



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0072194
(43) 공개일자 2014년06월12일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04L 27/20 (2006.01) H04L 25/40 (2006.01)
- (21) 출원번호 10-2014-7012322
- (22) 출원일자(국제) 2012년10월05일
심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2014년05월07일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2012/058987
- (87) 국제공개번호 WO 2013/052818
국제공개일자 2013년04월11일
- (30) 우선권주장
61/543,832 2011년10월06일 미국(US)

- (71) 출원인
매사추세츠 인스티튜트 오브 테크놀로지
미합중국, 매사추세츠 02142-1324, 캠프리지, 매사추세츠 애비뉴 77
- (72) 발명자
라울, 해리하란, 산카르
미국 매사추세츠 02141 캠프리지 2 마르셀라 스트리트 25
쿠마르, 스와룬 수레쉬
미국 매사추세츠 02139 캠프리지 아파트 21이1 메모리얼 드라이브 550
카타비, 디나
미국 매사추세츠 02142 캠프리지 아파트 404 써드 스트리트 303
- (74) 대리인
에스앤아이퍼특허법인

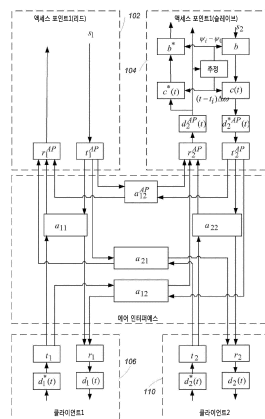
전체 청구항 수 : 총 16 항

(54) 발명의 명칭 분산 무선 송신기들로부터의 코히어런트 전송

(57) 요약

하나의 양상에 있어서, 분산 코히어런트 전송 시스템은, 모든 송신기들이 공통 주파수 또는 클락 주파수를 공유하는 시스템을 에뮬레이션(emulate)하기 위해 독립적인 주파수 또는 클락 레퍼런스(clock reference)를 갖는 분리된 무선 송신기들로부터의 전송을 가능케한다. 송신기들 간의 주파수 및/또는 위상 차이들은 하나 이상의 송신기들 각각과 함께 주파수 또는 클락 레퍼런스를 공유하는 대응하는 수신기에서 수신되는 송신기들 중 하나(예컨대, 마스터 송신기)로부터의 동기화 전송에 기반하여 송신기들 중 하나 이상에서 변조 전에 신호들을 적절하게 프리코딩함으로써 설명된다. 이러한 분산 코히어런트 전송 시스템은, 독립적인 주파수 또는 클락 레퍼런스를 갖는 N 단일-안테나 송신기들이 N-안테나 MIMO 송신기를 에뮬레이션하는 것을 허용하고, 또는 분리된 송신기들을 통해 코히어런스를 요구하는 분산 중첩 코딩 또는 격자 코드들과 같은 스킴들을 실행하는 것을 허용한다.

대표도 - 도2



특허청구의 범위

청구항 1

마스터 송신기와 함께 협력 전송(coordinated transmission)을 제공하기 위해 슬레이브(slave) 송신기를 동작시키는 방법에 있어서,

상기 마스터 송신기로부터 신호의 전송과 함께 상기 슬레이브 송신기로부터 동시발생하는 변조(concurrent modulation)을 위한 신호를 형성하는 단계;

상기 마스터 송신기로부터 상기 슬레이브 송신기에 수신되는 전송들에 기반하여 상기 슬레이브 액세스 포인트에서 주파수 레퍼런스(frequency reference) 및 상기 마스터로부터의 전송의 변조 사이의 시간-가변 위상 오프셋의 추정치(estimate)를 유지하는 단계;

상기 시간-가변 위상 오프셋의 추정치에 따라 변조에 앞서 신호를 변형하는 단계; 및

상기 슬레이브 송신기에서의 주파수 레퍼런스에 따라 상기 변형된 신호를 변조하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 마스터 송신기와 함께 협력 전송을 제공하기 위해 슬레이브 송신기를 동작시키는 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

변조 주파수 및 샘플링 클럭 레퍼런스(sampling clock reference) 중 적어도 하나는 상기 마스터 송신기와 상기 슬레이브 송신기 사이에 독립적인 것을 특징으로 하는 마스터 송신기와 함께 협력 전송을 제공하기 위해 슬레이브 송신기를 동작시키는 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 마스터 송신기로부터의 상기 마스터 송신기에서 변조된 신호 및 상기 슬레이브 송신기로부터의 변조되고 변형된 신호를 동시에 전송하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 마스터 송신기와 함께 협력 전송을 제공하기 위해 슬레이브 송신기를 동작시키는 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 시간-가변 위상 오프셋의 추정치를 유지하는 단계는 상기 마스터 송신기로부터의 전송을 복조하는 단계, 및 예상되는 복조된 값과 상기 복조된 전송을 비교하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 마스터 송신기와 함께 협력 전송을 제공하기 위해 슬레이브 송신기를 동작시키는 방법.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 마스터 송신기로부터의 전송은 상기 마스터 송신기로부터의 신호의 전송의 프리앰블을 포함하는 것을 특징으로 하는 마스터 송신기와 함께 협력 전송을 제공하기 위해 슬레이브 송신기를 동작시키는 방법.

청구항 6

제 4 항에 있어서,

상기 마스터 송신기로부터의 전송은 주파수 멀티플렉싱된 전송을 포함하고, 예측되는 변조된 값과 상기 변조된 전송을 비교하는 단계는 다수의 상기 멀티플렉싱된 주파수들에서 상기 비교를 수행하는 단계 및 상기 비교들의 결과를 조합하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 마스터 송신기와 함께 협력 전송을 제공하기 위해 슬레이브 송신기를 동작시키는 방법.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 신호는 주파수 멀티플렉싱된 신호를 포함하고, 상기 변조에 앞서 상기 신호를 변형하는 단계는 상기 시간-가변 위상의 추정치에 따라 다수의 상기 신호의 멀티플렉싱된 구성요소들(components) 각각을 변형시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 마스터 송신기와 함께 협력 전송을 제공하기 위해 슬레이브 송신기를 동작시키는 방법.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

전송을 위한 신호들을 형성하는 단계는 상기 슬레이브 송신기로부터의 신호를 전송하는데 사용되는 전송으로부터 분리된 통신 링크를 통해 상기 신호를 나타내는 데이터를 수신하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 마스터 송신기와 함께 협력 전송을 제공하기 위해 슬레이브 송신기를 동작시키는 방법.

청구항 9

독립된 주파수 및 클락 레퍼런스(clock reference)를 갖는 마스터 송신기와 코히어런트 동작(coherent operation)을 에뮬레이팅하는(emulating) 동안 슬레이브 데이터 송신기로부터 데이터 수신기로의 순방향 채널(forward channel)을 추정하기 위한 방법에 있어서,

순방향 및 역방향 채널들 사이의 복소 배수 인자(complex multiplicative factor)를 결정하기 위해 상기 수신기로부터 상기 송신기들로의 전송들을 활용하는 단계;

상기 마스터 송신기로부터 상기 슬레이브 송신기에 수신되는 전송들에 기반하여 상기 슬레이브 액세스 포인트에서 주파수 레퍼런스(frequency reference) 및 상기 마스터로부터의 전송의 변조 사이의 시간-가변 위상 오프셋의 추정치(estimate)를 유지하는 단계;

상기 시간-가변 위상 오프셋의 추정치에 따라 복호화(decoding)에 앞서 상기 데이터 수신기로부터의 상기 수신된 신호를 변형하는 단계; 및

상기 슬레이브 데이터 송신기에서의 주파수 레퍼런스에 따라 상기 수신된 신호를 복호화하고 상기 데이터 수신기로부터 상기 슬레이브 데이터 송신기로의 상기 역방향 채널을 계산하는 단계; 및

상기 계산된 보정 인자(calibration factor)에 의해 상기 역방향 채널의 추정치를 곱함으로써 상기 순방향 채널의 추정치를 계산하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 독립된 주파수 및 클락 레퍼런스를 갖는 마스터 송신기와 협력 동작을 에뮬레이팅하는 동안 슬레이브 데이터 송신기로부터 데이터 수신기로의 순방향 채널을 추정하기 위한 방법.

청구항 10

제 8 항에 있어서,

상기 추정된 순방향 채널들은 다수의 무선 송신기들로부터 적어도 하나의 수신기들로의 분산 코히어런트 전송을 제공하기 위해 적어도 하나의 슬레이브 송신기들에 사용되는 것을 특징으로 하는 독립된 주파수 및 클락 레퍼런스를 갖는 마스터 송신기와 협력 동작을 에뮬레이팅하는 동안 슬레이브 데이터 송신기로부터 데이터 수신기로 순방향 채널을 추정하기 위한 방법.

청구항 11

슬레이브(slave) 송신기와 연관된 프로세서가 마스터 송신기와 함께 협력 전송(coordinated transmission)을 제공하도록 야기하기 위한 지시어들을 포함하는 실재하는(tangible) 컴퓨터 판독 가능한 매체 상에서 실행되는 소프트웨어에 있어서,

상기 마스터 송신기로부터 신호의 전송과 함께 상기 슬레이브 송신기로부터 동시발생하는 변조(concurrent modulation)을 위한 신호를 형성하는 단계;

상기 마스터 송신기로부터 상기 슬레이브 송신기에 수신되는 전송들에 기반하여 상기 슬레이브 액세스 포인트에

서 주파수 레퍼런스(frequency reference) 및 상기 마스터로부터의 전송의 변조 사이의 시간-가변 위상 오프셋의 추정치(estimate)를 유지하는 단계;

상기 시간-가변 위상 오프셋의 추정치에 따라 변조에 앞서 신호를 변형하는 단계; 및

상기 슬레이브 송신기에서의 주파수 레퍼런스에 따라 상기 변형된 신호를 변조하는 단계에 의해 슬레이브 송신기와 연관된 프로세서가 마스터 송신기와 함께 협력 전송을 제공하도록 야기하기 위한 지시어들을 포함하는 실재하는 컴퓨터 판독 가능한 매체 상에서 실행되는 소프트웨어.

청구항 12

마스터 송신기와 함께 협력 전송(coordinated transmission)을 제공하기 위해 구성된 슬레이브(slave) 송신기에 있어서, 상기 슬레이브 송신기는

상기 마스터 송신기로부터 신호의 전송과 함께 상기 슬레이브 송신기로부터 동시발생하는 변조(concurrent modulation)을 위한 신호를 형성하고;

상기 마스터 송신기로부터 상기 슬레이브 송신기에 수신되는 전송들에 기반하여 상기 슬레이브 액세스 포인트에서 주파수 레퍼런스(frequency reference) 및 상기 마스터로부터의 전송의 변조 사이의 시간-가변 위상 오프셋의 추정치(estimate)를 유지하며;

상기 시간-가변 위상 오프셋의 추정치에 따라 변조에 앞서 신호를 변형하고; 및

상기 슬레이브 송신기에서의 주파수 레퍼런스에 따라 상기 변형된 신호를 변조도록 구성되는 것을 특징으로 하는 마스터 송신기와 함께 협력 전송을 제공하기 위해 구성된 슬레이브 송신기.

청구항 13

마스터 송신기 - 상기 마스터 송신기는,

제 1 오실레이터(oscillator) 주파수를 동작시키기 위한 제 1 오실레이터, 및

심볼들을 전송하기 위한 제 1 송신기 모듈 - 상기 제 1 송신기 모듈은 상기 제 1 오실레이터 주파수에서 동작하기 위한 제 1 오실레이터와 결합됨 - 을 포함함 - ; 및

슬레이브 송신기, - 각각의 슬레이브 송신기는,

제 2 오실레이터 주파수에서 동작하는 제 2 오실레이터,

상기 마스터 송신기로부터의 전송들을 수신하기 위한 수신기 모듈 - 상기 수신기 모듈은 제 2 오실레이터 송신기에서 동작하며 상기 마스터 송신기로부터 수신되는 전송들에 기반하여 제 2 오실레이터 주파수 및 제 1 오실레이터 주파수 사이의 주파수 오프셋을 결정하기 위한 주파수 오프셋 트래킹 모듈을 포함함 - 및

심볼들을 전송하기 위한 제 2 송신기 모듈 - 상기 제 2 송신기 모듈은 제 2 오실레이터 주파수에서 동작하며 심볼들을 전송하기 전에 상기 주파수 오프셋에 대한 보상(compensating)을 위한 주파수 오프셋 보상 모듈을 포함함 - 을 포함하는 적어도 하나의 슬레이브 송신기들 중 각각의 슬레이브 송신기임 - 를 포함하는 장치.

청구항 14

복수의 수신기들로 마스터 액세스 포인트와 함께 협력 전송(coordinated transmission)을 제공하기 위해 적어도 하나의 슬레이브 송신기들을 동작시키기 위한 방법에 있어서,

상기 마스터 송신기와 결합된 마스터 심볼 스토리지로 상기 복수의 수신기들의 서브세트(subset)로 행하는(destined for) 복수의 심볼들을 로딩하는 단계;

상기 슬레이브 송신기들 중 각각에 결합된 복수의 슬레이브 심볼 스토리지 구성요소들의 각각으로 상기 복수의 수신기들의 서브세트로 행하는 상기 복수의 심볼들을 로딩하는 단계;

상기 마스터 송신기로부터 상기 슬레이브 송신기에 수신되는 전송들에 기반하여 상기 슬레이브 송신기 각각에서의 주파수 레퍼런스(frequency reference) 및 상기 마스터로부터의 전송 사이의 시간-가변 위상 오프셋의 추정치(estimate)를 유지하는 단계;

상기 마스터 송신기로부터의 전송과 함께 적어도 하나의 슬레이브 송신기들로부터의 동시 발생하는 전송을 위한 신호를 형성하는 단계, 상기 신호를 형성하는 단계는 상기 복수의 심볼들을 나타내는 복수의 서브-신호들(sub-signals)을 조합함에 따라, 상기 신호의 전송 중에, 상기 복수의 서브-신호들 중 각각의 서브 신호가 상기 복수의 수신기들의 서브세트의 적어도 하나의 수신기들의 안테나에서 나타나고 상기 복수의 수신기들의 서브세트의 적어도 하나의 클라이언트들의 수신기에서 취소(cancelled)되는 단계를 포함함;

상기 시간-가변 위상 오프셋의 추정치에 따라 변조에 앞서 신호를 변형하는 단계; 및

상기 슬레이브 송신기에서의 주파수 레퍼런스에 따라 상기 변형된 신호를 변조하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 복수의 수신기들로 마스터 액세스 포인트와 함께 협력 전송을 제공하기 위해 적어도 하나의 슬레이브 송신기들을 동작시키기 위한 방법.

청구항 15

제 11 항에 있어서,

상기 복수의 심볼들은 각 수신기로 행하는 서로 다른 심볼들을 포함하고, 상기 수신기들로 의도되는 상기 복수의 심볼들 모두는 상기 마스터 및 슬레이브 스토리지 구성요소들로 로딩되며;

상기 신호들은 상기 송신기들 각각에서, 각각의 수신기가 동시에 수신하도록 허용하고 그것으로 행하는 심볼들을 복호화도록 허용하며,

각각의 수신기는 상기 조합된 전송을 이용하여 복호화하고, 이에 따라 각각의 수신기에 대해 상기 조합된 전송이 수신기가 그것으로의 가장 강한 신호를 갖는 송신기로부터의 단일 전송으로부터 획득될 레이트(rate)와 실질적으로 동일한 레이트를 획득하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 16

제 11 항에 있어서,

상기 동일한 심볼들은 상기 마스터 스토리지 구성요소 및 상기 슬레이브 스토리지 구성요소들로 로딩되고, 상기 심볼들은 단일 수신기로 행해지며; 및

상기 신호들은 상기 의도된 수신기에서 소정 예측가능한 상대 위상(relative phase)과 조합하기 위해 상기 송신기들 각각에서 형성되는 것을 특징으로 하는 방법.

명세서

기술분야

[0001]

관련 출원들에 크로스-레퍼런스

[0002]

본 발명은 참고로서 여기 첨부된 내용인 2011년 10월 6일 출원된 US 가출원 61/543,832 특허(변호사 명세서 (Attorney Docket 70009-D13P01; 클라이언트 케이스 14965)의 이익을 청구한다.

[0003]

연방 차원에서 스폰서된 연구로서의 진술

[0004]

본 발명은 국제 과학 재단(National Science Foundation)에 의해 수여되는 계약서 번호 CCF-0728645아래 정부 지원과 함께 만들어졌다. 정부는 본 발명에 소정 권리를 갖는다.

[0005]

본 발명은 분산 무선 송신기로부터의 코히어런트(cogent) 전송에 관한 것이다. 보다 상세하게는, 소정 예시들에서, 이러한 송신기들은 액세스 포인트들(APs)이고, 802.11에 예시에서, 기지국들, 셀룰라 네트워크들에서 예시적으로, 중계국(relay stations) 또는 다른 무선 노드들이다.

배경 기술

[0006]

802.11 또는 셀룰라 네트워크들과 같은 전형적인 무선 네트워크들의 통신 능력들은 간섭에 의해 제한될 수 있다. 예컨대, 무선 매체는 공유되고, 결과적으로, 두 근접한 장치들이 동시에 전송한다면, 그들의 전송은 전형적으로 디바이스 중 하나가 그것의 패킷을 전달하는 것을 방지하는 간섭을 일으킨다. 무선 기술의 최근 발전은

SAM, IAC 및 빔포밍과 같은 실증적인 무선 시스템의 결과로 이어졌다. 이러한 시스템들은, 동일한 간섭 영역 내의 서로 다른 송신기들에서 동시 발생하는 전송들이 가능하다는 것을 입증했다. 이러한 시스템들을 사용하는 무선 네트워크들 내의 쓰루풋(throughput)은 두 배 또는 세 배가 될 수 있다.

[0007] 그러나, 이러한 시스템들은 개별 노드 상의 안테나들의 최대 수에 의해 제한되고, 더 많은 송신기들이 시스템에 합류하는 것과 같은 상황에서 쓰루풋을 계속하여 배가시킬 수 없다. 예컨대, 802.11 및 셀룰라 시스템과 같은 전형적인 무선 네트워크들은 지향성 안테나들(sectorized antennas)을 사용하거나 모든 가용한 채널들을 사용함으로써 이러한 문제를 완화시킬 수 있다. 그러나, 이러한 기술들은 사용자들의 수가 증가함에 따라 배가되지 않는 작은 상수 게인(gain)만을 제공한다. 더욱이, 이러한 송신기들이 서로 간섭을 일으키기 때문에, 단순히 송신기들을 더하는 것은 사용자 쓰루풋을 개선하지 못한다.

[0008] 전부 배가 가능한(fully scalable) 무선 네트워크를 가져오면서, 사용자들의 수가 늘어남에 따라 선형적으로 쓰루풋을 배가할 수 있는 무선 네트워킹 시스템에 대한 필요가 존재한다.

발명의 내용

과제의 해결 수단

[0009] 하나의 양상에 있어서, 일반적으로, 분산 코히어런트 전송 시스템은, 모든 송신기들이 공통 주파수 또는 클락 주파수를 공유하는 시스템을 에뮬레이팅(emulate)하기 위해 독립적인 주파수 또는 클락 레퍼런스(clock reference)를 갖는 분리된 무선 송신기들로부터의 전송을 가능케한다. 이러한 아키텍처를 갖는 기술적인 문제는 개별 송신기의 오실레이터 주파수들(즉, 신호들을 변조/복조하기 위해 사용되는 것들)이 송신기로부터 송신기까지 서로 정확히 동일해지질 않을 것이고, 위상 동기화 문제들을 야기할 수 있다. 예컨대, 두 송신기들의 오실레이터 주파수들 내에서 100Hz만큼의 차이는 5ms의 짧은 시간 후에 두 송신기들에 의해 전송되는 신호들 내에서 π 라디안의 위상 차를 야기할 수 있다. 이러한 위상 차이는, 두 송신기들의 능력에서 상당한 열화(degradation)가 단일 패킷의 기간을 가로질러 코히어런트하게 남아있도록 야기할 수 있다. 이러한 문제는 하나 이상의 송신기들에서의 변조 전에 신호들을 적합하게 프리코딩함으로써 송신기들 사이의 주파수 및/또는 위상 차이들에 대한 보상에 의해 완화된다.

[0010] 다양향 예시들에 있어서, 송신기들은 액세스 포인트들(APs)이고, 802.11에 예시에서, 기지국들, 셀룰라 네트워크들에서 예시적으로, 중계국(relay stations) 또는 다른 무선 노드들이다. 이 문서의 나머지 부분에서, 다르게 명시적으로 지시되지 않는 한, 송신기라는 용어는 넓게 이러한 종류의 송신하는 노드들 중 어느 것으로 불리도록 사용된다.

[0011] 다른 양상에 있어서, 일반적으로, 이러한 분산 코히어런트 전송 시스템은 분산 MIMO 아키텍처의 부분이다. 이러한 분산 MIMO 아키텍처 내에서, 다수의 개별 송신기들은 공통 주파수 또는 클락 레퍼런스가 모든 송신기들에 가능해질 것을 요구하지 않고 단일 멀티-안테나(single multi-antenna) MIMO 송신기를 에뮬레이팅한다. 소정 예시들에 있어서, 송신기는 유선 백홀(예컨대, 802.11에서 AP들, 또는 셀룰러 기지국들) 또는 무선 매체(예컨대, 셀룰라 업링크를 사용하는 모바일 디바이스들 내의 802.11, IR, 블루투스)와 같은 상대적으로 높은 속도 접속성(connectivity)을 사용하여 서로와 통신할 수 있고, 그들이 수신기들과 통신하기 위해 필요한 정보, 예컨대, 소정 최소 제어 정보를 교환하기 위해 이러한 접속성을 사용한다. 그리고는, 송신기들은 예컨대, 다수 수신기들에서의 빔포밍, 또는 널링(nulling)을 수행하기 위해 전형적인 MIMO 기술들을 사용할 수 있다.

[0012] 다른 양상에 있어서, 일반적으로, 이러한 분산 코히어런트 전송은, 독립 송신기들이 공통 주파수 또는 클락 레퍼런스를 공유하도록 가정하는 정보 이론 문서 내에서 다양한 스킴들(schemes)을 실행하는 것을 가능케 한다. 이러한 스킴들은 예컨대, 독립적인 송신기들로부터 분산 더티 페이퍼(dirty paper) 코딩/인지 스킴들 또는 분산 송신기들을 가로질르는 간섭 정렬, 무선 업링크 상의 중첩 코딩(superposition coding) 또는 무선 메시 네트워크에서의 격자 코드들(lattice codes)을 포함할 수 있다.

[0013] 소정 예시들에 있어서, 송신기들로부터 수신기들로의 채널 추정들은 수신기들로부터 반환되어지는 채널-관련 정보와 함께 송신기들로부터의 협력 전송들(즉, 주파수 및/또는 위상 차이를 위한 보상을 포함하여)에 기반하여 형성된다. 이러한 채널 정보는 특정 수신기들, 예컨대, (다수의 송신기들이 하나 이상의 수신기들에서의 널링 또는 빔포밍을 수행하도록 허용하는) 분산 MIMO 접근을 사용하는 수신기들로의 전송을 지시하기 위한 데이터의 조합들을 형성하기 위해, 송신기들 각각에서 사용될 수 있다. 소정 예시들에 있어서, 송신기들로부터 수신기들로의 채널 추정들은 송신기들로부터의 전송들을 사용하여 수신기들에 의해 계산되고, 송신기들로 다시 명시적으

로 전송된다. 다른 예시들에 있어서, 송신기들로부터 수신기들로의 채널 추정들은 송신기들로부터 수신기들로의 채널 특성들을 결정하기 위해 상호의존 접근(reciprocity approach)를 사용하여 송신기들로부터 수신기들로의 역전송들에 기반하여 형성되거나 업데이트된다. 또 다른 예시들에 있어서, 채널 추정 접근들의 조합은 예컨대, 수신기들로부터의 명시적인 통신에 의해 송신기들로부터 수신기들로의 최초 채널 추정들을 획득하는 것, 및 송신기들로부터 수신기들로의 전송들(예컨대, ACK(acknowledgements))에 기반하여 송신기들로부터 수신기들로의 현재 채널 추정들을 업데이트하는 것이 사용된다.

- [0014] 다른 양상에 있어서, 일반적으로, 시스템은, 송신기들의 분산된 세트가 공통 오실레이터 주파수와 함께 달성 가능한 멀티-안테나 송신기 접근 퍼포먼스(performance)를 애플레이팅하는 것을 가능케 한다. 소정 예시들에 있어서, 이는 마스터 송신기의 전송들을 모니터링하기 위해 그들의 각각의 수신기 모듈들을 사용하여 하나 이상의 슬레이브 송신기들에 의해 달성된다. 마스터 송신기의 모니터링된 전송들은 마스터 송신기 및 슬레이브 송신기 사이의 특성(예컨대, 오실레이터들 사이의 위상 오프셋의 시간 가변 부분)을 추정하기 위해 각각의 슬레이브 송신기의 수신 모듈에 의해 사용된다. 추정된 채널 특성과 함께 마스터 송신기로부터의 모니터링된 전송은 슬레이브 송신기의 오실레이터 및 마스터 송신기의 오실레이터 사이의 오실레이터 주파수 오프셋(및 선택적으로 위상 오프셋)을 결정하기 위해 각각의 슬레이브 송신기의 수신 모듈에 의해 사용된다. 각각의 슬레이브 송신기에서의 결정된 오실레이터 주파수 오프셋 및 위상 오프셋은 전송들을 보상하기 위해 상기 슬레이브 송신기의 송신 모듈에 의해 사용된다.
- [0015] 다른 양상에 있어서, 일반적으로, 마스터 송신기와 함께 협력 전송을 제공하기 위해 슬레이브 송신기를 동작시키는 방법은 마스터 송신기로부터의 신호의 전송과 함께 슬레이브 송신기로부터의 동시 발생하는 변조를 위한 신호를 형성하는 단계를 포함한다. 마스터 송신기로부터 슬레이브 송신기에서 수신되는 전송들에 기반하여 슬레이브 송신기에서의 주파수 레퍼런스 및 마스터로부터의 전송의 변조 주파수 사이의 시간-가변 위상 오프셋의 추정치는 슬레이브 송신기에서 유지된다. 신호는 시간-가변 위상 오프셋의 추정치에 따라 변조 전에 변형되고, 그리고는 슬레이브 송신기에서의 주파수 레퍼런스에 따라 변조된다. 마스터 송신기에서 변조되는 신호는 마스터 송신기로부터 전송되고 슬레이브 송신기로부터의 변조되고 변형된 신호의 전송과 함께 전송된다.
- [0016] 다른 양상에 있어서, 일반적으로, 슬레이브 송신기는 슬레이브 송신기에서 수신되는 마스터 송신기로부터의 전송들에 기반하여 마스터 송신기로부터의 신호들과 관련된 임의의 수신기에서 위상 오프셋 내의 변화를 추정한다. 위상 오프셋 내의 변화를 추정하는 단계는 마스터 송신기로부터의 전송을 변조하는 단계, 및 예상되는 변조 값들과 변조된 전송을 비교하는 단계를 포함한다.
- [0017] 소정 예시들에 있어서, 마스터 송신기로부터의 전송은 마스터 송신기로부터의 신호의 전송의 프리앰블을 포함한다.
- [0018] 다른 양상에 있어서, 일반적으로, 슬레이브 송신기는, 합동 패킷 전송(joint packet transmission) 동안 사일런스(silence)의 기간 및 전송의 기간들을 조정함으로써 마스터 송신기와 함께 동시에 전송하는 동안 마스터 송신기와 관련된 주파수 오프셋을 모니터링한다.
- [0019] 다른 양상에 있어서, 일반적으로, 슬레이브 송신기는, 동시 전송으로부터의 간섭을 취소시키기 위해 슬레이브 송신기 상의 안테나들의 서브세트를 이용하여 마스터 송신기와 함께 동시에 전송되는 동안 마스터 송신기와 관련된 주파수 및/또는 위상 오프셋을 모니터링한다.
- [0020] 다른 양상에 있어서, 일반적으로, 슬레이브 송신기 및 마스터 송신기 각각은, 수신기로부터의 채널 정보의 주기적인 통신을 요구하지 않고, 수신기로의 채널 추정들을 계속해서 트래킹한다.
- [0021] 소정 예시들에 있어서, 상기 접근법은 마스터 송신기로부터의 신호의 전송과 함께 슬레이브 송신기로부터의 동시 발생하는 변조를 위한 신호를 형성하는 단계, 마스터 송신기로부터 슬레이브 송신기에 수신되는 전송들에 기반하여 슬레이브에서의 전송 및 마스터로부터의 전송 사이의 사이의 시간-가변 위상 오프셋의 추정치(estimate)를 유지하는 단계, 시간-가변 위상 오프셋의 추정치에 따라 변조에 앞서 신호를 변형하는 단계 및 슬레이브 송신기에서의 주파수 레퍼런스에 따라 변형된 신호를 변조하는 단계를 포함한다.
- [0022] 소정 예시들에 있어서, 상기 접근법은 마스터 송신기로부터의 마스터 송신기에서 변조된 신호 및 슬레이브 송신기로부터의 변조되고 변형된 신호를 동시에 전송하는 단계를 포함한다.
- [0023] 소정 예시들에 있어서, 마스터 및 슬레이브 송신기(및 잠재적으로 마스터)들로부터의 전송들에 의해 이동되는 데이터는 특정 수신기에서 신호의 강도(SNR)을 증가시키기 위해 그들의 전송되는 신호(들)을 변형시킨다.

[0024] 소정 예시들에 있어서, 마스터 및 슬레이브 송신기들로부터의 전송들에 의해 이동되는 데이터는 서로 다른 수신기로 의도되고, 서로 다를 수 있으며, 마스터 및 슬레이브 송신기는 그들의 의도된 수신기들이 다른 전송들로부터의 간섭 없이 그들의 의도된 데이터를 수신하도록 허용하기 위해 그들의 전송되는 신호들을 변형시킨다.

[0025] 소정 예시들에 있어서, 수신기들로부터의 애크(Acknowledgement)들은 수신기로의 채널 추정치들을 동시에 업데이트하기 위해 이전 데이터 패킷으로부터의 전송을 위해 사용되고, 마스터 및/또는 슬레이브 송신기들이 마스터 및 슬레이브 송신기들 모두에서 변조 이전에 그들의 전송되는 신호들을 변형시키는 것을 허용하기 위해 사용된다.

[0026] 다른 양상에 있어서, 일반적으로, 마스터 송신기는 제 1 오실레이터 주파수에서 동작하기 위한 제 1 오실레이터, 심볼들을 전송하기 위한 제 1 송신기 모듈을 포함하고, 여기서, 제 1 송신기 모듈은 제 1 오실레이터 주파수에서 동작하기 위한 제 1 오실레이터와 결합되며, 슬레이브 송신기와 관련하여, 각각의 슬레이브 송신기는 다음을 포함하는 적어도 하나의 슬레이브 송신기들의 각각의 슬레이브 송신기인데, 제 2 오실레이터 주파수에서 동작하는 제 2 오실레이터, 마스터 송신기로부터의 전송들을 수신하기 위한 수신기 모듈, 여기서, 수신기 모듈은 제 2 오실레이터 송신기에서 동작하며 마스터 송신기로부터 수신되는 전송들에 기반하여 제 2 오실레이터 주파수 및 제 1 오실레이터 주파수 사이의 주파수 오프셋을 결정하기 위한 주파수 오프셋 트래킹 모듈을 포함하며, 심볼들을 전송하기 위한 제 2 송신기 모듈을 포함하고, 여기서, 제 2 송신기 모듈은 제 2 오실레이터 주파수에서 동작하며 심볼들을 전송하기 전에 상기 주파수 오프셋에 대한 보상(compensating)을 위한 주파수 오프셋 보상 모듈을 포함한다.

도면의 간단한 설명

[0027] 도 1a는 마스터 송신기이다.
 도 1b는 슬레이브 송신기이다.
 도 2는 기저대역 전송 경로들의 모델의 블록도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

1. 개요(Overview)

[0029] 여기 설명된 시스템은 독립적인 주파수 및 클락 레퍼런스를 갖는 N 단일-안테나 송신기들이, N 송신기들이 액세스 포인트들을 가로질러 일정한 위상 및 주파수를 갖는 공통 캐리어 레퍼런스로 액세스되었던 시스템을 에멀레이션하는 것을 허용한다. 이는 N 단일-안테나 송신기들이 예컨대, 단일 N-안테나 MIMO(Multiple input Multiple Output) 송신기를 에멀레이션하는 것을 허용한다. 에멀레이션된 N-안테나 MIMO 송신기는, 빔포밍, 널링, 또는 더 많은 일반 MIMO 기술들, 예컨대, N 스트림들 보다 더 적은 것을 전송하는 동안 특정 수신기들에서의 널링에 의해 N 유저들에게 N 동시 스트림들을 전달하면서, 서로에게 간섭을 일으키지 않는 N 동시 스트림들을 전송할 수 있다. 이러한 시스템은 간섭 없이 어느정도 수의 데이터 스트림들의 동시 전송을 가능케 하는 수십 또는 수백개의 송신기들을 제공하기 위해, 예시로서, 거대한 방(예컨대, 컨퍼런스 센터) 또는 외부 세팅(예컨대, 밀집 도심 영역) 내에서 사용될 수 있다. 보다 일반적으로, 다수의 송신기 중 일부 또는 전부 및 사용자 장치들의 일부 또는 전부는 다수의 안테나들을 가질 수 있다.

[0030] 아래 논의되는 다양한 예시들에 있어서, "송신기들"(또는 소스 스테이션들(source stations))은 때때로 또는 적어도 일부에서, 송신기로서 기능하는 통신 네트워크 내에서 다양한 타입의 노드들일 수 있다. "송신기들"은 송신기 및 수신기 구성요소들을 포함하고, 클라이언트 "수신기들(또는 목적지 스테이션들)"로 코히어런트 전송들 중 하나 또는 서브셋을 전송하는 것과 같은 그들의 역할 내에서 "송신기들"로 불리고, 클라이언트 "수신기들"은 또한 일반적으로 송신기 및 수신기 구성요소들을 포함하고, 다수의 "송신기들"로부터 다수의 코히어런트 신호들을 수신하는 것과 같은 그들의 역할 내에서 "수신기들"로 불린다. 이러한 송신기들은 제한 없이, 무선 이더넷 인프라스트럭처 액세스 포인트들(APs), 예컨대, 802.11n 액세스 포인트들에서, 무선 리피터 스테이션들(repeater stations), 기지국, 예컨대, 셀룰라 네트워크들에서, 중계국들, 또는 다른 무선 노드들을 포함할 수 있다. 본 명세서의 나머지 부분에서, 명확히 다르게 지시하지 않는 한, 용어 "송신기들" 및 "액세스 포인트"는 넓게, 다른 무선 스테이션들로 전송하는 이러한 종류의 노드들 중 어느 것을 참조하도록 사용된다.

[0031] 클라이언트 수신기(아래 소정 예시들에서 "클라이언트" 또는 "수신기"로 단순히 불릴 수 있음)가 간섭 없이 그것의 의도된 신호를 복호화하기 위해, 다른 클라이언트들로 의도된 N-1 신호들은 그 클라이언트에서 서로에게

캔슬(cancel)하는 것(즉, 파괴적으로 간섭을 일으키며)이 바람직하다. 캔슬이 일어나면, 각 송신기는 그것의 전송되는 신호들의 위상(및 크기(magnitude))를 제어하고, 그에 따라 캔슬이 모든 전송된 심볼에 대해, 모든 비의도된 클라이언트에서 달성된다. 전송되는 신호들 사이에서 위상을 제어하는 것은 모든 전송 안테나들이 동일한 오실레이터를 공유하는 때, 단일 N-안테나 송신기보다 상대적으로 단순하다. 반대로, 분산 세팅에 있어서, 전송 안테나들은 서로 다른 송신기 상에 전재하고, 따라서, 각 송신 안테나는 서로 다른 오실레이터와 접속된다. 서로 다른 오실레이터들은 서로와 관련하여 알 수 없는 위상 쉬프트를 본질적으로 갖는다. 더욱이, 서로 다른 오실레이터들은 정확히 동일한 주파수를 갖지 않으며, 서로 다른 송신기들이, 예컨대, 동작 전원을 감소시키는 것과 같이, 그들의 오실레이터들들 끄는 것을 독립적으로 선택하기 때문에, 그들의 위상 쉬프트들은 시간이 흐르면서 변한다. 이러한 분산 세팅 내에서 일정한 위상 동기화를 강제하는 것은 매우 쉽지 않다.

[0032] 아래에 소정 논의들이 단일, 각각 단일 안테나를 갖는 송신기들에 포커싱하고 있다고 하더라도, 접근법들은 소정 또는 모든 송신기들이 공통 오실레이터들에 딸 제어되는 다수 안테나들을 갖는 데에도 적용가능한 것으로 이해될 것이다. 이러한 경우들에 있어서, 하나의 송신기 내에서, 그 송신기들의 안테나들로부터 전송되는 신호들은 공통 오실레이터들의 사용에 의해 서로와 관련된 일정한 위상을 본질적으로 유지한다. 예컨대, N 2-안테나 액세스 포인트들은 2N-안테나 액세스 포인트를 에뮬레이션할 수 있다.

[0033] 도 1a 및 1b를 참조하면, 도시된 예시(예컨대, N = 2 송신기들이고, 접근법은 매우 많은 수의 액세스 포인트들 및 클라이언트 수신기들에 적용가능한 것으로 인식됨)에 있어서, 단일 안테나 마스터 송신기(102), 단일 안테나 슬레이브 송신기(104), 및 두개의 단일 안테나 클라이언트 수신기들(106, 110)이 공유 매체를 통해 무선으로 통신하도록 구성된다. 장치들에서 송신기 및 수신기 섹션들 모두 연결된 것으로 도시된 바와 같이, 안테나들은 커플링 및/또는 스위칭 회로를 가지고 도시되지 않는 것에 주목해야 한다. 마스터 송신기(102)는 두 수신기들로 두 개의 데이터 프레임들, X_1 및 X_2 의 동시 전송을 각각 제어한다. 마스터 송신기 및 슬레이브 송신기의 안테나들로부터 방출되는 신호들은 수신기들의 안테나들에서 바람직한 건설적인 및 파괴적인 간섭을 달성하기 위해 동기화된다.

[0034] 이러한 예시에 있어서, 마스터 송신기 및 슬레이브 송신기는 모두 수신기들로 전송되어질 데이터 프레임들 X_1 및 X_2 로의 액세스되어 있다. 예컨대, 각 송신기는 송신기들을 링크하는 유선 네트워크(또는 무선 네트워크, 동일한 또는 서로 다른 주파수들 상의)를 통해 데이터 프레임들을 수신할 수 있다.

[0035] 도 1a를 참조하면, 두 프레임들을 전송하기 위해, 마스터 송신기(102)는 데이터 프레임을 수신하고(즉, 프레임 내에서 전송되어질 페이로드에 대한 데이터 프레임 수신), 마스터 병렬화 모듈(112)로 데이터를 제공한다. 마스터 병렬화 모듈(112)은 심볼들의 스트림을 고정 성좌점(fixed constellations)(예컨대, QAM 성좌점들)으로부터 복소 값들(심볼들)에 의해 표현되는 값들의 K 시퀀스, 예컨대, X_1 로부터 $x_{1,0}^{(k)}, x_{1,1}^{(k)}, x_{1,2}^{(k)}, \dots$ $k=0, \dots, K-1$ 로 병렬화된다. 아래 약술되는 바와 같이, 각각의 시퀀스는 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 접근법에서 서로 다른 주파수로 변조될 것이다.

[0036] 마스터 병렬화 모듈(112)은 마스터 송신부(103) 내의 마스터 프리-코딩 모듈(114)로 제 2 수신기에 대한 매핑된 심볼들 $x_{2,0}^{(k)}, x_{2,1}^{(k)}, x_{2,2}^{(k)}, \dots$ 및 제 1 수신기에 대한 매핑된 심볼들 $x_{1,0}^{(k)}, x_{1,1}^{(k)}, x_{1,2}^{(k)}, \dots$ 을 출력한다. 마스터 프리-코딩 모듈(114)은 또한, 각각의 송신기(102, 104)의 송신 안테나들로부터 수신기들(106, 110) 각각의 (수신) 안테나들로의 채널을 나타내는 채널 전송 함수(channel transfer function)를 수신한다. 도 1의 시스템에 두 송신기들 및 두 수신기들이 존재하기 때문에, 각각에 대한 채널 전송 함수는 4개 존재한다: $h_{11}, h_{12}, h_{21}, h_{22}$. h_{11} 은 마스터 송신기(102)로부터 제 1 수신기(106)으로의 채널 전송 함수이다. 일반적으로, 각 주파수 구성요소에 대한 전송 함수는 분리된 복소수이나, k-의존성(k-dependence)은 명료함을 위해 주석으로부터 생략되거나 및/또는 채널 h_{ij} 는 K-차원 복소 벡터가 되어질 것으로 고려될 수 있다. h_{21} 은 마스터 송신기(102)로부터 제 2 수신기(110)로의 채널 전송 함수이다. h_{12} 은 슬레이브 송신기(104)로부터 제 1 수신기(106)로의 채널 전송 함수이다. h_{22} 은 슬레이브 송신기(104)로부터 제 2 수신기(110)로의 채널 전송 함수이다.

[0037] 단일 주파수 구성요소 k를 고려하면(및 아래 주석에 k 의존성을 생략하면), 마스터 프리-코딩 모듈(114)은 조합된 프리코딩된 심볼들 $y_{1,0}, y_{1,1}, \dots$ 을 생성하기 위해, 채널 전송 함수들 $h_{11}, h_{12}, h_{21}, h_{22}$ 에 기반하여 매핑된 심볼들을 프리코딩하고, 그에 따라, 매핑된 심볼들은 $x_{1,0}, x_{1,1}, \dots$ 을 캔슬하고 제 2 수신기(110)의 안테나에서

$x_{2,0}, x_{2,1}, \dots$ 을 제공하는 동안 $x_{2,0}, x_{2,1}, \dots$ 을 캔슬하고 $x_{1,0}, x_{1,1}, \dots$ 을 제공하기 위해 제 1 수신기(106)의 안테나에서 슬레이브 송신기로부터의 전송과 함께 조합되어 수신된다. 전형적인 MIMO 기술들은 마스터 프리-코딩 모듈(114)에 의해 실행되고, 이후 더이상 논의되지 않을 것이다.

[0038] 마스터 프리-코딩 모듈(114)의 출력은, 매핑된, 프리코딩된 심볼들 각각을 시간 도메인 파형으로 변환하는 마스터 변조 모듈(116)에 제공된다. 적어도 개념적으로, 기저대역 시간 파형이 형성되어, 효율적으로 k번째 구성요소는 주파수 $k\mathcal{M}$ 으로 변조되고, 여기서, 인자 \mathcal{M} 은 변조기 내에서 시간 신호로의 변환의 샘플링 레이트에 의존하고, 바람직한 샘플링 주파수 γ_s 에 상당히 비례한다. 마스터 변조 모듈은 바람직한 캐리어 주파수 ω_c (복소 사인 신호 $\exp j((\omega_1(t) + k\gamma_1(t))t)$ 에 의해 k번째 입력의 변조를 보다 정확히 나타냄)에서 충분히 캐리어 신호를 생성하는 마스터 변조기(116)에 의해 구동되고, 이에 따라 $\omega_i(t) \approx \omega_c, \gamma_i(t) \approx \gamma_s$ 및 $\omega_i(t)$ 및 $\gamma_i(t)$ 는 천천히 가변할 수 있다. 마스터 변조 모듈(116)의 출력은 N 직교 서브-캐리어들의 합을 포함하는 시간 도메인 신호이고, 각각의 서브 캐리어는 하나의 심볼을 전송한다. 마스터 변조 모듈(116)은 마스터 안테나(120)로 제공된다.

[0039] 도 1b를 참조하면, 슬레이브 송신기(104)의 전송부(105)는 마스터 액세스 포인트(102)와 마찬가지로 동일한 방법으로 심볼들을 전송한다. 그러나, 전송한 바와 같이, 슬레이브 액세스 포인트는 슬레이브 액세스 포인트로부터의 전송들을 변조하기 위해 사용되는 분리된 오실레이터(144)를 갖는다. 슬레이브 오실레이터(114)는 캐리어 신호를 바람직한 캐리어 주파수 ω_c (복소 사인 신호 $j((\omega_2(t) + k\gamma_2(t))t)$ 에 의해 보다 정확히 나타내어짐)에서 충분히 생성하고, 이에 따라, $\omega_1(t) \neq \omega_2(t)$ 및 $\gamma_1(t) \neq \gamma_2(t)$ 와 함께 전형적으로, $\omega_2(t) \approx \omega_1(t) \approx \omega_c, \gamma_1(t) \approx \gamma_2(t) \approx \gamma_s$ 이다. 이러한 차이들은 아래 설명되는 바와 같이 명시적으로 설명된다.

[0040] 마스터 및 슬레이브 각각에서, 수신되는 경로 상의 복조기는 동일한 오실레이터(142, 144)를 사용하고, 그러므로, 오실레이터들 사이의 차이는 액세스 포인트들의 수신 및 전송 경로들 둘 모두에서 분명히 나타난다.

[0041] 다수의 액세스 포인트들로부터의 협력(예컨대, 코히어런트) 전송들을 방출하기 위해, 두 이슈들이 설명된다:

[0042] a. 다수의 액세스 포인트들로부터의 전송들을 동기화함으로써 그들이 단일 동시 프레임 전송 내에서 일정한 상대 위상을 유지하는 것

[0043] b. 액세스 포인트들 및 클라이언트들 사이의 일정한 상태 전송 위상과 함께 일정한 채널 추정치들을 결정하여, MIMO 기술들이 전송들을 프리코딩하는데 적용될 수 있으며, 그에 따라 다수의 데이터 스트림들이 동시 전송동안 그들의 의도된 목적지들로 전송될 수 있는 것

[0044] 이 이슈들 중 첫번째에 대해서, 오실레이터 주파수에 대한 단순한 보정이 하나의 프레임 전송 내에서 일정한 위상을 야기할 수 있음에 주목하는 것이 중요하다. 그러나, 오실레이터 주파수 내의 차이의 추정치 내의 작은 에러들은 프레임에서 프레임으로 가변하는 동시 전송들의 상대 위상을 야기할 수 있고, 그에 따라 사용되어지기에 충분히 길어 유효한, 액세스 포인트들로부터 클라이언트로의 채널의 추정치를 유지하는 것을 매우 어렵게 한다.

[0045] 그러므로, 동기화에 대한 접근법은 각 프레임 전송에서 주파수 오프셋 및 위상 오프셋을 위한 보상 및 프레임의 전송 내의 연속적인 심볼들에 대한 위상을 조정하는 것 모두를 설명한다. 일반적인 접근법은 리드 및 하나 이상의 슬레이브 액세스 포인트들에 의해 클라이언트들로의 동시 전송 전에 하나 이상의 슬레이브 액세스 포인트들에 의해 짧게 수신되는 리드 액세스 포인트로부터의 동기화 프레임 전송을 활용하는 것이다. 일반적으로, 그리고 아래 보다 상세히 설명되는 바와 같이, 슬레이브 액세스 포인트들은 리드 액세스 포인트로 그들의 일정한 고정 상대 위상을 달성하기 위해, 그들의 동시 전송들을 보정하도록 리드 액세스 포인트로부터의 수신된 동기화 전송을 사용한다.

[0046] 액세스 포인트들로부터 클라이언트들로의 채널 추정치들을 결정하는 이슈는 다양한 방식으로 설명될 수 있다. 소정 접근법은 전송들이 다운링크 채널들의 추정을 허용하기 위해 액세스 포인트들로 피드백을 제공하는 적합한 조정(coordination) 및 액세스 포인트들로부터의 이후의 다운링크 전송들에 대한 MIMO 기술들의 응용을 가지고, 다수 액세스 포인트들로부터 방출되는 것을 인지하는 클라이언트들을 사용한다.

- [0047] 2. 동작 원리
- [0048] 구체적인 실시예들의 논의 전에, 많은 동작원리들이 두 개의 단일-안테나 클라이언트들과 함께 통신하는, 하나는 슬레이브이고 하나는 마스터인, 두 단일-안테나 액세스 포인트들의 상세 문단 내에서 설명된다. 이는 매우 도식적인 예시이고, 동작 원리들은 다수 안테나들과 함께 액세스 포인트들 및 클라이언트들 각각으로 및 두 액세스 포인트들보다 많은 데로 본질적으로 연장되는 것은 이해될 것이다.
- [0049] 도 2를 참조하면, 액세스 포인트들 및 클라이언트들 사이로부터의 신호 경로들은 도시된 바와 같이, 그들의 등가 기저 대역 구성요소들로 분해될 수 있다. 도 2는 리드 액세스 포인트(102) 및 슬레이브 액세스 포인트(104)로부터 전송되는 입력 신호(즉, 복소값들) s_1 및 s_2 를 나타내고, 그에 따라, 그들은 각각, 클라이언트(106 및 110)에서 바람직한 신호들 x_1 및 x_2 (스케일링된 버전들)을 형성하기 위해 조합한다. 신호들 s_1 및 s_2 는 전송 프레임 내의 시간 오프셋에서, 특정 주파수(k)에서의 대표값이다 - 그러나, 설명의 명료함을 위해, 주파수 및 시간 의존성은 주석에서 생략된다.
- [0050] 입력 신호들은 클라이언트들 및 액세스 포인트들 사이의 채널 추정치들에 의해 일반적인 MIMO 기술들을 이용하여 결정되고, 예컨대, $(s_1, s_2)^T = H^{-1}(x_1, x_2)^T$ 이고, 또는 보다 일반적으로, 전력 제한 버전은 예컨대, $(s_1, s_2)^T = \beta H^{-1}(x_1, x_2)^T$ 이며, 여기서, β 는 마스터 및/또는 슬레이브 액세스 포인트들에서 전력 강제(power constraint)를 만족시키기 위해 선택된다. 아래 논의되는 하나의 양상은 채널 매트릭스 H 에 대한 적합한 입력들을 결정하기 위한 접근법으로, 이에 따라 신호 s_i 는 클라이언트들에서 바람직한 조합들을 생성한다. H^{-1} 의 응용은 도 2에 도시되지 않는다.
- [0051] 신호 경로들의 구성요소들은 도 2에 상세히 도시되지만, 동작 중에, 각 구성요소는 개별적으로 고려될 필요는 없고, 도 2의 시스템은 사용되는 절차들을 설명하기 위한 기본들을 여전히 제공하는 반면, 물리적인 구조에 반드시 대응하지는 않는다.
- [0052] 리드 액세스 포인트(102)에서, 전송 경로에 있어서, 하드웨어(예컨대, 증폭기, 안테나, 안테나-에어 인터페이스 등)는 복소 (일반적으로 시간-불변) 계인 t_1^{AP} 을 생성한다(introduce). 도 2가 단일 주파수 구성요소를 도시하고, 그러므로, 도면에 도시된 계인들은 일반적으로 주파수에 의존하는 것에 주목해야 한다. 유사하게, 수신 경로는 계인 r_1^{AP} 를 포함한다. 일반적으로, 전송 및 (복소) 경로 상의 계인들은 동일하지 않다. 슬레이브 포인트(104)는 전송 및 수신 경로 계인들 t_2^{AP} 및 r_2^{AP} 을 각각 유사하게 갖는다.
- [0053] 더욱이, 전송한 바와 같이, 슬레이브에서의 수신 경로는 마스터 액세스 포인트와 관련된 슬레이브 액세스 포인트에서의 오실레이터 주파수 및 샘플링 주파수 사이의 미스매치를 나타내는 시간 τ_n 에 근접한 $d_2^{AP}(t) \approx \exp j(\theta_n + (t - \tau_n)\Delta\omega_n)$ 로서 근사화될 수 있는 시간 가변, 유닛 계인, "회전(rotating)" 위상 구성요소를 포함한다. 동일한 오실레이터 및 샘플링 클락이 슬레이브 액세스 포인트의 출력 경로 상에서 사용되기 때문에, 출력 경로는 또한 수신 경로 상에서보다 반대 방향으로 회전하는 회전 위상 구성요소들을 갖는 회전 위상 구성요소 $d_2^{*AP}(t) \approx \exp(-j(\theta_n + (t - \tau_n)\Delta\omega_n))$ 를 포함한다. (예컨대, 변조 및 복조를 위한 샘플링 주파수에 의존하는 인자들과 마찬가지로 오실레이터 주파수 오프셋 둘 모두를 반영하면서, 용어 $\Delta\omega_n$ 은 주파수 구성요소 k 에 일반적으로 의존하는 점에 주목해야 한다.)
- [0054] 도시된 바와 같이, 클라이언트들은, 클라이언트 오실레이터들 및 샘플링 클락들의 미스 매치를 설명하는 회전 위상 구성요소들 $d_i(t)$ 와 마찬가지로, 전송 및 수신 경로 계인들, t_i 및 r_i 를 유사하게 갖는다.
- [0055] 액세스 포인트들 i 및 j 사이의 오버-더-에어(over-the-air) 경로들은 a_{ij}^{AP} 로 도시되고 반비례(reciprocal)일

것으로 가정된다. 유사하게, 액세스 포인트 i 및 클라이언트 j 사이의 반비례적인 경로는 a_{ij} 로 도시된다.

[0056] 2.1 오실레이터 주파수 및 위상 오프셋에 대한 슬레이브 전송 보상

[0057] 슬레이브 액세스 포인트(104)를 다시 참조하면, 슬레이브 액세스 포인트가 마스터 액세스 포인트로부터의 전송을 수신하는 때, 전송 내의 알고 있는 값들("파일럿 심볼들")은 슬레이브가 마스터로부터 슬레이브로의 경로의 크기 및 위상을 결정하도록 허용한다. 이러한 경로는, 앞서 설명한 바와 같이,

$d_2^{AP}(t) \approx \exp j(\theta_n + (t - \tau_n)\Delta\omega_n)$ 로서 국소적으로 모델링되는 부분 $d_2^{AP}(t)$ 와 마찬가지로, 개인 $r_2^{AP} a_{12}^{AP} t_1^{AP}$ 를 갖는 상대 상수 부분(relative constant part)을 갖는 것으로 고려된다. 슬레이브가 시간 τ_n 에서 전송을 수신하는 때, 그것은 상대적으로 상수 부분에 의해 생성되는 위상 사이에서 구별될 수 없고, $\angle(d_2^{AP}(t)r_2^{AP} a_{12}^{AP} t_1^{AP}) = \psi_n + (t - \tau_n)\Delta\omega_n$ 로서 총 위상(total phase)을 근사화할 수 있다.

[0058] 전송 경로 상에서, 슬레이브 액세스 포인트는 (전송 경로에서 IDFT 및 변조 전에 실행되는) $d_2^{*AP}(t)$ 에 의해 출력 경로 상에서 생성되는 예상 시간 가변 위상 차이의 반대 위상을 생성하는 위상 조정 구성요소들 b 및 c(t)를 포함한다. 위상 조정 구성요소들 b 및 c(t) 각각은 단위 크기를 가지며, $d_2^{*AP}(t)$ 의 반대 위상을 함께 생성(introduce)한다. 시간 τ_0 에서, b는 항등식(unity)을 위해 초기화되고, c(t)는 $\angle c(t) = (t - \tau_0)\Delta\omega_0$ 을 갖는 단위 크기로 그렇게 세팅된다. τ_0 이후에 짧게 전송되는 값 s_2 는 도 2에 도시된 t_2^{AP} 블록(block)을 매개로 전송 경로로 통과하기 전에, 근사적으로 위상 $-\theta_0$ 및 단위 크기를 갖는 상수인 개인 $d_2^{*AP}(t)c(t)b$ 를 경험한다(experiences). (시간 τ_n 및 업데이트된 블록 b 및 c(t)를 가지고, 시간 τ_0 보다 짧은 이후 시간에서, t_1^{AP} 를 매개로 마스터에서의 전송 경로에 제공되는 신호의 위상과 비교되는 것과 같이, t_2^{AP} 블록을 매개로 슬레이브에서의 전송 경로에 제공되는 신호의 상대 위상은 $-\theta_0 + \angle(r_2^{AP} a_{12}^{AP} t_1^{AP}) = \psi_0 - 2\theta_0$ 로 유지되는 것에 주목해야 한다.)

[0059] 이후 시간 τ_n 에서, 슬레이브 액세스 포인트가 마스터로부터의 다른 전송을 수신하는 때, 추정자는 새로운 추정치들 ψ_n 및 $\Delta\omega_n$ 을 결정하고 b 및 c(t)를 업데이트함으로써 $\angle b = \psi_n - \psi_0$ 및 $\angle c(t) = (t - \tau_n)\Delta\omega_n$ 이다. 오실레이터의 위상 내의 변화 $\theta_n - \theta_0$ 가 ($r_2^{AP} a_{12}^{AP} t_1^{AP}$ 의 위상이 남겨진 상수를 갖는 것으로 가정하며) $\psi_n - \psi_0$ 와 같고, 그러므로, τ_n 이후의 짧게 전송되는 새로운 값 s_2 (즉, 블록들 b 및 c(t)이 업데이트된 이후)는 t_2^{AP} 블록을 매개로 전송 경로를 통과하기에 앞서, 근사적으로, 단위 크기 및 위상 $-\theta_0$ 를 갖는 상수인 상수 개인 $d_2^{*AP}(t)c(t)b$ 를 다시 경험한다. (시간 τ_0 에서 짧게 지난 시간에서와 마찬가지로, 업데이트된 블록들 b 및 c(t)와 시간 τ_n 을 가지고, t_1^{AP} 블록을 매개로 마스터에서 전송 경로로 제공되는 신호의 위상과 비교하여, t_2^{AP} 블록을 매개로 슬레이브에서 전송 경로로 제공되는 신호의 상대 위상은 $-\theta_0 + \angle(r_2^{AP} a_{12}^{AP} t_1^{AP}) = \psi_0 - 2\theta_0$ 로 유지되는 점에 주목해야 한다.)

[0060] 2.2 마스터 및 슬레이브 액세스 포인트들로부터의 코히어런트 전송

[0061] 마스터 및 슬레이브 액세스 포인트들로부터의 값들 s_1 및 s_2 의 코히어런트 전송은 각각, 시간 τ_n 에서 슬레이브로 동기화 전송(즉, 알고 있는 심볼들을 포함하는 시퀀스)을 가장 먼저 보내는 마스터 액세스 포인트에 의해 달성된다. 전송한 바와 같이, 슬레이브 액세스 포인트는 그 수신되는 동기화 전송으로부터 ψ_n 및 $\Delta\omega_n$ 에 따라 그것의 보상 항(terms)을 업데이트한다.

[0062] 알려진 시간 지연에서, 시간 $\tau_n + \Delta\tau$ 에서, 마스터 및 슬레이브는 각각 동시에 s_1 및 s_2 를 전송한다(즉, 이러한 심볼들은 거대한 프레임의 일부로서 전송된다). 이러한 전송들은 전송을 통해 고정 상대 위상에서 전송 블록 t_1^{AP} 및 t_2^{AP} 로 통과하고, 따라서, 두 신호들 사이에는 위상 회전이 없다. 더욱이, 연속적인 전송들은 아래 약슬되는 바와 같이, 동일한 상대 위상을 경험한다(즉, 상대 위상 $\psi_0 - 2\theta_0$). 이러한 후자의(latter) 특징은 슬레이브 액세스 포인트에서 클라이언트들로의 채널 추정치들이 마스터로부터의 주파수 오프셋들 및 슬레이브 오실레이터 위상에서의 변화에 의해 영향을 받지 않는다는 점에서 중요하다.

[0063] 슬레이브 액세스 포인트가 마스터 액세스 포인트로부터의 전송을 검출하는데 지연을 경험할 수 있다는 점을 인지하는 것은 중요하다. 예컨대, 그것이 전송이 $\delta\tau$ 만큼 늦은 것을 검출하는 것을 가정하면, 그것의 전송은 시간 $\tau_n + \Delta\tau + \delta\tau$ 에서 이루어진다. 마스터로부터의 전송에서 알려진 심볼들의 늦은 검출로 인해, 위상의 슬레이브의 추정치는 $\delta\psi$ 만큼 증가되고, 보상 항 b 의 위상에서의 증가가 슬레이브로부터의 늦은 전송을 보상하며, 그에 따라 접근법은 검출 지연의 양에 필수적으로 반응을 나타내지 않는다(Insensitive).

[0064] 2.3 오실레이터 주파수 및 위상 오프셋에 대한 슬레이브 수신기 보상

[0065] 슬레이브 액세스 포인트의 수신 경로 상에서, 오실레이터 위상 및 주파수 오프셋에 대한 유사한 보상은 $b^*c^*(t)$ 에 의해 수신 신호를 효율적으로 배가시킴으로 인해 달성될 수 있다. 예컨대, 대략 τ_0 시간에서, 신호가 (예컨대, 클라이언트로부터) 수신되는 때, 보상된 경로의 게인 $b^*c^*(t)d_2^{AP}$ 은 단위 크기 및 위상 θ_0 를 근사적으로 갖는다. 다시, 시간 τ_n 에서 다음 업데이트의 근사한 시간 내에서, 이러한 보상된 경로의 위상은 근사적으로 θ_0 로 남는다.

[0066] 2.4 클라이언트 채널들의 액세스 포인트

[0067] 마스터 액세스 포인트($j=1$)로부터 클라이언트 i 까지의 효율적인 기저대역 신호 경로는 $g_{i1} = d_i(t)r_i a_{i1} t_1^{AP}$ 이다. 만약 클라이언트가 그것의 오실레이터 위상 및 주파수 오프셋에 대한 보상을 위해 전송 내의 알려진 값들을 사용한다면, 효율적인 채널은 $\tilde{g}_{i1} = r_i a_{i1} t_1^{AP}$ 이다.

[0068] 슬레이브 포인트들이 앞서 설명한 바와 같이, 마스터와 관련된 그들의 회전 전송 위상에 대해 보상하고, 교정항(correction terms)이 정확하게 남아있다면, 슬레이브 액세스 포인트 j 로부터 클라이언트 i 까지의 효율적인 위상-교정 기저대역 신호 경로(즉, b 및 $c(t)$ 블록들 내의 입력의 보상을 고려하는)는 $g_{ij} = d_i(t)r_i a_{ij} t_j^{AP} d_j^{*AP}(\tau_0)$ 이고, 여기서, $d_j^{*AP}(\tau_0) = \exp(-j\theta_0)$ 는 슬레이브 액세스 포인트 j 에서 기록되고 슬레이브 액세스 포인트에서 측정되는 초기 위상의 효과(effect)이다. 다시, 만약 클라이언트가 그것의 오실레이터 위상 및 주파수 오프셋들에 대해 보상을 하기 위해 전송 내의 알려진 심볼들을 사용한다면, 효과적인 채널은 $\tilde{g}_{ij} = r_i a_{ij} t_j^{AP} d_j^{*AP}(\tau_0)$ 이다.

[0069] 매트릭스 H 의 구성요소들을 형성하는 채널 추정치들 h_{ij} 는 목적지 클라이언트 i 에 의존하는 (복소) 비례상수 α_i 내에서 알려지도록 단지 요구된다. 아래 논의에 있어서, 이러한 비례상수는 $h_{ij} = \alpha_i g_{ij}$ 로 정의되었다.

[0070]

3. 슬레이브 액세스 포인트들로부터의 코히어런트 전송

[0071]

앞서 설명된 원리들과 일관된 다수의 액세스 포인트들로부터의 동시 전송을 이끄는 단계들은 다음과 같다. 액세스 포인트들이 하이 캐퍼시티 백엔드 채널(high-capacity backend channel)(예컨대, 기가비트 유선 이더넷)에 의해 링크되는 이러한 예시들에 있어서, 기초적인 가정이 존재한다는 것에 주목해야 한다. 클라이언트들로 의도된 프레임들은 공유 백엔드 채널들을 통해 모든 액세스 포인트들로 분산되고, 프레임들의 바람직한 프리코딩은 (예컨대, H^{-1}) 마찬가지로 백엔드 채널을 매개로 조정된다.

[0072]

이러한 예시에 있어서, 예컨대, 그것이 파워 업을 위해 먼저이기 때문에, 또는 그것이 마스터로서 역할을 하기 위해 특수하게 구성되었기 때문에, 하나의 액세스 포인트는 마스터 액세스 포인트로 이미 식별되었다고 가정한다. 이러한 예시에 있어서, 우리는, (1로 넘버링된 마스터와 함께 2, ..., N으로 넘버링된) N-1 슬레이브 액세스 포인트들이, 동시 전송들 내에 관여할 것인 하나의 안테나를 각각 가지고 존재한다고 가정한다.

[0073]

초기화 :

[0074]

1) 시간 $\tau_0^{(n)}$ 에서, 각각의 슬레이브 액세스 포인트 $n=2, \dots, N$ 에 대하여, 마스터는, 슬레이브가 그것이 기록하는 각각의 주파수 구성요소를 위한 초기 위상 오프셋 $\psi_0^{(n)}$ (즉, $\psi_0^{(n)}$ 는 모든 주파수 구성요소들에 대한 벡터로서 표현될 수 있음)을 결정하는 것에 기반하여, 그 슬레이브로 초기 전송을 전송한다. 이러한 초기화들은 모든 슬레이브 액세스 포인트들에 대해 일반적으로 동시에 발생하지는 않는다는 점에 주목해야 한다.

[0075]

액세스 포인트들로부터의 동시 전송:

[0076]

2) 시간 τ_1 에서, 마스터는 슬레이브들 각각으로 향하는 동기화 프레임을 전송한다. 우리는 백엔드 채널을 매개로 및/또는 동기화 프레임 내의 식별 정보를 매개로, 슬레이브들이 액세스 포인트들 각각으로부터 전송하기 위해 바람직한 프레임들 S_n 을 결정한다고 가정한다.

[0077]

3) 슬레이브 액세스 포인트들 $n=2, \dots, N$ 각각에서:

[0078]

a) 마스터로부터의 전송이 검출된다(각 슬레이브가 아주 조금 다른 지연에서 그 전송을 검출할 수 있음을 인지하면서)

[0079]

b) 슬레이브 액세스 포인트는 그것이 교정 구성요소들 b 및 $c(t)$ 를 구성하는 것에 기반하여 새로운 위상 오프셋 $\psi_1^{(n)}$ 및 (즉, $\Delta\omega_1^{(n)}$ 의 추정치들이 주파수 구성요소의 범위로부터의 정보를 사용할 수 있음에도 불구하고, 각각의 주파수 구성요소에 대한 추정치인) 주파수 오프셋 $\Delta\omega_1^{(n)}$ 을 결정한다.

[0080]

c) 마스터로부터의 전송의 검출 이후 고정 지연, 슬레이브는 교정 구성요소들 b 및 $c(t)$ 가 구성된 자신을 매개로 프레임 S_n 을 전송한다

[0081]

앞서 설명한 바와 같이, 이러한 교정의 결과는 각 액세스 포인트가 효율적으로, 마스터와 연관된 (전송 구성요소 t_j^{AP} 에 제공되는) 고정 위상을 유지하는 것이다.

[0082]

단계들 2 및 3은 다음 전송들에서 반복된다.

[0083]

단계 2는 슬레이브로의 전체 프레임의 전송으로서 앞서 설명된 것에 주목해야 한다. 프레임의 프리앰블(예컨대, 802.11n 레가시 프리앰블)은 슬레이브가 동기화하고, 그리고는 마스터로부터의 전송과 함께 합류하는 것에 충분할 수 있고, 그에 따라 상기 프리앰블은 마스터로부터 전송되고, 프레임의 바디(body)는 마스터 및 슬레이브로부터 전송된다는 점은 이해될 것이다. 이러한 접근법은 무선 이더넷 표준, 예컨대, 자동 계인 제어 및 채널 추정, 레가시 프리앰블 이후까지 수행되지 않는 경우와 호환될 수 있다.

[0084] 3.1 다수 안테나 액세스 포인트들

[0085] 상기 논의가 단일-안테나 액세스 포인트들을 설명하고 있다고 하더라도, 다수 안테나 액세스 포인트들은 이러한 다수 안테나들이 공통 오실레이터를 사용하는 관찰(observation)을 활용함으로써 설명된다. 그러므로, 하나의 안테나에 대한 전송한 절차들은 마스터로부터의 동기화 전송을 수신하는데 하나의 안테나를 사용하고, 또는 등가적으로, 예컨대, 마스터 액세스 포인트의 방향으로 바람직한 수신 감도(sensitivity)를 제공하는 다수의 안테나들의 고정 조합(가중치(weighting))을 이용함으로써 다수 안테나들로 확장될 수 있다. 그리고는, 각각의 전송 스트림은 동일한 추정 보상 항들(b 및 c(t))를 이용하여 독립적으로 보상된다.

[0086] 4. 채널 추정치 기반 클라이언트 피드백

[0087] 전송한 바와 같이, 마스터 및 슬레이브 액세스 포인트들은, 먼저 동기화 전송을 전송하고 그리고는, 고정 지연에서, 마스터 및 슬레이브 모두 하나 이상의 클라이언트들에게 전송들을 전송하는 마스터 액세스 포인트에 의해 코히어런트 전송들을 형성할 수 있다.

[0088] 일반적으로, 채널 추정을 위한 하나의 접근법은 알려진 심볼들을 포함하는 각각의 액세스 포인트로부터 전송의 구성요소들을 식별할 수 있고 동시 전송을 수신하는 클라이언트와 관련되며, 그에 따라 액세스 포인트들의 각각으로부터 채널을 추정하고, 차례로 전체 채널 매트릭스 H를 구성하며 그리고는, 이후 전송들에서 값들 s_i 를 결정하는데 사용되고 변환되는 액세스 포인트들로 그 채널들을 보고하는 것을 허용한다.

[0089] 클라이언트가 각각의 액세스 포인트로부터 구성요소들을 식별하는 것을 허락하는 하나의 접근법은 클라이언트에 알려진 패턴으로 액세스 포인트들 각각으로부터 차례로 전송들을 인터리빙하는 것이고, 그에 따라 소정 시간들에서, 각각의 액세스 포인트들은 알려진 심볼을 포함하여 홀로 전송한다. 전송이 한번에 단 하나의 액세스 포인트 전송을 포함하기 때문에, 클라이언트는 각 채널을 개별적으로 결정할 수 있다.

[0090] 다른 접근법은 액세스 포인트들 각각이 선형적으로 독립적인 알려진 값의 서로 다른 세트를 전송하는 것이다. 예컨대, 두 동시 전송들의 경우에 있어서, 만약 마스터가 $(s_{11} = z, s_{12} = z)$ 를 전송하고 슬레이브가 $(s_{21} = z, s_{22} = -z)$ 를 전송한다면, 클라이언트는 그것이 \tilde{g}_{i1} 및 \tilde{g}_{i2} 가 액세스 포인트들로 되돌려 보고하는 것을 해결할 수 있는 $(s_{11}\tilde{g}_{i1} + s_{21}\tilde{g}_{i2}, s_{12}\tilde{g}_{i1} + s_{22}\tilde{g}_{i2})$ 를 효율적으로 수신한다. 보다 일반적으로, 적어도 N_c 값들의 N_c 선형적으로 독립적인 시퀀스는 다수 액세스 포인트들로부터 전송되고, 클라이언트는 액세스 포인트들 각각으로부터 상대 채널들(즉, 알지 못하는 복소 배수 인자 내의 채널들)을 결정한다.

[0091] 다수 클라이언트들로의 채널들들은 서로 다른 경우에 생성되는 서로 다른 클라이언트로의 전송과 함께, 또는 선택적으로, 채널들을 추정하기 위해 하나 이상의 클라이언트에 의해 사용되어지는 액세스 포인트들로부터의 전송과 함께, 이러한 방식으로 결정될 수 있다. 더욱이, 안테나들의 서로 다른 서브세트들을 갖는 전송들의 시퀀스는 서로 다른 클라이언트로 인터리빙될 수 있다.

[0092] 5. 얼터너티브들(alternatives)

[0093] 5.1 패킷 내의 재동기화

[0094] 상술한 접근법들은 슬레이브 액세스 포인트들이 데이터 전송의 시작에서 리드(lead) 액세스 포인트와 함께 그들의 위상을 정확하게 동기화하고, 그리고는 패킷 내의 위상 회전을 차지하기 위한(account for) 리드 액세스 포인트로 그들의 위상 및 주파수 오프셋의 추정치를 사용하는 것을 가능케한다. 홀로, 패킷 내의 위상에서의 누적된 에러들의 크기가, 패킷들을 가로질러서보다 차라리, 그들이 패킷 내에서 단지 누적되기 때문에, 초기 위상 회전 내에서 보다 작음에도 불구하고, 이러한 기술은 패킷 내의 위상에서의 누적되는 에러들을 이끌 수 있고 (lead), 따라서, 수신기들에서의 SNR을 줄일 수 있다. 만약, 오실레이터 오프셋 추정치가 충분히 정확하다면, 이러한 에러들은 조인트(joint) 전송들의 SNR이 보통 프레임 길이에 영향을 받지 않을만큼 충분히 작을 것이다. 이 섹션에서, 우리는 에러들이 조인트 전송들의 수신 SNR 상에서 상당한 영향을 만들만큼 충분히 큰 경우에,

프레임의 기간동안 오실레이터 오프셋 에러들을 트래킹하고 보상하는 기술들을 설명한다.

[0095] 하나의 대안은 슬레이브 액세스 포인트들이 패킷의 기간을 통해 위상 동기화에서 에러들에 대한 보상을 가능케 하는 것이다. 기본 아이디어는 슬레이브 액세스 포인트들이 리드 액세스 포인트들 전송을 듣고, 리드 액세스 포인트들의 그들의 현재 채널을 추정하며, 리드 액세스 포인트들의 오실레이터 위상의 그들의 추정치를 적절하게 재보정하는 것이다. 그러나, 이러한 아이디어를 실행하기 위한 도전은 슬레이브 액세스 포인트들 전송이, 그들의 수신 체인들(chains) 상의 ADC들을 압도(overwhelm)할 것이기 때문에, 그들 자신을 동시에 전송하는 동안 리드 액세스 포인트들의 전송을 단순히 들을 수 없다는 것이다. 적어도 두 개의 서로 다른 매카니즘들은 슬레이브 액세스 포인트들이 그들의 전송들의 전력을 캔슬할 수 있는지 없는지에 의존하여, 슬레이브 액세스 포인트들이 이러한 도전을 설명하는 것을 가능케하는데 사용될 수 있다.

[0096] 슬레이브 액세스 포인트들은, 슬레이브 액세스 포인트들이 단지 단일 안테나를 갖는 때, 또는 슬레이브 액세스 포인트들이 다수 안테나들을 갖는 때 발생할 수 있는 그들의 전송들을 캔슬할 수 없다면, 그러나 그들의 신호를 캔슬하기 위해 전력을 증가시킬 수 없다면(잠재적으로 그들이 전력 제한 체계(regime)에 있기 때문에), 액세스 포인트들은 슬레이브 액세스 포인트들이 주기적으로 사일런트(silent) 상태로 남아있는 스킴을 사용하고, 리드 액세스 포인트가 이러한 사일런트 상태 동안 위상 트래킹을 가능케 하기 위해 알려진 심볼을 전송한다. 특수하게, 리드 액세스 포인트는 리싱크 심볼(resync symbol) 모든 L 데이터 심볼들을 전송한다. 슬레이브 액세스 포인트들은 이러한 리싱크 심볼 동안 동시에 전송하지 않는다. 대신, 그들은 이러한 리싱크 심볼을 이용하여 리드 액세스 포인트로부터 채널을 계산하고, 위상을 재동기화하기 위해 이전 리싱크 심볼(또는 첫번째 리싱크 심볼의 경우 동기화 헤더)를 이용하여 계산된 채널과 그것의 차이값 이용한다.

[0097] 단지 하나의 리싱크 심볼을 이용하는 것은 슬레이브 액세스 포인트들에서 채널의 노이즈가 있는 추정치를 초과하고, 따라서 재동기화의 그들의 정확성을 감소시키는 것으로 보일 수 있다. 그러나, 채널 추정치들은 그것이 광대역 채널을 통해 OFDM을 이용하기 때문에, 디노이즈될 수 있다(denoised). OFDM 서브캐리어들을 가로지르는 위상 회전은 보정되고, 우리는 하나의 OFDM 리싱크 심볼을 갖는 위상 회전들을 디노이즈하기 위해 이러한 보정을 레버리지할 수 있다(leverage).

[0098] 특수하게, 슬레이브 액세스 포인트들은 OFDM 미세 위상 트래킹에 의해 모티베이션되는(motivated) 기술을 사용한다. 슬레이브 액세스 포인트는 각 서브캐리어를 위한 리드 액세스 포인트들의 현재 채널을 추정하기 위해 각 리싱크 심볼을 이용한다. 그리고는, 그것이 모든 서브캐리어에 대해, 이전 동기화 심볼로부터 계산된 채널과 이 채널 사이의 위상 차이를 계산한다. 서브캐리어당 계산된 위상차는, 노이즈를 위해, 라인을 따라 배치될 수 있다. 이는, 표준 미세 위상 트래킹과 마찬가지로, 리드 및 슬레이브 액세스 포인트 사이의 캐리어 주파수 오프셋(CFO(carrier frequency offset))가, 샘플링 주파수 오프셋(SFO(sampling frequency offset))가 서브캐리어 인덱스에 비례하는 위상 쉬프트를 생성하는 동안, 서브 캐리어들을 가로질러 동일한 위상 쉬프트를 생성하기 때문이다. 따라서, 위상 오프셋들오의 라인을 정확히 맞춤으로써(by fitting), 우리는 이전 동기화 때문에, 리드 액세스 포인트로부터 슬레이브 액세스 포인트(들의) 채널의 위상 변화의 추정치를 디노이즈할 수 있다. 라인 상의 값들은 각 서브캐리어에 대한 실제 디노이즈된 위상 변화들이다. 이러한 값들은 대응하는 서브캐리어들에 대해 $\Delta\phi_{i}^{AP}$ 의 현재 추정에 적용될 수 있다.

[0099] L, 즉 리싱크 간격의 값은 주파수 오프셋 추정의 정확성 및 최대 허용가능한 위상 에러에 의존한다. 100H의 주파수 오프셋 에러를 갖는 N x N 시스템에 대하여, 25dB로 SNR들을 지속시키기 위해, 802.11 시스템에 의해 요구

$$\sqrt{\frac{10^{-2.5}}{N}} \times \frac{1}{100 \times 2\pi}$$

되는 바와 같이, 모든 초당 리싱크 심볼들을 삽입하는 것이 필요하다. 802.11g의 10 x 10 시스템에 대하여, 이는 모든 7 데이터 심볼들에 1 리싱크 심볼의 오버헤드로 해석하고, 즉, \sqrt{N} 만큼 단지 증가하는 오버헤드를 갖는 단지 14%이다.

[0100] 동기화 헤더가 필요한 이후 SIFS 동안, 리싱크 심볼 이후의 SIFS는 존재하지 않는다는 점에 주목해야 한다. 이는 동기화 헤더에 대해, 슬레이브 액세스 포인트들은 그들이 전송을 시작할 수 있기 전에, 이러한 헤더로부터 채널 및 위상 추정치들을 계산할 필요가 있기 때문이다. 반면, 리싱크 심볼의 경우, 슬레이브 액세스 포인트들은 그들이 병렬로 리싱크 심볼로부터의 새로운 추정치들을 계산하는 것과 동시에, 그들이 그들의 심볼을 전송하는데 사용할 수 있는 합리적인 추정치들을 이미 갖는다.

- [0101] 다음의 매카니즘은 슬레이브 액세스 포인트들이 그들이 그들의 전송들을 캐슬할 수 없는 때, 리드 액세스 포인트와 동기화하는 것을 가능케하고, 그러나, 초기 주파수 오프셋의 합리적으로 좋은 추정치를 획득하는 것을 그들에게 요구하며, 천천히기는 하지만 N 과 함께 증가하는 오버헤드를 갖는다. 그러나, 시스템은 (1) 추가적인 주의깊게 배치되는 전송 안테나들(그러나 하드웨어에서, 추가적인 tx/rx 체인들은 아님), (2) 연관된 tx/rx 체인들을 갖는 임의로 배치되는 안테나들, 또는 (3) 전송 및 수신 안테나들 사이의 보정된 회로들을 이용하여 캐슬을 수행하기 위해 슬레이브 액세스 포인트들의 능력을 이용할 수 있다.
- [0102] 첫번째 경우는 각 슬레이브가 단일 전송 안테나 및 분리된 전송 및 수신 안테나들을 갖는 때 적용한다. 이러한 경우에 있어서, 슬레이브는 수신 안테나로부터의 분리가 반파장에 의한 수신 안테나로부터 첫 번째 전송 안테나의 분리보다 더 큰, 두번째 "캐슬(cancellation)" 안테나를 사용할 수 있다. 두번째 전송 안테나는 첫 번째 안테나와 동일한 신호를 전송하고, 두 신호들은 수신 안테나에서 파괴적으로 간섭을 일으킬 것이다. 이는 수신 안테나가 그것 자신의 신호를 전송하는 동안 (특히 마스터에서) 다른 전송기로부터의 신호를 수신하는 것을 허용한다.
- [0103] 두 번째 경우는 슬레이브들이 다수 전송 안테나들을 갖고, 상기 전송 안테나들과 잠재적으로 같은 장소에 배치(co-located)될 수 있는 수신 안테나들을 갖는 때 적용한다. M 안테나들을 각각 갖는 K 송신기들, 및 N 안테나들을 각각 갖는 K 수신기들을 갖는 경우를 고려해보자. 이러한 경우에 있어서, 각 송신기는 전송하는 동안 슬레이브들이 수신할 수 있는 것을 여전히 확신하는 동안, 모든 송신기들을 거쳐 $K(M-1)$ 의 총합에 대해 $M-1$ 스트림들 이상을 전송할 수 있다. 이는 다음에 따라 달성된다: 각 슬레이브에서의 하나의 전송 안테나는 그 슬레이브 상의 수신 안테나들 중 하나에서 전송되는 신호들 모두의 결과를 캐슬한다(슬레이브는 모든 전송되는 신호들을 캐슬하기 위해, "캐슬" 안테나에서 요구되는 전송 전력 사이의 임의의 전력 미스매치들을 처리하기 위해 하나 이상의 "캐슬" 안테나를 사용해야 한다). 캐슬은 완벽함을 필요로하지 않지만, 슬레이브가 주파수 오프셋 추정을 수행하기 위해, 마스터로부터의 충분히 좋은 신호를 획득하는데 충분해야 할 필요는 있다는 점에 주목해야 한다. 그리고는, 슬레이브는 마스터로부터의 주파수 주파수 오프셋 추정을 수행하기 위해, 이 수신 안테나 상의 마스터로부터 수신된 신호를 이용할 수 있다. 단일 수신 안테나는 슬레이브가 마스터 상의 전송 안테나들의 수에 독립적인 마스터로부터의 주파수 오프셋을 트래킹하는데 충분하다는 점을 주목해야 한다(슬레이브가 마스터가 전송하는데 사용하는만큼 많은 수신 안테나들을 필요로 할 때 풀-디코딩(full decoding)의 경우와는 다름). 이는 마스터 상의 모든 전송 안테나들이 동일한 오실레이터 주파수를 갖지만, 슬레이브에서 추정되어질 단일 파라미터만이 존재하기 때문이다. 슬레이브는 다수 측정들로부터의 강건함(robustness) 또는 채널 다이버시티의 이점을 위해, 추가적인 수신 안테나들을 이용한다(동시 수신을 위해 L 수신 안테나까지 이용하는 것은 L "캐슬" 안테나들을 요구할 것임).
- [0104] 세번째 경우는 슬레이브 AP 하드웨어가, 서로 다른 전송 안테나들로부터 전송되는 신호들이 수신 안테나에서 캐슬하는 것을 보장하기 위해, 서로 다른 전송 및 수신 안테나들 사이에서 교정된 회로와 마찬가지로, 전송 및 수신 안테나들 사이의 순환전달자들(circulators)을 이용하는 경우에 적용된다. 이러한 해결책은 슬레이브들에서 어떠한 추가적인 전송 안테나들도 요구하지 않는다.
- [0105] 상술한 모든 경우에 있어서, 슬레이브 액세스 포인트는 그것 자신의 전송들로부터 자기-간섭 없이 리드 액세스 포인트의 전송을 수신할 수 있다. 그러나, 슬레이브 액세스 포인트는 또한 리드 액세스 포인트들 전송들이 다른 슬레이브 액세스 포인트들로부터의 전송에 의해 간섭받지 않는 것을 보장하는 것을 필요로 한다. 새로운 접근법은 802.11과 같은 단일-유저 시스템들에서 수신기 트래킹에 전형적으로 사용되는 OFDM 파일럿들의 아이디어를 활용함으로써 이를 보장한다. 단지 리드 액세스 포인트는 할당된 OFDM 파일럿 서브캐리어들 내에서 전송한다. 전송한 하나 이상의 캐슬 기술들을 이용하여, 각 슬레이브 액세스 포인트는 그것이 그것 자신의 신호를 전송하는 동시에 리드 액세스 포인트 및 다른 슬레이브 액세스 포인트들의 조합된 신호를 수신할 수 있다. 그리고는 그것은 FFT를 이용하여 주파수 도메인으로 이 수신된 시간 도메인 신호를 변환하고, 단지 OFDM 파일럿 서브캐리어들을 이용하기 전과 같이 위상 트래킹을 수행한다. 이러한 서브캐리어들이 단지 리드 액세스 포인트로부터의 전송을 포함하기 때문에, 그것은 각 슬레이브 액세스 포인트가 모든 데이터 심볼을 이용하여 리드 액세스 포인트와 함께 그것의 위상을 동기화하는 것을 허용한다. 더욱이, 이러한 스킴이 리싱크 심볼들을 요구하지 않기 때문에, 그것은 정규 OFDM과 동일한 패킷 포맷을 유지하고, 그러므로 변형되지 않은 표준 802.11 수신기들이 전송되는 패킷들을 복호화하는 것을 가능케 한다.

[0106] 5.2 다이버시티 계인

[0107] 시스템들의 버전들은 멀티플렉싱 및 다이버시티 게인들 모두를 제공할 수 있다. 앞선 설명은 멀티플렉싱에 포커싱한다. 동일한 논의가 다이버시티에도 적용되고, 그러지 않으면, 이러한 경우, 우리는 데이터 심볼 x 를 단일 클라이언트로 전송하는 N 개의 액세스 포인트를 가진다. 멀티플렉싱과 유사하게, 각각의 액세스 포인트 i 는 클라이언트로의 그것의 채널 h_i 를 계산한다. 슬레이브 액세스 포인트들은 또한 리드 액세스 포인트로부터 채널을 계산하고, §3에 설명된 바와 같이, 데이터 전송에 앞서 분산된 위상 정렬을 수행한다. 단지 차이점은 각 액세스

스 포인트 i 가 $\frac{h_i^*}{\|h_i\|} x$ 로 그것의 심볼 s_i 를 계산하는 것이고, 여기서, $*$ 는 복소 켈레 연산자이다.

[0108] 5.3 상호관계(Reciprocity)

[0109] 분산 코히어런트 시스템은 또한, 예컨대, 패킷 전송에 응답하여 수신기에 의해 전송된 애크(acknowledgements)들과 같이, 송신기가 수신기로부터 송신기에서의 수신을 이용하여 수신기들로의 그들의 채널을 추정하는 것을 허용할 수 있다. 이는 분산 코히어런트 시스템이, 수신기들이 송신기들로의 순방향 채널의 그들의 추정치들을 전송하는 것을 요구함으로써 오버헤드를 제거하는 것을 허용한다. 이러한 오버헤드의 제거는 송신기들이 송신기들에서의 패킷 수신들을 이용하여 수신기로부터 채널들을 일관되게 업데이트하는 것을 허용하고, 따라서, 분산 코히어런트 시스템이 소정 정도의 이동성(mobility)의 존재 내에서 동작하는 것을 가능케한다.

[0110] 업링크 및 다운링크가 동일한 주파수 대역들 상에서 동작하는 전형적인 N -안테나 MIMO 시스템은 수신기로부터 전송 안테나로 역채널(reverse channel)을 이용함으로써 및 복소 시간-독립 고정 상수에 의해 역채널을 배가시킴으로써 송신 안테나들로부터 수신기까지의 순방향 채널을 추정하기 위해, 채널 상호관계(reciprocity)를 이용할 수 있다. 생성되는 순방향 채널의 추정치는 시간 의존적인 위상 오프셋까지 보정된다. 전형적인 MIMO 시스템들에 있어서, 이러한 위상 오프셋은, 그들이 동일한 주파수 레퍼런스를 공유하고, 따라서, 빔포밍, 널링과 같은 MIMO 기술들의 사용에 영향을 미치지 않기 때문에, 모든 송신 안테나들에 대해 동일하다. 특수하게, 마스터 송신기 및 슬레이브 송신기에 대해 각각 ω^{Master} 및 ω^{Slave} 의 주파수 오프셋들을 갖는 수신기를 고려해보자.

$H_{forw}^{Master}(t)$ 는 마스터 송신기로부터 수신기로의 순방향 채널이고, 시간 t 에서의 $H_{rev}^{Master}(t)$ 는 수신기로부터 마스터 송신기로의 역방향 채널이라 하자. $H_{ix}^{Master}(t)$ 는 그것이 노드 상의 하드웨어 구성요소들로 구성되는 경우, 시간이 지남에 따라 매우 천천히 변화하거나 또는 필연적으로 시간-독립적일 것으로 가정될 수 있는 마스터에서의 송신 체인에 의해 생성되는 채널이라고 하자. $\phi_{Master}(t)$ 는 시간 t 에서 송신기의 오실레이터의 위상이고, $H_{air,forw}^{Master}(t)$ 는 마스터 송신기로부터 수신기로의 오버-더-에어 패스밴드 채널(passband channel over the

air)이며, $H_{rx}^{Receiver}$ 는 수신기에서 수신 체인에 의해 생성되는 채널이고, $\phi_{Receiver}(t)$ 는 시간 t 에서 수신기의 오실레이터의 위상이라 하자. 그리고는 신호는 송신기에서 업컨버팅되고(upconverted) 수신기에서 다운컨버팅되기(downconverted) 때문에, 우리는 반대 채널을

$$H_{forw}^{Master}(t) = H_{tx}^{Master} \times H_{air,forw}^{Master}(t) \times H_{rx}^{Receiver} \times e^{j(\phi_{Master}(t) - \phi_{Receiver}(t))}$$

$$H_{rev}^{Master}(t) = H_{rx}^{Master} \times H_{air,rev}^{Master}(t) \times H_{tx}^{Receiver} \times e^{-j(\phi_{Master}(t) - \phi_{Receiver}(t))}$$

이다. 채널 상호 관계에 의해, $H_{air,forw}^{Master}(t) = H_{air,rev}^{Master}(t)$ 이다. 시간 t_0 에서 순방향 및 역방향 채널들의 보정이 일어난다고 하고, K^{Master} 는 송신기 및 수신기 상의 송신 및 수신 체인들에 대응하는 채널들에서의 차이들을 설명하는 대응하는 측정된 보정 상수라고 하면, 그에 따라

$$H_{forw}^{Master}(t_0) = K^{Master} \times H_{rev}^{Master}(t_0)$$

기 사이의 주파수 오프셋으로 인해, 그들의 오실레이터 위상들은 $\Delta\omega^{Master} \Delta t$ 에 의해 서로에 상대적으로 변화

하고, 여기서, $\Delta\omega^{Master} = \omega^{Receiver} - \omega^{Master}$ 이며, $\Delta t = t - t_0$ 이다. 따라서, 우리는

$$(\phi_{Receiver}(t) - \phi_{Master}(t)) = (\phi_{Receiver}(t_0) - \phi_{Master}(t_0)) + \Delta\omega^{Master} \Delta t$$

조합하면, 우리는 $H_{forw}^{Master}(t) = K^{Master} \times H_{rev}^{Master}(t) \times e^{2j\Delta\omega^{Master}\Delta t}$ 를 얻을 수 있다. 마스터 송신기와 슬레이브 송신기가 동일한 클락 및 주파수 레퍼런스에 의해 구동되는 전형적인 MIMO 시스템의 경우에 있어서,

$\Delta\omega^{Master} = \Delta\omega^{Slave} = \Delta\Omega$ 이다. 이러한 경우에 있어서, 보정 상수에 의해 수신기로부터 송신기까지의 역방향 채널을 단순히 배가함으로써 송신기로부터 수신기로의 순방향 채널을 계산하는 것은, 즉

$$H_{forw}^{Master\ Computed}(t) = K^{Master} \times H_{rev}^{Master}(t) \quad (\text{및 슬레이브에 대해 유사하게})$$

는 모든 송신기들에 대한 실제 순방향 채널과 관련하여 동일한 위상 에러 $2\Delta\Omega\Delta t$ 를 초래한다. 수신기에서 송신기들 사이의 상대 위상들에 단지 민감하나, 실제 위상들 자체는 아닌 MIMO 기술들(예컨대, 빔포밍, 널링)은, 계산된 순방향 채널들 사이의 상대 위상이 실제 순방향 채널들 사이의 상대 위상과 동일한 것과 같이, 전형적인 MIMO의 경우에 있어서, 이러한 위상 차이를 설명할 필요가 없다.

[0111] 그러나, 분산 세팅에 있어서, 서로 다른 송신기들은 수신기로부터 서로 다른 주파수 오프셋을 갖고, 따라서, 서로 다른 위상 오프셋을 경험한다. 결과로서, 마스터 송신기는 수신기에 $2\Delta\omega^{Master}\Delta t$ 의 위상 에러를 경험할 것이고, 슬레이브 송신기는 수신기와 관련하여 $2\Delta\omega^{Slave}\Delta t$ 의 위상 에러를 경험할 것이다. 송신기들 사이의 주파수 오프셋을 $\omega^{Slave} - \omega^{Master} = \Delta\omega$ 라고 하자. 송신기들이 이전과 마찬가지로, 현재 순방향 채널들을 계산한다면, 계산되는 순방향 채널들은 실제 순방향 채널들과 비교하여 서로 다른 상대 위상을 가질 것이다. 특수하게, 계산된 채널들 사이의 상대 위상, $H_{forw}^{Slave\ Computed}(t) - H_{forw}^{Master\ Computed}(t)$ 은 실제 채널들 사이의 상대 위상, $H_{forw}^{Slave\ Actual}(t) - H_{forw}^{Master\ Actual}(t)$ by $-2\Delta\omega\Delta t$ 과 다를 것이다. 이는 앞서 설명한 순방향 채널들의 계산의 전형적인 메카니즘이 사용된다면, MIMO 기술들의 수행에 있어서 상당한 열화를 초래할 것이다.

[0112] 분산 코히어런트 시스템은 슬레이브 송신기들에서 수신된 신호의 주파수 및 위상 오프셋을 적용함으로써 상호관계(reciprocity)를 활용할 수 있고, 이에 따라 그들은 마스터 송신기의 수신 오실레이터를 에뮬레이팅한다. 그들은 슬레이브들에서 변조된 전송의 위상 및 주파수 오프셋과 유사한 방식으로 이러한 것을 할 수 있다. 보다 상세하게는, 수신기로부터의 역방향 전송의 수신 시점에서, 슬레이브 송신기는 마스터 송신기와 상대적인 그것의 위상 오프셋을 계산한다. 슬레이브 송신기는 순방향 전송에 대한 위상 오프셋의 계산과 유사한 방식으로 이를 할 수 있고, 그것은 마스터 송신기로부터의 이전 전송(예컨대, 데이터 패킷 또는 동기화 신호)의 위상을 이용하여 현재 위상 오프셋을 추정할 수 있다. 앞서 설명한 바와 같이, 이러한 위상 오프셋 $\Delta\psi$ 는 $\Delta\omega\Delta t$ 값을 나타낸다. 슬레이브는 역방향 채널의 추정치를 계산하고 복호화하기 이전에 $e^{2j\Delta\omega\Delta t} = e^{2j\Delta\psi}$ 에 의해 수신 신호를 변조함으로써 순방향 채널의 정확한 추정치를 계산할 수 있다. 따라서, 이러한 위상 교정 이후에 추정되는 역방향 채널은 이후(future) 코히어런트 전송에 이용될 수 있다.

[0113] $e^{2j\Delta\psi}$ 에 의한 역방향 채널 추정치를 배가시킴으로써 송신기로부터의 순방향 채널들의 이러한 계산은 마스터 송신기 및 슬레이브 송신기 사이의 레퍼런스 채널 위상의 업데이트($\psi(t_0)$ 로서 앞서 정의되었음)에 의해 수반된다. 다시 말해서, 이러한 순간은 이후 전송들에 대해 t_0 로서 고려될 수 있다. 선택적으로, 슬레이브 송신기들은 $e^{j\Delta\psi}$ 에 의해 역방향 채널들을 배가시킬 수 있고, 마스터 송신기 및 슬레이브 송신기 사이의 레퍼런스 채널 위상의 그들의 이전 추정치를 유지한다.

[0114] 소정 예시들에 있어서, 소정 시간 t 에서의 송신기와 수신기 사이의 순방향 및 역방향 채널들은 다음의 메카니즘에 의해 계산된다. 먼저, 수신기는 송신기로부터 시간 t 에서 송신기로부터의 전송을 수신하고, 채널 $H_{forw}(t)$ 를 계산하며, 송신기로 이러한 정보(예컨대, 애크(acknowledgement) 내에) 보고한다. 그리고는 수신기는 시간 $t + \delta t$ 에서, 다른 전송(예컨대, 애크)과 함께 응답하고, 여기서, δt 는 짧은 시간 기간이다. 그리고는, 송신기는 수

신기로부터 역방향 채널 $H_{rev}(t+\delta t)$ 를 계산한다. 송신기는 이제, 캐리어 주파수 차이 $\Delta\omega$, 및 샘플링 주파수 차이 $\Delta\gamma$ 에 대한 보상에 의해 $H_{rev}(t+\delta t)$ 로부터 $H_{rev}(t)$ 를 계산한다. 이는 서브캐리어 k 내에서 $\exp(j\delta t(\Delta\omega+k\Delta\gamma))$ 에 의해 송신기에서 수신되는 신호를 변조함으로써 수행될 수 있다. 소정 실행예들에 있어서, 송신기는 이러한 방법을 이용하여 $H_{forw}(t_0)$ 및 $H_{rev}(t_0)$ 를 획득함으로써 보정 상수 K 를 계산할 수 있다.

고, $K = H_{forw}(t_0) / H_{rev}(t_0)$ 를 계산한다. 마스터 및 슬레이브 송신기들에 대한 보정 상수들은 모든 채널이 동일한 t_0 에서 측정되는 것과 같이 계산될 것이다.

[0115] 보다 정밀해지기 위해, 그들이 동일한 시간에 계산되는 것처럼 모든 순방향 채널들이 측정되고, 그들이 동일한 시간에 계산되고 모든 송신기들이 공통 오실레이터를 공유하는 것처럼 모든 역방향 채널들이 측정되어질 필요가 있다는 점이 단지 필요하다. 순방향 채널들이 측정되는 시간이 역방향 채널들이 측정되는 시간과 다를 수 있다. 그러나, 설명의 편의를 위해, 우리는 모든 채널들이 동일한 시간 t_0 에서 측정되는 것처럼 여기의 시스템을 설명할 것이다.

[0116] 이러한 효과를 달성하기 위해, 슬레이브 송신기는 슬레이브 송신기로의 순방향 및 역방향 채널들이 측정되는 시간 및 t_0 사이의 임의의 위상 회전들에 대해 순방향 및 역방향 채널들 모두를 교정하기 위해 전술한 기술들의 조합을 사용할 수 있다.

[0117] 소정 경우들에 있어서, 송신기들은 순방향 채널의 정확한 위상을 요구할 것이고, 단순히 회전된 버전은 아니다. 이러한 경우에 있어서, 수신기는 단순히 그것의 애크 내에 마스터 송신기로부터 수신기로의 순방향 채널의 위상 (또는 위상이 이전 추정치에 부가되고 소요된 시간에 의해 배가됨으로써 계산될 수 있는 계산된 주파수 오프셋과 같은 등가 정보)를 포함할 것이다. 수신기는 차별적인(differential) 스킴을 이용하여 이러한 위상을 콤팩트하게 부호화할 수 있다. 특별히, 수신기는 서로 다른 슬롯들(예컨대, 시간, 주파수 또는 공간에서 다른) 내에서

심볼 $x_1 = x$ 및 $x_2 = xe^{j\theta}$ 를 전송함으로써 송신기로 위상 θ 를 통신할 수 있다. 그리고는, 송신기는 $\arg(x_1^* x_2)$

를 계산함으로써 값 θ 를 단순히 회복할 수 있고, 모든 관련 서브캐리어들에 대해 이러한 동일한 동작을 수행할 수 있다. 앞서 설명한 바와 같이, 한번 마스터 및 슬레이브 송신기들이 그들의 순방향 채널들의 계산 내에서 전형적인 MIMO 시스템을 에플레이팅하면, 실제 순방향 채널의 위상과 보정 인자를 가지고 상기 역방향 채널을 배가시킴으로써 계산된 순방향 채널의 위상 사이의 차이는 정확하게 회전 인자 $2\Delta\omega\Delta t$ 이다. 그러므로, 마스터 송신기는 그것의 계산된 순방향 위상에서 실제 순방향 위상, θ 의 수신 값을 뺌으로써 회전 인자를 회복할 수 있다. 그것은 그것의 유산 백홀(backhaul) 또는 다른 접속을 이용하여 모든 슬레이브들에게 상기 회전 인자를 통신할 수 있다. 그러면, 슬레이브들은 그들 자신의 순방향 채널 추정치로 이러한 조정을 적용할 수 있다.

[0118] 소정 예시들에 있어서, 송신기들은 상기 무선 백홀 또는 다른 접속을 통해 서로에게 그들의 업데이트된 채널 정보를 교환할 수 있고, 하나 이상의 이후 패킷들을 위해 상기 업데이트된 채널 정보를 이용할 수 있다. 업데이트의 주기는 요구되는 허용치 및 이동성 또는 다른 환경적 변화에 대한 대응에 기반하여 결정될 수 있다.

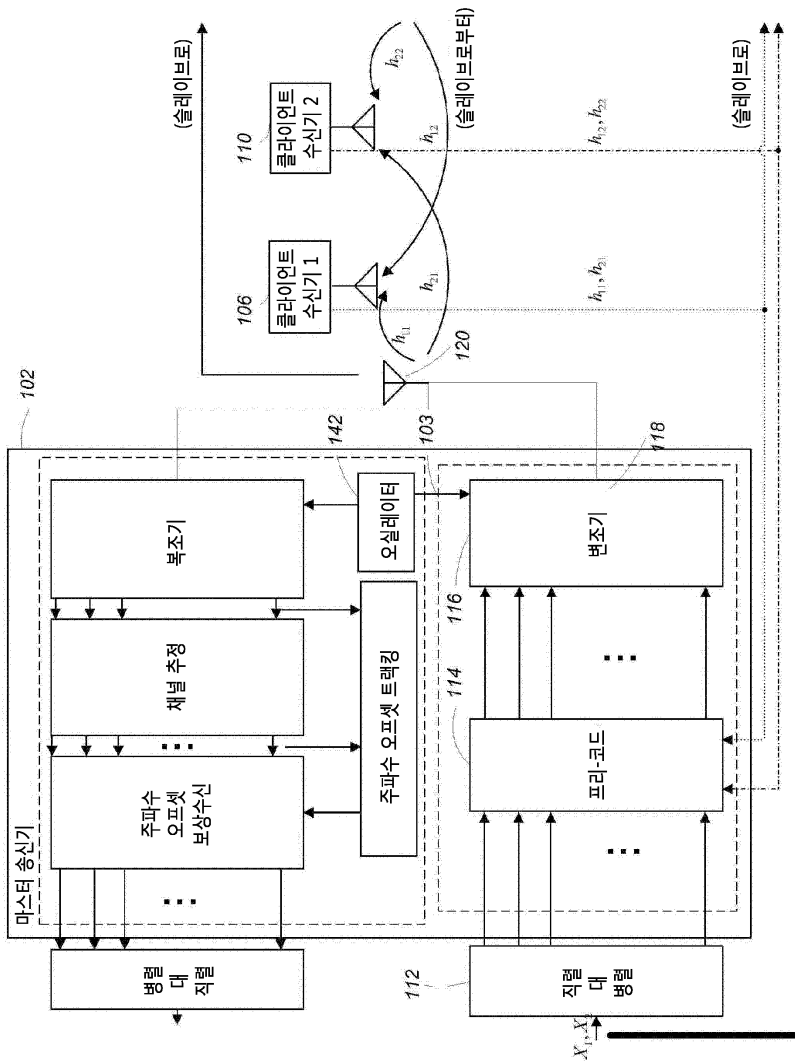
[0119] 클라이언트들로 전송되는 데이터를 분산하는데 무선 또는 유선 채널들에 의해 링크된 액세스 포인트들의 컨텍스트(context) 내에서 설명되어진다 하더라도, 접근법들은 마찬가지로 다른 상황들에서 사용될 수 있다. 예컨대, 데이터 포워딩 상황에서, 데이터 패킷은 앞서 설명한 코히어런트 전송 접근법을 이용하여 우선 노드들의 하나의 세트에서 무선 노드들의 차후의 세트들로 포워딩될 수 있다. 이러한 프로세스는 데이터 패킷에 대한 목적지에 도달할 때까지 반복될 수 있다.

[0120] 접근법들의 실행예는, 예컨대, 액세스 포인트들 및/또는 클라이언트들 내의 프로세서들을 제어하기 위한 실재하는(tangible) 기계 판독가능한 매체 상에 저장된 소프트웨어 내일 수 있다. 소정 실행예들은 소프트웨어 대신 또는 부가하여 특용(special-purpose) 하드웨어(예컨대, 응용 특정 집적 회로들)를 사용할 수 있다.

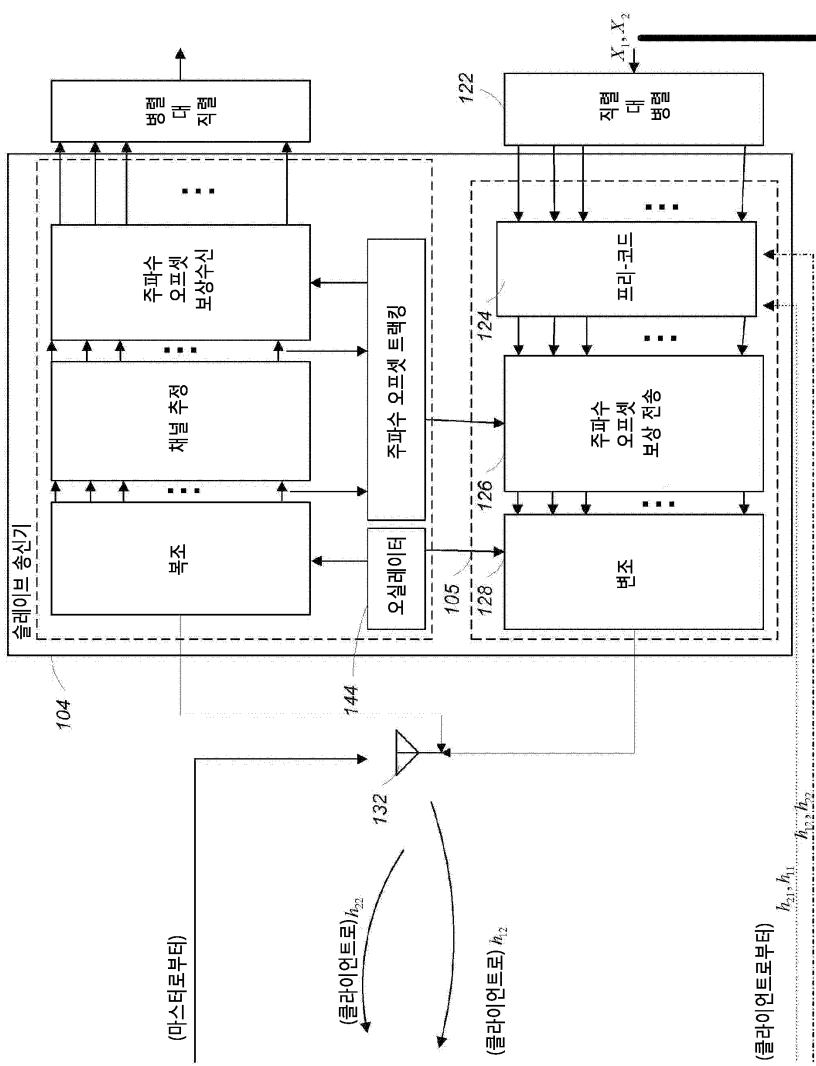
[0121] 본 발명의 다른 특징들 및 이점들은 이후의 설명 및 청구범위들로부터 명백해진다.

도면

도면1a



도면1b



도면2

