

# 시·공간 부호를 적용한 W-CDMA 시스템의 송·수신부 분석 및 JTC 실측 채널 모델에서의 성능 분석

정 호 섭, 김 병 기, 전 준 수, \*김 철 성  
전남대학교 컴퓨터정보통신공학과, \*전남대학교 전자컴퓨터정보통신공학부, RRC  
전화 : 062-530-0796 / 핸드폰 : 017-604-4448

## Analysis of Transmitter & Receiver of W-CDMA System using Spcae-Time Code and Performance Analysis over JTC Realistic Channel Model

Ho-Seop Jeong, Byoung-Gi Kim, Jun-Soo Jeon, \*Cheol-Sung Kim  
Dept. of Computer Engineering, \*Dept. of Electronics Computer & Information Engineering, RRC, Chonnam National University  
E-mail : princem@lycos.co.kr

### Abstract

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

Diversity(TSTD)와 Space Time Transmit Diversity (STTD), 페루프 방식의 Transmit Antenna Array (TxAA)가 있다. 이러한 송신 다이버시티 기법을 적용한 W-CDMA의 성능분석은 실제 시스템의 적용에 앞서 이루어져야 한다.

본 논문은 3GPP W-CDMA용으로 채택된 송신 다이버시티 기법 중 STTD방식을 W-CDMA에 적용했을 때의 순방향 링크의 송·수신부를 분석하였고, JTC 실측 채널 모델에서의 성능을 분석하였다.

### I. 서론

현재까지의 이동통신 시스템은 주로 음성 위주의 서비스를 위해 이동통신 환경의 페이딩 극복에 초점을 맞추어 발전하였다. 그러나 2000년대에 들어서는 멀티미디어 콘텐츠를 포함한 데이터 통신으로 중심축이 이동함에 따라 고속 데이터 전송이 요구되고 있으며, 특히 데이터 요구량이 많은 순방향 링크에서의 고속 데이터 전송이 중요성을 더하고 있다[1]. 이동통신 환경의 열악성 극복과 아울러 데이터 전송량을 크게 높일 수 있는 방법으로는 다수의 안테나를 이용한 수신 다이버시티, 송신 다이버시티와 Multi Input Multi Output(MIMO) 기술이 있다.

특히, 3GPP W-CDMA용으로 채택된 송신 다이버시티 기법으로는 개루프 방식의 Time Switched Time

### II. Space Time Transmit Diversity

#### 2.1 STTD 방식의 기본 개념

그림 1은 3GPP W-CDMA 표준으로 채택된 STTD 방식을 나타낸다. 송신 데이터 심볼  $x_1$ 과  $x_2$ 는 시간과 공간을 이용한 부호화 과정을 거친 후, 각 안테나에 보내게 된다. 이로부터 얻어지는 수신신호는 아래와 같이 표시할 수 있다.

$$\begin{aligned} r_1 &= h_1x_1 + h_2x_2 + n_1 \\ r_2 &= -h_1x_2^* + h_2x_1^* + n_2 \end{aligned} \quad (1)$$

수신부에서 식 (1)과 같은 수신신호를 decoding해서 송신신호를 복원하게 된다.

$$\begin{aligned} \hat{x}_1 &= r_1h_1^* + r_2^*h_2 = (|h_1|^2 + |h_2|^2)x_1 + n_1h_1^* + n_2^*h_2 \\ \hat{x}_2 &= r_1h_2^* - r_2^*h_1 = (|h_1|^2 + |h_2|^2)x_2 + n_1h_2^* - n_2^*h_1(2) \end{aligned}$$

식 (2)를 보면 송신 데이터 심볼은 채널  $h_1$ 과  $h_2$ 를 거쳐서 수신된 신호를 결합한 형태를 띠게 되어 다이버시티를 획득하게 된다[2].

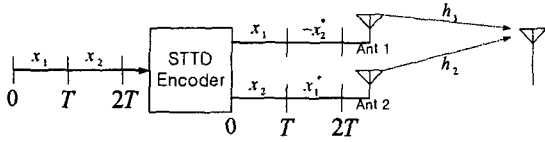


그림 1. STTD 방식 Block Diagram

### 2.2 W-CDMA에 적용한 STTD

W-CDMA에 STTD 방식을 적용할 때 데이터를 encoding하는 방법은 그림 2와 같다. 첫  $T_s$ (symbol duration)동안 안테나 1에서는  $b_0, b_1$ , 안테나 2에서는  $b_2, b_3$ 가 QPSK 변조 방식을 통해 전송이 된다. 그리고, 두 번째  $T_s$ 동안 안테나 1에서는  $\bar{b}_2, \bar{b}_3$ , 안테나 2에서는  $b_0, \bar{b}_1$ 가 된다.

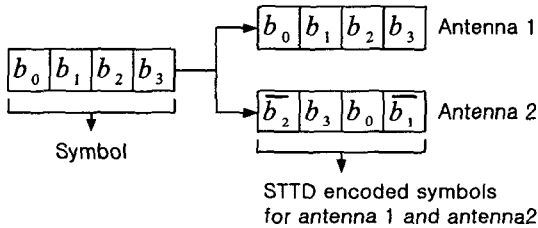


그림 2. QPSK에 대한 STTD encoder의 일반적인 block diagram

수신부에서는 수신신호를 가지고 그림 3과 같은 방식으로 송신신호를 복원하게 된다.

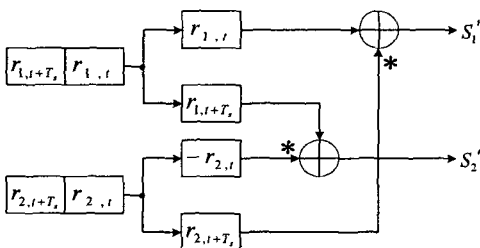


그림 3. QPSK에 대한 STTD decoder

### III. W-CDMA 송신부

그림 4는 STTD 기법을 적용한 W-CDMA 송신부

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

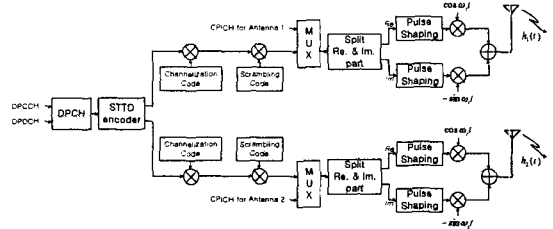


그림 4. STTD 기법을 적용한 W-CDMA 송신부 Block Diagram

처음  $T_s$ 동안 안테나 1과 안테나 2에서 전송되는 신호는 식 (3)과 같고, 두 번째  $T_s$ 동안 안테나 1과 안테나 2에서 전송되는 신호는 식(4)와 같다.

$$\text{Antenna 1 : } h_1(t) C_c S_c (s_0 \cos \omega_c t - s_1 \sin \omega_c t)$$

$$\text{Antenna 2 : } h_2(t) C_c S_c (-s_2 \cos \omega_c t - s_3 \sin \omega_c t) \quad (3)$$

$$\text{Antenna 1 : } h_1(t) C_c S_c (s_2 \cos \omega_c t - s_3 \sin \omega_c t)$$

$$\text{Antenna 2 : } h_2(t) C_c S_c (s_0 \cos \omega_c t + s_1 \sin \omega_c t) \quad (4)$$

여기서  $h_1(t), h_2(t)$ 은 각 송신안테나에서 수신안테나까지 거친 채널 이득(channel gain)이고,  $C_c$ 는 channelization code이고,  $S_c$ 는 scrambling code이다. 그리고,  $s_0, s_1, s_2, s_3$ 는 data bit  $b_0, b_1, b_2, b_3$ 와 match된다.

### IV. W-CDMA 수신부

그림 5는 STTD 기법을 적용한 W-CDMA 수신부의 블록도이다.

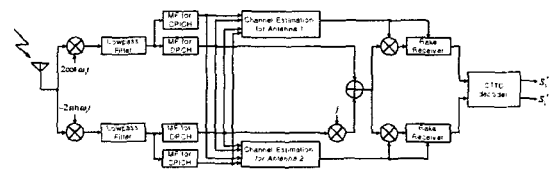


그림 5. STTD 기법을 적용한 W-CDMA 수신부 Block Diagram

처음  $T_s$ 와 두 번째  $T_s$ 동안 수신된 신호는 식 (5)와 같다.

$$t : C_c S_c \cos \omega_c t (h_1(t) s_0 - h_2(t) s_2)$$

$$\begin{aligned}
 &+ C_c S_c \sin \omega_c t (-h_1(t) s_1 - h_2(t) s_3) + n_1(t) \\
 t+T_s : &C_c S_c \cos \omega_c t (h_1(t) s_2 + h_2(t) s_0) \\
 &+ C_c S_c \sin \omega_c t (-h_1(t) s_3 + h_2(t) s_1) + n_2(t) \quad (5)
 \end{aligned}$$

여기서  $n_1(t)$ ,  $n_2(t)$ 는 double-sided power spectral density가  $\frac{N_0}{2}$  인 white Gaussian noise이다.

수신된 신호는 carrier를 제거하고 I/Q multiplex된 다. 채널 추정을 통해 얻은  $h_1^*(t)$ ,  $h_2^*(t)$ 을 곱한 후, 두 개의 RAKE 수신기의 입력이 된다. 식 (6)은 첫 번째 RAKE 수신기의 입력이고, 식 (7)은 두 번째 RAKE 수신기의 입력이다.

$$\begin{aligned}
 t &: (a_1)^2 C_c S_c s_0 + j(a_1)^2 C_c S_c s_1 + n_1 \\
 t+T_s &: (a_1)^2 C_c S_c s_2 + j(a_1)^2 C_c S_c s_3 + n_2 \quad (6) \\
 t &: -(a_2)^2 C_c S_c s_2 - j(a_2)^2 C_c S_c s_3 + n_3 \\
 t+T_s &: (a_2)^2 C_c S_c s_0 - j(a_2)^2 C_c S_c s_1 + n_4 \quad (7)
 \end{aligned}$$

그림 6은 RAKE 수신기의 일반적인 블록도이다. RAKE 수신기 입력 부분에 다중 경로 searcher가 있어서 다중 경로 성분을 찾아낼 수가 있다.

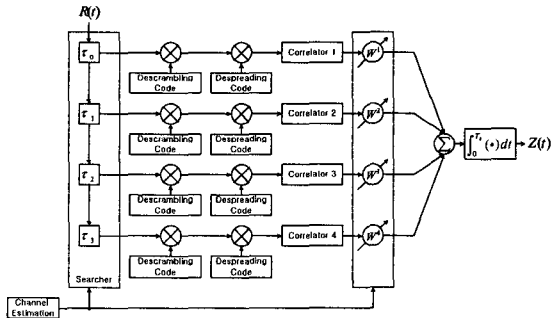


그림 6. RAKE receiver의 일반적인 Block Diagram

식 (8)은 첫 번째 RAKE 수신기를 통과한 신호이고, 식 (9)는 두 번째 RAKE 수신기를 통과한 신호이다.

$$\begin{aligned}
 r_{1,i} &= \sum_{f=1}^4 W_{1,i} / \{ (a_1')^2 (b_0 + j b_1) + N_1 \} \\
 r_{1,i+T_s} &= \sum_{f=1}^4 W_{1,i+T_s} / \{ (a_1')^2 (b_2 + j b_3) + N_2 \} \quad (8)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 r_{2,i} &= \sum_{f=1}^4 W_{2,i} / \{ (a_2')^2 (-b_2 + j b_3) + N_3 \} \\
 r_{2,i+T_s} &= \sum_{f=1}^4 W_{2,i+T_s} / \{ (a_2')^2 (b_0 - j b_1) + N_4 \} \quad (9)
 \end{aligned}$$

여기서  $W_{j,i}$ 와  $W_{j,i+T_s}$ 는  $j$  번째 RAKE 수신기의  $f$  번째 branch의 weight이다.

RAKE 수신기를 통과한 후 noise의 power spectral density는 다중 경로 성분과 weight의 곱으로 나타낼 수 있다. 마지막으로 STTD decoder를 통과하면 추정된 데이터를 얻을 수 있다. 식 (10)과 식 (11)은 복원된 송신 신호이다.

$$s_1' = \left\{ \sum_{f=1}^4 W_{1,i} / \{ (a_1')^2 (b_0 + j b_1) + N_1 \} \right\} \quad (10)$$

$$s_2' = \left\{ \sum_{f=1}^4 W_{2,i} / \{ (a_2')^2 (b_2 + j b_3) + N_2 \} \right\} \quad (11)$$

### V. JTC 실측 채널 모델

JTC 모델은 RF 채널 특성과 시스템 전개 모델링에 대한 JTC(Joint Technical Committee)의 추천 모델이다. 본 논문에서는 JTC 채널 모델을 광대역 다중 경로 채널 모델로 사용하였다[3].

JTC 채널 모델은 실내와 실외의 두 개의 환경으로 나눌 수 있고, 실외 환경은 보행자 환경과 차량 환경으로 나눌 수 있다. 세 가지의 탭 지연선로 형태(A, B, C)는 각각의 채널 환경을 특성화하였다.

표 1. 실내 사무실, 실외 보행자, 실외 차량 환경에서의 tapped delay line 파라미터

Tap	Channel A		Channel B		Channel C	
	Relative Delay (nsec)	Average Power (dB)	Relative Delay (nsec)	Average Power (dB)	Relative Delay (nsec)	Average Power (dB)
1	0	0	0	0	0	0
2	100	-8.5	100	-3.6	200	-1.4
3			200	-7.2	500	-2.4
4			300	-10.8	700	-4.8
5			500	-18.0	1100	-1.0
6			700	-25.2	2400	-16.3

Tap	Channel A		Channel B		Channel C	
	Relative Delay (nsec)	Average Power (dB)	Relative Delay (nsec)	Average Power (dB)	Relative Delay (nsec)	Average Power (dB)
1	0	0	0	0	0	0
2	100	-3.6	200	-0.9	500	-0.2
3	200	-7.2	800	-4.9	800	-1.5
4	300	-10.8	1200	-8.4	2200	-2.6
5	500	-18.0	2300	-7.8	7000	-11.8
6	700	-25.2	3700	-23.9	10000	-6.9

Tap	Channel A		Channel B		Channel C	
	Relative Delay (nsec)	Average Power (dB)	Relative Delay (nsec)	Average Power (dB)	Relative Delay (nsec)	Average Power (dB)
1	0	-1.6	0	-2.5	0	-4.8
2	100	-5.1	300	0	300	-0.3
3	200	0	8900	-12.8	800	-7.4
4	500	-7.6	12900	-10.0	8000	0
5	1200	-6.9	17100	-25.2	27000	-6.5
6	1600	-27.6	20000	-16.0	55000	-9.8

VI. 모의 실험

VII. 결론

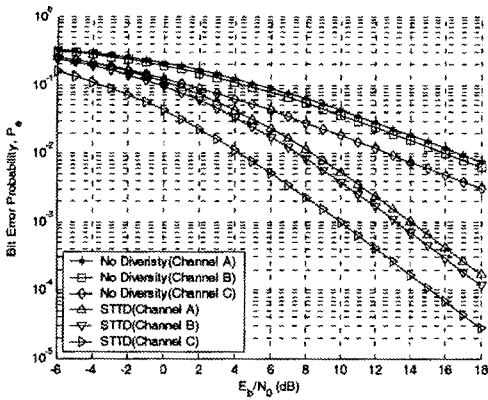


그림 7. 실내 사무실 환경에서의 모의실험 결과

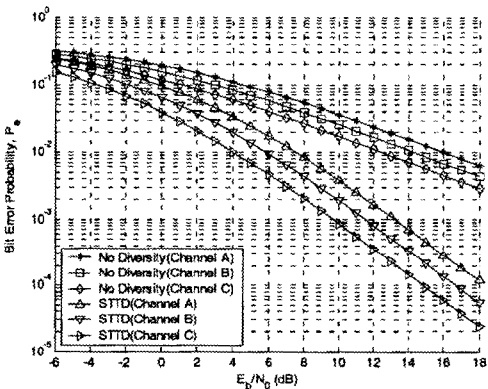


그림 8. 도시/도시 근교 저층건물 지역 실외 보행자 환경에서의 모의실험 결과

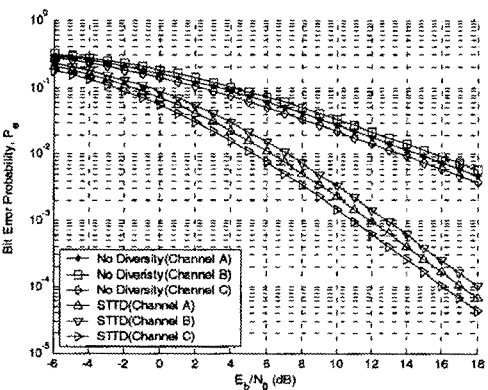


그림 9. 도시/도시 근교 저층건물 지역 실외 차량 환경에서의 모의실험 결과

본 논문은 W-CDMA 시스템의 물리 계층 규격을 분석하고, 이를 바탕으로 순방향 링크 W-CDMA 시스템에 STTD 기법을 적용한 송·수신부의 블록도를 설계하고 이를 분석하였다. 또한, 이 블록도를 기반으로 JTC 실측 채널 모델에서 성능을 분석하였다.

모의실험 결과를 살펴보면, 실내 사무실 환경(Channel C)에서 STTD 기법을 적용했을 때 BER  $10^{-2}$ 을 만족하는  $E_b/N_0$ 는 약 4.3dB이고, 적용하지 않았을 때  $E_b/N_0$ 는 약 12.7dB이다. 실외 보행자 환경(Channel C)에서 STTD 기법을 적용했을 때 BER  $10^{-2}$ 을 만족하는  $E_b/N_0$ 는 약 4dB이고, 적용하지 않았을 때  $E_b/N_0$ 는 약 12.4dB이다. 또한, 실외 차량 환경(Channel C)에서 STTD 기법을 적용했을 때 BER  $10^{-2}$ 을 만족하는  $E_b/N_0$ 는 약 5.2dB이고, 적용하지 않았을 때  $E_b/N_0$ 는 약 13.7dB이다. 이 결과로부터, 다중 경로 성분의 증가는 RAKE 수신기의 사용으로 시스템의 성능 향상에 기여함을 알 수 있다. 그리고, STTD 기법을 이용할 경우 다이버시티 효과를 얻을 수 있음을 알 수 있다.

본 논문은 다이버시티 기법을 적용한 W-CDMA 시스템의 실제의 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌(또는 Reference)

- [1] 이광복 외, "Diversity와 MIMO 기술," 대한전공학회 학회지, 제18권 제2호, pp.3-15, 2002. 12.
- [2] S. M. Alamouti, "A simple transmitter diversity scheme for wireless communications," IEEE J. Select. Area Commun., vol.16, pp.1451-1458, Oct. 1998.
- [3] Deployment/Testing Ad Hoc Group, "Join Technical Committee(AIR) Standard Contribution," Sept. 1994. [1994 reversion 6.]
- [4] ITU-T Draft Recomm. Q.2971, "Point-to-Multipoint Call/Connection Control," Sep. 1994

\* 본 연구는 한국과학재단 지정 전남대학교 품질 전기전자부품 및 시스템 연구센터 연구비 지원에 의해 연구되었음