

# 광대역 다중 경로 채널에서 채널 코딩과 시공간 부호를 적용한 W-CDMA의 성능분석

박정현, 김정미, 정호섭, \*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 & Space-Time Code in Wideband Multipath Channel.

Jeong-Hyun Park, Jeong-Mi Kim, Ho-Seop Jeong, \*Cheol-Sung Kim

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

E-mail : [godokhan96@lycos.co.kr](mailto: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 reliability of communications and increase the data rate by channel coding, and we can get a diversity gain by using the space time code over fading channels. We also apply the RAKE receiver to improve the performance in multi-path fading channel environment.

### 1. 서론

현재 디지털 이동통신 시스템은 음성 위주의 서비스에 중심을 두고 발전해 왔으나, 양질의 서비스와 고속 전송을 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 기법중 channel coding(Turbo coding)을 적용한 W-CDMA에 STTD를 적용했을 때의 성능을 광대역 다중 경로 채널에서 분석하였다.

## II. Channel Coding and Space Time Transmit Diversity

### 2.1 Channel coding

그림1은 3GPP W-CDMA 시스템에서 순방향의 전송 채널에 대한 채널 코딩과 다중화 과정을 보여준다. 상위계층으로부터의 전송블록은 CRC 비트의 추가, 채널 코딩, rate matching, interleaving 과정을 거쳐 다른 전송 채널들과 다중화되고, 다중화된 전송 채널들은 각 물리채널로 매핑된다.

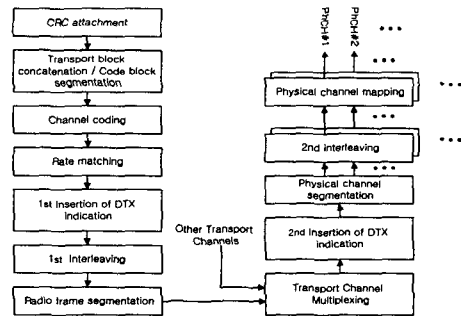


그림 1. Downlink channel coding and multiplexing

그림 2에서는 3GPP W-CDMA에서 사용한 code rate 가 1/3인 turbo coder의 블록도이다.

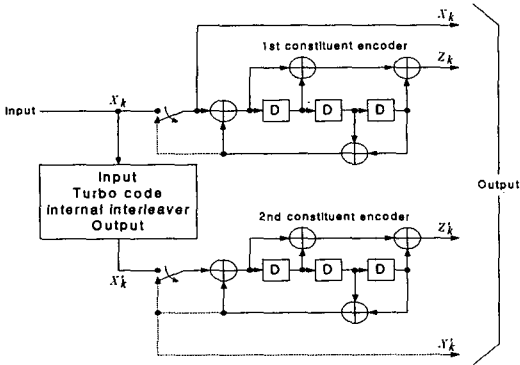


그림 2. Rate 1/3 turbo coder

### 2.2 STTD encoding

그림 3에서는 W-CDMA에 STTD 방식을 적용할 때 데이터를 encoding하는 방법을 나타낸다. 첫  $T_s$  (symbol duration) 동안 안테나1에서는  $b_0, b_1$ , 안테나 2에서는  $\overline{b_2}, \overline{b_3}$ 가 QPSK 변조 방식을 통해 전송된다. 두 번째  $T_s$  동안 안테나1에서는  $b_2, b_3$ , 안테나2에서는  $b_0, \overline{b_1}$ 가 전송된다.

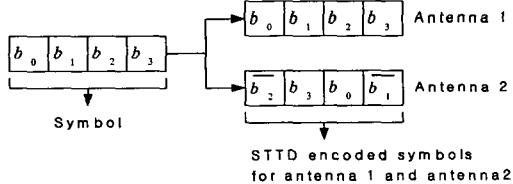


그림 3. QPSK에 대한 일반적인 STTD Encoder

### 2.3 STTD decoding

수신부에서는 수신신호를 가지고 그림 4와 같은 방식으로 신호를 복원해 낸다.

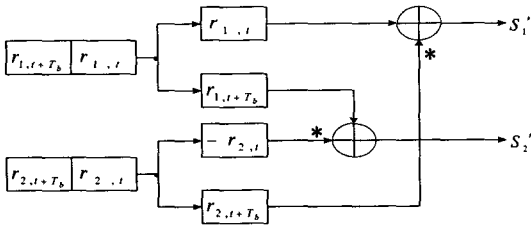


그림 4. QPSK에 대한 STTD Decoder

## III. W-CDMA 송신부

그림 5는 STTD 기법을 적용한 W-CDMA 송신부의 블록도이다. STTD encoder를 통과한 데이터는 channelization code와 scrambling code를 곱한 후, QPSK 변조 방식을 통해 전송된다.

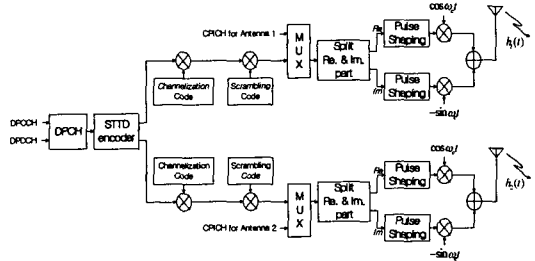


그림5. STTD기법을 적용한 W-CDMA 송신부

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

$$\begin{aligned} \text{Ant1: } & h_1(t) C_c S_c (s_0 \cos \omega_c t - s_1 \sin \omega_c t) \\ \text{Ant2: } & h_2(t) C_c S_c (-s_2 \cos \omega_c t - s_3 \sin \omega_c t) \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \text{Ant1: } & h_1(t) C_c S_c (s_2 \cos \omega_c t - s_3 \sin \omega_c t) \\ \text{Ant2: } & h_2(t) C_c S_c (s_0 \cos \omega_c t + s_1 \sin \omega_c t) \end{aligned} \quad (2)$$

여기서  $h_1(t), h_2(t)$ 는 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  $b_0, b_1, b_2, b_3$ 에 해당한다.

## IV. W-CDMA 수신부

그림 6는 STTD 기법을 적용한 W-CDMA 수신부의 블록도이다.

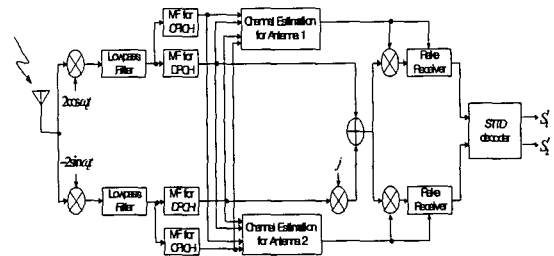


그림 6. STTD 기법을 적용한 W-CDMA 수신부

처음  $T_s$ 와 두 번째  $T_s$ 동안 수신된 신호는 식 (3)와 같다.

$$\begin{aligned}
 & t: C_c S_c \cos \omega_c t (h_1(t)s_0 - h_2(t)s_2) \\
 & + C_c S_c \sin \omega_c t (-h_1(t)s_1 - h_2(t)s_3) + n_1(t) \\
 & t + T_s: C_c S_c \cos \omega_c t (h_1(t)s_2 + h_2(t)s_0) \\
 & + C_c S_c \sin \omega_c t (-h_1(t)s_3 + h_2(t)s_1) + n_2(t)
 \end{aligned} \quad (3)$$

$n_1(t), n_2(t)$ 는 double-sided power spectral density가  $\frac{N_0}{2}$ 인 white Gaussian noise이다. 수신된 신호는 carrier를 제거하고 I/Q multiplex된다. 채널 추정을 통해 얻은  $h_1(t)$ 와  $h_2(t)$ 를 곱한 후, 두 개의 RAKE 수신기의 입력이 된다.

식 (4)는 첫 번째 RAKE 수신기의 입력이고, 식 (5)는 두 번째 RAKE 수신기의 입력이다.

$$\begin{aligned}
 t & : a_1^2 C_c S_c s_0 + ja_1^2 C_c S_c s_1 + n_1 \\
 t + T_s & : a_2^2 C_c S_c s_2 + ja_2^2 C_c S_c s_3 + n_2
 \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned}
 t & : -a_2^2 C_c S_c s_2 + ja_2^2 C_c S_c s_3 + n_3 \\
 t + T_s & : a_2^2 C_c S_c s_0 - ja_2^2 C_c S_c s_1 + n_4
 \end{aligned} \quad (5)$$

그림 7은 RAKE 수신기의 일반적인 블록도이다.

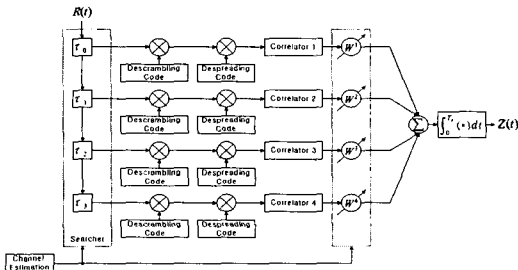


그림 7. 4-Branch의 Rake Receiver

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 (6)과 식 (7)은 복원된 송신 신호이다.

$$S_1' = \left\{ \sum_{i=1}^4 W_{1,i} f_1(a_1^i)^2 + \sum_{i=1}^4 W_{2,i} \tau_i f_1(a_2^i)^2 \right\} (b_0 + jb_1) + N_{1, total} \quad (6)$$

$$S_2' = \left\{ \sum_{i=1}^4 W_{2,i} f_2(a_2^i)^2 + \sum_{i=1}^4 W_{1,i} \tau_i f_2(a_1^i)^2 \right\} (b_2 + jb_3) + N_{2, total} \quad (7)$$

## 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 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 A는 짧은 지연 시간을 갖는 형태이고, 채널 B는 긴 지연 시간을 갖는 형태이다. 채널 임펄스 응답 모델 파라미터가 다음 표에 제시되어 있다.

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 148 bits이고, Transport block set size는  $148 \times B$  bits ( $B=0,1$ )이다. coding rate가 1/3인 convolutional code를 사용하였고 TTI=40ms 이다.

DDCH는 Transport block size가 640 bits이고, Transport block set size는  $4 \times 640$  bits이다. coding rate가 1/3인 turbo code를 이용하였고 TTI=40ms이다. Turbo code의 decoding은 SOVA algorithm을 사용하였고 iteration수를 늘리면 성능이 더욱 개선되지만 processing time이 늘어나게 되므로 iteration은 적당한 횟수인 3번으로 하였다.

DCCH와 DDCH는 TrCH multiplexing에서 muxing 되고, Physical channel에 mapping 된 후 120 kbps DPCH가 만들어진다. channel 환경은 ITU-R 실측 채널을 수정해서 사용하였다.

## VII. 결론

본 논문은 W-CDMA 시스템은 물리계층 규격을 분석하고, 이를 바탕으로 순방향 링크 W-CDMA 시스템에 STTD 기법을 적용한 송 수신부 블록도를 설계하고 이를 분석했다. 또한 이 블록도를 기반으로 ITU-R 실측 채널 모델에서 성능을 분석하였다.

그림 8과 그림 9를 통해 실외 차량환경에서의 성능이 다른 두 가지 환경보다 더 좋음을 알 수 있다.

BER이  $10^{-3}$ 을 만족시키는  $E_b/N_0$ 는 No Diversity의 경우 약 -0.4dB이고, STTD의 경우는 약 -1.4dB이다. 이 결과로부터 다중경로성분의 증가는 RAKE 수신기의 사용으로 시스템의 성능향상에 기여함을 알 수 있다. 그리고 STTD기법의 사용으로 전력을 증가시키지 않고 다이버시티 효과를 얻을 수 있음을 알 수 있다.

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

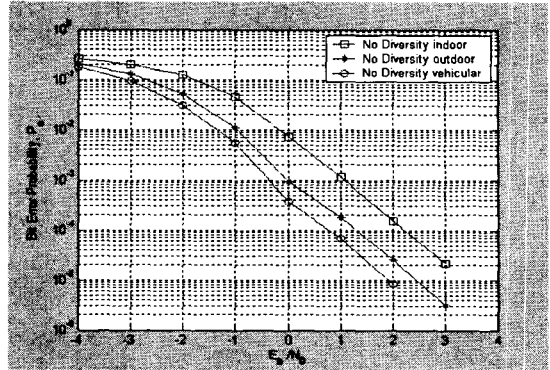


그림 8. STTD 기법을 적용하지 않은 W-CDMA 시스템의 성능분석

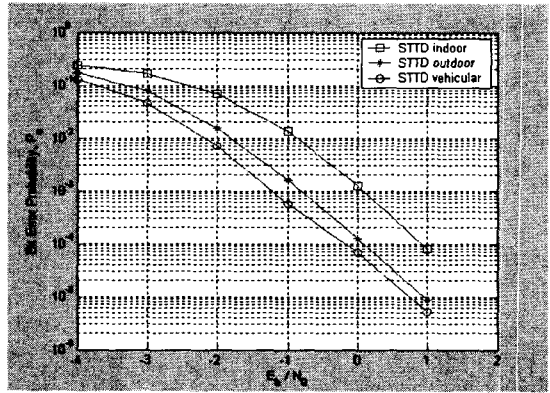


그림 9. STTD 기법을 적용한 W-CDMA 시스템의 성능분석

## 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] 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.