



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년01월24일

(11) 등록번호 10-2628776

(24) 등록일자 2024년01월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04B 1/7163 (2011.01) G01S 13/76 (2006.01)(52) CPC특허분류
H04B 1/7163 (2013.01)
G01S 13/76 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2020-7019255

(22) 출원일자(국제) 2018년12월07일

심사청구일자 2021년11월30일

(85) 번역문제출일자 2020년07월02일

(65) 공개번호 10-2020-0096803

(43) 공개일자 2020년08월13일

(86) 국제출원번호 PCT/EP2018/084058

(87) 국제공개번호 WO 2019/110833

국제공개일자 2019년06월13일

(30) 우선권주장

1720550.1 2017년12월08일 영국(GB)

(뒷면에 계속)

(56) 선행기술조사문헌

US20120296234 A1*

US20160353238 A1*

US20160366548 A1*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

데카웨이브 리미티드

아일랜드, 더블린 8, 피터 스트리트, 아텔레이드
챔버

(72) 발명자

맥로플린 미카엘

아일랜드 18 더블린 폭스록 비치 파크 로드 30

니에우크자스 자로스라우

폴란드 05-420 조제포우 오그로도와 25비

(74) 대리인

정홍식, 김태현

전체 청구항 수 : 총 60 항

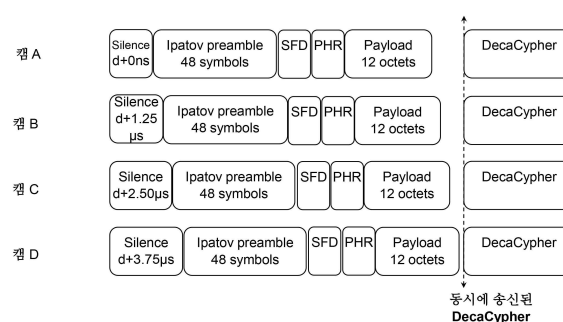
심사관 : 구영희

(54) 발명의 명칭 동시 프레임으로의 레인징

(57) 요약

다중 트랜시버를 갖는 제1 노드로부터 제2 노드로 신호를 전송하는 방법이 개시된다. 본 방법은 제1 노드에서 제2 노드로부터 메시지를 수신하는 단계로서, 메시지는 제1 노드의 복수의 트랜시버 각각에 의해 수신되는, 수신하는 단계; 및 메시지에 응답하여 복수의 트랜시버 각각에 의해 각각의 데이터 프레임을 제2 노드로 전송하는 단계를 포함하고; 각각의 트랜시버는 트랜시버에 의한 메시지의 수신 후에, 미리 정해진 시간 주기로 각각의 데이터 프레임의 전송을 개시하고; 복수의 트랜시버로부터의 데이터 프레임들의 전송은 중첩된다. 데이터 프레임은 2-웨이 레인징 교환의 일부를 형성할 수 있다.

대표도 - 도9



(30) 우선권주장

1804735.7 2018년03월23일 영국(GB)

1811245.8 2018년07월09일 영국(GB)

명세서

청구범위

청구항 1

서로 다른 위치에 배치된 복수의 트랜시버를 갖는 제1 노드로부터 제2 노드로 신호를 전송하는 방법으로서,

상기 제1 노드에서 상기 제2 노드로부터 메시지를 수신하는 단계로서, 상기 메시지는 상기 제1 노드의 상기 복수의 트랜시버 각각에 의해 수신되는, 수신하는 단계; 및

상기 메시지에 응답하여 상기 복수의 트랜시버 각각에 의해 각각의 데이터 프레임을 상기 제2 노드로 전송하는 단계;를 포함하고,

각각의 트랜시버는 상기 트랜시버에 의한 상기 메시지의 수신 후에, 미리 정해진 시간 주기로 각각의 데이터 프레임의 전송을 개시하고;

상기 복수의 트랜시버로부터의 상기 데이터 프레임들의 상기 전송은 중첩되며,

상기 데이터 프레임들 각각은 채널 사운딩을 위한 서로 다른 제1 트레이닝 시퀀스 및 제2 트레이닝 시퀀스를 포함하고, 각각의 개별 데이터 프레임에 대해:

상기 제1 트레이닝 시퀀스는 각각의 데이터 프레임의 개시에 위치하고, 상기 각각의 트랜시버에 의한 메시지의 수신 후에 제1 시간 주기를 개시하도록 구성되고, 상기 제1 시간 주기는 다른 데이터 프레임들 각각의 제1 시간 주기와 다르며; 그리고

상기 제2 트레이닝 시퀀스는 암호로 생성된 트레이닝 시퀀스를 포함하고 상기 각각의 트랜시버에 의한 메시지의 수신 후에 제2 시간 주기를 개시하도록 구성되고, 상기 제2 시간 주기는 데이터 프레임들 각각에 대해 동일한, 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 데이터 프레임들에 대한 상기 미리 정해진 시간 주기는 상기 데이터 프레임들 각각의 전송 지속 시간 미만 만큼 서로 다른, 방법.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 제1 트레이닝 시퀀스는 심볼 레이트에서 복수의 심볼을 포함하고, 각각의 개별 제1 트레이닝 시퀀스의 개시는, 주어진 트레이닝 시퀀스의 개시 시간이 다른 프레임들의 제1 트레이닝 시퀀스들 중 임의의 것의 심볼 경계와 일치하지 않고 및/또는 상기 각각의 제1 트레이닝 시퀀스들의 심볼 경계들이 정렬되지 않도록 선택되는, 방법.

청구항 4

제1항 또는 제2항에 있어서,

각각의 제1 트레이닝 시퀀스들에 선행하는 지연 기간들은 상기 제1 및/또는 제2 트레이닝 시퀀스의 심볼 주기의 비정수(non-integer) 배수들인, 방법.

청구항 5

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 제1 트레이닝 시퀀스는 완전한 주기적 자기 상관을 갖는 시퀀스를 포함하는, 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 제2 트레이닝 시퀀스들이 각각 트랜시버에 의한 상기 메시지의 수신 후에 공통 시간 오프셋에서 개시하도록, 상기 제2 트레이닝 시퀀스들에 선행하는 상기 데이터 프레임들의 하나 이상의 부분의 길이들을 변화시키는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 제1 트레이닝 시퀀스, 상기 프레임의 데이터 페이로드 및 상기 제2 트레이닝 시퀀스 이전에 삽입된 전송 갭 중 하나 이상의 길이들을 상기 데이터 프레임들 중 다른 프레임들 사이에서 변화시키는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 8

제6항 또는 제7항에 있어서,

각각의 데이터 프레임의 하나 이상의 부분들의 길이(들)는 상기 각각의 데이터 프레임의 개시 이전에 삽입된 전송 지연을 보상하기 위해 변경되는, 방법.

청구항 9

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 데이터 프레임들 각각의 상기 제2 트레이닝 시퀀스들이 각각의 트랜시버에서의 상기 메시지의 수신에 대해 동일한 시간 오프셋에서 발생하도록 크기가 정해진 각각의 전송 갭에 각각의 개별 제2 트레이닝 시퀀스가 후행하는, 방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 프레임의 물리 계층 헤더 및 페이로드 중 하나 또는 둘 모두에서 상기 제2 트레이닝 시퀀스에 선행하는 상기 프레임의 일부에서 전송 갭 크기를 시그널링하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 데이터 프레임들 중 주어진 하나에 대해, 상기 물리 계층 헤더에서 암호화되지 않은 형태로 그리고 상기 페이로드에서 다시 암호화된 형태로 상기 각각의 전송 갭을 특정하는 정보를 포함시키는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 12

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 제2 트레이닝 시퀀스는 상기 각각의 데이터 프레임의 끝에 위치되는, 방법.

청구항 13

제1항 또는 제2항에 있어서,

각각의 데이터 프레임은 각각의 다른 제2 트레이닝 시퀀스를 포함하는, 방법.

청구항 14

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 제2 트레이닝 시퀀스는 각각의 데이터 프레임에 대해 동일한, 방법.

청구항 15

제1항 또는 제2항에 있어서,

각각의 데이터 프레임은 제3 트레이닝 시퀀스를 더 포함하는, 방법.

청구항 16

제15항에 있어서,

상기 제3 트레이닝 시퀀스는 각각의 데이터 프레임에 대해 동일한, 방법.

청구항 17

제15항에 있어서,

상기 제3 트레이닝 시퀀스는 상기 제2 트레이닝 시퀀스와 다른, 방법.

청구항 18

제15항에 있어서,

상기 각각의 제2 트레이닝 시퀀스들은 각각의 개별 트랜시버에 의한 상기 메시지의 수신 후에 공통의 개시 시간에 개시되도록 구성되고, 상기 각각의 제3 트레이닝 시퀀스들은 각각의 개별 트랜시버에 의한 상기 메시지의 수신 후에 각각의 상이한 개시 시간들에서 개시하도록 구성되고, 선택적으로 가변 전송 갭에 후행되는, 방법.

청구항 19

제15항에 있어서,

각각의 데이터 프레임은 각각의 페이로드를 포함하고, 상기 페이로드는 상기 제2 트레이닝 시퀀스와 상기 제3 트레이닝 시퀀스 이전, 상기 제2 트레이닝 시퀀스와 상기 제3 트레이닝 시퀀스 사이, 또는 상기 제2 트레이닝 시퀀스와 상기 제3 트레이닝 시퀀스 이후에 위치되는, 방법.

청구항 20

제1항 또는 제2항에 있어서,

각각의 데이터 프레임은 제1 정렬 Ipatov 트레이닝 시퀀스, 제2 정렬 암호화 트레이닝 시퀀스 및 제3 비정렬 암호화 트레이닝 시퀀스를 포함하는, 방법.

청구항 21

제1항 또는 제2항에 있어서,

각각의 트랜시버의 전송 타이밍은 상기 트랜시버의 각각의 클럭에 기초하고, 상기 방법은 각각의 트랜시버의 캐리어 주파수 오프셋(CFO: carrier frequency offset)을 조정하기 위하여 하나 이상의 상기 트랜시버 클럭들의 클럭 주파수를 조정하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 22

제21항에 있어서,

상기 클럭 주파수는 상기 제2 노드로부터 수신된 이전 전송의 검출된 CFO에 기초하여 조정되는, 방법.

청구항 23

서로 다른 위치에 배치된 복수의 다중 트랜시버를 갖는 제1 노드로부터 제2 노드로 신호를 전송하는 방법으로서,

상기 제1 노드에서 상기 제2 노드로부터 메시지를 수신하는 단계로서, 상기 메시지는 상기 제1 노드의 상기 복수의 트랜시버 각각에 의해 수신되는, 수신하는 단계; 및

상기 메시지에 응답하여 상기 복수의 트랜시버 각각에 의해 각각의 데이터 프레임을 상기 제2 노드로 전송하는 단계;를 포함하고,

각각의 트랜시버는 상기 트랜시버에 의한 상기 메시지의 수신 후에, 미리 정해진 시간 주기로 각각의 데이터 프레임의 전송을 개시하고, 상기 미리 정해진 시간 주기는 상기 전송된 데이터 프레임들 각각에 대해 동일하며, 상기 복수의 트랜시버로부터의 상기 데이터 프레임들의 상기 전송은 중첩되며,

상기 데이터 프레임들은 채널 사운딩을 위한 제1 트레이닝 시퀀스 및 제2 트레이닝 시퀀스를 각각 포함하고, 각각의 개별 데이터 프레임에 대해:

상기 제1 트레이닝 시퀀스는 각각의 데이터 프레임의 개시에 위치하고; 그리고

상기 제2 트레이닝 시퀀스는 암호로 생성된 트레이닝 시퀀스를 포함하고;

각각의 트랜시버의 전송 타이밍은 상기 트랜시버의 각각의 클럭에 기초하고, 상기 방법은 각각의 트랜시버의 캐리어 주파수 오프셋(CFO: carrier frequency offset)을 조정하기 위하여 하나 이상의 상기 트랜시버 클럭들의 클럭 주파수를 조정하는 단계를 포함하고, 상기 클럭 주파수는 상기 제2 노드로부터 수신된 이전 전송의 검출된 CFO에 기초하여 조정되는, 방법.

청구항 24

제23항에 있어서,

수신된 전송의 상기 CFO에 대한 각각의 트랜시버에 대한 공통 CFO를 설정하기 위해 상기 트랜시버들의 클럭 주파수들을 조정하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 25

제23항 또는 제24항에 있어서,

상기 수신된 전송의 상기 CFO와 관련하여 각각의 트랜시버에 대해 다른 상대 CFO 오프셋을 설정하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 26

제23항 또는 제24항에 있어서,

상기 제2 노드로부터의 초기 메시지에 기초하여 제1 클럭 조정을 수행하고, 상기 제2 노드로부터의 후속 메시지에 기초하여 상기 클럭 조정을 정제하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 27

제1항 또는 제23항에 있어서,

각각의 트랜시버는 클럭 신호의 주기에 기초하여 이산 시간 증분들로 전송들을 개시하도록 구성되고, 상기 방법은 전송 개시 시간 전에 상기 클럭 신호의 클럭 주파수를 조정함으로써 상기 이산 시간 증분들에 대해 트랜시버에 대한 상기 전송 개시 시간을 조정하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 28

제27항에 있어서,

조정 전에 상기 클럭에 의해 정의된 상기 이산 시간 증분들에 대해 프레임 전송의 상기 개시를 더 이른 시간 또는 더 늦은 시간으로 조정하기 위하여, 결정된 지속 시간 동안 상기 클럭 주파수를 증가 또는 감소시키는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 29

제1항 또는 제23항에 있어서,

하나 이상의 상기 데이터 프레임의 일부의 전송을 뮤팅(muting)하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 30

제29항에 있어서,

뮤팅된 부분은: 상기 제1 트레이닝 시퀀스, 프레임-개시 구분 문자, 물리 계층 헤더 및 데이터 페이로드 중 하나 이상을 포함하는, 방법.

청구항 31

제29항에 있어서,

상기 데이터 프레임들 중 적어도 하나가 뮤팅되지 않은 형태의 부분을 포함하도록, 상기 데이터 프레임들 중 전부는 아니지만 하나 이상에 대해 상기 뮤팅을 수행하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 32

제29항에 있어서,

상기 각각의 데이터 프레임은 제3 트레이닝 시퀀스를 포함하고,

상기 제2 및/또는 상기 제3 트레이닝 시퀀스는 상기 데이터 프레임들 중 임의의 데이터 프레임에 대해 뮤팅된 부분에 포함되지 않는, 방법.

청구항 33

제29항에 있어서,

상기 데이터 프레임 중 일부가:

상기 제2 노드로부터의 메시지;

상기 트랜시버들의 전송 강도들 또는 상기 트랜시버들과 상기 제2 노드 사이의 채널 품질;

중 하나 이상에 기초하여 뮤팅될 하나 이상의 트랜시버를 선택하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 34

제33항에 있어서,

뮤팅되지 않은 제1 트레이닝 시퀀스를 갖는 데이터 패킷들의 전송에 대해 상대적으로 더 큰 전송 강도 또는 더 나은 채널 품질을 갖는 하나 이상의 트랜시버를 선택하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 35

제29항에 있어서,

데이터 프레임의 일부의 전송을 뮤팅하는 단계는 상기 일부에 대해 전송 전력을 감소시키거나 전송을 비활성화하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 36

제29항에 있어서,

하나 이상의 데이터 프레임 전체의 전송을 뮤팅하는 단계를 포함하고, 트랜시버들 중 하나 이상의 사전 선택된 트랜시버들에 대한 데이터 프레임들만이 전송되는, 방법.

청구항 37

제1항 또는 제23항에 있어서,

임계 신호 강도를 초과하는 신호의 검출된 제1 경로의 신호 강도를 검출하는 것에 응답하여, 상기 제2 노드로부터 이전에 수신된 신호의 신호 강도에 기초하여 하나 이상의 상기 데이터 프레임에 대한 전송 전력을 감소시키는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 38

제1항 또는 제23항에 있어서,

상기 제2 트레이닝 시퀀스는 상기 데이터 프레임들의 추가 데이터에 선행하며, 상기 방법은 하나 이상의 상기

데이터 프레임에 대해 상기 제2 트레이닝 시퀀스의 전송 후에 전송 전력을 감소시키거나 전송을 비활성화하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 39

제1항 또는 제23항에 있어서,

상기 데이터 프레임들은 상기 제2 노드와 상기 제1 노드 사이의 레인징 교환(ranging exchange)의 일부로서 송신되는, 방법.

청구항 40

제39항에 있어서,

상기 데이터 프레임들은 상기 제2 노드로부터 상기 제1 노드로 송신된 상기 레인징 교환의 초기 메시지에 응답하여 송신되는, 방법.

청구항 41

제1항 또는 제23항에 있어서,

상기 제2 노드에서 상기 전송된 데이터 프레임들에 대응하는 신호들을 수신하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 42

제41항에 있어서,

상기 제2 노드에서 상기 각각의 데이터 프레임들 중 특정의 하나를 식별하고 상기 식별된 프레임의 데이터를 획득하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 43

제42항에 있어서,

상기 데이터 프레임을 검출하기 위해 상기 제1 트레이닝 시퀀스를 사용하고, 상기 제1 트레이닝 시퀀스의 검출에 기초하여 상기 데이터 프레임의 획득을 개시하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 44

서로 다른 위치에 배치된 복수의 트랜시버를 포함하는 제1 노드와 제2 노드 사이의 통신 방법으로서,

상기 제2 노드에서:

상기 제1 노드로 메시지를 송신하는 단계;

상기 메시지에 응답하여 상기 제1 노드의 상기 복수의 트랜시버들 각각에 의해 전송된 복수의 중첩 데이터 프레임에 대응하는 신호들을 수신하는 단계; 및

상기 각각의 데이터 프레임들 중 특정의 하나를 식별하고, 각각의 개별 데이터 프레임에 포함된 채널 사운딩을 위한 제1 트레이닝 시퀀스에 기초하여 상기 식별된 데이터 프레임의 데이터를 획득하는 단계를 포함하고;

상기 각각의 제1 트레이닝 시퀀스들은 각각의 트랜시버에서 상기 메시지의 수신 시간에 대하여 각각의 다른 개시 시간들에서 개시되고, 상기 식별된 프레임의 데이터를 획득하는 단계는 각각의 상기 데이터 프레임들에 포함된 채널 사운딩을 위한 제2 트레이닝 시퀀스를 검출하는 단계를 포함하고, 상기 데이터 프레임들의 상기 제2 트레이닝 시퀀스들은 암호로 생성된 트레이닝 시퀀스들을 포함하고 각각의 개별 트랜시버들에서 상기 메시지의 상기 수신 시간으로부터 공통 시간 오프셋에서 개시되며,

상기 방법은,

상기 제2 트레이닝 시퀀스의 검출에 기초하여 상기 프레임의 수신 시간을 결정하는 단계 및 상기 제1 노드와 상기 제2 노드 사이의 거리를 계산하기 위하여 상기 결정된 수신 시간을 사용하는 단계를 더 포함하는, 방법.

청구항 45

제44항에 있어서,

상기 수신된 신호는 상기 트랜시버들로부터 상기 제2 노드로의 다중 신호 경로들에 대응하는 상기 데이터 프레임의 다중 중첩 버전들을 포함하고, 상기 방법은 상기 신호에서 상기 제2 트레이닝 시퀀스의 가장 이른 출현을 검출하고, 상기 프레임의 상기 수신 시간을 결정하기 위해 상기 가장 이른 출현을 사용하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 46

제44항 또는 제45항에 있어서,

상기 제1 트레이닝 시퀀스들 중 하나 이상의 각각의 수신 시간들을 결정하고, 상기 각각의 수신 시간들에 기초하여 상기 트랜시버들 중 각각에 대한 각각의 거리들을 결정하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 47

제46항에 있어서,

상기 결정된 거리들 중 최단 거리를 결정하고, 상기 결정된 최단 거리를 상기 제2 트레이닝 시퀀스의 수신에 기초하여 계산된 거리와 비교하고, 상기 비교에 따라 상기 프레임을 프로세싱하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 48

제47항에 있어서,

상기 최단 거리가 상기 제2 트레이닝 시퀀스의 수신에 기초하여 결정된 상기 거리와 일치하면 상기 프레임이 진정한 것으로 결정하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 49

제48항에 있어서,

이들이 일치하지 않으면 상기 프레임 또는 이로부터 결정된 거리 측정값을 폐기하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 50

제44항 또는 제45항에 있어서,

상기 각각의 데이터 프레임은 제3 트레이닝 시퀀스를 포함하고,

상기 제1, 상기 제2 및 상기 제3 트레이닝 시퀀스 중 적어도 하나의 수신 시간들로부터 도출된 복수의 거리 측정값에 기초하여 상기 제1 노드의 위치를 결정하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 51

제1항, 제23항, 제44항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 데이터 프레임의 뮤팅된 부분이 수신되고 있는 동안 및/또는 상기 제2 트레이닝 시퀀스의 수신 후에 상기 제2 노드에서 수신기를 비활성화시키는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 52

제1항, 제23항, 제44항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 노드들 간의 통신은 초광대역, UWB, 무선 통신 시스템에 기초한 무선인, 방법.

청구항 53

제1항, 제23항, 제44항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제1 노드는 차량을 포함하고 상기 제2 노드는 상기 차량에 대한 무선 키 포브(key fob)와 같은 원격 제어

디바이스를 포함하는, 방법.

청구항 54

제53항에 있어서,

상기 프레임들은 상기 차량의 자동화된 작동을 제어하기 위한 제어 메시지 교환의 일부로서 교환되는, 방법.

청구항 55

제1항, 제23항, 제44항 중 어느 한 항에 따른 방법을 수행하기 위한 수단을 갖는, 디바이스.

청구항 56

디바이스로서,

복수의 트랜시버를 포함하고,

상기 복수의 트랜시버 각각은,

원격 디바이스로부터 메시지를 수신하고;

상기 메시지에 응답하여 각각의 데이터 프레임을 상기 원격 디바이스로 전송하도록 구성되며,

상기 각각의 트랜시버는, 상기 복수의 트랜시버로부터의 상기 데이터 프레임들의 전송들이 중첩되도록, 상기 트랜시버에 의한 상기 메시지의 수신 후에 미리 정해진 시간 주기 동안 각각의 데이터 프레임의 전송들을 개시하도록 구성되며,

상기 데이터 프레임들 각각은 채널 사운딩을 위한 서로 다른 제1 트레이닝 시퀀스 및 제2 트레이닝 시퀀스를 포함하고, 각각의 개별 데이터 프레임에 대해:

상기 제1 트레이닝 시퀀스는 각각의 데이터 프레임의 개시에 위치하고, 상기 각각의 트랜시버에 의한 메시지의 수신 후에 제1 시간 주기를 개시하도록 구성되고, 상기 제1 시간 주기는 다른 데이터 프레임들 각각의 제1 시간 주기와 다르며; 그리고

상기 제2 트레이닝 시퀀스는 암호로 생성된 트레이닝 시퀀스를 포함하고 상기 각각의 트랜시버에 의한 메시지의 수신 후에 제2 시간 주기를 개시하도록 구성되고, 상기 제2 시간 주기는 데이터 프레임들 각각에 대해 동일한, 디바이스.

청구항 57

디바이스로서,

복수의 트랜시버를 포함하고,

상기 복수의 트랜시버 각각은,

원격 디바이스로부터 메시지를 수신하고;

상기 메시지에 응답하여 각각의 데이터 프레임을 상기 원격 디바이스로 전송하도록 구성되고,

상기 각각의 트랜시버는, 상기 트랜시버에 의한 상기 메시지의 수신 후에 미리 정해진 시간 주기 동안 각각의 데이터 프레임의 전송들을 개시하도록 구성되며, 상기 미리 정해진 시간 주기는 상기 전송된 데이터 프레임들 각각에 대해 동일하며, 상기 복수의 트랜시버로부터의 상기 데이터 프레임들의 전송들이 중첩되며;

상기 데이터 프레임들 각각은 채널 사운딩을 위한 서로 다른 제1 트레이닝 시퀀스 및 제2 트레이닝 시퀀스를 포함하고, 각각의 개별 데이터 프레임에 대해:

상기 제1 트레이닝 시퀀스는 각각의 데이터 프레임의 개시에 위치하고; 그리고

상기 제2 트레이닝 시퀀스는 암호로 생성된 트레이닝 시퀀스를 포함하고;

각각의 트랜시버의 전송 타이밍은 상기 트랜시버의 각각의 클럭에 기초하고, 상기 디바이스 또는 시스템은 각각의 트랜시버의 캐리어 주파수 오프셋(CFO: carrier frequency offset)을 조정하기 위하여 하나 이상의 상기 트랜시버 클럭들의 클럭 주파수를 조정하도록 구성되고, 상기 클럭 주파수는 상기 원격 디바이스로부터 수신된 이

전 전송의 검출된 CFO에 기초하여 조정되는, 디바이스.

청구항 58

디바이스로서:

원격 디바이스와 통신하기 위한 트랜시버로서, 상기 트랜시버는 상기 원격 디바이스로 메시지를 송신하고 상기 원격 디바이스의 각각의 트랜시버들에 의해 상기 메시지에 응답하여 전송되는 복수의 중첩 데이터 프레임에 대응하는 신호들을 수신하도록 구성되는, 트랜시버; 및

상기 각각의 데이터 프레임들 중 특정의 하나를 식별하고, 각각의 개별 데이터 프레임에 포함된 채널 사운딩을 위한 제1 트레이닝 시퀀스에 기초하여 상기 식별된 데이터 프레임의 데이터를 획득하기 위한 수단;을 포함하고,

상기 각각의 제1 트레이닝 시퀀스들은 각각의 트랜시버에서의 상기 메시지의 수신 시간에 대하여 각각의 다른 개시 시간들에서 개시되고, 상기 획득 수단은 상기 데이터 프레임들 각각에 포함된 채널 사운딩을 위한 제2 트레이닝 시퀀스를 검출하도록 구성되고, 상기 데이터 프레임들의 상기 제2 트레이닝 시퀀스는 암호로 생성된 트레이닝 시퀀스들을 포함하고 각각의 개별 트랜시버들에서의 상기 메시지의 상기 수신 시간으로부터의 공통 시간 오프셋에서 개시되며;

상기 디바이스 또는 시스템은,

상기 제2 트레이닝 시퀀스의 검출에 기초하여 상기 프레임의 수신 시간을 결정하고 상기 디바이스 또는 시스템과 상기 원격 디바이스 사이의 거리를 계산하기 위하여 상기 결정된 수신 시간을 사용하기 위한 수단을 더 포함하는, 디바이스.

청구항 59

제56항 내지 제58항 중 어느 한 항에 있어서,

제1항에 따른 방법을 수행하거나 이에 참여하도록 추가로 구성된, 디바이스.

청구항 60

데이터 프로세싱 디바이스에 의해 실행될 때, 제1항, 제23항, 제44항 중 어느 한 항에 따른 방법을 수행하도록 구성된 소프트웨어 코드를 포함하는, 컴퓨터-판독 가능 매체.

청구항 61

삭제

청구항 62

삭제

청구항 63

삭제

청구항 64

삭제

청구항 65

삭제

청구항 66

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 디바이스 간 통신을 위한 시스템 및 방법에 관한 것으로, 여기서 디바이스 중 적어도 하나는 다중 트랜시버(multiple transceivers)를 포함한다. 특정 예는 이러한 디바이스 간 레인징 교환(ranging exchange)에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 디바이스(특히 차량과 같은 더 큰 디바이스) 상에 다중 송신기를 제공하면 다른 원격 디바이스(예를 들어, 차량에 대한 무선 키 포브(fob))에서 전송이 신뢰성 있게 수신될 가능성을 향상시킬 수 있다. 이러한 전송은 예를 들어, 레인징(거리 결정) 또는 원격 제어(예를 들어, 도어 잠금/잠금 해제, 자동 주차 기능 등)를 위해 사용될 수 있다. 그러나, 임의의 송신기로부터의 통신을 위해 원격 디바이스가 청취할 필요성은 원격 디바이스에서의 전력 요건을 증가시키며, 이는 통상적으로 제한된 배터리 용량 및/또는 긴 배터리 수명 요건을 갖는 많은 소형 디바이스(예를 들어, 키 포브)에 있어서 문제가 된다.

발명의 내용

[0003] 본 발명의 실시예는 이러한 문제를 개선하고 다중-송신기 디바이스에 대한 개선된 통신 스킴을 제공하고자 한다.

[0004] 따라서, 본 발명의 제1 양태에서, 다중 트랜시버를 갖는 제1 노드로부터 제2 노드로 신호를 전송하는 방법이 제공되며, 본 방법은: 제1 노드에서 제2 노드로부터 메시지를 수신하는 단계로서, 메시지는 제1 노드의 복수의 트랜시버 각각에 의해 수신되는, 수신하는 단계; 및 메시지에 응답하여 복수의 트랜시버 각각에 의해 각각의 데이터 프레임을 제2 노드로 전송하는 단계를 포함하고; 각각의 트랜시버는 트랜시버에 의한 메시지의 수신 후에, 미리 정해진 시간 주기로 각각의 데이터 프레임의 전송을 개시하고; 복수의 트랜시버로부터의 데이터 프레임들의 전송은 중첩된다.

[0005] 미리 정해진 시간 주기는 전송된 데이터 프레임들 각각에 대해 동일할 수 있다.

[0006] 대안적으로, 미리 정해진 시간 주기는 전송된 데이터 프레임들 각각에 대해 다를 수 있다. 바람직하게는, 데이터 프레임들에 대한 미리 정해진 시간 주기는 데이터 프레임들 각각의 전송 지속 시간 미만만큼 서로 다르다. 바람직하게는, 미리 정해진 시간 주기의 각각은 데이터 프레임 전송 지속 시간보다 짧다.

[0007] 바람직하게는, 각각의 데이터 프레임은 트레이닝 시퀀스를 포함하고, 데이터 프레임들은, 트레이닝 시퀀스들이 트랜시버에 의한 메시지의 수신 후에 공통 시간 지연(즉, 트레이닝 시퀀스의 개시가 각각의 데이터 프레임에 대해 동일할 수 있을 때까지의 시간 지연)으로 각각의 트랜시버에 의해 전송된다. 이러한 트레이닝 시퀀스는 또 다른 제1 트레이닝 시퀀스보다 프레임에서 더 늦게 출현하는 데이터 프레임의 제2 트레이닝 시퀀스일 수 있다.

[0008] 바람직하게는, 데이터 프레임들 각각은 제1 트레이닝 시퀀스 및 제2 트레이닝 시퀀스를 포함한다. 바람직하게는, 각각의 개별 데이터 프레임에 대해, 제1 트레이닝 시퀀스는 각각의 트랜시버에 의한 메시지의 수신 후에 제1 시간 주기를 개시하도록 구성되고, 제1 시간 주기는 선택적으로 다른 데이터 프레임들 각각의 제1 시간 주기와 다르다. 각각의 개별 데이터 프레임에 대해, 제2 트레이닝 시퀀스는 각각의 트랜시버에 의한 메시지의 수신 후에 제2 시간 주기를 개시하도록 구성될 수 있고, 제2 시간 주기는 선택적으로 데이터 프레임들 각각에 대해 동일하다. 대안적으로, 프레임이 완전히 정렬될 수 있는 실시예에서, 각각의 데이터 프레임에 대해 제1 및 제2 시간 주기 모두는 동일할 수 있다(각각의 프레임 섹션은 데이터 프레임의 각각의 버전에서 메시지의 수신 후에 동일한 지속 시간을 개시함). 이러한 예에서 프레임은 제2 노드와 각각의 트랜시버 사이의 다른 전파 시간으로 인한 가능성 있는 작은 상대 오프셋을 제외하고는 완전히 병렬(정렬)로 전송될 것이다.

[0009] 본 발명의 추가 양태에서, 복수의 트랜시버를 포함하는 제1 노드로부터 제2 노드로 신호들을 전송하는 방법이 제공되며, 본 방법은: 제1 노드의 복수의 트랜시버 각각으로부터 제2 노드로 각각의 데이터를 전송하는 단계를 포함하고, 각각의 데이터 프레임의 전송은, 데이터 프레임의 전송이 중첩되도록 전송 개시 시간에 대해 개시되고; 각각의 데이터 프레임은 제1 트레이닝 시퀀스 및 제2 트레이닝 시퀀스를 포함하고; 각각의 개별 데이터 프레임에 대해: 제1 트레이닝 시퀀스는 다른 데이터 프레임의 대응하는 제1 트레이닝 시퀀스에 비해, 전송 개시 시간에 대해 다른 시간에 개시하도록 구성되고; 제2 트레이닝 시퀀스는 다른 데이터 프레임의 대응하는 제2 트레이닝 시퀀스에 비해 전송 개시 시간에 대해 동일한 시간에 개시하도록 구성된다.

[0010] 본 방법은 제2 노드로부터 메시지를 수신하는 단계를 포함할 수 있으며, 데이터 프레임들은 메시지에 응답하여

전송된다. 각각의 데이터 프레임에 대한 전송 개시 시간은 각각의 트랜시버에 의한 메시지의 수신 후에, 미리 정해진 지연 기간으로서 결정될 수 있다.

- [0011] 이하의 선택적인 특징이 상술한 양태 중 어느 하나에 적용될 수 있다.
- [0012] 바람직하게는, 제1 트레이닝 시퀀스는 각각의 개별 데이터 프레임의 개시에 위치되고, 선택적으로 메시지의 수신에 대한 제1 트레이닝 시퀀스의 개시 시간을 결정하는 가변 지연 기간에 후행한다.
- [0013] 제1 트레이닝 시퀀스는 바람직하게는 심볼 레이트에서 복수의 심볼을 포함하고, 각각의 개별 제1 트레이닝 시퀀스의 개시는, 주어진 트레이닝 시퀀스의 개시 시간이 다른 프레임들의 제1 트레이닝 시퀀스들 중 임의의 것의 심볼 경계와 일치하지 않고 및/또는 각각의 제1 트레이닝 시퀀스들의 심볼 경계들이 정렬되지 않도록 선택된다. 각각의 제1 트레이닝 시퀀스들에 선행하는 지연 기간들은 제1 및/또는 제2 트레이닝 시퀀스의 심볼 주기의 비정수(non-integer) 배수들일 수 있다.
- [0014] 바람직하게는, 제1 트레이닝 시퀀스는 (선택적으로, 주기적으로 반복되는 코드에 기초하여) 미리 정해진 코드 시퀀스를 포함한다. 제1 트레이닝 시퀀스는 완전한 주기적 자기 상관을 갖는 시퀀스, 바람직하게는 Ipatov 시퀀스일 수 있다. 제2 트레이닝 시퀀스는 암호로 생성된 트레이닝 시퀀스를 포함한다.
- [0015] 본 방법은, 제2 트레이닝 시퀀스들이 각각 트랜시버에 의한 메시지의 수신 후에 공통 시간 오프셋에서 개시하도록, 제2 트레이닝 시퀀스들에 선행하는 데이터 프레임들의 하나 이상의 부분의 길이들을 변화시키는 단계를 포함할 수 있다. 본 방법은, 제1 트레이닝 시퀀스, 프레임의 데이터 페이로드 및 제2 트레이닝 시퀀스 이전에 삽입된 전송 갭 중 하나 이상의 길이들을 데이터 프레임들 중 다른 프레임들 사이에서 변화시키는 단계를 포함할 수 있다. 각각의 데이터 프레임의 하나 이상의 부분들의 길이(들)는 각각의 데이터 프레임의 개시 이전에 삽입된 전송 지연을 보상하기 위해 (바람직하게는, 실질적으로 정확하게 밸런싱하기 위해) 바람직하게 변경된다.
- [0016] 바람직하게는, 제1 트레이닝 시퀀스에 선행하여 삽입된 임의의 지연을 포함하여 제2 트레이닝 시퀀스까지의 (하지만 이를 포함하지 않음) 데이터 프레임의 전체 길이가 모든 데이터 프레임들에 대해 동일하도록 이것이 수행된다.
- [0017] 일 접근법에서, 데이터 프레임들 각각의 제2 트레이닝 시퀀스들이 각각의 트랜시버에서의 메시지의 수신에 대해 동일한 시간 오프셋에서 발생하도록 크기가 정해진 각각의 전송 갭에 각각의 개별 제2 트레이닝 시퀀스가 후행될 수 있다. 제2 트레이닝 시퀀스 전에 삽입된 전송 갭과 제1 트레이닝 시퀀스 전에 삽입된 지연 기간의 합은 모든 데이터 프레임들에 대해 바람직하게는 실질적으로 일정하다. 본 방법은 바람직하게는 프레임의 물리 계층 헤더 및 페이로드 중 하나 또는 둘 모두에서 제2 트레이닝 시퀀스에 선행하는 프레임의 일부에서 전송 갭 크기를 시그널링하는 단계를 포함할 수 있다. 본 방법은, 데이터 프레임들 중 주어진 하나에 대해, 물리 계층 헤더에서 암호화되지 않은 형태로 그리고 페이로드에서 다시 암호화된 형태로 각각의 전송 갭을 특징하는 정보를 포함시키는 단계를 포함할 수 있다.
- [0018] 일 접근법에서, 데이터 프레임들 각각의 제2 트레이닝 시퀀스들이 각각의 트랜시버에서의 메시지의 수신에 대해 다른 시간 오프셋에서 발생하도록 크기가 정해진 각각의 전송 갭에 각각의 개별 제2 트레이닝 시퀀스가 후행될 수 있다.
- [0019] 제2 트레이닝 시퀀스는 각각의 데이터 프레임의 끝 및/또는 데이터 프레임의 페이로드 후에 위치될 수 있다. 각각의 데이터 프레임은 각각의 다른 제2 트레이닝 시퀀스를 포함할 수 있거나, 대안적으로 제2 트레이닝 시퀀스는 각각의 데이터 프레임에 대해 동일할 수 있다(즉, 동일한 비트 시퀀스).
- [0020] 선택적으로, 각각의 데이터 프레임은 제3 트레이닝 시퀀스, 바람직하게는 암호화로 생성된 트레이닝 시퀀스를 더 포함할 수 있다. 제3 트레이닝 시퀀스는 바람직하게는 각각의 데이터 프레임에 대해 동일하다. 제3 트레이닝 시퀀스는 바람직하게는 제2 트레이닝 시퀀스와 다르다(즉, 다른 비트 시퀀스).
- [0021] 일 접근법에서, 각각의 제2 트레이닝 시퀀스들은 각각의 데이터 프레임의 전송의 개시 후에 (또는 달리 말하면 각각의 개별 트랜시버에 의한 메시지의 수신 후에) 공통의 개시 시간에 개시되도록 구성될 수 있고, 각각의 제3 트레이닝 시퀀스들은 각각의 데이터 프레임의 전송의 개시 후에 (또는 각각의 개별 트랜시버에 의한 메시지의 수신 후에) 각각의 상이한 개시 시간들에서 개시하도록 구성될 수 있고, 선택적으로 가변 전송 갭에 후행된다.
- [0022] 각각의 데이터 프레임은 각각의 페이로드를 포함할 수 있고, 대안적인 프레임 구조에서, 페이로드는 제2 트레이닝 시퀀스와 제3 트레이닝 시퀀스 이전, 제2 트레이닝 시퀀스와 제3 트레이닝 시퀀스 사이, 또는 제2 트레이닝

시퀀스와 제3 트레이닝 시퀀스 이후에 위치될 수 있다.

- [0023] 실시예에서, 각각의 데이터 프레임은 제1 정렬 Ipatov 트레이닝 시퀀스, 제2 정렬 암호화 트레이닝 시퀀스 및 제3 비정렬 암호화 트레이닝 시퀀스를 포함한다. 필드, 트레이닝 시퀀스 등이 본원에서 시간-정렬되는 것으로 설명되는 경우, 이는 일반적으로 이들이 프레임 전송의 개시로부터 또는 유사하게 각각의 트랜시버에서 원래 메시지의 수신으로부터의 공통 시간 오프셋으로 전송되도록 시간이 정해진다는 것을 의미할 수 있으며, 다른 트랜시버들에 대한 다른 전파 지연들은 실제로 정렬이 정확한 것이 아니라 대략적인 것을 의미할 수 있지만, 필드는 실질적으로 동시에 전송되게 귀결된다.
- [0024] 본 방법은 하나 이상의 데이터 프레임의 일부의 전송을 뮤팅(muting)하는 단계를 포함할 수 있다. 뮤팅된 부분은: 제1 트레이닝 시퀀스, 프레임-개시 구분 문자, 물리 계층 헤더 및 데이터 페이로드 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 데이터 프레임들 중 적어도 하나가 뮤팅되지 않은 형태의 부분을 포함하도록, 데이터 프레임들 중 전부는 아니지만 하나 이상에 대해 뮤팅이 수행될 수 있다. 바람직하게는, 제2 및/또는 제3 트레이닝 시퀀스는 데이터 프레임들 중 임의의 데이터 프레임에 대해 뮤팅된 부분에 포함되지 않는다.
- [0025] 본 방법은, 데이터 프레임 중 일부가: 제2 노드로부터의 메시지; 및 트랜시버들의 전송 강도들 또는 트랜시버들과 제2 노드 사이의 채널 품질 중 하나 이상에 기초하여 뮤팅될 하나 이상의 트랜시버를 선택하는 단계를 포함할 수 있다. 뮤팅되지 않은 제1 트레이닝 시퀀스를 갖는 데이터 패킷들의 전송에 대해 상대적으로 더 큰 전송 강도 또는 더 나은 채널 품질을 갖는 하나 이상의 트랜시버가 선택될 수 있다. (채널은 일반적으로 양쪽 방향으로 매우 유사할 것으로 예측될 수 있으므로) 선택은 프레임이 송신되고 있는 것에 응답하여 제2 노드로부터 트랜시버들로의 상술한 메시지에 기초하여 이루어질 수 있다. 대안적으로, 최상의 채널을 갖는 트랜시버는 다른 전송 프로토콜(이용 가능한 경우, LF, UHF, 블루투스)에 기초하여, 또는 이전의 교환(바람직하게는 매우 최근에 발생한 경우)에 기초하여 선택될 수 있다.
- [0026] 데이터 프레임의 일부의 전송을 뮤팅하는 단계는 일부에 대해 (예를 들어, 프레임의 다른 부분에 비해) 전송 전력을 감소시키거나 전송을 비활성화하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0027] 본 방법은 하나 이상의 데이터 프레임 전체의 전송을 뮤팅하는 단계를 대안적으로 또는 부가적으로 포함할 수 있고, 바람직하게는 트랜시버들 중 하나 이상의 사전 선택된 트랜시버들에 대한 데이터 프레임들만이 전송된다.
- [0028] 본 방법은 바람직하게는 임계 신호 강도를 초과하는 신호의 검출된 제1 경로(예를 들어, 검출된 제1 경로가 특히 강함)의 신호 강도를 검출하는 것에 응답하여, 제2 노드로부터 이전에 수신된 신호(예를 들어, 메시지)의 신호 강도에 기초하여 하나 이상의 상기 데이터 프레임에 대한 전송 전력을 감소시키는 단계를 포함할 수 있다.
- [0029] 제2 트레이닝 시퀀스는 데이터 프레임들의 추가 데이터에 선행하며, 본 방법은 바람직하게는 하나 이상의 데이터 프레임에 대해 제2 트레이닝 시퀀스의 전송 후에 전송 전력을 감소시키거나 전송을 비활성화하는 단계를 포함한다. 추가 데이터는 프레임의 페이로드 및/또는 프레임의 물리 계층 헤더를 포함할 수 있다.
- [0030] 바람직하게는, 각각의 트랜시버의 전송 타이밍은 트랜시버의 각각의 클럭에 기초하고, 본 방법은 각각의 트랜시버의 캐리어 주파수 오프셋(CFO: carrier frequency offset)을 조정하기 위하여 하나 이상의 상기 트랜시버 클럭들의 클럭 주파수를 조정하는 단계를 포함한다. 클럭 주파수는 제2 노드로부터 수신된 이전 전송(예를 들어, 메시지)의 검출된 CFO에 기초하여 조정될 수 있다. 본 방법은 수신된 전송의 CFO에 대한 각각의 트랜시버에 대한 공통 CFO를 설정하기 위해 트랜시버들의 클럭 주파수들을 조정하는 단계를 포함할 수 있으며, 선택적으로 공통 CFO는 (동적으로 계산될 수 있는) 주어진 CFO 오프셋에 의한 수신 CFO보다 작거나 크다. 공통 CFO는 미리 정해진 타겟 CFO일 수 있다. 본 방법은 대안적으로 수신된 전송의 CFO와 관련하여 각각의 트랜시버에 대해 다른 상대 CFO 오프셋을 설정하는 단계를 포함할 수 있다. 본 방법은 제2 노드로부터의 초기 메시지에 기초하여 제1 클럭 조정을 수행하고, 제2 노드로부터의 후속 메시지에 기초하여 클럭 조정을 정제하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0031] 각각의 트랜시버의 프레임의 전송 개시는, CFO가 공통 타겟 CFO로 조정되기 전에 트랜시버의 초기 CFO를 보상하기 위해 추가로 조정될 수 있다.
- [0032] 각각의 트랜시버는 클럭 신호의 주기에 기초하여 이산 시간 증분들로 전송들을 개시하도록 구성될 수 있다(이는 이러한 특정 시간 증분들만에서 트랜시버가 전송을 개시할 수 있게 하는 설계 제한의 결과일 수 있음). 이 경우, 본 방법은 전송 개시 시간 전에 클럭 신호의 클럭 주파수를 조정함으로써 이산 시간 증분들에 대해 트랜시버에 대한 전송 개시 시간을 조정하는 단계를 포함할 수 있다. 이는 조정 전에 클럭에 의해 정의된 이산 시간 증분들에 대해 프레임 전송의 개시를 더 이른 시간 또는 더 늦은 시간으로 조정하기 위하여, 바람직하게는 결정

된 지속 시간 동안 클럭 주파수를 증가 또는 감소시키는 단계를 포함할 수 있다.

- [0033] 바람직하게는, 데이터 프레임들은 제2 노드와 제1 노드 사이의 레인징 교환(ranging exchange)의 일부로서 송신된다. 데이터 프레임들은 제2 노드로부터 제1 노드로 송신된 레인징 교환의 초기 메시지에 응답하여 송신될 수 있다.
- [0034] 본 방법은 제2 노드에서 전송된 데이터 프레임들에 대응하는 신호들을 수신하는 단계를 더 포함할 수 있다. 그 후, 본 방법은 제2 노드에서 각각의 데이터 프레임들 중 특정의 하나를 식별하고 식별된 프레임의 데이터를 획득하는 단계를 포함할 수 있다. 본 방법은 데이터 프레임을 검출하기 위해 제1 트레이닝 시퀀스를 사용하고, 제1 트레이닝 시퀀스의 검출에 기초하여 데이터 프레임의 획득을 개시하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0035] (상술한 임의의 양태와 결합될 수 있는) 본 발명의 추가 양태에서, 제1 노드와 제2 노드 사이의 통신 방법이 제공되며 본 방법은, 제2 노드에서: 제1 노드로 메시지를 송신하는 단계; 제1 노드의 각각의 트랜시버들에 의해 전송된 복수의 중첩 데이터 프레임에 대응하는 신호들을 수신하는 단계; 및 각각의 데이터 프레임들 중 특정의 하나를 식별하고, 각각의 개별 데이터 프레임에 포함된 제1 트레이닝 시퀀스에 기초하여 식별된 데이터 프레임의 데이터를 획득하는 단계를 포함하고; 각각의 제1 트레이닝 시퀀스들은 바람직하게는 각각의 트랜시버에서 메시지의 수신 시간에 대하여 각각의 다른 개시 시간들에서 개시되고, 식별된 프레임의 데이터를 획득하는 단계는 각각의 데이터 프레임들에 포함된 제2 트레이닝 시퀀스를 검출하는 단계를 포함하고, 데이터 프레임들의 제2 트레이닝 시퀀스들은 각각의 개별 트랜시버들에서 메시지의 수신 시간으로부터 공통 시간 오프셋에서 개시된다.
- [0036] 이하의 선택적인 특징이 상술한 임의의 양태에 적용될 수 있다.
- [0037] 본 방법은 제2 트레이닝 시퀀스의 검출에 기초하여 (제2 노드에서) 프레임의 수신 시간을 결정하는 단계를 포함할 수 있다. 수신된 신호는 통상적으로 트랜시버들로부터 제2 노드로의 다중 신호 경로들에 대응하는 데이터 프레임의 다중 중첩 버전들을 포함한다. 본 방법은 신호에서 제2 트레이닝 시퀀스의 가장 이른 출현을 검출하고, 프레임의 수신 시간을 결정하기 위해 가장 이른 출현을 사용하는 단계를 포함할 수 있다. 제1 노드와 제2 노드 사이의 거리를 계산하기 위하여 결정된 수신 시간이 사용될 수 있다.
- [0038] 본 방법은 제1 트레이닝 시퀀스들 중 하나 이상(바람직하게는 각각)의 각각의 수신 시간들을 결정하고, 각각의 수신 시간들에 기초하여 트랜시버들 중 각각에 대한 각각의 거리들을 결정하는 단계를 포함할 수 있다. 결정된 거리는 예를 들어, 삼각 측량에 의해 제1 노드의 위치를 계산하는 데 사용될 수 있다. 본 방법은 결정된 거리들 중 최단 거리를 결정하고, 최단 거리를 제2 트레이닝 시퀀스의 수신에 기초하여 계산된 거리와 비교하고, 비교에 따라 프레임을 프로세싱하는 단계를 더 포함할 수 있다. 본 방법은 최단 거리가 제2 트레이닝 시퀀스의 수신에 기초하여 결정된 거리와 일치하면 프레임이 진정한 것으로 결정하고 및/또는 이들이 일치하지 않으면 프레임 또는 이로부터 결정된 거리 측정값을 폐기하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0039] 본 방법은 제1, 제2 및/또는 제3 트레이닝 시퀀스 중 하나 이상의 수신 시간들로부터 도출된 복수의 거리 측정값에 기초하여 제1 노드의 위치를 결정하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0040] 본 방법은 데이터 프레임의 뮤팅된 부분이 수신되고 있는 동안 및/또는 제2 트레이닝 시퀀스의 수신 후에 제2 노드에서 수신기를 비활성화시키는 단계를 포함할 수 있다.
- [0041] 노드들 간의 통신은 바람직하게는 무선 통신 프로토콜, 예를 들어, 초광대역, UWB, 무선 통신 시스템에 기초한 무선이다.
- [0042] 실시예에서, 제1 노드는 차량을 포함할 수 있고, 제2 노드는 차량에 대한 무선 키 포브(key fob)와 같은 원격 제어 디바이스를 포함할 수 있다. 프레임들은 차량의 자동화된 작동을 제어하기 위한 제어 메시지 교환의 일부로서 교환될 수 있다.
- [0043] 추가 양태에서, 본 발명은 상술한 또는 더욱 상세하게 후술하는 임의의 방법을 수행하기 위한 수단을 갖는 디바이스 또는 시스템을 제공한다.
- [0044] 본 발명은 디바이스 또는 시스템을 추가로 제공하고, 디바이스 또는 시스템은: 복수의 트랜시버로서, 각각의 트랜시버는: 원격 디바이스로부터 메시지를 수신하고; 메시지에 응답하여 각각의 데이터 프레임을 원격 디바이스로 전송하도록 구성되는, 복수의 트랜시버를 포함하고; 각각의 트랜시버는, 복수의 트랜시버로부터의 데이터 프레임들의 전송들이 중첩되도록, 트랜시버에 의한 메시지의 수신 후에 미리 정해진 시간 주기 동안 각각의 데이터 프레임의 전송들을 개시하도록 구성된다.

- [0045] 본 방법은 디바이스 또는 시스템을 추가로 제공하며, 디바이스 또는 시스템은: 원격 디바이스와 통신하기 위한 트랜시버로서, 트랜시버는 원격 디바이스로 메시지를 송신하고 원격 디바이스의 각각의 트랜시버들에 의해 메시지에 응답하여 전송되는 복수의 중첩 데이터 프레임에 대응하는 신호들을 수신하도록 구성되는, 트랜시버; 및 각각의 데이터 프레임들 중 특성의 하나를 식별하고, 각각의 개별 데이터 프레임에 포함된 제1 트레이닝 시퀀스에 기초하여 식별된 데이터 프레임의 데이터를 획득하기 위한 수단을 포함하고; 각각의 제1 트레이닝 시퀀스들은 바람직하게는 각각의 트랜시버에서의 메시지의 수신 시간에 대하여 각각의 다른 개시 시간들에서 개시되고, 획득 수단은 바람직하게는 데이터 프레임들 각각에 포함된 제2 트레이닝 시퀀스를 검출하도록 구성되고, 데이터 프레임들의 제2 트레이닝 시퀀스는 각각의 개별 트랜시버들에서의 메시지의 수신 시간으로부터의 공통 시간 오프셋에서 개시된다.
- [0046] 상술한 양태 중 어느 하나에서의 디바이스 또는 시스템은 상술한 또는 더욱 상세하게 후술하는 임의의 방법을 수행하거나 이에 참여하도록 추가로 구성될 수 있다.
- [0047] 본 발명은 또한 데이터 프로세싱 디바이스에 의해 실행될 때, 본원에 설명되는 임의의 방법을 수행하도록 구성된 소프트웨어 코드를 포함하는, 컴퓨터-판독 가능 매체를 제공한다.
- [0048] 본 발명의 일 양태에서의 임의의 특징은 임의의 적절한 조합으로 본 발명의 다른 양태에 적용될 수 있다. 특히, 방법 양태는 장치 또는 컴퓨터 프로그램 양태에 적용될 수 있으며, 그 역도 가능하다.
- [0049] 또한, 하드웨어로 구현된 특징은 일반적으로 소프트웨어로 구현될 수 있으며, 그 역도 가능하다. 본원에서 소프트웨어 및 하드웨어 특징에 대한 임의의 참조는 그에 따라 해석되어야 한다.

도면의 간단한 설명

- [0050] 본 발명의 바람직한 특징은 이하 첨부 도면을 참조하여 단지 예로서 설명될 것이다.
- 도 1은 UWB(Ultra Wide Band(초광대역)) 2-웨이 레인징 프로토콜의 온-에어(on-air) 프레임을 나타낸다.
- 도 2는 DecaCypher를 사용하는 보안 UWB 2-웨이 레인징 프로토콜의 온-에어 프레임을 나타낸다.
- 도 3a는 다중 트랜시버를 갖는 노드와의 통신을 나타낸다.
- 도 3b는 설명된 통신 기술을 이용하는 자동 주차 시나리오를 나타낸다.
- 도 4는 다중 앵커(캠)에 대한 2-웨이 레인징을 나타낸다.
- 도 5는 하나의 개시된 통신 스킴에 따른 준-동시(quasi-simultaneous) 프레임의 사용을 나타낸다.
- 도 6은 CFO = -5 ppm에 대한 통상적인 캐리어 루프 및 누산기(accumulator)를 나타낸다.
- 도 7은 4개의 준-동시 프레임에 대한 시뮬레이션 결과를 나타낸다.
- 도 8은 4개의 준-동시 프레임의 시간 영역 플롯을 나타낸다.
- 도 9는 동시 DecaCypher를 갖는 준-동시 프레임을 사용하는 대안적인 통신 스킴을 나타낸다.
- 도 10은 동시 DecaCypher를 갖는 4개의 준-동시 프레임에 대한 시뮬레이션 결과를 나타낸다.
- 도 11은 CFO 트리밍 측정값들(CFO trimming measurements)을 나타낸다.
- 도 12는 예를 들어, DW1100 구현에서 사용되는 프로토콜 프레임을 나타낸다.
- 도 13은 예를 들어, DW1100 트랜시버를 사용하여 구현되는 동시 DecaCypher 시퀀스를 갖는 통신 스킴의 변형을 나타낸다.
- 도 14는 분리되고 중첩된 4개의 준-동시 프레임을 나타낸다.
- 도 15는 DW1100 구현에서 동시 DecaCypher를 갖는 4개의 준-동시 프레임의 시뮬레이션 결과를 나타낸다.
- 도 16은 2-경로 채널에 대한 성능 비교를 나타낸다.
- 도 17은 감쇠된 NLOS 조건에서의 국부화(localization)를 나타낸다.
- 도 18은 LOS 조건에서의 국부화를 나타낸다.

- 도 19는 4-앵커 워크-어라운드(walk-around) 테스트를 나타낸다.
- 도 20은 4-앵커 워크-어라운드 국부화 테스트에 대한 거리 측정값을 나타낸다.
- 도 21은 PRF64 프레임 구조 예(216 μ s 지속 시간)를 나타낸다.
- 도 22는 선택적 프레임 부분(177 μ s 프레임 지속 시간)으로 국부화에 사용하기 위한 PRF64 프레임 구조를 나타낸다.
- 도 23은 2개의 유효한 Ipatov 프리앰블 및 페이로드(175 μ s 프레임 지속 시간)를 갖는 PRF64 프레임 구조를 나타낸다.
- 도 24는 (158 μ s 프레임 지속 시간을 갖는) PRF64 패킷을 나타낸다.
- 도 25는 전송된 동일한 데이터를 갖는(163 μ s 프레임 지속 시간) PRF64 스킴을 나타낸다.
- 도 26은 데이터 페이로드가 없는 (123 μ s 프레임 지속 시간) 병렬 시물레인징(simulranging)을 나타낸다.
- 도 27은 기본 PRF16 변형을 나타낸다.
- 도 28은 더 작은 페이로드 차이 및 더 긴 Ipatov 시퀀스를 갖는 PRF16 변형을 나타낸다.
- 도 29는 통신 스킴의 2-앵커 변형(158 μ s 프레임 지속 시간)을 나타낸다.
- 도 30은 (선택적으로) 뮤팅된 SLAVE CAM_B 프리앰블을 갖는 초단(ultra-short) 2-앵커 변형 스킴을 나타낸다.
- 도 31은 차량과 키 포브 간의 전송/수신 시나리오의 예를 나타낸다.
- 도 32는 예시적인 시나리오에서 추정된 CIR을 나타낸다.
- 도 33은 키 포브 및 앵커의 온-에어 프레임을 나타낸다.
- 도 34는 6.5 GHz 채널에서 경로 진폭 대 CFO의 플롯을 나타낸다.
- 도 35는 동일 채널에서 경로 진폭 대 CFO의 확대된 플롯을 나타낸다.
- 도 36은 4 GHz 채널에서 경로 진폭 대 CFO의 플롯을 나타낸다.
- 도 37은 8 GHz 채널에서 경로 진폭 대 CFO의 플롯을 나타낸다.
- 도 38 내지 도 41은 추가적인 대안적인 프레임 구조를 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0051] 개요
- [0052] IEEE 표준 802.15.4-2011은 도 1에 나타난 프레임 구조와 2 웨이 레인징 능력을 가진 초광대역 물리 계층(UWB PHY)을 설명한다. 실선의 윤곽선은 전송된 프레임을 나타낸다. 점선의 윤곽선은 수신된 프레임을 나타낸다. 다음 약어가 프레임의 특정 부분을 표기하기 위해 도 1 및 후속 도면에서 사용된다.
- [0053] · SFD - Start Frame Delimeter(개시 프레임 구분 문자)
- [0054] · PHR - PHY(Physical Layer(물리 계층)) Header(헤더)
- [0055] 프레임은 Ipatov 시퀀스(Ipatov sequence)의 형태로 채널 사운딩 및 프레임 검출에 사용되는 트레이닝 시퀀스를 포함한다. 이것은 채널 사운딩 목적(perfect periodic autocorrelation을 포함)을 위해 유용하게 하는 특정 특성을 갖는 사전 정의된 코드 시퀀스에 기초하여 프레임 프리앰블을 형성하는 일련의 심볼이다.
- [0056] 디바이스 A가 프레임의 송신 시간(Tsa)를 알고 응답의 수신 시간(Tra)를 검출하고, 응답 지연(td)를 알고 있으면, 전파 시간(tp)를 다음과 같이 계산할 수 있다:

$$tp = \frac{Tra - Tsa - td}{2} \quad (1)$$

- [0057]
- [0058] 그 후, 이에 빛의 속도를 곱하여 디바이스 A와 디바이스 B 사이의 거리를 찾을 수 있다.

- [0059] 다중 경로 전파로 인해, 각 디바이스의 수신기는 다중의 지연되고 중첩된 프레임 카피들(superimposed copies)로 구성된 신호를 수신할 것이다. 디바이스는 Ipatov 프리앰블 시퀀스를 채널 사운딩을 위한 트레이닝 시퀀스로서 사용하여 채널의 임펄스 응답을 추정하고 그에 따라 이러한 각 카피들의 도착 시간을 계산한다. 이는 제1 카피의 도착 시간을 진정된 T_{ra} 로서 사용한다.
- [0060] Ipatov 프리앰블 시퀀스(Ipatov preamble sequence)는 사전 정의된 코드를 반복하는 주기적인 시퀀스이므로 802.15.4에 설명된 스킴은 안전하지 않다. 이는 실제로 도착한 것보다 일찍 도착한 것처럼 보이도록 공격자에 의해 스푸핑(spoofing)될 수 있다. 이러한 이유로, 그 전체 내용이 본원에 참조로 통합된 특허 공보 WO 2017/134310호는, 채널 사운딩 시퀀스(본원에서 트레이닝 시퀀스라고도 칭함)가 예를 들어, 암호화 보안 난수 생성기(CSPRNG: cryptographically secure random number generator)에 의해 생성될 수 있는 임의의 랜덤 바이너리 시퀀스일 수 있는 보안 스킴을 도입하였다. 이 경우, 수신기와 송신기 모두는 필요한 정보(생성 알고리즘 및 임의의 시드(seed) 및/또는 키 정보를 포함함)에 액세스하여 (송신기에서) 암호화 트레이닝 시퀀스를 생성하고 (수신기에서) 이를 재생하여 수신시에 시퀀스를 검출한다. 이것은 채널 사운딩 시퀀스를 릴레이 공격으로부터 안전하게 만든다. 이 시퀀스를 "DecaCypher"라고 칭할 것이다. DecaCypher 시퀀스는 또한 본원에서 "암호 프리앰블(cypher preamble)" 또는 간단히 줄여서 "암호(cypher)"라고도 칭한다는 것에 유의한다. 이와 관련하여 "프리앰블"이라는 용어의 사용은 DecaCypher 시퀀스가 프레임의 개시 또는 그 부근에 위치됨을 의미하는 것으로 의도되는 것이 아니라 트레이닝/채널 사운딩 시퀀스로서의 그 기능을 나타내며; 제시된 예에서, DecaCypher는 통상적으로 프레임의 끝 또는 중간에 위치된다(프레임 개시에 Ipatov 프리앰블을 가짐).
- [0061] DecaCypher가 상술한 특허 공보에 사용되는 방식 중 하나가 도 2에 나타내어져 있다(DecaCypher를 사용한 안전한 UWB 2-웨이 레인지 프로토콜(UWB two-way ranging protocol)의 온 에어 프레임을 나타냄).
- [0062] 다음의 설명되는 실시예는 이러한 프레임 포맷을 구현하는 트랜시버를 사용한다.
- [0063] 본원에서 사용되는 DecaCypher라는 용어는 WO 2017/134310호에 설명된 임의의 실시예에서 사용되는 보안 트레이닝 시퀀스를 지칭할 수 있지만, 다른 유형의 트레이닝/파일럿 시퀀스가 대안적으로 대체될 수 있음에 유의한다. 바람직하게는, 이는 암호 생성/보안 트레이닝 시퀀스이지만, 다른 실시예(예를 들어, 보안이 덜 중요할 경우)에서는 임의의 다른 유형의 트레이닝 시퀀스가 프레임의 DecaCypher 요소로서 사용될 수 있다.
- [0064] 문맥에 의해 달리 요구되지 않는 한, "프레임(frame)" 및 "패킷(packet)"이라는 용어는 통신 매체를 통해(본 예에서는 무선으로) 전송된 구조화된 데이터 유닛을 지칭하기 위해 본원에서 상호 교환 가능하게 사용된다.
- [0065] 본 발명의 실시예는 노드 사이의 통신을 위해 상술한 프레임 구조의 변형을 채용하며, 이들 노드 중 적어도 하나는 다중의 개별 송신기/트랜시버를 포함한다. 이러한 구성의 예가 제1 노드(302) 및 제2 노드(304)를 포함하는 도 3a에 나타내어져 있다. 제2 노드는 신호의 전송/수신을 위해 각각의 안테나와 각각 연관된, 본원에서 "앵커(anchor)"라고도 칭하는 4개의 개별 트랜시버(306, 308, 310 및 312)를 포함한다. 이 예에서 노드(302)는 단일 트랜시버(316)를 포함한다(하지만, 다른 예에서는 양쪽 노드가 다중 트랜시버를 포함할 수 있음). 노드 간의 통신은 노드(304)의 임의의 앵커를 통해 발생할 수 있다.
- [0066] 설명된 실시예는 노드(302) 및/또는 노드(304)의 트랜시버에서 DW1000 또는 DW1100 트랜시버 집적 회로(IC) 모듈(아일랜드 Dublin의 Decawave로부터 이용 가능함)을 사용할 수 있다. 그러나, 임의의 적절한 트랜시버 기술이 채용될 수 있다. 일 실시예에서, 노드(304)는 본원에 설명된 다양한 기술, 프레임 구조 및 프레임 타이밍을 사용하여 다중 트랜시버로부터 데이터를 수신하고 각각의 트랜시버로부터의 프레임의 전송을 제어 및 조정하기 위한 제어기(314)(예를 들어, 마이크로프로세서)를 포함할 수 있다. 그러나, 바람직한 실시예에서, 본원에 설명되는 다양한 통신 스킴은 앵커들에 대한 중앙 조정 없이 동작한다. 특히, 앵커는 각각 노드(302)로부터 메시지를 독립적으로 수신하고 자율적으로 응답 프레임을 생성한다. 그러나, 앵커의 응답은 앵커에서의 메시지 수신에 대한 미리 정해진 타이밍으로 생성되기 때문에, 각각의 응답 프레임은 주로 노드(302)와 노드(304)의 다른 앵커 간의 신호 전파 시간에서의 차이로 인한 작은 차이를 제외하고는 조정된 방식으로 그리고 실질적으로 동시에 여전히 생성된다.
- [0067] 실제 적용(application)의 예가 도 3b에 나타내어져 있다. 여기서, 노드(302)는 자동차 또는 다른 차량에 대한 무선 키 포브이고, 노드(304)는 (예를 들어, 차량의 각각의 전방 및 후방 코너에 위치한) 트랜시버 또는 앵커(302 - 312)를 포함하는 차량이다. 이 실시예에서, 설명된 통신 스킴은 차량의 자동 주차 기능을 구현하는 데 사용된다.
- [0068] 이 시나리오에서, 자동차는 자동으로 주차되며, 근처의 운전자는 잘못된 것이 없는지 확인한다. 규정에 따르면,

운전자는 자동차에서 6m 이하 떨어져 있을 것이다. 자동차의 범퍼의 각각의 코너 상에는 키 포브로부터의 신호에 응답할 준비가 된 트랜시버가 있다. 임의의 특정 시간에, 운전자는 안테나 중 하나에 대해서만 방해받지 않은 시야를 가질 수 있으며, 사용하기 가장 적합한 안테나는 차량이 자체로 조작되기 때문에 지속적으로 변할 수 있다. 안전상의 이유로, 자동차가 키 포브로부터 "올 클리어(All Clear)" 신호 수신을 중지하면, 자동차는 예를 들어, 100 ms 정도의 짧은 시간 내에 자동 주차 절차를 중지해야 한다.

[0069] 이를 해결하는 하나의 방식은 키 포브가 100 ms마다 프레임을 전송하는 것이다. "캠(Cam)"이라고 칭하는 자동차의 4개의 트랜시버/앵커 각각은 다른 사전-프로그래밍된 응답 시간 후에, 예를 들어, 20ms, 40ms, 60ms 및 80ms 후에, 키 포브에 응답하도록 프로그래밍된다. 키 포브는 적어도 하나의 안테나의 비교적 명료한 시야(view)를 가지고 있고, 적절한 시간에 이들 각각에 대해 준비되고 청취하도록 사전-프로그래밍되어 있기 때문에, 통상적으로 적어도 하나의 프레임을 수신할 것이다. 이 통신 스킴이 도 4에 나타내어져 있다.

[0070] 식 (1)을 재사용하여 각각의 캠, 예를 들어, 캠 C에 대한 전파 지연(propagation delay)을 찾을 수 있다.

$$tp_c = \frac{Trk_c - Tsk - tdc}{2} \quad (2)$$

[0071]

[0072] 이에는 몇 가지 문제점이 있다. 하나는 키 포브는 통상적으로 작은 용량의 배터리를 가지며, 하나의 프레임을 송신한 다음 4개의 프레임을 수신하려면 많은 전력이 필요하다는 것이다. 배터리 용량 외에도, 배터리로부터 너무 많은 순간 전류가 나오지 않도록 하려면 종종 큰 커패시터를 필요로 할 것이다. 수신되는 프레임이 많을수록 이 커패시터는 더 커야 한다.

[0073] 동시 프레임으로의 레인징

[0074] 본 발명의 실시예는 본원에서 "시물레인징(simulranging)"으로 지칭되는 스킴을 사용하는 대안적인 해결책을 제공한다. 명료성과 이해의 용이성을 위해, 이 스킴은 예를 들어, 자동 주차 시나리오에서 또는 보안 도어 잠금/잠금 해제 적용에서 차량과 통신하는 키 포브 통신과 관련하여 계속 설명될 것이지만, 이 스킴은 이러한 적용에 한정되지 않고, 이 중 적어도 하나가 다중 트랜시버를 포함하는 노드 또는 디바이스 간 통신을 포함하는 임의의 적절한 상황에 적용될 수 있음에 유의해야 한다.

[0075] 이 스킴에서는, 모두 4개의 캠이 준-동시로(quasi-simultaneously) 그 프레임을 송신하지만, 키 포브에 의해 하나만 수신된다. 자동차의 각각의 트랜시버는 각각의 트랜시버에서의 키 포브로부터의 메시지의 수신으로부터 각각 예를 들어, 100 μ s, 101.25 μ s, 102.5 μ s 및 103.75 μ s의 약간 다른 시간 지연 후에 키 포브로부터의 초기 메시지에 응답하도록 프로그래밍되어 있다. 이는 이들이 모두 거의 동시에 응답하지만, 중요한 1.25 μ s 간격으로 응답한다는 것을 의미한다. 키 포브의 수신기는 100 μ s 후에 프레임을 수신할 준비가 되도록 프로그래밍되어 있으며, 프레임 중 일부를, 아마도 이들 전부가 아니라 아마도 하나만을 "볼" 것이다. 그러나 1.25 μ s 간격은, 실제로는 응답 중 하나의 프레임만을 디코딩하고 프레임 중 하나의 채널 임펄스 응답만을 추정한다는 것을 의미하며, 각각의 Decacypher 트레이닝 시퀀스(대략 1 μ s의 심볼 지속 시간을 가짐)의 심볼 경계는 정렬되지 않기 때문이다. 보다 일반적으로, 각각의 오프셋은 Decacypher 시퀀스의 심볼 정렬을 방지하기 위해 Decacypher 심볼 지속 시간의 임의의 비정수 배수일 수 있다.

[0076] 따라서, 특정 오프셋이 단지 예로서 주어진다(본원의 다른 곳에서, 예를 들어 128 ns의 오프셋이 제시됨). 오프셋은 하나의 송신기로부터의 (예를 들어) 다중 경로가 그 에너지를 다른 송신기의 누산기 영역으로 중첩시키지 않도록, (예를 들어, 다중 경로 지연의 대해) 예상 지연 확산보다 더 큰 것이 바람직하다.

[0077] 설명된 바와 같이 온 에어 프레임이 도 5에 나타낸 바와 같이 보일 것이다.

[0078] 이는 프레임을 수신할 때 수신기(예를 들어, 키 포브)가 하는 일이다:

[0079] · Ipatov 프리앰블 검출 모드(detection mode)에서 개시.

[0080] · 프리앰블 검출 모드에서, 신호가 존재하는 것으로 계속 가정하고 수신한 모든 것에 대해 CIR(Channel Impulse Response(채널 임펄스 응답)) 추정값을 구성한다.

[0081] · CIR 추정값이 실제 유효 신호에서 나온 것으로 결정되면, 획득 모드(acquisition mode)로 전환된다.

[0082] · 획득 모드에서, 누산기를 사용하여 많은 잡음이 있는 채널 추정값을 합산하여 1 μ s의 긴 채널 임펄스 응답(CIR)을 구성하고 캐리어 복구 알고리즘(carrier recovery algorithm)을 개시한다.

- [0083] · 캐리어 복구 알고리즘은 대부분의 에너지를 포함하는 전체 CIR의 64 ns 섹션로부터의 정보만을 수집한다.
- [0084] · 획득 모드에서 프리앰블의 끝을 시그널링하는 SFD를 또한 검색한다. 다시, 64 ns 윈도우로부터 정보를 단지 수집한다.
- [0085] · SFD가 발견되면 수신기는 페이로드를 수신할 준비를 한다. Ipatov CIR 추정이 완료되었다.
- [0086] · 페이로드는 CIR의 동일한 64 ns 섹션으로부터의 정보만을 사용하여 다시 복조된다.
- [0087] 페이로드 복조가 완료되면, Decacypher를 사용하여 제2의, 안전한 CIR 추정값을 구성한다.
- [0088] 도 6은 -5 ppm(parts-per-million) 캐리어 주파수 오프셋(carrier frequency offset(CFO))을 갖고 약한 경로에 후속하여 10 dB 더 강하고 15 ns만큼 지연되는 피크 경로가 있는 통상적인 수신 프레임에 대한 누산기(accumulator)와 캐리어 루프(carrier loop)를 나타낸다.
- [0089] 톱 서브플롯(top subplot)은 -5 ppm 오프셋에서 호밍(homing)하는 캐리어 복구 루프이다. 제2 서브플롯은 프리앰블 검출로부터 형성된 누산기를 나타낸다. 수신기는 여기에서 가장 강한 신호를 선택하고 이 신호가 대략 탭 인덱스 728에 나타나도록 그 지연을 조정한다. 그 후, Ipatov 프리앰블의 수신 동안 이 신호에 대한 캐리어 및 타이밍 복구에 초점을 맞추고 Ipatov 기반 채널 추정값을 누산한다. 제3 서브플롯은 Ipatov 프리앰블로부터 구축된 채널 추정값을 나타낸다. 제4 서브플롯은 DecaCypher로부터 구축된 채널 추정값을 나타낸다.
- [0090] 동시에 도착하는, 도 5에 나타난 4개의 프레임 모두에 대해 수신기의 시뮬레이션이 Matlab에서 시뮬레이팅되었다. 다른 캐리어 주파수 오프셋(CFO)을 갖는 4개의 프레임이 거의 동시에 전송되었다. 3개 프레임의 수신 전력은 -90 dBm이었고, 제4 프레임 수신 전력은 -88.5 dBm이었다. 각각의 신호에 대한 채널은 제1 경로가 주 경로보다 10 dB 약한 2-경로 채널이었다.
- [0091] 프레임 1) 40 μ s 지연 후 송신. Cfo = -5 ppm. Rx level = -90 dBm.
- [0092] 프레임 2) 41.25 μ s 지연 후 송신. Cfo = -4 ppm. Rx level = -88.5 dBm.
- [0093] 프레임 3) 42.50 μ s 지연 후 송신. Cfo = -3 ppm. Rx level = -90 dBm.
- [0094] 프레임 4) 43.75 μ s 지연 후 송신. Cfo = + 5 ppm. Rx level = -90 dBm.
- [0095] 도 7은 시뮬레이션에 따른(준-) 동시 프레임에 대한 수신기 응답을 나타낸다.
- [0096] 톱 서브플롯은 가장 강한 신호의 -4 ppm 오프셋에서 호밍하는 캐리어 복구 루프이다. 제2 서브플롯은 프리앰블 검출로부터 형성된 누산기를 나타낸다. 수신기는 여기에 보이는 4개의 신호 중 가장 강한 신호를 선택하고 그 지연을 조정하여 이러한 가장 강한 신호가 대략 탭 인덱스 728에 나타난다. 이는 일반적으로 자동차의 가장 가까운 가시선(LOS: line of sight) 코너일 것이다. 그 후 Ipatov 프리앰블의 수신 동안 이 신호에 대한 캐리어 및 타이밍 복구에 초점을 두고 Ipatov 기반 채널 추정값을 누적한다. 제3 서브플롯은 Ipatov 프리앰블로부터 구축된 채널 추정값을 나타낸다. 이 추정에서 4개의 프레임 중 3개는 강한 경로를 생성한다. 그 CFO가 따르는 신호와 9 ppm이 다르기 때문에 제4 프레임으로 인한 신호는 존재하지 않는다. 제4 서브플롯은 Cyphered 프리앰블로부터 구축된 채널 추정값을 나타낸다. 이 추정에서 하나의 프레임만 임의의 경로를 생성한다. 제2 프레임으로 인한 신호는 그 지연이 수신기가 호밍된 지연과 일치하는 유일한 것이다. 다른 3개의 프레임은 1 μ s 초과로 떨어져 있다. Decacypher는 길이가 1 μ s 인 심볼 그룹을 사용하므로, 다른 심볼로부터 1 μ s 초과로 떨어진 심볼은 이와 제로 상관 관계(zero correlation)를 갖는다.
- [0097] 보안 향상
- [0098] Decacypher가 채용되고 있어도, 상술한 시플레인징 스킴은 안전하지 않다. 4개의 프레임은 모두 동일한 Decacypher 시퀀스를 갖지만 이들 사이에 지연을 갖고 송신된다. 공격자는 제1 시퀀스를 청취(listen)할 수 있으며, 그런 다음 그는 3.75 μ s 동안 기록을 사용하며 전송될 것으로 자신이 알고 있는 것보다 약간 더 빠르게 동일한 시퀀스를 전송하여 제4 프레임에 대한 공격을 리플레이할 것이고, 이로써 진정한 비행 시간(TOF: time of flight)을 감소시킨다. 이는 자동 주차 적용에서는 중요하지 않을 수 있지만, 다른 적용, 예를 들어, 수동 진입 시스템에서는 중요할 수 있다.
- [0099] 도 8 및 도 9 나타내어지고 후술되는 바와 같이, 이 스킴이 안전하도록 변형될 수 있다.
- [0100] 도 8은 4개의 준-동시 프레임의 시간 영역 플롯을 나타낸다.

- [0101] 도 9는 동시 DecaCypher를 갖는 준-동시 프레임을 나타낸다. 여기서, 각각의 프레임은 (다른 트랜시버에 의해 송신된 선행 프레임에 대해) $1.25 \mu s$ 의 시간 오프셋으로 이전과 같이 송신되지만, DecaCypher는 모두 정렬되어 송신되며, 즉, 각각의 프레임에서 페이로드(payload)와 Decacypher 사이에 간격이 삽입되어, 삽입된 간격과 개시에서의 시간 오프셋의 합이 약간 일정하게 동일하여, 각각의 Decacypher가 트랜시버에 의해 키 포브 메시지를 수신한 후 동일한 지연으로 전송되므로, 각각의 Decacypher는 (키 포브와 다른 트랜시버 사이의 다른 전파 시간으로 인한 약간의 변화는 제외하고) 4개의 트랜시버 각각으로부터 사실상 동시에 전송된다.
- [0102] 물론, 키 포브의 수신 IC는 4개의 프레임 중 하나만 "보고", 어떤 것인지 알 수 없으므로, 페이로드와 Decacypher 사이의 간격을 알지 못한다. 이러한 이유로, Decacypher가 도착하기 전에 간격의 길이를 시그널링한다. 이 간격 길이는 PHY 헤더(PHR) 또는 페이로드에서 인코딩될 수 있다. 페이로드는 통상적으로 암호화되므로, 디코딩하는 데 소정의 시간이 걸릴 수 있으며, 이러한 이유로, PHR이 통상적으로 이를 인코딩하기에 더 적절한 장소일 수 있다. PHR은 암호화되지 않으므로, 이를 공격하고 수신자가 실제 온 것보다 더 일찍 온 것으로 생각하도록 아마도 속일 가능성이 있다. 이 문제를 해결하기 위해, 송신기는 추후의 검증을 위해 (아마도 암호화된) 페이로드에 동일한 비트를 또한 인코딩할 수 있다.
- [0103] 이는 현재 안전하고 키 포브에서 많은 양의 에너지를 절약한다. 하나의 프레임 수신만 수행하면 되지만, 최상의 위치의 송신기로부터 프레임을 수신한다.
- [0104] 이러한 변경된 보안 스킴에서, 프리앰블 검출 시간에서의 모든 신호가 유사한 강도를 가질 수 있다. 그러면 수신기는 가장 멀리 떨어진 신호를 선택하여 캐리어 및 타이밍 복구를 훈련시키고 그 채널 추정값을 구성할 수 있다. 그러면 암호화된 신호가 도착하고 더 가까운 트랜시버가 매우 유사한 CFO를 가질 수 있다. 이 트랜시버로부터의 암호 펄스는 더 멀리 있는 트랜시버의 펄스 앞에 나타날 것이고, 채널 추정값을 외견상으로 손상시킬 것이다. 실제로, 이것은 손상이 아니며 원래 잠겨진 것보다 실제로 더 가까운 트랜시버가 있음을 단지 나타내고 있다.
- [0105] 도 10은 이 경우에 대응하는 알고리즘 출력을 나타낸다(동시 DecaCypher를 갖는 4개의 준동시 프레임의 시물레이션).
- [0106] 앵커의 클럭을 타겟 오프셋으로 조정
- [0107] 키 포브와 트랜시버 사이에 다른 클럭 오프셋이 있는 경우, 지연을 카운팅하는 디바이스에 따라 다양한 지연의 정확한 값이 작은 비율만큼 변경될 수 있다. 이러한 지연 변동은 합산되어 인식된 도착 시간을 이동시킬 수 있다. 이는 문제를 야기할 수 있다. 본 발명의 실시예는 예를 들어, 크리스털 트리밍 커패시터의 값에 대한 작은 조정을 함으로써 소스 클럭의 주파수에 대한 작은 조정을 하기 위해 일부 현대 IC에 제공된 설비를 이용하여 이를 해결한다. 이는 1 ppm 미만의 오차를 갖는 타겟 주파수를 달성할 수 있다. 많은 수신기에서 CFO가 측정될 수 있다. 이는 특정 CFO에서 프레임을 수신하고 그 CFO를 측정한 후, IC가 그 소스 클럭을 원하는 값으로 트리밍할 수 있게 한다. 이는 그 응답을 해당 프레임으로 전송되기 전에 실시될 것이다. 예를 들어, 자동차의 모든 수신기가 정확히 같은 시간에 그 무음 전송을 개시하는 것을 보장하기 위해, 모두 키 포브에 대한 그 CFO를 동일한 값으로 설정할 수 있다. 많은 수신기에서 작은 음의 오프셋은 다른 이점을 제공하므로, 모두 말하자면 -2 ppm의 CFO를 목표로 할 수 있다. 다른 이유로, 각각의 수신기에 대해 다른 클럭 오프셋을 갖는 것이 바람직할 수 있고, 이는 각각 다른 타겟, 예를 들어, -20 ppm, -15 ppm, +10 ppm 및 +20 ppm을 가질 수 있다.
- [0108] 크리스털 트리밍 절차의 중요한 양태는 모든 앵커가 동일한 CFO에 동기화될 수 있게 한다는 것이다. 따라서, 키 포브가 하나의 앵커에 고정되어 있어도, 키 포브 누산기에서 다른 앵커로부터의 경로가 또한 쉽게 보일 것이다. 이는 더욱 상세히 아래에 설명된다. 대안적으로, CFO가 공통 CFO로 튜닝되지 않으면, 수신기가 Ipatov 프리앰블의 획득 동안 동기화한 앵커만이 보일 가능성이 있다.
- [0109] 초기 CFO가 크면, 제1 트리밍이 타겟 CFO에 완벽하게 수렴되지 않을 수 있다. 이는 크리스털 트리밍 기능의 특정 예측 불가능성 및 디바이스 간 변동성에 기인한다. 실시예에서, 크리스털 트리밍은 그에 따라 두 단계로 수행된다. 제1 단계는 키 포브로부터 앵커로의 초기의 짧은 메시지가 짧은 Ipatov 프리앰블만으로 구성되는(그리고 가능하게는 프리앰블 유효성을 확인하기 위해 SFD를 가짐) 단계를 포함한다. 암호 또는 데이터 페이로드가 없을 수 있다. 이로 인해, Ipatov 프리앰블 길이는 최소, 예를 들어, 16, 24 또는 32 심볼로 감소될 수 있다. 크리스털 트리밍은 이러한 예비 메시지에 기초하여 초기에 수행되고, 후속적으로 타겟 CFO에 대한 수렴을 개선하기 위해 상술한 바와 같이 전체 데이터 프레임에 기초하여 반복된다.
- [0110] 8 ns TX 전송 그리드에 대한 보상

- [0111] DW1100 IC의 디지털 부분은 125 MHz 클럭으로 클럭킹된다. 이는 사전 정의된 8 ns 시간 그리드 클럭 에지에서만 전송을 시작할 수 있음을 의미한다. 이는 패킷에 따라 이상적인 전송 시간으로부터 전송이 0 내지 8 ns만큼 지연될 수 있으며 이러한 지연은 패킷마다 다르다는 것을 의미할 수 있다. 통상적으로, 데이터 페이로드는 어떠한 지연이 요구되었고 수신기가 이를 감산할 것인지 수신기에 알리기 위해 송신기에 의해 사용될 것이다. 시물레이션 및 다중 패킷으로, 모든 4개의 페이로드를 디코딩하고 모든 4개의 패킷을 보상할 수 없다. 이러한 보상 없이, 제1 경로 불확실성은 최대 ± 4 ns까지일 수 있다. 이는 아래의 "예시적인 시나리오" 섹션에서 추가로 논의된다.
- [0112] 실시예에서, 8 ns 전송 시간 불확실성이 송신기에서 제거된다. 이상적인 시간으로부터의 그리드 시간의 오프셋이 일단 계산되면, 송신기는 크리스털 클럭 레이트를 변경하고 필요한 보상에 따라 특정 시간 동안 특정의 백만분의 일(ppm: parts per million)만큼 속도를 높이거나 낮춘다. 예를 들어, 100 μ s 동안 크리스털 속도를 30 ppm까지 올리는 것은 그리드 포인트 에지를 3 ns만큼 더 이르게 이동시킨다.
- [0113] 클럭 속도를 높임으로써 이후 8 ns 그리드 에지에 대해 또는 클럭 속도를 낮춤으로써 이전 8 ns 그리드 에지에 대해 보정이 수행될 수 있다.
- [0114] 크리스털 트림(이용 가능한 범위는 통상적으로 ± 40 ppm 정도)과 디-튜닝(de-tuning) 기간(통상적으로 100 내지 300 μ s일 수 있음)을 모두 변경하여 정확한 보상이 제어될 수 있다.
- [0115] 전송 전력 감소
- [0116] 실시예는 전송 전력을 제어하기 위한 다양한 접근법을 구현할 수 있다. TX(전송) 전력은 앵커마다, 그리고 또한 각각의 전송된 패킷 내에서 개별적으로 변경될 수 있다(예를 들어, 페이로드와 같은 특정 부분은 프리앰블보다 낮은 전력 레벨에서 전송될 수 있다). 프레임의 주어진 부분에 대한 전송 전력을 감소시키거나, 일부에 대한 전송을 완전히 비활성화하는 것(또는 일부에 대한 전송 전력을 0으로 동등하게 감소시키는 것)은 또한 본원에서 일부를 "뮤팅(muting)"하는 것으로 지칭된다.
- [0117] 전체 자동차가 하나의 전송 디바이스로서 취급되는 경우, 총 전력 제한을 초과하는 것을 회피하도록 각각의 개별 송신기(앵커)의 전송 전력이 감소될 수 있다. 하나의 접근법에서, 전송할 앵커를 사전-선택하기 위해 다른 프로토콜이 이용 가능한 경우, 각각의 개별 앵커는 예를 들어, 예상 신호 강도, 전송하는 앵커 수 등에 따라 총 TX 전력 예산 내에서 동적으로 그 TX 전력 세트를 가질 수 있다.
- [0118] 하나의 변형에서, 키 포브가 교환을 개시하고 앵커는 응답하고, 앵커는 TX PWR(전송 전력)을 조정하여 그 매우 강한 신호에 의한 다른 더 약한 앵커의 '새드 잉(shadowing)'을 방지한다. 키 포브로부터 매우 강한 제1 경로를 보는 앵커는 전력 감소 후에도 키 포브가 제1 경로를 보는 데 아무런 문제가 없음을 알고 그 전송 전력을 상당히 감소시킬 수 있다. 가장 강한 앵커에 의한 전력 감소는 키 포브가 다른 앵커로부터 더 약한 제1 경로를 보는 것을 더욱 쉽게 만든다. 앵커의 TX 전력을 감소시키는 데 사용되는 알고리즘은 다중 요인, 예를 들어, 제1 경로의 수신 레벨(RSL: Receive level), 키 포브로부터 수신된 다중 경로를 포함하는 총 RSL, 키 포브 측에 인가된 전송 전력에 대한 지식, 앵커 자체의 최소/최대/디폴트 TX PWR 설정, 잠재적으로 전송하는 앵커 수, 패킷의 길이, 총 TX PWR 예산, 약한 경로를 검출하는 데 필요한 최소 수신기 RSL 등을 고려할 수 있다.
- [0119] 이 문서에 제시된 일부 스킴은 프레임의 특정 부분(예를 들어, Ipatov 프리앰블 또는 데이터 페이로드 동안)에서 TX 전력을 감소시키거나 뮤팅하고 암호화된 트레이닝 시퀀스(DecaCypher) 동안 전력을 올리는 것을 제안한다. 감쇠된(약한) 제1 경로의 경우, 이러한 접근법은 이러한 제1 경로를 검출할 기회를 최대화할 수 있다.
- [0120] 패킷의 종료 전의 수신기/송신기 중지
- [0121] 이 기술은 수신기 또는 송신기 RF 체인을 조기에 셧 다운함으로써 수신기 및/또는 송신기 전력을 절약할 수 있게 한다. 예를 들어, 데이터 페이로드가 필요하지 않지만, PHR 및 데이터가 암호화된 프리앰블(DecaCypher) 이후에 여전히 전송되는 경우, 마지막 암호화된 심볼 직후에 수신기/송신기가 셧 다운될 수 있다.
- [0122] 암호 직후에 RF 체인을 중지하기 위해, 이하의 의사-코드(pseudo-code)가 실행된다:
- [0123] 1. SFD 검출(또는 SFD 전송) 후 인터럽트 트리거 - 이는 약 20 내지 30 μ s 소요됨
- [0124] 2. 인터럽트에서, SPI 커맨드를 발행하여 수신기 또는 송신기를 끄 - 이는 약 10 μ s 소요됨. 암호는 64 μ s를 차지하며, 이를 중간에서 절단하는 것을 원하지 않으므로, 지연이 사용됨.

- [0125] 3. SFD 검출 인터럽트 후 타이머를 설정한 다음, 추정된 시간에 수신/전송을 중지하라는 커맨드를 송신함.
- [0126] Ipatov 프리앰블 길이 단축
- [0127] 채널 추정값은 채널 매칭된 필터(CMF: channel matched filter)의 계수를 설정하는 데 사용된다. 이 필터는 완전한 채널 추정값보다 훨씬 짧으며, 예를 들어, DW1000에서는 64 샘플의 길이인 반면, 채널 추정값은 약 1000 샘플 길이이다. 캐리어 복구, SFD 검출 및 데이터 복조 블록은 CMF의 출력으로부터 에너지를 공급받으므로, 완전한 채널 추정값 탭의 제한된 부분이 이러한 기능에 사용된다.
- [0128] 양호한 초기 CFO 추정값이 이용 가능한 경우 또는 다른 이유로 Ipatov 시퀀스는 통상보다 짧을 수 있다. 이를 허용하는 상황은 이하를 포함할 수 있다:
- [0129] · CFO 타겟이 0에 가까울 것임을 수신기가 알고 있는 것을 이미 의도한 동일한 디바이스로부터 이전 메시지가 수신된 경우.
- [0130] · 모든 앵커가 동일한 CFO에서 전송하고 키 포브가 이러한 타겟 CFO를 알고 있는 경우, 이는 캐리어 오프셋 추정값에 대한 그 개시점을 사전에 초기화할 수 있음.
- [0131] · 모든 앵커가 캐리어 복구 잠금에 사용되는 샘플을 결정하는 동일한 수신기 CMF 윈도우 내에서 동시에 전송하는 경우(즉, 64 또는 128 ns 타이밍 오프셋이 없음).
- [0132] · 제1 경로 검출을 위해 암호 누산기만 사용되므로, 결과적인 Ipatov 누산기에서의 약한 경로 검출은 문제가 되지 않음.
- [0133] · 데이터 복조가 없으므로, 데이터 복조를 위한 정확한 CMF가 필요하지 않음(CFO 및 SFD 검출은 데이터 복조만큼 CMF가 정확할 것을 필요로 하지 않음).
- [0134] DW1100으로 안전한 시뮬레이션 구현
- [0135] 다음 섹션은 Decawave DW1100 트랜시버 IC에 기반한 트랜시버를 사용하여 설명된 기술을 구현하는 데 대한 추가 상세 사항을 제공한다. 그러나, 설명된 접근법은 임의의 다른 적절한 트랜시버 기술에 적용될 수 있다.
- [0136] 이들 실시예에서 이용되는 Decawave IC(DW1100)는 (DecaCypher 필드 이전의 가변 전송 간격을 사용하여) 상술하고 도 9에 나타난 바와 같이 안전한 시뮬레이션 스킴이 구현되는 것을 허용하지 않는다. 그러나, 대신 도 12에 나타난 바와 같이 프레임이 구성될 수 있다.
- [0137] 이 스킴에서 (동일한 CMF 윈도우 내의 다중 경로 추가를 피하기 위해) Ipatov 펄스 사이에 128 ns 타이밍 차이를 유지하기 위해, 페이로드 크기가 16 옥텟만큼 달라지도록 변경된다. 이는 각각의 페이로드 심볼이 Ipatov 심볼보다 8 ns 더 길어서, $16 * 8 \text{ ns} = 128 \text{ ns}$ 타이밍 시프트를 도입하기 때문이다. 페이로드 크기는 16 옥텟만큼 다르지만, 최소 페이로드의 크기는 단지 1 옥텟일 수 있다(다음 것의 크기는 각각 17, 33, 49 옥텟일 것이다).
- [0138] 이 접근법을 사용하여, 자동차의 4개의 앵커/CAM은 도 13에 나타난 바와 같이 응답하도록 구성되며, 여기서 Ipatov 프리앰블 및 페이로드 길이는 각각의 프레임의 개시에서 다양한 지연을 밸런싱 아웃(balancing out)하기 위해 변경된다.
- [0139] Ipatov 프리앰블 및 SFD 심볼(더 짧은 "유형 S" 심볼)은 모두 ~1016 ns 길이인 반면, PHR 심볼, 페이로드 옥텟 및 Decacypher 심볼(더 긴 "유형 L" 심볼 또는 옥텟)은 모두 ~1024 ns 길이이다. 이는 페이로드 옥텟이 프레임으로부터 제거되고 동시에 하나의 Ipatov 심볼이 추가되면, 총 프레임 길이가 ~8 ns만큼 감소함을 의미한다. 이러한 방식으로, DecaCypher 이전에 오는 프레임 부분을 단축하여 개별 응답 이전에 오는 무음의 양을 상쇄할 수 있으므로, 4개의 DecaCypher가 모두 시간적으로 일치하므로 이들 중 어느 것도 다른 것들 중 하나를 청취함으로써 예측될 수 없다. 페이로드 길이가 PHR에서 인코딩되므로 수신기는 Decacypher가 언제 도착하는지 알고 있다. 또한, PHR은 암호화 스킴에 의해 보호되지 않지만 보안이 필요한 경우, 페이로드는 암호화될 것이다. 일부 해킹 기술이 이를 사용할 수 있으므로, 보안이 필요한 경우, 암호화된 페이로드는 또한 페이로드 길이의 확인을 포함할 수 있다.
- [0140] 일부 경우에, 이러한 방식으로 페이로드 크기를 설정하는 데 약간의 문제가 있을 수 있다. Reed-Solomon 코드는 페이로드에서 330 비트마다 6 옥텟의 에러 수정 블록을 추가한다. 이는, 페이로드 크기 중 하나가 41 옥텟을 초과하면 두 번째 검사 블록이 이에 추가됨을 의미한다. 이는 다른 페이로드 블록에 6개의 더미(dummy) 옥텟이 패딩(padding)될 것을 필요로 한다. 물론, 초기 무음 시간을 증가시키고 및/또는 여분의 Ipatov 프리앰블 심볼을

추가하여 프레임 지속 시간이 또한 균등화될 수도 있다.

[0141] 이러한 동시 프레임이 서로 간섭하지 않는 이유는 무엇인가?

[0142] 위의 스킴이 작동하는 이유를 이해하려면, 예시적인 시물레이션을 보는 것이 도움이 된다. 도 14는 동시에 모두 온 에어인 예시적인 4개의 프레임을 나타낸다. 각각의 프레임은 개시에서 삽입된 다른 무음을 갖는다. 무음 길이는 각각 192 ns, 256 ns, 128 ns, 0 ns이다. 그 후 각각의 프레임은 다른 Ipatov 프리앰블 길이를 갖는다. 길이는 각각 72, 64, 56 및 48 심볼이다. 페이로드 길이는 각각 12, 20, 28 및 36 옥텟이다. 이는 각각의 프레임의 Decacypher가 동시에 전송되는 것을 보장하며, 이는 보안 유지에 중요하다. 도 14는 처음의 4개의 플롯에서 개별적으로 그리고 최종 플롯에서 중첩된 4개의 준-동시 프레임을 나타낸다.

[0143] 도 15는 이러한 상황에서 DW1100 IC의 시물레이션 결과를 나타낸다. 이 경우, 각각의 프레임은 각각 -2 ppm, -3 ppm, -4 ppm 및 -5 ppm의 캐리어 주파수 오프셋(CFO)으로 온 에어인 것으로 시물레이팅되었다. 프레임 진폭은 -4 ppm 프레임이 -89 dBm에 있고 다른 3개의 프레임이 -91 dBm에 있도록 스케일링되었다.

[0144] 프리앰블 검출 알고리즘은 추정된 채널 응답의 짧은 스냅샷을 구축한다. 이는 도 15의 제2 서브플롯에서 볼 수 있다. 수신기는 가장 강한 에너지 윈도우를 찾고 수신기 지연을 조정하여, 이러한 에너지와 채널 매칭된 필터(CMF)를 누산기의 탭(728 및 792) 사이의 64 ns 윈도우에 위치시킨다. 추정된 채널 응답의 이 부분은 채널 매칭된 필터의 계수를 설정하는 데 사용된다. 이러한 특정 시물레이션에서, 프리앰블 검출 중에 보이는 가장 강한 신호는 두 번째로 도착한 신호이다. 프리앰블이 검출되면, 캐리어 복구, 타이밍 복구 및 SFD 검출은 채널 추정값의 CMF 부분의 에너지만을 사용하여 동작한다. 이는 도 15의 제1 서브플롯에서 볼 수 있듯이 캐리어 루프에서 추정된 캐리어 오프셋이 추적되어 -4 ppm으로 수렴하게 한다. 그 후 누산기는 SFD가 검출될 때까지 그 채널 추정값을 구축한다. 이는 도 15의 제3 서브플롯에서 볼 수 있다. 두 번째 도착 신호는 두 가지 이유로 가장 강하게 나타난다. 첫째, 신호가 실제로 2 dB 더 강하고 둘째, 다른 신호의 CFO가 수정되지 않기 때문이며, 이는 다른 신호가 부분적으로 취소되게 한다.

[0145] 제2 도착 신호의 SFD가 검출된다. 이전에 도착한 임의의 SFD는 CMF가 위치한 윈도우 내에 도착하지 않기 때문에 보이지 않을 것이다. CMF의 범위는 단지 64 ns이고, 4개의 신호는 모두 서로 적어도 64 ns만큼 지연된다.

[0146] 다음으로, 수신기는 PHR에서 데이터 비트를 수신한 다음 페이로드를 수신하기 위해 데이터 디코딩을 개시한다. 이는 원하는 신호가 있는 윈도우로부터만 에너지를 수집하는 CMF를 사용하므로, 다른 프레임의 데이터 비트의 에너지는 CMF에 의해 레이킹(raking)되지 않는다. 또한, PHR의 각각의 비트 및 후속 데이터는 송신기에서 상이한 확산 코드 및 수신기에서 역확산 코드를 사용하여, 이는 원하지 않는 다른 신호로부터 진정한 데이터를 추가로 격리시킨다.

[0147] 다음으로, 수신기는 개별 전파 지연에 의해 분리된 동시에 모든 프레임으로부터 4개의 모든 DecaCypher 신호를 얻는다. 수신기는 DecaCypher의 각각의 심볼을 구성하는 펄스의 시퀀스에서 각각의 펄스의 극성을 알고 있으므로, 예측된 펄스와 상관시킬 수 있고 채널 임펄스 응답의 추정값을 얻을 수 있다. 유사한 시간에 수신기에 도달하는 DecaCypher 시퀀스의 4개까지의 카피들이 있으므로, 임펄스 응답 추정값은 중첩된 4개 채널 모두의 추정값일 것이다. 이러한 방식으로, 이를 사용하여 자동차까지의 거리를 계산할 때, 볼 것인 최초 도착하는 신호는 도착하는 이러한 모든 DecaCypher의 첫 번째의 충분히 큰 경로일 것이다.

[0148] 도 16은 단일 패킷 대 4개의 동시 패킷(2 경로 채널)의 성능 비교를 나타낸다.

[0149] 위의 예에서는 특정 지연, 무음, Ipatov 길이 및 페이로드 크기가 사용된다. 동일한 효과를 얻기 위해 프레임 길이와 무음의 균형을 맞추거나 근사적으로 균형을 맞추기 위해 사용될 수 있는 다른 많은 지연이 있다. 사용될 수 있는 64 ns 외에 많은 다른 CMF 길이가 있다. 기본 아이디어를 변경하지 않고 심볼 길이는 1 μ s로부터 변할 수 있다. 또한, 위의 예는 IEEE802.15.4-2011에 설명된 6.8 Mbps 모드에 대한 것이다. 지연의 균형을 맞추기 위해 다른 숫자를 요구하는 다른 비트-레이트가 사용될 수 있으며, IEEE802.15.4f, IEEE802.15.6, IEEE802.15.8 및 본원에 설명된 기술로부터 이익을 얻는 많은 다른 것을 포함한다.

[0150] 시물레이션-기반 국부화

[0151] 패킷을 시물레이션하여 삼각 측량 방법을 통한 국부화가 또한 가능하다. 삼각 측량하기 위해, 2개 이상의 앵커로부터 키 포브까지의 거리가 획득된다. 모든 암호 전송이 정렬되기 때문에, 일반적으로 암호화된 누산기에서 다양한 앵커 경로를 분리할 수는 없다. 그러나, Ipatov 누산기의 섹션에 기초하여 다른 거리를 계산할 수 있다.

[0152] 이를 수행하기 위해, 앵커로부터의 펄스 시퀀스가 예를 들어, 128 ns만큼 시프팅되어, Ipatov 누산기에서 다른

세그먼트를 차지한다.

- [0153] 신체 뒤에 숨겨진 4개의 앵커를 갖는 어려운 NLOS(non-line-of-sight(비시선)) 시나리오(예를 들어, 뒷주머니의 키 포브)에서 이러한 시프팅 기술을 사용하는 예가 도 17의 누산기 플롯에 나타내어진다. 처음의 1016개의 누산기 샘플은 Ipatov 프리앰블로부터의 누산기이다. 다음 512개의 샘플은 암호화된 프리앰블(DecaCypher)로부터의 누산기이다. 0-미터 거리에 대응하는 가상의 Ipatov 샘플 인덱스는 각각의 앵커(수직 적색 라인)에 대해 계산된다. 이 라인으로부터 첫 번째 경로까지의 거리가 각각의 앵커의 거리를 결정하며, 본 예에서는, 2.1 m, 1.3 m, 1.6 m, 1.7 m이며, 이는 실제 거리에 가깝다. 암호-기반 거리는 1.5 m로 계산되었으므로, 삼각 측량 프로세스에서 보안상의 이유로, 최단 Ipatov-기반 거리가 1.3 m로부터 1.5 m로 증가된다.
- [0154] LOS(시선) 조건에서, 하나의 앵커가 극도로 가까운 거리에 있고 막대한 전력으로 폭발하는 경우를 제외하고는, 경로가 더 강하고 더 날카롭다. 도 18에서, 앵커 #3은 0.1 m 거리에 있으며, 이는 2.0-2.6 미터에 있는 다른 LOS 경로의 진폭을 감소시킨다.
- [0155] 워크-어라운드 테스트 결과는 아래와 같이 제시된다. 4개의 앵커를 나타내는 4개의 도트가 도 19에 나타낸 바와 같이 서로로부터 대략 1.9 m의 정사각형에 배치되었다. 워킹 루트(walking route)가 나타내어진다.
- [0156] (개별 Ipatov 프리앰블에 기초한) 4개의 모든 앵커까지의 결정된 거리가 암호 거리(즉, 동시 DecaCypher 트레이닝 시퀀스에 기초하여 결정된 거리)와 함께 도 20에 제시된다.
- [0157] 시뮬레이션 패킷 구조 최적화
- [0158] 위에 나타낸 베이스라인 제안과 비교하여, 많은 최적화 접근법이 가능하다:
- [0159] 1. Ipatov 펄스 타이밍 오프셋을 감소시킨다. 타이밍 오프셋은 128 ns로부터 96 ns 또는 심지어 64 ns까지 감소될 수 있다. 다중 경로가 다른 경로의 CMF 윈도우와 중첩하지 않도록 이는 여전히 충분해야 한다. 결과는 페이로드 크기 간의 감소된 차이일 것이다. PRF64 모드에서, 16 옥텟만큼 다른 페이로드(128 ns 타이밍 오프셋으로 귀결) 대신, 8(64 ns 오프셋)만큼 차이가 날 수 있다. 이는 전체 패킷 크기를 감소시키는 데 도움이 될 것이다.
- [0160] 2. 데이터 패킷 크기를 감소시킨다. 최소 데이터 패킷 블록이 예를 들어, 16이 아닌 4 옥텟일 수 있으면, 모든 페이로드 크기가 12 옥텟(12 μ s)만큼 감소될 수 있다. 데이터 페이로드가 필요하지 않은 경우, 어떠한 데이터 옥텟도 없이(0 크기) PHR을 또한 송신할 수 있으며; 이 경우, 페이로드 크기는 4개의 앵커에 대해 0, 16, 32, 48 옥텟일 수 있다.
- [0161] 3. TX 전력/뮤트(mute)를 감소시킨다. 키 포브는 하나의 앵커로부터 페이로드를 고정하고 디코딩하기만 하면 되므로, 다른 앵커 Ipatov/페이로드는 지연 및 뮤팅될 수 있다(또는 더 낮은 전력으로 전송). 이러한 방식으로, 총 TX 전력 예산이 최적화될 수 있고, 선택된 시퀀스의 전력이 증가될 수 있다. 패킷 구조의 경우, 특정 앵커만이 유효한 페이로드(MASTER(마스터) 앵커)를 송신하는 경우, 나머지 앵커(SLAVE(슬레이브)) 중 하나는 페이로드가 암호 후에 전송되는 대안적인 암호 모드에서 동작할 수 있다(따라서 전체 패킷 길이를 감소시킴).
- [0162] 4. 사전-선택.
- [0163] (LF와 같은) 다른 물리 통신 계층 또는 이전 UWB 패킷 전송을 기반으로 하는 경우, 시스템은 예를 들어, 가장 강한 신호를 가진 2개의 최상의 앵커의 앵커 사전-선택을 수행할 수 있고, 4-앵커 변형에 비해 2-앵커 변형은 패킷 길이 증가를 상당히 감소시키는 것이 가능할 것이다. 대안적으로, 2개의 최상의 사전-선택된 앵커는 DATA와 함께 Ipatov 프리앰블을 송신할 수 있는 반면, 나머지는 (뮤팅된 Ipatov 프리앰블, SFD, PHR/DATA를 갖는) 암호화된 프리앰블만을 전송할 수 있다 - 도 22 참조.
- [0164] 5. 최단 Ipatov 프리앰블에 고정되지 않도록 무음 간격을 추가한다. Ipatov 누산기 품질을 향상시키려면(예를 들어, 국부화 목적으로), 최단 Ipatov 길이보다 길게 누산할 수 있게 하는 것이 가장 좋을 것이다. 최단 Ipatov에서 잠금(그리고 제1 SFD 이후의 누산 중지)을 방지하기 위해 최단 누산기는 적어도 8개의 심볼-길이 무음에 후행될 수 있다. 이는 키 포브가 이전에 도착하는 Ipatov 프리앰블에 고정되게 할 것이다. 더 짧은 Ipatov 앵커로부터 채널 추정 품질을 향상시키기 위해, (어떠한 방식으로든 디코딩되지 않을) 데이터 페이로드를 희생하여 그 Ipatov TX 전력이 증가될 수 있다. 도 21 참조.
- [0165] 6. 혼합된 암호 프로토콜 사용. 특정 앵커(암호 이전에 1024 ns 심볼이 없음) 및 암호 이전에 21개의 1024 ns 심볼을 갖는 페이로드 크기 0(PHR만)을 갖는 특정 앵커에서 암호가 SFD 직후에 송신되는 암호 프로토콜(1)을 사용한다. 수신기가 모드 1 또는 모드 2 중 어느 하나에 대해 구성되었으므로, 다른 모드에서 동작하는 앵커는

SLAVE 앵커이어야 한다(즉, 수신기는 이들에 고정되지 않을 것이다). 도 22 참조.

- [0166] 7. 암호-간격 사용. SLAVE 모드의 앵커의 경우(키 포브가 이들에 고정되지 않음), 긴 페이로드 또는 긴 Ipatov 대신 암호 프리앰블 이전에 구성 가능한 전송 간격을 사용할 수 있다. 이는 전송 전력을 절약하고 전력 예산이 사용되어 다른 시퀀스의 전력을 올릴 수 있다.
- [0167] 8. 조기 RF 셧-다운. RF 수신기 및/또는 송신기는 PHR/DATA를 기다리지 않고 암호를 수신/전송한 직후에 셧다운될 수 있다. 이는 적어도 21-28 us만큼 추가의 패킷 길이 감소를 허용할 것이다(도 26).
- [0168] 9. 타이밍 오프셋이 없는 병렬 패킷. 크리스털이 트리밍되고 모든 앵커가 동일한 CF0를 가지며, 동일한 데이터 페이로드를 사용하면(또는 데이터 페이로드가 없음), 어떠한 타이밍 오프셋 없이도 완전히 병렬로 전송할 수 있다. 그러면 추가 앵커가 다중 경로처럼 보일 것이다. 특정 앵커 메시지는 활성 시퀀스의 TX PWR 증가를 허용하기 위해 선택적으로 뮤팅된 Ipatov/SFD 프리앰블을 가질 수 있다.
- [0169] 10. Ipatov 프리앰블 단축. CF0가 키 포브에 알려져 있고 다중 앵커로부터 나오는 강한 신호로, Ipatov 프리앰블을 단축할 수 있어야 한다.
- [0170] 그리고 몇몇 PRF16-기반 최적화:
- [0171] 11. PRF16 모드 사용. Ipatov 심볼 길이는 992ns로 앵커의 페이로드 간의 길이 차이를 16에서 단지 4 옥텟으로 줄일 수 있게 한다. 이는 더 나은 국부화 성능을 위해 패킷 길이를 단축하거나(동일 패킷 크기에서) 유효 프리앰블 길이를 확장할 수 있게 할 것이다.
- [0172] 12. PRF64 암호와 함께 PRF16 Ipatov를 사용하는 혼합 모드도 가능하다. 최상의 암호 품질을 제공하면서 페이로드 크기를 최적화할 것이다. PRF16의 모든 Ipatov 시퀀스는 거의 동일한 길이를 갖기 때문에, PRF16 Ipatov는 PRF64 Ipatov보다 더 나은 감도를 갖는다. 예를 들어, 길이-88 PRF16은 48-길이 PRF64보다 더 양호하게 수행할 수 있으며, 둘 모두 동일한 패킷 크기를 가질 것이다. 암호화된 프리앰블에서, 심볼 카운트는 PRF에 관계없이 동일하며 PRF64는 더 잘 수행된다.
- [0173] 엄청난 수의 합법적인 조합이 있으며, 이는 작동하여 정렬된 암호 프리앰블로 귀결되어야 한다. 시나리오 및 요건에 따라, 사용자는 제시된 아이디어를 선택적으로 적용하여 패킷 구조를 최적화할 수 있다. 몇몇 시나리오가 아래 예에 제시된다.
- [0174] 국부화를 지원하는 PRF64 변형
- [0175] 국부화는 모든 Ipatov 시퀀스가 알려진 타이밍 시프트(예를 들어, 128 ns)만큼 시프트될 것을 필요로 한다. 이러한 타이밍 시프트는 데이터 심볼(각각 1024 ns 길이)의 수를 증가시키거나(또한, 1024 ns 심볼로 구성된) PHR을 활성화/비활성화하여 구현될 수 있다.
- [0176] 다음 예는 이전 섹션에서 설명된 최적화 아이디어를 구현한다.
- [0177] 도 12에 나타낸 디폴트 구조를 다시 참조하면, 해당 구성의 패킷 길이는 다음과 같다:
- [0178] $384+96*1016+8*1016+21*1024+1024*22+65536=215616\text{ns}=216\mu\text{s}$
- [0179] 디폴트 구조의 하나의 약점은 최단 Ipatov 프리앰블을 갖는 CAM_A에 고정하면 40-48개의 심볼 후에 누산 프로세스를 중지시킨다는 것이다. 이는 Ipatov 피크의 품질을 저하시킬 것이다.
- [0180] 제안된 대안에서, CAM_A/B 개시 지연으로 인해, 키 포브가 앵커 C 또는 D에 고정되지만, A 및 B로부터의 경로는 Ipatov 누산기에 있을 것이다. 누산은 이제 80 또는 96개의 심볼을 취하여 Ipatov 누산기에서 앵커 C/D 에너지를 최대화할 것이다. 키 포브가 A 또는 B에 고정되지 않기 때문에, 최소 전력을 사용하여 그 페이로드가 전송될 수 있다. CAM A 및 B는 그 TX 전력 예산을 사용하여 대신 보다 더 높은 TX 전력에서 그 Ipatov 프리앰블을 전송하여 그 더 짧은 길이를 보상할 수 있다. 이 대안은 디폴트 길이(216 μs)와 동일한 길이를 갖지만, 보다 정확한 국부화를 위해 훨씬 더 나은 Ipatov 피크 품질을 가져야 한다.
- [0181] 데이터 페이로드가 필요하지 않은 경우, 패킷 길이를 줄일 수 있다(모든 페이로드를 22 심볼만큼 단축).
- [0182] 도 21은 PRF64 프레임 구조 예(216 μs)를 나타낸다.
- [0183] 도 22는 더 짧은 대안을 제시하며, 여기서 DecaCypher의 개시로부터 끝까지 패킷 길이는 단지: $424 + 13*1016 + 88*1016 + 8*1016 + 65536 = 176704 \text{ ns} = 177 \mu\text{s}$ 이다. 이는 암호 후 PHR/DATA를 갖는 제1 앵커 및 단지 PHR을

갖는 제2 앵커를 설정함으로써 달성된다. DATA(21 심볼 * 1024 ns) 없이 PHR만을 사용하는 것은 Ipatov 펄스 그리드를 $21 * 8 \text{ ns} = 168 \text{ ns}$ 만큼 시프트시키며, 이는 충분한 것 이상이다.

- [0184] Ipatov 전에 8개 초과와 무음 심볼을 배치하면 키 포브가 앵커에 고정되지 않는다. 이러한 스킴의 가능한 약점은 다시 더 짧은 Ipatov 시퀀스(CAM_C 또는 CAM_D)와 일반적으로 더 짧은 누산 길이에 고정된다는 것이다.
- [0185] 국부화는 없지만 앵커-특정 데이터 요건을 갖는 RF64 변형
- [0186] 국부화가 필요하지 않은 많은 경우, 특히 앵커 사전-선택의 경우, 4개의 페이로드 또는 4개의 Ipatov 시퀀스를 전송할 필요가 없으며 유효한 Ipatov/페이로드 메시지의 감소된 개수가 송신될 수 있다. 도 23에 나타난 예에서, CAM C 및 CAM D만이 유효한 Ipatov 프리앰블 및 페이로드를 전송한다. 키 포브는 이들 중 하나에 고정될 것이며, 4개의 모든 앵커로부터 암호화된 프리앰블을 여전히 수신한다. 일부 앵커에서 유효한 데이터 페이로드를 전송하지 않는 것은 전체 다중-패킷 길이를 줄일 수 있게 한다. 여기 예에서, (암호의 끝까지) 패킷 길이는 다음과 같다:
- [0187] $0+48*1016+8*1016+21*1024+30*1024+65536 = 174656 = 175\mu\text{s}$
- [0188] CAM A와 B는 암호 프리앰블(DecaCypher)을 제외하고 대부분 뮤팅되므로, 이는 CAM_C/D와 같은 방식으로 대안적으로 프로그래밍할 수 있지만, Ipatov/SFD/PHR/DATA는 뮤팅된다.
- [0189] 단일 앵커가 (이로부터 페이로드를 수신하기에) 충분한 것으로 간주되면, CAM C는 유효한 페이로드 및 Ipatov를 전송하는 CAM D만을 갖는 CAM A/B와 동일하게 설정될 수 있다. 이는 도 24에 나타난 바와 같이 패킷을 더욱 더 단축시킬 것이다:
- [0190] 길이: $48*1016 + 8*1016 + 21*1024 + 14*1024 + 65536 = 158272 \text{ ns} = 158 \mu\text{s}$.
- [0191] 국부화 지원이 없고 모든 앵커에 동일한 데이터를 갖는 변형
- [0192] 모든 앵커에서 정확한 크리스털 트리밍을 사용하면, 타이밍 시프트(64, 128 ns 등) 없이 모든 앵커로부터 동시에 전송할 수 있을 것이다. 이러한 전송은 다중 경로 프로파일에서 추가 경로로서 키 포브에 의해 보여질 것이다. 모든 경로는 동일한 CMF 윈도우(64 ns 폭)에서 끝날 것이므로, 모든 전송은 동일한 데이터와 매우 가깝게 매칭된 CFO를 가질 필요가 있다. 따라서, 앵커-특정 데이터(예를 들어, 앵커 ID)를 전송할 필요가 없는 경우, 또는 어떠한 데이터도 전송할 필요가 없는 경우, 도 25에 도시된 스킴이 사용될 수 있다.
- [0193] Ipatov/SFD 프리앰블 또는 전송 중에 추가 앵커가 또한 뮤팅될 수 있다. 이 스킴은 임의의 개수의 앵커로 구현될 수 있다. 키 포브에 의해 수신된 잠재적으로 더 나은 Ipatov 신호 품질로 인해, 그리고 제어된 CFO(키 포브에 우선하는 것으로 알려짐)로 인해, Ipatov 시퀀스를 단축할 수 있다.
- [0194] 국부화 지원이 없고 데이터 요건이 없는 변형
- [0195] 데이터가 필요하지 않은 경우, 각각의 앵커는 DecaCypher 펄드 이후에 PHR/DATA(0 크기)가 전송되고 TX PWR이 뮤팅되도록 구성될 수 있다. 따라서, 키 포브의 수신기는 암호화 직후 RF를 차단할 수 있다(유사하게, 송신기는 암호 후 그 RF를 차단할 수 있음). 이 기술은 위에서 논의되었다. 예가 도 26에 나타내어져 있다. 48-심볼 Ipatov의 경우, 전체 시퀀스 길이는 $123 \mu\text{s}$ (미사용 PHR 배제)이지만, (앞서 논의된 바와 같이) 더 짧은 Ipatov 프리앰블이 사용될 수 있으면 추가로 단축될 수 있다.
- [0196] 국부화를 지원하는 PRF16 Ipatov 변형
- [0197] PRF16에서, Ipatov/SFD 심볼 길이는 992 ns로 페이로드 심볼 길이보다 32 ns 짧다. 이는 페이로드 크기가 4 옥텟만큼만 이제 다를 수 있기 때문에 패킷의 스케줄링을 보다 최적화시킨다(4 심볼 x 32 ns 차이는 Ipatov 동안 패킷 펄스 사이에서 128 ns 타이밍 시프트를 제공한다).
- [0198] 도 27은 예시적인 PRF16 구조를 제시한다. 모든 페이로드는 동일한 개수의 옥텟(예를 들어, 4, 12, 20, 28 옥텟)만큼 감소될 수 있으며 Ipatov 프리앰블은 예를 들어, 48개 심볼(CAM_A), 56(CAM_B), 64(CAM_C), 72(CAM_D)로 감소될 수 있음에 유의한다.
- [0199] 추가적인 최적화가 수행되어 페이로드 길이 차이를 4 옥텟으로 감소시킬 수 있다. 이 스킴에서, CAM_B 및 CAM_D에 $4 \times 992 \text{ ns}$ 의 무음을 추가하면 2개의 Ipatov 길이만 사용될 수 있게 한다. 그리고 이전 예에서와 같이, 페이로드는 4, 8, 12, 16 옥텟으로, Ipatov 시퀀스는 48 심볼로(CAM_A 및 CAM_B) 그리고 56 심볼로(CAM_C 및 CAM_D)로 감소될 수 있다. 더 작은 페이로드 차이 및 더 긴 Ipatov 시퀀스를 갖는 PRF16 구조를 나타내는 예가 도 28

에 나타내어져 있다.

[0200] 패킷-길이 최적화된 2-앵커 변형(데이터 유무)

[0201] 2- 앵커 변형은 상술한 4-앵커 변형으로부터 도출될 수 있다.

[0202] 작은 페이로드를 갖는 예(158 μ s)가 도 29에 나타내어진다. Ipatov 프리앰블 및 데이터 페이로드는 하나 또는 2개의 앵커에서 전송될 수 있다. 데이터가 둘 모두에서 전송되면, 이는 동일해야 한다.

[0203] 페이로드가 필요하지 않은 경우, 암호화된 프리앰블 후에 PHR/DATA를 이동시킬 수 있다. 이는 도 30에 나타내어져 있다. CAM_B Ipatov/SFD는 뮤팅되거나 더 낮은 전력으로 전송될 수 있으며, PHR/DATA는 항상 뮤팅된다. (이전 섹션에서 설명한 바와 같이) DecaCypher 시퀀스 후에 송신기/수신기 RF가 셧다운된다고 가정하면, 이는 초단 123 μ s 패킷(또는 Ipatov가 단축될 수 있는 경우 더 짧음)을 제공한다.

[0204] 이러한 변형의 이점은 이하를 포함할 수 있다:

[0205] · 최저의 가능한 전력 소비를 위한 초소형 패킷 크기.

[0206] · TX PWR 제한은 1000 μ s마다 계산되므로, 베이스라인 TX PWR 1000/123 = 8.13배, 즉, 9.1 dB(123 μ s 길이 가정)만큼 증가시킬 수 있다.

[0207] · 선택적으로 SLAVE CAM_B는 Cypher(64 μ s)만 전송할 수 있다. SLAVE에 의해 절약된 대략 50% TX PWR이 전달되어 전체 TX PWR 예산을 올릴 수 있다.

[0208] SLAVE CAM_B가 Ipatov 프리앰블을 전송하지 않으면, CAM_A가 잠기지 않을 가능성이 있다. 그러나 다음과 같은 이유로 이 위험은 감소되어야 한다:

[0209] · 최상의 앵커의 사전-선택.

[0210] · 추가 TX PWR을 이용 가능.

[0211] · SLAVE 앵커로부터의 간섭이 없음.

[0212] 응답이 실패하면, 자동차는 교환된 앵커로 프로세스를 재개할 수 있다.

[0213] 예시적인 시나리오

[0214] 예시적인 시나리오가 도 31에 나타내어져 있으며, 키 포브(3104)를 가진 사용자(3102)가 차량(3106)으로부터 멀어지게 향한 상태를 나타낸다. 차량은 상술한 바와 같이 다중 앵커를 포함한다. 앵커1은 (사용자의 개입 신체로 인해) 약한 제1 경로를 갖는다. 앵커2는 약한 제1 경로를 갖지만 반사기(3112)로 인해 강한 다중 경로를 갖는다 (예를 들어, 경로 방해로 인한 감쇠는 신호 경로에 걸쳐 두꺼운 검은 바로 나타내어짐).

[0215] 이 시나리오에서는 이하가 발생한다. 앵커1과 앵커2는 모두 포브의 패킷을 보고 응답한다. 포브(3104)는 강한 다중 경로로 인해 앵커2에 래칭되고, 앵커2의 SFD 및 데이터를 본다. 앵커2에 도착한 시간 ToA_2 는 데이터 패킷에서 다시 포브로 전달된다. DecaCypher는 거의 동시에 도착하지만, (a) 포브의 개시 패킷을 약간 더 일찍 수신하고 (b) 앵커1의 암호는 더 적은 이동 거리를 갖기 때문에 앵커1의 암호가 약간 더 일찍 도착한다. 이로 인해 앵커1로부터의 FP보다 약간 일찍 앵커1로부터 오는 포브의 CIR 추정값에 제1 경로가 존재한다. CIR 추정값은 도 32에 나타낸 바와 같이 근사적으로 보일 것이다.

[0216] 앵커2에서 포브로부터의 패킷의 도착 시간, ToA_2 는 fob 패킷의 송신 시간, ToS 더하기 포브로부터 앵커2로의 비행 시간, T_{pA2} 일 것이다.

[0217] $ToA_2 = ToS + T_{pA2}$

[0218] 유사하게

[0219] $ToA_1 = ToS + T_{pA1}$

[0220] 그러면, 앵커는 알려진 응답 지연 시간(T_{del})을 기다린 후 응답할 것이다. 전송 및 응답이 도 33에 나타내어져 있다.

[0221] 앵커2로부터 제1 경로의 포브에서의 도착 시간, T_{fp2} 는 이하와 같을 것이다:

$$[0222] \quad T_{fp2} = T_{oA2} + T_{del2} + T_{pA2}$$

[0223] 여기서 T_{del2} 는 앵커2에서 구현된 시간 지연이다. 이는 사전-합의된 지연이지만, 일반적으로 이상적으로 정확한 클럭은 아니지만 일반적으로 0 - 20 ppm 또는 $0 - 20 \times 10^{-6}$ 정도의 작은 부분 ϵ_2 만큼 오프셋되는 앵커2의 클럭으로 카운팅된다.

$$[0224] \quad T_{del2} = (T_{del} + \delta_2)(1 + \epsilon_2) \approx T_{del}(1 + \epsilon_2) + \delta_2$$

[0225] 송신기가 정확한 응답 시간에 걸쳐 유한한 양의 제어만 갖기 때문에, 소량의 시간, δ_2 가 추가될 것이다.

[0226] 유사하게, 앵커1로부터 제1 경로의 포브에서의 도착 시간, T_{fp1} 은 이하와 같을 것이다:

$$[0227] \quad T_{fp1} = T_{oA1} + T_{del1} + T_{pA1}$$

[0228] T_{oA1} 치환:

$$[0229] \quad T_{fp1} = T_{oS} + T_{pA1} + T_{del1} + T_{pA1}$$

[0230] 여기서 $T_{del1} = (T_{del} + \delta_1)(1 + \epsilon_1) \approx T_{del}(1 + \epsilon_1)$; 앵커1에서 구현된 시간 지연.

[0231] 포브는 앵커2로부터의 패킷의 CFO를 측정한 다음, T_{oS} 그리고 메시지가 앵커2로부터 오기 때문에 T_{del2} 를 이하와 같이 감산함으로써 비행 시간을 계산한다:

$$[0232] \quad T_{p2_est} = (T_{fp1} - T_{oS} - T_{del2})/2$$

[0233] T_{fp1} 치환:

$$[0234] \quad = (T_{oS} + T_{oF_{A1}} + T_{del1} + T_{pA1} - T_{oS} - T_{del2})/2$$

[0235] T_{del1} 및 T_{del2} 치환:

$$= (T_{oS} + T_{oF_{A1}} + T_{del} + \epsilon_1 T_{del} + \delta_1 + T_{pA1} - T_{oS} - T_{del} - \epsilon_2 T_{del} - \delta_2)/2$$

$$[0236] \quad = (2T_{pA1} + \epsilon_1 T_{del} + \delta_1 - \epsilon_2 T_{del} - \delta_2)/2$$

$$[0237] \quad T_{p2_est} = T_{pA1} + T_{del}(\epsilon_1 - \epsilon_2)/2 + (\delta_1 - \delta_2)/2$$

[0238] Decawave DW 시리즈 IC에서 송신기는 8 ns 경계에서만 패킷을 송신할 수 있으며, 이는 δ_1 및 δ_2 가 0 내지 8 ns의 임의의 값을 취할 수 있으므로, $(\delta_1 - \delta_2)/2$ 가 -4ns에서 4ns까지 다양하다는 것을 의미한다. 이러한 예러가 경로를 더 멀어지게 이동시키는 양(positive)이므로, 가장 멀리 이동할 수 있는 위치는 T_{fp2} 의 위치이다. 그 결과 더 가까운 앵커는 더 먼 앵커보다 더 먼 것으로 보여질 수 없다.

[0239] T_{del} 은 SFD 마커 수신과 SFD 마커 송신 사이의 시간 간격이다. 턴어라운드 시간은 수신기가 수신된 패킷을 판독하고 새로운 송신 시간을 전송 패킷에 삽입할 수 있도록 해야 할 필요가 있으므로, 이러한 플러스에 대해 135 μs 가 허용되고 패킷 자체의 길이가 165 μs 이면, T_{del} 은 약 300 μs 일 것이다.

[0240] 위에서 논의된 그리드 시프팅 방법이 구현되면(클럭 주파수의 미세 제어에 의해 고정된 8 ns 그리드로부터의 전송 시간 조정), 송신기는 원하는, 즉, $\delta_1=0$, $\delta_2=0$ 으로 만드는 임의의 시간에 전송을 개시할 수 있다. 이 경우, 최종 식은 다음과 같이 줄어든 것이다:

$$Tp_{2_est} = Tp_{A1} + Tdel(\epsilon_1 - \epsilon_2)/2$$

CAM이 모두 거의 동일한 클럭 오프셋을 사용하면, $\epsilon_1 = \epsilon_2$

$$Tp_{2_est} \approx Tp_{A1}$$

따라서, 앵커2로부터 패킷을 수신했지만, 앵커1로의 비행 시간을 얻으며, 이것이 원하는 것이다.

CFO가 경로의 진폭에 영향을 미치는 방식

두 패킷의 CFO 차이가 클수록, 경로의 누산 진폭이 낮아진다. 누산기는 회전하는 제1 경로의 합, 즉, 캐리어 오프셋 주파수에서 지수 회전의 합을 보유한다. 일부 오프셋의 경우, 경로는 프리앰블 과정에 걸쳐 정확히 한 사이클만 회전할 것이다. 이 경우, 모든 구성 요소의 합계가 0이 될 것이다. 이 합계를 적분으로 근사하면:

$$\int_0^T e^{j\omega t} e^{js} dt = -je^{js} \frac{e^{j\omega T} - 1}{\omega}$$

여기서 ω 가 캐리어 오프셋 주파수인 경우, T는 암호의 길이이고, ϕ 는 초기 위상 오프셋이다. 채널 5(6.5 GHz)에서 길이 64 암호의 경우, 경로 진폭 대 CFO의 플롯을 나타내는 도 34에 도시된 바와 같이 보일 것이다. 크기는 개시 위상에 독립적임에 유의한다.

채널 5에서 확대 경로 진폭 대 CFO가 도 35에 나타내어져 있다.

약 ± 1 ppm까지 3 dB 미만의 감쇠가 있으며 ± 6.3 ppm 너머에서는 감쇠가 20 dB 초과이다.

채널 2(4 GHz)의 경우, 도 36(채널 2의 경로 진폭 대 CFO)에 나타낸 바와 같이 응답이 더 넓다. 채널 9(8 GHz)의 경우, 응답은 도 37(채널 9의 경로 진폭 대 CFO)에 나타낸 바와 같이 더 좁다.

DW1100은 약 0.5 ppm의 정확도로 그 클럭을 조정하는 능력을 갖는다. 채널 5에서 동시 응답을 사용할 때 모든 제1 경로가 보이도록 하려면, 모든 앵커의 클럭이 키 포브의 주파수보다 약 2 ppm 낮아지도록 조정하는 것이 바람직하다. 이는 경로가 약 1 dB 초과로 감쇠되지 않음을 보장할 것이다.

추가 실시예

상술한 많은 실시예에서, 암호 필드는 동일하고 시간-정렬되었다.

그러나, 다른 실시예들에서, 각각의 응답 트랜시버("CAM")는 다른 지연을 갖는 그 자체의 (다른) 암호 프리앰블을 송신한다. 예가 도 38에 나타내어져 있다. 여기서, 각각의 트랜시버에 의해 송신된 프레임은 각각의 다른 암호 필드 #1 - #4(이전의 실시예에서 나타난 "Decacypher" 필드에 대응)를 포함한다.

이는 수신기가 예를 들어, 각각의 응답 트랜시버에 대해 하나의 다중 거리 측정값을 획득할 수 있게 한다. 이를 가능하게 하기 위해, 각각의 페이로드 후 간격의 크기는 이전과 같이 단순히 $N \times 128$ ns가 아니라, $N \times 128$ ns + $M \times (\text{cypher_length} + \text{암호를 분리하는 추가 간격})$ 이다. 암호를 분리하는 추가 간격은 (도 38의 예에 도시된 바와 같이) 0이거나 더 큰 분리를 제공하기 위해 0보다 클 수 있다(대안적인 예에서, 암호는 스테거링(staggering)되고 부분적으로 중첩될 수 있음).

추가 변형에서, 다중 암호 프리앰블이 각각의 트랜시버의 프레임에 포함될 수 있다. 특정 예에서, 도 39에 도시된 바와 같이, 각각의 프레임에는 2개의 암호(#1 및 #2)가 존재한다. 암호 #1은 가장 가까운 디바이스까지의 안전한 거리 측정을 위해 사용되며(예를 들어, 상술한 기술을 사용), 모든 암호 #1 세그먼트는 시간-정렬된다. 암호 #2는 스테거링되고 상관/누산 후 다중 피크를 생성하도록 의도된다. 이 피크는 응답 트랜시버의 개별 거리를 나타낸다. 이러한 다중 거리 측정값에 기초하여, 차량에 대한 키 포브의 위치(예를 들어, 거리 및 방향)를 찾기 위해 다변 측정(multilateration) 및/또는 삼각 측량이 사용될 수 있다(또는 그 역). 제2 암호 필드의 스테거링은 암호 #1과 암호 #2 사이의 가변 전송 간격에 의해 달성된다(이 예에서는, 1024 ns + $n \times 128$ ns, n 은 0 내지 3 범위).

트랜시버 "CAM A"로부터의 제1 전송 후 암호 #2가 공격자에게 알려질 수 있으므로, 암호 #2로부터 도출된 거리

는 안전하지 않을 수 있다. 암호 #1은 선택적으로 건너뛴 수 있으며; 이 경우 트랜시버 "CAM A"의 거리 측정값만이 안전할 것이며; 나머지(B, C, D)는 잠재적으로 공격받을 수 있다.

- [0259] 도 40 및 도 41은 프레임 당 2개의 암호 프리앰블을 사용하지만 페이로드의 다른 위치를 갖는 도 39 실시예의 대안적인 변형을 나타낸다. 도 39에서, 페이로드는 양쪽 암호 필드보다 선행하며, 도 40에서 페이로드는 암호 필드 사이에 배치되고 도 41에서 페이로드는 프레임 끝에서 제2 암호 필드 뒤에 추가된다.
- [0260] 본 발명은 순수하게 예로서 설명되었고, 상세 사항의 수정은 본 발명의 범위 내에서 이루어질 수 있음을 이해할 것이다.
- [0261] 일부 경우에 상이한 실시예로서 설명되었지만, 본 개시 전반에 걸쳐 설명된 임의의 또는 모든 변형(예를 들어, 프레임, 암호 필드 등의 상이한 설명된 구성)은 단일 디바이스 또는 시스템 내에서 상이한 동작 모드로서 제공될 수 있다.
- [0262] 상술한 본 발명의 다양한 실시예는 다음 특징 및 이점 중 일부 또는 전부를 제공할 수 있다.
- [0263] 실시예는 직렬이 아닌 병렬로 다중 패킷의 전송을 제공할 수 있다. 이는 수신기의 활성 상태에 머물기 위해 필요로 하는 시간을 줄일 수 있다(전력 절약).
- [0264] 다양한 상이한 스킴과 조합이 가능하다. 예를 들어, 다중 전송의 개시 시간(제1 Ipatov 프리앰블 심볼)은 가변 지연에 의해 오프셋될 수 있다(위의 예에서는, 통상적으로 0과 2000 ns 사이지만, 다른 지연이 사용될 수 있음). 설명된 스킴들 중 다수 또는 모두에 공통적인 것은 암호 프리앰블의 개시가 모든 전송에 걸쳐 정렬된다는 것이다.
- [0265] 실시예는 단일 시물-패킷("단일 시물-패킷"이라는 용어는 병렬로 전송되는 다중 버전의 응답 프레임을 지칭함)에 기초하여 국부화 계산을 가능하게 할 수 있다. 가변 오프셋으로 인해 Ipatov 누산기에는 다중의 분리된 피크가 있다. 이는 각각의 잠금/앵커로부터 키 포브까지의 거리를 계산하는 것을 가능하게 한다. 여러 Ipatov-기반 거리가 안전하지 않을 수 있으며, 최단 Ipatov 거리는 일반적으로 DecaCypher-기반 거리와 매칭되어야 한다. 이것은 하나의 안전한 거리 측정값과 3개의 덜 안전한 거리 측정값을 제공할 수 있다. 따라서, 이러한 삼각 측량에 기초한 국부화는 여전히 합리적으로 안전할 것이다. 보안 거리 측정(DecaCypher 기반)이 가장 짧은 Ipatov-기반 측정과 매칭되면 패킷은 신뢰할 수 있고/진정한 것으로 고려될 수 있으며; 그렇지 않으면, 패킷은 폐기 및/또는 거리 결정을 위해 이용되지 않을 수 있다.
- [0266] 실시예는 응답하는 앵커 디바이스에서 클럭 크리스털의 트리밍을 구현할 수 있어, 키 포브(최종 메시지의 수신기)가 그 누산기에서 모든 피크를 볼 수 있을 것이다. 앵커 간 CFO가 1 - 2 ppm 초과로 차이가 나면, 키 포브는 이에 고정된 앵커의 피크만을 볼 것이다. 다른 앵커로부터 임의의 추가 피크는 전혀 없을 것이다(또는 강하게 감쇠될 것이다). 모든 CFO가 서로 가까이 있게 하기 위해, 모든 앵커가 키 포브로부터 초기 메시지를 청취하고, 수신 중에 계산된 CFO를 확인한 다음 정확히 동일한 주파수(예를 들어, 키 포브의 클럭으로부터 2 ppm)에서 모든 응답에 대해 그 크리스털을 트리밍한다. 키 포브는 타겟으로 된 CFO(이 예에서는 -2 ppm)를 알 것이므로, (캐리어 통합기를 -2 ppm으로 사전-초기화하여) 그 캐리어 복구 알고리즘을 더 빠르게 수렴시킬 수 있다. 이는 Ipatov 프리앰블의 단축을 허용해야 한다.
- [0267] 실시예는 그 타이밍 오프셋을 필요한 지연으로 조절할 때까지, 200 μ s와 같은 특정 기간 동안 클럭 크리스털을 디-트리밍함으로써 (따라서 시간 측정 속도를 높이거나 낮춤으로써) 송신기 그리드에 대한 전송 디바이스에서의 보상을 구현할 수 있다. 이는 송신기가 8 ns 전송 그리드로 제한되지 않고 언제든지 효과적으로 전송할 수 있게 한다.
- [0268] 특정 조건에서 패킷 길이를 단축시키기 위해 주로 의도된 주요 스킴의 변형이 제공될 수 있다. 예를 들어, 향후 칩 상에서 메시지 내부의 임의의 지연을 구성할 수 있으며, 이 경우 Ipatov/데이터 심볼 수를 변경할 필요가 없을 것이다. 국부화가 필요하지 않고 모든 데이터 페이로드가 동일할 수 있으면, 0 ns 오프셋을 갖는 스킴을 구현할 수 있다. 이러한 패킷은 디폴트보다 훨씬 더 짧다. 이는 또한 모든 앵커가 패킷을 전송할 수 있다는 이점을 제공할 수 있으므로, 선호되는 사전 선택된 송신기로부터의 복귀 채널의 결함으로 인해 어떤 패킷도 수신되지 않을 위험이 없다.
- [0269] 데이터 페이로드가 필요하지 않은 경우, 튜팅되고 끝에서 전송될 수 있어(또는 전혀 전송되지 않음) 전력을 절약한다. 보다 일반적으로, 일부 변형에서, 프레임의 특정 부분, 예를 들어, Ipatov, SFD 및/또는 데이터 페이로드는 일부 앵커에서 튜팅되며, 선택된 앵커만이 프레임의 이러한 부분을 전송한다. 그러나 모든 앵커는 암호 프

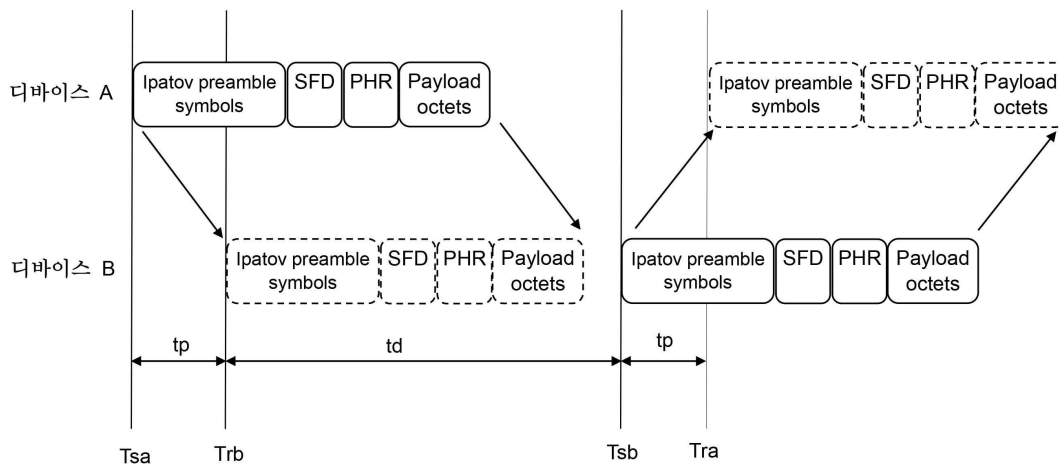
리앰블(DecaCypher)을 전송한다. 이는 총 전송 전력 예산을 최적화될 수 있게 한다. Ipatov 프리앰블을 전송하는 앵커는 다양한 방법을 사용하여, 예를 들어, 키 포브로부터의 이전 메시지에 기초하여 또는 다른 전송 방법(블루투스 등)에 기초하여 사전-선택될 수 있다. 일반적으로 가장 강한 것으로 고려되는 앵커만이 동기화 Ipatov 프리앰블 시퀀스를 전송하기 위해 선택될 수 있다.

[0270]

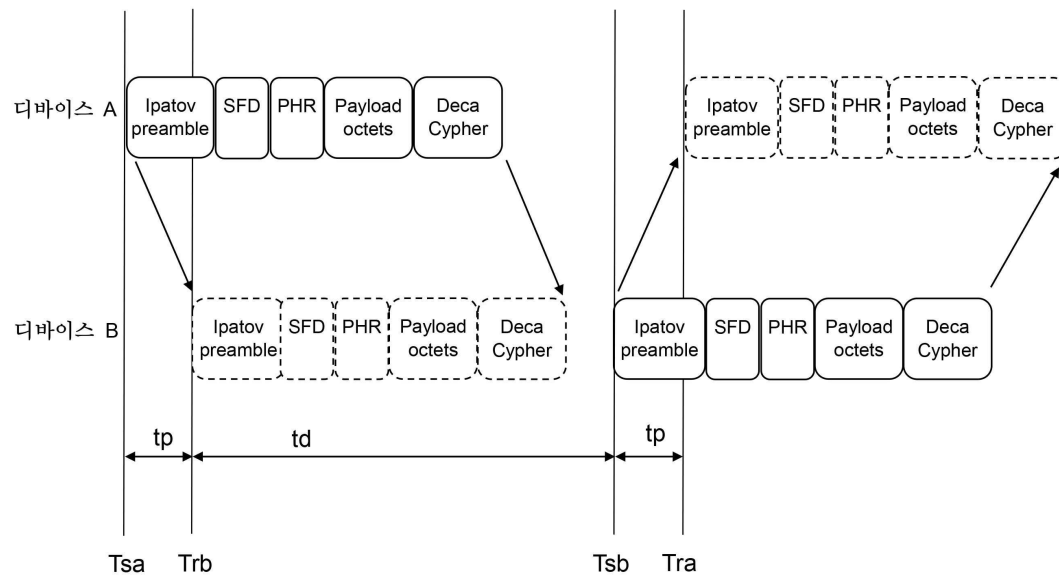
설명된 프로세스 또는 그 부분은 적절한 데이터 프로세싱 디바이스(예를 들어, 도 3a에 도시된 바와 같은 제어기)에 의해 실행하기 위해 하나 이상의 컴퓨터-판독 가능 매체에 저장된 하나 이상의 컴퓨터 프로그램을 사용하여 구현될 수 있다. 일부 실시예에서, 본 방법은 하드웨어 및 소프트웨어의 조합을 사용하여 구현될 수 있지만, 하드웨어만의 실시예도 가능하다.

도면

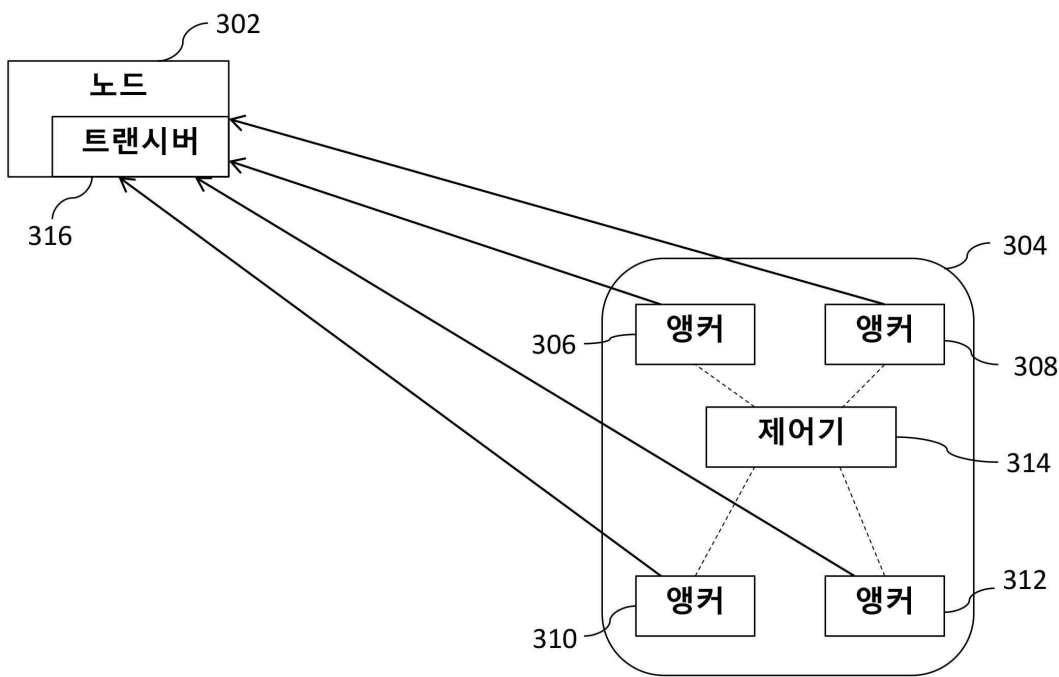
도면1



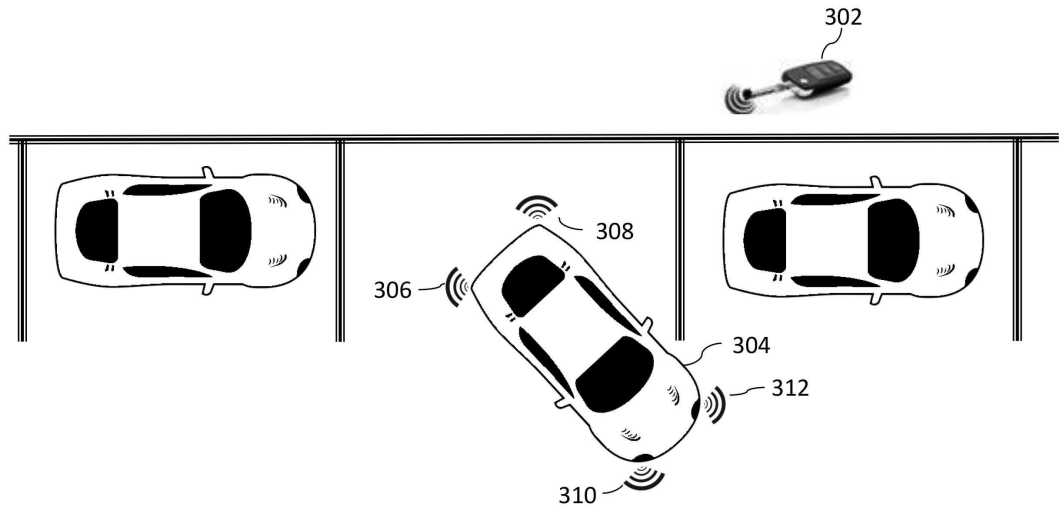
도면2



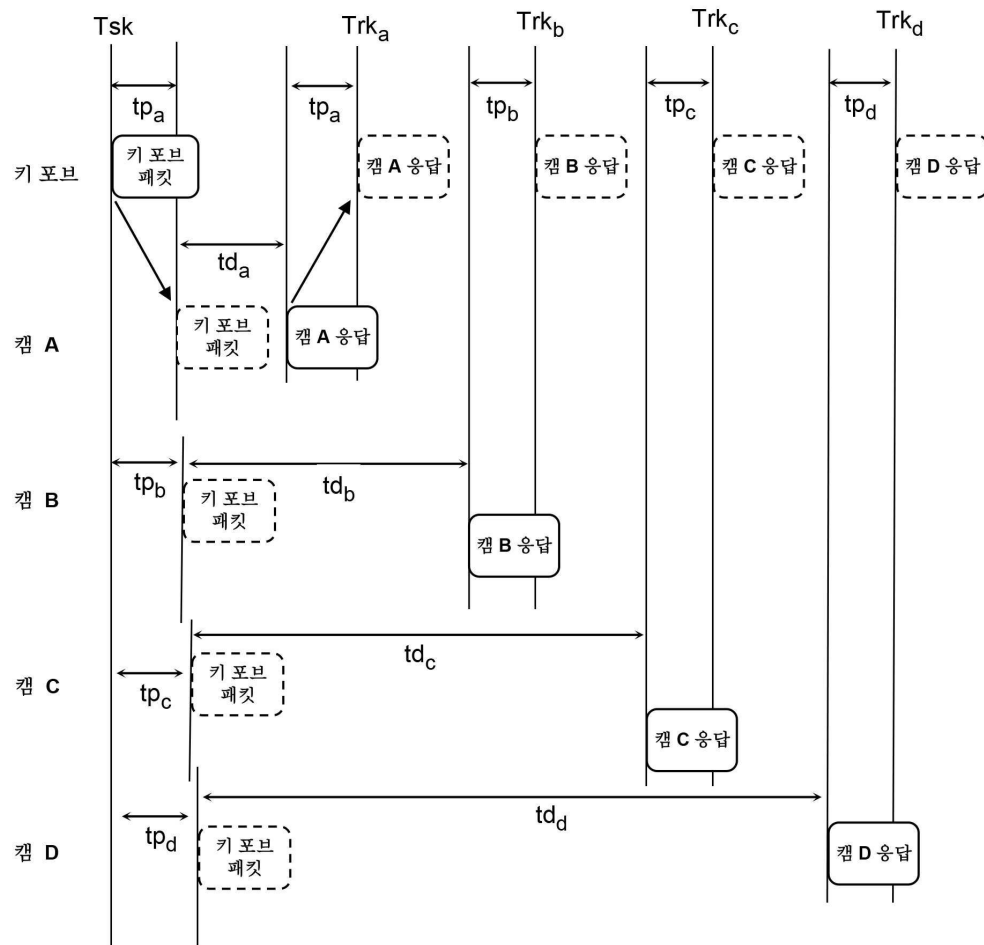
도면3a



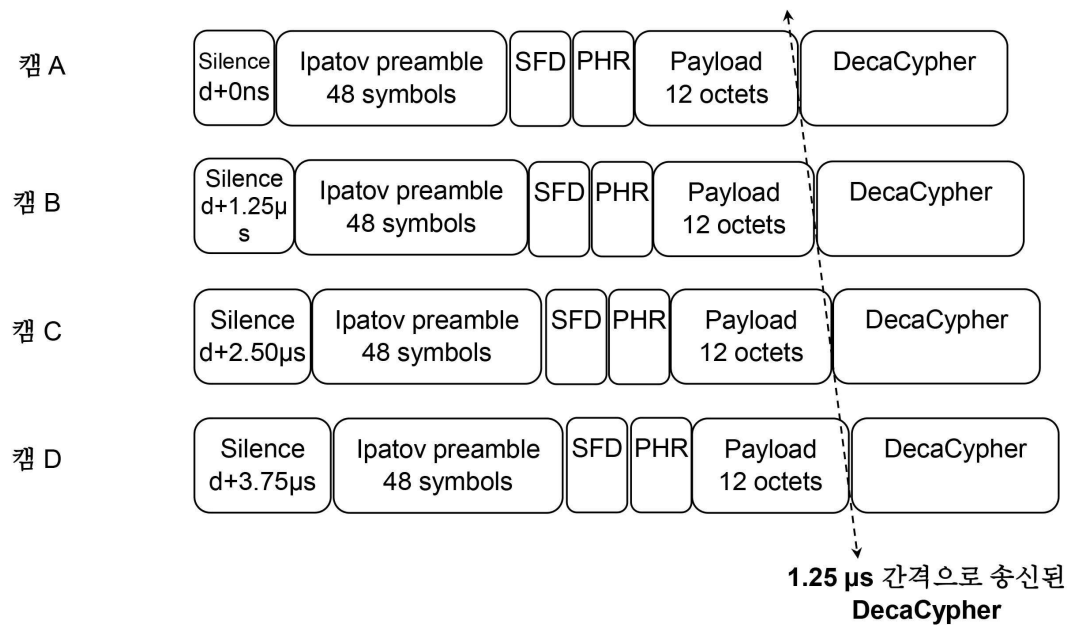
도면3b



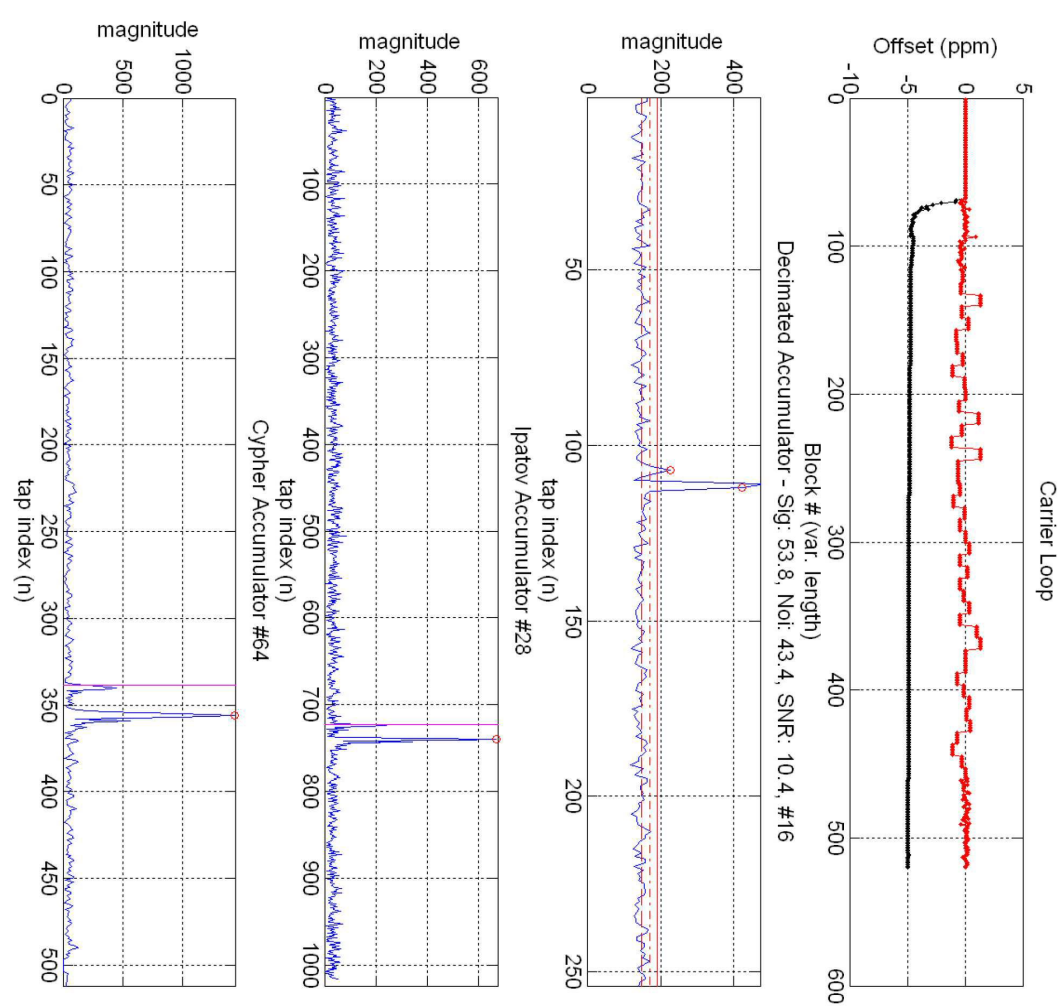
도면4



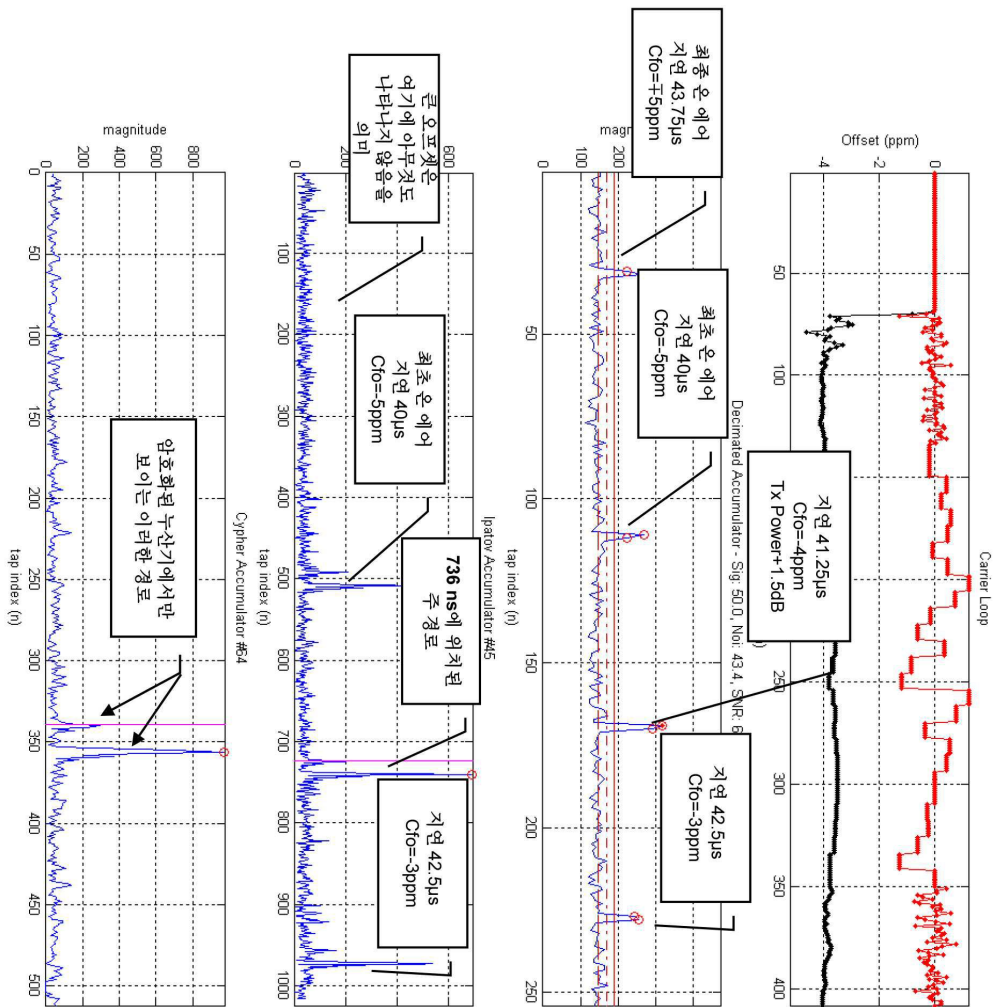
도면5



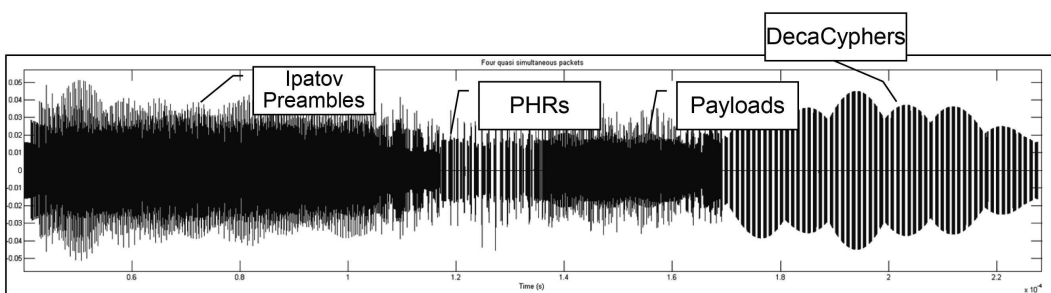
도면6



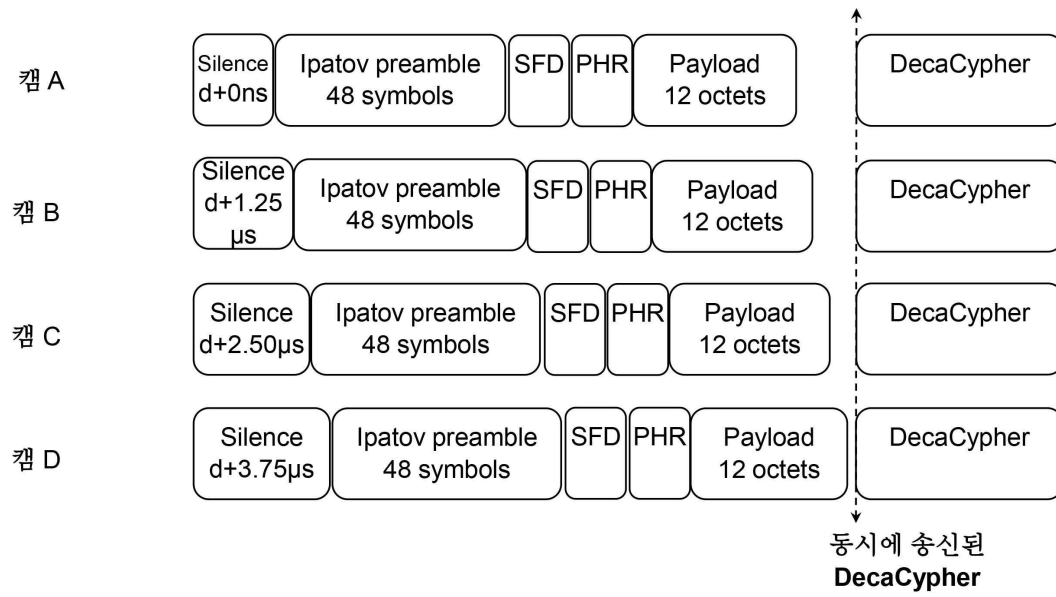
도면7



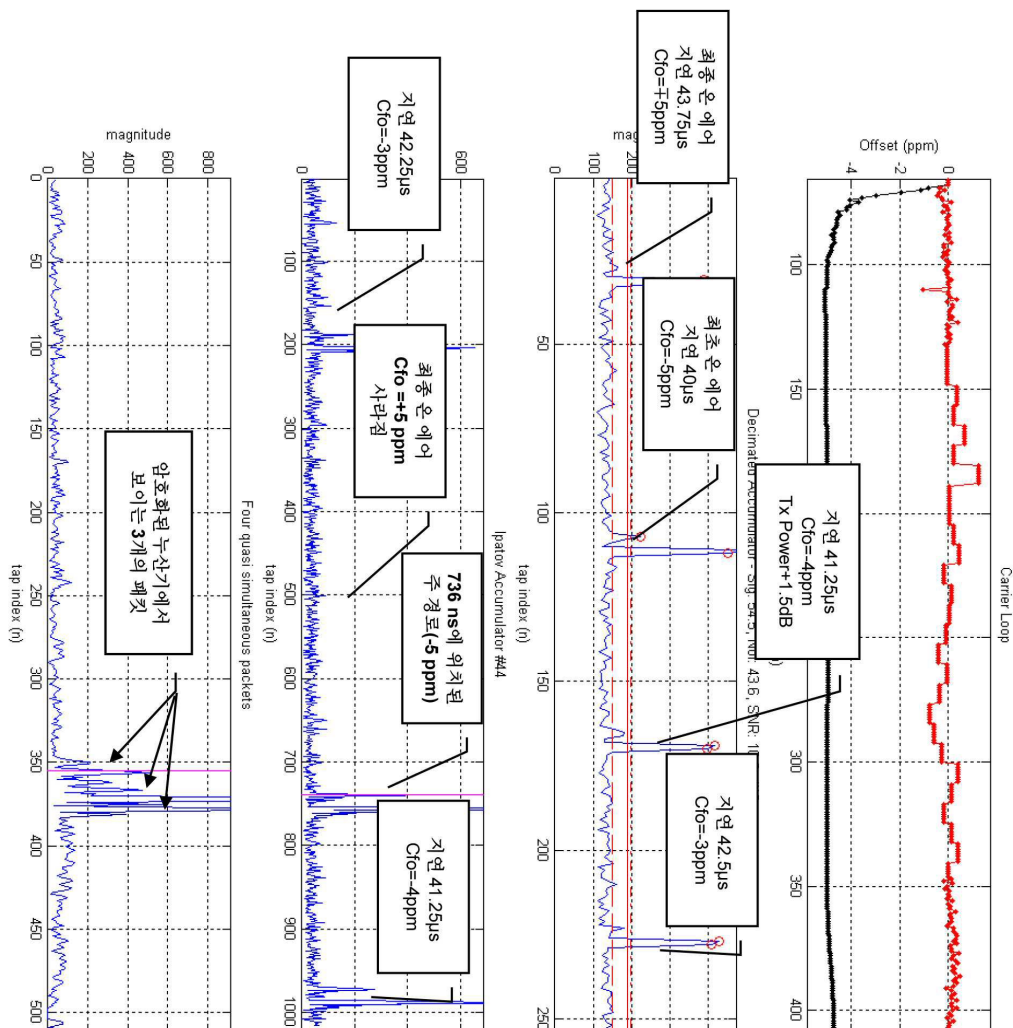
도면8



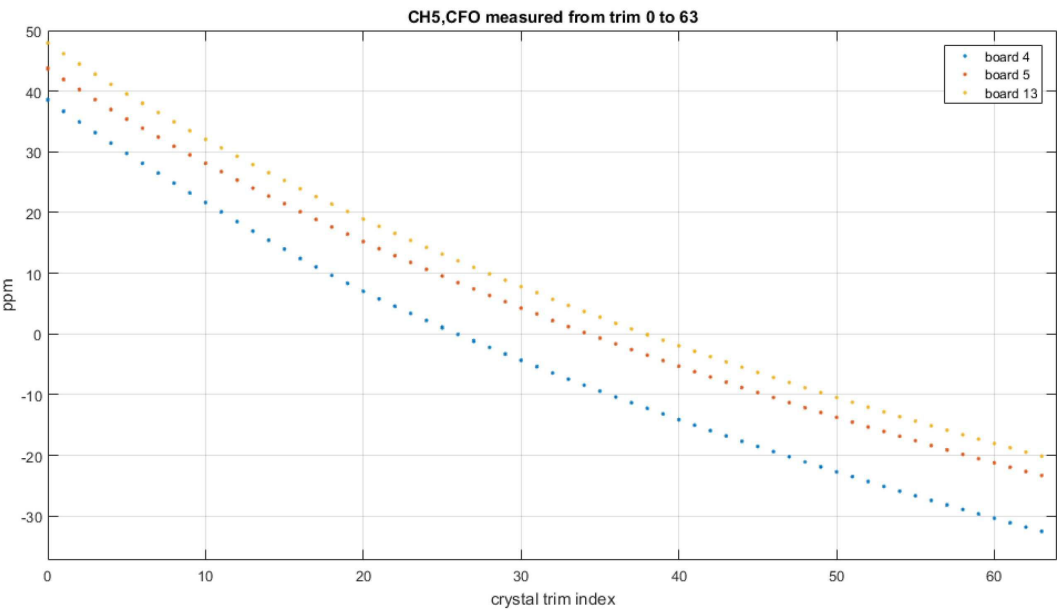
도면9



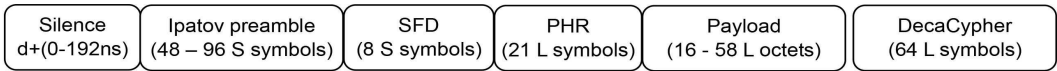
도면10



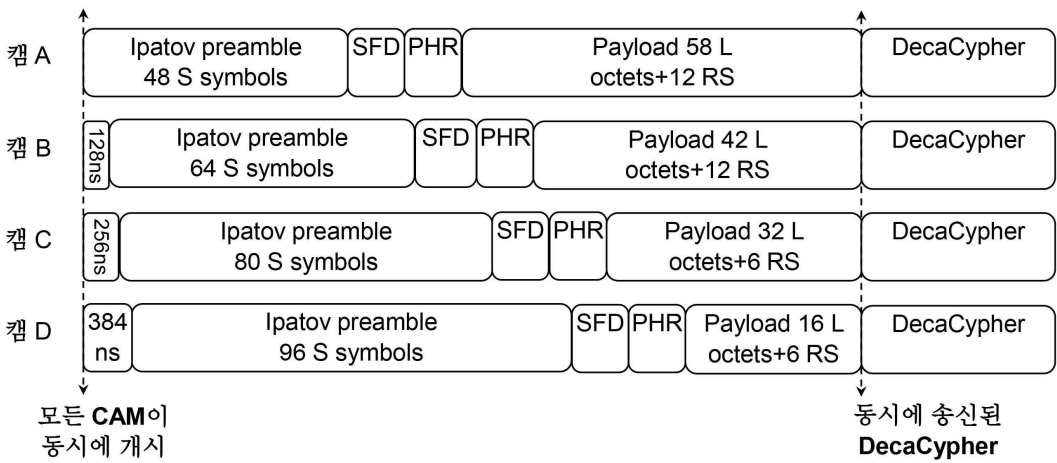
도면11



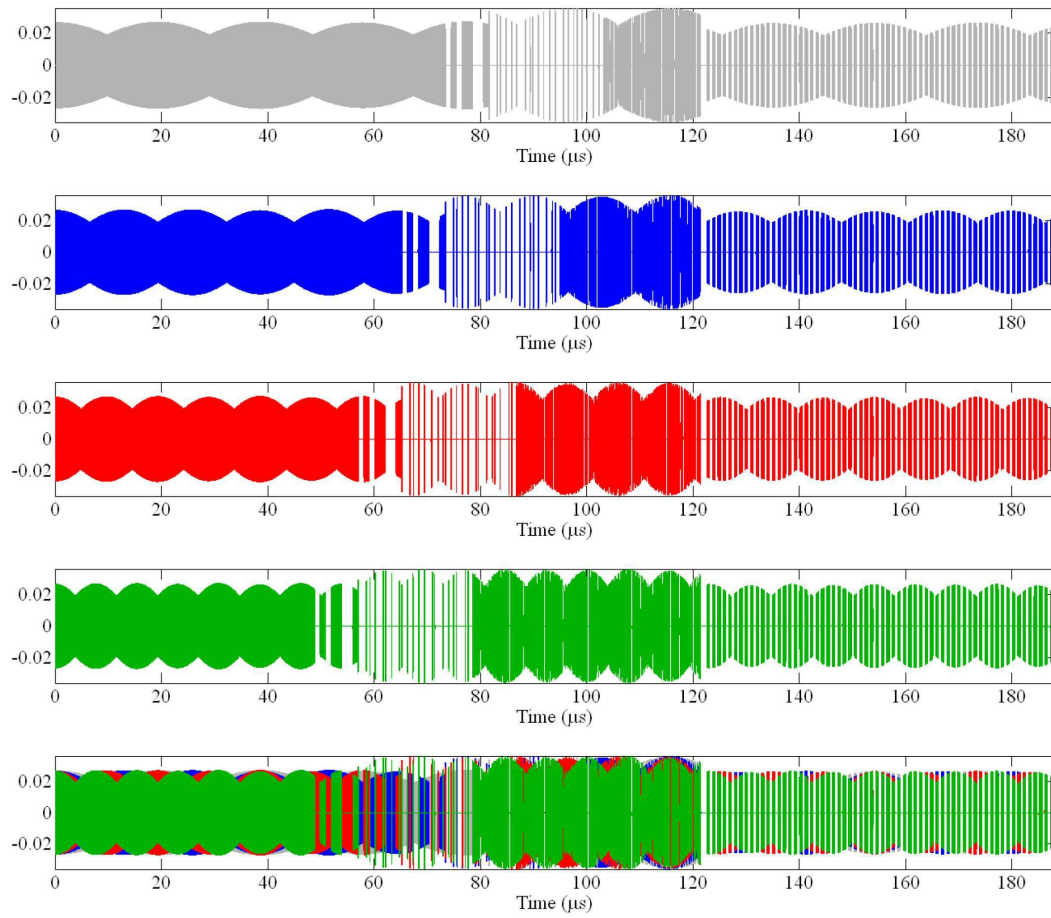
도면12



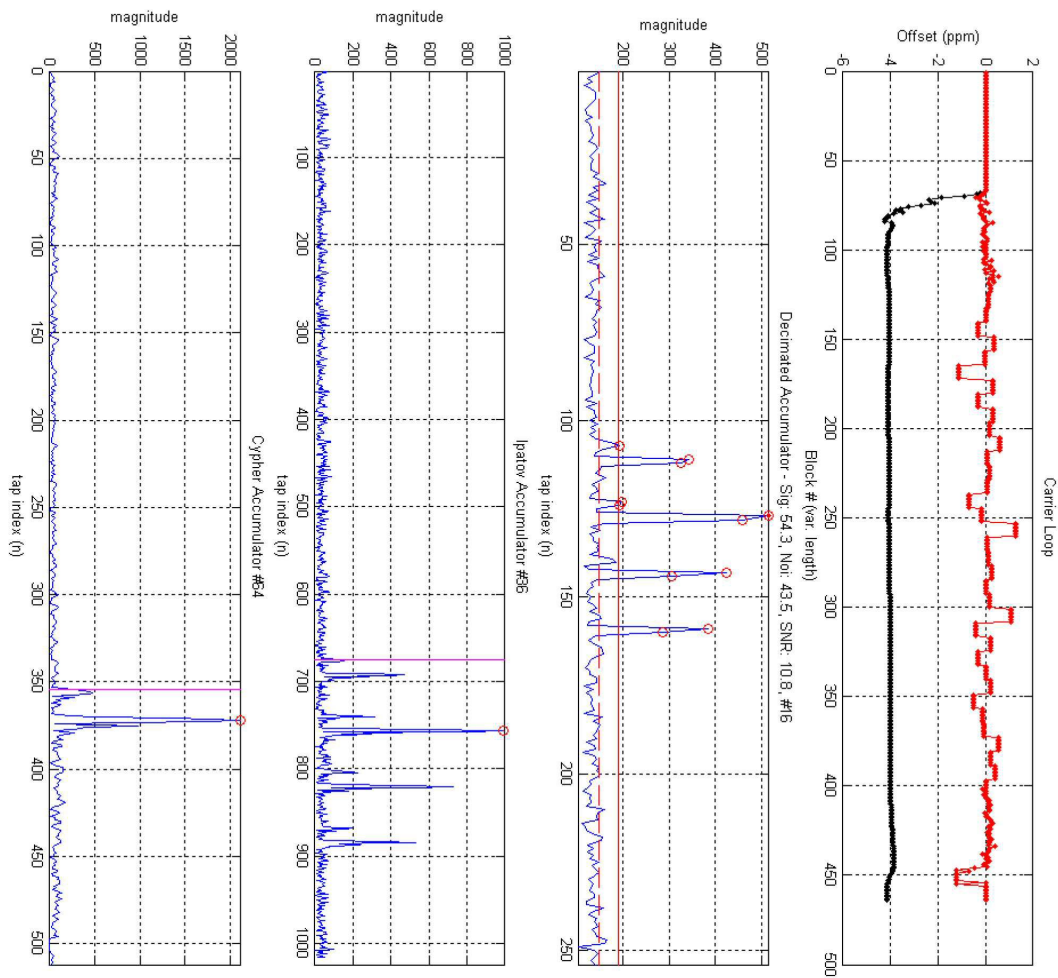
도면13



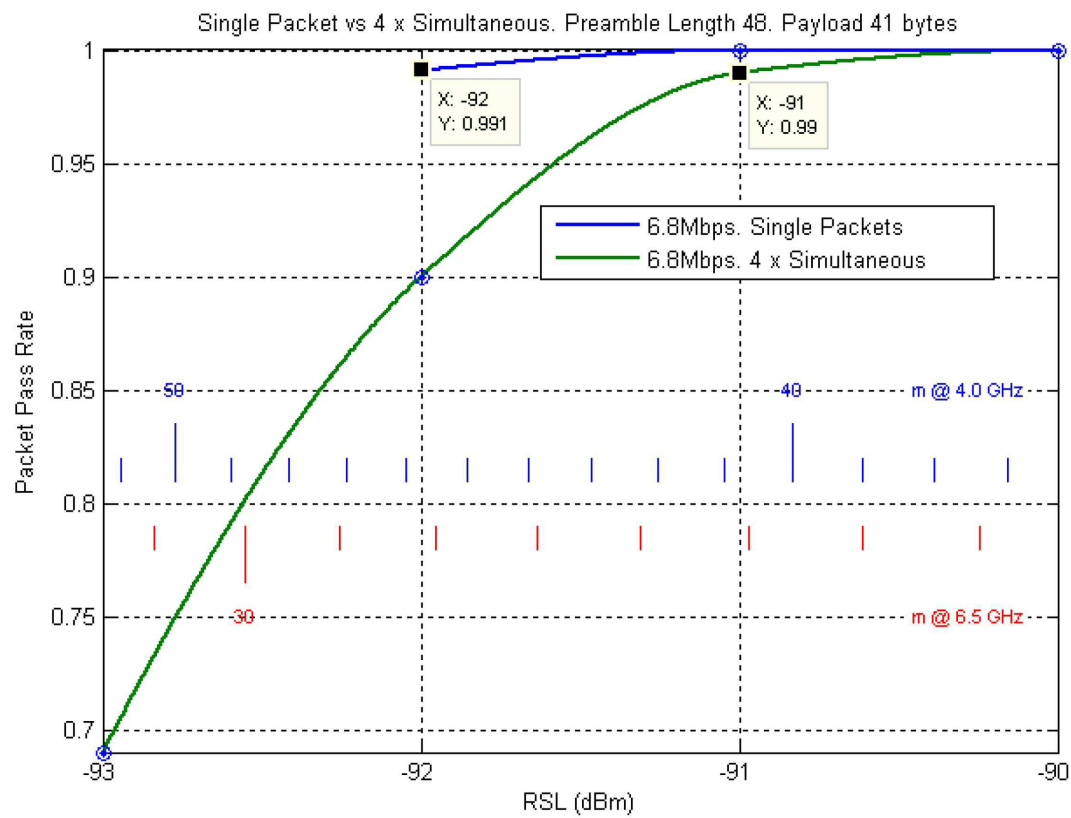
도면14



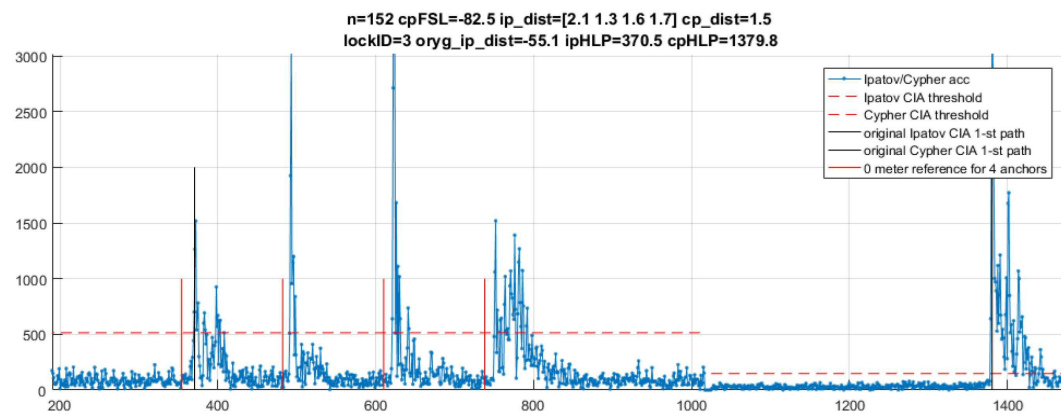
도면15



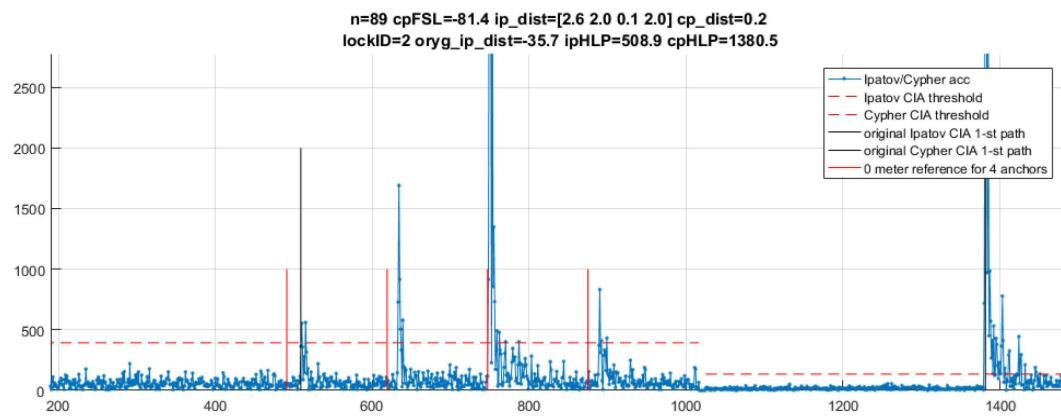
도면16



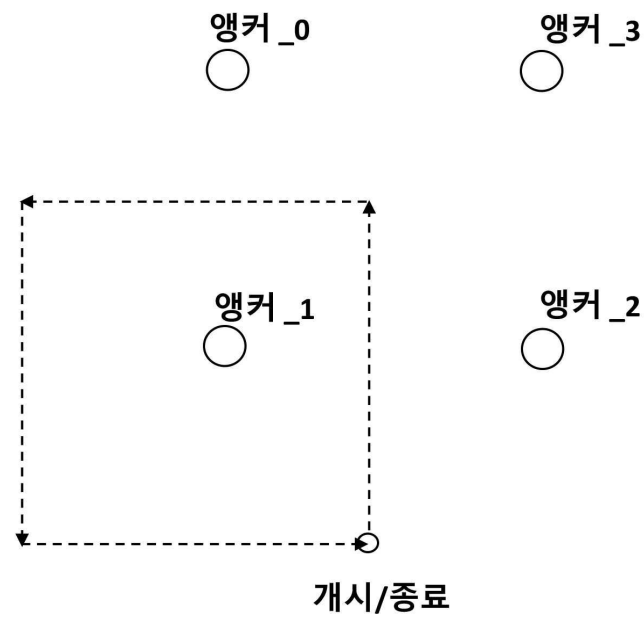
도면17



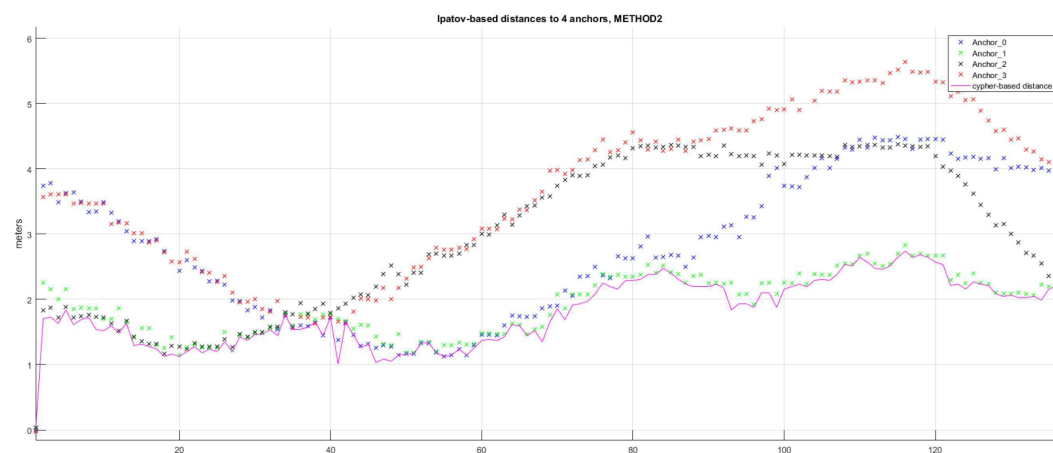
도면18



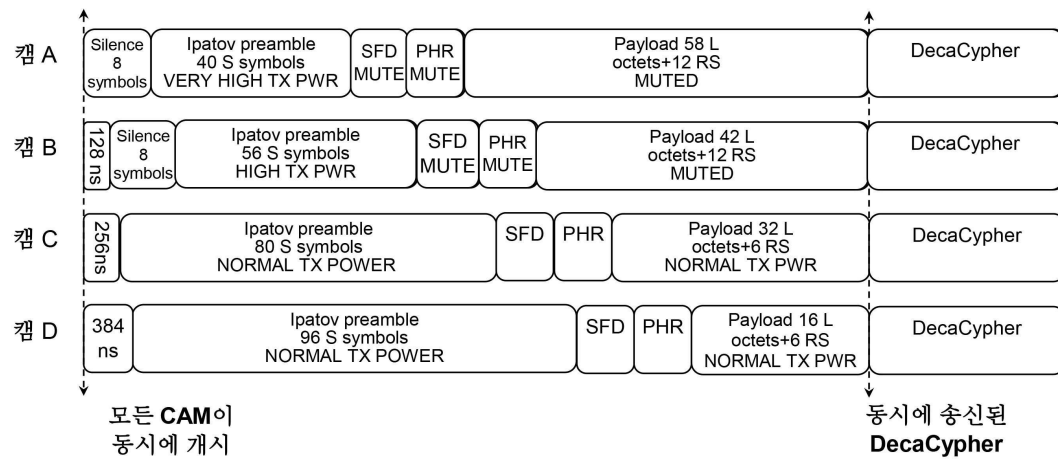
도면19



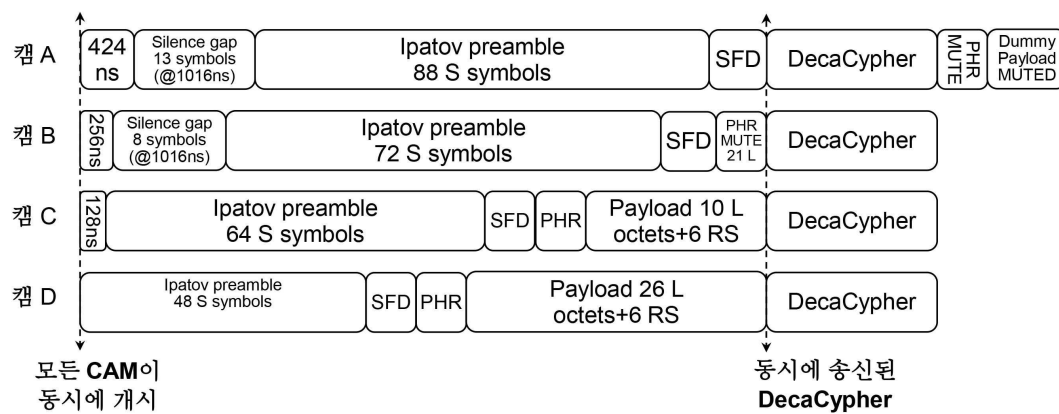
도면20



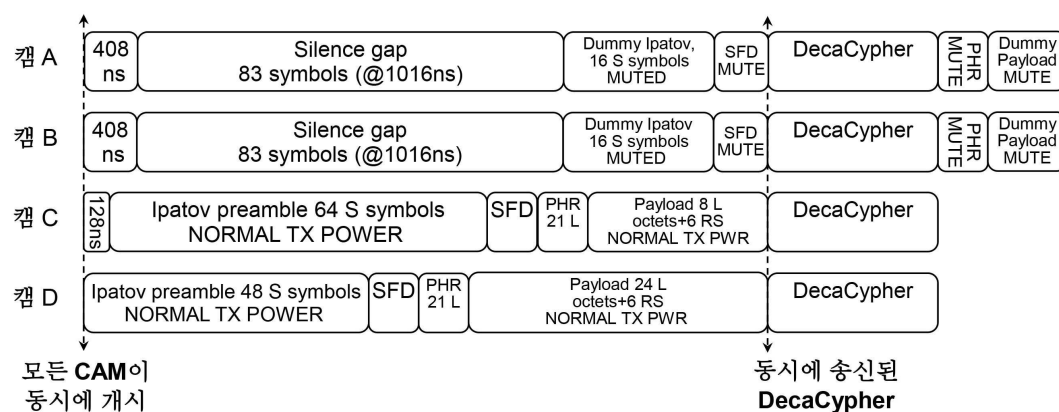
도면21



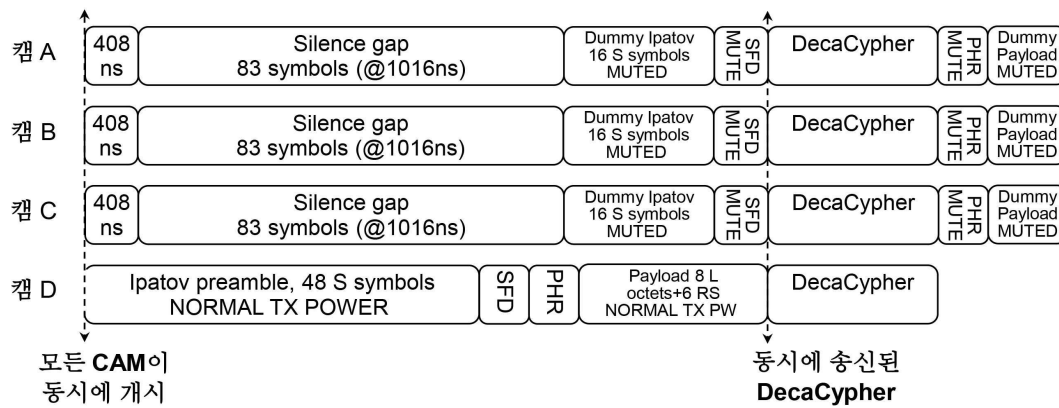
도면22



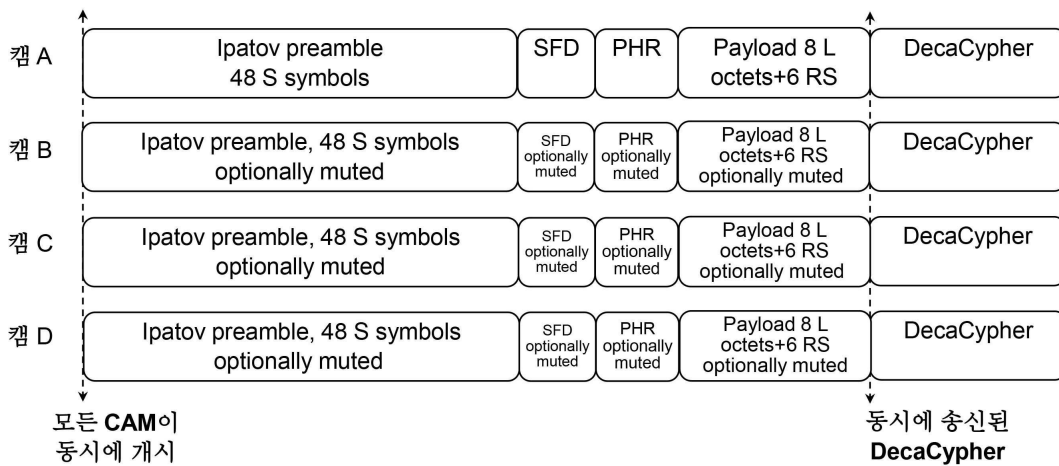
도면23



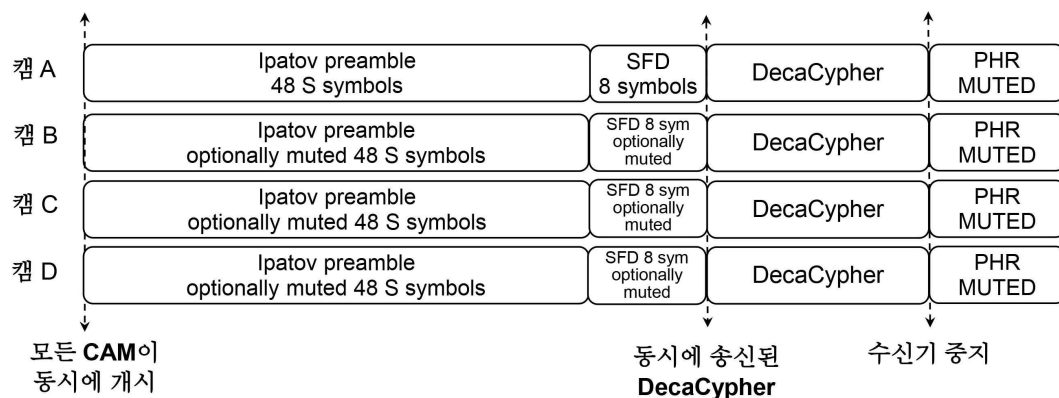
도면24



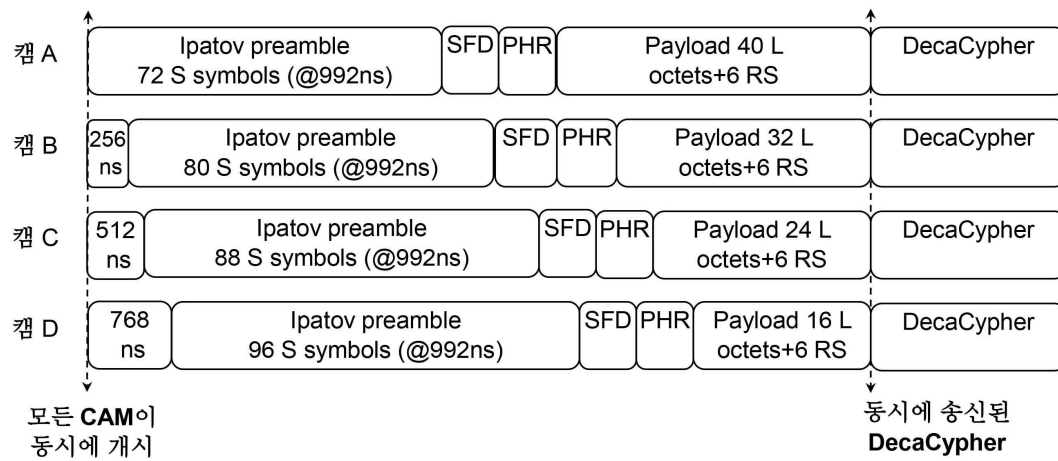
도면25



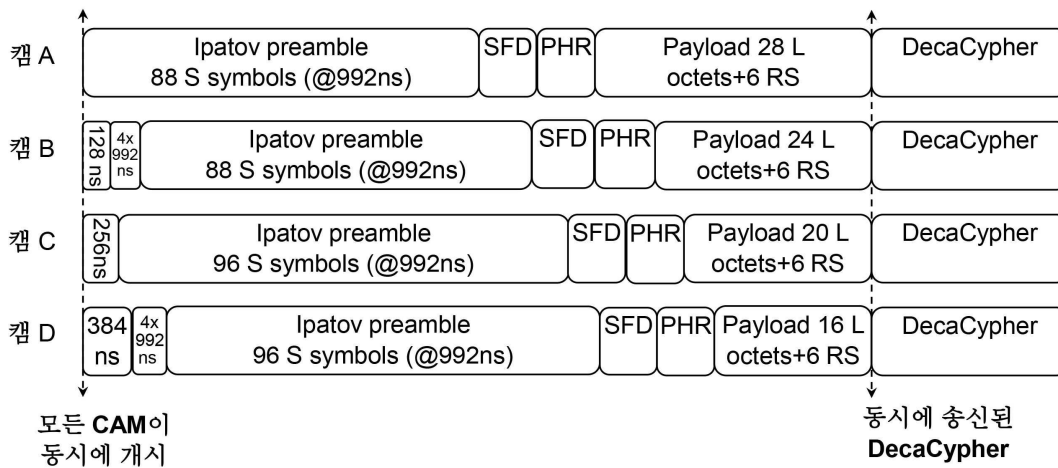
도면26



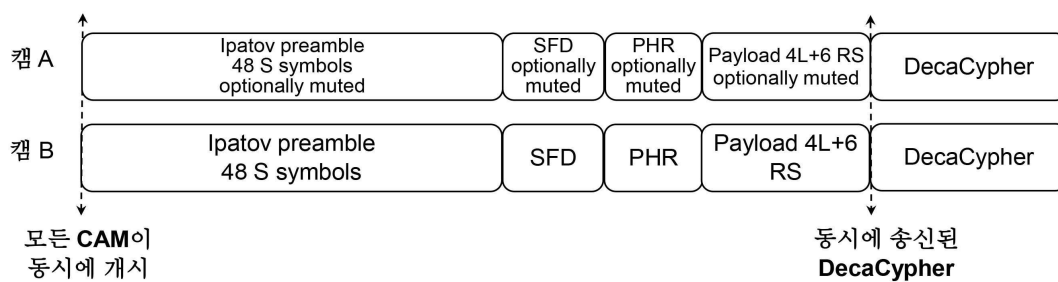
도면27



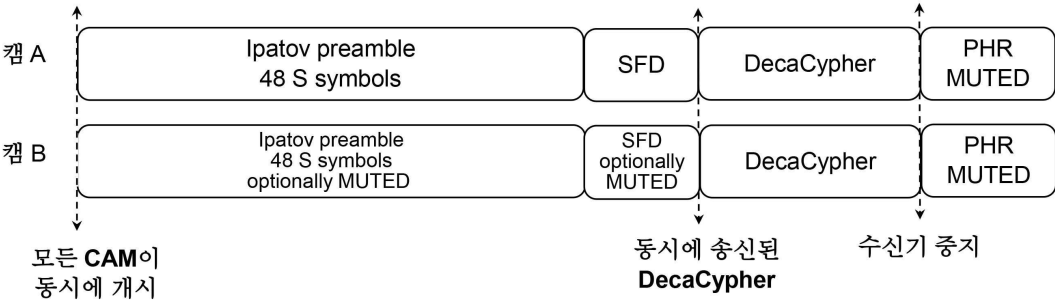
도면28



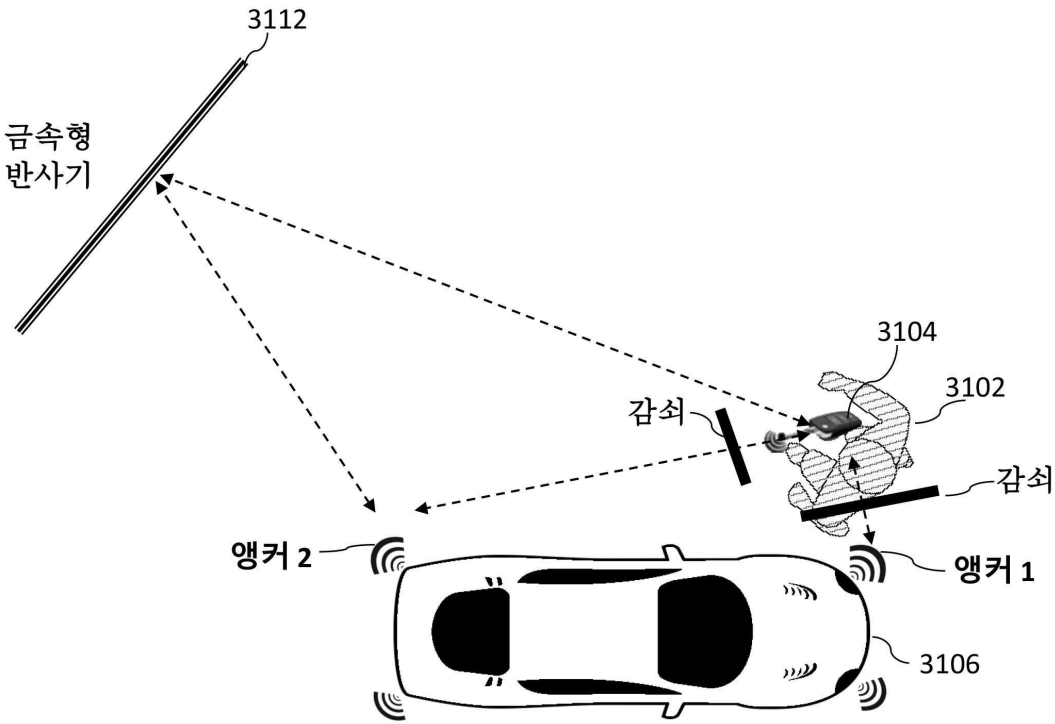
도면29



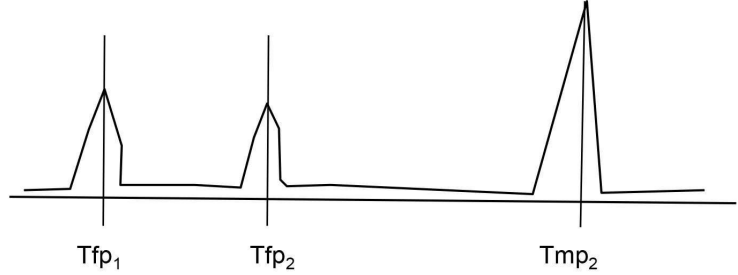
도면30



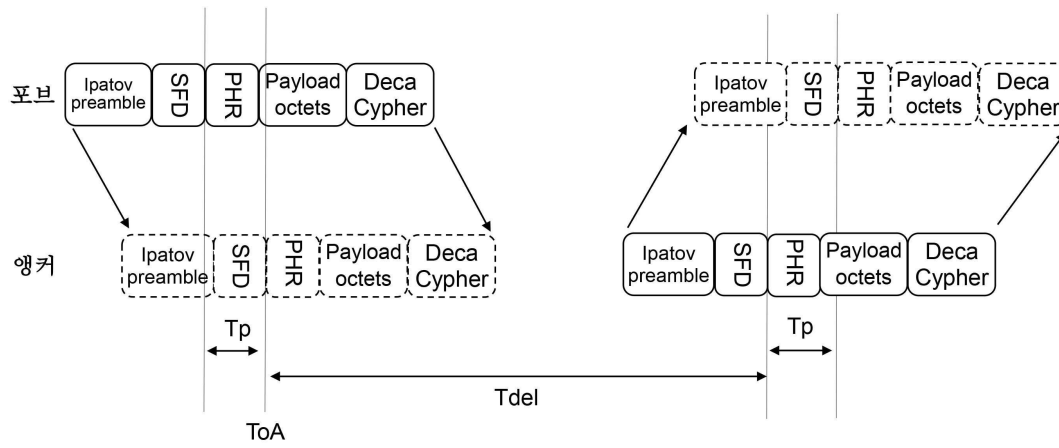
도면31



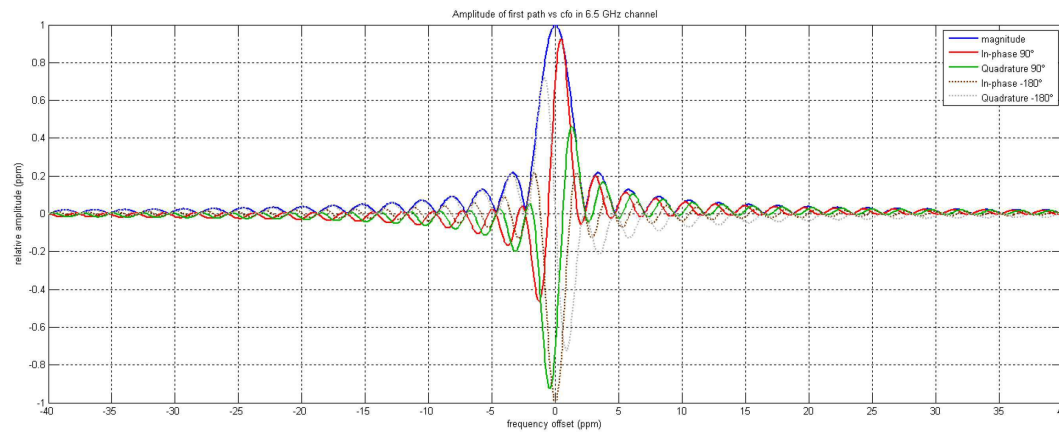
도면32



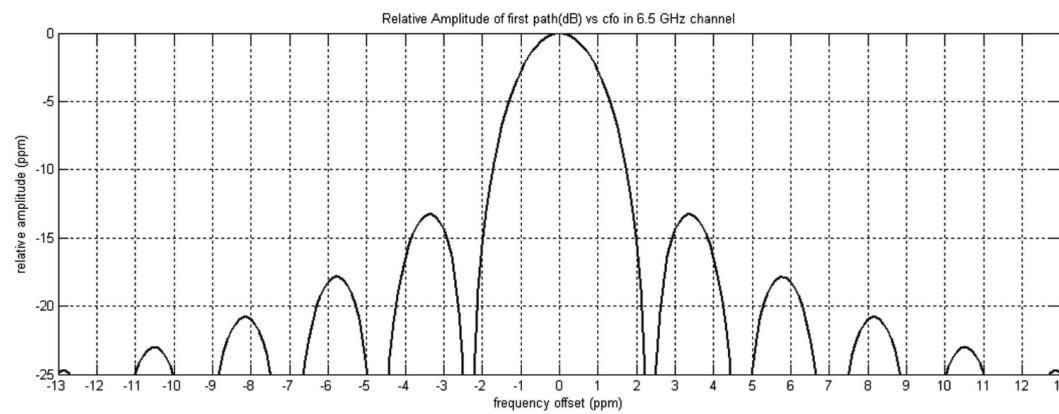
도면33



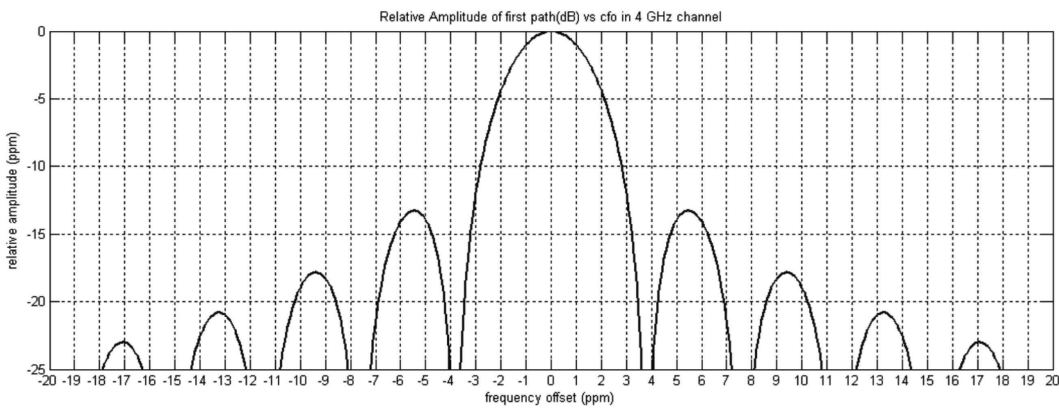
도면34



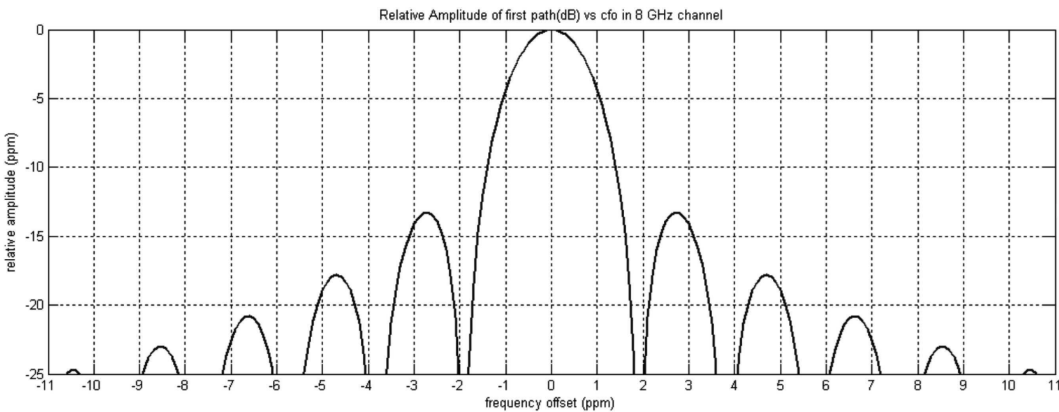
도면35



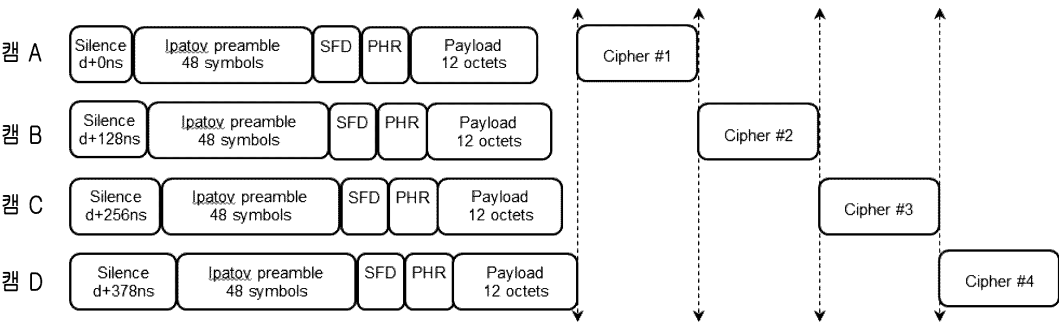
도면36



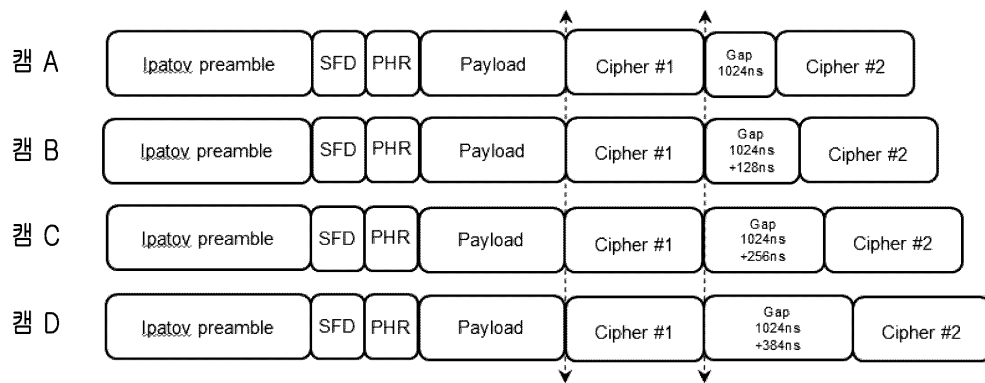
도면37



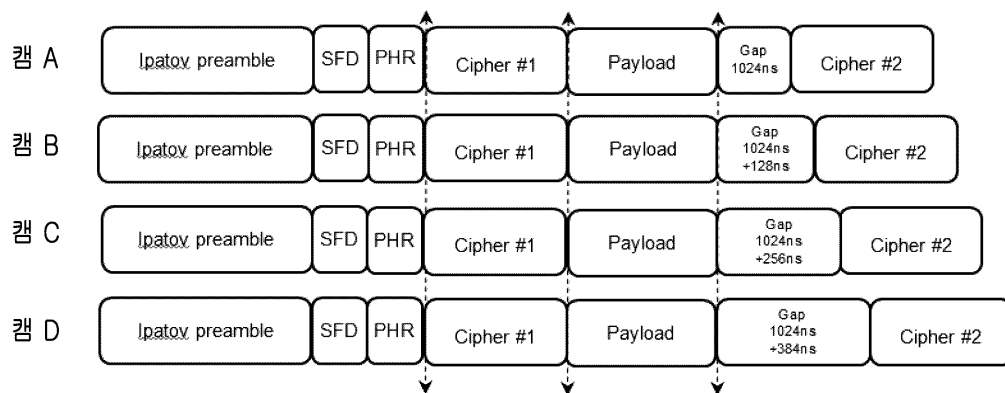
도면38



도면39



도면40



도면41

