

ITU-R 실측 채널 모델에서 채널 코딩과 Phase Hopping 4-Tx 시공간 부호를 적용한 W-CDMA 시스템의 성능분석

박정현, 김광진, *오동진, *김철성

전남대학교 컴퓨터정보통신공학과, *전남대학교 전자컴퓨터정보통신공학부, RRC

Tel: 062-530-0796 / Mobile: 011-9617-2652

The Analysis of Performance for W-CDMA System using Channel Coding & Phse Hopping 4-Tx Space-Time Code over ITU-R realistic channel model.

Jeong-Hyun Park, Kwang-jin Kim, *Dong-jin Oh, *Cheol-Sung Kim

Dept. of Computer Engineering, * Dept. of Electronics Computer & Information Engineering, RRC, Chonnam National University

E-mail : godokhan96@lycos.co.kr

Abstract

In this paper, we analyze the performance of transmitter and receiver of W-CDMA system using the channel coding and space time code in downlink over ITU-R realistic channel model. We can improve the data rate and the reliability of communications by a channel code, and we can get a diversity gain by using the space time code over fading channels. We also apply the RAKE receiver to improve a performance in multi-path fading channel environment.

1. 서론

현재 디지털 이동통신 시스템은 음성 위주의 서비스 제공에 중심을 두고 발전해 왔으나, 양질의 서비스와 고속전송을 요구하는 통신량이 점차 증가해 가고 있다. 이러한 서비스의 효율적인 제공을 위해서 이동통신 환경의 열악성 극복과 아울러 데이터 전송량을 크게 높일 수 있는 방법이 필요하며, 이런 방법으로는 다수의 안테나를 이용한 수신 다이버시티, 송신 다이버시티와 Multi Input Multi Output(MIMO) 기술이 있다.

특히, 3GPP W-CDMA 용으로 채택된 송신 다이버시티 기법 중 시공간 부호는 고속의 데이터 전송과 전력 효율성을 얻기 위해 여러 개의 송신 안테나를 이용하여 다이버시티 이득을 얻는 부호화 방법이다. 여기에 convolutional coding과 turbo coding과 같은 channel coding을 이용하여 전송전력을 증가시키거나 대역폭을 확장시키지 않고도 실제 시스템에서 요구하는 성능을

만족시킬 수 있다. 본 논문에서는 3GPP W-CDMA 시스템의 물리계층 분석을 통해 순방향링크의 송·수신부를 분석하고, 송신 다이버시티 기법 중 channel coding 방식을 적용한 W-CDMA에 Phase Hopping 4-TX STTD를 적용했을 때의 성능을 광대역 다중 경로 채널에서 분석하였다.

II. Channel Coding and Space Time Transmit Diversity

2.1 Channel coding

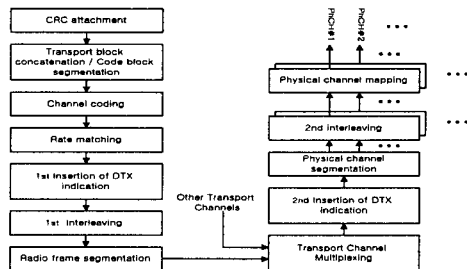


그림 1. Downlink channel coding and multiplexing

그림1은 3GPP W-CDMA 시스템에서 순방향의 전송 채널에 대한 채널 코딩과 다중화과정으로 상위계층으로부터의 전송블록은 CRC 비트의 추가, 채널 코딩, rate matching, interleaving과정을 거쳐 다른 전송 채널들과 다중화되고, 다중화된 전송 채널들은 각 물리 채널

로 mapping된다. Channel coding은 3GPP W-CDMA에서 사용한 코드율 1/3인 convolutional coder를 사용한다.

2.2 STTD encoding

첫 T_s (symbol duration)동안 안테나1에서는 b_0, b_1 , 안테나 2에서는 \bar{b}_2, \bar{b}_3 가 QPSK 변조 방식을 통해 전송된다. 두 번째 T_s 동안 안테나1에서는 b_2, b_3 , 안테나2에서는 b_0, \bar{b}_1 가 전송된다.

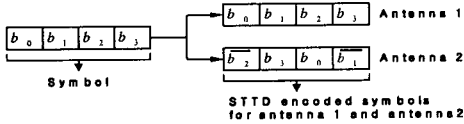


그림 2. QPSK대한 일반적인 STTD Encoder

2.3 Phase Hopping(PH) 4-Tx STTD

STTD encoding된 신호를 4개의 안테나로 확장하기 위해 8-level quantization을 사용한 phase hopping을 적용함으로써 일반적인 4-Tx STTD에 비해 encoder가 더 간단하므로 complexity를 줄일 수 있다.

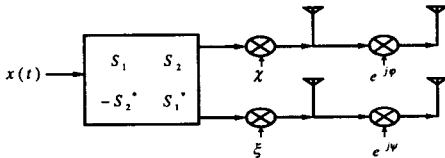


그림 3. 4-Tx-STTD에 대한 encoding 블록도

Decoding시 두 심볼을 이용하기 때문에 hopping된 phase는 두 심볼 동안 유지되어야 한다.

적용되는 phase hopping pattern은

Antenna2 $\phi \rightarrow \{0, 135, 270, 45, 180, 315, 90, 225\}$

Antenna4 $\psi \rightarrow \{180, 315, 90, 225, 0, 135, 270, 45\}$

이고 두 안테나에 적용되는 phase차이가 180도를 유지하여 하나의 look-up table만 필요하다.

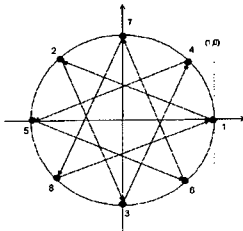


그림 4. Optimal phase offset

2.4 STTD decoding

수신부에서는 수신신호를 가지고 그림 5와 같은 방식으로 신호를 복원해 낸다.

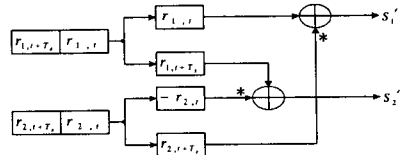


그림 5. QPSK에 대한 STTD decoder

III. W-CDMA 송신부

STTD encoder를 통과한 데이터는 channelization code와 scrambling code를 곱한 후, QPSK 변조 방식을 통해 전송된다.

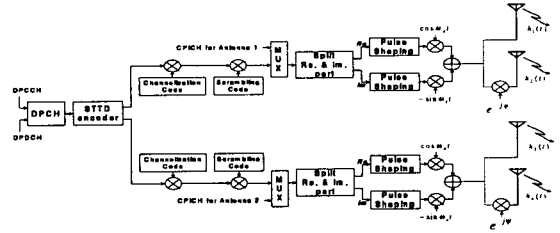


그림 6. STTD 기법을 적용한 W-CDMA 송신부

첫 T_s 동안 안테나1부터 안테나4까지에서 전송되는 신호는 Eq.(1)과 같고, 두 번째 T_s 동안 안테나1부터 안테나4에서 전송되는 신호는 Eq.(2)와 같다.

Ant.1: $h_1(t)C_c S_c (s_0 \cos \omega_c t - s_1 \sin \omega_c t)$

Ant.2: $h_2(t)C_c S_c (s_0 \cos \omega_c t - s_1 \sin \omega_c t) \exp(j\phi)$

Ant.3: $h_3(t)C_c S_c (-s_2 \cos \omega_c t - s_3 \sin \omega_c t)$

Ant.4:

$h_4(t)C_c S_c (-s_2 \cos \omega_c t - s_3 \sin \omega_c t) \exp(j\psi)$ (1)

Ant.1: $h_1(t)C_c S_c (s_2 \cos \omega_c t - s_3 \sin \omega_c t)$

Ant.2: $h_2(t)C_c S_c (s_2 \cos \omega_c t - s_3 \sin \omega_c t) \exp(j\phi)$

Ant.3: $h_3(t)C_c S_c (s_0 \cos \omega_c t + s_1 \sin \omega_c t)$

Ant.4: $h_4(t)C_c S_c (s_0 \cos \omega_c t + s_1 \sin \omega_c t) \exp(j\psi)$ (2)

여기서 $h_1(t) \sim h_4(t)$ 는 각 송신안테나에서 수신 안테나까지 거친 채널 이득(channel gain)이고, C_c 는 channelization code이고, S_c 는 scrambling code이다. $s_0 \sim s_3$ 는 data bit $b_0, \sim b_3$ 에 해당한다.

IV. W-CDMA 수신부

첫 T_s 와 두 번째 T_s 동안 수신된 신호는 Eq.(3)과 같다.

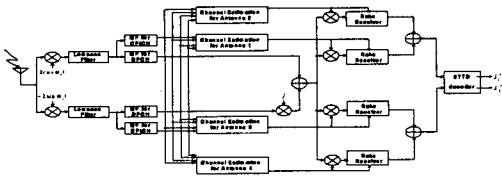


그림 7. STTD 기법을 적용한 W-CDMA 수신부

$$t: C_c S_c \cos \omega_c t ((h_1(t) + h_2(t) \exp(j\phi))s_0 - (h_3(t) + h_4(t) \exp(j\phi))s_2) + C_c S_c \sin \omega_c t ((h_1(t) + h_2(t) \exp(j\phi))s_1 + (h_3(t) + h_4(t) \exp(j\phi))s_3) + n_1(t)$$

$t + T_s$

$$C_c S_c \cos \omega_c t ((h_1(t) + h_2(t) \exp(j\phi))s_2 - (h_3(t) + h_4(t) \exp(j\phi))s_0) + C_c S_c \sin \omega_c t ((h_1(t) + h_2(t) \exp(j\phi))s_1 - (h_3(t) + h_4(t) \exp(j\phi))s_3) + n_2(t) \quad (3)$$

$n_1(t)$, $n_2(t)$ 는 double-sided power spectral density가 $\frac{N_0}{2}$ 인 white Gaussian noise이다. 수신된 신호는 carrier가 제거되고 I/Q multiplex된다. 채널 추정을 통해 얻은 $h_1(t), h_2(t), h_3(t), h_4(t)$ 가 곱해지고 이 신호는 두 개의 RAKE 수신기의 입력이 된다. 식 (4)는 첫 번째와 두 번째 RAKE 수신기의 입력이다.

$$\begin{aligned} & t(h_1^2(t) + h_2^2(t) \exp(j\phi))C_c S_c \cos \omega_c t + j(h_1^2(t) + h_2^2(t) \exp(j\phi))C_c S_c \sin \omega_c t + n_1 \\ & t + T_s (h_1^2(t) + h_2^2(t) \exp(j\phi))C_c S_c \cos \omega_c t + j(h_1^2(t) + h_2^2(t) \exp(j\phi))C_c S_c \sin \omega_c t + n_2 \\ & t - (h_3^2(t) + h_4^2(t) \exp(j\phi))C_c S_c \cos \omega_c t + j(h_3^2(t) + h_4^2(t) \exp(j\phi))C_c S_c \sin \omega_c t + n_3 \\ & t + T_s (h_3^2(t) + h_4^2(t) \exp(j\phi))C_c S_c \cos \omega_c t - j(h_3^2(t) + h_4^2(t) \exp(j\phi))C_c S_c \sin \omega_c t + n_4 \end{aligned} \quad (4)$$

RAKE 수신기를 통과한 후 noise의 power spectral density는 다중 경로 성분과 weight의 곱으로 나타낼 수 있다. 최종 STTD decoder를 통과하면 추정된 데이터를 얻을 수 있다.

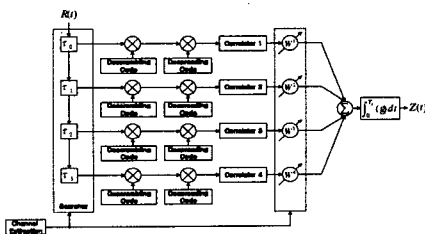


그림 8. 4-Branch의 RAKE 수신기

Eq.(5)은 복원된 송신 신호이다.

$$S_1 = \sum_{a_1} \{W_r((a_1')^2 + (a_2')^2) + W_{r+1}((a_1')^2 + (a_2')^2)\}(b_0 + jb_1) + N_1$$

$$S_2 = \sum_{a_1} \{W_r((a_1')^2 + (a_2')^2) + W_{r+1}((a_1')^2 + (a_2')^2)\}(b_2 + jb_3) + N_2 \quad a_i$$

는 $h_1(t) \sim h_4(t)$ 와 대응된다. (5)

V. ITU-R 실측 채널 모델

본 논문에서 채널 임펄스 응답 모델로 ITU-R 추천 모델을 적용하였다. ITU-R 모델은 실내, 실외-실내 보행자, 실외 차량 환경으로 구분되어 있고 채널 A는 짧은 지연시간을 갖는 형태이고, 채널 B는 긴 지연 시간을 갖는 형태이다.

표1. 실내사무실, 실외보행자, 실외차량환경의 임펄스 응답 모델의 파라미터

Tap	Channel A		Channel B		Doppler spectrum
	Relative Delay (nsec)	Average Power (dB)	Relative Delay (nsec)	Average Power (dB)	
1	0	0	0	0	Flat
2	260	-8.2	260	-5.3	Flat
3	520	-35.2	520	-16.7	Flat
4			780	-2.8	Flat

Tap	Channel A		Channel B		Doppler spectrum
	Relative Delay (nsec)	Average Power (dB)	Relative Delay (nsec)	Average Power (dB)	
1	0	0	0	0	Classic
2	260	-12.8	260	-2.8	Classic
3	520	-25.2	780	-6.0	Classic
4	-	-	1040	-11.0	Classic
5	-	-	1300	-10.9	Classic
6	-	-	2080	-16.7	Classic
7			2340	-9.3	Classic
8			3640	-25.7	Classic
9			3900	-31.0	Classic

Tap	Channel A		Channel B		Doppler spectrum
	Relative Delay (nsec)	Average Power (dB)	Relative Delay (nsec)	Average Power (dB)	
1	0	0	0	-1.8	Classic
2	260	-1.9	260	0	Classic
3	520	-7.3	520	-7.4	Classic
4	780	-10.4	8840	-13.2	Classic
5	1040	-10.9	9100	-18.4	Classic
6	1300	-17.2	12740	-13.4	Classic
7	1560	-19.6	13000	-11.4	Classic

VI. 모의실험

DCCH는 Transport block size가 220 bits이고, Transport block set size는 $220 \cdot B$ bits ($B=0,1$)이다. CRC는 12 bits이고, coding rate가 1/3인 convolutional code를 사용하였고 TTI=40ms이다. DDCH는 Transport block size가 492 bits이고, Transport block set size는 $5 \cdot 492$ bits이다. CRC는 12 bits이고 coding rate가 1/3인 convolutional code를 이용하였다. TTI=40ms이다. DCCH와 DDCH는 TrCH multiplexing에서 muxing되고, Physical channel에 mapping 된 후 120 kbps DPCH가 만들어진다.

Channel 환경은 ITU-R 실측 채널을 수정해서 사용하였다.

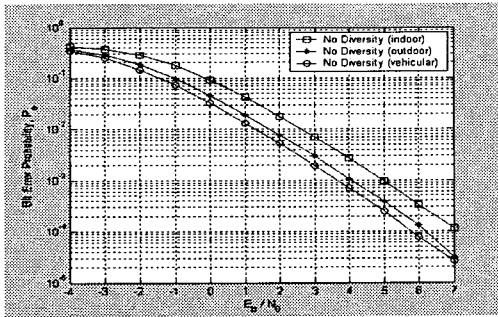


그림 9. STTD를 적용하지 않은 시스템의 성능

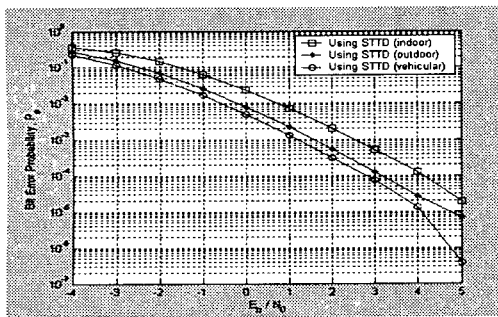


그림 10. 2-Tx STTD를 적용한 시스템의 성능

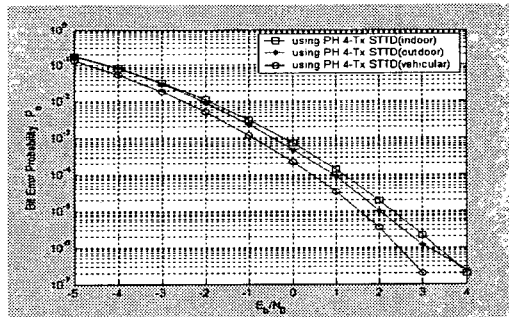


그림 11. PH 4-Tx STTD를 적용한 시스템의 성능

VII. 결론

본 논문은 W-CDMA 시스템은 물리계층 규격을 분석하고, 이를 바탕으로 순방향 링크 W-CDMA 시스템에 STTD 기법과 Phase Hopping 4-Tx STTD를 적용한 송수신부 블록도를 설계하고 이를 분석했다. 또한 이 블록도를 기반으로 ITU-R 실측 채널 모델에서 성능을 분석하였다. 그림 9 ~ 그림 11로부터 실외 차량환경이 다른 두 환경보다 성능이 더 좋음을 알 수 있다. 실험결과 중 실외 차량환경에서 BER이 10^{-4} 을 만족시키는 E_b/N_0 는 STTD를 사용하지 않은 경우 약 5.7dB이고, 2-Tx STTD를 사용한 경우는 약 2.8dB이며 PH 4-Tx STTD를 사용한 경우는 약 0.4dB이다. PH 4-Tx STTD를 사용한 경우가

STTD를 사용하지 않은 경우에 비해 약 5.3dB, 2-Tx STTD를 사용한 경우에 비해 약 2.4dB의 성능 개선을 나타낸다. 다른 두 환경에서도 각각 성능의 개선이 나타남을 그림을 통해 알 수 있다. 이 결과로부터 다중경로성분의 증가는 RAKE 수신기의 사용으로 시스템의 성능향상에 기여함을 알 수 있고 STTD기법의 사용으로 전력을 증가시키지 않고 다이버시티 효과를 얻을 수 있음을 알 수 있다.

참고문헌

- [1] 3GPP TS 25.211 Physical channels and mapping of transport channels onto physical channels (FDD)
- [2] 3GPP TS 25.212 Multiplexing and channel coding (FDD)
- [3] 3GPP TS 25.213 Spreading and modulation (FDD)
- [4] 3GPP TS 25.869 Tx diversity solutions for multiple antenna (FDD)
- [5] Recommendation ITU-R M1225, Guidelines for Evaluation of Radio Transmission Technologies for IMT-2000

* 본 연구는 한국과학재단 지정 전남대학교 고품질 전기전자부품 및 시스템 연구센터의 연구비 지원에 의해 연구되었음.