



(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。 Int. Cl.
H04B 7/02 (2006.01)

(45) 공고일자 2007년07월20일
(11) 등록번호 10-0740971
(24) 등록일자 2007년07월12일

(21) 출원번호 10-2004-0109726
(22) 출원일자 2004년12월21일
심사청구일자 2004년12월21일

(65) 공개번호 10-2006-0070901
(43) 공개일자 2006년06월26일

(73) 특허권자 인하대학교 산학협력단
인천 남구 용현동 253 인하대학교

(72) 발명자 장경희
서울특별시 양천구 목 1동 925 목동신시가지아파트 720동 501호
허주
인천광역시 중구 신흥동3가 현대 아이파크 106동 104호

(74) 대리인 이원희

(56) 선행기술조사문헌
KR1020040046967 A
KR1020050081556 A
WO2004079937 A2

KR1020030021255 A
US20040178934 A1

심사관 : 김광식

전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) UWB MB-OFDM 시스템에서의 공간 다이버시티이득을 제공하는 송수신 장치

(57) 요약

본 발명은 UWB MB-OFDM 시스템에서의 공간 다이버시티 이득을 제공하는 송수신 장치에 관한 것으로, 본 발명은 UWB Application을 위하여 IEEE 802.15 TG3a 의 표준안의 하나로 제안된 MB-OFDM 시스템이 제공하는 다이버시티 이득에 관한 것으로, 중심 주파수 호핑에 의한 주파수 영역의 다이버시티 이득 및 시간 영역 OFDM 심볼의 중복 전송에 의한 시간 영역 다이버시티 이득 외에 추가적인 다이버시티 이득을 얻는 것을 목적으로 한다. 본 발명은 기존의 MB-OFDM 시스템이 제공하는 시간 및 주파수 영역 다이버시티 이득을 제시하고, MB-OFDM 시스템에 대표적인 공간 다이버시티 기법인 SFBC를 적용시킨 SFBC MB-OFDM 시스템의 송신기, 수신기의 블록들을 포함하고, MB-OFDM 시스템에 추가적인 공간 다이버시티 이득을 제공한다.

대표도

도 10

특허청구의 범위

청구항 1.

MB-OFDM UWB 시스템이 제공하는 시간 및 주파수 영역 다이버시티 이외에 공간 다이버시티 이득을 얻기 위해서, 2 x 1 안테나 구조에 대하여 대표적인 공간 다이버시티 기법인 SFBC(Space-Frequency Block Code) 방식을 MB-OFDM 시스템에 적용시키기 위한,

공간 다이버시티 기법을 이용한 SFBC MB-OFDM 시스템의 송신기; 및

상기 공간 다이버시티 기법을 이용한 SFBC MB-OFDM 시스템의 수신기를 포함하여 구성되고,

상기 공간 다이버시티 기법을 적용한 SFBC MB-OFDM 시스템의 송신기는

SFBC MB-OFDM 시스템의 송신단의 데이터를 입력받아 15차 생성 다항식 ($1+x^{14}+x^{15}$)에 의하여 생성되는 비트 스트림과 입력 데이터를 Exclusive OR 시킨 값을 출력하는 스크램블러(1001);

상기 스크램블러(1001)로부터 출력된 데이터를 입력받아 1/3의 코딩율을 가지는 출력 데이터를 제공하는 컨볼루션 인코더(1002);

상기 컨볼루션 인코더(1002)의 출력 데이터를 입력받아 입력 데이터에 Puncturing 패턴을 적용하여 Puncturing 과정을 거치게 되면 원하는 코딩율의 데이터를 얻기 위한 Puncturer(1003);

상기 Puncturer(1003)를 통과한 데이터는 6개의 OFDM 심볼간 인터리빙(Interleaving) 및 1 심볼 내에서의 인터리빙 과정을 적용시켜 출력되는 비트 인터리버 (1004);

상기 비트 인터리버(1004)의 출력 데이터를 입력받아, 동일한 데이터가 OFDM 심볼의 주파수 영역 및 시간 영역에서 반복되게 되어, 주파수 영역 및 시간 영역의 다이버시티 이득을 얻기 위한 시간/주파수 스프레딩 블록(1005);

상기 시간/주파수 스프레딩 블록(1005)을 통과한 데이터를 입력받아 SFBC 인코딩이 되어 2개의 송신 안테나를 위한 주파수 영역 신호 $X1[n]$, $X2[n]$ 으로 변환되는 SFBC 인코더(1006);

각각 안테나를 통하여 전송될 주파수 영역 신호 $X1[n]$, $X2[n]$ 에 파일럿 데이터 및 가상 캐리어(Virtual Carrier)를 첨가하여 IFFT(Inverse Fast Fourier Transform) 과정을 거친 후, 보호 구간을 삽입하여 시간영역 OFDM 신호를 형성하는 Insert Pilots & VC, IFFT, Add CP &GI 블록(1007, 1010);

상기 시간 영역 OFDM 신호를 입력받아 디지털 영역의 OFDM 신호가 아날로그 영역의 OFDM 신호로 변환되는 DAC (1008, 1011);

변환된 아날로그 OFDM 신호를 전송하기 위한 RF 캐리어의 중심 주파수를 결정하는 시간-주파수 영역 코드 발생기 (Time-Frequency Code 블록)(1009,1012); 및

상기 기 결정된 중심 주파수를 가진 RF 캐리어에 상기 변환된 아날로그 OFDM 신호를 전송하기 위한 송신 안테나(ANT1, ANT2)를 포함하는 것을 특징으로 하는 UWB MB-OFDM 시스템에서의 공간 다이버시티 이득을 제공하는 송수신 장치.

청구항 2.

제 1 항에 있어서,

상기 공간 다이버시티 기법을 이용한 SFBC MB-OFDM 시스템의 송신기는

상기 SFBC MB-OFDM 시스템의 송신단에서 공간 다이버시티 이득을 얻기 위해서 기존의 MB-OFDM 시스템의 송신단에 SFBC 인코딩 블록을 삽입시키고 SFBC 인코딩 블록을 통과하여 나온 데이터를 2 개의 안테나를 통하여 전송하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 UWB MB-OFDM 시스템에서의 공간 다이버시티 이득을 제공하는 송수신 장치.

청구항 3.

제 1 항에 있어서,

상기 공간 다이버시티 기법을 이용한 SFBC MB-OFDM 시스템의 수신기는

상기 SFBC MB-OFDM 시스템의 수신단에서 SFBC 인코딩된 데이터를 디코딩하기 위하여 기존의 MB-OFDM 시스템의 수신단에 SFBC 디코딩 블록을 삽입시켜 공간 다이버시티 이득을 얻는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 UWB MB-OFDM 시스템에서의 공간 다이버시티 이득을 제공하는 송수신 장치.

청구항 4.

삭제

청구항 5.

제 1 항에 있어서,

상기 SFBC 인코더(1006)가 공간 신호처리 이득을 얻기 위해 시간/주파수 스프레딩 블록(Time/Frequency Spreading 블록)(1005)의 뒷부분에 배치되고, 기존 MB-OFDM 시스템과 다른 점이 있다면 송신단 측에 2개의 상기 송신 안테나를 사용하는 것을 특징으로 하는 UWB MB-OFDM 시스템에서의 공간 다이버시티 이득을 제공하는 송수신 장치.

청구항 6.

제 1 항에 있어서,

상기 공간 다이버시티 기법을 이용한 SFBC MB-OFDM 시스템의 수신기는

수신안테나를 통해 수신된 신호를 일정 주파수 대역으로 필터링하여 원하는 대역의 RF 신호를 추출하는 대역통과 필터(BPF)(1101)와; 상기 대역통과 필터(BPF)(1101)로부터 출력된 원하는 대역의 RF 신호를 증폭하면서도 잡음의 영향을 최소화하는 저잡음 증폭기(LNA)(1102); 상기 저잡음 증폭기(LNA)(1102)를 거친 RF 신호가 다운 컨버전되어 기저 대역 신호로 변환하는데 필요한 RF 캐리어 중심 주파수를 결정하는 시간 주파수 영역 코드 발생기(1103)와; 상기 기저 대역 신호에는 다운컨버전 과정에서 생긴 불필요한 신호들도 포함되어 있으므로 저역 필터링하여 원하는 기저 대역 신호를 출력하는 기저 대역 필터(LPF)(1104)와; MB-OFDM 시스템의 주파수 호핑 특성으로 인하여 데이터가 각각 다른 중심 주파수 캐리어를 통하여 송신될 수 있으며, 이 때 중심 주파수 차이에 의한 신호의 전력 감쇄에 차이가 있으므로 중심 주파수 캐리어의 차이가 있더라도 동일한 전력 감쇄로 신호가 복원되도록 보정하는 VGA(Variable Gain Amplifier)(1105) 및 AGC(Automatic Gain Controller)(1107) 블록과; 아날로그 OFDM신호를 디지털 OFDM 신호로 변환하는 ADC(1106)와; 시간 영역 OFDM 신호에서 Guard Time을 제거하며, FFT를 수행하여 시간 영역의 신호를 주파수 영역으로 변환하는 동기/제거 CP/ FFF 블록(1108)과; 상기 동기/제거 CP/ FFF 블록(1108)에서 시간 영역 OFDM 신호에서 Guard Time을 제거하며, FFT를 수행하여 시간 영역의 신호를 주파수 영역으로 변환할 때, 주파수 및 시간 동기화 과정을 병행하기 위한 Carrier Phase and Time Tracking 블록(1109)과; SFBC 디코더를 통과한 신호는 시간 및 주파수 영역에서 Spreading된 신호를 Despreading하는 시간/주파수 디스프레딩 블록(Time/Frequency Despreading 블록)(1112)과; 인터리빙된 데이터를 원래의 순서대로 맞추기 위한 디인터리버(1113) 블록과; 1/3 의 코딩율의 데이터로 복원하는 Depuncturer (1114) 블록과; 컨볼루션 인코딩된 데이터를 디코딩하는 Viterbi 디코더 (1115) 블록; MB-OFDM 시스템의 송신단에서 사용한 15차 생성 다항식($1+x^{14}+x^{15}$)에 의하여 생성되는 비트 스트림과 Viterbi 디코딩된 데이터를 Exclusive OR 하는 디스크램블링 과정을 거쳐서 원래의 신호를 복원하여 출력하는 디스크램블러(Descrambler)(1116)를 포함하고,

상기 동기/제거 CP/ FFF 블록(1108)으로부터 제공된 송신단에서 SFBC 인코딩한 데이터를 SFBC 디코더 기능을 제공하는 공간 주파수(Space Frequency) 디코더 블록(1110); 및

상기 공간 주파수 디코더 블록에서 SFBC 디코딩 과정에서 채널 추정 값을 이용하는 채널 추정기(Channel Estimator) (1111)를 포함하는 것을 특징으로 하는 UWB MB-OFDM 시스템에서의 공간 다이버시티 이득을 제공하는 송수신 장치.

청구항 7.

제 6 항에 있어서,

상기 공간 주파수(Space Frequency) 디코더(1110)는 기존의 MB-OFDM 시스템과의 달리 SFBC 인코딩을 복원하기 위해 존재하는 것을 특징으로 하는 UWB MB-OFDM 시스템에서의 공간 다이버시티 이득을 제공하는 송수신 장치.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 UWB MB-OFDM 시스템에서의 공간 다이버시티 이득을 제공하는 송수신 장치에 관한 것으로, 특히 UWB Application을 위하여 IEEE 802.15 TG3a 의 표준안의 하나로 제안된 MB-OFDM 시스템이 제공하는 다이버시티 이득에 대한 것으로, 중심 주파수 호핑에 의한 주파수 영역의 다이버시티 이득 및 시간 영역 OFDM 심볼의 중복 전송에 의한 시간 영역 다이버시티 이득 외에 추가적인 다이버시티 이득을 얻어 시스템의 성능을 향상시키는 UWB MB-OFDM 시스템에서의 공간 다이버시티 이득을 제공하는 송수신 장치에 관한 것이다.

일반적으로, UWB(Ultra-Wideband)는 지난 40 여년동안 미 국방성에서 사용된 군사 기술로서 WPAN(Wireless PAN) 환경하에서 수백 Mbps 의 전송속도를 제공하면서도 전력 소모량은 기존의 휴대폰이나 무선랜(WLAN)의 전력 소모량의 1/10 밖에 되지 않는 장점을 가지고 있다. 그럼에도 불구하고 매우 넓은 주파수 대역을 사용함으로써 야기될 수 있는 기존의 다른 대역을 사용하는 통신 시스템에의 간섭 문제로 인하여 상업적 이용이 금지되어 왔다. 그러나 2002년 2월 미국 연방통신 위원회 (FCC)는 3.1GHz~10.6 GHz에 걸친 주파수 대역 제한과 1MHz당 -41.25dBm 이하의 방사제한을 조건으로 상업화를 허가하게 되었다. 이에 따라 IEEE 802.15 TG 3a 에서는 기존의 IEEE 802.15.3 MAC을 활용하면서 UWB 기반의 물리 계층을 갖는 고속의 WPAN을 위한 Alternate PHY를 정의하기 위하여 최근에 활발하게 표준화 작업이 진행되고 있으며, 그 중 주요 IT 업체들이 참여한 MBOA (Multi-Band OFDM Alliance) 에서 제안된 MB-OFDM이 유력한 표준화 후보로 거론되고 있다.

MB-OFDM 시스템은 기본적으로 OFDM 기반 시스템이기 때문에 다중 경로 지연에 대한 ISI (Inter-symbol Interference)를 효과적으로 제거할 수 있으며, 2.4GHz/5GHz 의 비면허대역을 사용하는 블루투스(Bluetooth) 및 무선랜에 의한 간섭에 쉽게 대처할 수 있는 장점이 있다.

도 1은 MB-OFDM 시스템의 주파수 대역에 대한 도면으로, 상기 MB-OFDM 시스템은 FCC 에서 실내 무선 통신을 위해 제한한 3.1GHz ~ 10.6GHz 까지의 전체 7.5GHz 대역을 3개의 밴드로 이루어진 4개의 그룹(Group A, B, C, D)과 2개의 대역으로 이루어진 한 개의 그룹(Group E)으로 나누고 있다. 현재는 3.1GHz ~ 4.8GHz의 그룹 A 만을 사용하는 Mode 1 이 Mandatory 로 선정되어 있다. Mode 1의 경우, OFDM 신호가 3개의 대역에 걸쳐서 주파수 호핑을 하는 TFI (Time Frequency Interleaved) 구조를 이용하여 주파수 영역에서의 다이버서티 효과와 SOP (Simultaneous Operating Piconet) 간의 간섭을 최소화할 수 있다.

도 2는 종래의 MB-OFDM 시스템의 기저 대역 모델의 구조를 보여준다. MB-OFDM 시스템의 송신단의 데이터는 스크램블러(211)와 컨볼루션 인코더(212), Puncturer (213) 를 통과하여 원하는 코딩율의 심볼로 변환한 후, 비트 인터리버 (214) 및 변조기(215) 를 거쳐서 MB-OFDM 시스템의 주파수 영역 신호를 형성한다. 상기 주파수 영역 신호에 파일럿 데

이터를 첨가한 후 IFFT(Inverse Fast Fourier Transform) 및 보호 구간을 삽입하여 IFFT Insert Pilots Add Prefix/GI 블록(216)의 시간 영역 OFDM 신호를 형성한다. 그 다음 DAC(217)에 의해 디지털 신호를 아날로그 신호로 변환한 후, 시간-주파수 영역 코드 발생기(Time-Frequency Code 블록)(218)에서 제공하는 시간 주파수 영역 코드에 의하여 중심 주파수를 호핑하면서 데이터를 전송한다.

MB-OFDM 시스템의 수신단에 들어오는 신호는 통과대역 필터(BPF)(221) 및 저잡음 증폭기(LNA) (222) 를 거친 후, 시간-주파수 영역 코드 발생기(Time-Frequency Code 블록)(223)에서 제공하는 시간 주파수 영역 코드에 의하여 적절한 중심 주파수를 찾은 후, 기저 대역 필터(LPF)(224)와 ADC(226)를 거쳐서 아날로그 신호를 디지털로 변환한다. VGA (225) 및 AGC(227) 블록을 통하여 채널의 주파수 차이에 의한 전력 신호 감쇄 차이를 보정한다. 동기/제거 CP(Cyclic Prefix)/FFT 블록(Synchronization Remove CP FFT 블록)(228) 및 Carrier Freq & Time Tracking 블록(230) 을 통하여 주파수 및 시간 동기를 수행하고, Guard Time 을 제거하며 FFT(Fast Fourier Transform)을 통과하여 시간 영역의 신호를 주파수 영역으로 변환한다. 그리고 채널 추정기(229) 및 디인터리버(De-Interleaver)(231), Depuncturer (232), Viterbi 디코더 (233), 디스크램블러(De-scrambler)(234)의 디스크램블링 과정을 거쳐서 원래의 신호를 복원한다.

따라서, MB-OFDM UWB 시스템은 동일한 OFDM 심볼을 두 번 반복하여 전송하여 시간 영역의 다이버시티를 제공하며, 매 심볼마다 중심 주파수를 호핑하므로 주파수 영역의 다이버시티를 역시 제공한다. 그러나, MB-OFDM UWB 시스템은 아직 공간 영역의 다이버시티 이득을 제공하고 있지 않는 문제점이 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명은 종래 기술의 문제점을 해결하기 위해 제안된 것으로써, 본 발명의 목적은 UWB Application을 위하여 IEEE 802.15 TG3a의 표준안의 하나로 제안된 MB-OFDM 시스템이 제공하는 다이버시티 이득에 대한 것으로, 중심 주파수 호핑에 의한 주파수 영역의 다이버시티 이득 및 시간 영역 OFDM 심볼의 중복 전송에 의한 시간 영역 다이버시티 이득 외에 추가적인 다이버시티 이득을 얻어 시스템의 성능을 향상시키기 위해, 기존의 MB-OFDM 시스템이 제공하는 시간 및 주파수 영역 다이버시티 이득을 제시하고, MB-OFDM 시스템에 대표적인 공간 다이버시티 기법인 SFBC(Space-Frequency Block Code)를 적용시킨 SFBC MB-OFDM 시스템의 송신단, 수신단 블록 다이어그램을 제안하여 MB-OFDM 시스템이 추가적인 공간 다이버시티 이득을 제공하는 UWB MB-OFDM 시스템에서의 공간 다이버시티 이득을 제공하는 송수신 장치를 제공하는 것이다.

발명의 구성

상기 본 발명의 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은 기존의 MB-OFDM UWB 시스템이 제공하는 시간 및 주파수 영역 다이버시티 이외에 공간 다이버시티 이득을 얻기 위해서, 2×1 안테나 구조에 대하여 대표적인 공간 다이버시티 기법인 SFBC(Space-Frequency Block Code) 방식을 MB-OFDM 시스템에 적용시키기 위해, 공간 다이버시티 기법을 이용한 SFBC MB-OFDM 시스템의 송신기, 및 상기 공간 다이버시티 기법을 이용한 SFBC MB-OFDM 시스템의 수신기를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 UWB MB-OFDM 시스템에서의 공간 다이버시티 이득을 제공하는 송수신 장치를 제공한다.

또한, 본 발명에 따른 UWB MB-OFDM 시스템에서의 공간 다이버시티 활용 장치의 상기 공간 다이버시티 기법을 이용한 SFBC MB-OFDM 시스템의 송신기는 상기 SFBC MB-OFDM 시스템의 송신단에서 공간 다이버시티 이득을 얻기 위해서 기존의 MB-OFDM 시스템의 송신단에 SFBC 인코딩 블록을 삽입시키고 SFBC 인코딩 블록을 통과하여 나온 데이터를 2 개의 안테나를 통하여 전송하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 한다.

또한, 상기 공간 다이버시티 기법을 이용한 SFBC MB-OFDM 시스템의 수신기는 상기 SFBC MB-OFDM 시스템의 수신단에서 SFBC 인코딩된 데이터를 디코딩하기 위하여 기존의 MB-OFDM 시스템의 수신단에 SFBC 디코딩 블록을 삽입시켜 공간 다이버시티 이득을 얻는 과정을 포함한다.

이하, 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 보다 상세하게 설명한다. 단, 하기 실시예는 본 발명을 예시하는 것일 뿐 본 발명의 내용이 하기 실시예에 한정되는 것은 아니다.

본 발명에서는 MB-OFDM 시스템이 기본적으로 제공하는 다이버시티 이득을 보이고, 기존의 MB-OFDM 시스템에 SFBC 기법을 적용하여 얻는 공간 다이버시티 이득을 통하여 시스템의 성능을 향상시키는 방법에 대하여 기술한다.

기본적인 MB-OFDM 시스템의 물리 계층 사양은 도 3과 같다. 전체 128개의 부반송파중 100개의 부반송파는 정보를 전송하는 데이터 부반송파로, 12개의 부반송파는 동기를 위하여 전체 주파수에 걸쳐서 균등하게 분포된 파일럿 부반송파로 사용되며 나머지 10개의 부반송파는 송, 수신단 필터의 구현을 쉽게 하며, 그 외의 다양한 목적으로 이용 가능한 보호 및 가상 반송파로 사용된다.

도 4는 MB-OFDM 시스템의 초기 동기화 및 채널 추정을 위해 사용하는 PLCP 프리앰블을 보여주고 있다. 프리앰블은 패킷 동기 시퀀스로 구성된 21개의 패킷 시퀀스 OFDM 심볼, 프레임 동기 시퀀스로 구성된 3개의 프레임 동기 시퀀스 OFDM 심볼들, 그리고 채널 추정 시퀀스로 구성된 6개의 채널 추정 시퀀스 OFDM 심볼로서 구성된다. MB-OFDM 시스템의 프레임을 구성하는 모든 심볼은 SOP(Simultaneous Operating Piconet)들과의 간섭을 줄이고, 주파수 다이버시티 기법을 적용하여 시스템 성능을 개선 시키기 위하여, 도 5의 MB-OFDM 시스템의 시간-주파수 코드에 대한 도면을 참조하여 TFC(Time-Frequency Code)에 제시된대로 채널 1을 할당받으면 {1 2 3 1 2 3}으로, 채널 2를 할당받으면 {1 3 2 1 3 2} 등으로 주파수 대역의 변경이 이루어진다.

MB-OFDM 시스템은 QPSK 변조만을 사용하지만, 부호화율과 주파수/시간영역 확산을 통하여 53.3, 55, 80, 106.7, 110, 160, 200, 320, 400, 480Mbps의 여러 가지 전송률을 지원할 수 있으며, MB-OFDM 시스템에서 각각의 전송률에 대한 사양을 도 6에 정리한다. 주파수 영역 확산 기법은 DC 부반송파를 기준으로 복소 대칭시켜서 각 부반송파에 변조된 심볼을 배치한다. 이러한 방식을 사용하면 시간 영역에서 실수 신호만으로 구성되기 때문에, RF 단의 하드웨어를 1/2로 줄일 수 있다. 또한 시간 영역 확산 기법은 시간 영역에서 하나의 OFDM 심볼을 두번 반복하여 전송하는 방식인데, 반복되는 두 심볼이 다른 주파수 대역을 통해 전송되므로 시간 영역의 다이버시티 및 주파수 영역의 다이버시티 이득을 얻을 수 있게 한다. 스크램블러는 15차의 생성 다항식 $1 + x^{14} + x^{15}$ 을 갖는 PRBS (Pseudo Random Binary Sequence)로 구성되고, 초기 레지스터 값은 주어진 네 가지 중에서 선택할 수 있으며, 수신부에는 초기값을 설정하기 위한 2비트 정보가 전송된다. 채널 부호기는 구속장이 $K=7$ (133₈, 156₈, 175₈) 이고, 부호율이 1/3인 컨볼루션 인코더를 기본으로 Puncturing 패턴에 따라 부호화된 비트를 제거함으로써, 11/32, 1/2, 5/8, 3/4 의 부호율을 얻을 수 있다. MB-OFDM의 인터리버는 두 단계의 비트 블록 인터리버로 구성된다. 첫번째로 수행되는 심볼 인터리빙(Symbol Interleaving)은 OFDM 심볼간에 블록 인터리빙하는 것으로 각각의 서브 밴드로부터의 주파수 다이버시티를 이용하려고 하는 것이며, 6개의 심볼을 가지고 블록 인터리빙한다. 두번째로 수행되는 톤 인터리빙(Tone Interleaving)은 하나의 OFDM 심볼을 구성하는 인접 비트를 서로 다른 부채널에 전송되도록 인터리빙하는 것으로, OFDM 한 심볼에 전송될 Coded Bit들을 모아서 블록 인터리빙한다.

UWB 채널 모델은 UWB 환경에 적합한 채널 모델을 개발하기 위하여 구성된 IEEE 802.15. SG3a의 분과 위원회가 2003년 2월 802.15 TG3a의 물리계층 성능 분석을 위하여 최종 제안된 모델이다. SG3a UWB 채널 모델은 도 7에 도시된 바와 같이 CM1 ~ CM4 의 4가지로 주어지며, 이중 CM1, CM2, CM3는 실제 측정된 파라미터를 기반으로 모델링되었고, CM4는 최악의 경우로 RMS delay가 25ns 에 이르는 열악한 상황을 고려하였다. 이러한 채널 모델에 따라 각각 100개의 구현 채널이 주어진다. UWB 채널 모델은 6GHz의 광대역 채널모델이기 때문에, MB-OFDM 시스템에 적용하기 위해서는 MB-OFDM 시스템의 주파수 대역 및 중심 주파수 호핑을 고려하여 기존의 UWB 채널을 필터링하여 3개의 서브 밴드 채널로 재형성해야 한다.

MB-OFDM 시스템은 동일한 OFDM 심볼을 두 번 전송하기 때문에 시간 영역의 다이버시티 이득을 제공하며, 각 심볼을 전송할 때 주파수 호핑을 하기 때문에 주파수 영역의 다이버시티 이득 또한 제공한다.

도 8은 MB-OFDM 시스템이 제공하는 주파수 호핑에 의한 다이버시티 이득을 보여주는 성능 곡선으로, UWB 채널 모델 CM3 에서 MB-OFDM 시스템이 제공하는 프리앰블 심볼을 사용하여 Practical 채널 추정을 하며 MRC Combining을 적용하고 주파수 호핑을 하지 않은 경우, 110Mbps 의 전송률에 대한 시뮬레이션 결과이다. 주파수 호핑을 하지 않는 경우에는 주파수 호핑에 의한 다이버시티 효과를 얻을 수 없고, 단지 Noise Averaging 효과만을 얻을 수 있기 때문에 주파수 호핑을 고려한 경우보다 10^{-4} BER 에서 4dB 정도 성능이 열화되었음을 알 수 있다.

도 9는 MB-OFDM 시스템이 제공하는 시간 영역 다이버시티 이득을 보여주는 성능 곡선으로, Perfect 채널 추정이라는 가정 하에 CM3에서 110Mbps 데이터 전송률인 경우, 시간영역 확산 기법에 의하여 제공되는 2 심볼에 MRC 기법을 적용한 경우와 채널 추정 후에 단순 평균을 적용한 경우의 BER 성능 곡선이다. MRC 를 적용하게 되면 단순 평균을 취하는 것보다 10^{-4} BER 에서 약 15dB의 성능 개선이 있음을 알 수 있다.

기존의 MB-OFDM 시스템이 주파수 호핑에 의한 주파수 영역 다이버시티 및 시간 영역의 OFDM 심볼의 반복 전송에 의한 시간 영역 다이버시티 이득을 제공하지만, 공간 영역의 다이버시티를 제공하고 있지 못하다. 따라서 본 발명에서는 대표적인 공간 다이버시티 기법인 SFBC 를 기존의 MB-OFDM 시스템에 적용하여, 시간 및 주파수 영역 다이버시티 이외에 공간 영역 다이버시티를 제공할 수 있는 방안을 제공한다.

도 10은 공간 다이버시티 기법을 적용한 SFBC MB-OFDM 시스템의 송신단 블록 다이어그램을 나타낸다. SFBC MB-OFDM 시스템의 송신단의 데이터는 스램블러(Scrambler)(1001) 블록을 통과하게 되는데, 상기 스램블러(1001)는 15차 생성 다항식 $(1+x^{14}+x^{15})$ 에 의하여 생성되는 비트 스트림과 입력 데이터를 Exclusive OR 시킨 값을 출력으로 내보낸다. 상기 스램블러를 통과한 데이터가 컨볼루션 인코더(Convolutional Encoder)(1002)의 입력으로 들어가게 되며, 1/3의 코딩율을 가지는 출력 데이터가 된다. 이 데이터가 Puncturer(1003)의 입력으로 들어가게 되는데, 입력 데이터에 적절한 Puncturing 패턴을 적용하여 Puncturing 과정을 거치게 되면 원하는 코딩율의 데이터를 얻을 수 있다. Puncturer를 통과한 데이터는 비트 인터리버(1004)를 거치게 되는데, 상기 비트 인터리버(1004)는 들어온 데이터를 6개의 OFDM 심볼간 인터리빙(Interleaving) 및 1 심볼 내에서의 인터리빙 과정을 적용시켜 출력으로 내보낸다. 이 데이터는 시간/주파수 스프레딩 블록(Time/Frequency Spreading 블록)(1005)을 거치게 되는데 이 블록을 통과하게 되면 동일한 데이터가 OFDM 심볼의 주파수 영역 및 시간 영역에서 반복되게 되어, 주파수 영역 및 시간 영역의 다이버시티 이득을 얻을 수 있게 된다.

상기 시간/주파수 스프레딩 블록(Time/Frequency Spreading 블록)(1005)을 통과한 데이터는 SFBC 인코더(1006)을 거쳐 SFBC 인코딩되어, 2개의 송신 안테나를 위한 주파수 영역 신호 $X1[n]$, $X2[n]$ 로 변환된다.

Insert Pilots & VC, IFFT, Add CP & GI 블록(1007, 1010)은 각각 안테나를 통하여 전송될 주파수 영역 신호 $X1[n]$, $X2[n]$ 에 파일럿 데이터 및 가상 캐리어(Virtual Carrier)를 첨가하여 IFFT(Inverse Fast Fourier Transform) 과정을 거친 후, 보호 구간을 삽입하여 시간 영역 OFDM 신호를 형성한다.

상기 시간 영역 OFDM 신호는 DAC(1008, 1011)을 거치게 되는데, 이 과정을 통하여 디지털 영역의 OFDM 신호가 아날로그 영역의 OFDM 신호로 변환된다.

변환된 아날로그 OFDM 신호는 시간 주파수 영역 코드 발생기(Time-Frequency Code 블록)(1009,1012)에 의하여 결정된 중심 주파수를 가진 RF 캐리어에 실려서 전송된다.

기존의 MB-OFDM 과 다른 점이 있다면 송신단 측에 2개의 안테나를 사용하였다는 것과 공간 신호처리 이득을 얻기 위해서 SFBC 인코더(1006)가 시간/주파수 스프레딩 블록(Time/Frequency Spreading 블록)(1005)의 뒷부분에 배치되어 있다는 점이다.

도 11은 SFBC MB-OFDM 시스템의 수신단 블록 다이어그램을 나타낸다. SFBC MB-OFDM 시스템의 수신단은 대역통과 필터(BPF)(1101)를 거쳐서 원하는 대역의 RF 신호를 추출한다. 이 신호에 저잡음 증폭기(LNA: Low Noise Amplifier)(1102)를 거쳐서 RF 신호를 증폭하면서도 잡음의 영향을 최소화한다. 상기 저잡음 증폭기(LNA)(1102)를 거친 RF 신호는 시간 주파수 영역 코드 발생기(1103)에 의하여 결정된 중심 주파수를 이용하여 다운 컨버전되어, 기저 대역 신호로 주파수가 변환된다. 이 기저 대역 신호에는 다운컨버전 과정에서 생긴 불필요한 신호들도 포함되어 있으므로 기저 대역 필터(LPF)(1104)를 통과시켜서 원하는 기저 대역 신호를 얻어낸 다음, ADC(1106)를 거쳐서 아날로그 OFDM신호를 디지털 OFDM 신호로 변환한다.

MB-OFDM 시스템의 주파수 호핑 특성으로 인하여 데이터가 각각 다른 중심 주파수 캐리어를 통하여 송신될 수 있으며, 이때 중심 주파수 차이에 의한 신호의 전력 감쇄에 차이가 있으므로, 상기 AGC(Automatic Gain Control)(1107) 블록을 이용하여 얼마만큼의 전력 보상이 이루어져야 하는지 판단하여 VGA(Variable Gain Amplifier)(1105) 블록의 입력으로 전송하면, 이 값을 이용하여 VGA가 증폭기의 출력값으로 가변함으로써 중심 주파수 캐리어의 차이가 있더라도 동일한 전력 감쇄로 신호가 복원되도록 보정한다.

동기/제거 CP/ FFF 블록(Synchronization Remove CP FFT 블록)(1108)에서는 시간 영역 OFDM 신호에서 Guard Time을 제거하며, FFT를 수행하여 시간 영역의 신호를 주파수 영역으로 변환한다. 이 때 Carrier Phase and Time Tracking 블록(1109)의 주파수 및 시간 동기화 과정을 병행하게 된다.

그리고, SFBC 디코더 기능을 제공하는 공간 주파수(Space Frequency) 디코더 블록(1110)을 거쳐서 송신단에서 SFBC 인코딩한 데이터를 디코딩하게 되는데, 이 과정에서 채널 추정기(Channel Estimator)(1111)에 의한 채널 추정 값을 이용한다. SFBC 디코더를 통과한 신호는 시간/주파수 디스프레딩 블록(Time/Frequency Despreading 블록)(1112)을 거쳐서 시간 및 주파수 영역에서 Spreading 된 신호를 Despreading 한다. 또한, 디인터리버(1113) 블록을 거쳐서 인터리빙된 데이터를 원래의 순서대로 맞추게 된다. 그리고 Depuncturer (1114) 블록을 거쳐서 1/3 의 코딩율의 데이터로 복원하며 Viterbi 디코더 (1115) 블록을 통과하여 컨볼루션 인코딩된 데이터를 디코딩하고, MB-OFDM 시스템의 송신단에서 사용한 15차 생성 다항식($1+x^{14}+x^{15}$)에 의하여 생성되는 비트 스트림과 Viterbi 디코딩된 데이터를 Exclusive OR 하는 디스크램블링 (1116) 과정을 거쳐서 원래의 신호를 복원한다.

기존의 MB-OFDM 시스템과의 다른 점은 SFBC 인코딩을 복원하기 위한 공간 주파수(Space Frequency) 디코더(1110)가 존재한다는 것이다.

도 12는 완벽한 채널 추정(Perfect Channel Estimation) 이라는 가정하에, CM3 에서 110Mbps의 전송률을 지원하는 기본적인 MB-OFDM 시스템과 SFBC MB-OFDM 시스템의 BER 성능 곡선으로, 기존의 MB-OFDM 시스템에 비해 10^{-4} BER 에서 약 1.5dB 성능 개선이 됨을 알 수 있다.

상술한 바와 같이, 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허 청구범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위내에서 본 발명을 다양하게 수정 또는 변형하여 실시할 수 있다.

발명의 효과

이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명에 따른 UWB MB-OFDM 시스템에서의 공간 다이버시티 이득을 제공하는 송수신 장치는 기존의 MB-OFDM 시스템이 제공하는 시간 및 주파수 영역 다이버시티 뿐만 아니라 안테나에 의한 공간 다이버시티 또한 이용 가능하여 보다 저 전력으로도 시스템을 운용할 수 있으며, 홈 네트워크와 같은 근거리 무선 통신에 응용할 수 있는 효과가 있다.

또한, UWB(Ultra-Wideband) 시스템은 IEEE 802.11(무선 LAN) 또는 블루투스(Bluetooth)에 비해 월등히 높은 전송률을 제공할 수 있으며 최근 근거리 무선 통신망 등 많은 응용분야에서 UWB 시장 규모의 급격한 성장을 예측하는 많은 사업자 및 업체들로부터 매력적인 새로운 무선통신 시스템으로 각광을 받고 있다. 따라서, 보다 적은 전력으로도 동일한 성능을 보이는 SFBC MB-OFDM 시스템에 대한 본 발명은 시장성 측면에서 양호하다.

또한, UWB 시스템은 향후 2 ~ 3년 내에 상용화 시장에서 IEEE 802.11a/b 계열의 WLAN 을 대체할 것으로 예상되므로, 대표적인 UWB 방식인 MB-OFDM UWB 의 성능을 개선하기 위하여 공간 다이버시티 기법을 도입한 SFBC MB-OFDM 시스템은 저전력으로 동일한 전송률의 보장할 수 있어서 많은 업체들이 관심을 보일 것으로 예상되며 산업화 가능성이 충분하다.

도면의 간단한 설명

도 1은 종래의 MB-OFDM 시스템의 주파수 대역에 대한 도면.

도 2는 종래의 MB-OFDM UWB 모델의 구조에 대한 도면.

도 3은 MB-OFDM 시스템의 물리계층 파라미터에 대한 도면.

도 4는 MB-OFDM 시스템의 PLCP 프리앰블에 대한 도면.

도 5는 MB-OFDM 시스템의 시간-주파수 코드에 대한 도면.

도 6은 MB-OFDM 시스템의 전송률에 대한 도면.

도 7은 UWB 채널 모델에 대한 도면.

도 8은 MB-OFDM 시스템의 주파수 호핑 다이버시티 이득에 대한 도면.

도 9는 MB-OFDM 시스템의 시간 영역 다이버시티 이득에 대한 도면.

도 10은 본 발명에 의한 SFBC MB-OFDM 시스템의 송신단 구조에 대한 도면.

도 11은 본 발명에 의한 SFBC MB-OFDM 시스템의 수신단 구조에 대한 도면.

도 12는 본 발명에 의한 SFBC MB-OFDM 시스템의 공간 다이버시티 이득에 대한 도면.

<도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명>

1001: 스크램블러 1002: 컨볼루션 인코더

1003: Puncturer 1004: 비트 인터리빙 블록

1005: Time/Frequency Spreading 블록 1006: SFBC 인코더

1007, 1010: Insert Pilot & VC IFFT Add CP & GI 블록

1008, 1011: DA변환기(DAC)

1009, 1012: 시간-주파수 영역 코드 발생기(Time-Frequency Code)

1101: 대역통과필터(BPF) 1102: 저잡음 증폭기(LNA)

1103: 시간-주파수영역 코드 발생기 1104: 기저대역필터(LPF)

1105: VGA 1106: ADC

1107: AGC 1108: Synchronization Remove CP FFT

1109: Carrier Phase and Time Tracking

1110: Space Frequency Decoder 1111: 채널 추정기

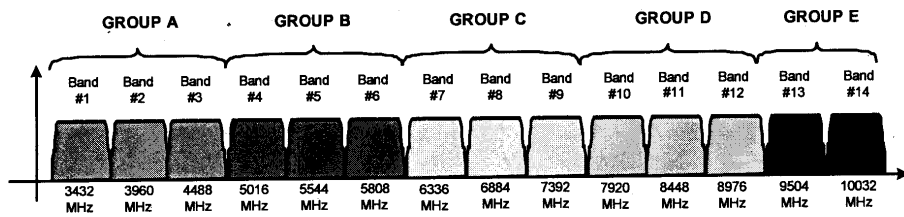
1112: Time-Frequency Despreading 1113: 디인터리버

1114: De-Puncturer 1115: Viterbi 디코더

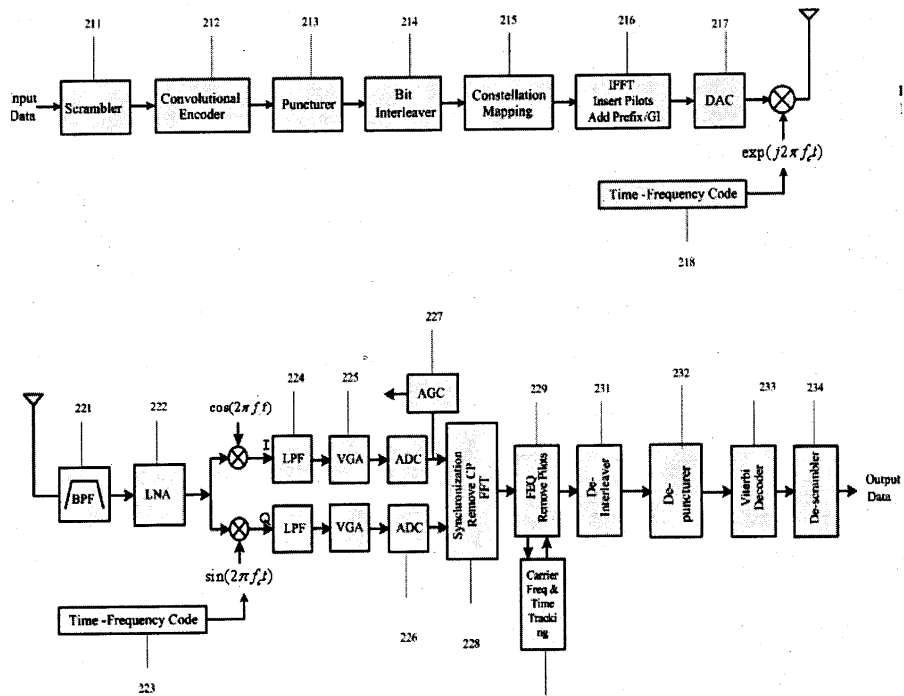
1116: 디스크램블러

도면

도면1



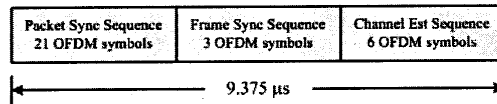
도면2



도면3

Parameter	Value
Number of data subcarriers	100
Number of defined pilot carriers	12
Number of guard carrier	10
Number of total subcarriers used	122
Subcarrier frequency spacing	4.125 MHz
IFFT/FFT period	242.42 ns
Cyclic prefix duration	60.61 ns
Guard interval duration	9.47 ns
Symbol interval	312.5 ns

도면4



도면5

Channel Number	Preamble Pattern	Mode 1 : Length 6 Time Frequency Code					
1	1	1	2	3	1	2	3
2	2	1	3	2	1	3	2
3	3	1	1	2	2	3	3
4	4	1	1	3	3	2	2

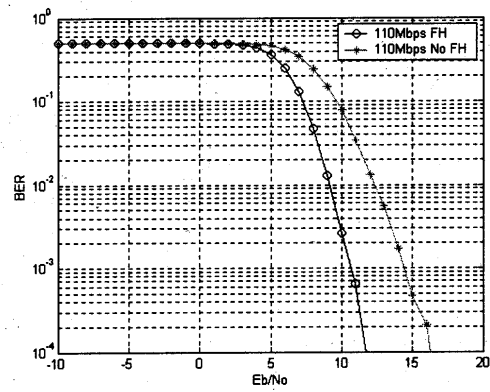
도면6

Data Rate (Mb/s)	Modulation	Coding rate(R)	Conjugate Symmetric Input to IFFT	Time Spreading Factor	Overall Spreading Gain	Coded bits per OFDM symbol (N_{CSPS})
53.3	QPSK	1/3	Yes	2	4	100
55	QPSK	11/32	Yes	2	4	100
80	QPSK	1/2	Yes	2	4	100
106.7	QPSK	1/3	No	2	2	200
110	QPSK	11/32	No	2	2	200
160	QPSK	1/2	No	2	2	200
200	QPSK	5/8	No	2	2	200
320	QPSK	1/2	No	1 (No spreading)	1	200
400	QPSK	5/8	No	1 (No spreading)	1	200
480	QPSK	3/4	No	1 (No spreading)	1	200

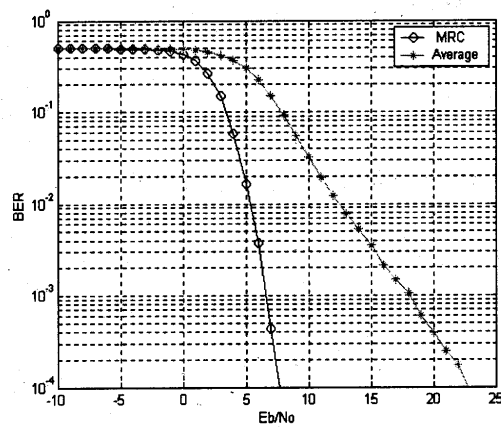
도면7

Channel	CM1	CM2	CM3	CM4
Characteristic	LOS (0-4m)	NLOS (0-4m)	NLOS (4-10m)	NLOS
Mean excess Delay (nsec)	5.05	10.38	14.18	
RMS delay (nsec)	5.28	8.03	14.28	25
NP			35	
NP(85%)	24	36.1	61.54	
Model parameter				
Λ (1/nsec)	0.0233	0.4	0.0667	0.0667
λ (1/nsec)	2.5	0.5	2.1	2.1
γ	4.3	6.7	7.9	12
Γ	7.1	5.5	14.00	24.00
σ_1 (dB)	3.3941	3.3941	3.3941	3.3941
σ_2 (dB)	3.3941	3.3941	3.3941	3.3941
σ_x (dB)	3	3	3	3

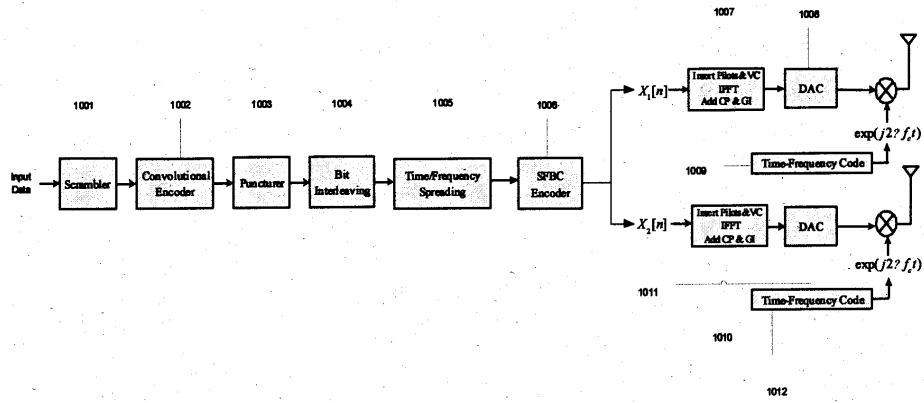
도면8



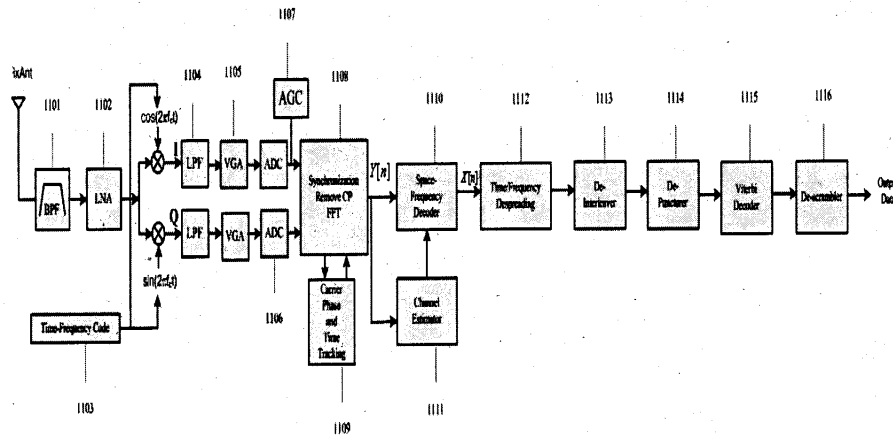
도면9



도면10



도면11



도면12

