

논문 2008-45TC-9-2

AMC기법을 적용한 D-STTD 통신 시스템의 성능 분석

(A Throughput Analysis of the D-STTD Communication System with AMC Scheme)

이정환*, 윤길상*, 유철우**, 황인태***

(Jeong Hwan Lee, Gilsang Yoon, Cheolwoo You, and Intae Hwang)

요약

본 논문에서는 AMC(Adaptive Modulation and Coding)기법을 적용한 D-STTD(Double-Space Time Transmit Diversity) 통신 시스템을 제안하고, 모의실험을 통해 그 성능을 분석한다. AMC기법은 채널 응답의 정보를 바탕으로 적절한 채널 코딩율과 변조 기법을 선택하여 신호를 전송하는 기법으로 에러율과 전송률의 적절한 조화를 이끌어내어 전체 시스템의 전송률과 전송품질의 향상을 가져온다. D-STTD기법은 기존의 STTD(Space Time Transmit Diversity)기법을 전송률 측면에서 보완한 기법으로 STTD기법에 비해 약 2배의 전송률 향상을 가져온다. 모의실험 결과, SNR(Signal to Noise Ratio)이 좋아질수록 높은 MCS(Modulation and Coding Scheme)레벨을 선택하는 확률이 높아지는 것을 볼 수 있었으며, AMC기법을 적용한 D-STTD 통신 시스템은 AMC기법을 적용하지 않은 D-STTD 통신 시스템에 비해 전 SNR구간에서 고른 전송률 분포를 나타냈다. 또한 AMC기법을 적용한 D-STTD 통신 시스템은 기존 AMC 통신 시스템, 혹은 AMC기법이 적용된 STTD 통신 시스템보다 2배 높은 최대 전송률을 나타내었다.

Abstract

In this paper, we propose a D-STTD(Double-Space Time Transmit Diversity) communication system with AMC scheme and analyze its performance using simulation experiments. The AMC scheme selects an optimal channel coding rate and modulation scheme based on the channel response data for signal transmission, creating a balance between error rate and throughput to improve the overall system throughput and transmission quality. The D-STTD scheme complements the conventional STTD(Space Time Transmit Diversity) scheme, yielding about twice the throughput. The simulation results show that the probability of selecting a high MCS(Modulation and Coding Scheme) level increased as the SNR(Signal to Noise Ratio) improved. Furthermore, the D-STTD communication system with AMC scheme provided a more uniform throughput distribution throughout the entire SNR range compared to its counterpart which did not apply AMC scheme. Also, the maximum throughput of the D-STTD communication system with AMC scheme was twice that of a conventional AMC communication system or a STTD communication system with AMC scheme.

Keywords : AMC, MCS 레벨, STTD, D-STTD

I. 서론

차세대 무선 이동 통신은 고속 데이터 전송에 대한

요구가 급격히 증가함에 따라 이를 충족시키기 위한 방안으로 AMC, OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing), MIMO(Multiple Input Multiple Output) 및 H-ARQ(Hybrid-Automatic Repeat Request) 등 여러 가지 기술들이 도입될 예정이다.

AMC기법은 채널 상태에 따라 변조 및 코딩율을 변화시켜 전송률의 향상을 얻고자 하는 기법이며, 현재 Wibro(Wireless Broadband Internet), HSDPA(High Speed Downlink Packet Access) 등 여러 고속 무선 통

* 학생회원, *** 정회원, 전남대학교 전자공학과
(Department of Electronics Engineering,
Chonnam National University)

** 정회원, 명지대학교 통신공학과
(Department of Communication Engineering,
Myongji University)

접수일자: 2008년6월27일, 수정완료일: 2008년9월17일

신에 채택되었고, 지속적인 기술 개발을 통해 향후에도 도입될 많은 무선 통신 규격에도 표준으로 채택될 예정이다.

D-STTD기법은 기존 STTD기법을 전송률 측면에서 보완한 기법으로 많은 무선 통신 규격에서 논의되고 있는 기법이다.

본 논문에서는 AMC기법을 적용한 D-STTD 통신 시스템을 제안하고, 그에 대한 모의실험 결과를 분석할 것이며, 그 내용은 다음과 같이 구성되어 있다. II장에서는 AMC기법 및 D-STTD기법의 구조와 특성을 살펴본다. III장에서는 AMC기법을 적용한 D-STTD 통신 시스템을 제안하고, 그 구조 및 특성을 설명한다. IV장에서는 모의실험을 통해 제안한 시스템의 성능을 분석하고 검증한다. 마지막으로 V장에서 결론을 맺는다.

II. AMC기법 및 D-STTD기법의 개요

1. AMC기법의 개요

무선 이동 통신 환경은 그 특성상 채널 상태의 변화가 송·수신 전반에 미치는 영향이 매우 크다. 따라서 채널 상태 변화에 의한 악영향을 보완해주기 위해 전송 파라미터를 변화시키는 과정이 존재하는데 이를 링크 적응화(Link Adaptation)라고 한다. AMC기법은 이러한 링크 적응화의 한 가지 종류이며, 그 구조는 그림 1과 같다^[1~3]. 일반적인 무선 통신 환경에서 데이터는 채널 코딩, 인터리빙 및 변조 과정을 거쳐 전송된다. 채널을 통과하여 수신된 신호는 SNR을 기준으로 채널상태를 추정하는 과정을 거친 후 송신단의 역과정을 거쳐 원래 데이터로 복원된다. 이 때 추정된 채널 정보는 다시 송신단으로 보내지게 되며, 송신단은 이 정보를 기반으로 MCS레벨을 결정하여 채널 코딩, 인터리빙 및 변조 방식을 채널 상태에 적합하도록 변화시켜 전송을 수행하게 된다.

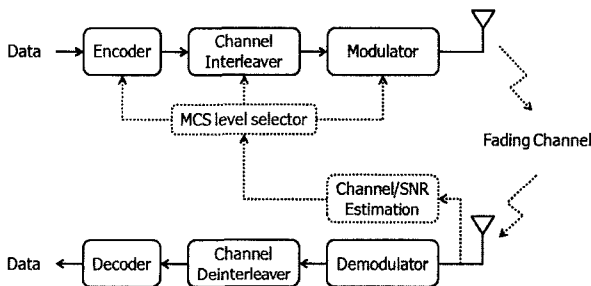


그림 1. AMC기법의 구조
Fig. 1. Structure of AMC scheme.

이처럼 AMC기법은 채널 상태에 따른 MCS레벨 선택을 통해 에러율과 전송률 성능의 적절한 조화를 이끌어내어 전체 시스템의 전송률과 전송품질의 향상을 도모한다.

2. D-STTD기법의 개요

D-STTD기법은 MIMO기법의 한 가지 종류로 Alamouti가 제안한 STTD기법을 확장한 형태이다^[4~6]. 기존 STTD기법이 다이버시티 이득만을 얻을 수 있었던 것에 비해 D-STTD기법의 경우 다이버시티 이득뿐만 아니라 멀티플렉싱 이득도 함께 얻을 수 있게 되므로 매우 효과적인 MIMO기법이라고 할 수 있으며, 전체적인 전송 패턴은 그림 2와 같다.

다음은 D-STTD기법의 수신 신호를 간단한 행렬 형태의 연산으로 나타낸 것이다.

$$\begin{bmatrix} r_1 \\ r_2^* \\ r_3 \\ r_4^* \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{13} & h_{14} \\ h_{12}^* & -h_{11}^* & h_{14}^* & -h_{13}^* \\ h_{21} & h_{22} & h_{23} & h_{24} \\ h_{22}^* & -h_{21}^* & h_{24}^* & -h_{23}^* \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_1 \\ s_2 \\ s_3 \\ s_4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} n_1 \\ n_2^* \\ n_3 \\ n_4^* \end{bmatrix} \quad (1)$$

여기서 r 은 수신 신호를 나타내며, h, s, n 은 각각 채널 응답, 송신 신호, 잡음을 나타낸다. 채널 응답의 경우 h_{ij} 의 형태로 표기되어 있는데, 이는 j 번째 송신 안테나와 i 번째 수신 안테나 사이의 채널 응답을 뜻하며, 이 각각의 채널 응답들은 i.i.d.(independent and identically distributed)이고, 평균이 0인 복소 가우시안 분포를 따른다. 잡음 n 은 평균이 0, 분산이 $\sigma^2 I$ 인 AWGN (Additive White Gaussian Noise)이다.

식 (1)과 그림 2로부터 D-STTD기법은 두 타임 슬롯 동안 4개의 심벌이 전송되는 것을 확인할 수 있는데, 이는 STTD기법의 2배에 해당하는 전송률이며 이를 멀티플렉싱 이득이라고 한다.

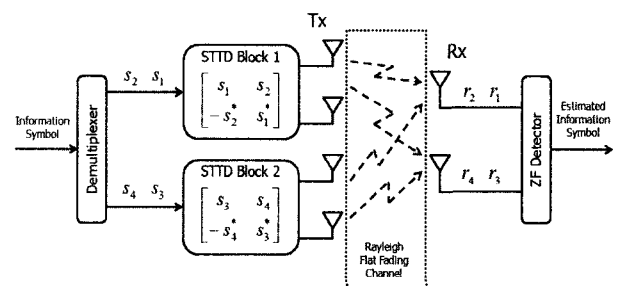


그림 2. D-STTD기법의 구조
Fig. 2. Structure of D-STTD Scheme.

III. AMC기법을 적용한 D-STTD 통신 시스템

기존의 D-STTD 통신 시스템의 경우 채널 응답의 상태 변화에 관계없이 일정한 채널 코딩율과 변조 기법을 사용하기 때문에 어느 정도의 SNR이 확보되지 않는 환경일 경우 낮은 채널 코딩율과 낮은 변조 기법을 고정적으로 선택하여 사용할 수밖에 없는 한계를 가지고 있다.

하지만 AMC기법을 적용한 D-STTD 통신 시스템은 SNR정보에 기반을 둔 MCS 레벨 선택을 통해 채널 코딩율과 변조 기법을 채널 응답 상태의 변화에 따라 유동적으로 적용시키게 되므로 어떠한 SNR상태에서도 가장 효율적인 전송률을 확보할 수 있게 된다.

그림 3은 AMC기법을 적용한 D-STTD 통신 시스템의 전체 구조도이다. II장 2절에서 설명한 D-STTD기법에 AMC기법을 적용하여 전체 통신 시스템의 구조가 완성됨을 볼 수 있다. 처음 생성된 데이터는 MCS 레벨 선택기에 의해 선택된 채널 코딩, 인터리빙 과정을 거친 후에 MCS 레벨 선택기가 선택한 변조 기법을 따라 변조 과정을 거치게 된다. 변조 과정까지 마친 신호는 D-STTD 인코더를 통해 적절히 인코딩되어 전송되며, 채널을 통과한 신호는 수신단에서 D-STTD 디코더를 거쳐 원래 신호의 추정값으로 변환된다. 이 후의 과정은 송신단의 역과정이며, 이를 통해 원래 신호로 복원된다.

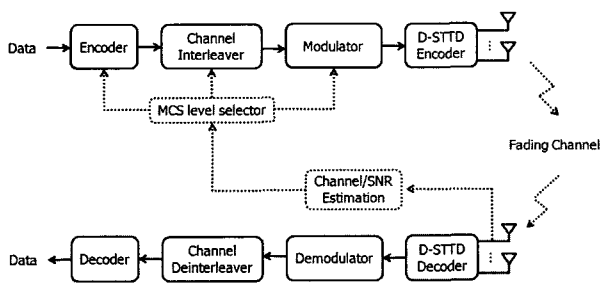


그림 3. AMC기법을 적용한 D-STTD 통신 시스템의 구조
Fig. 3. Structure of D-STTD communication system with AMC scheme.

IV. 모의실험 결과 분석

이 장에서는 기존의 시스템과 AMC기법을 적용한 D-STTD 통신 시스템의 전송률을 비교 및 분석한다. 모의실험에 사용된 MCS 레벨 선택 기준 및 모의실험

파라미터는 표 1과 2에 나타내었으며, 이는 HSDPA 및 3G LTE(Long Term Evolution)의 표준안을 근거로 적절히 구성한 것이다^[7~9].

그림 4는 Rayleigh Flat Fading 채널에서 고정 MCS 레벨에 대한 D-STTD 4x2 통신 시스템의 전송률 성능을 나타낸다. III장에서 언급하였던 것처럼 MCS 레벨 1(QPSK, 터보 코드 1/3)이 적용된 경우 SNR이 약 2dB 이상일 경우에 프레임 손실 없이 데이터가 수신되지만, MCS 레벨 4(64QAM, 터보 코드 1/2)를 적용된 경우에는 SNR이 약 18dB이상일 경우부터 프레임이 손실되지

표 1. MCS 레벨
Table 1. MCS Levels.

MCS Level	데이터율 (kbps)	프레임당 비트수	코드율	변조방식	전송률 (15codes)
1	180.0	1800	1/3	QPSK	2.7 Mbps
2	360.0	3600	1/2	QPSK	5.4 Mbps
3	536.0	5360	1/2	16QAM	8.0 Mbps
4	720.0	7200	1/2	64QAM	10.8 Mbps

표 2. 모의실험 파라미터
Table 2. Simulation Parameters.

Parameter	Value
변조 방식	QPSK, 16QAM, 64QAM
채널 코딩 기법	터보 코드
코드율	1/3, 1/2
송신안테나 수	4, 2, 1
수신안테나 수	2, 1
채널	Rayleigh Flat Fading
신호 검출 기법	ZF(Zero Forcing)

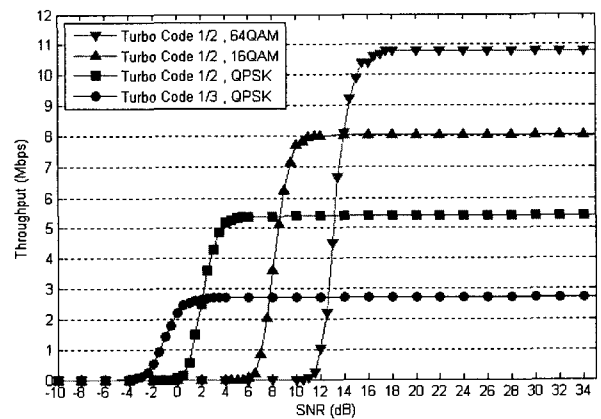


그림 4. Rayleigh Flat Fading 채널에서 고정 MCS레벨에 따른 D-STTD 4x2 통신 시스템의 전송률
Fig. 4. Throughput of a D-STTD 4x2 communication system for a fixed MCS level in the Rayleigh Flat Fading channel.

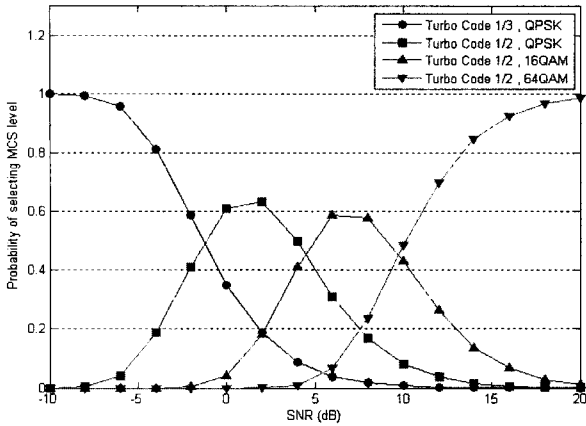


그림 5. AMC기법이 적용된 D-STTD 4x2 통신 시스템의 MCS 레벨 선택 확률

Fig. 5. Probability of MCS level selection in a D-STTD 4x2 communication system with AMC scheme.

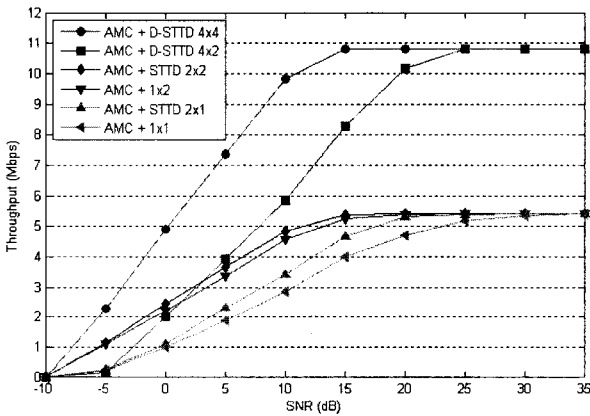


그림 6. Rayleigh Flat Fading 채널에서 각 시스템의 전송률

Fig. 6. Throughput of each system in the Rayleigh Flat Fading channel.

않고 전송되는 것을 볼 수 있다. 즉, AMC기법을 적용하지 않고 특정 채널 코딩율과 특정 변조방식 각각 하나씩만을 선택해야 한다고 가정하면 MCS 레벨 3이나 4의 경우에 해당하는 코딩율이나 변조방식은 낮은 SNR구간에서 프레임 에러 확률이 매우 높아 처음부터 적용을 배제시킬 수밖에 없다는 뜻이다.

그림 5는 Rayleigh Flat Fading 채널에서 AMC기법을 적용한 D-STTD 4x2 통신 시스템의 MCS 레벨 선택 확률을 전체 확률 1로 환산하여 나타낸 것이다. SNR이 낮을 경우 전송률이 낮은 MCS 레벨을 선택하고, 반대로 SNR이 높아져서 채널환경이 양호해질수록 보다 높은 MCS 레벨을 선택하는 확률이 높아지는 경향을 볼 수 있다.

그림 6은 Rayleigh Flat Fading 채널에서 각 통신 시

스템의 전송률 성능을 나타낸다. AMC기법만 적용된 기존 통신 시스템의 경우 가장 낮은 전송률을 보였으며, AMC기법이 적용된 STTD 2x1 통신 시스템은 송신 다이버시티 효과로 인해 평균 전송률은 조금 향상되었으나 최대 전송률은 AMC기법만 적용된 기존의 통신 시스템과 동일한 것을 볼 수 있다. AMC기법이 적용된 STTD 2x2 통신 시스템은 송신 다이버시티 효과에 수신 다이버시티 효과까지 더해져 전 SNR구간에서 평균 전송률이 향상되었다.

AMC기법을 적용한 D-STTD 4x2 통신 시스템은 기존의 AMC기법만 적용된 통신 시스템이나 AMC기법이 적용된 STTD 통신 시스템에 비해 최대 전송률이 2배 높아졌음을 확인할 수 있는데, 이는 II장 2절에서 언급한 D-STTD기법의 멀티플렉싱 이득에 기인한 결과이다.

뿐만 아니라 그림 4와 그림 6의 비교를 통해 AMC기법의 적용 없이 고정된 코드율과 변조 방식을 적용한 D-STTD 4x2 통신 시스템보다 AMC기법을 적용한 D-STTD 4x2 통신 시스템이 전 SNR구간에서 고른 전송률 성능을 나타낸다는 것을 볼 수 있다.

AMC기법을 적용한 D-STTD 4x4 통신 시스템의 경우 AMC기법을 적용한 D-STTD 4x2 통신 시스템에 수신 다이버시티의 효과가 더해져 평균 전송률이 증가하였다.

V. 결론

본 논문에서는 AMC기법을 적용한 D-STTD 통신 시스템을 제안하고, 그에 대한 구조 및 특성에 대해 살펴본 후, 성능을 비교 분석 하였다. 모의실험 결과 기존의 AMC 통신 시스템, AMC기법이 적용된 STTD 통신 시스템에 비해 제안한 시스템이 대부분의 SNR구간에서 전송률의 향상을 보였으며, 최대 전송률은 2배 높은 결과를 나타냈다. 뿐만 아니라 AMC기법의 효과로 인해 하나의 코딩율과 하나의 변조 방식을 택하였을 때에 비해 전 SNR구간에서 고른 전송률을 보였다.

향후 연구 과제로 비대칭 변조 기술, 안테나 서플링 및 여러 검출 기법들을 AMC기법이 적용된 D-STTD 통신 시스템에 접목시켜 전 SNR구간에서 전송률과 전송품질을 확보할 수 있는 방안을 찾는 것을 고려할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] B. Vucetic, "An adaptive coding scheme for time-varying channels," IEEE Trans. on Comm., Vol.39, pp. 653-663, May 1991.
- [2] A. J. Goldsmith and S. G. Chua, "Variable-Rate Variable-Power MQAM for Fading Channels," IEEE Trans. on Comm., Vol.45, No.10, pp.1218-1230, October 1997.
- [3] A. J. Goldsmith and S. G. Chua, "Adaptive Coded Modulation for Fading Channels," IEEE Trans. on Comm., Vol.46, No.5, pp.595-602, May 1998.
- [4] S. M. Alamouti, "A Simple Diversity Technique for Wireless Communications," IEEE J. Select. Areas Comm., Vol.16, No.8, pp.1451-1458, October 1998.
- [5] Texas Instruments, "Double-STTD scheme for HSDPA systems with four transmit antennas: Link Level Simulation Results," TSG-R WG1 document, TSGR1#20(01)0458, Busan, Korea, 21-24 May, 2001.
- [6] Hoojin Lee, Powers E. J., Joonhyuk Kang "Low-complexity ZF detector for D-STTD systems in time-selective fading channels," Vehicular Technology Conference, 2005. VTC-2005-Fall. 2005 IEEE 62nd, pp.2043- 2047, 25-28 Sept., 2005.
- [7] 3GPP TS 25.212 TSG RAN Multiplexing and channel coding (FDD)
- [8] 3GPP TS 25.222 TSG RAN Multiplexing and channel coding (TDD)
- [9] 3GPP TS 25.944 TSG RAN Channel coding and multiplexing examples

저 자 소 개



이 정 환(학생회원)
 2008년 2월 전남대학교
 전자컴퓨터공학부 학사
 2008년 3월~현재 전남대학교
 전자공학과 석사과정
 <주관심분야 : 이동통신, MIMO 시스템>



윤 길 상(학생회원)
 2008년 2월 전남대학교
 전자컴퓨터공학부 학사
 2008년 3월~현재 전남대학교
 전자공학과 석사과정
 <주관심분야 : 이동통신, 무선통신>



유 철 우(정회원)
 1993년 2월 연세대학교
 전자공학과 학사
 1995년 2월 연세대학교
 전자공학과 석사
 1999년 2월 연세대학교
 전자공학과 박사
 1999년 1월~2003년 4월 LG전자 책임 연구원
 2003년 9월~2004년 6월 EoNex 책임 연구원
 2004년 7월~2006년 8월 삼성전자 책임 연구원
 2006년 9월~현재 명지대학교 통신공학과 교수
 <주관심분야 : New Multiple Access schemes, Adaptive Resource Allocation, AMC, MIMO systems, advanced FEC, Relay schemes for 4G communication systems>



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>