

---

# STTD 기법을 적용한 적응변조시스템의 성능 평가

강도욱\* · 강희조\*\*

Performance Evaluation of Adaptive Modulation System with STTD

Do-Wook Kang\* · Heau-Jo Kang\*\*

---

본 논문은 정보통신부의 출연금 등으로 수행한 정보통신연구개발사업의 연구결과입니다.

---

## 요 약

본 논문에서는 STTD(Space Time Transmit Diversity)를 적용한 적응변조 시스템의 성능을 분석하였다. 무선채널 환경에서는 지연파에 의한 ISI(Intersymbol interference)간섭으로 인해 전송 오류를 증가시키게 된다. 따라서, ISI간섭의 영향을 줄이기 위해 STTD를 적용함으로써 적응변조시스템의 성능개선 정도를 분석하였다. 결과에 의하면, STTD를 적용함에 따라 더 낮은 SNR에서도 변조 다차수가 높은 변조 모드를 선택할 수 있기 때문에 고속·고품질의 데이터 전송이 가능함을 알 수 있었다.

## ABSTRACT

In this paper, We analysed performance of adaptive modulation system with STTD. Transmission error of system is increased by ISI according to delay wave in wireless channel environment. Therefore, We analysed performance that it is applied adaptive modulation system with STTD to reduce ISI's effect.

As a results, Data transmission of high speed·high quality could know possible by applying adaptive modulation system with STTD. Because of selected high modulation mode in low SNR.

## 키워드

Adaptive Modulation, STTD, Transmit Diversity

## I. 서 론

최근 정보화 사회가 가속화됨에 따라 무선 채널을 통한 고속 및 양질의 음성, 데이터 영상을 동시에 수용하는 멀티미디어 통신 시스템에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다[1],[2]. 이동 통신에서는 다중 경로 페이딩에 의해 전송로 특성은 크게 변동한다. 이와 같은 전송로에 대해 종래에는 전송로 상황이 어느 정도 열악한 상태에 있어서도 소량의 품질을 만족하

도록 회선 설계를 행하였다. 그 때문에 상당히 높은 시간율에서 16QAM, 64QAM 등의 변조 다차수가 커다란 변조 방식에서 충분한 전송 품질이 얻어지는 것에 관계없이 변조 다차수가 작은 변조방식이 고정적으로 이용되어 왔다. 따라서, 고속 데이터 전송 환경에서도 안정적인 수신 서비스 품질을 보장하기 위한 방안으로 채널 환경에 따라 송신 전력 및 전송률

---

\*동신대학교 전기전자공학과

\*\*목원대학교 IT공학부 컴퓨터·멀티미디어 소학부

을 제어함으로써 안정적인 서비스 품질을 유지하면서 전송률을 최대로 할 수 있는 적응 변조방식이 연구되고 있다[3]-[5].

본 논문에서는 적응변조기법을 적용한 시스템을 모델링하여 다중 경로 페이딩 환경에서 시스템 성능을 분석하였다. 또한, 성능개선을 위해 STTD기법을 적용하여 시스템의 성능을 분석하였다.

II장에서는 고려한 시스템 모델과 STTD에 대해 기술하였고, III장에서는 지연시간에 따른 각 변조방식의 성능을 분석하고 STTD를 적용한 적응변조시스템을 시뮬레이션을 통해 비교·분석하였다. 마지막으로 IV에서 결론을 맺는다.

## II. 본 론

### 1. STTD를 적용한 시스템 모델

입력되는 정보 데이터는 채널추정을 통해 정해진 변조 모드에 따라 변조를 행하고 STTD Encoding을 통해 두 개의 안테나로 정보 데이터를 전송한다. 채널 추정을 위해 각 안테나의 프레임 구조에 CE(Channel Estimate)라는 정보데이터를 추가한다 [6]. CE는 각 안테나에 CE1과 CE2를 삽입하고 다른 안테나로부터 오는 간섭의 영향을 줄이기 위해 그림 1과 같이 dummy를 삽입한 프레임 구조를 사용하였다.

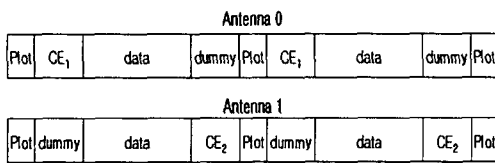


그림 1. 각 안테나의 프레임 구조  
Fig 1. Frame structure of each antenna

그림 2는 본 논문에서 고려한 STTD를 적용한 적응변조 시스템의 블록도이다.

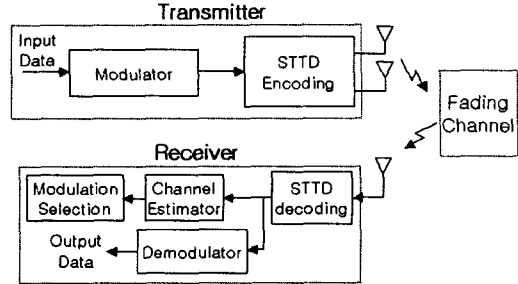


그림 2. STTD를 적용한 적응변조 시스템 모델  
Fig 2. Adaptive modulation system model with STTD

### 2. STTD(Space Time Transmit Diversity)

STTD는 주어진 심벌기간 T동안 두 개의 다른 신호가 동시에 전송이 되며 안테나 0에서 신호 S0와 안테나 1에서 신호 S1이 전송된 후 다음 심벌 주기 동안인 2T에는 (-S1\*)과 S0\*이 각각의 안테나에서 전송이 된다.

두 개의 안테나로 전송된 신호는 한 개의 수신 안테나로 받기 때문에 안테나 0, 1에 대한 신호를 구분을 해야 한다. 안테나 자체의 구분은 CPICH(Common Pilot Channel) 이라는 파일럿 채널로 안테나를 구별한다. 또한 STTD는 안테나 0, 1에서 CPICH 채널을 이용하여 각각의 송신안테나와 수신안테나간의 채널을 완벽히 검출할 수 있다고 가정된 뒤 이것의 Conjugate 값을 가중치로 보고 신호를 검출하게 된다[7],[8]. 그림 3은 STTD의 블록도를 나타내고 있다.

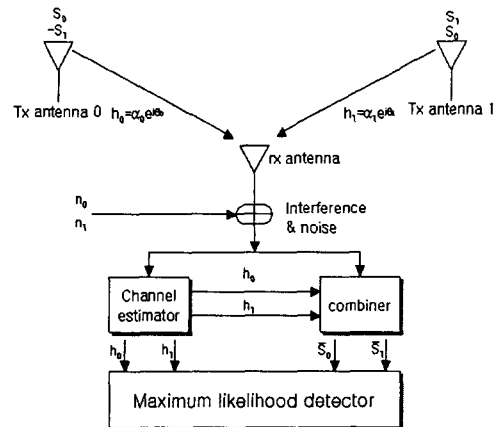


그림 3. 시공간 전송다이버시티 기법  
Fig. 3 Space time transmit diversity scheme

STTD기법에 있어서 수신신호를 얻기 위해서는 다음과 같은 가정을 전제로 한다.

첫째, 안테나 0과 안테나 1의 채널 정보는 각각의 안테나에서 보내는 파일럿 신호에 의해서 결정된다.

둘째, T, 2T 주기 동안의 심벌 S0와 S1이 서로 구분이 가능하다.

셋째, 두 심벌 주기동안에 안테나 0과 안테나 1의 채널 정보( $h_0, h_1$ )는 일정하다.

### III. STTD를 적용한 적응변조 시스템 분석

본 논문에서는 QPSK, 16QAM, 64QAM의 변조방식을 사용하는 적응 변조시스템의 성능을 분석하였다. 무선채널 환경에서는 지연파에 의한 ISI간섭으로 인해 전송 오류를 증가시키게 된다. 따라서, ISI간섭의 영향을 줄이기 위해 STTD를 적용함으로써 적응 변조시스템의 성능개선 정도를 분석하였다. 고려한 적응변조시스템의 변조 모드 결정을 위한 기준으로 지연시간과 수신 SNR을 고려하였고 SNR 10dB 이하의 변조방식은 QPSK를 사용하였다.

그림 4는 AWGN 환경에서 각 변조 모드에 따른 성능을 이론치와 시뮬레이션을 통해 분석하였다. AWGN 환경에서 각 변조 모드에 따라 기준이 되는 오류(10-3)을 만족하는 SNR을 산출하였고 그 결과는 QPSK 모드에서는 12dB, 16QAM 모드에서는 17.5dB, 64QAM 모드에서는 24dB로 나타났다.

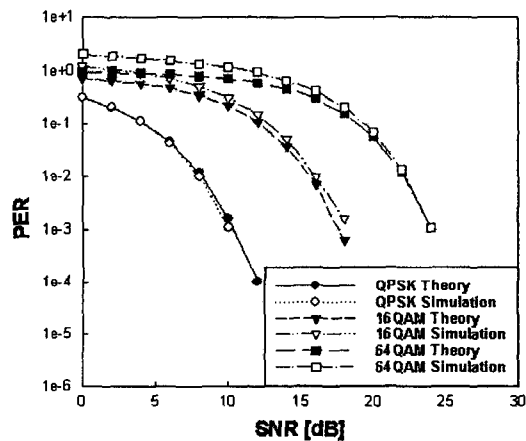


그림 4. AWGN 환경에서 각 변조방식에 따른 성능  
Fig. 4 Performance according to modulation mode in AWGN environment

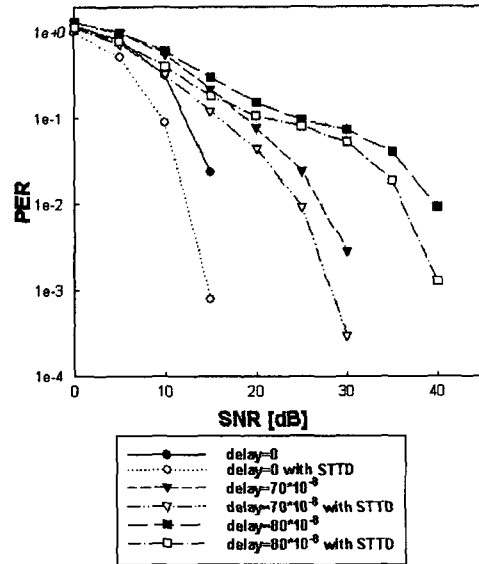


그림 5. 다중경로 페이딩 환경에서 STTD를 적용한 16QAM시스템의 성능  
Fig. 5 Performance of 16QAM system with STTD in multipath fading environment

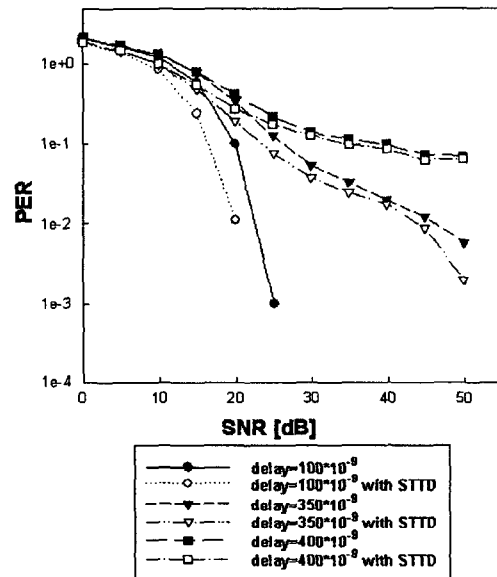


그림 6. 다중경로 페이딩 환경에서 STTD를 적용한 64QAM시스템의 성능  
Fig. 6 Performance of 64QAM system with STTD in multipath fading environment

그림 5, 6은 지연시간에 따른 각 변조 모드별 성능 분석 그래프이다. STTD를 적용하지 않는 16QAM의 경우 지연시간  $70 \times 10^{-8}$ 보다 큰 지연시간에서는 급격히 성능의 열화가 나타남을 알 수 있고 STTD를 적용함으로써 기준이 되는 오율을 만족하기 위한 SNR이 약 6dB 정도 이득이 있음을 알 수 있다. 또한,  $350 \times 10^{-9}$ 의 작은 지연시간에서 64QAM의 경우는 STTD를 적용함으로써 약 8dB정도 SNR의 이득이 있음을 알 수 있다. 이러한 결과로 인해 적응 변조시스템의 변조 모드 결정을 위한 기준 SNR이 낮아짐으로써 더 낮은 SNR에서도 기준이 되는 오율을 만족하는 적응변조 시스템을 구현할 수 있음을 알 수 있다. 그림 7은 변조 모드 결정을 위한 기준을 그래프를 통해 나타내었다. 기준오율 ( $10^{-3}$ )을 만족하고 전송용량을 최대로 할 수 있는 변조 모드 결정기준을 지연시간과 SNR을 통해 산출했다.

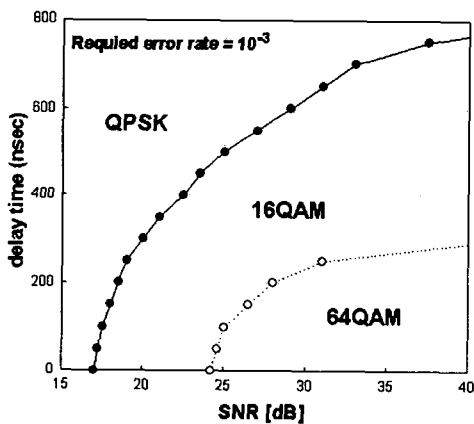


그림 7. 변조 모드 결정을 위한 기준  
Fig. 7 Chart for selecting modulation scheme

그림 8은 SNR 25dB 고정에서 STTD를 적용한 시스템과 적용하지 않은 시스템에 대해 지연시간에 따른 전송 용량을 분석한 그래프이다. STTD를 적용한 적응 변조시스템인 경우 지연시간이 큰 채널환경에서도 고속의 데이터 전송이 가능함을 알 수 있다.

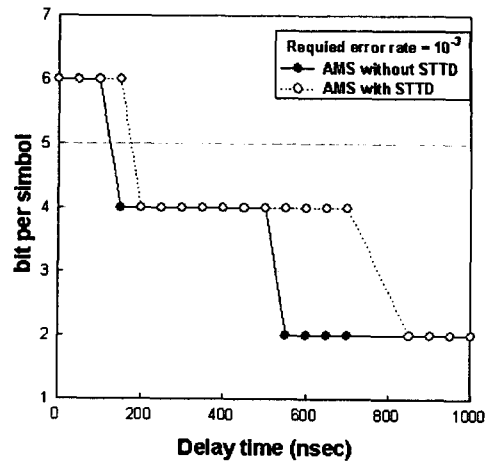


그림 8. 지연시간에 따른 적응변조 시스템의 전송용량 분석 (SNR=25dB)

Fig. 8 Transmission rate analysis of adaptive modulation system according to delay time (SNR=25dB)

그림 9는 STTD를 적용함으로써 적응변조 시스템의 성능과 전송용량의 증가를 나타내고 있다. STTD를 적용하지 않은 시스템인 경우 수신 SNR이 18dB와 27dB에서 변조모드의 변화가 이루어졌고 변조 모드 변화 시점에서 성능의 열화가 일어나지만 기준 오율을 만족하고 데이터 전송속도는 증가함을 알 수 있다. 또한, STTD를 적용함으로써 변조 모드 선택을 위한 SNR이 16QAM의 경우 약 3dB, 64QAM의 경우 약 4dB 낮아지고 전송 용량은 STTD를 적용하지 않은 시스템에 비해 증가함을 알 수 있다.

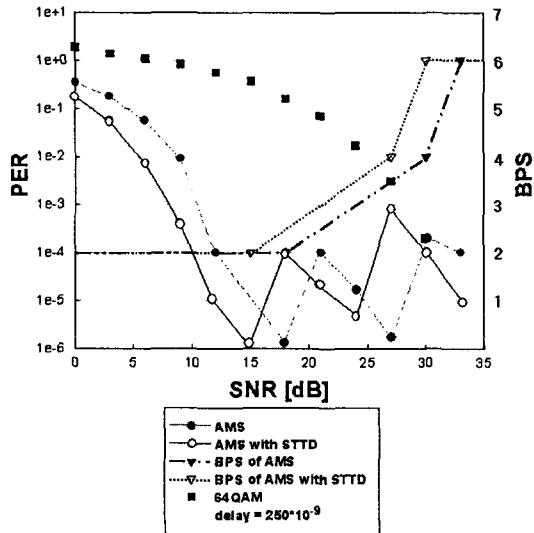


그림 9. 다중경로 페이딩 환경에서 적응변조 시스템의 성능 분석

Fig. 9 Performance analysis of adaptive modulation system in multipath fading environment

### V. 결론

본 논문에서는 변조 모드 QPSK, 16QAM, 64QAM을 사용하는 적응변조 시스템을 모델로 STTD를 적용하였을 때 성능의 개선정도를 시뮬레이션을 통해 비교·분석하였다. 분석 결과에 의하면 변조 모드 변화 시점에서 성능의 열화가 일어나지만 기준 오류율을 만족하고 데이터 전송속도는 증가함을 알 수 있었다. 또한, STTD를 적용함에 따라 더 낮은 SNR에서도 변조 다차수가 높은 변조 모드를 선택함으로써 고속·고품질의 데이터 전송이 가능함을 알 수 있었다.

본 과제(결과물)는 정보통신부의 출연금 등으로 수행한 정보통신연구개발사업의 연구결과입니다.

### 참고문헌

- [1] Y. Sakamoto, M. Morimoto, M. Okada, and S. Komaki, "A wireless multimedia communication system using hierarchical modulation", IEICE Trans. Commun., vol. E81-B, no. 12, Dec. 1998.
- [2] S. Sampei, S. Komaki, and N. Morinaga, "Adaptive modulation/TDMA scheme for large capacity personal multi-media communication systems," IEICE Trans. Commun., vol. E77-B, no. 9, Sep. 1994.
- [3] M. Alouini, X. Tang, and A. Goldsmith, "An adaptive modulation scheme for simultaneous voice and data transmission over fading channels," IEEE J. Sel. Areas Commun., vol. 17, no. 5, pp. 837-850, May. 1999.
- [4] H. Harada, T. Yamamura, Y. Kamio, and M. Fujise, "Adaptive modulated OFDM radio transmission scheme using a new channel estimation method for future broadband mobile communication systems," IEICE Trans. Commun., vol. E85-B, no. 12, Dec. 2002.
- [5] I. Koo, Y. Lee, and K. Kim, "Performance analysis of CDMA systems with adaptive modulation scheme," IEICE Trans. Commun., vol. E86-B, no. 1, Jan. 2003.
- [6] N. Seshadri and J.H. Winters, "Two signaling schemes for improving the error performance of FDD transmission systems using transmitter antenna diversity," Proc. 1993 IEEE Vehicular Technology Conf. (VTC 43rd), vol. 2, pp. 508-511, May. 1993.
- [7] S.M. Alamouti, "A simple transmit diversity technique for wireless communications," IEEE J. Sel. Areas Commun., vol. 16, no. 8, pp. 1451-1458, Oct. 1998.
- [8] J. Zhou, H. Kikuchi, S. Sasaki, S. Muramatsu, and Y. Onozato, "Performance investigation of two transmit diversity schemes with perfect/imperfect channel evaluation in wireless communications," IEICE Trans. Commun., vol. E85-B, no. 10 Oct. 2002.

저자소개



강도욱(Do-Wook Kang)

2002년 2월 : 동신대학교 전기전자  
공학과 졸업(공학사)

2002년 3월~현재 : 동신대학교 전  
기전자공학과 석사과정

※관심분야: 무선통신, IMT-2000, 적응변조시스템, 무  
선LAN



강희조(Heau-Jo Kang)

1994년 2월 : 한국항공대학교 항공  
전자공학과(공학박사)

1994년 7월~1995년 12월 : 전자통  
신연구원 위성망연구소 초빙연구원

1996년 8월~1997년 8월 : 일본 오사카대학교 공학부  
통신공학과 객원 교수

1998년 3월~1998년 8월 : 전자통신연구원 무선이동  
위성통신시스템 연구소 초빙연구원

1990년 3월~2003년 2월 : 동신대학교 전기전자정보  
통신공학부 교수

2003년 3월~현재 : 목원대학교 IT공학부 컴퓨터·멀  
티미디어 소학부 조교수

※관심분야: 무선통신, 이동통신 및 위성통신, 멀티미  
디어 통신, 환경전자공학, 무선광통신, 밀리미터파,  
UWB통신, 유비쿼터스