레일리 페이딩 채널에서 전송 안테나 다이버시티 기법을 적용한 Adaptive Modulation and Coding의 성능 분석

김 인 경, 김 주 응, 강 창 언, 홍 대 식
연세대학교 전기전자공학과
전화 : 02-2123-2865

Performance of Adaptive Modulation and Coding with Transmit Diversity in Rayleigh fading Channel

Inkyoung Kim, Jooeung Kim, Changeon Kang, Daesik Hong
Department of Electrical and Electrononic Engineering, Yonsei University
E-mail : inni96@catseye.yonsei.ac.kr

Abstract

A key requirement for packet based wireless communication systems is to provide a high data rate packet service and improved throughput. To achieve a high throughput, adaptive methods for adjustment of the modulation and coding can be used.

In this paper, we propose and analyze a scheme which is a combination of an adaptive modulation and coding(AMC) and transmit diversity(TD). Two different TD schemes are analysed: STTD and STD. Proposed system provides significant improvement in the average throughput.

Ⅰ. 서론

기존의 이동 통신은 간단한 문자나 음성 등 비교적 낮은 전송률을 갖는 데이터의 전송이 주를 이루었다. 그러나 사용자가 증가하고 요구하는 데이터량이 증가함에 따라 고속의 데이터 전송이 필요하게 되었다. 고속 데이터 서비스를 위해서 IMT-2000 에서는 각각 1xEV-DO(DV), HSDPA를 고려하고 있다.

이 두 시스템은 서킷 전송이 아닌 패킷 전송을 하는데 인터넷과 같은 환경의 특성상 상대적으로 고속의 데이터가 전송되는 순방향 링크가 중요시된다. 순방향 링크의 전송률의 증가시키기 위해서 1xEV-DO(DV), HSDPA에서는 채널환경에 따라 변조방법과 코드율을 변화시키는 AMC(Adaptive Modulation and Coding) 방식을 채택하고 있다.

본 논문에서는 순방향 링크에서 AMC기법과 전송 다이버시티(Transmit Diversity)를 적용한 시스템을 구현하고 성능을 분석한다.

Ⅱ. 기본 이론

이동 통신 환경에서는 기지국과 단말기의 거리에 따라서 수신 신호의 품질이 달라진다. 시스템 성능을 증가시키기 위해서 사용자에 따라 전송된 신호를 채널에 맞게 조절해야 하는데 이를 Link Adaptation이라 한다. Link Adaptation의 방법으로 FPC(Fast Power Control)과 AMC가 있다. 기존의 이동 통신에서 사용되고 있는 FPC는 기지국으로부터 가까운 사용자에게는 약한 신호를, 먼 사용자에게는 강한 신호를 보낸다. 이렇게 할 때

기지국과의 거리와 관계없이 동일한 서비스 품질을 유지할 수 있다. AMC는 FPC와는 달리 채널 상태에 따라 변조방식과 코드율을 바꾸는 방법이다. 채널환경이 좋을 때에는 높은 차수의 변조방식과 높은 코드율로 보내고, 열악한 환경일 때는 낮은 차수의 변조방식과 낮은 코드율로 보낸다. 즉, FPC는 서비스 품질을 유지하는 것, AMC는 채널환경에 맞는 전송율을 지원하는 것이 주목적이다. AMC는 FPS에 비해 데이터 전송효율이 높고 실시간이 아닌 패킷전송에 적합하다.[2][3]

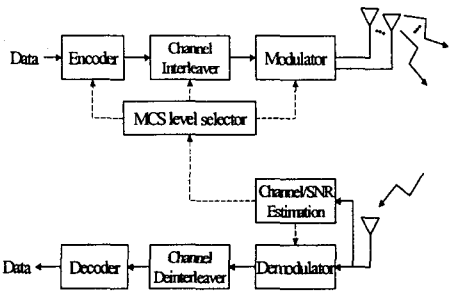
이상에서 볼 수 있듯이 기존의 방식에 비해 AMC는 크게 두 가지의 장점을 갖는다. 첫째, 전송 전력을 변화시키는 대신 변조와 코딩을 변화시키는 Link Adaptation 기법을 씀으로써 간섭을 일정한 수준으로 유지시킨다. 둘째, 좋은 환경에 있는 사용자에게 고속의 데이터를 전송함으로써 결과적으로 셀의 평균 전송효율을 증가시킨다.

그러나 AMC 방법은 채널 추정의 오류와 시간 지연에 민감하다는 단점이 있는데 이는 H-ARQ로 보상될 수 있다. H-ARQ의 장점은 채널 환경에 적응이 강하고 채널 추정상의 오류와 시간 지연에도 민감하지 않다는 점이다.[1]

전송 효율을 증가시키기 위한 다른 방법으로 전송 다이버시티 기법이 있다.

전송 다이버시티 기법은 하나의 수신안테나와 여러 개의 송신 안테나를 사용한다. 일반적으로 이동 통신 채널 환경에서 채널이 null에 빠지는 경우 성능의 저하가 발생한다. 전송 다이버시티 기법을 사용하면 다이버시티 효과로 인해서 채널이 null에 빠질 확률이 줄어들며, 이를 통해서 시스템의 성능이 향상된다. 또한 전송 다이버시티 기법은 기지국에서 2개 이상의 안테나를 사용하고 단말기에서는 하나의 안테나를 사용함으로써 단말기의 부담을 줄여주면서 성능 향상을 얻을 수 있다.

이러한 전송 다이버시티 기법은 크게 개루프와 폐루프로 나뉜다. 개루프는 수신단에서 채널에 대한 정보를 모르고 폐루프는 채널에 대한 정보를 알고 있기 때문에 수신단에서 SNR에 최대가 되도록 가중치를 둘 수 있다. 개루프에는 TSTD (Time Switching Transmit Diversity), OTD (Orthogonal Transmit Diversity), STTD(Space Time Transmit Diversity)와 STD(Selection Transmit Diversity) 등의 방식이 있다. 본 논문에서는 STTD와 STD를 고려한다. STTD는 심벌 시퀀스가 두개의 심벌 시퀀스로 변형되어 같은



[그림 1] 시스템 구조

심벌이 두개의 안테나로 전송된다. 그리고 STD는 두개의 안테나 중 하나를 선택하여 전송하는 것으로 폐루프 전송 다이버시티이다.[3][4]

Ⅲ. 시스템 구조 및 실험 모델

본 논문에서 적용한 시스템의 구조는 그림 1과 같다. 채널환경에 대한 정보를 수신단에서 받으면 환경에 맞는 변조방식과 코드율을 적용하여 신호를 전송한다. STD는 채널이 좋은 안테나만을 통해 전송하고 STTD 모든 안테나에서 전송한다.

AMC 기법은 채널의 환경에 따라 변조방법과 코드율을 변화시킨다. 실험에서는 변조방법은 QPSK, 8PSK와 16QAM을 쓰고 코딩은 1/3, 2/3 코드율을 갖는 터보코드 사용한다. 이상을 조합하여 사용된 AMC를 정리한 것이 표 1이다.[1]

AMC를 이용하여 전송한 데이터에 오류가 생긴 경우 재전송을 수행하게 되는데 본 논문에서는 같은 패킷을 재전송 하면서 SNR에 따라 전송된 패킷을 결합하는 Chase Combining(H-ARQ typeⅢ)을 사용한다. 전송 다이버시티 기법은 STTD와 STD을 사용하여 하나의 안테나를 쓰는 경우와 비교 분석한다. 실험에 사용된 parameter를 정리하면 표 2와 같다.

[표 1] Modulation and Coding Scheme

MCS	Data Rate (kbps)	Number of Bits	Code Rate	Mod Type
1	614.4	1024	1/3	QPSK
2	1,228.8	2048	2/3	QPSK
3	1,843.2	3072	2/3	8PSK
4	2,457.6	4096	2/3	16QAM

(MCS : Modulation and Coding Scheme)

[표 2] Simulation Parameter

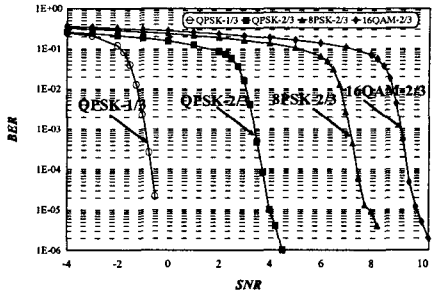
Parameter		Value
Bandwidth		1.2288MHz
Slot Length		1.67msec
Mod. Type		QPSK, 8PSK, 16QAM
HARQ	Type	Chase Combining
	Max. Retrans.	5
Turbo Code	Rate	1/3, 2/3
	Iteration	4
Tx. Div.	Scheme	STTD, STD
	Antenna	1, 2, 4
Fading		1-path Rayleigh Fading
Mobile Velocity		10 Km/h

본 논문에서는 느린 레일리 페이딩 채널로 슬롯구간 내에서 채널상태는 일정하고 수신단에서 SNR을 완벽하게 추정했다고 가정한다.

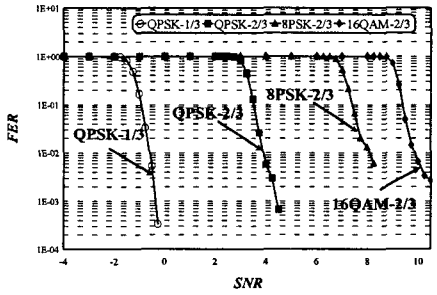
Ⅳ. 실험 결과

백색잡음 환경에서 각각의 MCS의 경우에 대해 SNR의 변화에 따른 BER(Bit Error Rate)을 그림 2에 나타내었다. 10^{-2}의 BER을 기준으로 할 때 각 MCS 사이에는 4 dB, 3.5 dB, 2 dB의 성능 차이를 보인다. 그림 3에는 SNR에 따른 FER(Frame Error Rate)을 나타내었다. 한 슬롯에 포함된 전송 데이터 비트(1024 ,2048, 3072, 4096bit)에 하나의 비트라도 오류가 발생했을 경우 Frame Error로 간주한다. 이러한 프레임의 오류는 실제 시스템에서는 CRC를 통해서 수행한다. FER에 따른 각 MCS에 대한 전송효율을 그림 4에 나타내었다. 각 MCS의 전송효율이 교차하는 지점을 MCS가 변화하는 임계값으로 설정한다. 그림에서 보이듯이 MCS 레벨이 변화하는 SNR 값은 각각 3.25dB, 7.25dB, 9.25dB가 된다(그림 5). 이와 같이 구한 임계치를 기준으로 SNR에 따라 MCS를 변화시키면 주어진 환경에서 최대의 전송효율을 얻을 수 있게 된다.

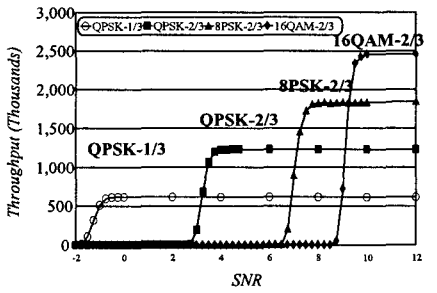
페이딩 채널 환경하에 TD를 사용하지 않은 경우와 2개, 4개의 안테나를 사용하는 STTD, STD를 적용한 시스템의 성능을 그림 6에 나타내었다. 그림에서 STD를 적용한 시스템의 전송효율이 가장 좋은 것을 알 수 있다(최대 798.0kbps). 이는 STD가 가장 좋은 전송 환경을 갖는 안테나를 사용하기 때문에 상대적으로 높은 MCS 레벨을 선



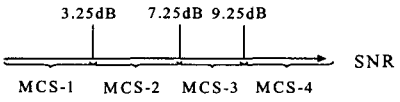
[그림 2] AWGN에서 MCS에 따른 BER



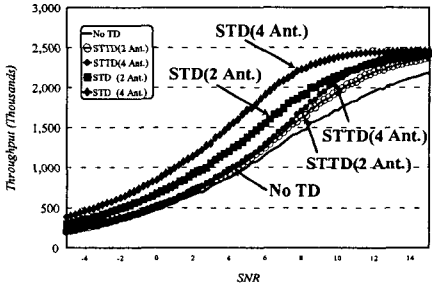
[그림 3] AWGN에서 MCS에 따른 FER



[그림 4] AWGN에서 MCS에 따른 Throughput



[그림 5] 임계값과 MCS



[그림 6] 레일리 페이딩 환경에서 No TD와 STTD, STD의 성능 비교

택할 확률이 높아지기 때문이다. 또한 안테나의 수가 증가할수록 성능의 향상이 나타난다.

STTD를 적용한 시스템은 SNR이 높은 경우에 좋은 성능을 보였다. 이것은 AMC의 특성과 여러 안테나 사이의 채널 환경을 평균을 취하는 특성에 따른 것이다. 즉 STTD를 사용하면 채널의 상하 변화 폭이 감소하는 영향을 보이게 되고 이로 인해 높은 MCS 레벨과 낮은 MCS 레벨이 선택될 확률이 줄어든다. 높은 SNR의 경우에는 STTD로 인해 높은 MCS 레벨이 선택되지 않는 경우보다 낮은 MCS 레벨이 선택되지 않을 확률이 줄기 때문에 성능이 향상이 나타난다. STTD의 경우 STD에 비해서 안테나의 증가에 따른 성능향상의 정도가 미미한 것을 확인할 수 있다.

그림 7에는 SNR 값에 따른 각 MCS의 선택 비율을 나타내었다. 그림 6의 결과에서 보듯이 STD의 경우에 높은 레벨의 MCS가 선택될 확률이 높다는 것을 확인할 수 있다. 또한 STTD의 경우에는 SNR이 높은 경우에 효율적인 것을 볼 수 있다.

V. 결론

본 논문에서는 AMC와 TD 기법을 결합하는 경우의 패킷 전송 시스템의 전송 효율에 대한 성능을 분석하였다. 실험 결과에서 STD를 사용하는 경우 TD 기법을 사용하지 않은 시스템에 비해서 성능의 향상이 큰 것을 알 수 있었다. 또한 안테나 증가에 따른 성능 향상 효과를 얻을 수 있다는 것을 알 수 있었다. STTD를 적용하는 경우에는 높은 SNR의 경우에 성능 향상이 나타났으며 STD에 비해서 안테나 수의 증가에 따른 영향이 크지 않은 것을 확인하였다.

향후 빠른 페이딩 환경에서의 성능 분석과 다중 경로 페이딩 환경에서의 성능에 대한 연구가 필요할 것이다. 또한 개루프 전송 다이버시티의 성능 향상에 대한 방안을 연구해야 할 것이다.

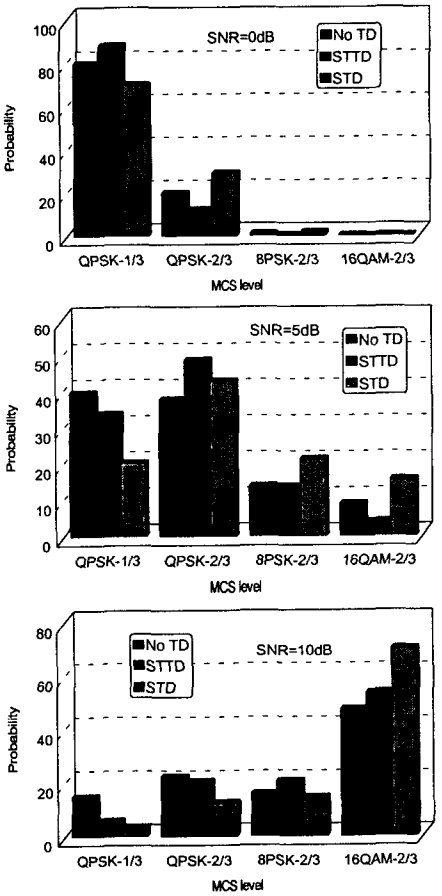
VI. 참고문헌

[1] 3GPP2 C.P9010 , "Draft Baseline Text for the Physical Layer Portion of the 1xEV Specification," Aug. 2000

[2] Amitava Ghosh, Mark Cudak, "Performance of Coded Higher Order Modulation and Hybrid ARQ for Next Generation Cellular CDMA Systems," VTC 2000, Vol. 2, pp. 500~505

[3] Otsuki, S., Sampei, S.; Morinaga, N., "Modulation level controlled adaptive modulation systems with base-station-based transmission/reception diversity scheme for personal communications," GLOBECOM'95, IEEE , Vol. 2, pp. 1537~1541

[4] Magnus Sandell, "Analytical analysis of transmit diversity in WCDMA on fading multipath channels," PIMRC' 99, pp. 946~950



[그림 7] SNR 값에 따른 MCS 레벨의 선택 비율