



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2012년06월19일  
(11) 등록번호 10-1158153  
(24) 등록일자 2012년06월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H04B 7/06 (2006.01) H04L 5/06 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2007-7005469  
(22) 출원일자(국제) 2005년09월09일  
심사청구일자 2010년09월09일  
(85) 번역문제출일자 2007년03월08일  
(65) 공개번호 10-2007-0052297  
(43) 공개일자 2007년05월21일  
(86) 국제출원번호 PCT/US2005/032253  
(87) 국제공개번호 WO 2006/029362  
국제공개일자 2006년03월16일  
(30) 우선권주장  
60/608,472 2004년09월09일 미국(US)  
(56) 선행기술조사문헌  
US06141542 A\*  
WO2004064295 A2\*  
WO2003065608 A1  
EP1249980 A  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
에이저 시스템즈 인크  
미합중국 펜실베이니아 18109 알렌타운 노스이스트  
아메리칸 파크웨이 1110  
(72) 발명자  
무즈타바 시에드 아온  
미국 뉴저지주 07069 왓칭 워싱턴 록 로드 112  
왕 시아오웬  
미국 뉴저지주 08807 브릿지워터 헌틀리 웨이 17  
(74) 대리인  
제일특허법인, 김원준

전체 청구항 수 : 총 10 항

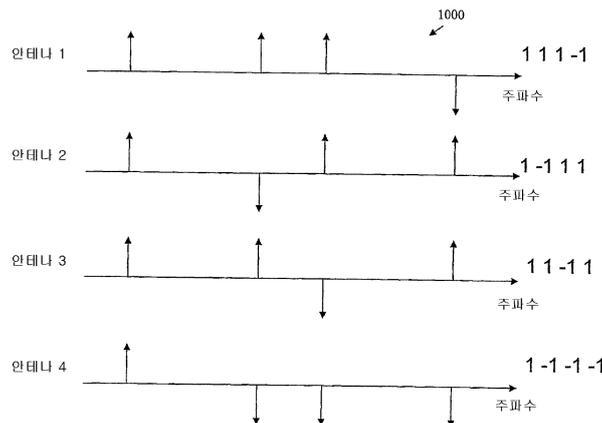
심사관 : 김현진

(54) 발명의 명칭 다중 안테나 통신 시스템에서의 데이터 전송 방법, 다중 안테나 통신 시스템의 송신기, 다중 안테나 통신 시스템에서의 데이터 수신 방법 및 다중 안테나 통신 시스템의 수신기

(57) 요약

다중 안테나 통신 시스템에서 의사 직교(pseudo-orthogonal) 파일럿 톤(pilot tone)들을 통신하기 위한 방법과 장치가 제공된다. N 개의 송신 안테나를 갖는 다중 안테나 통신 시스템에서 데이터의 전송은, N 개의 송신 안테나 각각을 위한 서로에 대해 의사직교하는 다수의 파일럿 톤을 발생시키고, 상기 데이터를 상기 N 개의 송신 안테나 각각에서 전송함으로써 이루어진다. 파일럿 톤은 일반적으로 상기 데이터 내에 삽입된다. N 개의 송신 안테나를 갖는 다중 안테나 통신 시스템에서 데이터는 N 개의 송신 안테나 각각에서 이 데이터를 수신함으로써 수신되는데, 여기에서 상기 데이터는 상기 N 개의 송신 안테나 각각을 위한 다수의 파일럿 톤을 포함하며, 상기 N 개의 송신 안테나 각각을 위한 파일럿 톤은 서로에 대해 의사 직교한다. 이 파일럿 톤은 주파수 영역과, 시간 영역과, 공간 영역 또는 이들 모두의 영역에서 직교가 될 수 있다.

대표도



**특허청구의 범위**

**청구항 1**

N개의 송신 안테나를 갖는 다중 안테나 통신 시스템에서 데이터(420)를 전송하는 방법에 있어서,  
 상기 N개의 송신 안테나 각각에 대한 다수의 파일럿 톤(230)을 발생시키는 단계 - 상기 N개의 송신 안테나 각각에 대한 상기 파일럿 톤은, 상기 N개의 송신 안테나들 중 다른 적어도 하나에서 전송되는 상기 파일럿 톤 중 적어도 하나와, 주파수 영역 및 공간 영역에서 의사 직교(pseudo-orthogonal)함 - 와,  
 상기 N개의 송신 안테나 각각에서 상기 데이터를 송신하는 단계를 포함하는  
 다중 안테나 통신 시스템에서의 데이터 전송 방법.

**청구항 2**

제 1 항에 있어서,  
 상기 파일럿 톤은 상기 데이터에 삽입되는  
 다중 안테나 통신 시스템에서의 데이터 전송 방법.

**청구항 3**

제 1 항에 있어서,  
 상기 파일럿 톤을 발생시키는 단계는, 월시 시퀀스(Walsh sequence)에 기초하는 BPSK 신호, QPSK 좌표(constellation) 및 푸리에 변환 시퀀스 중 하나 이상을 사용하는  
 다중 안테나 통신 시스템에서의 데이터 전송 방법.

**청구항 4**

다중 안테나 통신 시스템에서의 송신기(105)에 있어서,  
 데이터를 전송하기 위한 N개의 송신 안테나를 포함하되,  
 상기 안테나 각각은 다수의 파일럿 톤을 채용하고, 상기 파일럿 톤은, 상기 N개의 송신 안테나들 중 다른 적어도 하나에서 전송되는 상기 파일럿 톤 중 적어도 하나에 대하여, 주파수 영역 및 공간 영역에서 의사 직교하는  
 다중 안테나 통신 시스템의 송신기.

**청구항 5**

제 4 항에 있어서,  
 상기 파일럿 톤은 상기 데이터에 삽입되는  
 다중 안테나 통신 시스템의 송신기.

**청구항 6**

제 4 항에 있어서,  
 상기 파일럿 톤은 주파수 영역과 공간 영역에서 의사 직교하는  
 다중 안테나 통신 시스템의 송신기.

**청구항 7**

제 4 항에 있어서,  
 상기 파일럿 톤은 시간 영역에서 직교하는

다중 안테나 통신 시스템의 송신기.

**청구항 8**

다중 안테나 통신 시스템에서, N개의 송신 안테나를 갖는 송신기에 의하여 송신되는 데이터를 적어도 하나의 수신 안테나에서 수신하기 위한 방법에 있어서,

상기 N개의 송신 안테나 각각으로부터 상기 데이터를 수신하는 단계를 포함하되,

상기 데이터는 상기 N개의 송신 안테나 각각에 대한 다수의 파일럿 톤을 포함하고, 상기 N개의 송신 안테나 각각에 대한 상기 파일럿 톤은, 상기 N개의 송신 안테나들 중 다른 적어도 하나에서 전송되는 상기 파일럿 톤 중 적어도 하나와, 주파수 영역 및 공간 영역에서 의사 직교하는

다중 안테나 통신 시스템에서의 데이터 수신 방법.

**청구항 9**

제 8 항에 있어서,

상기 파일럿 톤은 상기 데이터에 삽입되는

다중 안테나 통신 시스템에서의 데이터 수신 방법.

**청구항 10**

N개의 송신 안테나를 갖는 적어도 하나의 송신기를 구비한 다중 안테나 통신 시스템에서 데이터를 수신하는 수신기(150)에 있어서,

상기 N개의 송신 안테나 각각에서의 상기 데이터를 수신하기 위한 적어도 하나의 수신 안테나를 포함하되,

상기 데이터는 상기 N개의 송신 안테나 각각에 대한 다수의 파일럿 톤을 포함하고, 상기 N개의 송신 안테나 각각에 대한 상기 파일럿 톤은, 상기 N개의 송신 안테나들 중 다른 적어도 하나에서 전송되는 상기 파일럿 톤 중 적어도 하나와, 주파수 영역 및 공간 영역에서 의사 직교하는

다중 안테나 통신 시스템의 수신기.

**청구항 11**

삭제

**청구항 12**

삭제

**청구항 13**

삭제

**청구항 14**

삭제

**청구항 15**

삭제

**청구항 16**

삭제

**청구항 17**

삭제

**청구항 18**

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

청구항 23

삭제

청구항 24

삭제

청구항 25

삭제

청구항 26

삭제

**명세서**

**기술분야**

- [0001] 본 출원은 2004년 9월 9일 자 출원된 미국 가출원 번호 제 60/608,472호의 우선권을 청구하며, 여기에 참조로서 포함된다.
- [0002] 본 발명은 일반적으로 다중 안테나 무선 통신 시스템에 관한 것으로, 특히 다중 안테나 통신 시스템을 위한 위상 및 주파수 오프셋 추정 기술에 관한 것이다.

**배경기술**

- [0003] 다중 송신 및 수신 안테나들은 차세대 무선랜(WLAN: Wireless Local Area Network) 시스템에서 향상된 견고성과 용량 모두를 제공하도록 제안되어 왔다. 이 향상된 견고성은 다중 안테나를 지닌 시스템에서 제공되는 공간 다이버시티(spatial diversity)와 추가적인 이득(gain)을 활용하는 기술을 통하여 달성될 수 있다. 상기 향상된 용량은 대역폭에 효율적인 MIMO(Multiple Input Multiple Output: 다중 입력 다중 출력) 기술을 갖는 다중경로 페이딩(multipath fading) 환경에서 달성될 수 있다. 다중 안테나 통신 시스템은 개별 데이터 스트림들을 다중 송신 안테나 상에서 전송함으로써, 주어진 채널 대역폭에서 데이터 전송률을 향상시킨다. 각 수신기는 이들 데이터 스트림의 혼합 신호를 다중 수신 안테나에서 수신한다.
- [0004] 상이한 데이터 스트림들을 적절하게 수신하기 위하여, 다중 안테나 통신 시스템에서의 수신기들은 트레이닝(training)을 통하여 채널 매트릭스(channel matrix)를 획득해야 한다. 이것은 일반적으로 특정한 트레이닝 심볼 또는 프리앰블(preamble)을 사용하여 동기화 및 채널 추정을 수행함으로써 달성될 수 있다. 프리앰블은 수신기가, i) AGC(Automatic Gain Control : 자동 이득제어) 기능을 설정하도록 수신된 신호의 파워를 추정하

고, ii) FFT(Fast Fourier Transform: 고속 푸리에 변환) 윈도우의 최적의 배치를 수행하기 위하여 타이밍 오프셋을 획득하며, iii) 송신기와 수신기 사이의 주파수 오프셋을 추정하고 FFT 복조 이전에 주파수 오프셋을 교정하고, iv) FFT가 수행된 후에 QAM(Quadrature Amplitude Modulation: 직교 진폭 변조)의 디 매핑(Demapping)을 지원하기 위하여 채널 전달 함수(channel transfer function)를 추정하도록 도와준다.

[0005] 추가로 다수의 파일럿 톤은 위상 잡음과 잔류 주파수 오프셋을 추정하기 위하여 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing: 직교 주파수 분할 다중화) 데이터 심볼들에 삽입된다. 송신기와 수신기의 국부 발진기(local oscillator)에서의 위상 잡음은 모든 OFDM 심볼을 위하여 일반적으로 정정될 필요가 있는 FFT 출력에서 CPE(Common Phase Error: 공통 위상 오류)를 발생시킨다. FFT의 입력단에서의 잔류 주파수 오프셋도 또한 CPE를 발생시킨다. 일반적으로 CPE 추정의 정확도는 파일럿들의 수와 함께 향상되어서, 패킷 오류율을 감소시키고 송신의 신뢰성을 향상시킨다.

[0006] 일반적으로 MIMO 시스템은 모든 안테나 상에서 동일한 파일럿 톤과 분극 시퀀스(polarization sequence)를 송신한다. 이 파일럿들은 미리 결정된 신호이다. 따라서, 이 파일럿들의 어떤 빔 패턴(beam pattern)들이 존재한다. 주파수 선택성 채널에서, 상이한 파일럿 톤은 상이한 채널들을 맞이할 것이다. 따라서, 각각의 파일럿 톤은 상이한 빔 패턴을 갖는다. 그러므로, 몇몇 파일럿들은 상기 채널에 의하여 증가되는 반면에, 다른 파일럿들은 상쇄될 것이다. 빔의 형성은 "수평 페이딩(flat fading)" 채널의 경우에서 보다 극심한 것으로 관찰되어 왔다. 이 경우, 모든 파일럿들은 동일한 채널 페이딩을 맞이하고, 모두 상쇄되어 버릴 수 있다. 따라서, 비록 상기 채널 조건들이 수신기로 하여금 데이터를 올바르게 수신하게 하더라도, 이 수신기는 파일럿들이 모두 페이딩되기 때문에 상기 데이터를 처리할 수 없을 수도 있다.

[0007] 일반적으로 MIMO 시스템은 모든 안테나 상에서 동일한 파일럿 톤과 분극 시퀀스를 송신한다. 이 파일럿들은 미리 결정된 신호이다. 따라서, 다수의 송신 안테나에서 어떤 주어진 수신 안테나로의 채널이 높은 상관을 가지면, 이 파일럿들은 먼 필드에서 어떠한 빔 패턴을 생성할 것이다. 그러므로, 2차원 평면의 방위각에 대한 함수로서 몇몇 파일럿들은 상기 채널에 의하여 증가되는 반면에, 다른 파일럿들은 감쇄될 것이다. 빔의 형성은 "수평 페이딩(flat fading)" 채널의 경우에 가장 심하여 상기 채널이 주파수의 함수로서 변화하지 않는 것으로 관찰되어 왔다. 이 경우, 모든 파일럿들은 동일한 채널 페이딩을 맞이하고, 특정 방위각들에 따라 상쇄되어 버릴 수 있다. 따라서, 비록 상기 채널 조건들이 수신기로 하여금 데이터를 올바르게 수신하게 하더라도, 이 수신기는 파일럿들에 대한 최악의 페이딩 때문에 상기 데이터를 처리할 수 없을 수도 있다.

[0008] 그러므로, 상기 파일럿 톤이 상기 채널에서 하나씩 상쇄되지 않도록 할, 다중 안테나 통신 시스템에서 직교 파일럿 톤을 통신하기 위한 방법 및 장치에 대한 필요성이 존재한다.

**발명의 상세한 설명**

[0009] 일반적으로, 다중 안테나 통신 시스템에서 의사 직교 파일럿 톤을 통신하기 위한 방법들과 장치들이 제공된다. 본 발명의 한 태양에 따르면, N 개의 송신 안테나를 갖는 다중 안테나 통신 시스템에서 데이터의 전송은, N 개 송신 안테나 각각을 위한 서로 의사 직교가 되는 다수의 파일럿 톤을 발생시키고, 상기 데이터를 상기 N 개의 송신 안테나 각각에서 전송함으로써, 이루어진다. 이 파일럿 톤은 일반적으로 상기 데이터 내에 삽입된다. 이 파일럿 톤은 주파수 영역과, 시간 영역과, 공간 영역 또는 이들 모두의 영역에서 직교가 될 수 있다.

[0010] 본 발명의 다른 태양에 따르면, N 개의 송신 안테나를 갖는 다중 안테나 통신 시스템에서 데이터는 N 개의 송신 안테나 각각에서 이 데이터를 수신함으로써 수신되는데, 여기에서 상기 데이터는 상기 N 개의 송신 안테나 각각을 위한 다수의 파일럿 톤을 포함하며, 상기 N 개의 송신 안테나 각각을 위한 파일럿 톤은 서로 의사 직교가 된다.

[0011] 본 발명의 보다 완전한 이해뿐 만 아니라 본 발명의 추가적인 특징들과 장점들은 다음의 상세한 설명과 도면들을 참조로 하여 얻어질 것이다.

**실시 예**

[0027] 본 발명은 예를 들어, "수평 페이딩" 채널들의 경우에 존재하는 파일럿 상쇄 문제는 다양한 안테나들에 걸쳐

서 직교 파일럿들을 전송함으로써 극복될 수 있음을 인식하고 있다. 본 발명의 한 태양에 따르면, 직교 파일럿 설계는 주파수 및 공간 영역 모두에서 제공된다. 따라서, 이하에 더 논의되는 바와 같이, 직교 코드들은 주파수와 공간 범위에 걸쳐서 파일럿 신호를 위하여 사용된다. 주파수와 공간에 걸친 직교 파일럿 신호들의 전송은 빔 형성 효과를 약화시킨다. 따라서, 평균적으로 파일럿들에 대한 빔 형성이 존재하지 않는다.

[0028] 도 1은 종래 802.11a/g 송수신기(100)의 개략적인 블록도이다. 송신기 측(105)에서, 정보 비트들은 우선 스테이지(110)에서 인코딩 되고, 이후 스테이지(120)에서 주파수 인터리브(interleave) 된다. 인코딩 되고 인터리브 된 비트들은 이후 스테이지(130)에서 서브 캐리어들(톤) 상에 매핑되고, 주파수 영역 OFDM 신호를 형성한다. 주파수 영역 OFDM 신호는 스테이지(130) 동안 IFFT에 의하여 시간영역으로 변환된다. 스테이지(140)에서, 데이터는 직렬화 되고 보호 간격(guard interval)이 각각의 OFDM 심볼에 추가된다. 마지막으로, 트레이닝(training)과 신호 필드를 포함하는 프리앰블이 각 패킷의 시작에서 스테이지(145) 동안에 추가된다.

[0029] 수신기 측(150)에서, 수신된 신호는 초기에 RF 프론트 엔드(RF front end)(155)에 의하여 처리되고, 이후 직렬 데이터가 병렬화되고 보호 간격이 스테이지(160)에서 제거된다. 시간 영역의 신호는 FFT(170)를 사용하여 주파수 영역으로 변환되고, 서브 캐리어들이 인코딩 되고 인터리브 된 비트들로 매핑된다. 한편, 프리앰블은 스테이지(165)에서 처리된다. 인터리브 된 비트들은 스테이지(180)에서 디 인터리브(deinterleave) 되고, 스테이지(190)에서 디코딩 되어 송신 정보 비트들을 제공한다.

[0030] 도 2는 예시적인 IEEE 802.11a/g 시스템을 위한 예시적인 프레임 포맷(200)을 나타낸다. 도 2에 도시된 것과 같이, 각 프레임(200)(또는 패킷)은 수신기에서 올바른 동기화를 이루도록 알려진 방식으로, 사용자 데이터(220)가 뒤따르는 프리앰블(210)과 함께 시작한다. 각 프리앰블(210)은 짧은 프리앰블, 긴 프리앰블, 및 신호 필드를 포함한다. 각 데이터 심볼은 4개의 파일럿 톤(230)을 포함한다. 앞서 지적했듯이, 이 파일럿 톤(230)은 캐리어 주파수 오프셋, 타이밍 편차, 및 진폭 드루프(amplitude droop)를 추적하기 위하여 사용된다.

[0031] MIMO 시스템에서, 상이한 송신 안테나들은 상이한 데이터 OFDM 심볼들을 전송한다. 도 3은 예시적인 SISO 및 MIMO 시스템에서의 데이터 송신을 나타낸다. 도 3에 도시된 것과 같이, 단일 안테나를 갖는 SISO 송신기(310)는 단일의 안테나를 갖는 SISO 수신기(320)로 데이터를 전송한다. 또한, 두개의 안테나를 갖는 예시적인 MIMO 송신기(350)는 두개의 안테나를 갖는 예시적인 MIMO 수신기(360)로 데이터를 전송한다.

[0032] 도 4는 예시적인 2x2 MIMO 시스템을 위한 예시적인 MIMO 프레임 포맷(400)을 나타낸다. 도 4에 도시된 것과 같이, 각 프레임(400)은 프리앰블 부분(410)과 데이터 부분(420)을 포함한다. 예시적인 프리앰블(410)은 레거시(legacy) 802.11a 프리앰블과 뒤이어서 전용 MIMO 프리앰블을 포함한다. 적절한 프리앰블 포맷에 대한 보다 상세한 논의는 여기에 참조로서 포함되고, 발명의 명칭이 "다중 안테나 통신 시스템에서 프리앰블 트레이닝을 위한 방법 및 장치(Method and Apparatus for Preamble Training in a Multiple Antenna Communication System)"인, 2005년 1월 24일 출원된 미국 특허 출원 일련번호 제 11/043,025호를 참조한다. 데이터 전송에 있어서, 도 2와 관련하여 위에서 논의한 바와 같이, 파일럿 톤은 SISO 시스템과 동일한 방법으로 삽입된다. 따라서, 파일럿 톤은 모든 송신 안테나들로부터 동시에 송신된다.

[0033] 도 5는 예시적인 20MHz 모드를 위한 파일럿 톤의 위치(500)를 나타낸다. 도 5에 도시된 바와 같이, 도 2에 도시된 802.11a/g 시스템과 동일한 위치(+/- 7과 +/- 21의 위치)에 할당되는 전체 4개의 파일럿들이 존재한다. 예시적인 캐리어의 간격 띄우기는 3.125kHz이다. 도 6은 예시적인 40MHz 모드를 위한 파일럿 톤의 위치(600)를 나타낸다. 도 6에 도시되듯이, 40MHz 모드에서(+/- 16, +/- 30과 +/- 44의 위치)전부 6개의 파일럿들이 존재한다. 캐리어 간격 띄우기는 여전히 3.125kHz이다.

[0034] 도 7은 예시적인 802.11a/g 파일럿 신호들(710, 720, 730, 740)(모두 하나의 안테나에서 전송됨)을 위한 분극 시퀀스(700)를 나타낸다. 모든 송신 안테나들은 전체 패킷을 통하여 동일한 파일럿들을 송신하는 것에 주목한다. 파일럿 신호는 도 7에 도시된 것과 같이, 시간 영역에서 심볼에서 심볼로 사인 또는 분극을 변화시킨다. 예를 들어 제 1 시간 단계에서, -1, +1, +1, +1은 동일한 안테나에서 송신된다. 도 7과 관련하여 용어 "분극(polarization)"은 +1과 -1(즉, 180도 위상 변이)을 의미한다.

[0035] 도 8은 도 7의 예시적인 분극 시퀀스(700)의 발생을 나타낸다. 도 8에 도시되듯이, 분극 시퀀스(700)는 "111111"의 초기 상태를 갖는 주파수대 변환기(scrambler)(800)를 사용하여 발생되며, 주파수대 변환기는 출력단에서 0의 값을 1로, 1의 값을 -1의 값으로 교체한다.

[0036] 일반적으로, MIMO 시스템들은 동일한 파일럿 톤과 분극 시퀀스를 모든 안테나들에서 전송한다. 파일럿들은 결정성 신호이다. 따라서, 동일한 파일럿 신호들이 상이한 안테나들로부터 송신되면 빔 형성을 야기할 수 있다.

도 9는 파일럿(901 내지 904)와 같은 파일럿들의 빔 형성(900)을 나타낸다. 주파수 선택성 채널에서, 상이한 파일럿 톤은 도 9의 다양한 채널 응답(911-914)에 의하여 나타낸 바와 같이 상이한 채널들을 맞이한다. 따라서, 모든 파일럿들이 동시에 페이딩되지 않는다. 그러므로, 수신된 파일럿들(920)에 의하여 도시된 바와 같이, 몇몇 파일럿들은 증가되는 반면에 다른 파일럿들은 상쇄될 수 있다. 일반적으로 수신기는 필요한 기능을 수행하기 위하여 꽤 강한 평균 파일럿 에너지를 수신할 수 있다. 빔 형성은 "수평 페이딩(flat fading)"의 경우(913, 914)에 모두 극심한 것으로 관찰되어 왔다. 이 경우, 모든 파일럿들은 동일한 채널 페이딩을 경험한다. 따라서, 도 9의 수신된 파일럿들(950)에 의하여 도시된 바와 같이, 모든 파일럿들은 상쇄되어 버릴 수 있다. 따라서, 비록 상기 채널 조건들이 수신기로 하여금 데이터를 올바르게 수신하게 하더라도, 수신기는 파일럿들이 모두 페이딩되기 때문에 데이터를 처리할 수 없을 수도 있다.

[0037] 본 발명은 이 파일럿 상쇄 문제가 다양한 안테나를 거쳐서 의사 직교 파일럿들을 송신함으로써 극복될 수 있다는 것을 인식하고 있다. 여기에서 사용되는 바와 같이, 파일럿들은 어떤 두개의 안테나 사이의 상호 상관이 낮으면, 일반적으로 의사 직교로 간주된다. 파일럿들은 어떤 두개의 파일럿 시퀀스 사이의 상호 상관이 정확히 0이면 직교이다. 파일럿들은 어떤 두개의 파일럿 시퀀스 사이의 상호 상관이 소정 임계치 보다 낮은 수이면 의사 직교이다. 본 발명의 한 태양에 따르면, 직교 파일럿 설계는 주파수와 공간 영역 모두에서 제공된다.

[0038] -안테나들에 걸친 직교 파일럿들의 전송-

[0039] 본 발명의 한 태양에 따르면, 공간과 주파수에서의 직교 코드들은 시간 영역에 걸쳐진 분극 시퀀스를 갖는 파일럿 신호를 위하여 사용된다. 주파수와 공간에 걸친 직교 파일럿 신호들의 전송은 빔 형성 효과를 경감시킨다.

[0040] 주파수 직교성 파일럿들

[0041] 앞서 지적했듯이, 예시적인 20MHz 모드에서는 4개의 파일럿 톤이 존재한다. 따라서 4개의 직교 코드들이 필요하다. 도 10은 예시적인 4 안테나 MIMO 시스템을 위한 20MHz에서의 주파수 영역 직교 파일럿들 한 세트(1000)를 나타낸다. 도 10에 도시된 파일럿 설계(1000)는 여전히 IEEE 802.11a/g에 있는 바와 같이, 4x4의 월시 매트릭스(walsh matrix)에 기초하는 BPSK(Binary Phase Shift Keying : 2진 위상 편이 방식) 신호를 사용한다. 안테나(1)는 제 1열의 월시 매트릭스, 즉 1, 1, 1, -1로 인코딩 된다. 유사하게, 각각의 다음 안테나 ANT 2 내지 ANT 4는 해당 열의 월시 매트릭스로 인코딩 된다. 도 10에 도시되듯이, 제 1 안테나(ANT 1)는 IEEE 802.11a/g 파일럿(1,1, 1, -1)을 송신한다. 나머지 안테나(ANT 2 내지 ANT 4)들은 제 1 안테나와 서로에 대해 직교인 파일럿들을 송신한다. 이 경우, 상기 안테나들은 직교 시퀀스를 생성하도록 인코딩 된다.

[0042] 도 11은 예시적인 4 안테나 MIMO 시스템을 위한 20MHz의 주파수 도메인 직교 파일럿들(110)의 다른 세트를 나타낸다. 도 11의 실시예에서는, QPSK(Quadrature Phase Shift Keying : 4진 위상 편이 방식) 좌표와 푸리에 변환 시퀀스가 사용된다. 도 11에 도시되듯이, 각각의 안테나(ANT 1 내지 ANT 4)는 한 열의 푸리에 변환 매트릭스를 송신한다. 이러한 방식으로, 4개의 안테나는 서로 직교인 파일럿들을 송신한다. 주목할 사항은, 도 11이 3차원적인 표현으로서, 여기에서 어떤 파일럿 톤은 4 방향(상, 하, 도면 안쪽 및 바깥쪽) 중 하나를 가리킬 수 있다는 것이다. 직교 시퀀스는 도 11의 좌측의 좌표에 기초하여 얻어진다. 도 11의 추가의 자유도를 갖는 보다 높은 수의 차원들은 직교 파일럿 시퀀스들을 보다 큰 수의 파일럿들을 가지고 선택하기에 보다 쉽도록 만들어 준다. 도 11의 보기에서 8개 까지의 파일럿 톤의 파일럿 시퀀스가 생성될 수 있다.

[0043] 40MHz 모드의 예에서, 일반적으로 6개의 파일럿 톤이 존재한다. 따라서, 6개의 직교 코드들이 필요하다. 도 12는 예시적인 4안테나 MIMO 시스템을 위한 40MHz의 주파수 영역 의사 직교 파일럿들 한세트(1200)를 나타낸다. 주목할 사항은 BPSK 신호를 사용하는 월시 코드가 존재하지 않는다는 점이다. 만일 BPSK 신호가 채택되면, 의사 잡음(PN: Psuedo Noise) 시퀀스가 식별될 수 있으며, 비록 완전히 직교는 아니지만 서로 최소한의 상호 상관들을 갖는다. 도 12의 상기 주파수 영역 의사 직교 파일럿들의 세트(1200)는 한 세트의 이러한 PN 시퀀스를 나타낸다. 도 12의 보기에서의 최대 상호 상관은  $\pm 2$ 로서, 이는 어떤 선택된 안테나에서의 파일럿 톤의 수의 반 보다 작다.

[0044] 도 13은 예시적인 4안테나 MIMO 시스템을 위한 40MHz의 주파수 영역 직교 파일럿들의 다른 세트(1300)를 나타낸다. 푸리에 시퀀스는 40MHz에서 직교 코드를 얻기 위하여 채택되어야 한다. 도 13의 구현에는 40MHz를 위한 직교 파일럿 톤을 완전하게 획득하기 위하여 6-PSK 좌표와 푸리에 변환 시퀀스를 채택한다. 각 안테나(ANT 1

내지 ANT 4)는 한 열의 푸리에 변환 매트릭스를 전송한다.

[0045] 추가의 변형은 6-PSK가 직교 파일럿들을 발생시키기 위하여 사용되지만 데이터 전송에 사용되지 않기 때문에, 푸리에 시퀀스의 사용이 문제가 될 수 있다는 것을 인식한다. 도 14는 데이터 전송에서 또한 사용되는 직교 파일럿들을 발생시키기 위하여 16 QAM의 좌표점들을 사용하는 절충안을 나타낸다. 파일럿들을 위하여 사용되는 6개의 점들(16개의 이용 가능한 점들로부터의)이 "⊕" 문자를 이용하여 도 14에 도시된다. 만일 16QAM이 채택되면, 한 세트의 파일럿 톤이 발생될 수 있는데, 이들은 비록 완전히 직교는 아니지만 서로 최소의 상호 상관을 갖는다. 사용된 6개의 점 "⊕" 은 6-PSK 좌표점에 가깝다. 파일럿들이 PSK 신호와 동일한 에너지로 송신되고, 따라서 최대 상호 상관이  $\pm 0.89 \pm 0.89j$ (이는 BPSK 신호와 PN 시퀀스를 사용하는 것 보다 낮다)이라고 가정한다.

[0046] 시간 직교성 분극

[0047] 도 10 내지 도 14와 관련하여 위에서 논의된 구현에는 주파수 영역에서 한 세트의 직교 파일럿들을 얻는다. 도 10 내지 도 14의 직교 파일럿 설계는 각 OFDM 심볼 내에서 상기 파일럿들이 깊은 페이딩에 있지 않는 것을 보장한다. 본 발명의 다른 태양에 따르면, 분극은 모든 파일럿들이 한 OFDM 심볼에서 깊은 페이딩에 있었을 때조차도 다음 OFDM 심볼에서는 깊은 페이딩에 있지 않도록 변경된다. 따라서, 이러한 실시예에서 상이한 안테나 상의 분극 시퀀스는 상이하고도 직교하여야 한다.

[0048] 주목할 사항은 패킷의 길이는 일반적으로 가변적이라는 것이다. 따라서, 직교 또는 의사 직교 시퀀스들을 발생시키기 위한 방법들은 모든 가능한 패킷 길이를 망라할 필요가 있다. 본 발명은 모든 가능한 패킷의 길이를 망라하도록 3 보다 많은 PN 발생기가 구현되어야하고 패킷의 길이에 따라서 발생기들 사이를 절환한다.

[0049] A. 직교 분극 시퀀스의 발생

[0050] 일반적으로, L개의 OFDM 심볼들이 한 패킷에 존재하면, 푸리에 변환 시퀀스는 파일럿 톤을 발생시키도록 채택되며, n번째 송신기 안테나에서의 1<sup>th</sup> OFDM 심볼은 다음으로 표현된다.

[0051] 
$$\exp\left(j\frac{2n\pi}{L}\right)$$

[0052] 그리고, 월시 시퀀스는 다음과 같이 표현된다.

[0053] 
$$L = 2^k$$

[0054] 그러면, PN 시퀀스 세트(-1/L의 최대 상관을 지님)는 다음과 같이 표현될 수 있다.

PN 시퀀스	시퀀스 이름
$L = 2^k - 1$	M-시퀀스
$L = q = 3(\text{모드 } 4)$	제곱잉여(QR: Quadratic Residue)
$L = 2q + 1, q = 1(\text{모드 } 4)$	QR-2
$L = 4t - 1 = 4x^2 + 27$ 는 소수(prime)이다	홀(Hall) 시퀀스
$L = p(p + 2)$ 여기서 p와 p+2 모두가 소수이다	쌍 소수(twin-prime) 시퀀스

[0055]

[0056] B. 의사 직교 분극 시퀀스의 발생

[0057] 도 8과 관련하여 앞서 논의한 바와 같이, 주파수대 변환기(800)는 분극 시퀀스를 발생시키기 위하여 사용된다. 그러나 시간 영역에서 의사 직교 분극 시퀀스를 달성하기 위하여, 상이한 안테나들이 이제 상이한 초기 상태를 사용한다. 한 구현예에서, 상이한 안테나들은 실제로 동일한 분극 시퀀스로서 상이한 시프트

(shift)를 갖는 시퀀스를 이용한다. 대부분의 패킷 길이를 위하여 이러한 설계는 실제로 꽤 작은 상호 상관을 부여한다.

[0058] 따라서, 동일한 주파수대 변환기(800)가 모든 안테나에 대해 사용되지만, 상이한 안테나들이 상이한 초기 상태를 사용한다. 예를 들어, 4 안테나 MIMO 구현예에서, 4 안테나는 다음의 상이한 초기 상태를 이용할 수 있다.

Ant 1: 1111111  
 Ant 2: 1010101  
 Ant 3: 1100110  
 Ant 4: 1110001

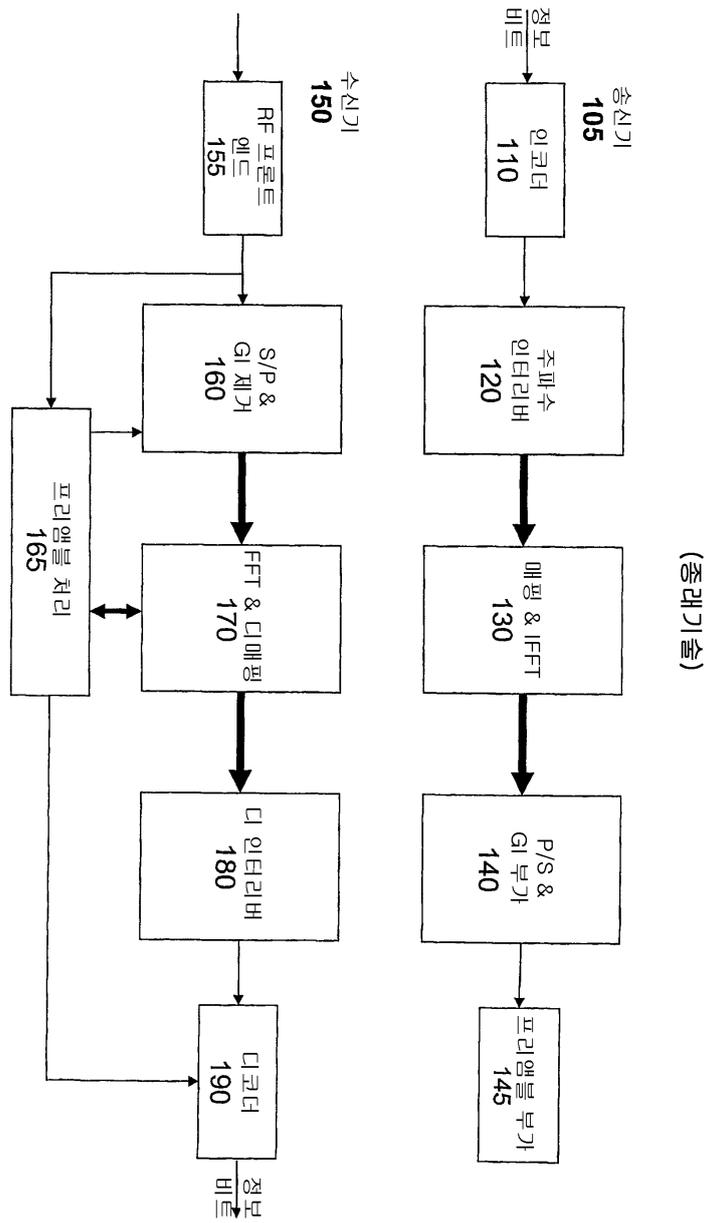
[0059] 여기서 나타내고 설명한 실시예들과 변형물들은 단지 본 발명의 원리를 설명하는 것이며, 다양한 수정들이 본 발명의 사상과 범위를 벗어나지 않고도 당업자들에 의하여 구현될 수 있음을 이해해야 할 것이다.

**도면의 간단한 설명**

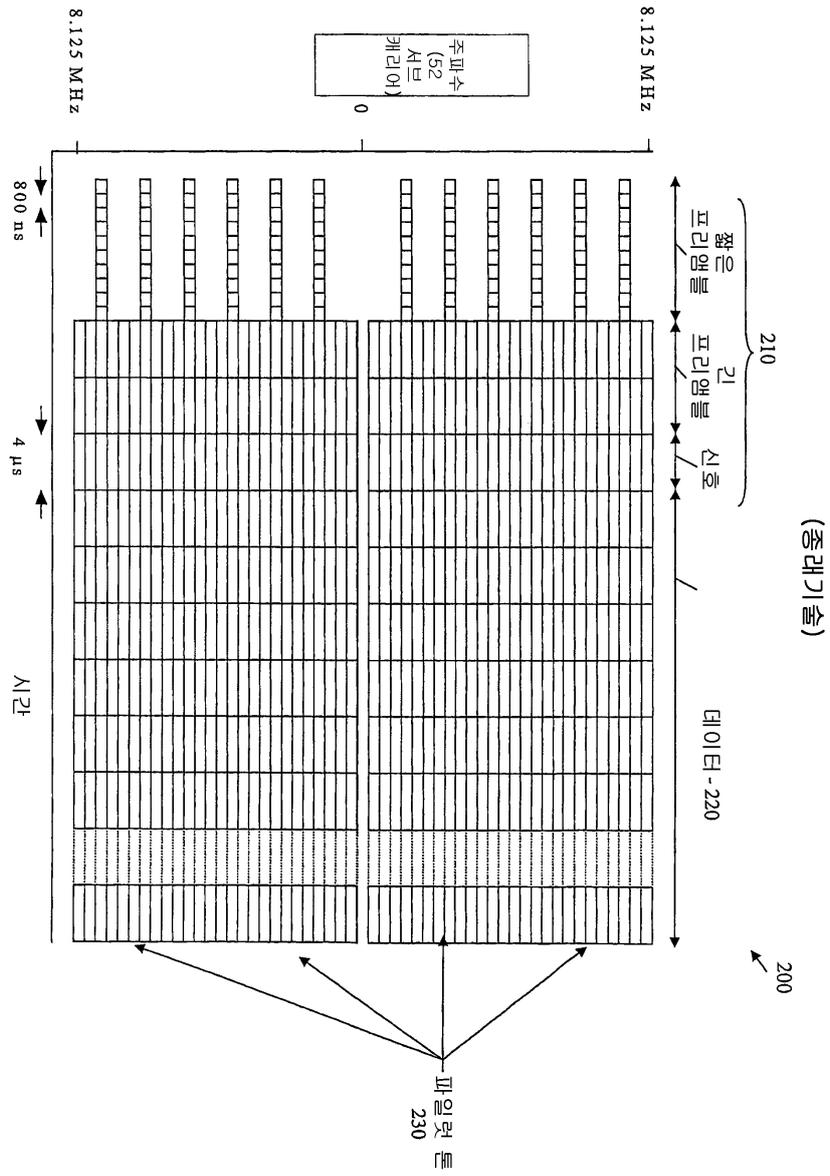
- [0012] 도 1은 종래의 IEEE 802.11a/g 송수신기에 대한 개략적인 블록도이다.
- [0013] 도 2는 예시적인 IEEE 802.11a/g OFDM 시스템을 위한 예시적인 프레임 포맷을 나타낸다.
- [0014] 도 3은 예시적인 SISO(Single Input Single Output: 단일 입력 단일 출력) 및 MIMO 시스템에서의 데이터 송신을 나타낸다.
- [0015] 도 4는 예시적인 2x2 MIMO 시스템을 위한 예시적인 MIMO 프레임 포맷을 나타낸다.
- [0016] 도 5는 예시적인 20MHz 모드를 위한 파일럿 톤의 위치들을 나타낸다.
- [0017] 도 6은 예시적인 40MHz 모드를 위한 파일럿 톤의 위치들을 나타낸다.
- [0018] 도 7은 예시적인 IEEE 802.11a/g 파일럿 신호들을 위한 분극 시퀀스를 나타낸다.
- [0019] 도 8은 도 7의 예시적인 분극 시퀀스의 발생을 나타낸다.
- [0020] 도 9는 파일럿 톤의 빔 형성을 나타낸다.
- [0021] 도 10은 예시적인 4 안테나 MIMO 시스템을 위한, 20MHz에서의 일군의 주파수 영역 직교 파일럿들을 나타낸다.
- [0022] 도 10은 예시적인 4 안테나 MIMO 시스템을 위한, 20MHz에서의 4 주파수 영역 BPSK 인코딩 된 일군의 직교 파일럿들을 나타낸다.
- [0023] 도 11은 예시적인 4 안테나 MIMO 시스템을 위한, 20MHz에서의 4 주파수 영역 QPSK 인코딩 된 다른 일군의 직교 파일럿들을 나타낸다.
- [0024] 도 12는 예시적인 4 안테나 MIMO 시스템을 위한, 40MHz에서의 일군의 6 주파수 영역 의사 직교 파일럿들을 나타낸다.
- [0025] 도 13는 예시적인 4 안테나 MIMO 시스템을 위한, 40MHz에서의 일군의 6 주파수 영역 직교 파일럿들을 나타낸다.
- [0026] 도 14는 데이터 송신에서도 사용되는 직교 파일럿들을 발생시키기 위하여 16 QAM의 좌표점들을 사용하는 절충안을 나타낸다.

도면

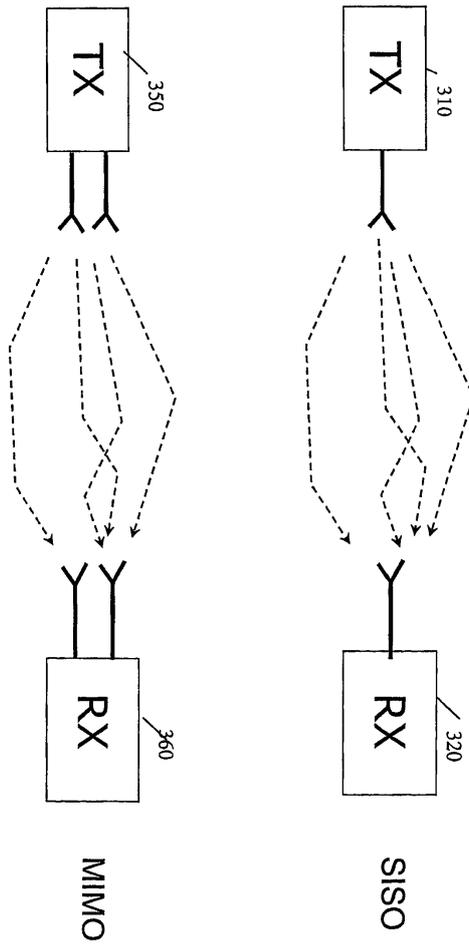
도면1



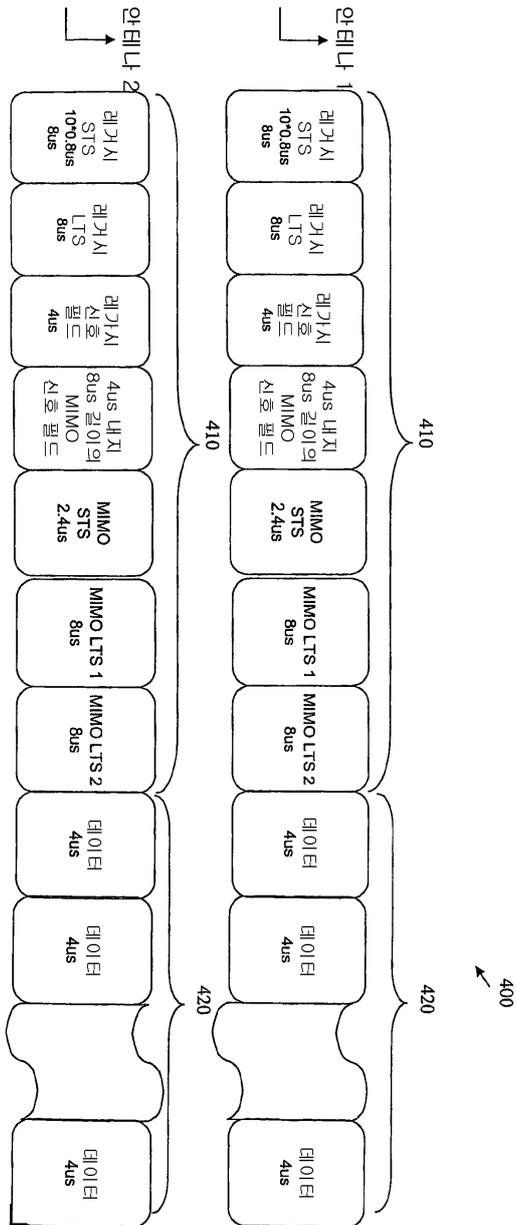
도면2



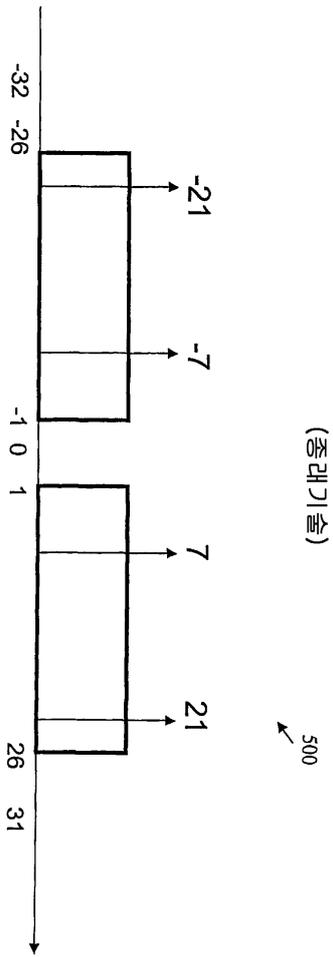
도면3



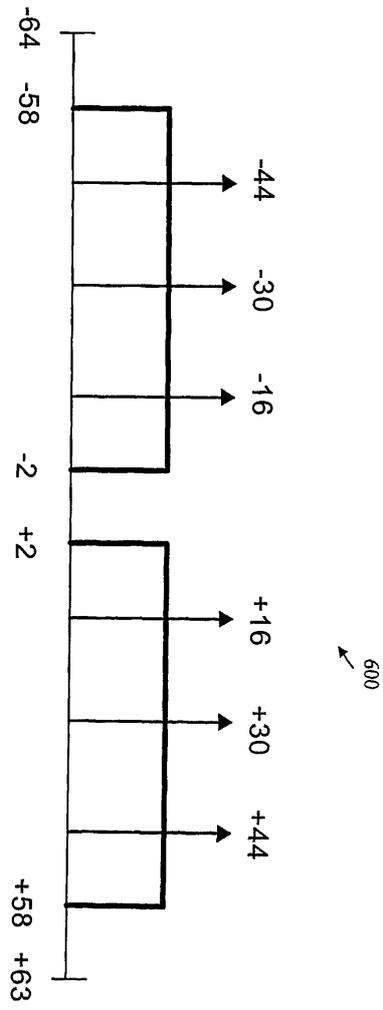
도면4



도면5

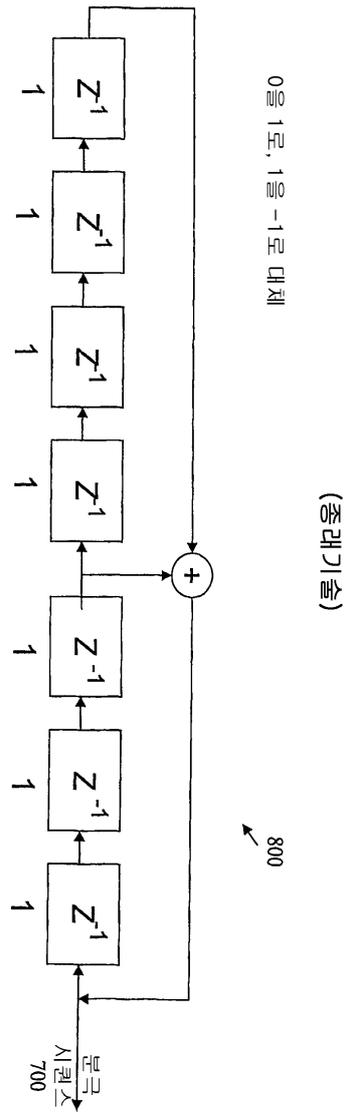


도면6

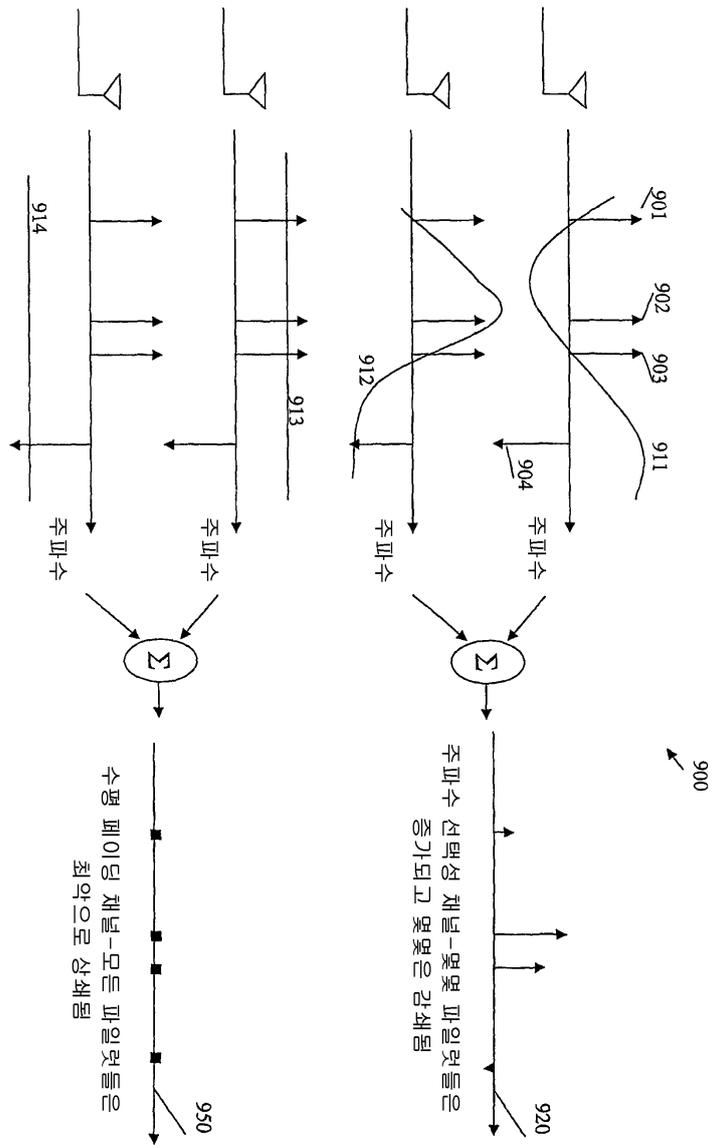




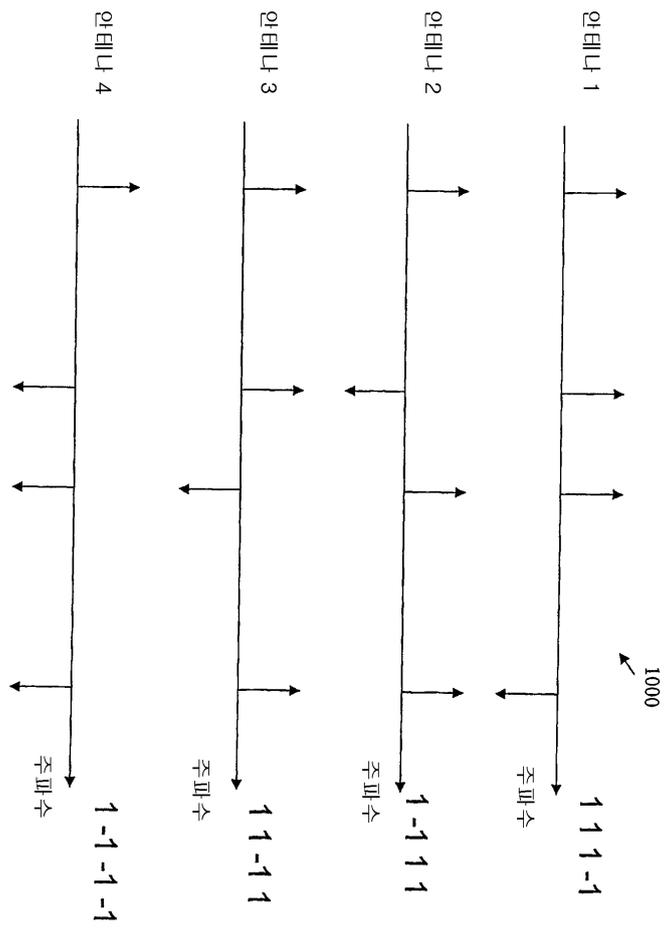
도면8



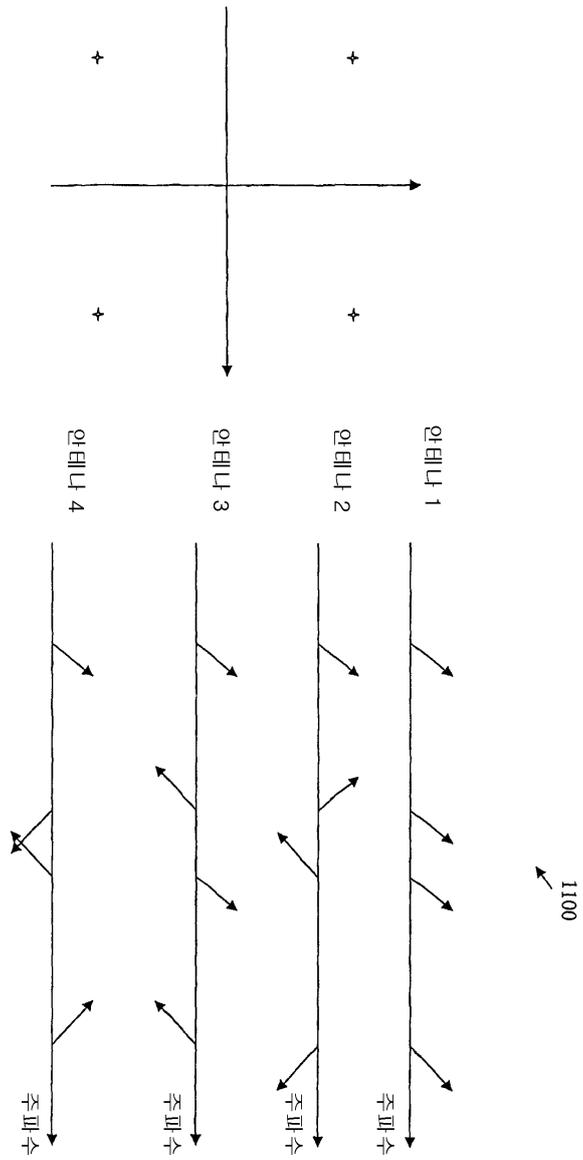
도면9



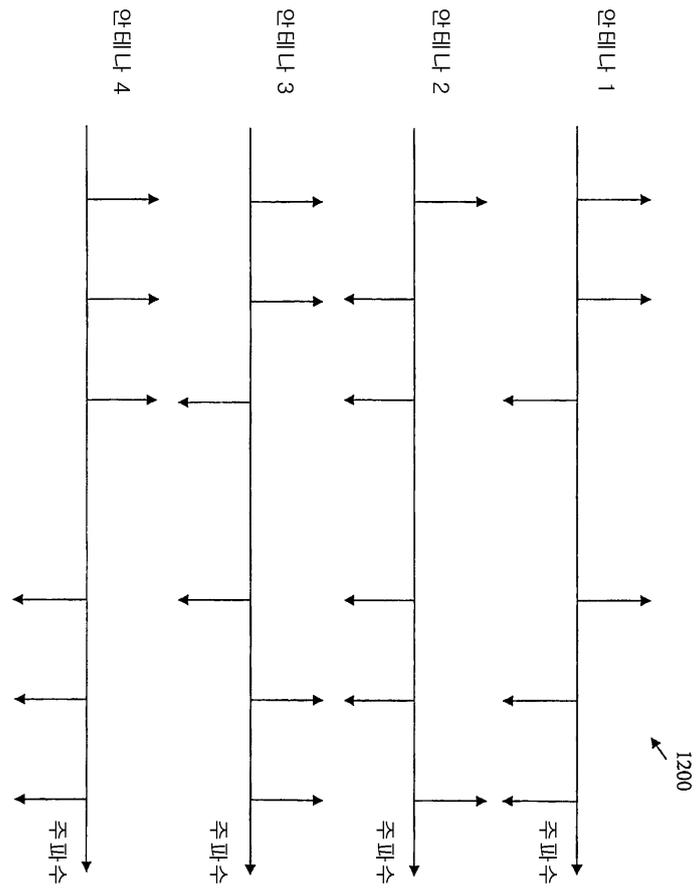
도면10



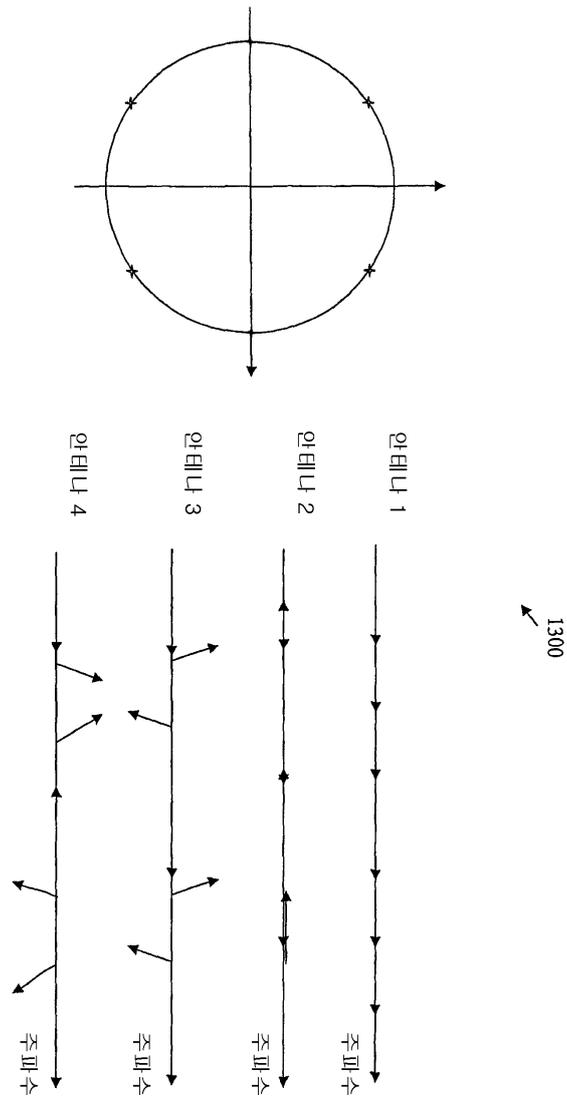
도면11



도면12



도면13



도면14

