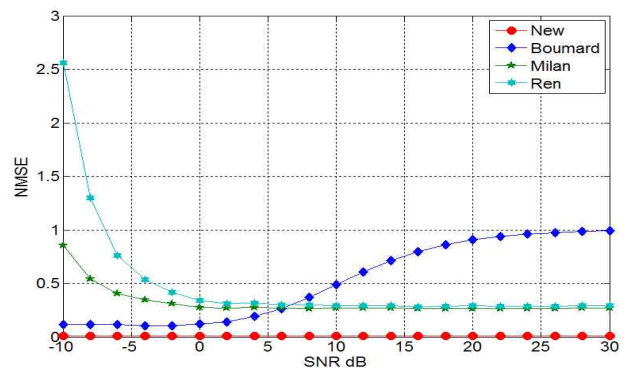


그림 7. 레일리 선택적 페이딩 채널 A에서 NMSE 성능
Fig. 7. NMSE performance in Rayleigh Selective Channel A.

교한 성능 곡선과 NMSE 성능 결과를 나타낸다. 그림 6에서 Boumard의 성능은 채널의 주파수 선택적 특성에 의해 추정 오류가 증가하고 있는 것을 볼 수 있다. 반면에 그림 7에서 볼 수 있듯이 SNR이 증가될수록 Milan이나 Ren의 경우 추정 오류가 점점 낮아지다가 NMSE가 약 0.3으로 일정하게 유지되는 것을 확인할 수 있다. 새로운 알고리즘의 경우 추정 오류가 거의 0으로 다중 경로에 의한 주파수 선택적 영향 없이 실제 SNR과 가장 가깝게 추정할 수 있는 것을 확인할 수 있다. 그림 8과 9는 4개의 다중 경로를 가지고 채널 최대 지연이 CP 보다 큰 레일리 선택적 페이딩 채널 B에서의 성능 결과들로 채널 A보다 더 열악한 환경에서 성능 분석이 이루어 졌다. 따라서 각 SNR 추정 알고리즘 성능은 채널 A와 비교하였을 때 상대적으로 높은 추정 오류를 나타내고 있다. 그림 8에서 Boumard의 경우 SNR이 증가할수록 실제 SNR 값을 전혀 추정하지 못하고 있는 것을 볼 수 있다. 제안된 알고리즘 및 Milan, Ren 알고

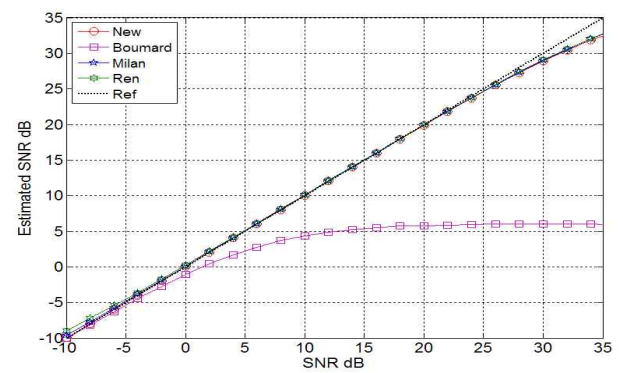


그림 8. 레일리 선택적 페이딩 채널 B에서 추정된 SNR 값 대 실제 SNR 비교
Fig. 8. Comparison true SNR value with Estimated SNR value in Rayleigh Selective Channel B.

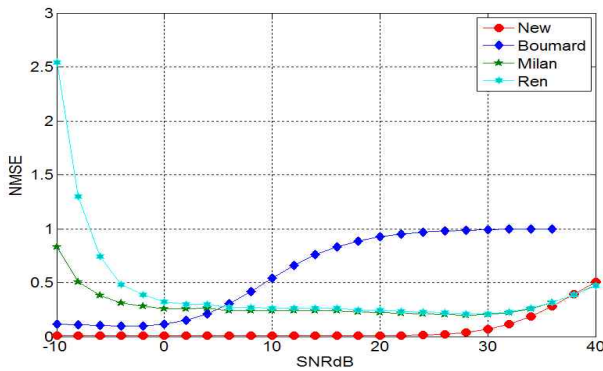


그림 9. 레일리 선택적 페이딩 채널 B에서 NMSE 성능
Fig. 9. NMSE performance in Rayleigh Selective Channel B.

리즘의 경우 약 26dB 까지는 실제 SNR 값에 가깝게 추정할 수 있는 것을 볼 수 있고 그중 제안된 알고리즘은 NMSE 측면에서 더 낮은 추정 오류를 갖는 것을 확인할 수 있다. 그림 9에서 결국 제안된 알고리즘의 경우 주파수 선택적 특성의 영향으로 인해 성능 열화를 보이고 있지만 모든 채널에 대해서 다른 기법들보다 좋은 성능 보여 준다.

2. AMC 기법의 전송률 성능 분석

이번 절에서는 IEEE 802.11n 시스템에 AMC 기법을 적용해보고 전송률 성능을 분석해 본다. 채널에 대한 피드백 정보는 각 알고리즘에 의해 추정된다. 표 3은 IEEE 802.11n의 MCS 테이블을 적절히 고려해서 선택된 MCS 레벨들을 나타낸다. 추정된 SNR이 클수록(채널 상태가 좋은 수록) 교차 변조 및 높은 채널 코딩율의 조합을 갖는 레벨이 선택되어 전송된다. 그림 10과 11은 레일리 평탄 페이딩 채널에서 각 MCS 레벨에 해당하는 전송률 성능 및 각 SNR 추정 알고리즘에 따른

표 3. AMC 적용을 위해 선택된 MCS 레벨들
Table 3. Selected MCS levels for AMC scheme.

MCS	Modulation		Code Rate	Data Rate[Mbps] (Data Sub-carrier=64, CP=16)	N _{SS}	N _{ST} _s
	Stream 1	Stream 2				
1	BPSK	BPSK	1/2	16.0	2	2
2	QPSK	BPSK	1/2	24.0	2	2
3	QPSK	QPSK	1/2	32.0	2	2
4	QPSK	QPSK	3/4	48.0	2	2
5	16QAM	16QAM	1/2	64.0	2	2

* NSS : 공간 스트림수
* NSTS : 시공간 스트림 수
* MCP : Modulation and Coding Product

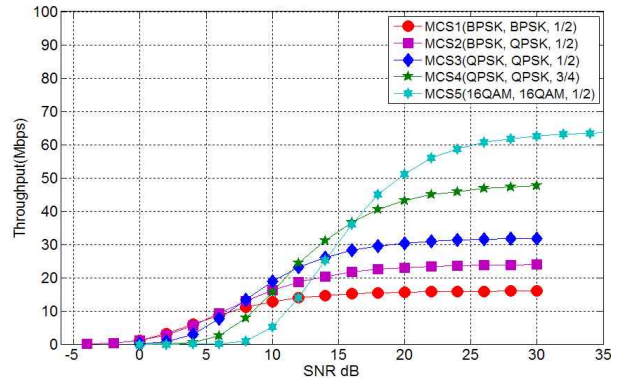


그림 10. 레일리 평탄 페이딩 채널에서 각 MCS 레벨들의 전송률
Fig. 10. Throughput of each MCS levels in Rayleigh Flat Fading Channel.

AMC 전송률 성능을 보여준다. AMC 기법을 위한 문턱값 결정 기준은 각 MCS 레벨의 전송률 간의 교차점에 해당하는 SNR으로 설정하였다. 따라서 AMC를 적용하였을 때 최적의 전송률을 만족하기 위해서는 정확한 SNR 추정이 이루어져야하며, 각 레벨간의 SNR 교차점 범위 내에서 최적으로 동작하는 MCS 레벨이 선택되어야 한다. 그림 11에서 보이듯이 정확한 SNR 추정이 이루어진 제안된 알고리즘 및 Boumard의 경우 전송률이 전체적으로 Ren이나 Milan 알고리즘의 전송률보다 높다는 것을 확인할 수 있다. 결론적으로 평탄 페이딩 채널에서 Ren이나 Milan 알고리즘에 비해 NMSE 성능이 좋은 제안 알고리즘 및 Boumard가 좋은 전송률의 결과를 보이는 것을 확인할 수 있다. 그림 12는 레일리 선택적 페이딩 채널 A에서 표 3에 해당하는 각 MCS

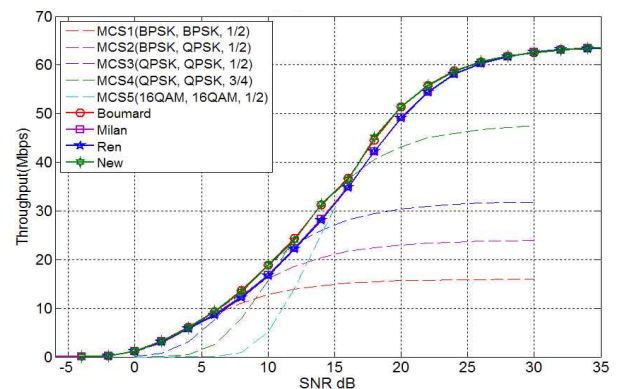


그림 11. 레일리 평탄 페이딩 채널에서 각 SNR 추정 알고리즘에 따른 AMC 기법의 전송률 비교
Fig. 11. Throughput comparison of AMC scheme according to each SNR estimation algorithm in Rayleigh Flat Fading Channel.

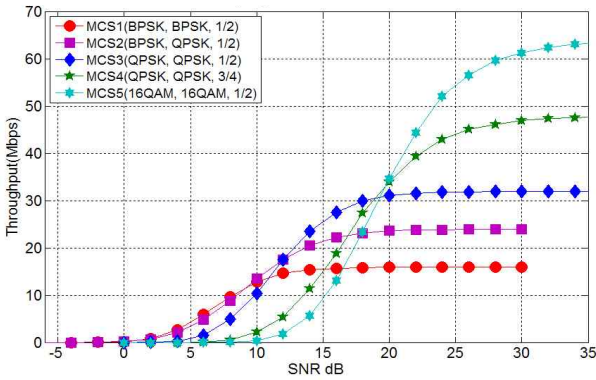


그림 12. 레일리 선택적 페이딩 채널 A에서 각 MCS 레벨들의 전송률

Fig. 12. Throughput of each MCS levels in Rayleigh Selective Fading Channel A.

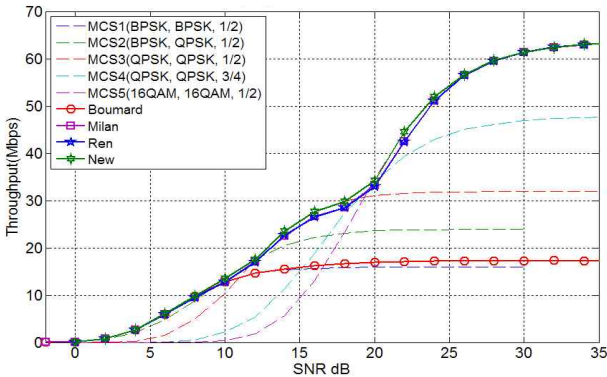


그림 13. 레일리 선택적 페이딩 채널 A에서 각 SNR 추정 알고리즘에 따른 AMC 기법의 전송률 비교

Fig. 13. Throughput comparison of AMC scheme according to each SNR estimation algorithm in Rayleigh Selective Fading Channel A.

레벨들의 전송률 성능을 나타내고 있으며, 다중경로 채널 영향으로 평탄 페이딩 채널에서의 전송률 보다 상대적으로 더 높은 SNR 지점에서 최대 전송률을 만족하는 것을 확인할 수 있다. 그림 13은 레일리 선택적 페이딩 채널 A에서 AMC를 적용했을 때 각 SNR 추정 알고리즘 전송률 성능을 나타내고 있다.

Boumard의 경우 SNR이 10dB 이상 확보되더라도 높은 SNR 추정 오류로 인해 MCS 레벨 1에 해당하는 최대 전송률밖에 만족하지 못한 것을 확인할 수 있다.

반면에 제안된 알고리즘 및 Ren, Milan 알고리즘은 대체적으로 SNR 추정이 잘 이루어지고 있으며 MCS 5에 해당하는 최대 전송률을 만족하고 있다. 또한, 제안된 알고리즘은 Ren 이나 Milan 알고리즘 보다 낮은 SNR 추정 오류를 갖기 때문에 평균적으로 가장 좋은 전송률을 보이는 것을 확인할 수 있다.

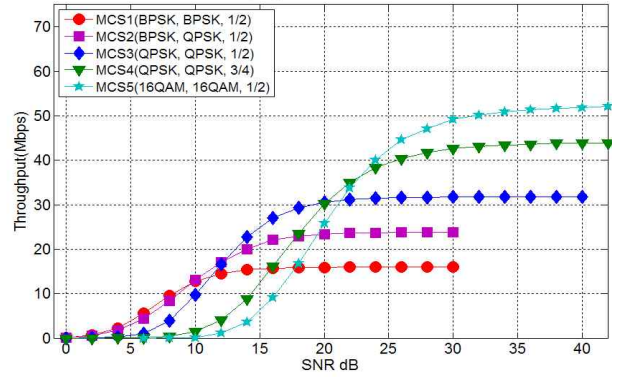


그림 14. 레일리 선택적 페이딩 채널 B에서 각 MCS 레벨들의 전송률

Fig. 14. Data rate of each MCS levels in Rayleigh Selective Fading Channel B.

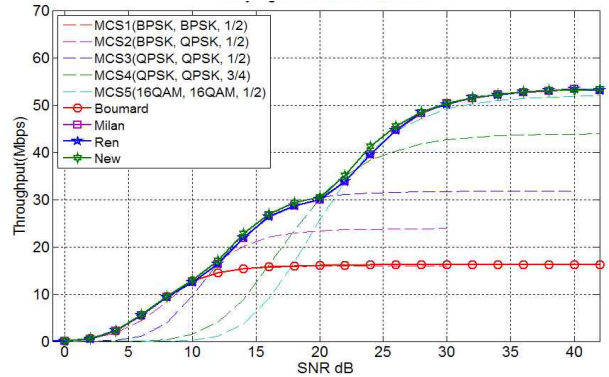


그림 15. 레일리 선택적 페이딩 채널 B에서 각 SNR 추정 알고리즘에 따른 AMC 기법의 전송률 비교

Fig. 15. Data rate comparison of AMC scheme according to each SNR estimation algorithm in Rayleigh Selective Fading Channel B.

그림 14는 레일리 선택적 페이딩 채널 B에서 각 MCS 레벨의 전송률 성능을 나타내고 있다. 채널 B의 최대 지연이 CP보다 크기 때문에 ISI(Inter Symbol Interference)가 발생함에 따라 각 MCS 레벨에 해당되는 조합의 최대전송률을 만족하지 못하는 것을 확인할 수 있다. 그림 15는 채널 B에서 AMC 기법의 전송률 성능 결과를 나타내고 있다. 채널 B에서 Boumard의 전송률 결과를 보면 채널 A에서와 마찬가지로 높은 SNR 추정 오류로 인해 가장 낮은 전송률을 보여주고 있다. 그 외 나머지 알고리즘의 경우 어느 정도 정확한 SNR 추정이 이루어지면서 최대 전송률을 만족하고 있으며 그 중 제안된 알고리즘의 평균 전송률이 가장 높은 것을 확인할 수가 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 프리앰블을 이용하여 기존의 채널 추정 과정 없이 SNR을 추정 할 수 있는 알고리즘을 제안하였다. 제안 알고리즘은 신호 파워가 1인 BPSK 또는 QPSK 시퀀스로 이루어져 있으며, 2개의 동일한 연속된 OFDM 심볼 크기의 프리앰블을 사용하였다. SNR 추정 과정은 두 수신 프리앰블의 차의 절대값의 제곱으로써 추정이 되고, 최종적으로 송신 파워 1에서 상대적인 잡음 파워의 변화를 통해 구해졌다.

모든 추정 알고리즘은 2×2 MIMO-OFDM 시스템을 고려하였으며, 모의실험 파라미터는 IEEE 802.11n 시스템을 고려하였다. 모의 실험결과, 모든 채널에 대해서 제안된 알고리즘의 경우 가장 낮은 추정 에러를 보이는 것을 확인할 수 있었다. 또한, IEEE 802.11n 시스템에서 각 알고리즘에 의해 추정된 SNR을 피드백 기반으로 AMC 기법을 적용해본 결과, 제안된 알고리즘을 적용한 AMC 기법이 가장 높은 전송률을 만족하는 것을 확인할 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] T. Keller and L. Hanzo, "Adaptive Multicarrier Modulation: A Convenient Framework for Time-Frequency Processing in Wireless Communications," Proc. IEEE, vol. 88, pp. 611-640, May 2000.
- [2] David R. Pauluzzi, NCBaulieu, "A comparison of SNR Estimation Techniques for the AWGN Channel," IEEE Tpn. Commun., Vol.48, pp1681-1691, October 2000.
- [3] H. Xu, G. Wei, and J. Zhu, "Novel SNR estimation algorithm for OFDM," pp. 3068 - 071, Proc. IEEE VTC, Vol. 5, June 2005.
- [4] F. Jiao, G. Ren and Z. Zhang, "New Noise Variance and Post Detection SNR Estimation Method for MIMO OFDM Systems," pp. 179-182, Proc. IEEE Conf. ICCT, Nov. 2008.
- [5] S. Boumard, "Novel noise variance and SNR estimation algorithm for wireless MIMO OFDM systems," in Proc. IEEE Global Telecommunications Conf. (Globecom), vol. 3, pp. 1330 - 1334, Dec. 2003.
- [6] G. Ren, H. Zhang and Y. Chang, "SNR estimation algorithm based on the preamble for OFDM systems in frequency selective channels," IEEE Trans. Commun., Vol. 57, No. 8, pp. 2230-2234, Aug. 2009.
- [7] M. Zivkovic and R. Mathar, "preamble-based SNR estimation in frequency selective channels for wireless OFDM systems," pp. 1-5, Proc. of IEEE VTC Spring, 2009.

— 저 자 소 개 —



서 창 우(학생회원)
 2009년 2월 상명대학교 정보통신
 공학과 학사.
 2011년 2월 전남대학교
 전자공학과 석사.
 2011년 3월~현재 전남대학교
 전자공학과 박사과정.

<주관심분야 : MIMO, OFDM>



세 를 리 포 루 투 갈(학생회원)
 2006년 파나마 공과대학 전자통신
 공학과 학사.
 2009년~현재 전남대학교
 전자공학과 석사과정.

<주관심분야 : MIMO, OFDM>



황 인 태(정회원)
 1990년 2월 전남대학교
 전자공학과 학사
 1992년 8월 연세대학교
 전자공학과 석사
 1999년 9월~2004년 2월
 연세대학교
 전기전자공학과 박사.

1992년 8월~2006년 2월 LG전자 책임 연구원
 2006년 3월~현재 전남대학교 전자컴퓨터공학부
 교수

<주관심분야 : 디지털통신, 무선통신시스템,
 mobile terminal system for next generation,
 physical layer software for mobile terminal,
 efficient algorithms for AMC, MIMO and
 MIMO-OFDM, Relaying scheme for wireless
 communication>