



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0132043
(43) 공개일자 2022년09월29일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04B 1/7097 (2011.01) H04J 13/10 (2011.01)
H04J 13/16 (2011.01)
- (52) CPC특허분류
H04B 1/7097 (2013.01)
H04J 13/10 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2022-7032222(분할)
- (22) 출원일자(국제) 2017년11월14일
심사청구일자 없음
- (62) 원출원 특허 10-2019-7016867
원출원일자(국제) 2017년11월14일
심사청구일자 2020년11월06일
- (85) 번역문제출일자 2022년09월16일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2017/061489
- (87) 국제공개번호 WO 2018/089985
국제공개일자 2018년05월17일
- (30) 우선권주장
15/351,428 2016년11월14일 미국(US)

- (71) 출원인
램파트 커뮤니케이션즈, 인크.
미국 21090 메리랜드 린티컴 헤이즈 윈터슨 로드
1201 스위트 300
- (72) 발명자
로빈슨, 매튜 브랜든
미국 21032 메리랜드 크라운스빌 오서 드라이브
708 램파트 커뮤니케이션즈
팔미사노, 앤드류 케이스
미국 21032 메리랜드 크라운스빌 오서 드라이브
708 램파트 커뮤니케이션즈
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인
양영준, 김연송, 백만기

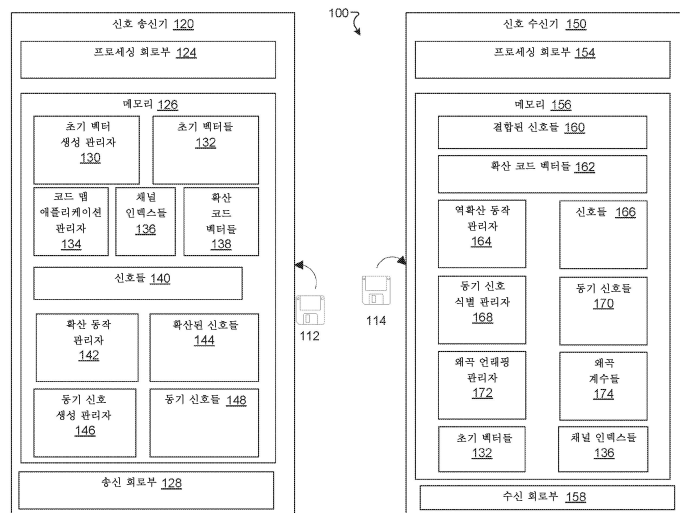
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 무선 통신들에서의 신뢰성 있는 직교 확산 코드들

(57) 요약

무선 통신들을 송신하는 기법들은 확산 대역폭 내의 주파수들에 일치하는 정현파 고조파들의 선형 조합들인, 임의의 수의 사용자 디바이스들을 위한 직교 확산 코드들을 생성하는 것을 수반한다. 이런 맥락에서, 신호들을 송신하기 전에, 프로세싱 회로부는 작은 상호 상관들을 갖는 등각의 타이트 프레임을 형성하는 초기 코드 벡터 세트를 생성할 수 있다. 이들 행들의 각각으로부터, 프로세싱 회로부는 이산 푸리에 변환의 일반화된 코드 맵을 사용하여 새로운 확산 코드 벡터를 생성한다. 코드 맵과 이산 푸리에 변환 사이의 차이는 정현파 고조파들의 주파수들이 확산 대역폭 내의 특정 주파수들에 일치하도록 선택되고 중심 주파수와는 원래의 비확산 대역폭의 배수들만큼 상이하다는 것이다. 상이한 송신기들이 그 다음에 상이한 확산 코드 벡터들로 생성된 각각의 신호들을 변조할 수 있다.

대표도



(52) CPC특허분류

H04J 13/16 (2013.01)

(72) 발명자

암스, 크레그 엘리오트

미국 21032 메리랜드 크라운스빌 오서 드라이브
708 램파트 커뮤니케이션즈

무어, 오드리 니콜

미국 21032 메리랜드 크라운스빌 오서 드라이브
708 램파트 커뮤니케이션즈

명세서

청구범위

청구항 1

방법으로서,

적어도 하나의 프로세서를 통해, 복수의 초기 벡터들을 생성하는 단계;

상기 적어도 하나의 프로세서를 통해, 상기 복수의 초기 벡터들로부터의 각각의 초기 벡터에 코드 맵을 적용하여 복수의 확산 코드 벡터들로부터의 연관된 확산 코드 벡터를 생성하는 단계-상기 코드 맵은: (1) 상기 복수의 초기 벡터들로부터의 제1 초기 벡터에 기초하는, 상기 복수의 확산 코드 벡터들로부터의 제1 확산 코드 벡터; 및 (2) 상기 복수의 초기 벡터들로부터의 제2 초기 벡터에 기초하는, 상기 복수의 확산 코드 벡터들로부터의 제2 확산 코드 벡터의 내적이 (i) 상기 제1 초기 벡터와 상기 제2 초기 벡터의 내적 및 (ii) 양의 상수의 곱과 동일하도록 정의됨-; 및

상기 적어도 하나의 프로세서를 통해,

제1 기저대역 신호 및 상기 제1 확산 코드 벡터에 기초하는 제1 확산 신호; 또는

제2 기저대역 신호 및 상기 제2 확산 코드 벡터에 기초하는 제2 확산 신호

중 적어도 하나를 생성하는 단계

를 포함하는 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 복수의 초기 벡터들은 등각의 타이트 프레임(equiangular tight frame) 또는 거의 등각의 타이트 프레임 중 하나를 형성하는 행들을 갖는 행렬인 방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 복수의 초기 벡터들은 유니터리 행렬(unitary matrix)인 방법.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 코드 맵은 이산 푸리에 변환의 일반화인 방법.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 복수의 초기 벡터들은 \mathbb{C}^N 에 대해 정규직교 기저를 형성하는 행들 및 열들을 갖는 행렬이고, \mathbb{C} 는 복소수들의 체(field)인 방법.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 제1 확산 신호를 생성하는 단계는 상기 제1 기저대역 신호의 심볼들의 세트로부터의 각각의 심볼에 상기 제1 확산 코드 벡터를 곱하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 7

제1항에 있어서, 다중 액세스 통신을 통해 상기 제1 확산 신호 또는 상기 제2 확산 신호 중 적어도 하나를 송신하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 8

시스템으로서,

적어도 하나의 프로세서를 포함하고, 상기 적어도 하나의 프로세서는,

복수의 초기 벡터들을 생성하고;

상기 복수의 초기 벡터들로부터의 각각의 초기 벡터에 코드 맵을 적용하여, 연관된 확산 코드 벡터를 생성하고-
 상기 코드 맵은: (1) 상기 복수의 초기 벡터들로부터의 제1 초기 벡터에 기초하는, 상기 복수의 확산 코드 벡터들로부터의 제1 확산 코드 벡터; 및 (2) 상기 복수의 초기 벡터들로부터의 제2 초기 벡터에 기초하는, 상기 복수의 확산 코드 벡터들로부터의 제2 확산 코드 벡터의 내적이 (i) 상기 제1 초기 벡터와 상기 제2 초기 벡터의 내적 및 (ii) 양의 상수의 곱과 동일하도록 정의됨-;

제1 기저대역 신호 및 상기 제1 확산 코드 벡터에 기초하는 제1 확산 신호; 또는

제2 기저대역 신호 및 상기 제2 확산 코드 벡터에 기초하는 제2 확산 신호

중 적어도 하나를 생성하도록 구성되는 시스템.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 복수의 초기 벡터들은 등각의 타이트 프레임 또는 거의 등각의 타이트 프레임 중 하나를 형성하는 행들을 갖는 행렬인 시스템.

청구항 10

제8항에 있어서, 상기 복수의 초기 벡터들은 \mathbb{C}^N 에 대해 정규직교 기저를 형성하는 행들 및 열들을 갖는 행렬이고, \mathbb{C} 는 복소수들의 체인 시스템.

청구항 11

제8항에 있어서, 상기 복수의 초기 벡터들은 유니타리 행렬인 시스템.

청구항 12

제8항에 있어서, 상기 코드 맵은 이산 푸리에 변환의 일반화인 시스템.

청구항 13

제8항에 있어서, 복수의 신호 수신기들 및 신호 송신기를 더 포함하고, 상기 신호 송신기 및 상기 복수의 신호 수신기들은 다중 액세스 통신을 수행하도록 구성되는 시스템.

청구항 14

제8항에 있어서, 상기 프로세서는 상기 제1 기저대역 신호의 심볼들의 세트로부터의 각각의 심볼에 상기 제1 확산 코드 벡터를 곱함으로써 상기 제1 확산 신호를 생성하도록 구성되는 시스템.

청구항 15

코드를 포함하는 비밀시적 저장 매체로서,

상기 코드는 프로세서에 의해 실행될 때 상기 프로세서로 하여금:

복수의 초기 벡터들을 생성하고;

상기 복수의 초기 벡터들로부터의 각각의 초기 벡터에 코드 맵을 적용하여, 연관된 확산 코드 벡터를 생성하고-
 상기 코드 맵은: (1) 상기 복수의 초기 벡터들로부터의 제1 초기 벡터에 기초하는, 상기 복수의 확산 코드 벡터들로부터의 제1 확산 코드 벡터; 및 (2) 상기 복수의 초기 벡터들로부터의 제2 초기 벡터에 기초하는, 상기 복수의 확산 코드 벡터들로부터의 제2 확산 코드 벡터의 내적이 (i) 상기 제1 초기 벡터와 상기 제2 초기 벡터의 내적 및 (ii) 양의 상수의 곱과 동일하도록 정의됨-;

제1 기저대역 신호 및 상기 제1 확산 코드 벡터에 기초하는 제1 확산 신호; 또는

제2 기저대역 신호 및 상기 제2 확산 코드 벡터에 기초하는 제2 확산 신호

중 적어도 하나를 생성하게 하는 비밀시적 저장 매체.

청구항 16

제15항에 있어서, 상기 복수의 초기 벡터들은 등각의 타이트 프레임 또는 거의 등각의 타이트 프레임 중 하나를 형성하는 행들을 갖는 행렬인 비밀시적 저장 매체.

청구항 17

제15항에 있어서, 상기 복수의 초기 벡터들은 \mathbb{C}^N 에 대해 정규직교 기저를 형성하는 행들 및 열들을 갖는 행렬이고, \mathbb{C} 는 복소수들의 체인 비밀시적 저장 매체.

청구항 18

제15항에 있어서, 상기 복수의 초기 벡터들은 유니타리 행렬인 비밀시적 저장 매체.

청구항 19

제15항에 있어서, 상기 코드 맵은 이산 푸리에 변환의 일반화된 비밀시적 저장 매체.

청구항 20

제15항에 있어서, 상기 프로세서로 하여금 상기 제1 확산 신호를 생성하게 하는 상기 코드는 상기 프로세서로 하여금 상기 제1 기저대역 신호의 심볼들의 세트로부터의 각각의 심볼에 상기 제1 확산 코드 벡터를 곱하게 하는 코드를 포함하는 비밀시적 저장 매체.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 미국 연방 정부 이해관계에 관한 진술

[0002] 이 미합중국 정부는 모든 미합중국 정부의 목적을 위해 실시권을 허가할 권한과 함께 본 발명에서의 비독점적이며, 돌이킬 수 없으며, 로열티 없는 실시권을 보유한다.

[0003] 관련 출원에 대한 상호 참조

[0004] 본 출원은 2016년 11월 14일자로 출원되고 발명의 명칭이 "RELIABLE ORTHOGONAL SPREADING CODES IN WIRELESS COMMUNICATIONS"인 미국 정식 특허 출원 제15/351,428호를 우선권 주장하며, 그 개시내용은 그 전부가 참조로 본 명세서에 포함된다.

[0005] 기술분야

[0006] 이 명세서는 전자 통신들을 위해 무선 신호들을 송신하는 시스템들 및 방법들에 관한 것이고, 특히, 무선 통신들을 위해 사용되는 신뢰성 있는 확산 코드(spreading code)들에 관한 것이다.

배경 기술

[0007] 다중 접근 통신들에서, 다수의 사용자 디바이스들은 신호들을 단일 통신 채널을 통해 수신기로 송신한다. 이들 신호들은 중첩되어, 해당 채널을 통해 전파되는 결합된 신호를 형성한다. 그러면 수신기는 결합된 신호에 대한 분리 동작을 수행하여 결합된 신호로부터 하나 이상의 개개의 신호들을 복원한다. 예를 들어, 각각의 사용자 디바이스는 상이한 사용자에게 속한 셀 폰일 수 있고 수신기는 셀 타워일 수 있다. 상이한 사용자 디바이스들에 의해 송신되는 신호들을 분리함으로써, 상이한 사용자 디바이스들은 간섭 없이 동일한 통신 채널을 공유할 수 있다.

[0008] 송신기가 캐리어 또는 서브캐리어의 상태를 가변함으로써, 이를테면 캐리어의 진폭, 위상 및/또는 주파수를 가변함으로써 상이한 심볼들을 송신할 수 있다. 각각의 심볼은 하나 이상의 비트들을 나타낼 수 있다. 이들 심볼들은 복소 평면에서의 이산 값으로 각각 매핑되어서, 직교 진폭 변조를 생성하거나, 또는 각각의 심볼을 이산 주파수에 배정함으로써, 주파수 시프트 키잉을 생성할 수 있다. 그 심볼들은 그 다음에 심볼 송신 레이트의 적어도 두 배인 나이퀴스트 레이트로 샘플링된다. 결과적인 신호는 디지털-아날로그 변환기를 통해 아날로그로 변환된 다음, 송신을 위한 캐리어 주파수로 변환된다. 상이한 사용자 디바이스들이 통신 채널을 통해 동시에

심볼들을 송신할 때, 그들 심볼들에 의해 표현되는 정현 파들은 중첩되어 수신기에서 수신되는 결합된 신호를 형성한다.

[0009] 다중 접근 신호를 생성하는 기존의 접근법이 직접 시퀀스 확산 스펙트럼(Direct Sequence Spread Spectrum)(DSSS)을 사용하는 것을 수반한다. DSSS에서, 각각의 사용자에게는 0 또는 1에 의한 관습적 표현을 갖는 코드 시퀀스가 제공된다. 이 코드 시퀀스는 그 뒤에 1 및 -1의 값들에 의해 표현되는 바이폴라 시퀀스로 변환된다. 앞에서 언급된 복소 심볼들은 그 다음에 이 바이폴라 시퀀스가 곱해지고, 그 뒤에 나이퀴스트 레이트로 샘플링되어, 아날로그로 변환되고 송신을 위해 캐리어 주파수로 변환된다. 수신기는 그 신호를 복소 기저 대역으로 변환하고 나이퀴스트 레이트로 샘플링할 것이다. 그 수신기는 또한 코드 시퀀스를 제공받아, 바이폴라 시퀀스를 곱한다. 이 경우에, PN 코드가 수신기에 의해 생성될 수 있는 결정론적으로 생성된 의사-랜덤 시퀀스로부터 생성된다. PN 코드의 비트가 칩(chip)으로서 공지되고, 원래 신호를 칩 레이트의 대역폭에 주파수적으로 확산하기 위해서 보통 기저대역 신호의 심볼 레이트의 배수인 칩 레이트로 제공된다. 위에서 설명된 단순한 사례의 경우, 사용자 디바이스가 각각의 칩에서 위상 변이를 각각의 신호에 적용(즉, 그 신호에 -1을 곱)하거나 또는 그렇게 하지 않음(즉, 그 신호에 +1을 곱함)으로써 PN 코드로 각각의 신호를 변조한다. 수신기에 의해 수신된 결합된 신호는 동시에 각각의 사용자 디바이스에 의해 전송되는 확산된 신호들의 중첩물이다.

[0010] DSSS에서, 수신기는 자신이 수신한 결합된 신호를 역확산시키고, 확산된 신호로부터의 심볼 시퀀스와 특정 사용자 디바이스의 PN 코드 사이의 상호 상관을 컴퓨팅함으로써 특정 사용자 디바이스에 의해 전송된 신호들을 복원할 수 있다. 상호 상관의 결과는 (i) 어느 시간에 특정 사용자 디바이스에 의해 전송된 원래의 심볼을 나타내는 큰 양수 또는 음수 또는 (ii) 그 시간에 해당 사용자 디바이스로부터 전송된 심볼이 없음을 나타내는 작은 양수 또는 음수 중 하나이다.

발명의 내용

[0011] 많은 상황에서, 0이 아닌 상호 상관들을 갖는 것은 임의의 특정 사용자 디바이스로부터의 심볼들의 복원을 복잡하게 만든다. 따라서, PN 코드들이, 의사-랜덤 시퀀스로부터 형성되는 것이 아니라, 대신에 직교 기저 세트(orthogonal basis set)를 형성하는 것이 유익할 수 있다. PN 코드들이 이러한 직교 기저 세트를 형성할 때, 얼마간의 시간에서의 상호 상관의 결과는 특정 사용자 디바이스가 그 시간에 심볼을 전송하지 않는 경우 항상 작다. 직교 코드들을 사용함으로써, 수신기는 심볼들을 더 쉽게 복원할 수 있다. 직교 기저 세트를 형성하는 코드들의 일 예가 월시(Walsh) 코드들이다.

[0012] 무선 통신에 대한 위에서 설명된 기존의 접근법이 원칙적으로 간섭 없이 다수의 신호들을 어떻게 송신하는지를 예시하지만, 실제로는 임의적 수의 사용자 디바이스들을 위한 직교 코드 세트를 생성하는 것이 매우 어렵다. 예를 들어, 월시 코드들은 2의 거듭제곱인 수의 사용자 디바이스들에 대해서만 생성될 수 있다. 결과적으로, 혼잡한 환경에서 사용자 디바이스들 간에 간섭을 초래할 동일한 대역폭에서의 상이한 송신된 신호들 사이에는 0이 아닌 상관들이 있을 수 있다.

[0013] 게다가, 심지어 그 코드들이 직교 기저 세트를 형성하더라도, 기존의 접근법에서 상이한 신호들 간에는 0이 아닌 상관들이 여전히 있을 수 있다. 예를 들어, DSSS에서, PN 코드들에 의해 심볼들이 어떻게 확산되는지에 대한 제어가 거의 없다. 많은 사례들에서, 심볼들은 가용 대역폭의 비직교 부분들 속으로 확산될 수 있다. 장애물들에서 반사된 신호들로부터의 간섭에 의해 야기되는 바와 같은 채널 왜곡들은 그 코드들을 비-직교적인 것으로 또한 렌더링할 수 있다. 이 비직교성은 상이한 사용자 디바이스들 사이에 신호 간섭을 초래할 수 있다.

[0014] 직교 코드들이 획득되고 제어되기 어려운 무선 통신들에 대한 위에서 설명된 기존의 접근법과는 대조적으로, 개선된 기법은 확산 대역폭 내의 주파수들에 일치하는 정현파 고조파들(sinusoidal harmonics)의 선형 조합들인 임의의 수의 사용자 디바이스들을 위한 직교 확산 코드들을 생성하는 것을 수반한다. 이와 같이, 신호들을 송신하기 전에, 프로세싱 회로부가 작은 상호 상관들을 갖는 등각의 타이트 프레임을 형성하는 초기 코드 벡터 세트를 생성할 수 있다. 이들 행의 각각으로부터, 프로세싱 회로부는 이산 푸리에 변환의 일반화인 코드 맵을 사용하여 새로운 확산 코드 벡터를 생성한다. 코드 맵과 이산 푸리에 변환 사이의 차이는 정현파 고조파들의 주파수들이 확산 대역폭 내의 특정 주파수들에 일치하도록 선택되고 중심 주파수와는 원래의 비확산(unspread) 대역폭의 배수들만큼 상이하다는 것이다. 상이한 송신기들이 그 다음에 상이한 확산 코드 벡터들로 생성된 각각의 신호들을 변조할 수 있다.

[0015] 유리하게도, 개선된 기법은 동일한 통신 채널 내의 상이한 사용자 디바이스들로부터의 간섭을 방지하기 위해서 임의의 수의 사용자 디바이스들에 대해 직교 확산 코드들을 제공한다. 구체적으로, 개선된 기법들에 따라 도출

된 확산 코드들은 각각의 심볼을 가용 대역폭의 직교 부분들 속으로 확산시킨다. 따라서, 개선된 기법들에 따라 확산된 신호들은 신뢰성 있게 작은 상호 상관들을 가지고 상이한 사용자 디바이스들 간에 간섭을 초래하지 않는다. 작은 상호 상관들은 심지어 채널 왜곡들에도 불구하고 유지될 수 있다.

[0016] 개선된 기법의 하나의 일반적 양태에서, 신호 송신기로부터 신호 수신기로 무선 통신들을 송신하는 방법은 복수의 초기 벡터들 - 복수의 초기 벡터들 중 각각의 초기 벡터가 적어도 N 개 원소들을 가짐 - 을 생성하는 단계를 포함할 수 있다. 그 방법은, 적어도 M 개의 원소들을 갖는 각각의 확산 코드 벡터를 생성하기 위해 복수의 초기 벡터들 중 각각의 초기 벡터에 코드 맵 - M 은 N 이상이며, 각각의 확산 코드 벡터는 해당 초기 벡터에 기초하며, 코드 맵은 복수의 초기 벡터들 중 제1 초기 벡터에 기초한 제1 확산 코드 벡터 및 복수의 초기 벡터들 중 제2 초기 벡터에 기초한 제2 확산 코드 벡터의 내적(inner product)이 (i) 제1 초기 벡터 및 제2 초기 벡터의 내적과 (ii) 양의 상수의 곱과 동일하도록 정의됨 - 을 적용하는 단계를 또한 포함할 수 있다. 그 방법은 제1 확산된 신호를 생성하기 위해 제1 확산 코드 벡터로 제1 신호 그리고 제2 확산된 신호를 생성하기 위해 제2 확산 코드 벡터로 제2 신호에 대해 확산 동작 - 제1 확산된 신호 및 제2 확산된 신호의 각각은 적어도 M 개 원소들을 가짐 - 을 수행하는 단계를 더 포함할 수 있다. 그 방법은 신호 수신기에서 제1 신호 및 제2 신호를 생성하기 위해, 제1 확산 코드 벡터 및 제2 확산 코드 벡터로 결합된 확산된 신호에 대한 역확산 동작을 수행하도록 구성되는 신호 수신기에서 수신되는 결합된 확산된 신호가 되게 제1 및 제2 확산된 신호들을 결합하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0017] 하나 이상의 구현예들의 세부사항들은 첨부 도면들 및 다음의 설명에서 언급된다. 다른 특징들이 상세한 설명과 도면들로부터, 그리고 청구항들로부터 명확하게 될 것이다.

도면의 간단한 설명

[0018] 도 1은 본 명세서에서 설명되는 개선된 기법들이 수행될 수 있는 전자 환경 내의 예시적인 전자 통신 시스템을 도시하는 블록도이다.

도 2는 본 명세서에서 설명되는 개선된 기법들에 따라 무선 통신들을 송신하는 예시적인 방법을 도시하는 흐름도이다.

도 3은 개선된 기법들에 따라 신호 송신기에서 확산된 신호들을 생성하고 송신하는 예시적인 프로세스를 도시하는 흐름도이다.

도 4는 개선된 기법들에 따라 신호 수신기에서 신호들을 복원하는 예시적인 프로세스를 도시하는 흐름도이다.

도 5는 개선된 기법들에 따라 신호 송신기 및 신호 수신기에서 채널 왜곡을 정정하는 예시적인 프로세스를 도시하는 흐름도이다.

도 6은 본 명세서에서 설명되는 개선된 기법들의 다른 실시예에 따른 예시적인 전자 통신 시스템의 블록도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 개선된 기법이 확산 대역폭 내의 주파수들에 일치하는 정현파 고조파들의 선형 조합들인, 임의의 수의 사용자 디바이스들을 위한 직교 확산 코드들을 생성하는 것을 수반한다. 이와 같이, 신호들을 송신하기 전에, 프로세싱 회로부가 작은 상호 상관들을 갖는 등각의 타이트 프레임을 형성하는 초기 코드 벡터 세트를 생성할 수 있다. 이들 행의 각각으로부터, 프로세싱 회로부는 이산 푸리에 변환의 일반화된 코드 맵을 사용하여 새로운 확산 코드 벡터를 생성한다. 코드 맵과 이산 푸리에 변환 사이의 차이는 정현파 고조파들의 주파수들이 확산 대역폭 내의 특정 주파수들에 일치하도록 선택되고 중심 주파수와는 원래의 비확산 대역폭의 배수들만큼 상이하다는 것이다. 상이한 송신기들이 그 다음에 상이한 확산 코드 벡터들로 생성된 각각의 신호들을 변조할 수 있다.

[0020] 예를 들어, N 개 송신기들이 신호 수신기와 통신하는 환경을 고려한다. 신호 송신기의 프로세싱 회로부는 길이 N 의 K 개 초기 코드 벡터들, 또는 $K \times N$ 행렬을 생성할 수 있다. $K=N$ 일 때, 행렬은 유니터리(즉, 행렬의 역이 그 행렬의 전치(transpose)의 복소 켤레)이고, 유니터리 행렬의 행들은 \mathbb{C}^N 에 대해 정규직교 기저 세트를 형성하며, 여기서 \mathbb{C} 는 복소수들의 체(field)이다. 그렇지 않고, $K>N$ 일 때, 행렬의 행들은 내적들이 윌치 경계(Welch bound)에 의해 경계 지어지는 거의 등각의 타이트 프레임을 형성한다.

[0021] 이런 맥락에서, 위에서 설명된 코드 맵은 다음과 같이 초기 코드 벡터들의 $M > N$ 에 대한 함수 $\bar{c}: \mathbb{C}^N \rightarrow \mathbb{C}^M$ 일 수 있으며(즉, 이는 길이 N 의 벡터를 길이 M 의 벡터에 매핑하며):

$$[\bar{c}(\bar{v})]_m = \sum_{n=1}^N v_n \exp \left[-i2\pi\kappa_n \left(\frac{m}{M} - \frac{1}{2} \right) \right]$$

[0022] 여기서 \bar{v} 는 유니터리 행렬의 행이며, $m \in \{0, 1, \dots, M-1\}$ 이고, κ_n 은 원래의 대역폭의 배수에 해당하는 주파수이다. 따라서, 초기 코드 벡터들을 나타내는 $K \times N$ 행렬의 각각의 행은, 각각이 길이 M 인 K 개 확산 코드 벡터들의 세트이다. 코드 맵 \bar{c} 는 두 개의 벡터들 \bar{v} 및 \bar{w} 에 대해 상수까지의 내적들, 즉, $\bar{c}(\bar{v})^* \cdot \bar{c}(\bar{w}) = M \bar{v}^* \cdot \bar{w}$ 을 보존한다. 따라서, 초기 코드 벡터들이 \mathbb{C}^N 에 대해 정규직교 기저 세트(orthonormal basis set)를 형성할 때, 코드 맵은 \mathbb{C}^M 에 대해 직교 기저를 형성하는 확산 코드 세트를 생성한다.

[0023] 게다가, κ_n 은 가용 확산 스펙트럼의 다양한 주파수 대역들에 대응할 수 있다는 것이 이해되어야 한다. 따라서, 코드 맵은 원래의 디지털 기저대역 신호를 가용 주파수 대역들에 걸쳐 확산시킴으로써 그것을 "침화"할 수 있다. 열들 뿐만 아니라 행들이 \mathbb{C}^N 에 대해 정규직교 기저를 형성하는 유니터리 행렬로부터 확산 심볼들이 구성되기 때문에, 각각의 주파수 대역 내의 확산 심볼들은 그것들의 직교성을 유지한다. 따라서, 수신기에서 비-제로 상관들을 초래할 수 있는 대역내 신호 간섭이 없다.

[0025] 도 1은 무선 통신들을 송신하는 개선된 기법들이 수행되는 예시적인 시스템(100)을 도시하는 도면이다. 시스템(100)은 신호 송신기(120)와 신호 수신기(130)를 포함한다. 그러나, 환경 내에서 그려지지 않은 다른 신호 송신기들이 있을 수 있다는 것이 이해되어야 한다.

[0026] 신호 송신기(120)는 신호 수신기(150)로의 송신을 위한 신호들을 준비하고 준비된 신호들을 신호 수신기(150)로 송신하도록 구성된다. 신호 송신기(120)는 프로세싱 회로부 유닛들(124), 메모리(126), 및 송신 회로부 유닛(128)을 포함한다. 프로세싱 유닛들(124)의 세트는 하나 이상의 프로세싱 칩들 및/또는 어셈블리들을 포함한다. 메모리(126)는 하나 이상의 ROM들, 디스크 드라이브들, 고체 상태 드라이브들 등과 같은 휘발성 메모리(예컨대, RAM) 및 비휘발성 메모리 둘 다를 포함한다. 프로세싱 유닛들(124)의 세트와 메모리(126)는 함께 제어 회로부를 형성하는데, 그 제어 회로부는 본 명세서에서 설명되는 바와 같은 다양한 방법 및 기능들을 수행하도록 구성되고 배열된다. 송신 회로부(128)는 무선 주파수 에너지 형태의 신호들을 수신기에 송신하도록 구성된다.

[0027] 일부 실시예들에서, 신호 송신기(120)의 컴포넌트들 중 하나 이상이 메모리(126)에 저장된 명령어들을 프로세싱하도록 구성되는 프로세서들(예컨대, 프로세싱 유닛들(124))일 수 있거나, 또는 그러한 프로세서들을 포함할 수 있다. 도 1에 묘사된 바와 같은 이러한 명령어들의 예들은 초기 벡터 생성 관리자(130), 코드 맵 애플리케이션 관리자(134), 확산 동작 관리자(142), 및 동기 신호 생성 관리자(146)를 포함한다. 게다가, 도 1에 예시된 바와 같이, 메모리(126)는 이러한 데이터를 사용하는 각각의 관리자들에 관해 설명되는 다양한 데이터를 저장하도록 구성된다.

[0028] 초기 벡터 생성 관리자(130)는 확산 코드 벡터들(138)이 도출될 수 있는 초기 벡터들(132)의 세트를 생성하도록 구성된다. 일 예로서, 일부 구현예들에서 초기 벡터들(132)은 $K \times N$ 개 행렬의 행들이다. 이 경우에, 초기 벡터 생성 관리자(130)는 신호가 변조될 수 있는 가용 이산 주파수들의 수를 나타내는 정수 N 의 명세사항에 기초하여 이러한 행렬을 생성하도록 구성된다. 이것들은 예상되는 멀티경로 지연 프로파일을 나타내는 채널의 가간섭성 대역폭에 의해 결정될 수 있다.

[0029] 초기 벡터들(132)이 신호들이 확산될 수 있게 하는 거의 직교 또는 직교 코드 세트를 제공하지만, 초기 벡터들(132)은 이들 신호들을 변조하는데 직접적으로 사용되지 않는다는 것이 이해되어야 한다. 그 이유는 초기 벡터들(132)이 확산 스펙트럼의 각각의 주파수 대역 내에서 직교성을 보존하지 않는다는 것이다. 따라서, 초기 벡터들(132)로부터 생성된 결합된 신호가 신호 송신들 사이의 시간 지연들에 직면하여 신호 수신기(150)에서 직교성을 보존하지 못할 수 있다.

[0030] 이와 같이, 코드 맵 애플리케이션 관리자(134)는 K 개 초기 벡터들(132)로부터 K 개 확산 코드 벡터들(138)을 생성하도록 구성된다. 위에서 언급된 바와 같이, 확산 코드 벡터들(138)의 각각은 길이 $M > N$ 을 가지고 코드 맵은 맵 $\bar{c}: \mathbb{C}^N \rightarrow \mathbb{C}^M$ 이다. 다시, 코드 맵은 다음과 같으며

$$[\bar{c}(\bar{v})]_m = \sum_{n=1}^N v_n \exp \left[-i2\pi\kappa_n \left(\frac{m}{M} - \frac{1}{2} \right) \right] \quad (1)$$

[0032] 여기서 $m \in \{0, 1, \dots, M-1\}$, $\bar{v} \in \mathbb{C}^N$ 이다. 채널 인덱스들(136) κ_n 및 κ_n 은 원래의 대역폭의 배수에 해당하는 주파수들을 나타내며, 즉, 통신 채널이 대역폭 B 를 가지면, 주파수 구획(frequency partition)이 $\kappa_n B$ 에 중심을 둘 것이다. 하나의 구현예에서, $\kappa_n = n$ 이다. 다른 구현예에서, $\kappa_n = n - \lfloor \frac{N}{2} \rfloor$ 이다. 따라서, 초기 코드 벡터들을 나타내는 $K \times N$ 행렬의 각각의 행은, 각각이 길이 M 인 K 개 확산 코드 벡터들의 세트이다.

[0033] 게다가, κ_n 은 가용 확산 스펙트럼의 다양한 주파수 대역들에 대응할 수 있다는 것이 이해되어야 한다. 따라서, 코드 맵 \bar{c} 는 특정 칩 내의 각각의 확산 심볼을 자신 소유의 주파수 대역에 또한 매핑한다. 열들 뿐만 아니라 행들이 \mathbb{C}^N 에 대해 정규직교 기저를 형성하는 유니터리 행렬로부터 확산 심볼들이 구성되기 때문에, 각각의 주파수 대역 내의 확산 심볼들은 그것들의 근사 직교성(near-orthogonality) 또는 직교성을 유지한다. 따라서, 수신기에서 비-제로 상관들을 초래할 수 있는 대역내 신호 간섭이 없다.

[0034] 일부 추가의 구현예들에서, M 의 값은 채널 인덱스들(136)로부터 결정될 수 있다. 이와 같이, M 의 하부 경계는 표현식 $2 \max_n |\kappa_n|$ 에 의해 주어진다. 이런 식으로 준거(criterion) $M > N$ 이 충족된다.

[0035] 위에서 정의된 바와 같은 코드 맵 \bar{c} 는 다음의 결과를 충족시킨다. $\bar{v} \in \mathbb{C}^N$ 이고 $\bar{w} \in \mathbb{C}^N$ 이라 하자. 그러면 이 내적 연산이면,

$$\bar{c}(\bar{v})^* \cdot \bar{c}(\bar{w}) = M \bar{v}^* \cdot \bar{w} \quad (2)$$

[0037] 수학식 (2)는 수학식 (1)에서의 코드 맵 \bar{c} 의 위에서 설명된 정의로부터 직접적으로 도출될 수 있다.

[0038] 따라서, 위에서 언급된 바와 같이, 코드 맵 \bar{c} 는 상수 내에서 내적들을 보존한다. 구체적으로는, 초기 코드 벡터들 \bar{v} 및 \bar{w} 이 직교할 때, 결과적인 확산 코드 벡터들 $\bar{c}(\bar{v})$ 및 $\bar{c}(\bar{w})$ 또한 직교한다. 본 명세서에서 내적은 유클리드 메트릭에 관해 표준 내적(standard dot product)인 것으로 받아들일 수 있다는 것에 주의해야 한다. 그러나, 일반적으로 말해서, 이는 그럴 필요는 없다.

[0039] 이런 식으로 초기 코드 벡터들(132)이 $K \times N$ 개 행렬 A 의 행들로부터 취해질 경우, 확산 코드 벡터들(138)은 $\bar{c}(\bar{A}_k)$ 에 의해 주어지며, 여기서 $k \in \{1, 2, \dots, K\}$ 이고 \bar{A}_k 는 A 의 k 번째 행이다. 일부 구현예들에서, 초기 코드 벡터들(132)은 A 의 열들로부터 취해질 수 있다는 것에 주의해야 한다.

[0040] 확산 동작 관리자(142)는 확산 코드 벡터들(138)로 원래의, 비인코딩된 통신 신호들(140)로부터 확산된 신호들(144)을 생성하도록 구성된다. 신호(140)가 신호 수신기(150)에서 복원될 임의의 수의 심볼들을 포함할 수 있다는 것에 주의한다. 예를 들어, 확산된 신호들(144)은 다음과 같이 신호들(140) 및 확산 코드 벡터들(138)로부터 생성될 수 있으며:

$$\bar{s}' = \sum_{k=1}^K \bar{c}(\bar{A}_k) s_k \quad (3)$$

[0042] 여기서 \bar{s}' 은 확산된 신호(144)이고 s_k 는 신호(140)의 디지털 복소 기저대역 심볼이다. 물리적으로, 심볼들의

각각은 FSK에서의 +1 또는 -1의 값 (또는 QAM에서의 복소 콘스텔레이션 값)을 취하고 확산 코드 벡터들(138)에 의해 변조될 정현파를 나타낼 수 있다는 것에 주의한다. 송신 회로부(128)에 의해 신호 수신기(150)로 송신되는 것은 확산된 신호들(144)이다.

[0043] 일부 구현예들에서, 확산된 신호들(144)은 신호 송신기(120) 및 신호 수신기(150)로부터의 송신 동안 채널 왜곡을 경험한다. 채널 왜곡의 일 예가, 예컨대 장애물들로부터의 신호 반사들로 인한, 확산 스펙트럼의 채널들 사이에 전력 불균형이다. 원래 신호들이 신호 수신기(150)에서 복원될 수 있도록 채널 왜곡을 식별하기 위하여, 동기 신호 생성 관리자(146)는 동기 신호들(148)을 생성하고 그 동기 신호들(148)을 신호 수신기(150)에 전송하도록 구성된다.

[0044] 동기 신호들(148)은 채널 왜곡 계수들을 유추하는데 사용되는 훈련 심볼들이다. 신호 수신기(150)는 확산 스펙트럼 채널들을 통해 동기 신호들(148)에 의해 경험된 왜곡과 원래의 동기 신호들(148)을 비교함으로써 이들 계수들을 유추할 수 있다. 어느 경우에도, 신호 수신기(150)는 국부적으로 저장된 동기 신호들(148)의 사본을 가진다. 일부 배열들에서, 동기 신호 생성 관리자(146)는 확산된 신호가 역확산될 때 채널 왜곡을 보상하기 위하여 동기 신호(148)를 확산된 신호(144)에 접두시킨다.

[0045] 신호 수신기(150)는 신호 송신기(120)로부터 신호들을 수신하도록 그리고 수신된 신호들에 대해 동작들을 수행하여 원래 신호들(140)을 복원하도록 구성된다. 신호 수신기(150)는 프로세싱 회로부(154), 메모리(156), 및 수신 회로부(158)를 포함한다. 프로세싱 유닛들(154)의 세트는 하나 이상의 프로세싱 칩들 및/또는 어셈블리들을 포함한다. 메모리(156)는 하나 이상의 ROM들, 디스크 드라이브들, 고체 상태 드라이브들 등과 같은 휘발성 메모리(예컨대, RAM) 및 비휘발성 메모리 둘 다를 포함한다. 프로세싱 유닛들(154)의 세트와 메모리(156)는 함께 제어 회로부를 형성하는데, 그 제어 회로부는 본 명세서에서 설명되는 바와 같은 다양한 방법들 및 기능들을 수행하도록 구성되고 배열된다. 수신 회로부(158)는 신호 송신기(120)로부터 무선 주파수 에너지의 형태로 변조된 신호들을 수신하도록 구성된다.

[0046] 일부 실시예들에서, 신호 수신기(150)의 컴포넌트들 중 하나 이상이 메모리(156)에 저장된 명령어들을 프로세싱하도록 구성되는 프로세서들(예컨대, 프로세싱 유닛들(154))일 수 있거나, 또는 그러한 프로세서들을 포함할 수 있다. 도 1에 묘사된 바와 같은 이러한 명령어들의 예들은 역확산 동작 관리자(164), 동기 신호 식별 관리자(168), 및 왜곡 언래핑 관리자(172)를 포함한다. 게다가, 도 1에 예시된 바와 같이, 메모리(156)는 이러한 데이터를 사용하는 각각의 관리자들에 관해 설명되는 다양한 데이터를 저장하도록 구성된다.

[0047] 역확산 동작 관리자(164)는 신호들(166)을 생성하기 위해 확산 코드 벡터들(162)로 수신된 결합된 신호들(160)에 대한 역확산 동작들을 수행하도록 구성된다. 임의의 채널 왜곡 없이, 결합된 신호들(160)은 단순히 스트림으로 그리고 전부가 신호 송신기(120)로부터 전송된 확산된 신호들(144)인 반면, 확산 코드 벡터들(162)은 확산 코드 벡터들(138)과 동등하다는 것이 이해되어야 한다. 이 경우에, 역확산 동작 관리자(164)는 신호들(140)의 원래의 심볼들을 복원하기 위해 결합된 신호들(160)과 확산 코드 벡터들(162)의 내적들을 생성한다. 확산 코드들이 각각의 주파수 대역 내에서 직교성을 보존하였기 때문에, 신호들(140)의 원래의 심볼들은 심지어 상이한 송신기들 사이의 사소한 지연들에도 불구하고 신뢰성 있게 복원될 수 있다.

[0048] 일부 구현예들에서, 멀티경로 간섭에 의해 야기된 채널 왜곡의 효과들은 상쇄될 수 있다. 이는 이산 주파수 성분들 K_n 의 간격이 채널 가간섭성 대역폭 미만이도록 하는 그 간격의 설계를 통해 완수될 수 있다. 채널 가간섭성 대역폭은 통상적으로 채널의 제곱 평균 제곱근(Root Mean Square)(RMS) 지연 확산의 역수이며, 지연 확산은 멀티경로 지연들의 시간에서의 분배이다.

[0049] 덧붙여서, 신호 송신기(120)는 각각의 확산 벡터(138)를 접두시킨다(prepend). 예를 들어, 신호 송신기(120)가 각각의 확산 코드 벡터(138)에 수 L 의 그것의 최종 성분들을 주기적 전치부호로서 접두시킬 때, 채널 왜곡은 이산 주파수 값 당 단일 왜곡 계수 h_n 으로서 모델링될 수 있으며, 다시 $n \in \{1, 2, \dots, N\}$ 이고 h_n 은 왜곡 벡터 \bar{h} 의 성분이다. 이 채널 왜곡의 효과는 확산된 신호(144)의 심볼들을 그들 심볼들의 주파수 대역에 기초하여 상이하게 수정하는 것이다. 예를 들어, 초기 벡터들(132)은 $K \times N$ 개 행렬 A 의 행들이다. 그러면, 채널 왜곡 값이 주파수 대역의 함수이기 때문에, 채널 왜곡의 효과는 A 의 각각의 열과 각각의 왜곡 계수를 곱함으로써 모델링될 수 있다. 이 수학적 연산은, 예를 들어, 장애물들로부터의 반사들로부터 초래되는 각각의 송신기로부터의 에너지의 불균형을 모델링할 수 있다.

[0050] A 의 n 번째 열이 특정 주파수 대역을 나타내면, 채널 왜곡은 A 의 n 번째 열과 h_n 을 곱함으로써 모델링된다. 이 연산은 A 의 행(즉, \bar{A}_k)과 왜곡 벡터 \bar{h} 의 아다마르(Hadamard) 곱 $\bar{A}_k \circ \bar{h}$ 로서 표현된다. 역확산 동작 관리자(164)는 확산 코드 벡터들(162)을 조정하는 일 없이는 원래 신호들(140)을 복원할 수 없을 것이다. 이 조정은 신호 송신기(120)에 의해 전송된 동기 신호들(148)을 사용하여 수행될 수 있다.

[0051] 동기 신호 식별 관리자(168)는 결합된 신호들(160) 내에서 동기 신호들(170)을 식별하도록 구성된다. 이 식별은 유한 임펄스 응답(finite impulse response)(FIR) 필터를 결합된 확산된 신호(160)의 성분들에 적용함으로써 완수될 수 있다. 이 FIR 필터는 슬라이딩 내적이 시간적으로 신호에 대해 가변하는, 확산 코드 벡터들(162)과의 슬라이딩 내적의 형태를 통상적으로 취한다. 따라서, FIR 필터는 결합된 신호들(160)로부터 동기 신호들(148)을 식별하는 상호 상관들을 제공한다.

[0052] 왜곡 언래핑 관리자(172)는 \bar{b}' 으로서 표시된 동기 신호들(170)에 기초하여 왜곡 계수들(174) h_n 의 값을 결정하도록 구성된다. 동기 신호 \bar{b}' 은 다음과 같이 \bar{b} 로서 표시된 비왜곡된 동기 신호(148)의 측면에서 표현될 수 있다는 것이 이해된다:

[0053]
$$\bar{b}' = \sum_{k=1}^K b_k \bar{c}(\bar{A}_k \circ \bar{h}) \quad (4)$$

[0054] 초기 벡터들(132)이 $K \times N$ 개 행렬 A 인 경우, 왜곡 계수들은 다음의 값을 취하는 것으로 보일 수 있으며

[0055]
$$h_n = \frac{\bar{c}(\bar{e}_n)^* \cdot \bar{b}'}{M \sum_{k=1}^K b_k A_{kn}} \quad (5)$$

[0056] 여기서 \bar{e}_n 은 n 번째 좌표 축을 단위 벡터(예컨대, $\bar{e}_1=(1,0,\dots,0)$, $\bar{e}_2=(0,1,0,\dots,0)$, 등)이고 A_{kn} 은 행렬 A 의 원소이다.

[0057] 왜곡 언래핑 관리자(172)는 역확산 동작 관리자(164)가 결합된 신호(160)로부터 원래 신호들(166)을 복원할 수 있기 위하여 확산 코드 벡터들(162)의 값들을 조정하도록 또한 구성된다. 복원은 다음과 같이 수행된다. 다음 이라고 하자

[0058]
$$\bar{h}' = \left(\frac{1}{h_1^*}, \frac{1}{h_2^*}, \dots, \frac{1}{h_N^*} \right) \quad (6)$$

[0059] 그러면 원래 신호(140) \bar{s} 의 n 번째 성분은 왜곡된 신호 \bar{s}' 으로부터 다음과 같이 도출된다:

[0060]
$$s_n = \frac{1}{M} \bar{c}(\bar{A}_n \circ \bar{h}')^* \cdot \bar{s}' \quad (7)$$

[0061] 동기 식별 관리자(168)는 왜곡 언래핑을 갖는 단일 동작에서의 동기 신호들의 식별, 뿐만 아니라 결합된 신호(160)로부터의 L 개의 주기적 전치부호들의 임의의 제거를 수행할 수 있다는 것이 이해되어야 한다. 이는 이러한 동작들이 별도의 단계들로서 수행되는 기존의 기법들과는 대조적이다.

[0062] 신호 수신기(150)는 초기 벡터들(132) 및 채널 인덱스들(136)을 또한 저장할 수 있다는 것이 또한 이해되어야 한다. 이 데이터는 수학적 (5), (6), 및 (7)에서의 양들을 계산하는데 사용될 수 있다.

[0063] 일부 구현예들에서, 메모리(126 및 156)는 랜덤-액세스 메모리, 디스크 드라이브 메모리, 플래시 메모리 등과 같은 임의의 유형의 메모리일 수 있다. 일부 구현예들에서, 메모리(126 및 156)는 신호 송신기(120) 및 신호 수신기(150)의 컴포넌트들에 연관되는 하나를 초과하는 메모리 컴포넌트(예컨대, 하나를 초과하는 RAM 컴포넌트 또는 디스크 드라이브 메모리)로서 구현될 수 있다. 일부 구현예들에서, 메모리(126)는 데이터베이스 메모리일 수 있다. 일부 구현예들에서, 메모리(126 및 156)는 비-국부 메모리일 수 있거나, 또는 비-국부 메모리를 포함할 수 있다. 예를 들어, 메모리(126)는 다수의 디바이스들(도시되지 않음)에 의해 공유되는 메모리일 수 있거나, 또는 그러한 메모리를 포함할 수 있다. 일부 구현예들에서, 메모리(126 및 156)는 네트워크 내의 서버 디바이스(도시되지 않음)에 연관될 그리고 신호 송신기(120) 및 신호 수신기(150)의 컴포넌트들을 서빙하도록 구

성될 수 있다.

- [0064] 신호 송신기(120) 및 신호 수신기(150)의 컴포넌트들(예컨대, 모듈들, 프로세싱 유닛들(124 및 154))은 하나 이상의 유형들의 하드웨어, 소프트웨어, 펌웨어, 운영 체제들, 런타임 라이브러리들 등을 포함할 수 있는 하나 이상의 플랫폼들(예컨대, 하나 이상의 유사한 또는 상이한 플랫폼들)에 기초하여 동작하도록 구성될 수 있다. 일부 구현예들에서, 신호 송신기(120) 및 신호 수신기(150)의 컴포넌트들은 디바이스들의 클러스터(예컨대, 서버 팜) 내에서 동작하도록 구성될 수 있다. 이러한 구현예에서, 신호 송신기(120) 및 신호 수신기(150)의 컴포넌트들의 기능 및 프로세싱은 디바이스들의 클러스터의 여러 디바이스들에 분산될 수 있다.
- [0065] 신호 송신기(120) 및 신호 수신기(150)의 컴포넌트들은 속성들을 프로세싱하도록 구성되는 임의의 유형의 하드웨어 및/또는 소프트웨어일 수 있거나, 또는 그러한 하드웨어 및/또는 소프트웨어를 포함할 수 있다. 일부 구현예들에서, 도 1에서의 신호 송신기(120) 및 신호 수신기(150)의 컴포넌트들에서 도시된 컴포넌트들의 하나 이상의 부분들은 하드웨어 기반 모듈(예컨대, 디지털 신호 프로세서(digital signal processor)(DSP), 필드 프로그램가능 게이트 어레이(field programmable gate array)(FPGA), 메모리), 펌웨어 모듈, 및/또는 소프트웨어 기반 모듈(예컨대, 컴퓨터 코드의 모듈, 컴퓨터에서 실행될 수 있는 컴퓨터 판독가능 명령어들의 세트)일 수 있거나, 또는 그러한 것을 포함할 수 있다. 예를 들어, 일부 구현예들에서, 신호 송신기(120) 및 신호 수신기(150)의 컴포넌트들의 하나 이상의 부분들은 적어도 하나의 프로세서(도시되지 않음)에 의한 실행을 위해 구성되는 소프트웨어 모듈일 수 있거나, 그러한 소프트웨어 모듈을 포함할 수 있다. 일부 구현예들에서, 컴포넌트들의 기능은 도 1에 도시된 것들과는 상이한 모듈들 및/또는 상이한 컴포넌트들에 포함될 수 있다.
- [0066] 비록 도시되지 않았지만, 일부 구현예들에서, 신호 송신기(120) 및 신호 수신기(150)의 컴포넌트들(또는 그 부분들)은, 예를 들어, 데이터 센터(예컨대, 클라우드 컴퓨팅 환경), 컴퓨터 시스템, 하나 이상의 서버/호스트 디바이스들 등 내에서 동작하도록 구성될 수 있다. 일부 구현예들에서, 신호 송신기(120) 및 신호 수신기(150)의 컴포넌트들(또는 그 부분들)은 네트워크 내에서 동작하도록 구성될 수 있다. 따라서, 신호 송신기(120) 및 신호 수신기(150)의 컴포넌트들(또는 그 부분들)은 하나 이상의 디바이스들 및/또는 하나 이상의 서버 디바이스들을 포함할 수 있는 다양한 유형들의 네트워크 환경들 내에서 기능을 하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 네트워크는 로컬 영역 네트워크(local area network)(LAN), 광역 네트워크(wide area network)(WAN) 등일 수 있거나, 또는 그러한 네트워크를 포함할 수 있다. 네트워크는 무선 네트워크 및/또는, 예를 들어, 게이트웨이 디바이스들, 브리지들, 스위치들 등을 사용하여 구현된 무선 네트워크일 수 있거나, 또는 그러한 네트워크를 포함할 수 있다. 네트워크는 하나 이상의 세그먼트들을 포함할 수 있으며 그리고/또는 인터넷 프로토콜(Internet Protocol)(IP) 및/또는 독점 프로토콜과 같은 다양한 프로토콜들에 기초한 부분들을 가질 수 있다. 네트워크는 인터넷의 적어도 부분을 포함할 수 있다.
- [0067] 일부 실시예들에서, 신호 송신기(120)의 컴포넌트들의 하나 이상이 메모리에 저장된 명령어들을 프로세싱하도록 구성되는 프로세서들일 수 있거나, 또는 그러한 프로세서들을 포함할 수 있다. 예를 들어, 초기 벡터 생성 관리자(130) (및/또는 그 부분), 코드 맵 애플리케이션 관리자(134) (및/또는 그 부분), 확산 동작 관리자(142) (및/또는 그 부분), 동기 신호 생성 관리자(146) (및/또는 그 부분), 역확산 동작 관리자(164) (및/또는 그 부분), 동기 신호 식별 관리자(168) (및/또는 그 부분), 그리고 왜곡 언래핑 관리자(172) (및/또는 그 부분)는 하나 이상의 기능들을 구현하는 프로세스에 관련된 명령어들을 실행하도록 구성되는 프로세서 및 메모리의 조합일 수 있다.
- [0068] 심지어 위의 예가 위에서 설명된 개선된 기법들을 구현했던 신호 송신기(120)를 포함하였다고 하더라도, 다른 구현예들에서 이들 기법들은 전자 환경(100) 내의 신호 송신기들 중 임의의 것 외부의 컴퓨터 상에서 수행될 수 있다.
- [0069] 도 2는 무선 통신들을 송신하는 예시적인 방법(200)을 도시하는 흐름도이다. 방법(200)은 신호 송신기(120) 및 신호 수신기(150)의 메모리(126 및 156)에 상주하고 프로세싱 유닛들(124 및 154)의 세트에 의해 실행되는 도 1에 관련하여 설명된 소프트웨어 구성들에 의해 수행될 수 있다.
- [0070] 202에서, 신호 송신기(120)는 복수의 초기 벡터들을 생성한다. 복수의 초기 벡터들의 각각은 N 개 원소들을 가진다.
- [0071] 204에서, 신호 송신기(120)는 M 개 원소들을 갖는 각각의 확산 코드 벡터를 생성하기 위해 복수의 초기 벡터들의 각각에 코드 맵을 적용하며, M 은 N 보다 크다. 각각의 확산 코드 벡터는 해당 초기 벡터에 기초한다. 코드 맵은 복수의 초기 벡터들 중 제1 초기 벡터에 기초한 제1 확산 코드 벡터와 복수의 초기 벡터들 중 제2 초기 벡

터에 기초한 제2 확산 코드 벡터의 내적이 (i) 제1 초기 벡터 및 제2 초기 벡터의 내적과 (ii) 양의 상수의 곱과 동일하도록 정의된다.

- [0072] 206에서, 신호 송신기는 제1 확산된 신호를 생성하기 위해 제1 확산 코드 벡터로 제1 신호 그리고 제2 확산된 신호를 생성하기 위해 제2 확산 코드 벡터로 제2 신호에 대해 확산 동작을 수행한다. 제1 확산된 신호 및 제2 확산된 신호의 각각은 M 개 원소들을 가지고, 제1 확산 코드 벡터 및 제2 확산 코드 벡터로 결합된 확산된 신호에 대한 역확산 동작을 수행하도록 구성되는 신호 수신기에서 결합된 확산된 신호로서 함께 수신될 때, 신호 수신기에서 제1 신호 및 제2 신호를 생성한다.
- [0073] 도 3은 신호 송신기(120)에서 확산된 신호들을 생성하고 송신하는 예시적인 프로세스(300)를 도시한다. 프로세스(300)는 신호 송신기(120)의 메모리(126)에 상주하고 프로세싱 유닛들(124)의 세트에 의해 실행되는, 도 1에 관련하여 설명된 소프트웨어 구성들에 의해 수행될 수 있다.
- [0074] 302에서, 신호 송신기(120)는 $K \times N$ 개 행렬 A 를 생성한다. 이전에 논의된 바와 같이, 이러한 행렬의 행들은 거의 등각의 타이트 프레임을 형성할 수 있다.
- [0075] 304에서, 신호 송신기(120)는 채널 인덱스들 K_n 을 생성한다. 채널 인덱스들 K_n 은 신호 송신기(120)에서 액세스되거나 또는 다중화되는 신호들의 다수의 대역폭을 나타낸다. 일 예에서, 채널 인덱스들 K_n 은 순차적 정수들이다.
- [0076] 306에서, 신호 송신기(120)는 M 을 채널 인덱스들 중 최대에 기초한 확산 인자로서 컴퓨팅한다. M 의 값이 더 클수록, 확산된 신호들을 조작하는데 더 많은 컴퓨테이션이 필요하여서, 이상적으로는 M 은 값이 그것의 하부 경계에 가까울 수 있다.
- [0077] 308에서, 신호 송신기(120)는 M 의 값, 채널 인덱스들, 및 $K \times N$ 개 행렬 A 에 기초하여 수학식 (1)에 따라 확산 코드 벡터들(310)을 생성한다.
- [0078] 312에서, 신호 송신기(120)는 확산 코드 벡터들(310)을 신호 수신기로 송신한다.
- [0079] 320에서, 신호 송신기(120)는 신호 수신기(150)로 송신될 신호들의 스트림에 액세스한다. 예를 들어, 신호 송신기(120)는 셀룰러 폰에 포함될 수 있고 액세스되는 신호들은 디지털화된 음성 신호들이다. 각각의 신호는, 이진 위상 시프트 키들(binary phase-shift keys)(BPSK) 또는 QAM 콘스텔레이션에서의 경우에서처럼, 단일 심볼, 예컨대, 비트 또는 비트 문자열로서 간단히 표현될 수 있다.
- [0080] 330에서, 신호 송신기(120)는 확산 코드 벡터들(310)을 사용하여 신호들의 스트림으로부터 확산된 신호를 생성한다. 이 생성은 수학식 (3)에 따라 수행되고 길이 M 의 확산된 신호를 초래한다.
- [0081] 340에서, 신호 송신기(120)는 확산된 신호(또는 다수의 확산된 신호들)를 신호 수신기(150)에 송신한다.
- [0082] 도 4는 신호 수신기(150)에서 신호들을 복원하는 예시적인 프로세스(400)를 도시한다. 프로세스(400)는 신호 수신기(150)의 메모리(156)에 상주하고 프로세싱 유닛들(154)의 세트에 의해 실행되는, 도 1에 관련하여 설명된 소프트웨어 구성들에 의해 수행될 수 있다.
- [0083] 402에서, 신호 수신기(150)는 신호 송신기(120)로부터의 확산된 신호들을 결합된 확산된 신호(410)로서 수신한다.
- [0084] 420에서, 신호 수신기(150)는 확산 코드 벡터들(410)을 사용하여 결합된 확산된 신호(410)에 대한 역확산 동작을 수행하여 원래 신호들(430)을 복원한다. 역확산 동작은 FIR 필터로서, 구체적으로는 확산 코드 벡터(410)와 확산된 신호(410)의 시프트들의 내적을 컴퓨팅함으로써 수행될 수 있다.
- [0085] 도 3 및 도 4는 왜곡 없는 환경들에서 신호들을 송신하고 복원하는 프로세스들을 예시한다. 그러나, 위에서 설명된 신호 송신기(120) 및 신호 수신기(150)는 채널 왜곡이 있는 데서 신호들을 송신하고 복원하도록 적응된다. 이러한 복원을 완수하는 프로세스가 도 5를 참조하여 설명된다.
- [0086] 도 5는 신호 송신기(120) 및 신호 수신기(150)에서 채널 왜곡에 대해 송신된 신호들을 정정하는 예시적인 프로세스(500)를 도시한다. 프로세스(500)는 신호 송신기(120) 및 신호 수신기(150)의 메모리(126 및 156)에 상주하고 프로세싱 유닛들(124 및 154)의 세트에 의해 실행되는 도 1에 관련하여 설명된 소프트웨어 구성들에 의해 수행될 수 있다.

- [0087] 510에서, 신호 송신기(120)는 길이 L 의 주기적 전치부호를 확산 코드 벡터들(310) 상에 접두시킨다. 주기적 전치부호는 수신된 신호의 채널과의 효율적인 원형 콘볼루션을 허용하기 때문에 등화, 또는 채널 왜곡을 정정하는 것에 유용하다. 주기적 전치부호를 확산 코드 벡터들에 접두시키는 것은 신호들에 접두시키는 기존의 기법보다 신호 송신기(120)에서의 계산 속도에서 큰 이득을 내는데, 왜냐하면 접두가 확산 코드 벡터 당 한 번만 행하는 것이 필요하기 때문이다. 여기서, 신호 송신기(120)가 확산 코드 벡터를 신호들에 적용했을 때, 결과적인 확산된 신호들은 주기적 전치부호를 자동으로 취득한다.
- [0088] 520에서, 신호 송신기(120)는 확산된 신호들과는 별개인 길이 M 의 동기 신호를 생성한다. 동기 신호의 심볼들, 또는 성분들은 확산된 신호들의 그것들과는 상이하다. 522에서, 신호 송신기는 동기 신호를 확산된 신호들에 접두시켜 신호 수신기(150)에서 수신되는 결합된 확산된 신호로서 단일 데이터 블록을 생성한다. 결합된 신호는 주기적 전치부호를 또한 포함한다는 것에 주의한다.
- [0089] 530에서, 신호 수신기(150)는 수신되는 결합된 확산된 신호(402)로부터 주기적 전치부호를 제거한다. 신호 수신기(150)는 L 개의 제로들을 확산 코드 벡터들(410) 상에 접두시키고 결과적인 접두된 코드들을 FIR 필터로서 구현함으로써 제거를 수행할 수 있다.
- [0090] 540에서, 신호 수신기(150)는 그 동기 신호를 결합된 확산된 신호(402) 내에 임베디드되는 것으로서 식별한다. 일부 구현예들에서, 이 식별은 FIR 필터를 사용하여 주기적 전치부호의 제거와 동시에 수행될 수 있다.
- [0091] 550에서, 신호 수신기(150)는 식별된 동기 신호와 $K \times N$ 개 행렬 A 를 사용하여 왜곡 계수들 h_m 을 결정한다. 왜곡 계수들 h_m 의 결정은 수학적 식 (5)에 따라 수행된다.
- [0092] 560에서, 신호 수신기(150)는 결정된 왜곡 계수들 h_m 에 기초하여 확산 코드 벡터들(410)을 조정함으로써 등화를 수행한다. 이 등화는 수학적 식 (6) 및 수학적 식 (7)에 따라 수행된다. 원래 신호들의 복원은 수학적 식 (7)에 따라 수행된다.
- [0093] 도 6은 개선된 기법들의 다른 실시예에 따른 예시적인 통신 시스템(600)을 도시한다. 통신 시스템(600)은 신호 송신기(620)와 신호 수신기(650)를 포함한다.
- [0094] 신호 송신기(620)는 통신들을 나타내는 신호들을 생성하며, 그 신호들을 전자기 파들로 변조하고, 전자기 파들을 신호 수신기(650)로 송신하도록 구성된다. 예를 들어, 신호 송신기(620)는 음성 및/또는 데이터 통신들을 셀 타워로 송신하는 셀룰러 전화기의 형태를 취할 수 있다. 신호 송신기(620)는 캐리어 생성기(622), 코드 생성기(624), 확산 스펙트럼 변조기(626), 전력 증폭기(628), 및 송신 트랜스듀서(630)를 포함한다.
- [0095] 캐리어 생성기(622)는 특정한 대역폭 내 중심 주파수의 캐리어 정현파 신호들을 생성하도록 구성된다. 여기서, 확산 스펙트럼 변조기(626)는 확산 코드를 사용하여 디지털 복소 기저대역 심볼들을 확산시키는, 뿐만 아니라 캐리어 생성기 신호(622)를 채용하여 캐리어 주파수까지 결과적인 확산된 신호를 변환하는 작업을 수행한다. 캐리어 생성기(622)는 특수 목적 로직 회로부의 형태를 취할 수 있다. 그 신호들은 디지털 복소 기저대역 심볼들, 예컨대, 이진 위상 시프트 키잉(BPSK) 또는 직교 진폭 변조(quadrature amplitude modulation)(QAM) 심볼들로서 표현될 수 있다.
- [0096] 코드 생성기(624)는 위의 수학적 식 (1)에서 설명된 것들과 같은 확산 스펙트럼 코드들을 생성한다. 코드 생성기(624)는 특수 목적 로직 회로부의 형태를 취할 수 있다.
- [0097] 확산 스펙트럼 변조기(626)는 넓은 대역 내에서 확산된 신호들의 세트를 생성하기 위해 확산 스펙트럼 코드들을 사용하여 캐리어 신호들을 변조하도록 구성된다. 확산된 신호들의 세트의 각각의 확산된 신호는 원래의 캐리어 신호들의 대역폭의 배수에 중심을 둔 주파수 대역, 또는 채널 내에서 송신된다. 그 배수들은 위에서 설명된 채널 인덱스들에 의해 특정된다.
- [0098] 전력 증폭기(628)는 변조기(626)에 의해 생성된 확산된 신호들의 전력을 증가시키도록 구성된다. 송신 트랜스듀서(630)는 확산 스펙트럼 신호들이 생성되는 다양한 채널들을 신호 수신기(650)로의 전파를 위해 전자기 에너지로 변환한다. 전력 증폭기(628)는 송신 트랜스듀서(630)를 구동시키고 송신 트랜스듀서(630)의 연속파(continuous wave)(CW) 전력 한계까지 동작시킬 수 있다.
- [0099] 신호 수신기(650)는 신호 송신기(620)로부터 전파되는 전자기 에너지를 수신하며, 전자기 에너지 내에서 운반되는 확산 스펙트럼 신호들을 상관시키고, 신호 송신기(620)에 의해 생성된 원래 신호들을 검출하도록 구성된다.

예를 들어, 신호 수신기(650)는 셀 폰 신호들을 수신하고 그 신호들을 타겟 셀룰러 전화기들에 송신하는 셀 타워의 형태를 취할 수 있다. 신호 수신기(650)는 수신 트랜스듀서(652), 저잡음 증폭기(654), 확산 스펙트럼 상관기(656), 및 신호 검출기(658)를 포함한다.

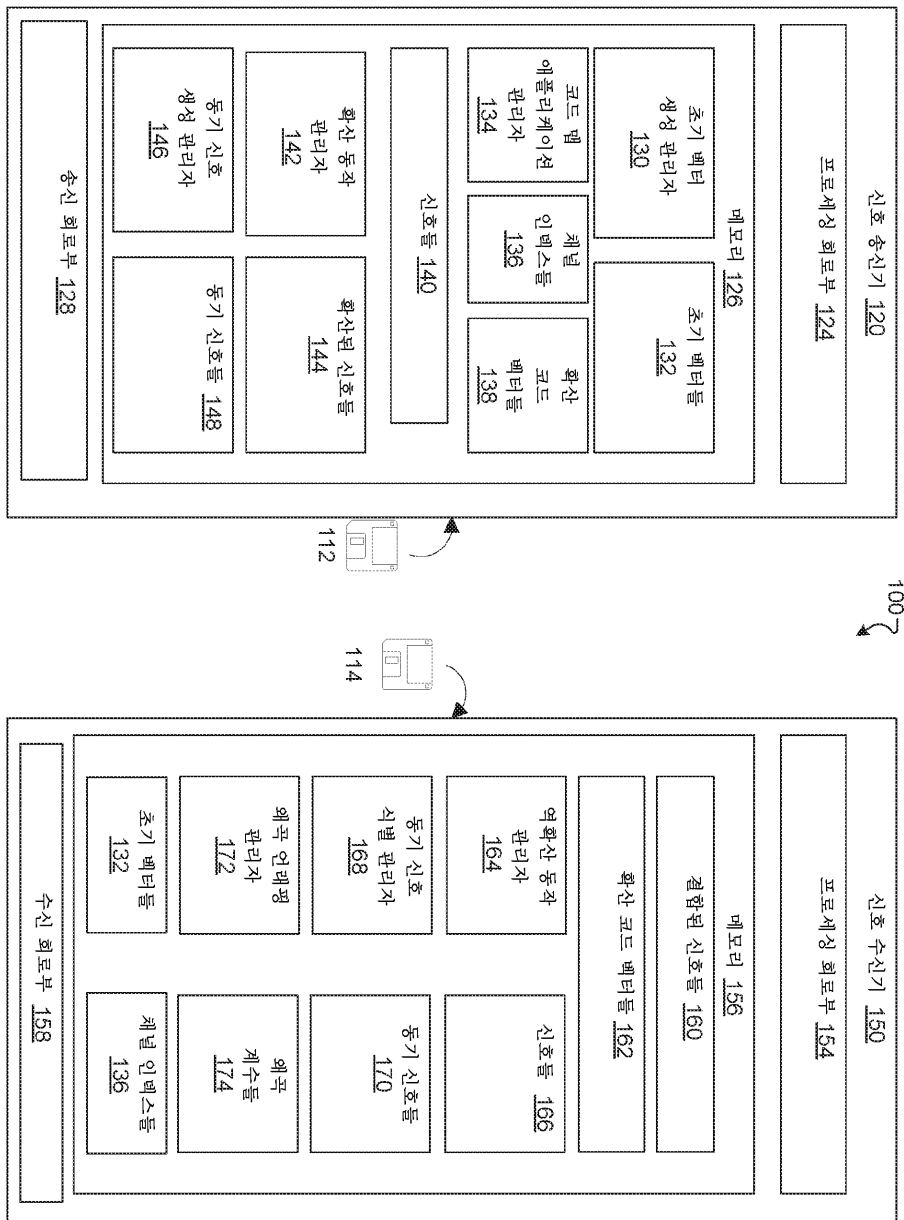
- [0100] 수신 트랜스듀서(652)는 송신 트랜스듀서(630)에 의해 생성된 전자기 에너지를 수신하고 전자기 에너지로부터 신호들을 생성하도록 구성된다. 저잡음 증폭기(654)는 수신 트랜스듀서(652)에 의해 생성된 신호들을 수신하고 증폭하도록 구성된다.
- [0101] 확산 스펙트럼 상관기(656)는 저전력 증폭기(654)에 의해 증폭된 신호를 역확산시키도록 구성된다. 확산 스펙트럼 상관기(656)는 코드 생성기(624)에 의해 생성된 코드들을 수신된 신호들에 적용하여 원래의 캐리어 주파수에서의 신호들을 생성한다. 신호 검출기(658)는 그 다음에 이들 신호들을 원래의 캐리어 주파수에서 검출하고 프로세싱한다.
- [0102] 본 명세서에서 설명되는 다양한 기법들의 구현예들은 디지털 전자 회로부, 또는 컴퓨터 하드웨어, 펌웨어, 소프트웨어, 또는 그것들의 조합들로 구현될 수 있다. 구현예들은 컴퓨터 프로그램 제품, 즉, 정보 캐리어에, 예컨대, 머신 판독가능 저장 디바이스(컴퓨터 판독가능 매체, 비일시적 컴퓨터 판독가능 저장 매체, 유형의 컴퓨터 판독가능 저장 매체이며, 예를 들어, 도 1의 매체(112 및 114))에 유형적으로, 또는 데이터 프로세싱 장치, 예컨대, 프로그램가능 프로세서, 컴퓨터, 또는 다수의 컴퓨터들에 의한 프로세싱을 위해, 또는 그러한 기기들의 동작을 제어하기 위해 전파되는 신호에 임베디드된 컴퓨터 프로그램으로서 구현된다. 컴퓨터 프로그램, 이를테면 위에서 설명된 컴퓨터 프로그램(들)은, 컴파일식 또는 인터프리트식 언어들을 포함하는 임의의 형태의 프로그래밍 언어로 기입될 수 있고, 자립형 프로그램으로서 또는 모듈, 컴포넌트, 서브루틴, 또는 컴퓨팅 환경에서의 사용에 적합한 다른 유닛으로서 포함하는 임의의 형태로 전개될 수 있다. 컴퓨터 프로그램이 하나의 컴퓨터 상에서 또는 하나의 사이트에 있거나 또는 다수의 사이트에 걸쳐 분산되고 통신 네트워크에 의해 상호접속된 다수의 컴퓨터들 상에서 프로세싱되도록 전개될 수 있다.
- [0103] 방법 단계들은 입력 데이터에 대해 동작하고 출력을 생성함으로써 기능들을 수행하는 컴퓨터 프로그램을 실행하는 하나 이상의 프로그램가능 프로세서들에 의해 수행될 수 있다. 방법 단계들은 또한 특수 목적 로직 회로부, 예컨대, FPGA(field programmable gate array) 또는 ASIC(application-specific integrated circuit)에 의해 수행될 수 있고, 그러한 특수 목적 로직 회로부에 의해 장치가 구현될 수 있다.
- [0104] 컴퓨터 프로그램의 프로세싱에 적합한 프로세서들은, 일반 및 특수 목적 둘 다의 마이크로프로세서들과, 임의의 종류의 디지털 컴퓨터의 임의의 하나 이상의 프로세서들을 예로서 포함한다. 일반적으로, 프로세서가 명령어들과 데이터를 판독 전용 메모리 및/또는 랜덤 액세스 메모리로부터 수신할 것이다. 컴퓨터의 원소들은 명령어들을 실행하기 위한 적어도 하나의 프로세서와 명령어들과 데이터를 저장하는 하나 이상의 메모리 디바이스들을 포함할 수 있다. 일반적으로, 컴퓨터가 데이터를 저장하기 위한 하나 이상의 대용량 스토리지 디바이스들, 예컨대, 자기, 광자기 디스크들, 또는 광학적 디스크들을 포함하거나, 또는 그러한 디바이스들에 대해 데이터를 수신하거나 또는 데이터를 전송하거나 또는 둘 다를 하도록 동작적으로 커플링될 수 있다. 컴퓨터 프로그램 명령어들과 데이터를 수록하기에 적합한 정보 캐리어들은 예시적인 반도체 메모리 디바이스들, 예컨대, EPROM, EEPROM, 및 플래시 메모리 디바이스들; 자기 디스크들, 예컨대, 내장형 하드 디스크들 또는 착탈식 디스크들; 광자기 디스크들; 그리고 CD-ROM 및 DVD-ROM 디스크들을 예로서 포함하는, 모든 형태의 비휘발성 메모리를 포함한다. 프로세서와 메모리는 특수 목적 로직 회로부에 의해 보완되거나, 또는 그러한 회로부에 통합될 수 있다.
- [0105] 사용자와의 상호작용을 제공하기 위해, 구현예들은 디스플레이 디바이스, 예컨대, 액정 디스플레이(LCD 또는 LED) 모니터, 정보를 사용자에게 디스플레이하기 위한 터치스크린 디스플레이 그리고 사용자가 컴퓨터에 입력을 제공할 수 있는 키보드 및 포인팅 디바이스, 예컨대, 마우스 또는 트랙볼을 갖는 컴퓨터 상에 구현될 수 있다. 다른 종류의 디바이스들이 사용자와의 상호작용을 또한 제공하기 위해 사용될 수 있으며; 예를 들어, 사용자에게 제공된 피드백은 임의의 형태의 감지 피드백, 예컨대, 시각적 피드백, 청각적 피드백, 또는 촉각 피드백일 수 있고; 사용자로부터의 입력은, 음향, 음성, 또는 촉각 입력을 포함하는 임의의 형태로 수신될 수 있다.
- [0106] 구현예들은 백 엔드 컴포넌트를, 예컨대, 데이터 서버로서 포함하는, 또는 미들웨어 컴포넌트, 예컨대, 애플리케이션 서버를 포함하는, 또는 프론트 엔드 컴포넌트, 예컨대, 사용자가 구현예와 상호작용할 수 있게 하는 그래픽 사용자 인터페이스 또는 웹 브라우저를 갖는 클라이언트 컴퓨터, 또는 이러한 백 엔드, 미들웨어, 또는 프론트 엔드 컴포넌트들의 임의의 조합을 포함하는 컴퓨팅 시스템에서 구현될 수 있다. 컴포넌트들은 임의의 형태 또는 매체의 디지털 데이터 통신, 예컨대, 통신 네트워크에 의해 상호접속될 수 있다. 통신 네트워크들의 예들은 로컬 영역 네트워크(LAN)와 광역 네트워크(WAN), 예컨대, 인터넷을 포함한다.

[0107]

설명된 구현예들의 특정한 특징들이 본 명세서에서 설명되는 바와 같이 예시되었지만, 많은 변형들, 대체들, 변경들 및 동등물들이 본 기술분야의 통상의 기술자들에게 이제 일어날 것이다. 그러므로, 첨부된 청구항들이 구현예들의 범위 내에 있는 모든 이러한 변형들 및 변경들을 커버하도록 의도된다는 것이 이해되어야 한다. 그것들은 제한이 아니라, 예로서만 제시되고, 형태 및 세부사항들에서의 다양한 변경들이 만들어질 수 있다는 것이 이해되어야 한다. 본 명세서에서 설명되는 장치 및/또는 방법들의 임의의 부분이, 상호 배타적 조합들을 제외한, 임의의 조합으로 결합될 수 있다. 본 명세서에서 설명되는 구현예들은 설명되는 상이한 구현예들의 기능들, 컴포넌트들 및/또는 특징들의 다양한 조합들 및/또는 서브-조합들을 포함할 수 있다.

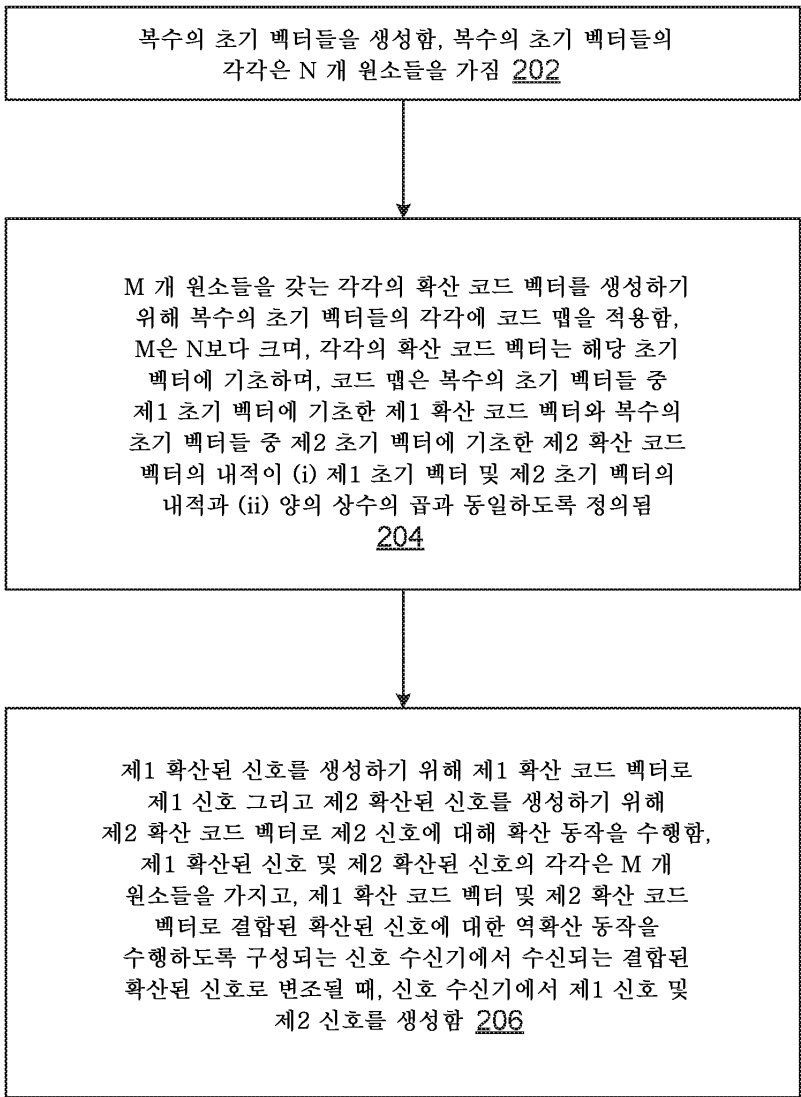
도면

도면1



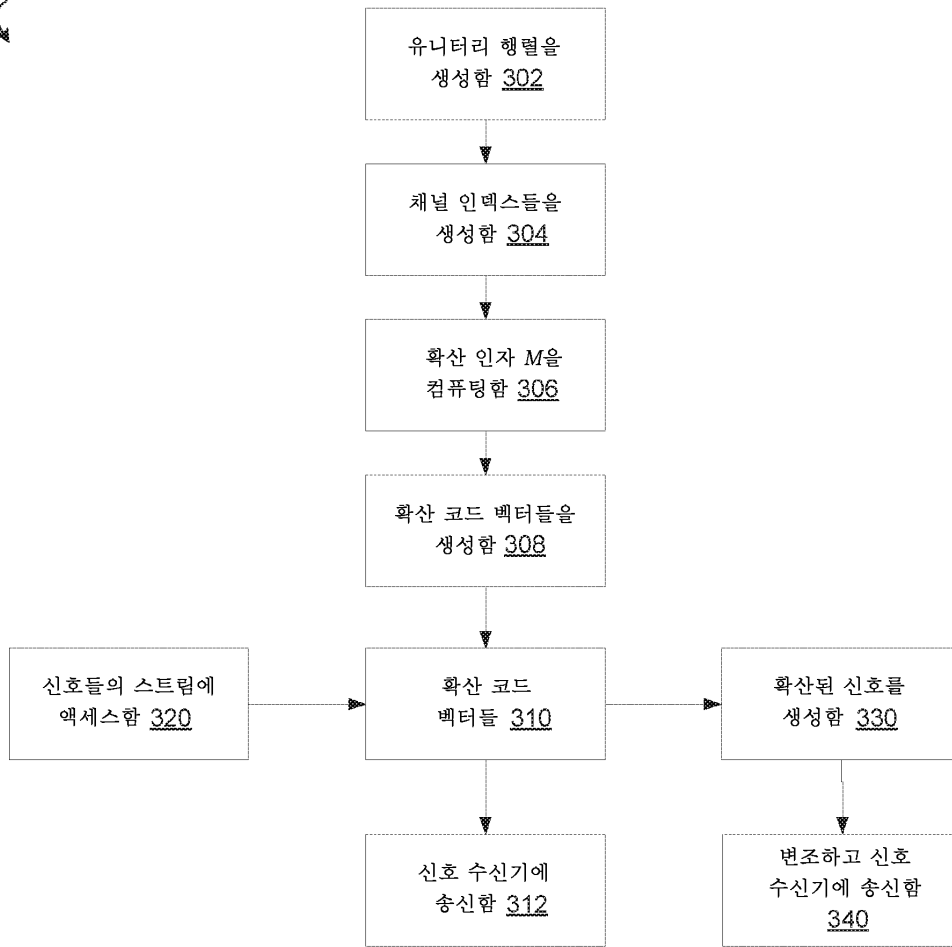
도면2

200



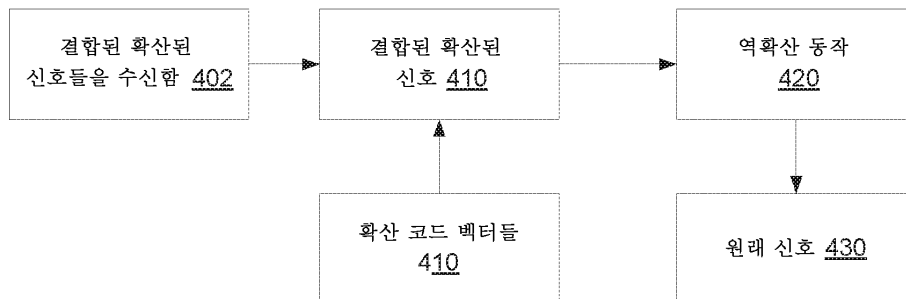
도면3

300 ↷

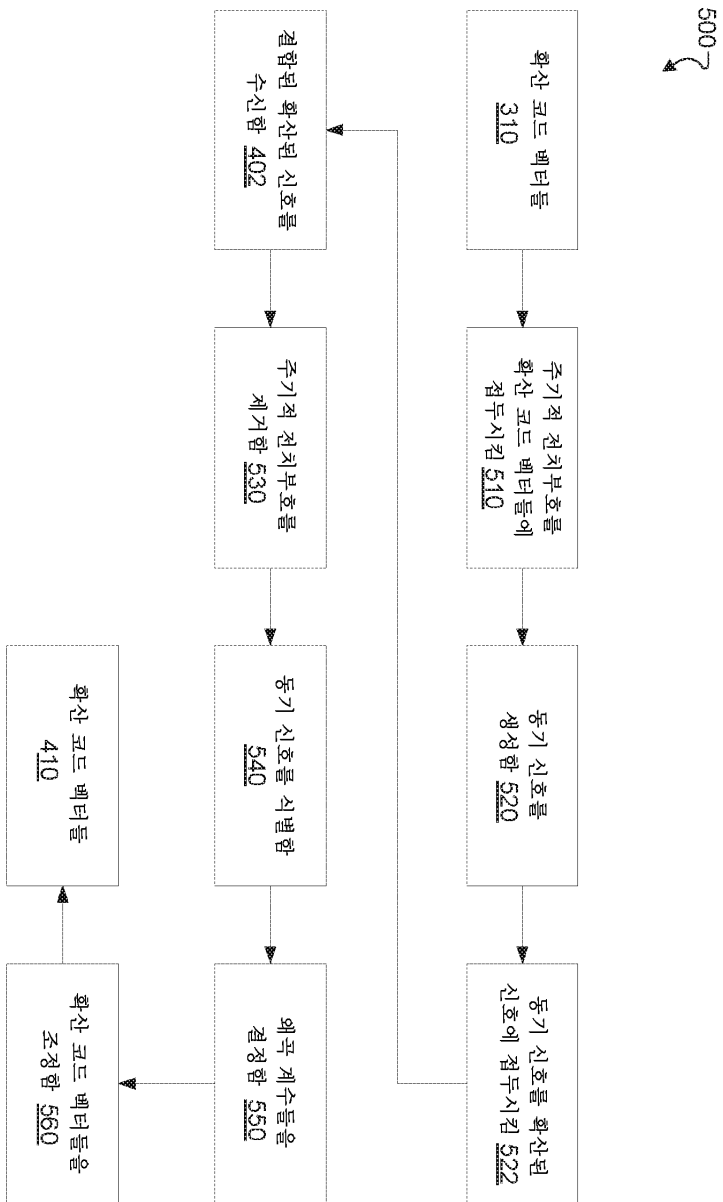


도면4

400 ↷



도면5



도면6

