

# ITU-R 실측 채널모델에서 시공간 부호를 적용한 W-CDMA 시스템의 성능분석

김병기, 류상진\*, 정호섭, 김철성\*\*

전남대학교 컴퓨터정보통신공학과, 전자정보통신공학과\*, 전자컴퓨터정보통신공학부\*\*, RRC  
전화 : 062-530-0796

## Analysis of W-CDMA systems using space-time codes over ITU-R realistic channel model

Byoung-Gi Kim, Sang-Jin Ryoo\*, Ho-Seop Jeong, Cheol-Sung Kim\*\*

Dept. of Computer Engineering, Dept. of Electronics Engineering\*, Dept. of Electronics Computer & Information Engineering\*\*, RRC, Chonnam National University  
E-mail : zeek1023@yahoo.com

### Abstract

In this paper, we analyzed a physical layer of W-CDMA system and a performance of a downlink of W-CDMA system by using the space-time code by computer simulation over the ITU-R realistic channel model. From the results of the simulation, we note that the increase of multi-path components affects the improvement of the system performance because of the effect of the RAKE receiver.

안테나의 개수에 따라 선형적으로 증가함을 보였다. 본 논문에서는 시공간 부호의 W-CDMA 적용원리, 채널 모델 그리고 결론을 제시한다.

### II. 시공간 부호(space-time codes)

시공간 부호 시스템은 MIMO(Multiple input multiple output) 채널을 생성하는데 유용하다. 그림 1은 전체적인 송신부, 채널부 그리고 수신부의 간략한 블록도를 보여준다.

### I. 서론

무선통신에서 채널은 매우 제한적인 대역폭을 갖고 있기 때문에, 대역폭의 효율적인 활용이나 채널 용량의 증가가 필요하다. Telatar 와 Foschini 및 Gans 등은 여러 개의 송신 안테나와 여러 개의 수신 안테나를 이용한 시스템(multi-antenna system)의 채널 용량보다 증가함을 이론적으로, 실험적으로 밝혔다. 즉, Gaussian 잡음의 경우에 여러 개의 송신 안테나 시스템에서 채널용량의 표현을 유도했고, 이 채널용량은 수신 안테나의 개수가 송신 안테나의 개수보다 크거나 같을 때, 송신

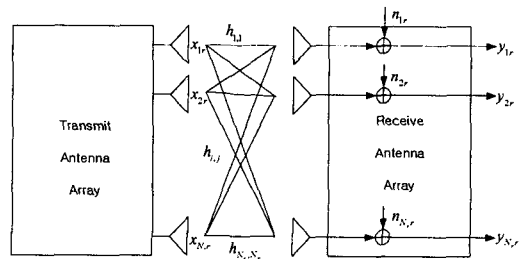


그림 1. General MIMO diagram

$x_{N_t,r}$  는  $N$  번째 송신 안테나에서 보내는 심볼,  $h_{i,j}$  는  $i$  번째 송신 안테나에서  $j$  번째 수신 안테나까지 거

친 채널 이득(channel gain),  $n_{N,r}$  은  $N$  번째 수신 안테나에 들어오는 잡음(thermal noise) 이다. 각각의 전송 안테나는 DSB-SC(Double sideband single carrier) 신호를 전송하고, 식(1)과 같이 표현된다.

$$\mathbf{y} = \frac{\sqrt{E_s}}{N_r} \mathbf{H} \mathbf{x} + \mathbf{n} \quad (1)$$

따라서, 채널 이득의 확률 분포 함수(probability density function)는 식(2)과 같이 표현된다.

$$p(h) = \frac{1}{2\pi} \exp\left(-\frac{|h|^2}{2}\right); \quad E[h_i h_j] = 0 \quad (2)$$

여기서, 크기(amplitude)는 레일리 분포(Rayleigh distribution)를 갖고, 아래의 식(3)과 같이 주어진다.

$$p(a = |h|) = a \exp\left(-\frac{a^2}{2}\right) \quad (3)$$

$$p(a = |h|^2) = \frac{1}{2} \exp\left(-\frac{a}{2}\right)$$

### III. W-CDMA 송수신부

그림 2 은 일반적인 시공간 부호의 부호기의 블록도를 보여준다. 그림 3 은 시공간 부호를 사용하여 하향 링크(Down-link) W-CDMA 에 적용할 때, 송신부의 전체적인 시스템 블록도이다.  $S_1 = b_0 + jb_1$ ,  $S_2 = b_2 + jb_3$  라는 전송 심볼이 존재하면,  $t$  시간에 송신 안테나 1 에서  $S_1$  심볼을 보내고 송신 안테나 2 에서  $S_1$  심볼을 보낸다. 그 후,  $t+T$  시간에 송신 안테나 1 에서  $-S_2^*$  심볼을 보내고 송신 안테나 2 에서  $S_2^*$  심볼을 보낸다. 그 후, user-specific channelization code 를 곱하고, base station specific scrambling code 를 곱하고, QPSK 변조 기법을 통하여 전송하게 된다.

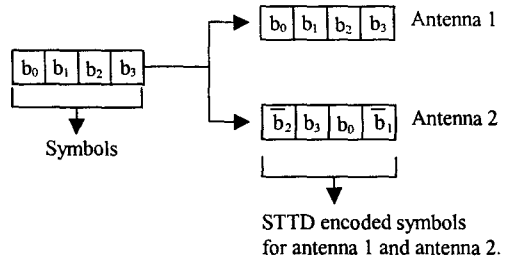


그림 2. Generic block diagram of the STTD encoder

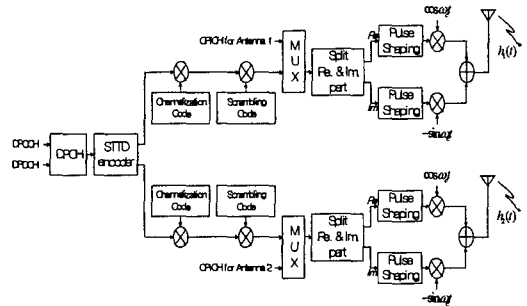


그림 3. General diagram for transmitter of down-link W-CDMA using space-time codes

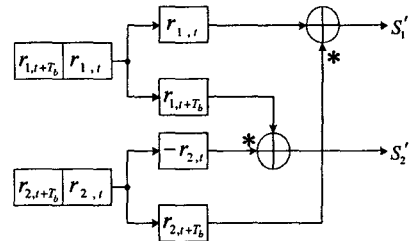


그림 4. General diagram for receiver of down-link W-CDMA using space-time codes

그림 4 는 일반적인 시공간 부호 복호기 블록도이다. 그림 5 는 시공간 부호를 사용하여 하향 링크(Down-link) W-CDMA 에 적용할 때, 수신부의 전체적인 시스템 블록도이고, 수신신호가 복소 랜덤 변수(complex random variable)이므로 실수부와 허수부로 나누기 위해,  $M$  개의 finger 를 가지는 RAKE 수신기를 두개 사용하였다. 저 대역 통과 필터를 통하여 들어온 신호는 역스크램블링 코드(de-scrambling code), 역확산(de-spreading code)를 차례대로 곱한 후, 여러 가지 채널 추정 알고리즘을 통하여 완벽하게 원하는 신호를

검출할 수 있다. 그 후, 시공간 부호 복호기에서 간단한 최대우도 복호기를 사용하여 전송 데이터를 검출할 수 있다.

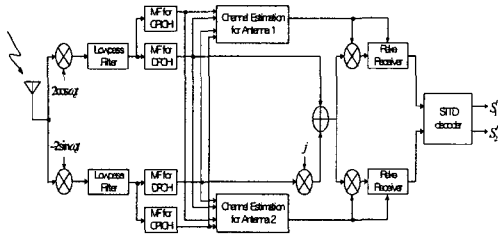


그림 5. Generic Block diagram of the STTD decoder

#### IV. ITU-R 실측 채널 모델

본 논문에서 채널 임펄스 응답 모델로 IMT-2000 제안 시스템 평가를 위한 ITU-R 추천 모델을 적용하였다. ITU-R 모델 역시 tapped-delay line 모델에 기반 하여 주어진다. 그 환경은 실내, 실외-실내 보행자, 실외 차량 상황으로 구분되어 있고 실효 지연 시간에 따라 빈번히 발생하는 짧은 지연 시간을 가지는 경우와 시스템의 성능에 주요한 영향을 미치면서 가끔 발생하는 긴 지연 시간을 갖는 경우로 구분되어 있다. 채널 A 는 짧은 지연시간을 갖는 형태이고, 채널 B 는 긴 지연시간을 형태이다. 채널 임펄스 응답 모델의 파라미터가 표 1 에 제시되어 있다[1].

표 1. Channel impulse response parameter

Ta b	Channel A		Channel B		Dop pler spectr um
	Relat ive delay (ns)	Average power (dB)	Relative delay (ns)	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	-28	Flat

Indoor office test environment

	Channel A		Channel B		Dop pler spectr um
	Relative delay (ns)	Average power (dB)	Relati ve delay (ns)	Averag e power (dB)	
1	0	0	0	0	Classi c
2	260	-12.8	260	-2.8	Classi c
3	520	-25.2	780	-6.0	Classi c
4			1040	-11.0	Classi c
5			1300	-10.9	Classi c
6			2080	-16.7	Classi c
7			2340	-9.3	Classi c
8			3640	-25.7	Classi c
9			3900	-31.0	Classi c

Outdoor to indoor and pedestrian test environment

Ta b	Channel A		Channel B		Dop pler spectr um
	Relati ve delay (ns)	Average power (dB)	Relati ve delay (ns)	Averag e power (dB)	
1	0	0	0	-1.8	Classi c
2	260	-1.9	260	0	Classi c
3	520	-7.3	520	-7.4	Classi c
4	780	-10.4	8840	-13.2	Classi c
5	1040	-10.9	9100	-18.4	Classi c
6	1300	-17.2	12740	-13.4	Classi c
7	1560	-19.6	13000	-11.4	Classi c

Vehicular test environment

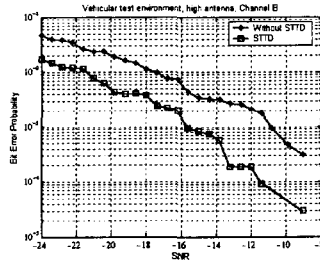
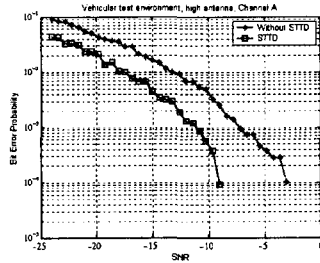
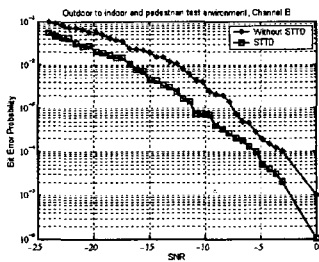
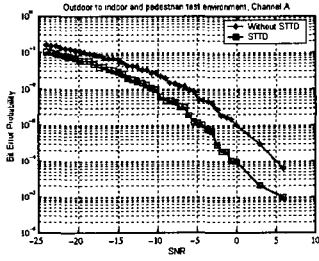
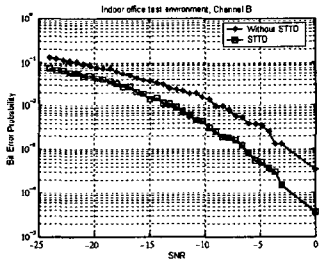
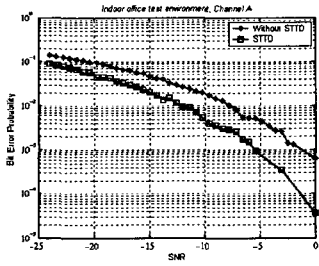
#### V. 모의 실험

시뮬레이션 환경에 필요한 변수는 표 2 과 같이 주어진다.

표 2. Parameter for simulation environments

Parameter		Value
Down Link	Information bit rate	18kbps
	Spreading factor	256
	Over-samples	5 per chip
Tx.	Number of Antennas	2

Mobile Channel	Chip rate	3.84Mcps
	Channel model	ITU-R 실측 채널 모델
Downlink Receiver	Carrier frequency	2GHz
	Number of Antenna	1
	Searcher	Ideal
	Power Control	Perfect
	Detection algorithm	ML detection
	Carrier synchronous	Perfect
	Bit synchronous	Perfect
Channel estimation algorithm		Slot by slot basis



## VI. 결론

본 논문에서는 W-CDMA 시스템의 물리 계층 규격을 분석하고, 이를 바탕으로 하향링크 W-CDMA 시스템에서 시공간 부호를 사용하여 ITU-R 실측 채널모델을 고려하여 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 시공간 부호를 사용하지 않았을 때 와 성능을 비교 분석하였다.

모의 실험을 통하여, 긴 지연 시간을 갖는 실외 차량 환경 Channel B 에서 시공간 부호를 사용할 때, BER  $10^{-3}$ 을 만족하는 SNR는  $-15\text{dB}$  이고, 시공간 부호를 사용하지 않을 때, BER  $10^{-3}$ 을 만족하는 SNR는  $-11\text{dB}$  이다. 실외 보행자 환경 Channel B에서 시공간 부호를 사용할 때, BER  $10^{-3}$ 을 만족하는 SNR는  $-11\text{dB}$  이고, 시공간 부호를 사용하지 않을 때, BER  $10^{-3}$ 을 만족하는 SNR는  $-7.5\text{dB}$  이다. 위의 결과로부터, 다중경로성분의 증가는 RAKE 수신기의 효과에 의해 시스템 성능의 향상에 기여함을 알 수 있고, 기존의 시스템에 시공간 부호를 적용하면 추가적으로 공간 다이버시티를 얻을 수 있었다.

## References

- [1] Recommendation ITU-R M1225, Guidelines for Evaluation of Radio Transmission Technologies for IMT-2000
- 한국과학기술원 지정 전남대학교 고품질 전기전자 부품 및 시스템 연구센터의 연구비지원에 의해 연구되었음.