

논문 2007-02-09

UWB-MIMO 시스템의 프리엠블 구조 설계

(Preamble Design for UWB-MIMO System)

이흥원*, 서정원, 정재학, 조상인, 최상성

(Hongwon Lee*, Jungwon Suh, Jaehak Chung, Sangin Cho, Sangsung Choi)

Abstract : In this paper, we have propose a preamble structure and synchronization/channel estimation method for UWB-MIMO which has 960Mbps transmit rate. The proposed structure is a compatible preamble structure for synchronization/channel estimation used by MIMO in MB-OFDM(Multi-Band OFDM) systems that are one of the standard systems of MBOA. The system is compatible with MB-OFDM using the proposed preamble structure. In this paper, we argue the problem in receiver part used by MIMO technique. And we simulate the proposed preamble for using synchronization/channel estimation. The simulation result shows the same performance compared with single receiver antenna.

Keywords : UWB-MIMO, Preamble, Synchronization, Channel estimation, MB-OFDM.

1. 서론

차세대 무선 통신의 핵심 기술중 하나로 고려되고 있는 UWB 시스템은 매우 높은 데이터 전송 속도를 제공함으로써 앞으로 유비쿼터스 시대의 도래에 주요한 핵심 기술로 인식되고 있고 보다 빠른 전송 속도가 향후 요구될 것이다[1]. 그러나 현재 UWB시스템의 최대 전송 속도는 480Mbps이고 이 이상을 기대하기는 힘든 실정이며 향후 차세대 통신을 위하여 전송 속도를 향상시키기 위한 기술이 필요하다. 이를 위하여 다중 안테나 기술을 현재의 UWB기술[2][5]에 접목 시키는 것이 필요하다. 이와 유사한 MIMO-OFDM은 현재 WLAN의 IEEE 802.11n[3]에서 핵심 기술로 사용되고 있고, MB-OFDM UWB[5] 관련하여 MB-OFDM UWB-MIMO기술은 차세대 핵심기술 중의 하나이다.

* 교신저자(Corresponding Author)

논문접수 : 2007. 04. 08., 채택확정 : 2007. 04. 26.

이흥원, 서정원, 정재학 : 인하대학교 전자공학과 무선이동통신 연구실

조상인, 최상성 : 한국전자통신연구원

* 본 논문은 한국전자통신연구원 및 인하대학교의 학술연구비에서 지원하여 연구하였음.

UWB-MIMO시스템이 동작하기 위해서는 안테나 간의 구별이 용이한 프리엠블이 필요하고, 이 프리엠블을 이용하여 동기/채널을 추정할 수 있어야 한다. 또한 MB-OFDM과 동기 및 채널 추정에 필요한 프리엠블의 구조가 호환성을 유지하도록 유지되어야 한다[4]. 그림 1은 MB-OFDM 프리엠블의 블록도이다. MB-OFDM은 30개의 프리엠블을 사용하여 앞의 24개의 심볼은 동기를 위해 사용하고, 뒤의 6개의 심볼은 채널 추정에 사용한다.

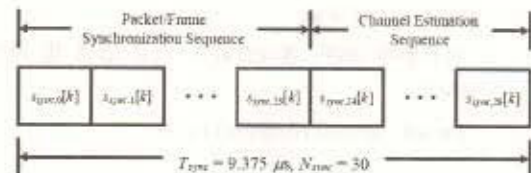


그림 1. MB-OFDM시스템의 PLCP 프리엠블 블록도

Fig. 1. PLCP preamble block diagram of MB-OFDM

MB-OFDM에서 프리엠블이 동기 측면과 채널 추정 측면으로 나누어져 있기 때문에 제안된 프리엠블 구조 역시 동기 측면과 채널 추정 측면으로 나누어 설계하였다. 본 논문에서 다중 안테나 기법

을 적용한 UWB시스템이 MB-OFDM시스템과 호환성을 유지하기 위한 조건을 제시하고, 이를 만족하는 프리엠블의 구조를 제안한다. 제안된 프리엠블을 사용한 경우 MB-OFDM시스템과의 호환성을 유지할 수 있다. 그리고 다중 송신안테나로 사용될 경우 수신단에서 동기를 맞출 때 수신안테나중 하나만을 이용하여 전체 수신 안테나의 동기를 맞추어도 문제가 없고, 송신 안테나단의 안테나 구별이 용이함을 보였다. 또한 채널 추정 측면에서 UWB 시스템과의 호환이 되는 채널 추정 방법을 제안하고 성능의 열화가 없음을 보였다.

논문의 구성을 살펴보면, II장에서는 UWB-MIMO 시스템을 위한 동기 측면의 프리엠블 구조를 제시한다. III장에서는 UWB-MIMO 시스템을 위한 기존의 채널 추정기법들을 설명하고, 채널 추정과 관련된 제안된 프리엠블 구조를 제시한다. IV장에서는 II장과 III장에서 제시한 방법에 대한 전산 모의실험을 수행하고 각 방법에 대한 성능 비교를 기술한다. 마지막으로 V장에서는 본 논문의 요약 및 결론에 대해서 기술한다.

II. UWB-MIMO시스템의 동기를 위한 프리엠블

UWB-MIMO시스템의 동기를 위한 프리엠블은 신호검출, AGC(auto gain control), 시간축상에서 동기화, 주파수상에서의 오프셋 측정, 채널 검출을 목적으로 한다. 또한 다른 유저에 간섭을 주지 않기 위해 주파수상에서 각각이 다른 코드를 가지고 있어야 한다.

MB-OFDM시스템은 송신안테나에서 고정된 프리엠블 코드를 이용하여 동기를 맞춘다[4]. 다중 송신안테나를 가지는 IEEE 802.11n의 MIMO-OFDM기술에서 사용된 프리엠블을 알아보고, UWB-MIMO에 적합한 프리엠블 구조를 설계한다.

1. 802.11n의 프리엠블 구조

802.11n의 패킷 구조는 그림 2와 같이 LM(Legacy Mode), MM(Mixed Mode), GFM(Green Field Mode)의 세가지 방법으로 동작한다 [3]. LM으로 동작할 때의 프리엠블 코드는 802.11a표준안과 같은 구조로 이루어져 있다. MM으로 동작할 때의 프리엠블 코드는 802.11a와 802.11n사이에서 호환성을 가지고 동작하는 구조

를 가지고 있고, GFM으로 동작할 때의 프리엠블 구조는 오직 802.11n 시스템간 동작하는 방법이다. 각 방법의 PLCP 패킷 구조는 그림 2와 같다.

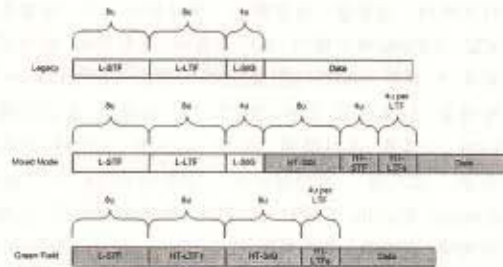


그림 2. 802.11n PLCP 패킷 구조
Fig. 2. 802.11n PLCP packet structure

802.11n에서 같은 신호나 비슷한 신호를 여러 송신안테나에서 전송할 때 의도하지 않는 빔형성을 예방하기 위해 순환이동(CS-Cyclic Shift)기법을 사용한다[3]. 송신 안테나가 2개일 때 순환이동은 802.11n에서 첫번째 안테나에서 원래의 신호를 전송하고 두번째 안테나에서 시간상으로 심볼의 길이 1/2를 순환 이동시켜 전송하는 방법이다. 표 1은 각 안테나별 CS하는 시간을 표시한 것이다.

표 1. 802.11n의 각 방법에서의 CS하는 시간
Table 1. CS for 802.11n of the packet

chain	Tx chain1	Tx chain2	Tx chain3	Tx chain4
1	0ns	-	-	-
2	0ns	-200ns	-	-
3	0ns	-100ns	-200ns	-
4	0ns	-50ns	-100ns	-200ns

표 1에서 4개의 송신안테나중 2개의 송신안테나로 정보를 전송하면, 첫번째 송신안테나에서 프리엠블 심볼을 원래대로 전송하고, 두번째 송신안테나에서는 프리엠블 심볼에 200ns의 시간을 순환이동 하는 것이다. 이 때 두번째 송신안테나에서 프리엠블 심볼이 순환되는 시간은 심볼의 1/2에 해당하는 시간이다.

2. UWB-MIMO의 프리엠블 구조

앞 절에서 802.11n은 2개의 송신안테나에서 신호를 전송할 때 각 안테나의 구별을 위해 전송되는 프리엠블 심볼 길이의 1/2만큼의 시간을 순환 이동하여 심볼을 전송하는 방법이다. 이 방법을 MB-OFDM시스템의 프리엠블에 적용하여 동기를 맞추기 위한 UWB-MIMO프리엠블을 설계한다. 이 방법을 사용하여 MB-OFDM시스템에서 송신안테나의 구별을 용이하게 할 수 있도록 고정된 프리엠블 코드를 시간상으로 순환이동(TCS-Time domain Cyclic Shift)시키든지 주파수상에서 전체 대역에 걸반을 순환이동(FCS-Frequency-domain Cyclic Shift)시켜 사용한다.

• TCS(Time-domain Cyclic Shift)

TCS 전송방식은 MB-OFDM프리엠블 코드를 시간축상에서 순환 이동시켜 다른 안테나에서 전송한다. 즉 2개의 송신 안테나로 이루어진 UWB-MIMO에서 그림 3에서 표현한 것처럼 첫째 송신안테나에서 보내진 심볼을 시간축상에서 심볼의 1/2에 해당하는 샘플을 순환이동한 코드로 이루어진 프리엠블을 두번째 송신안테나에서 전송하는 것이다.

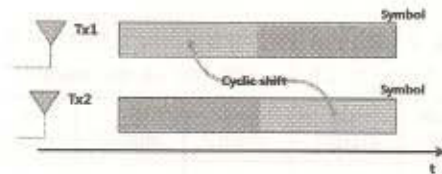


그림 3. 802.11n의 송신안테나에서 TCS하는 방법
Fig. 3. TCS method in transmitter of 802.11n

그림 3에서 보는 것과 같이 TCS는 임의의 샘플을 순환 이동하여 전송하는 방식이다. 이 때 중요한 점은 임의의 샘플을 순환 이동한 프리엠블과 순환 이동하지 않은 프리엠블을 전송할 때 송신안테나간 구별이 용이하다는 점이다.

• FCS(Time-domain Cyclic Shift)

FCS는 두 안테나에서 같지 않는 코드로 이루어진 프리엠블을 전송하기 위해 그림 4와 같이 원래의 MB-OFDM의 프리엠블 코드를 주파수상에서 주파수 대역의 1/2만큼 순환 이동시켜 안테나간 구별이 가능한 코드를 생성하는 방법이다.

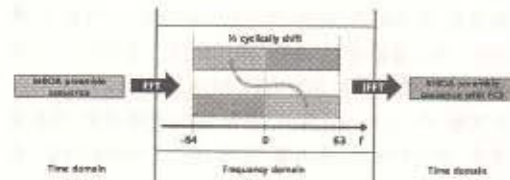


그림 4. FCS를 이용한 코드 생성 방법.
Fig. 4. Sequence making method using FCS

그림 4와 같이 원래의 MB-OFDM의 프리엠블 코드를 FFT한 뒤 주파수상에서 1/2만큼 순환 이동하고 다시 IFFT하여 프리엠블 코드를 생성하는 방법이다. 이렇게 생성된 프리엠블 코드 역시 TCS와 마찬가지로 각 송신안테나의 구별이 용이하다.

3. 송·수신안테나 위치에 따른 동기 검출 성능

UWB-MIMO시스템에서 수신안테나와 송신안테나의 위치에 따라 송신안테나에서 전송한 프리엠블이 여러 수신안테나까지 도달할 때 수신 안테나간의 프리엠블 전송 시간 지연이 생긴다. 이 프리엠블 전송 시간 지연이 동기화에 미치는 영향을 알아보기 위해서 그림 5에서 보는 것과 같이 각 안테나 사이의 거리가 $\lambda/2$ 이고, Tx1과 Rx1의 거리가 b , Tx1과 Rx2사이의 거리가 a 인 안테나 구조를 가정한다.

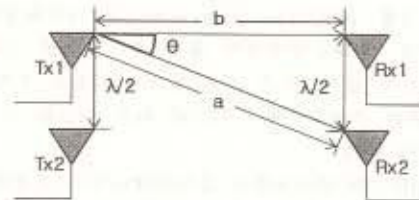


그림 5. 송신안테나와 수신안테나의 위치 구조
Fig. 5. Antenna location structure.

그림 5에서 Tx1과 Rx2사이의 거리 a 는 b 를 가지고 표현이 가능하다.

$$b = a \times \cos(\theta) \quad (1)$$

위의 식 (1)을 이용하여 Tx1의 송신신호가 Rx2까지 걸리는 시간에서 Tx1의 송신신호가 Rx1까지 걸리는 시간을 빼주면 거리에 따른 안테나간의 시간 지연을 구할 수 있다.

즉, 시간 지연은 식 (2)와 같다.

$$D = \left| \frac{(a-b)}{C} \right| \quad C = \text{light speed}$$

$$= \left| \frac{\lambda(\cos(\theta) - 1)}{2C\sin(\theta)} \right| \quad a = \frac{\lambda}{2\sin(\theta)}$$

$$= \frac{\lambda}{2C} \left[\frac{1}{\tan(\theta)} - \frac{1}{\sin(\theta)} \right] \quad 0 \leq [\cdot] \leq 1 \quad (2)$$

식 (2)은 시간(t)=거리(s)/속도(v)의 식을 이용하여 도출한 것이다. 식 (2)를 통해서 Tx 안테나에서 각 Rx 안테나까지의 도달 시간 지연을 구할 수 있다. 그림 5의 경우 D(시간 지연)은 최대 λ/(2C) 시간을 가진다.

MB-OFDM표준[4]에서 λ값은 최대 0.0874m에서 최소 0.0291m값을 가진다. 즉, 최대 λ값은 0.0874m이고 속도는 빛의 속도 3x108(m/s)이므로 2x2 UWB-MIMO의 경우 시간지연은 0.2913ns이다. 이 값은 MB-OFDM표준[5]의 샘플링 시간 1.8939ns에 약 1/6에 해당하는 시간이므로 안테나 위치에 따른 시간 지연은 자기상관 방법에 의한 동기화 검출 위치에 영향을 주지 않는다. 즉, 프리엠프를 이용한 송신 안테나와 수신 안테나사이의 동기화 문제에서 하나의 수신 안테나만을 사용하여 동기를 맞추고, 이 것을 사용하여 다른 수신안테나에서 동기를 맞추는 것이 가능하다.

4. CS(Cyclic Shift)와 빔형성과의 관계

UWB-MIMO시스템은 여러개의 송신안테나로 정보를 전송한다.

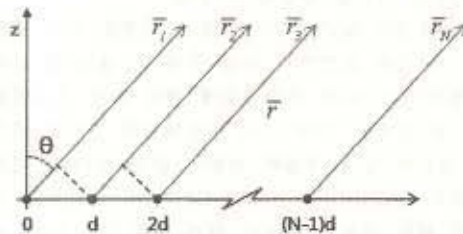


그림 6. N개의 송신안테나의z 전송 모델
Fig. 6. N-element linear array model.

이 때 MB-OFDM시스템과의 호환성을 유지하

기 위해 앞 절에서 언급한 TCS방법으로 안테나를 구별할 때 우리가 원하지 않는 송신 빔이 형성이 될 수 있다. 즉, UWB-MIMO시스템의 샘플을 순환 이동에 대해 빔이 형성되는지 알아보기 위해 그림 6과 같은 모델을 고려한다. 이 모델은 모든 안테나간 거리는 λ/2로 일정하고, 각 안테나의 전파 전송이 수신단으로 평행하게 전송된다고 가정한다.그림 6에서 전송 거리(r)는 안테나 사이의 거리(d)에 비해 아주 크다고(r≫d) 가정하면 각 안테나의 배열 벡터(array vector)는 다음과 같은 식 (3)으로 표현이 가능하다[6].

$$a(\theta) = [1 e^{j(kd\sin\theta + \delta)} \dots e^{j(N-1)(kd\sin\theta + \delta)}]^T \quad (3)$$

식 (3)에서 k는 2π/λ이고, δ은 한 안테나에서 다른 안테나로의 위상 변화 인수이다. 식 (3)은 각 송신안테나에서 빔이 형성되는 관계를 보여준다. 즉, 그림 7에서 보는 것과 같이 UWB-MIMO시스템이 2개의 송신 안테나로 구성되고, Tx2에서 송신되는 신호가 Tx1에서 송신되는 신호보다 t시간 만큼 시간 지연을 갖는다고 가정하면, 이 시간 지연에 의해 만들어지는 각 안테나의 조정 벡터에 의해 빔이 형성된다. 즉, 식 (3)을 이용하여 UWB-MIMO에서 순환이동을 한 샘플링 시간으로 설정한 것에 대한 배열 벡터를 구할 수 있다. 한 샘플링 시간이 1.8939ns이고, 전송과 속도는 3x108(m/s)이므로 심볼의 샘플이 이동하는 거리는 시간(t)×속도(v)=거리(x)에 따라 0.5681m이다. UWB-MIMO에서 송신안테나 사이의 거리가 λ/2 이면 안테나 사이의 거리는 0.0437m가 된다. 이때 Tx1과 Tx2사이의 배열 벡터는 그림 7의 상황에서 송신안테나가 2개에 의해 생성되는 빔의 각도를 구한다.

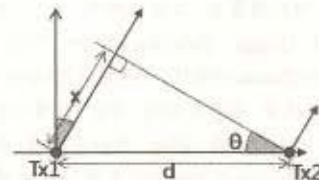


그림 7. 송신 안테나에서 전송 각도 계산
Fig. 7. The angle of transmitters

그림 7에서 배열 벡터의 각도는 식 (4)에 의해 구한다.

$$\begin{aligned} \therefore \sin\theta &= \frac{x}{d} & x &= 0.5681m, d = 0.0437m \\ &= \frac{0.5671}{0.0437} > 1 \end{aligned} \quad (4)$$

식 (4)에 의해 배열 벡터를 생성할 수 없으므로 UWB-MIMO시스템에서 프리엠블내의 시간상에서 한 샘플링 시간을 순환 이동시켜 전송하여도 빔이 형성되지 않는다. 그러므로 UWB-MIMO시스템에서 임의의 샘플을 시간상에서 주어진 코드를 순환 이동시켜 프리엠블로 사용하는 것이 가능하다.

III. UWB-MIMO에서 채널 추정을 위한 프리엠블

MB-OFDM시스템은 PLCP 프리엠블 심볼 중 뒤의 6개의 심볼을 이용하여 채널 추정을 한다 [4]. 이 6개의 프리엠블 심볼 코드 역시 MBOA표준에 고정되어 있다. 이 고정된 프리엠블 코드를 사용하여 채널추정을 하기 위해서 802.16e시스템이 MIMO모드로 동작할 때 사용된 미드엠블에 대해 알아보고, 이 미드엠블을 이용하여 UWB-MIMO시스템에 적합한 채널 추정 프리엠블을 설계한다.

1. 802.16e의 미드엠블

802.16e에서 MIMO를 사용할 때 미드엠블은 다수의 안테나를 구별할 수 있는 하나의 OFDM 심볼로 구성되고, 중복되지 않는 부반송파들이 송신 안테나에 할당되어 송신안테나를 구별한다. 802.16e에서 송신 안테나는 최대 4개까지 사용이 가능하고, 미드엠블은 그림 8에서 보는 것과 같이 FUSC(Full Usage SubChannel)과 PUSC(Partial Usage SubChannel)에서 다르게 나타난다.

FUSC에서의 부반송파에 대한 안테나간 할당방법은 그림 8의 (a)와 같다. 부반송파의 순서는 왼쪽 보호 대역(guard band)이후의 첫 번째에서 시작된다. 또한 DC 부반송파는 순서 설정에서는 포함되지만 전송시에는 빈부반송파 상태로 전송된다.

PUSC에서 정보의 부채널에 할당방법과 묶는법은 데이터 할당방법과 동일하게 유지된다. 대신 모든 부반송파는 파일럿으로 사용되고, 오직하나의

심볼만 미드엠블로 사용된다. PUSC에서 미드엠블은 그림 8의 (b)와 같이 부반송파 및 안테나에 할당된다.

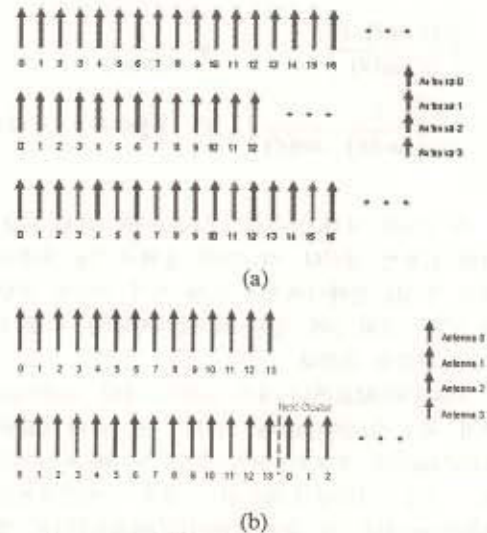


그림 8. (a) 안테나 수에 따른 FUSC구조에서의 미드엠블의 부반송파 할당방법. (b) 안테나수에 따른 PUSC구조에서의 미드엠블의 부반송파 할당방법.

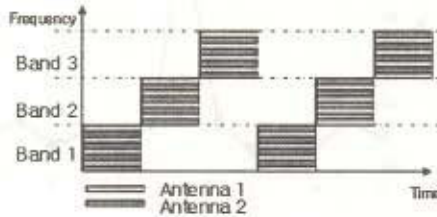
Fig. 8. (a) Midamble subcarrier allocation method in FUSC following number of antenna. (b) Midamble subcarrier allocation method in PUSC following number of antenna.

2. UWB-MIMO의 채널 추정 프리엠블 구조

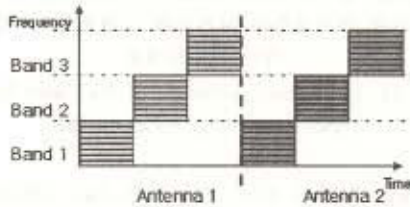
앞 절에서 언급한 802.16e의 미드엠블과 같이 2송신 UWB-MIMO시스템에서 각 안테나의 채널을 추정하기 위해서는 그림 9와 같이 채널 추정 프리엠블 코드를 할당할 수 있다.

그림 9의 (a)는 채널 추정 프리엠블 코드 부분의 직교성을 보장하기 위해 주파수상에서 각 안테나에서 서로 다른 부반송파에 채널 추정 프리엠블 코드를 할당한 것이다. 이 방법에서의 가정은 패킷이 전송될 동안 채널의 변동이 없는 것이다. 이런 가정이 가능한 이유는 MB-OFDM에서 신호를 전송할 때의 채널의 변동이 없기 때문이다. 다른 채널 추정 방법은 그림 9의 (b)와 같이 시간상에서 안테나의 직교성을 보장하기 위해 주파수상 프리엠블 코드를 전송하는 방법이다. 이 방법은 총 6개의 채널 추정 프리엠블 심볼중에 앞에 3개의 심볼

은 첫 번째 송신안테나에서 전송하여 채널을 검출하고, 뒤에 3개의 심볼은 두 번째 송신안테나에서 전송하여 시간상에서 직교성을 보장하는 방법이다.



(a)



(b)

그림 9. 채널 추정 프리엠블 할당방법.
(a) 주파수상에서 프리엠블 코드 할당방법.
(b) 시간상에서 프리엠블 코드 할당방법

Fig. 9. Channel estimation preamble (a) in frequency domain. (b) in time domain.

3. MIMO에서 채널 추정 방법

채널 추정 방법은 LS(Least Square) 추정 방법[7]과 MMSE(Minimum Mean Square Error) 추정 방법[8]이 있다. LS 추정방법이 MMSE 추정 방법보다 복잡도는 낮지만 높은 SNR 영역(약 15dB이상)으로 갈수록 성능차이는 거의 보이지 않는다. 그래서 일반적으로 MMSE 채널 추정방법 보다 채널추정 성능은 떨어지지만 복잡도가 낮은 LS 채널추정 방법을 이용한다. 주파수 영역에서의 UWB-MIMO의 수신안테나 단에 수신된 신호 Y는 식 (5)와 같이 표현 할 수 있다.

$$Y=HX+N \quad (5)$$

위 식에서 H는 채널을 나타내고, X는 송신된 프리엠블 신호, N은 AWGN을 의미한다. 식(5)를 이용한 LS 채널 추정방법은 식 (6)과 같다.

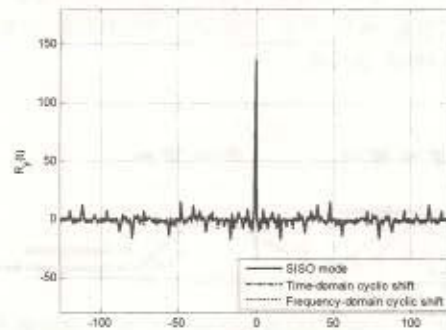
$$\therefore \hat{H}_ls = (X^H Y)^{-1} X^H Y = X^{-1} (X^H)^{-1} X^H Y = X^{-1} Y \quad (6)$$

식 (6)에서 H_{ls} 은 LS채널 추정방식을 이용하여 추정된 채널이다. 추정된 채널 H_{ls} 을 구하기 위해서 식 (6)와 같이 수신된 신호 Y에 프리엠블 신호 X의 역인 X^{-1} 을 곱해 채널을 추정한다.

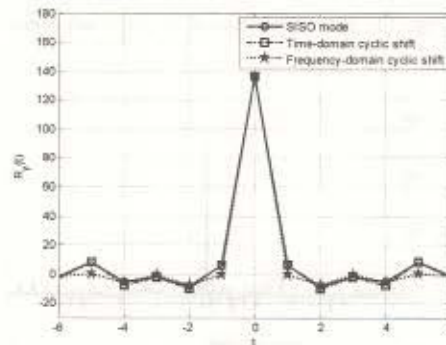
IV. 전산 모의실험

1. FCS와 TCS의 동기검출 성능 모의실험 결과

UWB-MIMO에서 하나의 수신안테나를 이용하여 동기틀 맞출 때 II장에서 언급한 TCS를 한 프리엠블과 FCS를 한 프리엠블의 동기 검출성능을 비교하면, 그림 10과 같다. 동기틀 구하는 방법은 자기상관을 이용하여 동기틀 맞추는 것[9]이다.



(a)



(b)

그림 10. (a) SNR 15dB에서 FCS와 TCS의 자기상관 그래프. (b)확대된 자기상관 그래프.

Fig. 10. (a) Autocorrelation of FCS and TCS in SNR 15dB, (b) Zoom in (a).

그림 10에서 TCS는 시간축상에서 프리엠블 심볼 길이의 1/2을 순환이동 하여 만들어진 프리엠블을 전송한 것이고, FCS는 주파수상에서 총 주파수 대역의 1/2만큼 순환이동 시켜 프리엠블을 전송한 것이다. 그림 10에서 보면 첫 번째 안테나에서 MBOA표준안의 프리엠블을 전송하고, 두 번째 안테나에서 FCS한 프리엠블을 전송한 것과 TCS한 프리엠블을 전송했을 때 수신안테나에서 수신 받은 신호의 자기상관은 같은 시간에서 최대값인 것을 알 수 있다. 즉, TCS와 FCS의 동기 검출 성능은 같다.

2. 안테나 관련 동기검출 모의실험 결과

UWB-MIMO시스템에서 송신안테나가 2개로 구성되어 있을 때 최대 신호 지연은 II장에서 보인 것과 같이 최대 샘플링 시간에 약 1/6에 해당하는 시간지연을 갖는다. 그림 11은 UWB-MIMO시스템에서 앞 절에 설명된 전송방법으로 프리엠블을 전송하였을 때의 수신 안테나의 수신신호를 그림으로 나타낸 것이다.

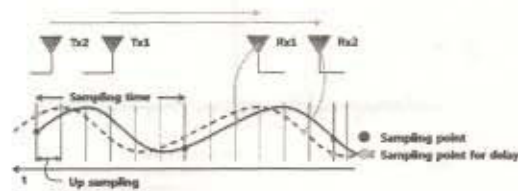
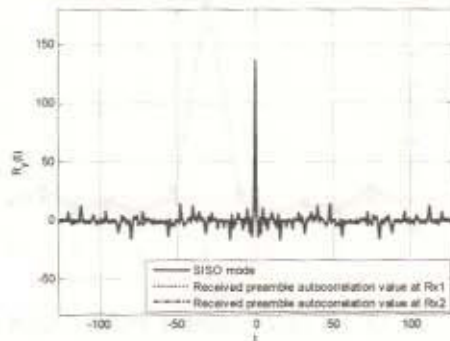
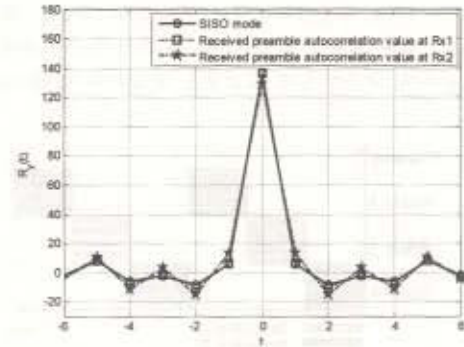


그림 11. UWB-MIMO시스템에서 각 수신안테나에 수신된 신호.

Fig. 11. Received signal in each antenna.



(a)



(b)

그림 12. (a) SNR 15dB에서 Rx1과 Rx2에 수신된 프리엠블의 자기상관 그래프. (b)확대된 자기상관 그래프.

Fig. 12. (a) Autocorrelation of Rx1 and Rx2 in SNR 15dB. (b) Zoom in (a).

그림 11에서 보는 것과 같이 Rx1 안테나에서 수신된 프리엠블 신호의 자기상관 그래프와 Rx2 안테나에서 수신된 프리엠블 신호의 자기상관 그래프는 그림 12이다.

그림 12에서 Rx1에 수신된 프리엠블의 자기상관 최대값이 나타나는 시간과 Rx2에 수신된 프리엠블의 자기상관 최대값이 나타나는 시간이 같다. 이 결과의 의미는 2×2 UWB-MIMO시스템에서 안테나의 위치가 동기화 성능에 영향을 미치지 않는 것을 의미하기 때문에 하나의 수신안테나로 수신 동기를 잡고, 이를 다른 수신안테나에서 사용해도 좋다.

3. Cyclic Shift와 동기검출 성능 모의실험 결과

TCS에서 빔형성을 방지하기 위해 Tx2 안테나에서 Tx1 안테나가 전송하는 프리엠블 심볼의 1/2을 순환 이동시켜 전송 하였다. TCS와 관련하여 II장에서 임의의 샘플을 순환이동 시켜도 빔이 형성되지 않는 것을 확인하였다. 즉, UWB-MIMO 시스템의 Tx2 안테나에서 프리엠블 심볼의 1/2만큼 순환 이동하여 전송한 경우와 한 샘플링 시간 동안 순환 이동하여 프리엠블을 전송한 경우의 자기상관 성능을 비교하면 그림 13와 같은 결과가 나온다.

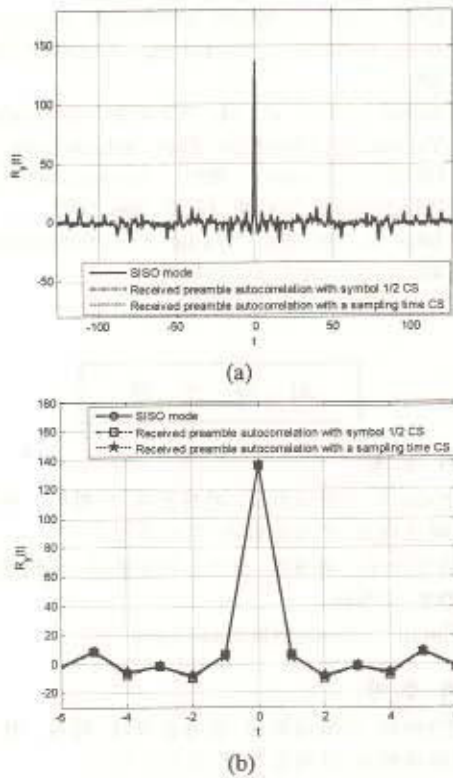


그림 13. (a) SNR 15dB에서 CS에 따른 수신된 신호의 자기상관 그래프. (b)확대된 자기상관 그래프.

Fig. 13. (a) Autocorrelatino of different CS in SNR 15dB. (b) Zoom in (a).

그림 13에서 SISO, 심볼길이의 1/2만큼 순환 이동시킨 프리엠블을 Tx2에서 전송한 경우와 한 샘플링 시간동안 순환 이동시킨 프리엠블을 Tx2에서 전송한 경우의 자기상관의 최대값이 나타나는 시간이 같은 것을 알수 있다. 즉, 2x2 UWB-MIMO시스템에서 임의의 샘플을 순환 이동시켜 동기를 맞추는 것이 가능하다.

4. 제안된 UWB-MIMO 채널 추정 성능 비교

기존의 MB-OFDM 표준안의 MB-OFDM의 채널 추정 방법으로 LS방법을 사용하고있다. 시뮬레이션 환경으로는 CM1 채널 환경에 동기는 완벽하고 주파수 오프셋도 없다고 가정했다. III장에서 언급했던 시간축상에서 부반송파에 데이터를 섞는 방법과 주파수상에서 부반송파에 데이터를 섞는 방법이 모두 같은 환경이라는 가정과 안테나 상관관

계(correlation)가 존재하지 않은 경우 그림 14에서 보이는 것과 같이 같은 채널 추정 성능을 보이고 있다.

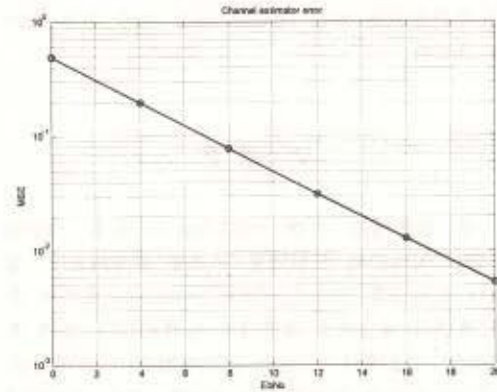


그림 14. LS 채널 추정의 Mean Square Error
Fig. 14. Mean Square Error of Channel estimation

그림 15은 프리엠블을 이용한 채널 추정시 하나의 심볼로 안테나 상관관계가 있을 때와 없을 때의 Eb/No에 따른 평균 제곱 오류(Mean square Error)를 나타낸 그래프이다. 그림 15에서 'O' 실선으로 되어 있는 것이 안테나 상관관계가 없을 때이고, '*' 점선으로 되어 있는 것이 0.02의 안테나 상관관계가 존재할 때, '△' 점선으로 되어 있는 것이 0.04의 안테나 상관관계가 존재할 때의 그래프이다. 이 모의실험에서의 안테나 상관관계는 모두 Rx 안테나의 상관관계이다.

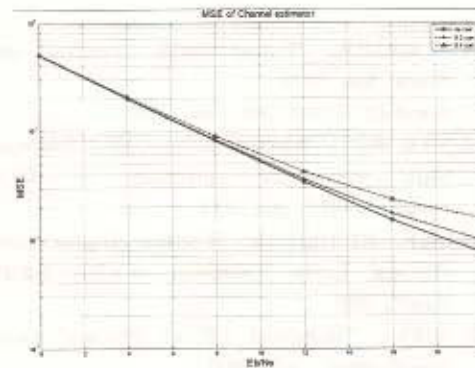


그림 15. 안테나 간섭이 있을 때 채널 추정의 MSE

Fig. 15. MSE of channel estimation with interference

채널이 변하지 않을 경우 시간축상에서 각 Tx 안테나의 직교성만 보장해준다면 채널 추정에는 시간축상에서 부반송파를 섞는 방법과 주파수상에서 부반송파를 섞는 방법은 같은 채널 추정 성능을 보인다.

V. 결론

본 논문에서 최대 960Mbps로 전송 가능한 UWB-MIMO의 프리엠블 구조를 설계하였다. 설계된 프리엠블 구조는 UWB-MIMO시스템에서 동기 측면과 채널추정 측면에서 설계되었다. 동기 프리엠블 구조에서 TCS와 FCS방법을 사용하였고, TCS와 FCS된 프리엠블을 전송할 경우 송신안테나의 구별이 용이하며 단일안테나일 때와 성능이 같음을 보였다. 그리고 채널 추정 프리엠블 구조에서 시간축상에서 정보 부반송파를 섞어 채널을 추정하는 방법과 주파수상에서 정보 부반송파를 섞어 채널을 추정하는 방법을 사용하였고, 이 때 채널 추정 성능은 단일안테나와 같음을 확인하였다. 제안된 프리엠블을 사용하여 동기를 맞출 때 하나의 수신안테나로 동기를 맞춘 후 이 동기를 이용하여 수신단 동기를 맞출 수 있다는 것을 확인하였다. 또한 순환 이동하여 프리엠블을 전송할 때 임의의 샘플을 순환 이동하면 빔 형성이 되지 않는 것을 확인하였다.

참고 문헌

- [1] I. Keskitalo, "Future Radio Systems," ppt, Nokia, Jun. 2005.
- [2] Standard ECMA-368, Dec. 2005
- [3] IEEE 802.11 Wireless LANs, Joint Proposal: High throughput extension to 802.11 standard: PHY, Jan. 2006
- [4] IEEE 802.11g/D4.0, "Further Higher-speed Physical Layer Extension in the 2.4GHz Band", 2002
- [5] MBOA, "Multiband OFDM Physical Layer Specification", July 2005
- [6] Frank B. Gross, "Smart Antenna for Wireless Communications with MATLAB", McGraw-Hill, 2005, p65-p105
- [7] Sam Lasaulce et al, "Performance study of

Least-Square Channel Estimation Based on Hard Decisions", Blacksburg, Virginia, June 2004

- [8] Sinem Coleri et al, "Channel Estimation Techniques Based on Pilot Arrangement in OFDM systems", IEEE transactions on Broadcasting, Vol 48, No. 3, Sep. 2002
- [9] John G. Proakis, "Digital Communications", 4th edition, McGraw-Hill, 2001

저 자 소 개

이 흥 원

2006년 인하대학교 전자공학과 학사. 현재 인하대학교 전자공학과 석사과정
 관심분야: 차세대 무선 이동통신, OFDM-MIMO, UWB
 Email: yeusun@hotmail.com

서 정 원

2006년 인하대학교 전자공학과 학사. 현재 인하대학교 전자공학과 석사과정
 관심분야: 차세대 무선 이동통신, OFDM-MIMO, UWB
 Email: sjw7419@nate.com

정 재 학

1988년 연세대학교 전자공학과 학사, 1990년 연세대학교 전자공학과 석사, 2000년 University of Texas at Austin 전기전산학과 박사, 2001년 Post doctoral fellow, University of Texas at Austin. 2005년 수석연구원, 삼성종합기술원. 현재 인하대학교 전자공학과 조교수
 관심분야: 차세대 무선 이동통신, Cognitive Radio, UWB, OFDM-MIMO, Cross Layer 설계
 Email: jchung@inha.ac.kr

조 상 인

1997년 전북대 정보통신공학과 학사, 1999년 전북대 정보통신공학과 석사, 현재 한국전자통신연구원 선임연구원
 관심분야: 무선통신, VLSI, UWB기술
 Email: sicho@etri.re.kr

최 상 성

1977년 한양대 무선통신학과 학사, 1979년 고려대 전자공학과 석사, 1990년 Ohio University 석사, 1999년 University of Wyoming 박사. 현재 한국전자통신연구원 무선홈네트워크 연구팀장

관심분야: UWB 기술, WPAN 기술, 무선 홈네트워크 기술

Email: sschoi@etri.re.kr