



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0147788  
(43) 공개일자 2022년11월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H04L 27/26 (2006.01) H04B 7/06 (2017.01)  
H04L 25/02 (2006.01) H04W 88/08 (2009.01)  
(52) CPC특허분류  
H04L 27/2695 (2021.01)  
H04B 7/0617 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2021-0054701  
(22) 출원일자 2021년04월28일  
심사청구일자 2021년04월28일

(71) 출원인  
고려대학교 산학협력단  
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)  
(72) 발명자  
이인규  
서울특별시 강남구 영동대로 640, 웨스트동 3303호(삼성동, 아이파크삼성)  
박준희  
서울특별시 서초구 현릉로8길 58, 110동 1702호(내곡동, 서초더샵포레)  
(74) 대리인  
최윤서, 손제관

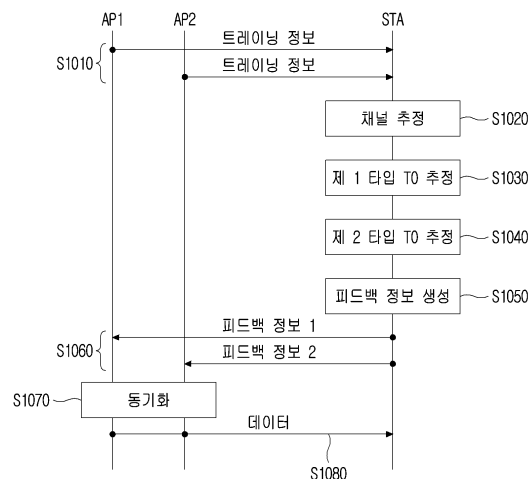
전체 청구항 수 : 총 19 항

(54) 발명의 명칭 무선 통신 시스템에서 복수의 액세스 포인트에 대한 시간 오프셋 추정 및 피드백 방법 및 장치

(57) 요약

본 개시는 무선 통신 시스템에서 복수의 액세스 포인트에 대한 시간 오프셋 추정 및 피드백 방법에 대한 것이다. 본 개시의 일 실시예에 따른 무선 통신 시스템에서 스테이션(STA)에 의해 시간 오프셋(TO)을 피드백하는 방법은, 복수의 액세스 포인트(AP) 각각으로부터 트레이닝 정보를 수신하는 단계; 상기 트레이닝 정보에 기초하여 상기 복수의 AP 각각에 대한 채널을 추정하고, 추정된 채널에 기초하여 상기 복수의 AP 각각에 대한 제 1 타입 TO를 추정하는 단계; 상기 제 1 타입 TO에 대한 추정값에 기초하여 상기 복수의 AP 간의 제 2 타입 TO를 추정하는 단계; 상기 제 1 타입 TO 또는 상기 제 2 타입 TO 중의 하나 이상에 기초하여 상기 복수의 AP 각각에 대한 빔포머를 결정하는 단계; 및 상기 복수의 AP 각각에 대한 빔포머 또는 상기 제 2 타입 TO 중의 하나 이상을 포함하는 피드백 정보를 상기 복수의 AP 각각으로 전송하는 단계를 포함할 수 있다.

대표도 - 도10



(52) CPC특허분류

*H04L 25/0224* (2013.01)

*H04L 27/2613* (2021.01)

*H04L 27/2657* (2013.01)

*H04L 27/2663* (2013.01)

*H04L 27/2666* (2013.01)

*H04L 27/2676* (2013.01)

*H04W 88/08* (2013.01)

(72) 발명자

**박주성**

경상북도 경주시 현곡면 안현로 43-9, 101동 907호(세정스위츠리버)

**김민석**

서울특별시 노원구 노원로 564, 1006동 1509호(상계동, 상계주공10단지아파트)

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

무선 통신 시스템에서 스테이션(STA)에 의해 시간 오프셋(TO)을 피드백하는 방법에 있어서, 상기 방법은:

복수의 액세스 포인트(AP) 각각으로부터 트레이닝 정보를 수신하는 단계;

상기 트레이닝 정보에 기초하여 상기 복수의 AP 각각에 대한 채널을 추정하고, 추정된 채널에 기초하여 상기 복수의 AP 각각에 대한 제 1 타입 TO를 추정하는 단계;

상기 제 1 타입 TO에 대한 추정값에 기초하여 상기 복수의 AP 간의 제 2 타입 TO를 추정하는 단계;

상기 제 1 타입 TO 또는 상기 제 2 타입 TO 중의 하나 이상에 기초하여 상기 복수의 AP 각각에 대한 빔포머를 결정하는 단계; 및

상기 복수의 AP 각각에 대한 빔포머 또는 상기 제 2 타입 TO 중의 하나 이상을 포함하는 피드백 정보를 상기 복수의 AP 각각으로 전송하는 단계를 포함하는, 방법.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 복수의 AP 각각에 대한 빔포머 또는 상기 제 2 타입 TO 중의 하나 이상에 기초하여 시간 동기화가 적용된 상기 복수의 AP 각각으로부터 데이터 패킷을 수신하는 단계를 더 포함하는, 방법.

#### 청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 트레이닝 정보는 상기 복수의 AP의 모든 안테나에 각각 대응하는 복수의 트레이닝 심볼을 포함하는, 방법.

#### 청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 복수의 트레이닝 심볼 중에서  $I$  번째 트레이닝 심볼에서 수신되는 신호에 대해서,  $m$  번째 스트림 및  $I$  번째 트레이닝 심볼에 대한 직교 매핑 행렬  $P$ 에 기초하여 상기  $m$  번째 스트림에 대한 채널이 추정되는, 방법.

#### 청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기  $I$  번째 트레이닝 심볼 동안 상기 STA에서 수신되는 주파수 도메인 신호  $Y_I[k]$ 는 아래의 수학식으로 표현되고:

$$Y_I[k] = \sum_{m=1}^{N_{AP}N_I} H_m[k] \bar{S}_m[k] \mathbf{P}_{(m,I)} + Z_I[k]$$

여기서,  $N_{AP}$ 는 상기 복수의 AP의 개수이고,

$N_t$ 는 상기 복수의 AP 각각의 안테나 개수이고,

$m$ 은 스트림 인덱스이고,  $m=(i-1)*N_t+a$ 이고,  $i$ 는 AP의 인덱스이고,  $a$ 는 안테나의 인덱스이며,

$H_m[k]$ 는  $k$  번째 서브캐리어에서  $m$  번째 스트림에 대한 주파수 도메인 채널이고,

$S_m[k]$ 는  $k$  번째 서브캐리어에서  $m$  번째 스트림에 대한 주파수 도메인 수신 신호이고,

$P_{(m,l)}$ 은 상기 직교 매핑 행렬  $P$ 의  $m$  번째 열 및  $l$  번째 행의 값으로서,  $-1$  또는  $1$ 의 값을 가지고,

$Z_l[k]$ 는 상기  $l$  번째 트레이닝 심볼 동안의 주파수 도메인 잡음이고,

$T_{CS}^m$ 은  $m$  번째 스트림의 순환 시프트(cyclic shift) 값인, 방법.

## 청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기  $m$  번째 스트림의  $k$  번째 서브캐리어에 대한 추정 채널  $\tilde{H}_m[k]$ 은 아래의 수학식으로 표현되고:

$$\tilde{H}_m[k] = \left( \sum_{l=1}^{N_{LTF}} Y_l[k] \cdot \mathbf{P}_{(m,l)}^T \right) \cdot \frac{1}{N_{LTF} \cdot \bar{S}_m[k]}$$

여기서,  $N_{LTF}$ 는 상기 트레이닝 심볼의 개수인, 방법.

## 청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 제 1 타입 TO를 추정하는 단계는,

상기 제 1 타입 TO가 존재한다는 가정에 기초하여, 각각의 서브캐리어에서의 추정 채널을 산출하는 단계;

인접한 서브캐리어에 대한 추정 채널의 상관 관계  $Q$ 를 산출하는 단계; 및

전체 서브캐리어 집합  $K$ 에 대해서 상기 상관 관계  $Q$ 의 합산에 기초하여, 상기 제 1 타입 TO의 추정값을 산출하는 단계를 포함하는, 방법.

## 청구항 8

제 7 항에 있어서,

$i$  번째 AP의  $a$  번째 안테나에 대한  $k$  번째 서브캐리어에서의 추정 채널  $\tilde{H}_{(i,a)}[k]$ 은 아래의 수학식으로 표현되고:

$$\tilde{H}_{(i,a)}[k] = H_{(i,a)}[k] e^{\frac{-j2\pi k \tau_{TO,i}}{N}} + W_{(i,a)}[k]$$

여기서,  $\tau_{T0,i}$  는 i 번째 AP에 대한 상기 제 1 타임 T0이고,  
 $W_{(i,a)}[k]$ 는 원하지 않는 노이즈 성분인, 방법.

### 청구항 9

제 8 항에 있어서,

k 번째 서브캐리어에서의 추정 채널  $\tilde{H}_{(i,a)}[k]$  및 k+1 번째 서브캐리어에서의 추정 채널  $\tilde{H}_{(i,a)}[k+1]$  간의 상관관계인  $Q_{(i,a)}[k]$ 는 아래의 수학식으로 표현되고:

$$\begin{aligned} Q_{(i,a)}[k] &= \tilde{H}_{(i,a)}[k] \left( \tilde{H}_{(i,a)}[k+1] \right)^H = H_{(i,a)}[k] \left( H_{(i,a)}[k+1] \right)^H e^{\frac{j2\pi\tau_{T0,i}}{N}} + I_{2(i,a)}[k] \\ &= \left( \sum_{l=0}^{L_{(i,a)}-1} h_{(i,a)}[l] e^{-\frac{j2\pi kl}{N}} \right) \left( \sum_{l=0}^{L_{(i,a)}-1} h_{(i,a)}[l] e^{\frac{j2\pi(k+1)l}{N}} \right)^H e^{\frac{j2\pi\tau_{T0,i}}{N}} + I_{2(i,a)}[k] \\ &= \left( \sum_{l=0}^{L_{(i,a)}-1} |h_{(i,a)}[l]|^2 e^{\frac{j2\pi l}{N}} + \sum_{l \neq m} h_{(i,a)}[l] h_{(i,a)}^*[m] e^{-\frac{j2\pi(kl-km-m)}{N}} \right) e^{\frac{j2\pi\tau_{T0,i}}{N}} + I_{2(i,a)}[k] \\ &= \left( \sum_{l=0}^{L_{(i,a)}-1} |h_{(i,a)}[l]|^2 e^{\frac{j2\pi l}{N}} \right) e^{\frac{j2\pi\tau_{T0,i}}{N}} + I_{1(i,a)}[k] + I_{2(i,a)}[k], \end{aligned}$$

여기서,  $L_{(i,a)}$ 는 i 번째 AP의 a 번째 안테나에 대응되는 채널의 순제로 채널 탭(nonzero channel tap)의 개수이고,

$I_{1(i,a)}[k]$ 는 시간 도메인에서 서로 다른 채널 탭 관련 성분의 합이고,

$I_{2(i,a)}[k]$ 는 주파수 도메인에서 실제 채널 및 채널 이외의 잡음과 관련된 성분인, 방법.

### 청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기  $I_{1(i,a)}[k]$  및  $I_{2(i,a)}[k]$ 는 아래의 수학식으로 표현되고:

$$\begin{aligned} I_{1(i,a)}[k] &= \sum_{l \neq m} h_{(i,a)}[l] h_{(i,a)}^*[m] e^{-\frac{j2\pi(\tau_{T0,i}-m)}{N}} e^{\frac{j2\pi(l-m)k}{N}} \\ I_{2(i,a)}[k] &= W_{(i,a)}[k] \left( H_{(i,a)}[k+1] \right)^H + \left( W_{(i,a)}[k+1] \right)^H H_{(i,a)}[k] + W_{(i,a)}[k] \left( W_{(i,a)}[k+1] \right)^H \end{aligned}$$

여기서,  $h_{(i,a)}[l]$  및  $h_{(i,a)}[m]$ 은 l과 m이 동일하지 않은 경우에 서로 독립이고,

$W_{(i,a)}[k]$  및  $H_{(i,a)}[k]$ 는 서로 다른 서브캐리어 인덱스 k에 대해서 독립인, 방법.

### 청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 전체 서브캐리어 집합  $\mathbf{K}$ 에 대한 상기 상관 관계  $Q$ 의 합산은 아래의 수학식으로 표현되고:

$$\begin{aligned} \sum_{k \in \mathbf{K}} \sum_{a=1}^{N_t} Q_{(i,a)}[k] &\approx N_t |\mathbf{K}| \left( \sum_{l=0}^{L_{(i)}-1} \left( \sum_{a=1}^{N_t} |h_{(i,a)}[l]|^2 \right) e^{\frac{j2\pi l}{N}} \right) e^{\frac{j2\pi \tau_{TO,i}}{N}} \\ &= N_t |\mathbf{K}| A_i e^{\frac{j2\pi \theta_i}{N}} e^{\frac{j2\pi \tau_{TO,i}}{N}} \end{aligned}$$

여기서,  $A_i e^{\frac{j2\pi \theta_i}{N}} = \sum_{l=0}^{L_{(i)}-1} \left( \sum_{a=1}^{N_t} |h_{(i,a)}[l]|^2 \right) e^{\frac{j2\pi l}{N}}$  이고,

$A_i$ 는 양의 실수 값을 가지고,

$\theta_i$ 는  $\theta_i \in [0, N-1]$ 인 실수의 값을 가지는, 방법.

#### 청구항 12

제 11 항에 있어서,

$i$  번째 AP에 대한 상기 제 1 타입 TO의 추정값인  $\tilde{\tau}_{TO,i}$ 는 아래의 수학식으로 표현되고:

$$\tilde{\tau}_{TO,i} = \frac{N}{2\pi} \angle \left( \sum_{k \in \mathbf{K}} \sum_{a=1}^{N_t} Q_{(i,a)}[k] \right) = \tau_{TO,i} + \theta_i$$

여기서,  $\angle(x)$ 는  $x$ 의 위상인, 방법.

#### 청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 제 2 타입 TO를 추정하는 단계는,

상기 복수의 AP 중에서 기준 AP에 대한 상기 제 1 타입 TO의 추정값과, 상기 복수의 AP 중에서 나머지 하나 이상의 AP의 각각에 대한 상기 제 1 타입 TO의 추정값에 기초하여, 상기 제 2 타입 TO의 추정값을 산출하는 단계를 포함하는, 방법.

#### 청구항 14

제 13 항에 있어서,

1 번째 AP와 2 번째 AP 간의 제 2 타입 TO의 추정값인  $\tilde{\tau}_{TO}$ 는 아래의 수학식으로 표현되고:

$$\begin{aligned} \tilde{\tau}_{TO} = \tilde{\tau}_{TO,1} - \tilde{\tau}_{TO,2} &= \frac{N}{2\pi} \left( \angle \left( \sum_{k \in \mathbf{K}} \sum_{a=1}^{N_t} Q_{(1,a)}[k] \right) - \angle \left( \sum_{k \in \mathbf{K}} \sum_{a=1}^{N_t} Q_{(2,a)}[k] \right) \right) \\ &\approx (\tau_{TO,1} - \tau_{TO,2}) + (\theta_1 - \theta_2) \end{aligned}$$

여기서,  $(\theta_1 - \theta_2)$  는  $-\theta_2 \leq \theta_1 - \theta_2 \leq \theta_1$  의 범위를 가지는, 방법.

#### 청구항 15

제 14 항에 있어서,

i 번째 AP의 a 번째 안테나의 k 번째 서브캐리어에서의 상기 TO가 보상된 추정 채널인  $\hat{H}_{(i,a)}[k]$  는 아래의 수학적식으로 표현되는:

$$\begin{aligned}\hat{H}_{(i,a)}[k] &= \tilde{H}_{(i,a)}[k] e^{\frac{j2\pi k \tilde{\tau}_{TO}}{N}} \\ &= H_{(i,a)}[k] e^{\frac{-j2\pi k (\tau_{TO,i} - \tilde{\tau}_{TO})}{N}} + W_{(i,a)}[k] e^{\frac{j2\pi k \tilde{\tau}_{TO}}{N}},\end{aligned}$$

방법.

#### 청구항 16

제 15 항에 있어서,

i 번째 AP의 a 번째 안테나의 k 번째 서브캐리어에 해당하는 MRT(maximum ratio transmission) 빔포머인  $V_{(i,a)}[k]$ 는 아래의 수학적식으로 표현되는,

$$V_{(i,a)}[k] = \frac{\hat{H}_{(i,a)}^*[k]}{\sqrt{\sum_{a=1}^{N_t} |\hat{H}_{(i,a)}[k]|^2}},$$

방법.

#### 청구항 17

무선 통신 시스템에서 액세스 포인트(AP)에 의해 시간 동기화를 수행하는 방법에 있어서, 상기 방법은:

스테이션(STA)으로 트레이닝 정보를 전송하는 단계;

상기 STA로부터 상기 AP에 대한 빔포머 또는 상기 AP와 다른 AP 간의 시간 오프셋(TO) 중의 하나 이상을 포함하는 피드백 정보를 수신하는 단계; 및

상기 피드백 정보에 기초하여 상기 AP와 상기 다른 AP 간의 동기화된 타이밍에 기초하여, 상기 STA으로 데이터 패킷을 전송하는 단계를 포함하는, 방법.

#### 청구항 18

무선 통신 시스템에서 시간 오프셋(TO)을 피드백하는 스테이션(STA) 장치에 있어서, 상기 장치는:

트랜시버;

메모리; 및

프로세서를 포함하고,

상기 프로세서는,

복수의 액세스 포인트(AP) 각각으로부터 트레이닝 정보를 상기 트랜시버를 통하여 수신하고;

상기 트레이닝 정보에 기초하여 상기 복수의 AP 각각에 대한 채널을 추정하고, 추정된 채널에 기초하여 상기 복수의 AP 각각에 대한 제 1 타입 TO를 추정하여 상기 메모리에 저장하고;

상기 제 1 타입 TO에 대한 추정값에 기초하여 상기 복수의 AP 간의 제 2 타입 TO를 추정하여 상기 메모리에 저장하고;

상기 제 1 타입 TO 또는 상기 제 2 타입 TO 중의 하나 이상에 기초하여 상기 복수의 AP 각각에 대한 빔포머를 결정하여 상기 메모리에 저장하고; 및

상기 복수의 AP 각각에 대한 빔포머 또는 상기 제 2 타입 TO 중의 하나 이상을 포함하는 피드백 정보를 상기 복수의 AP 각각으로 상기 트랜시버를 통하여 전송하도록 설정되는, 장치.

## 청구항 19

무선 통신 시스템에서 시간 동기화를 수행하는 액세스 포인트(AP) 장치에 있어서, 상기 장치는,

트랜시버;

메모리; 및

프로세서를 포함하고,

상기 프로세서는,

스테이션(STA)으로 트레이닝 정보를 상기 트랜시버를 통하여 전송하고;

상기 STA로부터 상기 AP에 대한 빔포머 또는 상기 AP와 다른 AP 간의 시간 오프셋(TO) 중의 하나 이상을 포함하는 피드백 정보를 상기 트랜시버를 통하여 수신하고; 및

상기 피드백 정보에 기초하여 상기 AP와 상기 다른 AP 간의 동기화된 타이밍에 기초하여, 상기 STA으로 데이터 패킷을 상기 트랜시버를 통하여 전송하도록 설정되는, 장치.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 개시는 무선 통신 시스템에 대한 것이며, 구체적으로는 무선 통신 시스템에서 복수의 액세스 포인트에 대한 시간 오프셋 추정 및 피드백 방법 및 장치에 대한 것이다.

### 배경 기술

[0002] IEEE 802.11 무선랜(WLAN)은 다양한 통신 환경에서 활용되고 있으며, 새롭고 다양한 서비스에 대한 수요를 충족시키기 위해서 보다 빠른 데이터 레이트를 지원할 것이 요구되고 있다. IEEE 802.11a/b/g/n/ac 표준을 따르는 무선 디바이스들이 현재까지도 광범위하게 활용되고 있으며, 최근에는 IEEE 802.11ax 표준에 따르는 무선 디바이스들이 등장하고 있다. 이와 같이 WLAN 시스템의 보급률이 해가 지날수록 급격히 증가함에 따라, 현재 WLAN 시스템은 과거에 비하여 주어진 공간에서의 액세스 포인트(AP) 밀집도가 높아지게 되었다. 이러한 AP의 고밀도 중첩 환경을 고려하면서 IEEE 802.11ax 대비 4배 높은 최대 처리량을 달성하기 위해 2018년 6월 IEEE 802.11 EHT(Extreme high throughput) 스터디 그룹(SG)이 결성되었고, 2019년 5월부터 IEEE 802.11be 태스크 그룹(TGbe)로 승격된 후 표준 개발이 시작되었다. TGbe에서는 고밀도 중첩 WLAN 환경의 간섭 관리 및 완화 방안으로 다수의 AP가 협력을 통해 데이터 송신을 수행하는 AP 협력(coordination)을 주요 기법의 하나로 제시하고 있다. 즉, 종래의 IEEE WLAN 표준에서는 다수의 AP가 동시에 하나의 비-AP 스테이션(STA)(즉, 단말)으로 데이터를 전송하는 환경이 고려되지 않았으나, 최근에는 다수의 AP의 협력 기법이 논의되고 있다.

[0003] 현재 TGbe에서 고려되고 있는 AP 협력 기법은 AP 간 협력 수준에 따라 여러 타입으로 분류할 수 있다. 예를 들어, 다수의 AP가 서로 정보를 공유하는 상황에서 하나의 STA으로 보낼 데이터를 다수의 AP가 동시에 전송하는

분산형 MIMO(distributed Multi-Input Multi-Output, D-MIMO)가 협력 기법 중 하나로 논의되고 있다. D-MIMO에서는 데이터 전송에 참여하는 모든 AP가 보내고자 하는 송신 데이터를 공유하여 네트워크 처리량뿐만 아니라 개별 링크의 처리량 향상을 기대할 수 있다. 그러나, 이러한 AP 협력 동작은 AP 간의 동기화가 뒷받침되지 않으면 서로 간의 간섭으로 인해 심각한 성능 열화를 겪을 수 있다. 예를 들어, AP 협력에 참여하는 각각의 AP가 전송하는 데이터 패킷이 STA에 도착하는 시간이 상이할 수 있으며, 이로 인해 수신 성능 열화가 발생할 수 있다.

[0004] 이와 같이, AP 협력 동작을 위해 AP 간의 정확한 동기화가 요구되지만, 아직까지는 AP 간 동기화 성능의 향상을 위한 효율적인 방안은 마련되어 있지 않다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0005] 본 개시의 기술적 과제는 무선 통신 시스템에서 다수의 AP의 각각과 STA 간의 시간 오프셋을 STA에 의해서 추정 및 피드백하는 방법 및 장치를 제공하는 것이다.

[0006] 본 개시의 추가적인 기술적 과제는 무선 통신 시스템에서 다수의 AP 간의 시간 오프셋을 STA에 의해서 추정 및 피드백하는 방법 및 장치를 제공하는 것이다.

[0007] 본 개시의 추가적인 기술적 과제는 무선 통신 시스템에서 AP와 STA 간의 채널 추정 절차를 활용하여, AP 간의 시간 오프셋에 기초한 AP 간의 동기화를 수행하는 방법 및 장치를 제공하는 것이다.

[0008] 본 개시에서 이루고자 하는 기술적 과제들은 이상에서 언급한 기술적 과제들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 본 개시가 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

### 과제의 해결 수단

[0009] 본 개시의 일 양상에 따른 무선 통신 시스템에서 스테이션(STA)에 의해 시간 오프셋(TO)을 피드백하는 방법은, 복수의 액세스 포인트(AP) 각각으로부터 트레이닝 정보를 수신하는 단계; 상기 트레이닝 정보에 기초하여 상기 복수의 AP 각각에 대한 채널을 추정하고, 추정된 채널에 기초하여 상기 복수의 AP 각각에 대한 제 1 타입 TO를 추정하는 단계; 상기 제 1 타입 TO에 대한 추정값에 기초하여 상기 복수의 AP 간의 제 2 타입 TO를 추정하는 단계; 상기 제 1 타입 TO 또는 상기 제 2 타입 TO 중의 하나 이상에 기초하여 상기 복수의 AP 각각에 대한 빔포머를 결정하는 단계; 및 상기 복수의 AP 각각에 대한 빔포머 또는 상기 제 2 타입 TO 중의 하나 이상을 포함하는 피드백 정보를 상기 복수의 AP 각각으로 전송하는 단계를 포함할 수 있다.

[0010] 본 개시의 추가적인 양상에 따른 무선 통신 시스템에서 액세스 포인트(AP)에 의해 시간 동기화를 수행하는 방법은, 스테이션(STA)으로 트레이닝 정보를 전송하는 단계; 상기 STA로부터 상기 AP에 대한 빔포머 또는 상기 AP와 다른 AP 간의 시간 오프셋(TO) 중의 하나 이상을 포함하는 피드백 정보를 수신하는 단계; 및 상기 피드백 정보에 기초하여 상기 AP와 상기 다른 AP 간의 동기화된 타이밍에 기초하여, 상기 STA으로 데이터 패킷을 전송하는 단계를 포함할 수 있다.

[0011] 본 개시에 대하여 위에서 간략하게 요약된 특징들은 후술하는 본 개시의 상세한 설명의 예시적인 양상일 뿐이며, 본 개시의 범위를 제한하는 것은 아니다.

### 발명의 효과

[0012] 본 개시에 따르면, 무선 통신 시스템에서 다수의 AP의 각각과 STA 간의 시간 오프셋을 STA에 의해서 정확하고 효율적으로 추정 및 피드백하는 방법 및 장치가 제공될 수 있다.

[0013] 본 개시에 따르면, 무선 통신 시스템에서 다수의 AP 간의 시간 오프셋을 STA에 의해서 정확하고 효율적으로 추정 및 피드백하는 방법 및 장치가 제공될 수 있다.

[0014] 본 개시에 따르면, 무선 통신 시스템에서 AP와 STA 간의 채널 추정 절차를 활용하여, AP 협력 상황에서 STA의 간단한 피드백 정보에 기초하여 AP 간의 시간 오프셋을 완화하고, 낮은 신호 대 잡음비 구간에서도 실제 시간 오프셋을 효과적으로 추정하여, AP 간의 동기화를 수행하는 방법 및 장치가 제공될 수 있다.

[0015] 본 개시에서 얻을 수 있는 효과는 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 본 개시가 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을

것이다.

### 도면의 간단한 설명

- [0016] 도 1은 본 개시가 적용될 수 있는 단일 사용자 조인트 D-MIMO 시스템의 예시를 나타내는 도면이다.
- 도 2는 본 개시가 적용될 수 있는 OFDM 심볼 내의 시간 오프셋의 예시를 나타내는 도면이다.
- 도 3은 본 개시가 적용될 수 있는 레저시 프리엠블 구조를 나타내는 도면이다.
- 도 4는 본 개시의 일 실시예에 따른 제 1 타입 TO 및 제 2 타입 TO를 나타내는 도면이다.
- 도 5는 본 개시가 적용될 수 있는 트레이닝 정보의 예시를 나타내는 도면이다.
- 도 6은 본 개시의 일 예시에 따른 직교 매핑 행렬을 나타내는 도면이다.
- 도 7은 본 개시가 적용될 수 있는 피드백 프레임의 예시를 나타내는 도면이다.
- 도 8은 본 개시의 일 실시예에 따른 피드백 정보를 포함하는 프레임을 나타내는 도면이다.
- 도 9는 본 개시의 일 실시예에 따른 AP 시간 동기화가 적용된 데이터 패킷 전송 동작을 나타내는 도면이다.
- 도 10은 본 개시의 일 실시예에 따른 AP 및 STA의 동작을 설명하기 위한 흐름도이다.
- 도 11은 본 개시에 따른 AP 장치 및 STA 장치의 구성을 나타내는 도면이다.
- 도 12 내지 도 16은 본 개시와 관련된 시뮬레이션 결과를 나타내는 도면이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0017] 이하에서는 첨부한 도면을 참고로 하여 본 개시의 실시예에 대하여 본 개시가 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나, 본 개시는 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다.
- [0018] 본 개시의 실시예를 설명함에 있어서 공지 구성 또는 기능에 대한 구체적인 설명이 본 개시의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그에 대한 상세한 설명은 생략한다. 그리고, 도면에서 본 개시에 대한 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙인다.
- [0019] 본 개시에 있어서, 어떤 구성요소가 다른 구성요소와 "연결", "결합" 또는 "접속"되어 있다고 할 때, 이는 직접적인 연결관계 뿐만 아니라, 그 중간에 또 다른 구성요소가 존재하는 간접적인 연결관계도 포함할 수 있다. 또한 어떤 구성요소가 다른 구성요소를 "포함한다" 또는 "가진다"고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 배제하는 것이 아니라 또 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.
- [0020] 본 개시에 있어서, 제1, 제2 등의 용어는 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용되며, 특별히 언급되지 않는 한 구성요소들 간의 순서 또는 중요도 등을 한정하지 않는다. 따라서, 본 개시의 범위 내에서 일 실시예에서의 제1 구성요소는 다른 실시예에서 제2 구성요소라고 칭할 수도 있고, 마찬가지로 일 실시예에서의 제2 구성요소를 다른 실시예에서 제1 구성요소라고 칭할 수도 있다.
- [0021] 본 개시에 있어서, 서로 구별되는 구성요소들은 각각의 특징을 명확하게 설명하기 위한 것이며, 구성요소들이 반드시 분리되는 것을 의미하지는 않는다. 즉, 복수의 구성요소가 통합되어 하나의 하드웨어 또는 소프트웨어 단위로 이루어질 수도 있고, 하나의 구성요소가 분산되어 복수의 하드웨어 또는 소프트웨어 단위로 이루어질 수도 있다. 따라서, 별도로 언급하지 않더라도 이와 같이 통합된 또는 분산된 실시예도 본 개시의 범위에 포함된다.
- [0022] 본 개시에 있어서, 다양한 실시예에서 설명하는 구성요소들이 반드시 필수적인 구성요소들은 의미하는 것은 아니며, 일부는 선택적인 구성요소일 수 있다. 따라서, 일 실시예에서 설명하는 구성요소들의 부분집합으로 구성되는 실시예도 본 개시의 범위에 포함된다. 또한, 다양한 실시예에서 설명하는 구성요소들에 추가적으로 다른 구성요소를 포함하는 실시예도 본 개시의 범위에 포함된다.
- [0023] 본 개시는 무선 통신 시스템에서 네트워크 노드들 간의 통신에 대한 것이다. 네트워크 노드는, 기지국, 단말 또는 릴레이(relay) 중의 하나 이상을 포함할 수 있다. 기지국(Base Station, BS)이라는 용어는, 고정국(fixed station), Node B, eNodeB(eNB), ng-eNB, gNodeB(gNB), 액세스 포인트(Access Point, AP) 등의 용어로 대체될

수 있다. 단말(terminal)은 UE(User Equipment), MS(Mobile Station), MSS(Mobile Subscriber Station), SS(Subscriber Station), 비-AP 스테이션(non-AP STA) 등의 용어로 대체될 수 있다.

[0024] 무선 통신 시스템은 기지국과 단말 간의 통신을 지원할 수도 있고, 단말간 통신을 지원할 수도 있다. 기지국과 단말 간의 통신에 있어서, 하향링크(Downlink, DL)는 기지국으로부터 단말로의 통신을 의미한다. 상향링크(Uplink, UL)은 단말로부터 기지국으로의 통신을 의미한다. 단말간 통신은 D2D(Device-to-Device), V2X(Vehicle-to-everything), ProSe(Proximity Service), 사이드링크(sidelink) 통신 등의 다양한 통신 방식 또는 서비스를 포함할 수 있다. 단말간 통신에 있어서 단말은 센서 노드, 차량, 재난 경보기 등의 형태로 구현될 수도 있다.

[0025] 또한, 본 개시의 예시들은 릴레이(relay) 또는 릴레이 노드(RN)를 포함하는 무선 통신 시스템에 대해서 적용될 수 있다. 기지국과 단말 간의 통신에 릴레이가 적용되는 경우, 릴레이는 단말에 대해서 기지국으로서 기능할 수 있고, 릴레이는 기지국에 대해서 단말로서 기능할 수 있다. 한편, 단말간 통신에 릴레이가 적용되는 경우, 릴레이는 각각의 단말에 대해서 기지국으로서 기능할 수 있다.

[0026] 본 개시는 무선 통신 시스템의 다양한 다중 액세스 방식에 적용될 수 있다. 예를 들어, 다중 액세스 방식은 CDMA(Code Division Multiple Access), TDMA(Time Division Multiple Access), FDMA(Frequency Division Multiple Access), OFDMA(Orthogonal Frequency Division Multiple Access), SC-FDMA(Single Carrier-FDMA), OFDM-FDMA, OFDM-TDMA, OFDM-CDMA, NOMA(Non-Orthogonal Multiple Access) 등을 포함할 수 있다. 또한, 본 개시가 적용될 수 있는 무선 통신 시스템은, 상향링크 및 하향링크 통신이 서로 구별되는 시간 자원을 이용하는 TDD(Time Division Duplex) 방식을 지원할 수도 있고, 서로 구별되는 주파수 자원을 이용하는 FDD(Frequency Division Duplex) 방식을 지원할 수도 있다.

[0027] 본 개시에서, 채널을 전송 또는 수신한다는 것은 해당 채널을 통해서 정보 또는 신호를 전송 또는 수신한다는 의미를 포함한다. 예를 들어, 제어 채널을 전송한다는 것은, 제어 채널을 통해서 제어 정보 또는 신호를 전송한다는 것을 의미한다. 유사하게, 데이터 채널을 전송한다는 것은, 데이터 채널을 통해서 데이터 정보 또는 신호를 전송한다는 것을 의미한다.

[0028] 이하에서는, 본 개시에 따른 복수의 AP에 대한 시간 오프셋 추정 및 피드백 방안에 대해서 설명한다.

[0029] 본 개시는 WLAN 기반 무선 통신에서 다수의 AP 협력 동작하는 경우에 AP 간 동기화를 위한 다양한 예시들을 포함한다. 본 개시의 예시들은 주로 WLAN 시스템을 가정하여 설명하지만, 본 개시의 예시들이 WLAN에 제한적으로 적용되는 것은 아니다. 즉, 본 개시의 범위는, 다양한 무선 통신 시스템에서 다수의 AP 또는 기지국이 하나의 STA 또는 단말에 대해서 협력 전송을 수행하는 경우에, 다수의 AP 또는 다수의 기지국 간의 동기화를 위한, STA 또는 단말의 시간 오프셋 추정 및 피드백 방안을 포함한다.

[0030] 본 개시의 예시들에서 시간 오프셋(timing offset, TO)은 두 가지 타입으로 정의될 수 있다. 제 1 타입 TO는 AP와 STA 간의 시간 차이(AP-STA TO)를 포함할 수 있다. 제 2 타입 TO는 AP와 AP 간의 시간 차이(AP-AP TO)를 포함할 수 있다. 또한, 복수의 AP에 대한 TO는, 복수의 AP와 STA 간의 시간 차이에 대한 복수의 제 1 타입 TO, 및 복수의 AP 간의 시간 차이에 대한 복수의 제 2 타입 TO를 포함할 수 있다. 예를 들어, 제 1, 제 2 및 제 3 AP가 협력하고, 제 1 AP가 마스터 AP 또는 기준(reference) AP인 경우를 가정한다. 이 경우, 제 1 AP와 STA 간의 TO, 제 2 AP와 STA 간의 TO, 제 3 AP와 STA 간의 TO는 복수의 제 1 타입 TO에 해당하고, 제 1 AP와 제 2 AP 간의 TO 및 제 1 AP와 제 3 AP 간의 TO (추가적으로 제 2 AP와 제 3 AP 간의 TO)는 복수의 제 2 타입 TO에 해당할 수 있다.

[0031] 본 개시의 예시들에서 STA이 복수의 AP로부터의 수신 정보(예를 들어, 트레이닝 정보)를 이용하여, 각각의 AP로부터 STA에 도달하는 패킷 또는 프레임의 수신 시간 오차에 기초하여, AP 간의 동기화를 수행할 수 있다. 또한, 협력하는 복수의 AP로부터 STA이 수신하는 트레이닝 정보에 기초하여 STA이 채널을 추정하고, 추정된 채널 정보를 이용하여 STA와 각각의 AP 간의 TO를 추정하고, AP(예를 들어, 복수의 AP 중의 하나 이상)에게 채널 정보 및 TO를 피드백할 수 있다. AP는 STA으로부터 피드백 받은 채널 정보 및 TO를 이용하여 채널을 보상하고, 전송 타이밍을 보정/조정/정렬할 수 있다.

[0032] 복수의 AP로부터의 수신 정보는, 예를 들어, 복수의 트레이닝 필드를 포함할 수 있고, 복수의 트레이닝 필드는 복수의 AP의 모든 안테나 개수에 대응될 수 있다. 즉, 복수의 AP가 동시에 전송하는 트레이닝 정보는 공통된 정보일 수 있으며, 복수의 AP의 각각으로부터 STA까지의 거리, 채널 상황 등에 따라서 STA에 도달하는 시간에 차이가 발생할 수 있다. 예를 들어, 트레이닝 정보는 EHT-LTF(long training field)의 형태로 구성될 수 있으며,

이러한 트레이닝 정보를 포함하는 프레임은 NDP(null data packet) 프레임일 수 있다. 그러나, 본 개시의 범위가 이에 제한되는 것은 아니며, 복수의 AP(또는 복수의 AP의 안테나)에 대응하는 트레이닝 정보를 포함하는 임의의 프레임을 통하여 STA이 TO를 추정 및 피드백할 수 있다.

[0033] STA이 피드백하는 정보(예를 들어, 채널 정보 및/또는 TO)는 빔포밍 보고(beamforming report) 프레임에 포함될 수 있다. 그러나, 본 개시의 범위가 이에 제한되는 것은 아니며, TO를 포함하는 임의의 프레임을 통하여 피드백 정보가 AP로 전달될 수 있다. 예를 들어, NDP 및 빔포밍 보고(또는 압축된 빔포밍 프레임)을 AP와 STA이 송수신하는 NDP 사운딩 절차를 이용하여, 본 개시의 트레이닝 정보 및 피드백 정보가 AP와 STA 간에 송수신될 수 있다.

[0034] 예를 들어, 기존 WLAN 환경의 단일 AP 송신 상황에서는 STA와 AP 간 동기화를 위해 여러 기법이 제시되었으나, TGBE에서 고려하기 시작한 다중 AP 송신 상황의 경우 데이터를 동시에 송신하는 AP 간의 오프셋 동기화를 추가로 수행해야 한다. 현재 TGBE에서는 AP 협력 상황에서 채널 추정을 위한 NDP 사운딩 및 데이터 패킷 동시 전송 절차를 시행하기 위해, AP 간의 트리거 프레임(trigger frame) 기반의 동시 패킷 전송을 고려하고 있다. 트리거 프레임 기반 동시 전송은 미리 정해진 마스터 AP가 하나 이상의 슬레이브 AP로 트리거 프레임을 전송하고, 이를 수신한 슬레이브 AP와 마스터 AP가 패킷을 동시에 송신하는 것을 상정하고 있다. 이때 STA와 각각의 AP의 서로 다른 왕복 지연(round-trip delay) 및 AP 내부 처리 속도의 차이에 의해 STA에 도달하는 신호가 정확하게 같은 시간에 도착함을 보장하지 않으며, 이러한 시간 오프셋(timing offset, TO)은 STA 수신 패킷 간의 간섭을 일으켜 수신 성능을 저하하는 요인으로 작용할 수 있다.

[0035] 이러한 문제를 해결하기 위해 본 개시에서는 복수의 AP로부터의 트레이닝 정보에 기초하여 추정된 송수신 채널을 이용하여 STA와 각각의 AP 간의 시간 오프셋을 STA 측에서 추정하는 새로운 방안과, 추정된 시간 오프셋 값을 마스터 AP 또는 각각의 AP로 피드백하여 AP 협력에 참여하는 AP 간의 시간 동기화(timing synchronization)를 지원하는 새로운 방안에 대해서 설명한다.

[0036] 이하에서는 설명의 명료성을 위해서 IEEE 802.11 표준에서 정의되는 NDP 사운딩 절차를 기반으로 본 개시의 예시들을 설명하지만, 전술한 바와 같이 본 개시의 다양한 예시들은 IEEE 802.11 통신 시스템이나 NDP 사운딩 절차에 적용되는 것으로 제한되지 않는다.

[0037] 도 1은 본 개시가 적용될 수 있는 단일 사용자 조인트 D-MIMO 시스템의 예시를 나타내는 도면이다.

[0038] 도 1의 예시에서는  $N_{AP}$  개의 AP가 협력(coordination)하는 상황을 가정한다. 이하의 예시에서는 설명의 명료성을 위해서  $N_{AP}=2$ 로 가정하며, 각각의 AP는  $N_t$  개의 안테나를 구비하는 것(즉, AP1의 안테나 개수와 AP2의 안테나 개수가 동일한 것)으로 가정하고, STA은 하나의 안테나를 구비하는 것으로 가정한다. 그러나, 본 개시의 범위는 3 이상의 개수의 AP, 각각의 AP가 상이한 개수의 안테나를 구비하는 경우, STA이 복수의 안테나를 구비하는 경우에 대한 이하의 예시들의 확장 적용을 포함한다.

[0039] 위 가정에 기초하여, 시간 도메인의 송신 기저대역 직교 주파수 분할 다중 방식(Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM) 데이터 심볼은 수학적 식 1과 같이 표현될 수 있다.

### 수학적 식 1

$$s_{(i,a)}(t) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} V_{(i,a)}[k] X[k] e^{\frac{j2\pi k(t-T^{CP})}{T^S}}, t \in [0, T^{CP} + T^S]$$

[0040]

[0041] 수학적 식 1에서  $i$ 는 AP의 인덱스이고,  $a$ 는 각각의 AP에서의 안테나의 인덱스이다. 또한,  $s_{(i,a)}(t)$ 는  $i$  번째 AP의  $a$  번째 안테나에서 전송하는 시간 도메인 신호를 나타낸다. 또한,  $X[k]$ 는  $k$  번째 서브캐리어(subcarrier)의 변조된 심볼을 나타낸다. 또한,  $N$ 은 FFT(fast fourier transform) 크기를 나타내고,  $T^{CP}$ 는 순환전치(cyclic prefix, CP)의 길이를 나타내고,  $T^S$ 는 데이터 심볼의 길이를 나타낸다. 또한,  $V(i,a)$ 는  $i$  번째 AP의  $a$  번째 안테나에 적용되는 빔포머(또는 빔포밍 행렬/벡터, 또는 프리코딩 행렬/벡터)를 나타낸다. 또한, 시간 유닛  $t$ 는 기준 시점 0으로부터 데이터 심볼 및 CP의 길이의 합에 해당하는 시점까지의 시간에 해당할 수 있다.

[0042] 이와 같은 OFDM 데이터 심볼이 다수의 AP로부터 협력하여 송신되는 경우, AP-AP TO 및/또는 AP-STA TO가 발생하는 경우 심볼 에러 레이트(symbol error rate, SER)가 악화될 수 있다.

[0043] 도 2는 본 개시가 적용될 수 있는 OFDM 심볼 내의 시간 오프셋의 예시를 나타내는 도면이다.

[0044] 시간 오프셋(TO)은 발생 원인에 따라 전파 오프셋(propagation offset) 및 시간 동기화 오프셋(time synchronization offset)으로 나눌 수 있다. 먼저 전파 오프셋은 각각의 AP로부터 전송된 데이터 패킷이 전파 지연(propagation delay) 등에 의해 서로 다른 시간에 STA에 도달하며 발생한 오프셋을 의미한다. 시간 동기화 오프셋은 STA에서 데이터 심볼의 정확한 위치를 추정하지 못하여 생기는 시간 동기화 오차를 의미한다. 이 두 가지 오프셋을 더한 것을 전체(total) TO라고 할 수 있다. 이하의 예시들에서 TO는, 특별히 달리 언급되지 않는 한, 전체 TO를 의미할 수 있다.

[0045] 도 2의 예시와 관련하여, 샘플링 주파수( $f_s$ )를  $f_s = N/T_s$ 로 정의하고, 샘플링 시간( $t_s$ )을  $t_s = 1/f_s$ 로 정의하고, STA와  $i$  번째 AP 사이의 TO를 샘플링 시간  $t_s$ 로 정규화한 값을  $\tau_{TO,i}$  ( $i=1, 2$ )라고 할 수 있다. 이 경우, 이산 시간 영역에서 STA와 각각의 AP 간의 TO가 존재하는 경우에 STA에서의 수신 신호( $y^{TO}$ )는 수학식 2와 같이 나타낼 수 있다.

### 수학식 2

$$y^{TO}[n] = \sum_{i=1}^{N_{AP}} \sum_{a=1}^{N_t} \mathbf{h}_{(i,a)}(t) * \mathbf{s}_{(i,a)}(t) + z(t) \Big|_{t=T_{CP}+n(t_s-\tau_{TO,i})}$$

[0047] 수학식 2에서  $\mathbf{h}_{(i,a)}(t)$ 는  $i$  번째 AP 및  $a$  번째 안테나에 대한  $t$ 에서의 채널 임펄스 응답을 나타내고,  $\mathbf{s}_{(i,a)}(t)$ 는 전송된 신호를 나타낸다. 또한,  $z(t)$ 는 가우시안 잡음을 나타낸다.

[0048] 수학식 2는 FFT를 통하여 주파수 축에서 지수 성분의 곱(또는 위상 이동)으로 수학식 3과 같이 표현될 수 있다.

### 수학식 3

$$Y^{TO}[k] = \sum_{n=0}^{N-1} y^{TO}[n] e^{\frac{-j2\pi kn}{N}} = \sum_{i=1}^{N_{AP}} e^{\frac{-j2\pi k}{N} \tau_{TO,i}} \sum_{j=a}^{N_t} H_{(i,a)}[k] S_{(i,a)}[k] + Z[k]$$

$$H_{(i,a)}[k] \quad h_{(i,a)}[n] = h_{(i,a)}(t) \Big|_{t=T^{CP}+n(t_s-\tau_{TO,i})}$$

$$S_{(i,a)}[k] \quad s_{(i,a)}[n] = s_{(i,a)}(t) \Big|_{t=T^{CP}+n(t_s-\tau_{TO,i})}$$

$$Z[k] \quad z[n] = z(t) \Big|_{t=T^{CP}+n(t_s-\tau_{TO,i})}$$

[0050] 수학식 3에서  $H_{(i,a)}[k]$ ,  $S_{(i,a)}[k]$  및  $Z[k]$ 는 각각  $h_{(i,a)}[n]$ ,  $s_{(i,a)}[n]$  및  $z[n]$ 과 FFT 관계를 가지는 것을 나타낸다.

[0051] 도 3은 본 개시가 적용될 수 있는 레저시 프리앰블 구조를 나타내는 도면이다.

- [0052] IEEE 802.11의 물리계층(PHY) 프로토콜 데이터 유닛(Physical layer Protocol Data Unit, PPDU) 프레임 포맷은 프리앰블 및 PSDU(Physical layer Service Data Unit)를 포함할 수 있다. PSDU는 데이터 필드에 해당하며, 상위계층(예를 들어, MAC)으로부터 PHY로 전달되는 또는 PHY로부터 상위계층으로 전달되는 데이터를 포함하고 가변적인 길이를 가질 수 있다. 프리앰블은 레거시 프리앰블(L-preamble)을 포함할 수 있고, PPDU 포맷에 따라 추가적인 필드를 포함할 수 있다. 레거시 프리앰블은 L-STF(legacy-short training field), L-LTF(legacy-long training field) 및 SIG(signal) 필드를 기본적으로 포함할 수 있다. 가장 기본적인 non-HT(high throughput) PPDU 프레임 포맷은, 레거시 프리앰블 및 PSDU(또는 데이터 필드)만으로 구성될 수 있다. 또한, PPDU 프레임 포맷의 종류(예를 들어, HT-mixed 포맷 PPDU, HT-greenfield 포맷 PPDU, VHT(Very High Throughput) PPDU 등)에 따라서, SIG 필드와 데이터 필드 사이에 추가적인 (또는 다른 종류의) STF, LTF, SIG 필드가 포함될 수도 있다. 이 경우, 레거시 프리앰블의 SIG 필드는 추가적인 SIG 필드와 구별하기 위해서 L-SIG(legacy-signal) 필드라고 칭할 수도 있다.
- [0053] 즉, 종래의 단일 AP-STA 간의 시간 동기화 기법은, AP 협력을 고려하지 않으므로 단일 AP와 STA 간의 TO만을 고려하며, 도 3의 예시에서 L-STF 필드 및 L-LTF 필드는 단일 AP와 단일 STA 간의 시간 동기화를 위해 사용될 수 있다. 레거시 프리앰블은  $8\mu s$  길이의 L-STF 및  $8\mu s$  길이의 L-LTF를 포함하고, STA의 시간 도메인 수신 신호와 레거시 프리앰블 간의 상관관계를 이용하여 수신 프레임의 첫 시작점을 STA이 정확하게 추정할 수 있다.
- [0054] 그러나, 기존의 레거시 프리앰블 기반의 STA-AP 시간 동기화 기법만으로는, AP 협력 시나리오에서 AP-AP 간의 TO를 추정할 수 없다. 따라서, AP-STA 간의 TO(즉, 제 1 타입 TO) 및 AP-AP 간의 TO(즉, 제 2 타입 TO)를 추정하기 위한 새로운 방안이 요구된다.
- [0055] 이하에서는 본 개시에 따른 AP 협력 상황에서 STA-AP간 TO 및 AP-AP 간 TO의 정의에 대해서 먼저 설명한다.
- [0056] 도 4는 본 개시의 일 실시예에 따른 제 1 타입 TO 및 제 2 타입 TO를 나타내는 도면이다.
- [0057] 도 4의 예시에서 AP 협력 상황에서 마스터 AP(예를 들어, AP1)의 트리거에 기초하여 슬레이브 AP(예를 들어, AP2)가 하향링크 NDP 프레임을 전송하는 경우에 나타내는 TO를 나타낸다.
- [0058] NDP 절차(또는 NDP 사운딩 절차)는 STA이 데이터 송신에 참여하는 AP의 빔포머 계산 결과 및 관련 정보를 피드백하기 위한 절차이다. 종래의 시간 동기화 기법에서는 다중 AP 송신 상황을 고려하지 않았으므로, STA에서 동시에 수신되는 여러 AP의 프레임 중 가장 먼저 수신되는 프레임의 시작점을 찾기 위해  $\tau_{TO1}$ 를 0으로 만드는 데 초점을 맞춘다. 하지만 실제로는 이후에 수신되는 프레임과 STA 사이의 TO인  $\tau_{TO2}$ , 그리고 AP1과 AP2 사이의 TO 정보인  $\tau_{TO}$ 를 획득하기 어렵다.
- [0059] AP 간 TO가 커질 경우 STA에서 레거시 프리앰블 이후 이어지는 추가적인 프리앰블(예를 들어, EHT-preamble)에 포함된 필드에 기초하는 채널 추정 절차에 있어서 성능 열화가 심해질 수 있다.
- [0060] 따라서, 본 개시에서는 STA이 NDP를 통해 다수의 AP의 채널을 동시에 획득하기 위한 조인트스택(jointly stacked) LTF 구조의 특성을 이용하여, 레거시 프리앰블에서의 종래의 시간 동기화 이후, EHT-LTF 필드에 기초하여 STA와 각각의 AP 사이의 TO(예를 들어,  $\tau_{TO1}$  및  $\tau_{TO2}$ ), 및 AP와 AP간의 TO(예를 들어,  $\tau_{TO}$ )를 추정하고, 이를 빔포머 피드백 단계에서 보상하는 예시들에 대해서 설명한다.
- [0061] 도 5는 본 개시가 적용될 수 있는 트레이닝 정보의 예시를 나타내는 도면이다.
- [0062] 도 5에서는 EHT PPDU 포맷의 프리앰블에 포함될 수 있는, 레거시 프리앰블(예를 들어, L-STF, L-LTF, L-SIG) 및 EHT 프리앰블(예를 들어, EHT-SIG/STF 및 EHT/LTF)을 나타낸다. 도 5의 예시에서 각각의 필드들의 순서 및 명칭에 본 개시의 범위가 제한되는 것은 아니며, 본 개시의 예시들은 복수의 AP의 복수의 안테나에 대응하는 트레이닝 정보를 포함하는 임의의 프레임에 적용될 수도 있다. 이러한 프레임으로서 도 5의 EHT 프리앰블, 특히, EHT-LTF를 포함하는 프레임을 예로 들어서 설명한다.
- [0063] EHT-LTF 구조는 모든 AP의 모든 안테나 개수의 합계 이상의 LTF 심볼들의 연결로 이루어질 수 있다. 각각의 안테나마다 LTF 심볼이 할당되는 기존의 단일 AP 시스템의 구조를 확장하여, 본 개시에서는 설명의 명료성을 위해서 EHT-LTF에 포함되는 LTF 심볼의 개수가 모든 AP의 모든 안테나 개수의 합계와 동일하다고 가정한다.
- [0064] 각각의 AP의 각각의 안테나에 대응되는 LTF 심볼은 시간 도메인에서 각각 동일한 길이를 가질 수 있다. 도 5의

예시에서와 같이 시간 도메인에서 순차적으로 하나의 AP의 안테나 각각에 대응되는 LTF 심볼이 할당되고, 그 다음의 AP의 안테나 각각에 대응되는 LTF 심볼이 할당될 수 있다. 즉, EHT-LTF 필드의  $i$  번째 AP의  $a$  번째 안테나에 대응되는  $l$  번째 LTF는,  $l=(i-1)*N_t+a$ 의 관계를 가질 수 있다.

[0065] 이에 따라,  $S[k]$ 를 주파수 도메인에서  $k$  번째 서브캐리어에 할당되는 EHT-LTF 값이라고 할 때,  $l$  번째 LTF 심볼 듀레이션 동안 STA에서 수신되는 주파수 도메인 신호  $Y_l[k]$ 는 수학식 4와 같이 표현될 수 있다.

#### 수학식 4

$$Y_l[k] = \sum_{m=1}^{N_{AP}N_t} H_m[k] \bar{S}_m[k] \mathbf{P}_{(m,l)} + Z_l[k] = \sum_{m=1}^{N_{AP}N_t} H_m[k] e^{-j2\pi k T_{CS}^m} S[k] \mathbf{P}_{(m,l)} + Z_l[k]$$

[0066]

[0067] 수학식 4에서  $N_{LTF}$ 는 LTF 필드에 포함되는(또는 선택된) LTF 심볼의 총 개수를 나타낸다. 예를 들어,  $N_{LTF}=N_{AP}*N_t$ 를 만족할 수 있다.

[0068] 또한,  $m$ 은 공간 스트림 인덱스이며,  $i$ 번째 AP의  $a$ 번째 안테나를 의미하는 아래첨자  $(i,a)$ 을 치환한 것이다. 여기서,  $m=(i-1)*N_t+a$ 의 관계를 가질 수 있다.

[0069]  $T_{CS}^m$ 은  $m$  번째 스트림의 순환 시프트(cyclic shift) 값을 나타낸다.

[0070]  $P$ 는  $N_{LTF}*N_{LTF}$  크기의 직교 매핑 행렬(orthogonal mapping matrix)이며,  $P_{(m,l)}$ 은  $P$ 의  $m$  번째 열 및  $l$  번째 행의 값을 의미하며,  $-1$  또는  $1$ 의 값을 가질 수 있다.

[0071] 도 6은 본 개시의 일 예시에 따른 직교 매핑 행렬을 나타내는 도면이다.

[0072] 도 6에서 도시하는 바와 같이,  $P_{(m,l)}$ 은  $m$  번째 스트림에 대해  $l$  번째 LTF 듀레이션의  $S[k]$ 에 곱해지는 가중치에 해당한다.

[0073] 수학식 4의 주파수 도메인 수신 신호로부터,  $P$  행렬이 직교하다는 특성에 기초하여,  $m$  번째 스트림의  $k$  번째 서브캐리어에 대응하는 채널의 추정된 채널은 수학식 5와 같이 표현될 수 있다.

#### 수학식 5

$$\tilde{H}_m[k] = \left( \sum_{l=1}^{N_{LTF}} Y_l[k] \cdot \mathbf{P}_{(m,l)}^T \right) \cdot \frac{1}{N_{LTF} \cdot \bar{S}_m[k]}$$

[0074]

[0075] 수학식 5를 통해 추정된 채널에 대해서 AP-AP 간의 TO(즉, 제 2 타입 TO) 및 노이즈를 수학적으로 표현할 수 있다.

[0076] 먼저, 수학식 5의  $\bar{S}_m[k]$ 는, 수학식 4에서와 같이  $m$  번째 스트림의 순환 시프트에 의한 위상 회전(phase rotation)  $e^{-j2\pi k T_{CS}^m}$ 을 포함하고 있으며, 이는 모든 AP와 STA에 대해 미리 정의된/약속된 값으로 상쇄가능하다.

[0077] 또한, 수학식 5의 스트림 인덱스  $m$ 을, AP 및 안테나 인덱스에 기초한  $m=(i-1)*N_t+a$ 으로 다시 치환할 수 있다.

[0078] 또한, STA를 기준으로 각각의 AP가  $\tau_{TO,i}$ 만큼의 TO(즉, 제 1 타입 TO)가 있다고 가정하면,  $i$  번째 AP의  $a$  번

제 안테나의 k 번째 서브캐리어에 해당하는 추정 채널은 수학식 6과 같이 표현될 수 있다.

### 수학식 6

$$\tilde{H}_{(i,a)}[k] = H_{(i,a)}[k] e^{\frac{-j2\pi k \tau_{TO,i}}{N}} + W_{(i,a)}[k]$$

[0079]

[0080]

수학식 6에서  $W_{(i,a)}[k]$ 는 원하지 않는 노이즈에 해당하고, 화이트 가우시안 노이즈의 가중치가 적용된 합계의 풀이므로, 화이트 가우시안 노이즈에 해당한다.

[0081]

각각의 서브캐리어에 대해서 산출된 추정 채널은, 수학식 6에서와 같이 각각의 AP와 STA간의 TO인  $\tau_{TO,i}$  (즉, 제 1 타입 TO)에 의한 위상 회전을 포함한다. 종래의 단일 AP 시스템의 경우에는 레저시 프리앰블의 시간 동기화 절차에서, STA-AP 간의 정확한 TO를 추정할 수 없다고 하더라도, 채널 페이딩이 심하지 않다면 레저시 프리앰블에 기초하여 추정된 채널을 이용한 빔포머를 적용하더라도, CP의 존재로 인해 데이터 디코딩 절차에서 성능 열화가 발생하지 않을 수 있다. 한편, 다중 AP 협력 상황에서는 단일 AP와는 달리 AP-AP 간의 TO에 의해서 STA에서 겪는 유효 페이딩이 심해지고, 이에 따라 CP 길이보다 긴 페이딩을 겪을 경우에 성능 열화가 발생할 수 있다.

[0082]

이를 해결하기 위해서, 인접한 두 개의 서브캐리어에 대한 실제 채널이 유사한 것으로 가정할 수 있다 ( $H_{(i,j)}[k] \approx H_{(i,j)}[k+1]$ ). 이와 같은 가정은, 페이딩이 적어짐에 따라서 주파수 도메인의 채널이 전 구간에서 유사해지는 특성에 기초한 것이다. 이에 따라, 인접한 서브캐리어 간의 추정 채널의 상관관계를 다음과 같이 도출할 수 있다.

[0083]

먼저, STA와 i 번째 AP에 대한 TO( $\tau_{TO,i}$ )를 추정하기 위해서, i 번째 AP의 a 번째 안테나의 인접한 두 개의 서브캐리어에서 추정된 채널인  $\tilde{H}_{(i,a)}[k]$ 와  $\tilde{H}_{(i,a)}[k+1]$ 의 상관관계인  $Q_{(i,a)}[k]$ 는 수학식 7과 같이 표현될 수 있다.

### 수학식 7

$$\begin{aligned} Q_{(i,a)}[k] &= \tilde{H}_{(i,a)}[k] \left( \tilde{H}_{(i,a)}[k+1] \right)^H = H_{(i,a)}[k] \left( H_{(i,a)}[k+1] \right)^H e^{\frac{j2\pi \tau_{TO,i}}{N}} + I_{2(i,a)}[k] \\ &= \left( \sum_{l=0}^{L_{(i,a)}-1} h_{(i,a)}[l] e^{\frac{-j2\pi kl}{N}} \right) \left( \sum_{l=0}^{L_{(i,a)}-1} h_{(i,a)}[l] e^{\frac{j2\pi (k+1)l}{N}} \right)^H e^{\frac{j2\pi \tau_{TO,i}}{N}} + I_{2(i,a)}[k] \\ &= \left( \sum_{l=0}^{L_{(i,a)}-1} |h_{(i,a)}[l]|^2 e^{\frac{j2\pi l}{N}} + \sum_{l \neq m} h_{(i,a)}[l] h_{(i,a)}^*[m] e^{\frac{j2\pi (kl-km-m)}{N}} \right) e^{\frac{j2\pi \tau_{TO,i}}{N}} + I_{2(i,a)}[k] \\ &= \left( \sum_{l=0}^{L_{(i,a)}-1} |h_{(i,a)}[l]|^2 e^{\frac{j2\pi l}{N}} \right) e^{\frac{j2\pi \tau_{TO,i}}{N}} + I_{1(i,a)}[k] + I_{2(i,a)}[k], \end{aligned}$$

[0084]

[0085]

수학식 7에서  $L_{(i,a)}$ 는 i 번째 AP의 a 번째 안테나에 대응되는 채널의 번째로 채널 탭(nonzero channel tap)의 개수를 의미한다. 동일한 하나의 AP의 서로 다른 안테나는 모두 번째로 채널 탭의 개수가 동일한 것으로 가정한다 (즉,  $L_{(i,a)} = L_{(i,a)}$ ).

[0086]

또한,  $I_{1(i,a)}[k]$ 는 시간 도메인에서 서로 다른 채널 탭 관련 성분의 합을 나타내고,  $I_{2(i,a)}[k]$ 는 주파수 도메인에

서 실제 채널 및 채널 이외의 잡음과 관련된 성분을 나타내며, 이는 수학식 8과 같이 표현될 수 있다.

### 수학식 8

$$I_{1(i,a)}[k] = \sum_{l \neq m} h_{(i,a)}[l] h_{(i,a)}[m] e^{-\frac{j2\pi(\tau_{TO,i}-m)}{N}} e^{-\frac{j2\pi(l-m)k}{N}}$$

$$I_{2(i,a)}[k] = W_{(i,a)}[k] \left( H_{(i,a)}[k+1] \right)^H + \left( W_{(i,a)}[k+1] \right)^H H_{(i,a)}[k] + W_{(i,a)}[k] \left( W_{(i,a)}[k+1] \right)^H$$

[0087]

[0088]

수학식 8에서  $I_{1(i,a)}[k]$  수학식에서  $h_{(i,a)}[l]$  및  $h_{(i,a)}[m]$ 은  $l$ 과  $m$ 이 동일하지 않은 경우에 서로 독립이다. 또한,  $I_{2(i,a)}[k]$  수학식에서  $W_{(i,a)}[k]$  및  $H_{(i,a)}[k]$ 는 서로 다른 서브캐리어 인덱스  $k$ 에 대해서 독립이다. 이에 따라,  $N_t$ 개의 안테나  $i$ 의 각각에 대응되는  $N$  서브캐리어를 제외한 나머지 서브캐리어  $k \in \mathbf{K}$ 에 대해서 (여기서,  $\mathbf{K}$ 는 데이터 송수신에 이용되는 서브캐리어의 집합),  $Q_{(i,a)}[k]$ 를 모두 합산하면 서브캐리어 인덱스  $k$ 에 대한  $I_{1(i,a)}[k]$  및  $I_{2(i,a)}[k]$ 의 합이 모두 0으로 수렴하여, 수학식 9의 결과를 도출할 수 있다.

### 수학식 9

$$\sum_{k \in \mathbf{K}} \sum_{a=1}^{N_t} Q_{(i,a)}[k] \approx N_t |\mathbf{K}| \left( \sum_{l=0}^{L(i)-1} \left( \sum_{a=1}^{N_t} |h_{(i,a)}[l]|^2 \right) e^{\frac{j2\pi l}{N}} \right) e^{\frac{j2\pi \tau_{TO,i}}{N}}$$

$$= N_t |\mathbf{K}| A_i e^{\frac{j2\pi \theta_i}{N}} e^{\frac{j2\pi \tau_{TO,i}}{N}}$$

[0089]

[0090]

수학식 9에서  $\tau_{TO,i}$ 와 관련이 없는 성분들 묶고, 이를  $A_i e^{\frac{j2\pi \theta_i}{N}} = \sum_{l=0}^{L(i)-1} \left( \sum_{a=1}^{N_t} |h_{(i,a)}[l]|^2 \right) e^{\frac{j2\pi l}{N}}$ 라고 정의할 수 있다. 여기서,  $A_i$ 는 양의 실수,  $\theta_i$ 는  $\theta_i \in [0, N-1]$ 인 실수로 표현할 수 있다. 이와 같이  $T_0$ 와 무관한 성분들의 묶음은, 채널 탭의 개수와 순시 채널 탭 파워에 영향을 받을 수 있다. 구체적으로,  $\theta_i$ 는 느린 페이딩 상황에서 0에 가까운 값을 가지고, 빠른 페이딩 상황에서 큰 값을 가질 수 있다. 결과적으로, 수학식 9에서 도출되는 값의 위상을 이용하여  $i$  번째 AP에 대한  $T_0$ 에 대한 추정값  $\tilde{\tau}_{TO,i}$ 를 수학식 10과 같이 표현할 수 있다.

### 수학식 10

$$\tilde{\tau}_{TO,i} = \frac{N}{2\pi} \angle \left( \sum_{k \in \mathbf{K}} \sum_{a=1}^{N_t} Q_{(i,a)}[k] \right) = \tau_{TO,i} + \theta_i$$

[0091]

[0092]

수학식 10에서  $\angle(x)$ 는  $x$ 의 위상을 나타낸다.

[0093]

이하에서는, 전술한 과정에서 도출되는, 각각의 AP에 대한 STA와의  $T_0$ (즉, 제 1 타입  $T_0$ )의 추정값(즉,  $\tilde{\tau}_{TO,i}$ )에 기초하여, AP 사이의  $T_0$ (즉, 제 2 타입  $T_0$ )를 추정하는 예시들에 대해서 설명한다.

[0094] 2 개의 AP를 가정하는 경우, AP1과 AP2 간의 TO의 추정값  $\tilde{\tau}_{TO}$  는, AP1과 STA간의 추정 TO 및 AP2와 STA간의 추정 TO의 차이값에 기초하여 수학식 11과 같이 표현될 수 있다.

### 수학식 11

$$\begin{aligned}\tilde{\tau}_{TO} &= \tilde{\tau}_{TO,1} - \tilde{\tau}_{TO,2} = \frac{N}{2\pi} \left( \angle \left( \sum_{k \in \mathbf{K}} \sum_{a=1}^{N_t} \mathcal{Q}_{(1,a)}[k] \right) - \angle \left( \sum_{k \in \mathbf{K}} \sum_{n=1}^{N_t} \mathcal{Q}_{(2,a)}[k] \right) \right) \\ &\approx (\tau_{TO,1} - \tau_{TO,2}) + (\theta_1 - \theta_2)\end{aligned}$$

[0095]

[0096] 수학식 10에서  $\theta_i$  는 양의 값을 갖고 순시 채널 탭의 개수 및 파워에 영향을 받는 것을 확인하였으므로, 수학식 11에서  $(\theta_1 - \theta_2)$  는  $-\theta_2 \leq \theta_1 - \theta_2 \leq \theta_1$  의 범위를 갖고, 이는 AP 간 추정 TO의 오차로 작용할 수 있다.

[0097] 전술한 바와 같이 STA은 수신된 트레이닝 정보(예를 들어, EHT-LTF)에 기초하여, 각각의 AP와 STA간의 제 1 타입 TO, 및 AP 간의 제 2 타입 TO의 추정값을 도출할 수 있다. 이에 따라, STA은 제 1 타입 TO 및 제 2 타입 TO의 추정값을 피드백 정보로서 AP에게 전송할 수 있다. 예를 들어, 피드백 정보는 협력하는 복수의 AP의 각각에게 전송될 수도 있고, 복수의 AP 중의 어느 하나(예를 들어, 마스터 AP)에게 전송될 수도 있다.

[0098] 이에 따라, AP는 STA으로부터의 피드백 정보(예를 들어, 제 1 타입 TO 및 제 2 타입 TO의 추정값)에 기초하여 복수의 AP 간의 시간 동기화를 수행할 수 있다.

[0099] 전술한 과정(예를 들어, NDP 사운딩 절차)에서 피드백되는 제 2 타입 TO의 추정값인  $\tilde{\tau}_{TO}$  는, AP1에 대한 AP2의 상대적인 TO에 해당한다. STA이 AP로 전송하는 CBF(compressed beamforming) 보고에서 피드백되는 빔포머를 구하기 위해서, STA은 수학식 6에서 추정된 채널에 수학식 11의  $\tilde{\tau}_{TO}$  를 보상할 수 있다.

[0100] 구체적으로, 2 번째 AP(i=2)의 a 번째 안테나의 k 번째 서브캐리어에 해당하는, TO가 보상된 추정 채널은 수학식 12과 같이 표현될 수 있다. 여기서, AP1의 빔포머를 구하기 위한 추정 채널은 수학식 6의 추정된 채널을 그대로 이용할 수 있다.

### 수학식 12

$$\begin{aligned}\hat{H}_{(i,a)}[k] &= \tilde{H}_{(i,a)}[k] e^{\frac{j2\pi k \tilde{\tau}_{TO}}{N}} \\ &= H_{(i,a)}[k] e^{\frac{-j2\pi k (\tau_{TO,i} - \tilde{\tau}_{TO})}{N}} + W_{(i,a)}[k] e^{\frac{j2\pi k \tilde{\tau}_{TO}}{N}}\end{aligned}$$

[0101]

[0102] 만약 AP의 개수가 3개 이상일 경우, 일반성을 잃지 않으며 위와 같은 방법으로 각각의 AP의 추정 채널에 기초하여 AP 간 TO인  $\tilde{\tau}_{TO}$  를 구한 후 수학식 12를 이용하여, i=2,3,... 번째 AP의 TO가 보상된 추정 채널을 유도할 수 있다.

[0103] 본 개시에서는, 추정 채널 기반의 빔포머를 MRT(maximum ratio transmission) 빔포머로 가정하였다. 이 경우, i 번째 AP의 a 번째 안테나의 k 번째 서브캐리어에 해당하는 MRT 빔포머인  $V_{(i,a)}[k]$  는 수학식 13과 같이 표현될 수 있다.

수학식 13

$$V_{(i,a)}[k] = \frac{\hat{H}_{(i,a)}^*[k]}{\sqrt{\sum_{a=1}^{N_t} |\hat{H}_{(i,a)}[k]|^2}}$$

[0104]

[0105]

[0106]

[0107]

[0108]

[0109]

[0110]

[0111]

[0112]

[0113]

[0114]

[0115]

[0116]

[0117]

[0118]

[0119]

도 7은 본 개시가 적용될 수 있는 피드백 프레임의 예시를 나타내는 도면이다.

수학식 12 및 13에 기초하여 TO가 보상된 빔포머를 계산하면, CBF 보고 절차에서 각각의 AP의 빔포머 전송은 기존의 CBF 보고 절차와 동일하게 이루어질 수 있다.

예를 들어, 도 7의 CBF 액션 프레임의 포맷을 이용하여 빔포머를 피드백할 수 있다. 예를 들어, 도출된 빔포머는 CBF 보고 프레임에서 양자화된 정보로서 포함되어 전송될 수 있다.

도 8은 본 개시의 일 실시예에 따른 피드백 정보를 포함하는 프레임을 나타내는 도면이다.

도 4의 예시에서와 같이 AP 사이에 발생하는 TO(즉,  $\tau_{TO}$ )를, 이후에 수행되는 데이터 패킷 전송 상황에서 보상하기 위해서, STA에서 추정된 제 2 타입 TO( $\tilde{\tau}_{TO}$ )가 각각의 AP에게 제공될 수 있다.

예를 들어, 추정된 제 2 타입 TO( $\tilde{\tau}_{TO}$ )를 도 8과 같은 CBF 보고 프레임 내에 추가하여 AP로 전송할 수 있다. 추가되는 필드는 TO 보고(report) 필드라고 명명될 수 있으나, 그 명칭에 본 개시의 범위가 제한되는 것은 아니다. TO 보고 필드는 도 7의 기존의 CBF 액션 프레임에서의 엑스트라 필드인 MU 배타적 빔포밍 보고 필드(MU exclusive beamforming report field) 부분과 유사하게 구현될 수 있으므로, 표준에 따르는 범위 내에서 구현될 수 있다.

또한, 본 개시의 TO 추정값의 피드백은 CBF 보고 프레임이 아니라 다른 포맷의 프레임을 통하여서 AP로 전송될 수도 있다.

도 9는 본 개시의 일 실시예에 따른 AP 시간 동기화가 적용된 데이터 패킷 전송 동작을 나타내는 도면이다.

전술한 바와 같이 NDP과정에서 피드백된 추정 TO ( $\tilde{\tau}_{TO}$ ) 및 이를 보상한 빔포머를 전달받은 각각의 AP는, 도 9의 예시에서와 같이 후속하는 데이터 패킷 전송 절차에서 또는 그 전에, 데이터 전송 시간을  $\tilde{\tau}_{TO}$ 만큼 보상/조정/정렬하는 다중 AP 시간 동기화를 수행할 수 있다. AP 시간 동기화가 적용된 후, 각각의 AP는 STA이 피드백한 빔포머에 기초하여 데이터 패킷을 전송할 수 있다.

이와 같이, 기존 AP(예를 들어, 마스터 AP)에 대한 상대적인 TO를 각각의 AP에서 시간 도메인에서 보정/조정/정렬하는 시간 동기화를 수행한 후, 다중 AP로부터의 데이터 패킷 전송이 수행되면, 복수의 AP로부터 동시에 전송되는 데이터 패킷이 STA에서 동시에 수신되어, 다중 AP가 동시에 협력하여 전송하는 상황에서 AP간의 TO에 의한 성능 열화가 감소될 수 있다.

도 10은 본 개시의 일 실시예에 따른 AP 및 STA의 동작을 설명하기 위한 흐름도이다.

도 10의 예시에서는 2 개의 AP가 협력 전송을 수행하는 경우를 가정하지만, 3 개 이상의 AP의 협력 전송에 대해서도 동일한 예시가 확장하여 적용될 수 있다.

단계 S1010에서 AP1 및 AP2는 각각 STA으로 트레이닝 정보를 전송할 수 있다.

예를 들어, 트레이닝 정보는 복수의 AP의 복수의 안테나에 각각 대응하는 복수의 트레이닝 심볼을 포함할 수 있다. 예를 들어, 트레이닝 정보는 EHT-LTF 필드에 해당할 수 있다. 또한, 트레이닝 정보를 포함하는 프레임은 NDP 프레임일 수 있다.

단계 S1010 이전에 특정 AP(예를 들어, 마스터 AP 또는 기준 AP인 AP1)이 다른 AP(예를 들어, 슬레이브 AP)에게

트리거 프레임을 전송하고, 이에 기초하여 복수의 AP에서 동시에 트레이닝 정보를 포함하는 프레임이 전송될 수 있다.

- [0120] AP 간의 TO가 존재하는 경우, 각각의 AP로부터 전송되는 트레이닝 정보는 STA에서 동시에 수신되지 못할 수 있다.
- [0121] 단계 S1020에서 STA는 복수의 AP로부터 수신되는 트레이닝 정보에 기초하여, 채널 추정을 수행할 수 있다.
- [0122] 예를 들어,  $i$  번째 AP의  $a$  번째 안테나로부터 송신된 신호(수학식 1 참고)는 채널 및 잡음의 영향을 받아 STA에서 수신되고 수신된 신호는 시간 도메인(수학식 2 참고) 및 주파수 도메인(수학식 3 참고)에서 표현될 수 있다.
- [0123] 이에 기초하여, 모든 AP의 모든 안테나에 대응하는 트레이닝 심볼들을 포함하는 트레이닝 필드를 STA이 수신하게 되면,  $l$  번째 트레이닝 심볼에서 수신되는 신호는 트레이닝 심볼에 대한  $P$  행렬에 기초하여 표현될 수 있고(수학식 4 참고), 이에 기초하여  $m$  번째 스트림에 대한 채널이 추정될 수 있다(수학식 5 참고).
- [0124] 단계 S1030에서 STA는 추정된 채널에 기초하여 제 1 타입 TO를 추정할 수 있다. 제 1 타입 TO는 각각의 AP와 STA간의 TO에 해당한다.
- [0125] 예를 들어, 각각의 AP에 대한 STA와의 TO(즉, 제 1 타입 TO)가 존재하는 것으로 가정하는 경우의 각각의 서브캐리어에서의 추정 채널(수학식 6 참고)에 기초하여, 인접한 서브캐리어에 대한 추정 채널의 상관 관계  $Q$ (수학식 7 참고)를 도출하고, 전체 서브캐리어 집합에 대해서 상관 관계  $Q$ 의 합산(수학식 9 참고)에 의해 시간 도메인의 서로 다른 채널 탭에 관련된 성분 및 주파수 도메인의 채널 이외의 잡음 관련된 성분(수학식 8 참고)이 0으로 수렴하게 되어, 각각의 AP에 대한 STA와의 TO의 추정값(수학식 10 참고)을 도출할 수 있다.
- [0126] 단계 S1040에서 STA는 각각의 AP에 대한 제 1 타입 TO에 기초하여 제 2 타입 TO를 추정할 수 있다. 제 2 타입 TO는 AP와 AP간의 TO에 해당한다.
- [0127] 예를 들어, STA는 AP1에 대한 제 1 타입 TO와 AP2에 대한 제 2 타입 TO에 기초하여 AP1과 AP2 간의 제 2 타입 TO를 추정할 수 있다(수학식 11 참고).
- [0128] 단계 S1050에서 STA는 피드백 정보를 생성할 수 있다.
- [0129] 예를 들어, 피드백 정보는 단계 S1010에서 수신되는 트레이닝 정보에 기초하여 각각의 AP에 대해서 추정된 채널(수학식 12 참고)에 기초한 빔포머(수학식 13 참고)를 포함할 수 있다. 여기서, 각각의 AP에 대해서 추정된 채널은, AP 간의 TO인 제 2 타입 TO의 추정값에서 각각의 AP에 대한 TO인 제 1 타입 TO의 추정값을 보상함으로써 도출될 수 있다.
- [0130] 단계 S1060에서 STA는 각각의 AP에게 피드백 정보를 전송할 수 있다.
- [0131] 예를 들어, 피드백 정보 1은 AP1에 대해서 추정된 채널에 기초하여 도출되는 빔포머 정보를 포함할 수 있고, 피드백 정보 2은 AP2에 대해서 추정된 채널에 기초하여 도출되는 빔포머 정보를 포함할 수 있다.
- [0132] 이에 추가적으로, 피드백 정보 1 및 피드백 정보 2 각각은 AP간의 추정된 TO인 제 2 타입 TO의 추정값을 더 포함할 수 있다.
- [0133] 단계 S1070에서 AP1 및 AP2는 STA으로부터의 피드백 정보에 기초하여 동기화를 수행할 수 있다.
- [0134] 예를 들어, AP 간의 시간 동기화는 AP 간의 TO인 제 2 타입 TO의 추정값에 기초하여 수행될 수 있다.
- [0135] 단계 S1080에서 동기화된 AP1 및 AP2는 협력하여 동시에 데이터를 STA으로 전송할 수 있다.
- [0136] AP 간의 TO에 기초하여 전송 타이밍이 보정/조정/정렬되는 경우, 단계 S1010과 달리, 단계 S1080에서 각각의 AP로부터 전송되는 데이터는 STA에서 동시에 수신될 수 있다.
- [0137] 도 11은 본 개시에 따른 AP 장치 및 STA 장치의 구성을 나타내는 도면이다.
- [0138] AP 장치(1100)는 프로세서(1110), 안테나부(1120), 트랜시버(1130), 메모리(1140)를 포함할 수 있다.
- [0139] 프로세서(1110)는 베이스밴드 관련 신호 처리를 수행하며, 상위계층 처리부(1111) 및 물리계층 처리부(1115)를 포함할 수 있다. 상위계층 처리부(1111)는 MAC 계층 또는 그 이상의 상위계층의 동작을 처리할 수 있다. 물리계층 처리부(1115)는 PHY 계층의 동작(예를 들어, 하향링크 송신 신호 처리, 상향링크 수신 신호 처리 등)을 처리할 수 있다. 프로세서(1110)는 베이스밴드 관련 신호 처리를 수행하는 것 외에도, AP 장치(1100) 전반의 동작을

제어할 수도 있다.

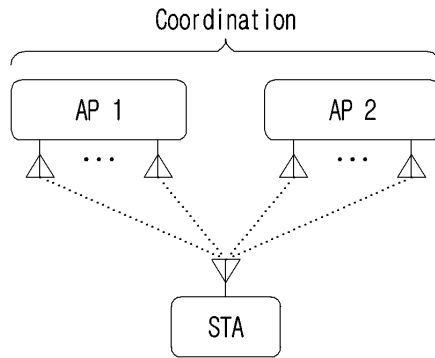
- [0140] 안테나부(1120)는 하나 이상의 물리적 안테나를 포함할 수 있고, 복수개의 안테나를 포함하는 경우 MIMO 송수신을 지원할 수 있다. 트랜시버(1130)는 RF 송신기와 RF 수신기를 포함할 수 있다. 메모리(1140)는 프로세서(1110)의 연산 처리된 정보, AP 장치(1100)의 동작에 관련된 소프트웨어, 운영체제, 애플리케이션 등을 저장할 수 있으며, 버퍼 등의 구성요소를 포함할 수도 있다.
- [0141] AP 장치(1100)의 프로세서(1110)는 본 발명에서 설명하는 실시예들에서의  $i$  번째 AP의 동작을 구현하도록 설정될 수 있다.
- [0142] 예를 들어, AP 장치(1100)의 프로세서(1110)의 물리계층 처리부(1115)는 트레이닝 정보 생성부(1116) 및 전송 타이밍 조정부(1117)를 포함할 수 있다.
- [0143] 트레이닝 정보 생성부(1116)는 해당 AP 장치(1100)의 모든 안테나(1120) 및 협력하는 다른 AP 장치의 모든 안테나에 대응하는 트레이닝 심볼을 포함하는 프레임 생성하여 트랜시버(1130)로 전달할 수 있다.
- [0144] 전송 타이밍 조정부(1117)는 STA 장치(1150)로부터 피드백되는 AP 간의 TO인 제 2 타입 TO의 추정값에 기초하여, 전송 타이밍을 보정/조정/정렬할 수 있다. 예를 들어, AP 장치(1100)가 마스터 AP 또는 기준 AP인 경우에는 전송 타이밍 조정이 수행되지 않을 수도 있고, 슬레이브 AP인 경우에는 마스터/기준 AP와의 제 2 타입 TO의 추정값에 기초하여 전송 타이밍을 보정/조정/정렬할 수 있다.
- [0145] STA 장치(1150)는 프로세서(1160), 안테나부(1170), 트랜시버(1180), 메모리(1190)를 포함할 수 있다.
- [0146] 프로세서(1160)는 베이스밴드 관련 신호 처리를 수행하며, 상위계층 처리부(1161) 및 물리계층 처리부(1165)를 포함할 수 있다. 상위계층 처리부(1161)는 MAC 계층 또는 그 이상의 상위계층의 동작을 처리할 수 있다. 물리계층 처리부(1165)는 PHY 계층의 동작(예를 들어, 하향링크 송신 신호 처리, 상향링크 수신 신호 처리 등)을 처리할 수 있다. 프로세서(1160)는 베이스밴드 관련 신호 처리를 수행하는 것 외에도, STA 장치(1150) 전반의 동작을 제어할 수도 있다.
- [0147] 안테나부(1170)는 하나 이상의 물리적 안테나를 포함할 수 있고, 복수개의 안테나를 포함하는 경우 MIMO 송수신을 지원할 수 있다. 트랜시버(1180)는 RF 송신기와 RF 수신기를 포함할 수 있다. 메모리(1190)는 프로세서(1160)의 연산 처리된 정보, STA 장치(1150)의 동작에 관련된 소프트웨어, 운영체제, 애플리케이션 등을 저장할 수 있으며, 버퍼 등의 구성요소를 포함할 수도 있다.
- [0148] STA 장치(1150)의 프로세서(1160)는 본 발명에서 설명하는 실시예들에서의 STA의 동작을 구현하도록 설정될 수 있다.
- [0149] 예를 들어, STA 장치(1150)의 프로세서(1160)의 물리계층 처리부(1165)는 채널 추정부(1166), TO 추정부(1167) 및 피드백 정보 생성부(1168)를 포함할 수 있다.
- [0150] 채널 추정부(1166)는 복수의 AP 각각으로부터의 트레이닝 정보에 기초하여 해당 AP에 대한 채널을 추정할 수 있다.
- [0151] TO 추정부(1167)는, 추정된 채널에 기초하여 각각의 AP와 STA 간의 TO인 제 1 타입 TO를 추정하고, 복수의 AP에 대한 제 1 타입 TO에 기초하여 AP 간의 TO인 제 2 타입 TO를 추정할 수 있다.
- [0152] 피드백 정보 생성부(1168)는, 제 1 타입 TO 및 제 2 타입 TO에 기초하여 도출되는 각각의 AP에 대한 추정된 채널에 기초하여 각각의 AP에 대한 빔포머를 도출할 수 있다. 도출된 빔포머 정보 및/또는 제 2 타입 TO 추정값은 피드백 정보로서 생성되어 트랜시버(1180)로 전달될 수 있다.
- [0153] AP 장치(1100) 및 STA 장치(1150)의 동작에 있어서 본 발명의 예시들에서 AP 및 STA에 대해서 설명한 사항이 동일하게 적용될 수 있으며, 중복되는 설명은 생략한다.
- [0154] 도 12 내지 도 16은 본 개시와 관련된 시뮬레이션 결과를 나타내는 도면이다.
- [0155] 도 12의 왼쪽 그래프와 오른쪽 그래프는 각각 TGn channel B, D 모델에서 NDP를 송신하여 이를 통해 제안한 알고리즘의 AP간 TO 추정 정확도를 추정된 TO에 대하여 STA 수신 SNR 성능에 따라 도시한 결과이다. 본 결과에서 AP 1과 AP 2 사이의 TO는 350 ns (7 samples)로 가정하였으며, 적색 수직선을 이용하여 그래프 상에 실제 AP 1-AP 2 간 TO를 표시하였다. 또한 추정 TO 피드백 오버헤드를 고려하여 추정 TO는 sampling duration  $t_s = 50\text{ns}$  로 정규화한 후 반올림한 정수값으로 표시하였다.

- [0156] 도 12로부터 STA 단의 수신 SNR = 25dB 상황에서는 채널 모델 B와 D 모두 오차 범위 내에서 AP 간 TO를 추정하는 것을 확인할 수 있으며, 오차 범위는 채널 딜레이가 짧아짐에 따라 줄어드는 것 역시 확인할 수 있다. 따라서 AP 간 TO가 클 경우 timing synchronization 절차 이후 STA에서 겪는 effective channel의 딜레이를 줄일 수 있음을 예상할 수 있다. 또한 STA단 수신 SNR이 낮아질수록 정확한 TO를 예측할 확률은 줄어드나, 추정 오차 범위는 크게 늘어나지 않으며 또한 15dB SNR 상황 이전에서 high SNR성능으로 saturation 되는 경향을 보여 본 과제를 통해 제시한 기법의 성능이 수신 잡음에 무관하게 TO 추정이 가능한 것을 확인할 수 있다.
- [0157] 도 13은 AP 간의 TO가 sampling period의 정수배(110ns의 배수)일 때, 본 과제에서 제안한 알고리즘으로 AP 간의 TO를 추정하여 보상한 후의 frame error rate(FER) 을 도시한 그래프이다.
- [0158] 도 14는 AP 간의 TO가 sampling period의 정수배(110ns의 배수)일 때, 본 과제에서 제안한 알고리즘으로 AP 간의 TO를 추정하여 보상한 후의 쓰루풋을 도시한 그래프이다.
- [0159] 도 13 및 도 14의 결과를 도출하기 위해 1000번의 시행을 반복하였다. 구체적으로 그래프 상의 실선으로 표시된 [Proposed] 방법은 NDP 절차에서 L-preamble에서 먼저 기존의 single AP 기반 coarse TO estimation을 시행한 후, 이후 EHT-preamble의 LTF에 본 연구에서 제시한 각 AP와 STA 사이의 TO 추정 기법을 적용하여 추정된 두 AP 사이의 TO를 반올림한 값과, 이와 동시에 추정 TO를 두 AP 중 더 늦게 송신한 AP의 빔포머에 보상한 MRT 빔포머를 동시에 피드백 한 후 데이터 패킷을 다시 송신하였다. 이 때 두 AP가 송신하는 데이터는 동일하다고 가정하였으며, 그래프 상에 점선으로 표시된 [w/o TO compensation] 방법은 본 연구의 TO 추정 기법을 사용하지 않고 NDP 절차에서 구해진 추정 채널 기반 MRT 빔포머를 바로 사용했을 때 두 AP가 같은 데이터를 전송한 경우이다. 전체적으로 TO를 보상하지 않는 경우는 TO가 증가함에 따라 FER 및 쓰루풋 성능 열화를 보이는 반면, TO를 보상하는 본 연구의 기법은 TO가 작을 경우 상대적으로 보상 기법을 사용하지 않은 경우와 비교했을 때 미미한 성능 손해가 있으나 TO의 크기와 무관하게 성능 일어나지 않음을 확인하였다.
- [0160] 도 15 및 도 16은 AP 간 TO가 sampling period의 정수배가 아닐 때(TO가 50ns의 배수가 아닐 때), 본 과제에서 제안한 알고리즘으로 AP 간의 TO를 추정하여 sampling period의 정수배로 비례하여 보상한 후의 frame error rate(FER) 및 쓰루풋을 도시한 그래프이다. 결과를 도출하기 위해 그림 12 및 13과 동일하게 1000번의 시행을 반복하였다. 그래프 상에서 각각 실선과 점선으로 표시된 [Proposed] 및 [w/o TO compensation] 방법은 도 8 및 9와 동일한 방법으로 실험하였다.
- [0161] 앞의 정수배 피드백 상황과 달리 도 15 및 도 16의 경우 STA와 둘 중 하나의 AP에 대한 STA-AP TO가 정수 배가 아닐 경우가 생기게 되고, 따라서 해당 AP에서 송신한 신호를 STA가 샘플링할 때 ISI(inter-symbol interference)가 생기게 되어 정수배 TO 상황에 비해 FER 및 쓰루풋 성능이 약간 저하되는 것을 확인하였다. 하지만 이 상황에서도 정수 배의 피드백 상황과 비슷하게 제안하는 기법이 낮은 TO에서 약간의 성능 손실이 있을 수 있으나 AP 간 TO가 증가함에 따라 robust한 성능을 보이는 반면, timing synchronization을 하지 않는 경우는 TO가 커지고 이에 따라 STA에서 겪는 effective channel 길이가 CP 길이를 넘어서며 급격하게 성능이 저하되는 것을 확인하였다. 따라서 본 연구의 기법을 통해 추정한 AP간 TO의 정수값 만을 피드백 할 경우 STA의 빔포머 피드백 절차에서 적은 오버헤드로 피드백할 수 있을 뿐만 아니라 이에 따른 성능 저하가 미미함을 확인할 수 있다.
- [0162] 본 개시의 예시적인 방법들은 설명의 명확성을 위해서 동작의 시리즈로 표현되어 있지만, 이는 단계가 수행되는 순서를 제한하기 위한 것은 아니며, 필요한 경우에는 각각의 단계가 동시에 또는 상이한 순서로 수행될 수도 있다. 본 개시에 따른 방법을 구현하기 위해서, 예시하는 단계에 추가적으로 다른 단계를 포함하거나, 일부의 단계를 제외하고 나머지 단계를 포함하거나, 또는 일부의 단계를 제외하고 추가적인 다른 단계를 포함할 수도 있다.
- [0163] 본 개시의 다양한 실시예는 모든 가능한 조합을 나열한 것이 아니고 본 개시의 대표적인 양상을 설명하기 위한 것이며, 다양한 실시예에서 설명하는 사항들은 독립적으로 적용되거나 또는 둘 이상의 조합으로 적용될 수도 있다.
- [0164] 또한, 본 개시의 다양한 실시예는 하드웨어, 펌웨어(firmware), 소프트웨어, 또는 그들의 결합 등에 의해 구현될 수 있다. 하드웨어에 의한 구현의 경우, 하나 또는 그 이상의 ASICs(Application Specific Integrated Circuits), DSPs(Digital Signal Processors), DSPDs(Digital Signal Processing Devices), PLDs(Programmable Logic Devices), FPGAs(Field Programmable Gate Arrays), 범용 프로세서(general processor), 컨트롤러, 마이크로 컨트롤러, 마이크로 프로세서 등에 의해 구현될 수 있다.

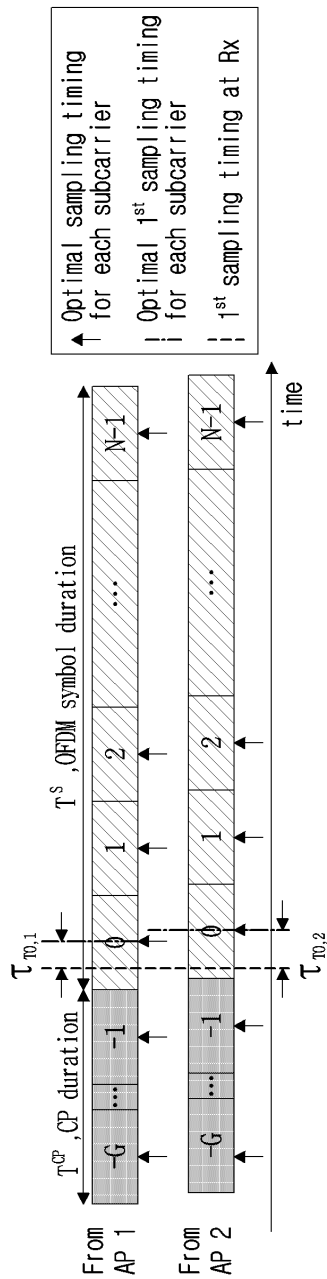
[0165] 본 개시의 범위는 다양한 실시예의 방법에 따른 동작이 장치 또는 컴퓨터 상에서 실행되도록 하는 소프트웨어 또는 머신-실행가능한 명령들(예를 들어, 운영체제, 애플리케이션, 펌웨어(firmware), 프로그램 등), 및 이러한 소프트웨어 또는 명령 등이 저장되어 장치 또는 컴퓨터 상에서 실행 가능한 비-일시적 컴퓨터-판독가능 매체(non-transitory computer-readable medium)를 포함한다.

도면

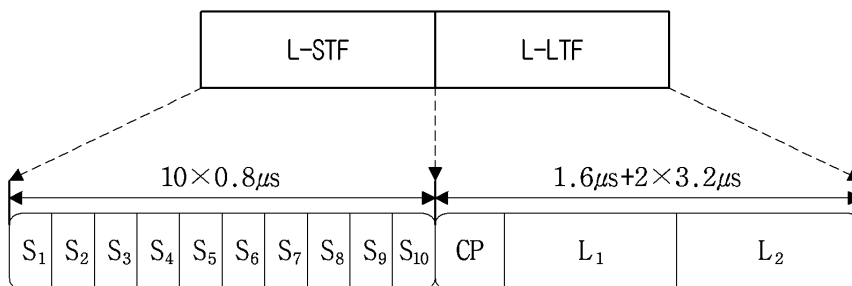
도면1



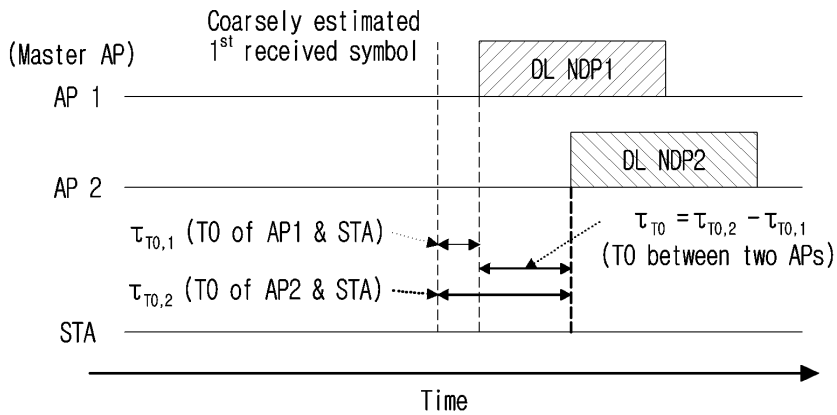
도면2



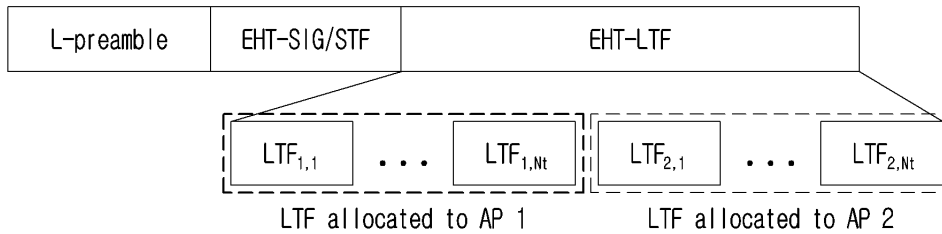
도면3



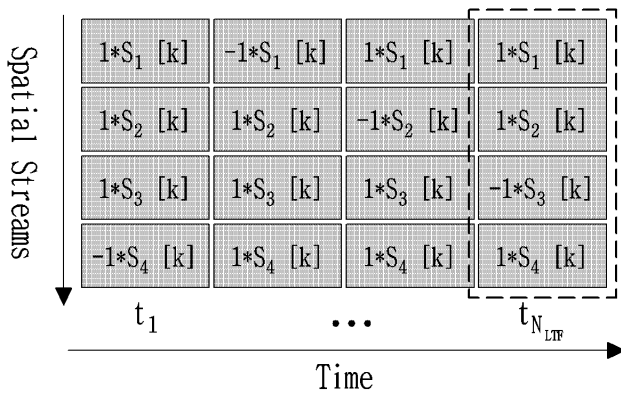
도면4



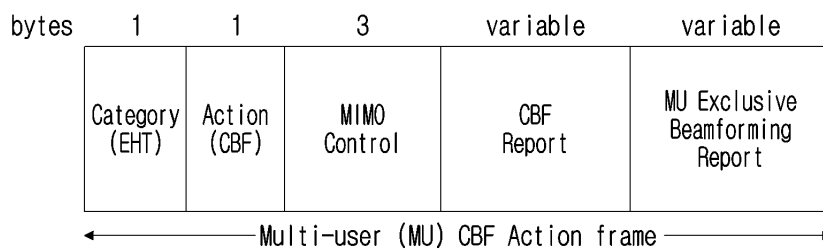
도면5



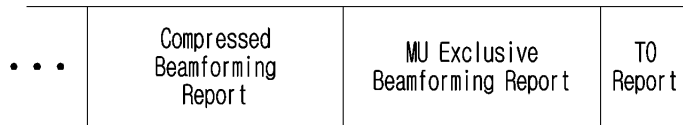
도면6



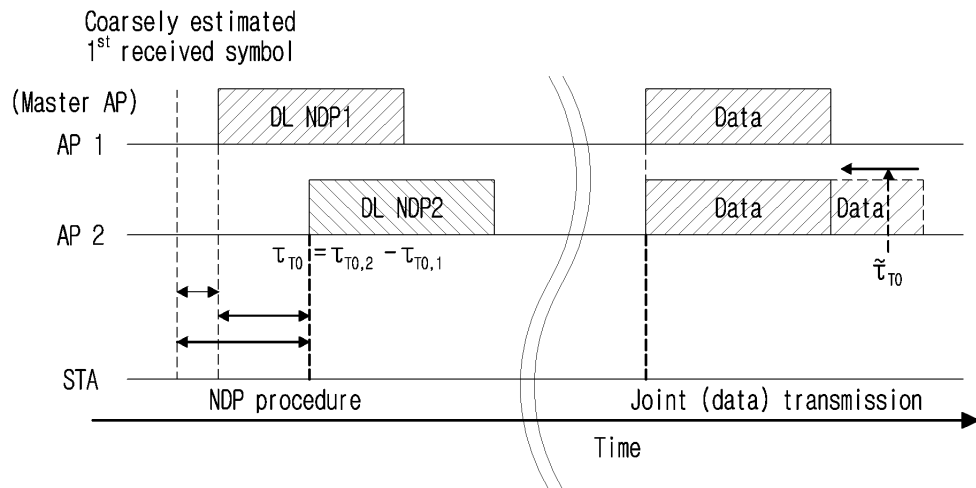
도면7



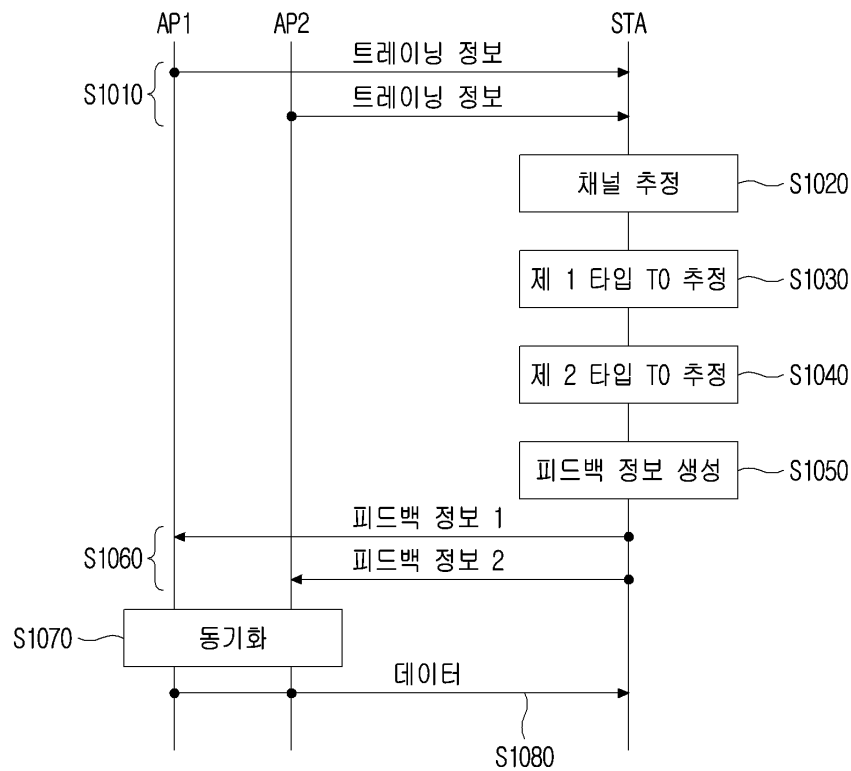
도면8



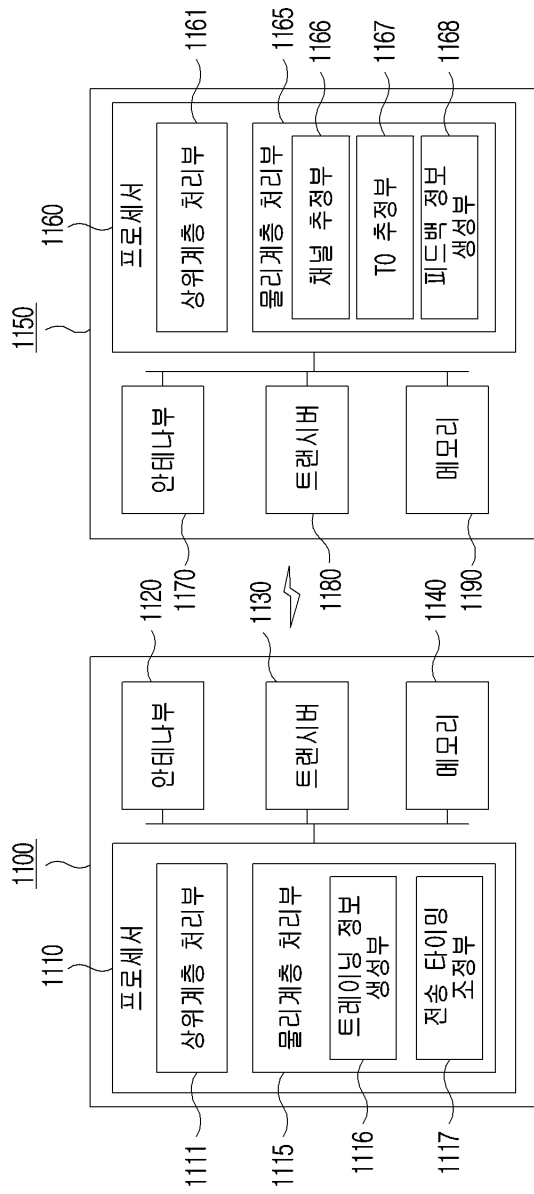
도면9



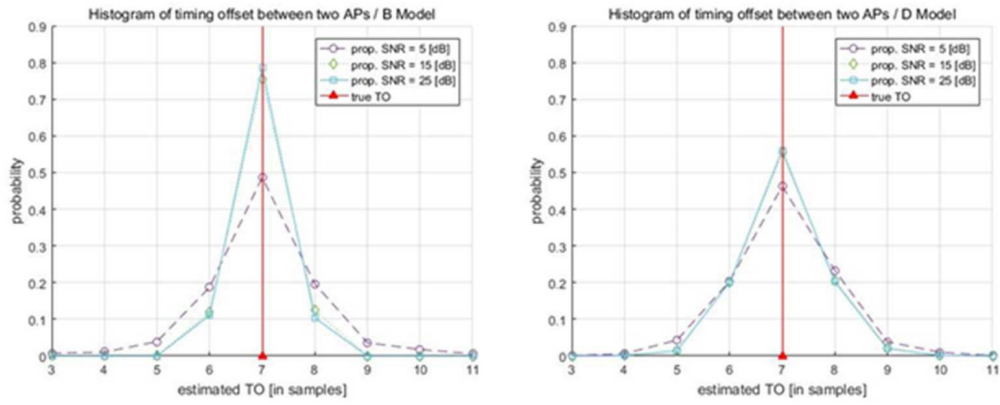
도면10



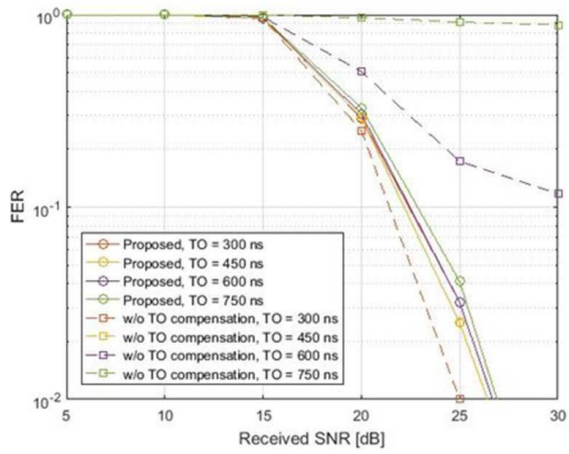
도면11



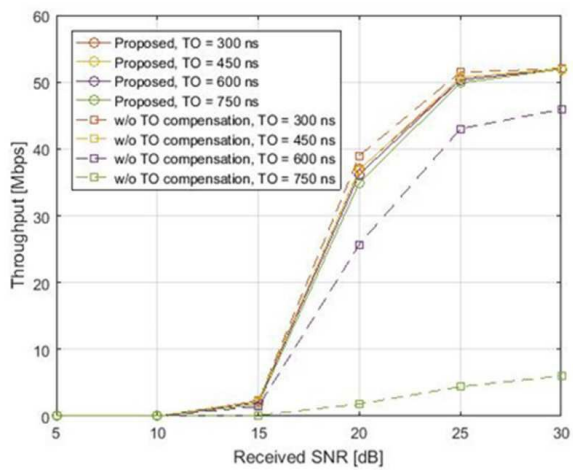
도면12



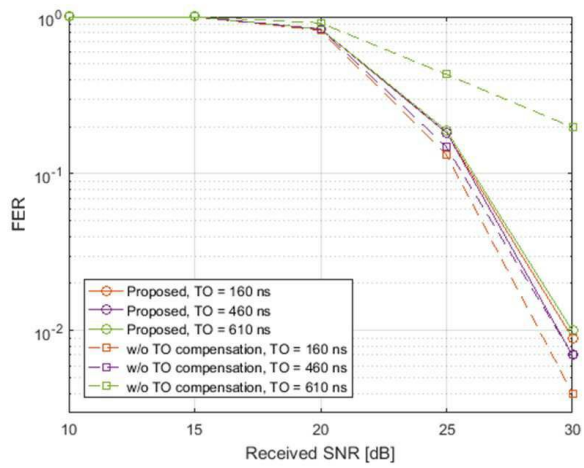
도면13



도면14



도면15



도면16

