

# STBC 송신 다이버시티와 균등 송신 다이버시티가 결합된 송신 다이버시티

준희원 전 광 호\*, 민 승 현\*\*, 리우리준\*, 정희원 임 명 섭\*

## The Combined Tx. Diversity of STBC Tx. Diversity and Balanced Tx. Diversity

Kwang-Ho Chun\*, Seung-Hyun Min\*\*, Lijun Liu\* *Associate Members*,  
Myoung-Seob Lim\* *Regular Member*

### 요 약

본 논문에서 제안하는 결합 송신 다이버시티(The Combined Tx. Diversity) 방식은 이동통신 채널의 조건에 따라 기존의 2가지 송신 다이버시티 방식 중 채널 환경에 따라 더 우수한 송신 방식으로 전송을 하고, 또한 송신 방식이 바뀌는 조건에 따라 재전송 기술을 적용하여 더 우수한 성능을 발휘하는 송신 다이버시티 방식을 제안한다. 동일한 데이터를 2개의 송신 안테나로 전송하는 균등 송신 다이버시티 방식(Balanced Tx. Diversity; BTD)은 수신부에서 MRRC 방법(Maximal Ratio Receiver Combining)을 적용하여 수신할 때 2개의 각 채널의 “신호감쇄 성분”과 “위상값들간의 차에 따른 여현값(Cosine Value)”에 따라 STBC 송신 다이버시티 방식보다 성능이 우수하기도 하고 열악하기도 하다. 따라서, 수신부에서는 추정된 2개의 각 채널의 환경을 토대로 송신부에 STBC 송신 다이버시티 방식과 BTD 방식 중 수신 성능을 더 좋게 할 수 있는 방식을 사용하도록 궤환 정보(Feedback Information)를 보내어 우수한 전송방식을 선택하게 하고, 추가적으로 제안하는 재전송 방식도 적용하여 기존의 STBC 송신 다이버시티 방식보다 우수한 전송 성능을 나타냄을 증명한다.

**Key Words** : Transmit Diversity, BTD, STBC, MRRC, Feedback Information

### ABSTRACT

The balanced Tx diversity with same data on two antennas can have better or lower performance than STBC Tx diversity, depending on the difference between each phase of two channels when the received signal is processed with MRRC. Therefore, using the feedback information based on the phase estimation in each channels, the better scheme of the balanced Tx diversity and STBC Tx diversity can be selected. However, when the phase condition changes during the transmission as the selected Tx. diversity scheme, the decoded bit can be erroneous because the previously estimated phase and newly estimated phase is different. In this case, the receiver should request the re-transmission of the just received signal to the transmitter part. Through computer simulation, it is shown that the combined scheme of the balanced Tx diversity and STBC Tx. diversity has better performance than STBC Tx diversity.

\* 전북대학교 전자·정보공학부 초고속데이터이동통신 연구실 (khchun@iita.re.kr, liulijun@hslab.chonbuk.ac.kr, mslim@chonbuk.ac.kr)

\*\* 충북대학교 전기·전자·컴퓨터공학부 실시간시스템 연구실 (imturtle@iita.re.kr)

논문번호 : KICS2007-07-312, 접수일자 : 2007년 7월 18일, 최종논문접수일자 : 2008년 1월 21일

## I. 서 론

경박단소(輕薄短小)의 이동통신 단말기가 저가격으로 공급되면서 이동통신 서비스는 대중적이면서 필수적인 생활수단이 되었다. 더불어 인터넷도 우리 가정과 사회생활 속에 일부러가 되면서 이동통신을 통한 고속 인터넷 서비스에 대한 수요가 증가하고 있다. 그러나 이동통신 서비스를 제공하기 위한 주파수 자원은 한정되어 있고, 시간에 따라 변하는 다중 경로 페이딩 현상으로 전송 채널이 열악하여 고속의 정보를 고품질로 보내는 것이 쉽지 않다. 따라서 최근에 인터넷에서 즐길 수 있는 광대역의 다양한 멀티미디어 서비스를 제공하기 위한 Capacity의 증대방안 그리고 다중 경로 페이딩 전송채널에서 정보 특성에 따라 요구되는 QoS(Quality of Service)를 제공할 수 있는 성능 개선 방안이 지속적으로 연구되고 있다<sup>[1][2][3]</sup>.

Alamouti가 제안한 STBC 송신 다이버시티 방식은 여러 개의 안테나에 서로 다른 신호를 전송하고, 부호화된 신호가 모두 전송되는 시간 동안에 채널의 변화가 없다고 가정한다<sup>[3]</sup>. 이런 가정 하에서 추정된 채널 정보와 부호화된 신호간 직교 특성을 이용하여 MRRC(Maximal Ratio Receiver Combining) 방식으로 수신하는데 부호화된 신호가 모두 수신될 때까지 기다려야 하므로 시간 지연이 유발된다.

한편, 같은 신호를 여러 개의 안테나에 동시 전송하여 수신하는 균등 송신 방식의 경우는 마찬가지로 각 경로의 채널 정보를 추정을 하여 MRRC 방식을 적용하면 각 경로상의 신호성분이 결합된 간섭향이 생겨난다. 이 간섭향은 각 경로상의 감쇄 성분 및 위상 정보차 만큼의 위상 변화 성분에 따른 여현(Cosine)값이 곱해져 성분으로 표현된다. 이 여현값의 크기와 부호에 따라, 균등 송신 다이버시티 방식은 품질이 향상될 수도 있고, 성능이 떨어진다. 그런데 여기서 수신부에서는 수신된 데이터를 바탕으로 채널의 위상 정보를 추정할 수 있기 때문에 채널 환경에 따라 두 방식 중 더 우수한 송신 방식을 선택하여 송신부에 케환 정보로 보낸다. 또한, 채널의 상황이 도중에 바뀔 때에도 케환 정보를 보내어 더 우수한 송신 방식으로 송신을 요청한다.

즉, STBC 송신 다이버시티 방식과 본 논문에서 제안한 균등 송신 다이버시티(BTD)를 결합하여 사용하므로서 전체적으로 성능 개선 효과를 얻을 수

있다. 또한, 채널 변경과 동시에 전송된 데이터에 대해 송신 방식의 변경 후, 재전송을 요청함으로써, 성능의 이득을 높였다.

본 논문의 구성은 II장에서는 두 가지 방식에 대한 성능 분석을 통해 더 우수한 송신 방식을 결정한다. III장에서는 채널환경에 따른 위상 변화를 살펴보고, 채널환경 변경과 동시에 수신된 데이터의 오류에 대해 살펴본다. IV장에서는 채널환경 변경과 동시에 수신된 데이터에 대해 재전송 기술을 소개하고, 이에 대한 성능 분석을 통해 더 우수함을 소개한다. 컴퓨터 기술의 급속한 발전으로 인해 기존의 텍스트 위주의 사용자 환경에서 벗어나 이미지, 그래픽, 오디오 및 비디오 데이터 등을 제공하는 멀티미디어 사용자 환경으로 변화하고 있다.

## II. STBC 송신 다이버시티 방식과 균등 송신 다이버시티 방식 분석

STBC 송신 다이버시티를 사용한 방식과 달리 균등 송신 다이버시티(BTD) 방식은 그림 1 과 같이 2 개의 안테나에 같은 신호를 동시에 전송한다.

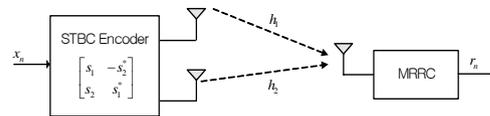
$$r_{STBC,1} = h_1 s_1 + h_2 s_2 + n_1 \quad (1)$$

$$r_{STBC,2} = -h_1 s_2^* + h_2 s_1^* + n_2$$

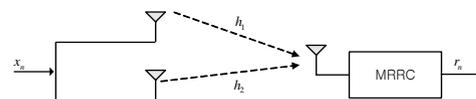
$$r_{BTD} = (h_1 + h_2) s + n \quad (2)$$

여기서,  $h_1 = \alpha_1 e^{j\theta_1}$ ,  $h_2 = \alpha_2 e^{j\theta_2}$

경로  $h_1$  과  $h_2$  에 대한 채널 추정을 토대로 MRRC 방식을 적용하여 처리한 신호는 식(3)과 식(4)와 같이 정리된다.



(a) STBC 송신 다이버시티 방식



(b) 균등 송신 다이버시티 방식(BTD)

그림 1. STBC 송신 다이버시티와 균등 송신 다이버시티

$$r_{SB,1} h_1^* + r_{SB,2}^* h_2 = (h_1 h_1^* + h_2^* h_2) s_1 + n_1 h_1^* + n_2^* h_2 = (\alpha_1^2 + \alpha_2^2) s_1 + n_1 h_1^* + n_2^* h_2 \quad (3)$$

$$r_{BTD} (h_1^* + h_2^*) = (h_1 h_1^* + h_2 h_2^* + h_1 h_2^* + h_2 h_1^*) s + (h_1^* + h_2^*) n = (\alpha_1^2 + \alpha_2^2 + 2\alpha_1\alpha_2 \cos(\theta_1 - \theta_2)) s + n h_1^* + n h_2^* \quad (4)$$

여기서,

$$h_1 h_2^* = \alpha_1 \alpha_2 e^{j(\theta_1 - \theta_2)}, h_2 h_1^* = \alpha_1 \alpha_2 e^{-j(\theta_1 - \theta_2)} \text{ 이다.}$$

식(4)에서 균등 송신 다이버시티(BTD) 복원 신호는 2개의 서로 상관성이 없는 독립된 채널로 수신된 신호로써 송신부에서 직교성을 갖도록 처리를 하지 않아 MRRC 방법의 적용한 후에 각 경로상의 신호감쇄 성분과 각 채널의 위상값들간의 차에 따른 여현값  $(2\alpha_1\alpha_2 \cos(\theta_1 - \theta_2))$ 이 곱해져 결합된 간섭현상이 생겨난다. 이때, 신호의 전력을 1, 잡음의 분산값을  $E(n_1^2) = E(n_2^2) = E(n^2) = N_0$  로 정의할 때 STBC 송신 다이버시티와 균등 송신 다이버시티(BTD) 방식의 SNR은 각각 다음과 정의된다.

$$SNR_{SB} = \frac{(\alpha_1^2 + \alpha_2^2)^2}{N_0} \quad (5)$$

$$SNR_{BTD} = \frac{(\alpha_1^2 + \alpha_2^2 + 2\alpha_1\alpha_2 \cos \Delta\theta)^2}{N_0} \quad (6)$$

식(5), (6)을 비교해보면, 균등 송신 다이버시티(BTD) 신호 성분에서 위상차 값  $\cos \Delta\theta$  가  $\pi/2$  보다 작을 때에는 채널간 간섭성분이 양수값으로 신호에 더해져 신호 성분이 커지므로 상대적으로 STBC 송신 다이버시티 방식보다 성능이 우수하게 됨을 짐작할 수 있다. 반대로, 위상값이  $\pi/2$  보다 클 경우에는 신호 성분이 작아지게 되어 STBC 송신 다이버시티 방식보다 상대적으로 성능이 열화됨을 짐작할 수 있다.

$$\frac{(\alpha_1^2 + \alpha_2^2 + 2\alpha_1\alpha_2 \cos \Delta\theta)^2}{N_0} > \frac{(\alpha_1^2 + \alpha_2^2)^2}{N_0} \quad (7)$$

즉, 여기서 채널간의 위상차  $\Delta\theta$ 와 위상 비율  $\beta = \left(\frac{\cos \theta_1}{\cos \theta_2}\right), \gamma = \left(\frac{\alpha_1}{\alpha_2}\right)$ 을 정의하면, 식(7)에서 다음

과 같은 결론을 도출할 수 있는데,  $|\Delta\theta| < \pi/2, \beta < 0$ 의 조건에서  $\cos \Delta\theta$ 가 양수값을 가지며,  $\gamma > 0$  이면,  $(2\alpha_1\alpha_2 \cos \Delta\theta)$ 의 값이 양수가 된다.

그러나, 반대의 경우인  $|\Delta\theta| > \pi/2, \beta > 0$ 에서는  $\cos \Delta\theta$ 가 음수값을 가지며,  $\gamma > 0$  이면,  $(2\alpha_1\alpha_2 \cos \Delta\theta)$ 의 값이 음수값을 갖게 된다.

다음 표 1은  $\cos \Delta\theta$  값과  $\gamma$ 에 따른 우수한 송신 방식을 나타낸다.

표 1. 채널간 위상차, 위상비율에 따른 송신 방식 정리

채널간 위상차	채널간 위상 비율	우수한 송신 방식
$ \Delta\theta  < \frac{\pi}{2}$	$\gamma > 0$	“BTD” 방식
	$\gamma < 0$	“STBC” 방식
$ \Delta\theta  > \frac{\pi}{2}$	$\gamma > 0$	“STBC” 방식
	$\gamma < 0$	“BTD” 방식

즉, 수신단에서 추정된 각 채널 위상들 차의 절대값이  $\pi/2$  보다 작고, 여현값들의 부호가 다르면, 송신부에 균등 송신 다이버시티(BTD) 방식을 요청하여 위상값이 크게 변하지 않는 동안 균등 송신 다이버시티(BTD) 방식으로 수신하여 높은 성능을 유지하며, 어느 정도 후에 수신단에서 추정된 각 채널의 위상들 차의 절대값이  $\pi/2$  보다 크거나, 여현값들의 부호가 같으면 송신부에 STBC 송신 다이버시티 방식으로 바뀌어서 보낼 것을 요청한다.

결과적으로 STBC 송신 다이버시티와 균등 송신 다이버시티(BTD) 방식을 결합하여 채널 상태에 따라 더 우수한 방식으로 전송하는 본 방법은 기존의 STBC 송신 다이버시티 방식보다 높은 성능을 얻을 수 있음을 짐작할 수 있다.

### III. 채널환경에 따른 위상 변화

채널의 위상 변화는 이동단말의 속도와 데이터의 속도에 따라 상대적으로 고속 페이딩(Fast Fading)이 될 수도 있고, 저속(Slow Fading)이 될 수도 있기 때문에 본 논문에서는 성능 분석을 할 때 위상의 변화를 몇 개의 데이터 구간 동안에는 일정하게 유지되다가 다음 몇 개의 데이터 구간에는 다른 위상 값을 갖도록 각 구간마다 위상을 무작위로 불규칙적으로 발생시킨다. 이때 각 채널의 위상은 0에서  $2\pi$  사이에서 균일한 분포를 갖는다.

그림 2와 그림 3은 각각 1개의 데이터 구간과 4개의 데이터 구간 동안 각 채널에서 위상이 무작위

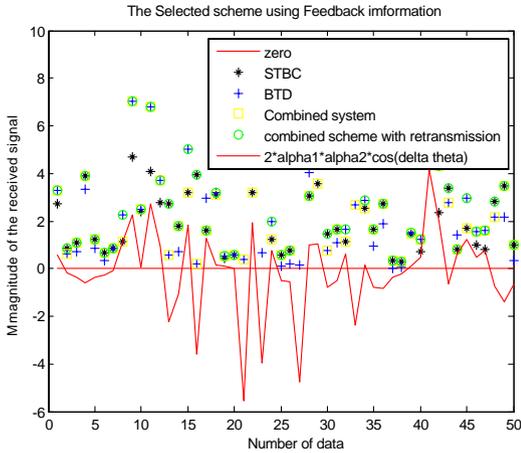


그림 2. 1개의 데이터 구간 단위별 위상 변화

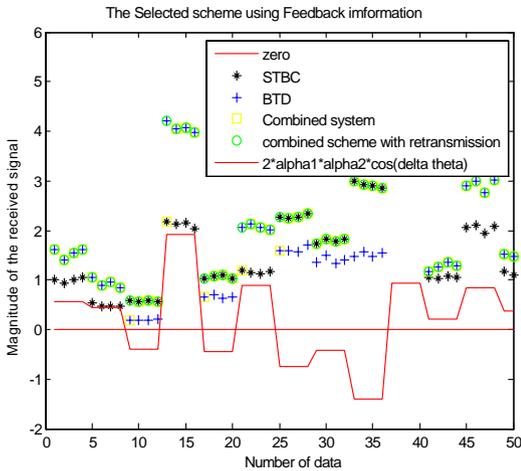


그림 3. 4개의 데이터 구간 단위별 위상 변화

로 불규칙하게 발생되도록 했을 때 여현값의 변화에 따른 MRRC 방법으로 수신 처리된 신호와 잡음이 더해진 진폭의 결과이다. 그림 2에서 실선은  $\Delta\theta$ 에 따른  $2\alpha_1\alpha_2\cos\Delta\theta$ 의 값의 변화를 나타내며, 각각의 “\*”, “+” 점들은 “STBC 송신 방식”, “BTD 방식”으로 송신한 데이터를 나타내며, “o”는 두 방식 중 조건에 따라 더 우수한 방식의 신호를 선택하여 송신하여 수신한 내용이다. 여기서는 소단원에 관한 내용을 간단히 살펴본다.

그림 3은 4개의 데이터 구간 단위로 위상이 변화하는 동안 각각의 방식으로 송신하는 신호의 모습을 나타내는데, 실선은  $2\alpha_1\alpha_2\cos\Delta\theta$  값이 양수일 경우에는 균등 송신 다이버시티 방식이 더 우수하고, 음수일 경우에는 STBC 송신 방식이 더 우수함을

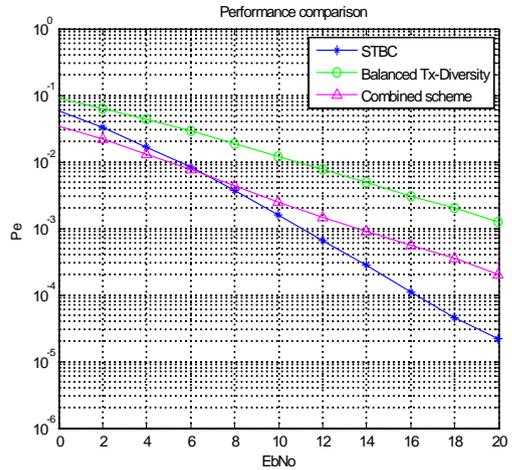


그림 4. 1개 데이터 단위로 위상이 변할 때 재전송이 없는 각 송신 다이버시티 방식별 BER 특성

알 수 있으며, 이에 따라 표 4와 같이 채널의 조건에 따라 결합된 방식에서는 더 우수한 방식을 선택하여 송·수신함을 알 수 있다. 그런데, 여기서 중요한 현상으로 결합 전송 방식이 매 위상이 바뀌고 송신된 처음 데이터에서 전 송신방식을 선택하는 것을 볼 수 있다. 3가지 방식에 대한 성능분석 비교를 위해 BER 분석을 통해 분석하였는데, 그림 4와 같은 특성을 나타내었다.

그림 4에서 “-△-”로 표시된 BER 특성은 2가지 송신 다이버시티 방법을 결합한 구조의 특성으로써 채널의 위상 변화가 1개의 데이터 구간 단위로 변화하는 조건하에서 BER 특성을 분석한 결과이다.

특정 Eb/No값 이상(‘8’ 이상)에서는 STBC 전송 다이버시티 방식만을 사용한 것보다 2가지 방법을 결합한 방식의 성능이 떨어지는 것을 볼 수 있는데 그림 3에서도 잠깐 언급하였듯이 이것은 수신부에서 추정된 2개의 채널간의 위상차가  $\pi/2$  보다 작아서 균등 송신 다이버시티(BTD) 방식을 요청하여 송·수신을 유지하고, 채널의 상태는 일정 데이터 구간 동안  $\pi/2$ 보다 적은 위상차 값을 유지하다가 다음 신호구간이 시작하는 순간에 전송 위상이  $\pi/2$ 보다 크게 바뀐 상태에서 STBC 전송 다이버시티 방식으로 전환하여 송·수신을 진행하여야 함에도 불구하고, 균등 송신 다이버시티(BTD) 방식으로 수신한 결과로써 이로 인해 첫 번째 비트가 오류가 생겨 STBC 전송 다이버시티 방식보다 성능이 저하되었기 때문이다.

따라서, 이 경우는 일정 데이터에 대해 송신부에 STBC 전송 다이버시티 방식으로 재전송을 요청하고, 이 순간 이후의 전송 데이터는 수신단에서 다시 균등 송신 다이버시티(BTD) 방식으로 전송방식의 변경을 요청하기 전까지는 STBC 전송 다이버시티 방식으로 전송이 된다.

반대의 경우에도 채널의 변화와 동시에 수신된 데이터인 STBC 송신 데이터는 균등 송신 다이버시티(BTD) 방식의 성능보다 상대적으로 열악하기 때문에 성능 열화가 발생하였다. 이때에도 채널 변경과 동시에 수신된 데이터에 대해서는 균등 송신 다이버시티(BTD) 방식으로 재전송을 함으로써 보정을 함으로써 성능을 높일 수 있다.

따라서, 여러 가지 채널 조건의 유동성으로 인해 균등 송신 다이버시티 방법을 적용하기 어려울 것으로 생각할 수 있으나, 각 채널의 위상 정보를 추정할 수 있고, 채널의 위상 변화가 매 데이터 bit 구간 동안 빠르게 변화하지 않고 여러 데이터 bit에 걸쳐 일정한 값을 유지하는 특성을 고려한다면 수신단에서 추정된 각 채널의 위상정보를 이용하여 송신부에 더 나은 성능향상을 얻을 수 있는 방법을 요청할 수 있다.

#### IV. 전송 중 위상 변경시 재전송 기법을 적용한 성능 향상

앞 장에서도 설명하였듯이 STBC 송신 다이버시티 방식은 MRCC 방법을 적용하여 원하는 신호 성분을 추출 할 때 독립적인 코딩으로 인해 2 채널의 위상 성분에 무관하게 신호를 추출할 수 있다. 그러나 균등 송신 다이버시티 방식(BTD)은 별도의 독립된 코드를 곱하여 송신하지 않는 조건에서는 2채널의 위상 차이를 변수로 하는 여현 성분이 신호 성분에 포함된다.

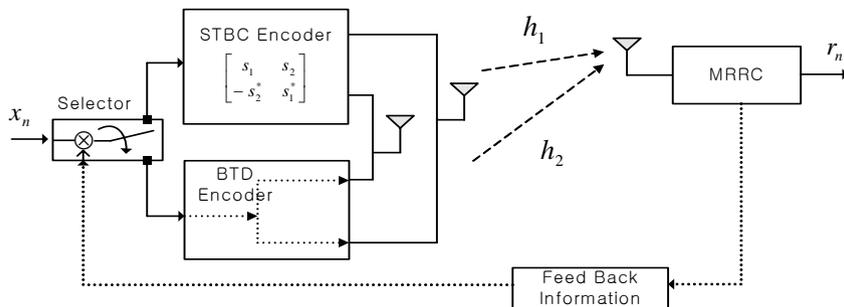


그림 5. STBC 송신 다이버시티와 균등 송신 다이버시티 결합 방법

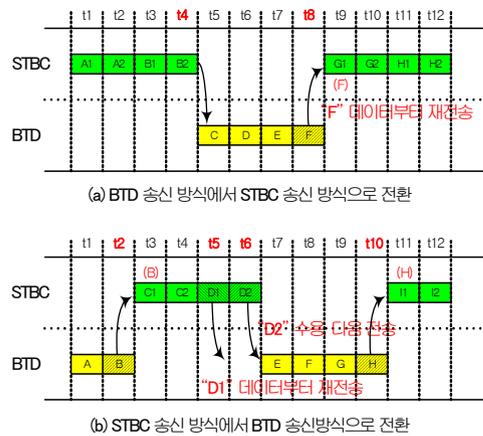


그림 6. 송신 방식 변경에 따른 재전송 요청

수신단에서는 추정된 2 채널의 위상값으로 여현 성분의 양의 값과 음의 값을 추정할 수 있고, 채널의 위상의 변화는 몇 개의 데이터 구간 동안에는 변하지 않으므로 여현값이 양의 값을 갖기 시작하는 순간 그림 5와 같이 송신부에 균등 송신 다이버시티 방법으로 전송하는 것을 요청할 수 있다.

즉, 그림 6의 첫 번째 그림에서 STBC 송신 방식의 채널환경에서 일정시간이 흐른 후, “t4”의 지점에서 채널의 환경이 변경되어 균등 송신 방식이 더 우수하여 송신 방식이 변경되었다. 또한 일정 시간이 흐른 후, “t8” 지점에서 STBC 송신 방식이 더 우수한 채널 환경으로 변경되어 균등 송신 방식에서 STBC 송신 방식으로 변경되었는데, 이 “t8”의 지점에서 전송되어진 데이터 “F”는 “C”, “D”, “E”의 데이터보다 상대적으로 열악하며, STBC 송신 방식으로 전송하는 것이 더 이득이 있다. 따라서 STBC 송신 방식으로 전환하였을 때, 채널 변경과 동시에 전송된 “F” 데이터를 재전송함으로써 데이터 수신 오류를 줄이는 것이다.

표 2. 송신 방식에 따른 피드백 비트 열

변경 前 방식	변경 後 방식	피드백 비트열
BTD 방식	前 상태 유지	0 0
	STBC로 변경 (재전송 요청)	0 1
STBC 송신 다이버시티 방식	前 상태 유지	0 0
	BTD로 변경 (재전송 없음)	1 0
	BTD로 변경 (재전송 요청)	1 1

또한, 그림 6의 두 번째 그림에서 “t2” 지점에서 균등 송신 방식에서 STBC 송신 방식으로 전환될 때, 송신된 데이터 “B”에 대해서는 앞의 방식과 동일하게 재전송이 이루어져 송신을 진행하다가 “t5” 지점에서 또 다시 채널환경 변화가 있을 경우에 앞의 방식과 동일하게 “D1” 데이터를 재전송하여 송신을 진행한다. 그러나, “t6” 지점에서 채널환경의 변화로 균등 송신 방식으로 전환하는데, 이때 전송된 데이터 “D2”는 STBC 송신 방식의 특성상 “D1”과 “D2”가 코딩된 데이터이므로 재전송을 하지 않는다. 만약 재전송을 한다면, “D1” 데이터부터 송신을 해야 하기 때문에 전송속도에 추가적인 지장을 초래하게 된다.

따라서, 채널의 조건에 따라서 더 우수한 송신 방식을 선택하여 성능을 높이고, 오류 확률이 있는 채널 변경과 동시에 수신된 데이터에 대해서는 재전송을 함으로써 더욱 성능을 높였다.

표 2은 채널환경 변화에 따른 송신방식 변경에 대한 Feedback 정보에 대한 비트열을 정의하였다. 채널 변경에 따른 송신 방식의 선택은 총 5가지의 경우가 발생되며, 전 상태 유지는 동일하므로 총 2비트로 송신방식 변경을 제어할 수 있다. 그러나, 이러한 Feedback 정보의 사용은 Feedback에 필요한 시간 즉, 지연시간의 증가를 가져오게 된다. 이렇게 지연 시간이 증가하게 되면, 최적 송신방식 정보를 Feedback 시키는 동안 채널 상태가 바뀌게 되어 성능 저하를 가져올 수 있게 된다. 또한, Feedback 방식에서 자주 채널 환경이 바뀌는 조건 하에서는 가장 큰 문제는 Feedback 정보량 증가에 있다. 따라서 자주 변경되는 채널환경의 경우, 제안 시스템의 경우 Feedback 정보량에 의해 상당한 제한을 받게 될 것으로 예상된다. 따라서 추가적으로 되먹임 정보량을 줄이고, 최적의 성능을 보장할 수 있는 방법에 대해 추가 연구가 필요할 것이다.

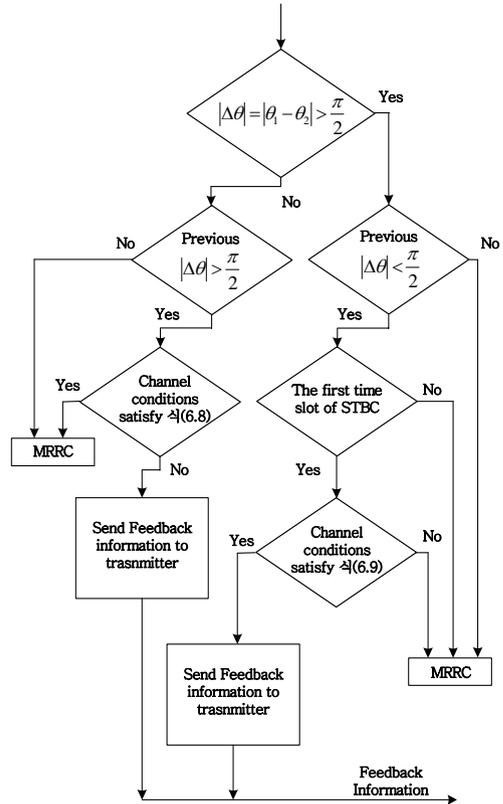


그림 7. 재전송 STBC 송신 다이버시티와 균등 송신 다이버시티 방식이 결합된 방식의 수신 신호 처리 Flowchart

그림 7의 Flowchart는 STBC 송신 다이버시티와 균등 송신 다이버시티(BTD) 방식이 결합된 방식의 성능 분석을 위해서 컴퓨터로 모의실험을 하기 위해 처리되는 과정이다.

### V. STBC와 균등 다이버시티 결합 송신의 재전송 성능분석

그림 8, 그림 9, 그림 10는 각각 4개의 데이터 구간과 8개, 16개의 데이터 구간 동안 각 채널에서 위상이 무작위로 불규칙하게 발생되도록 했을 때 (1) STBC 송신 방식, (2) BTD 방식, (3) 재전송이 없는 결합된 방식, (4) 재전송을 하는 결합된 방식의 BER 특성을 보여준다.

재전송이 없이 STBC 송신 방식과 균등 송신 방식이 결합된 다이버시티 방식은 낮은 일정한 Eb/No에서는 STBC 송신 방식보다 성능이 좋으나, 높은 Eb/No에서는 성능이 좋지 못하다.

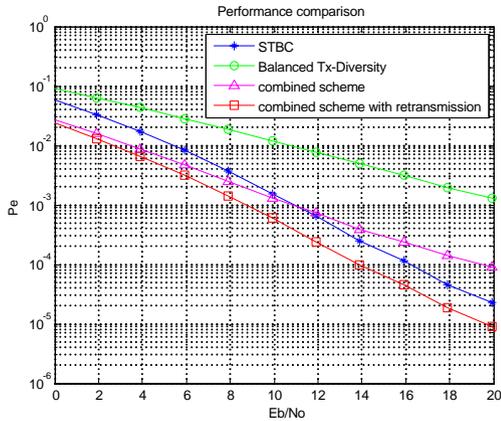


그림 8. 재전송을 하는 각 송신 다이버시티 방식별 BER 특성(4개의 데이터 구간 단위로 위상이 변할 때)

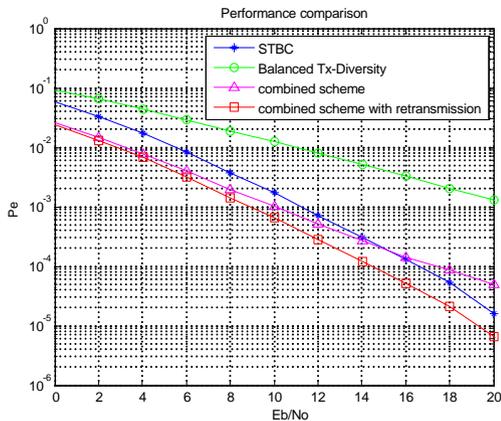


그림 9. 재전송을 하는 각 송신 다이버시티 방식별 BER 특성(8개의 데이터 구간 단위로 위상이 변할 때)

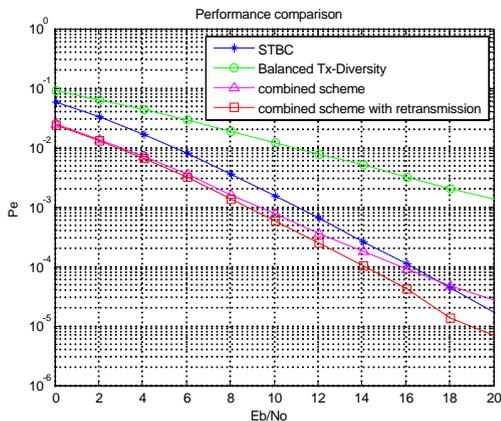


그림 10. 재전송을 하는 각 송신 다이버시티 방식별 BER 특성(16개 데이터 구간 단위로 위상이 변할 때)

그러나, 재전송을 하는 STBC 송신 방식과 균등 송신 방식이 결합된 방식은 STBC 송신 방식보다 높은 성능을 보여줌을 알 수 있다. 그리고 일정 구간동안 위상이 느리게 변하는 환경일수록 재전송이 없는 방식과 재전송이 있는 방식의 BER 성능의 차이는 점점 없어진다.

## VI. 결 론

동일한 신호를 2개의 독립된 채널로 전송하는 균등 송신 다이버시티 방식(BTD)은 2개의 채널의 간섭성분 즉, 여현값의 위상 차이 및 부호값에 따라 STBC 송신 다이버시티 방식보다 성능이 우수할 수도 있고, 좋지 않을 수도 있다.

따라서, 수신부에서 수신된 데이터를 분석하고, 각 채널의 위상 정보를 추정하여 채널간 위상차의 절대값이  $\pi/2$  보다 작고, 여현값의 부호가 다른 데이터 전송구간에는 수신부에서 송신부에 종래의 STBC 송신 다이버시티 방식에서 균등 송신 다이버시티 방식(BTD)으로 방식 변환을 요청하는 궤환 정보를 보내고, 다시 채널 환경이 변하여 위상차가  $\pi/2$ 보다 커지거나, 여현값의 부호가 같게 되면 종래의 STBC 송신 다이버시티 방식으로 전송하도록 함으로써 최대의 이득을 달성하는 STBC 송신 다이버시티와 균등 송신 다이버시티(BTD) 방식을 결합한 방식(The Combined Tx. Diversity)을 사용하면 두 송신 다이버시티의 단일 전송 방식보다 성능향상을 꾀할 수 있다.

또한, 채널 변경과 동시에 수신된 데이터에 대해서는 재전송을 수행함으로써 오류 확률을 줄일 수 있게 되었다. 결론적으로 본 논문에서는 전송 중에 위상 정보가 바뀌어 채널간 위상차의 절대값이  $\pi/2$  을 기준으로 작은값에서 큰 값으로 바뀌는 경우, 균등 송신 다이버시티 방식은 STBC 송신 다이버시티 방식보다 수신 성능이 떨어 질 수 있는데, 이 경우 재전송을 요청하여 종래의 STBC 송신 다이버시티 방법으로 전송하도록 함으로써 전체적인 전송 성능을 개선할 수 있는 방식을 제안하였다.

## 참 고 문 헌

- [1] G.Foschini and M. Gans, "On limits of wireless communications in a fading environment when using multiple antenna,"

Wireless Personal Communications, vol.6, pp. 311-335, March 1998

- [2] V. Tarokh, H. Jafarkhani, and A.R. Calderbank: 'Space-time block codes from orthogonal designs', IEEE Trans. Inform. Theory, July, 1999, vol. 45, no. 5, pp. 1456-1467
- [3] A.M. Alamouti, "A simple transmit diversity techniques for wireless communications," IEEE J. SAC, Oct., 1998, vol. 16, no. 8, pp. 1451-1458
- [4] H. Jafarkhani, "A Quasi-Orthogonal Space-Time Block Code" IEEE Trans. on Commun., vol. 49, Jan. 2001

**전 광 호 (Kwang-Ho Chun)** 준회원



2002년 2월 전북대학교 정보통신 공학과 석사  
 2007년 8월 전북대학교 정보통신 공학과 박사  
 2001년 10월~현재 정보통신 연구진흥원 기술기획본부 지능형 홈네트워크사업단 연구원

<관심분야> MIMO, Wireless Mesh Network, BcN, Mobility Management, Home Network.

**민 승 현 (Seung-Hyun Min)** 준회원



1998년 2월 충북대학교 전자계산학과 석사  
 2002년 2월 충북대학교 전자계산학과 박사수료  
 2002년 6월~현재 정보통신 연구진흥원 연구원

<관심분야> Wireless Internet, Wireless Mesh Network, Real Time OS, Distributed Processing.

**리우리준 (Lijun Liu)** 준회원



2006년 2월 전북대학교 정보통신 공학과 석사  
 2006년 3월 전북대학교 정보통신 공학과 박사과정  
 <관심분야> MIMO, Wireless Mesh Network, OFDM Smart Antenna.

**임 명 섭 (Myoung-Seob Lim)** 정회원



1982년 2월 연세대학교 전자공학과 석사  
 1990년 2월 연세대학교 전자공학과 박사  
 1984년 1월~1985년 8월 대우통신 종합연구소 연구원  
 1985년 9월~1996년 9월 한국전자통신연구원 이동통신기술연구단 실장

1996년 10월~현재 전북대학교 전자·정보공학부 부교수  
 <관심분야> CDMA, Wireless LAN, System On a Chip, OFDM, Vehicular Infotronics.