(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0008705
(43) 공개일자 2012년02월01일

(51) Int. Cl.
H04L 7/02 (2006.01) *H04L 12/28* (2006.01)
H04W 56/00 (2009.01)
(21) 출원번호 10-2010-0069671
(22) 출원일자 2010년07월19일
심사청구일자 2010년07월19일

(71) 출원인
인하대학교 산학협력단
인천 남구 용현동 253 인하대학교
(72) 발명자
곽경섭
인천광역시 남구 소성로 71, 하이테크센터 302호 (용현동, 인하대학교)
김영삼
서울특별시 성동구 행당1동 한양대학교 산학기술관 702호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인무한

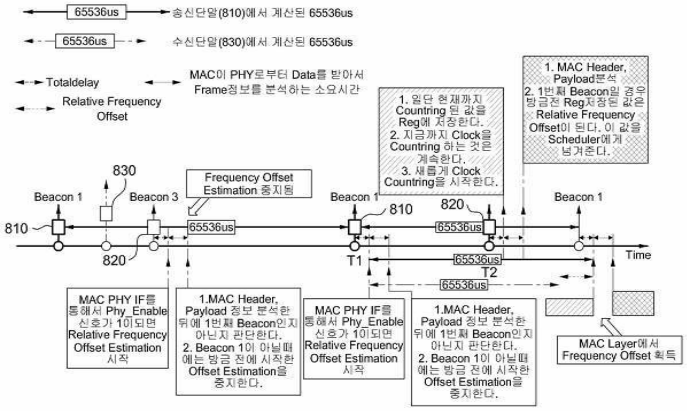
전체 청구항 수 : 총 4 항

(54) UWB MAC 시스템의 처리량을 증가시키는 타임 슬롯 동기화 방법

(57) 요 약

타임 슬롯 동기화 방법이개시된다. 송수신 단말의 주기 및 슈퍼 프레임의 길이를 이용하여 송수신 단말 간의 상대적 주파수 오프셋을 계산하고, 계산된 상대적 주파수 오프셋을 이용하여 송신 단말이 MAS 위치를 계산할 수 있다. 그리고, 계산된 MAS 위치를 이용하여 송수신 단말 간의 동기를 맞춤으로써, MaxDrift를 제거할 수 있다.

대 표 도 - 도8



(72) 발명자

장성현

서울특별시 성동구 행당1동 한양대학교 산학기술관 702호

정정화

서울특별시 성동구 행당1동 한양대학교 산학기술관 718호

특허청구의 범위

청구항 1

기설정된 송수신 단말 각각의 메인 클럭과 송수신 단말 간에 전송되는 슈퍼 프레임의 길이를 이용하여 상대적 주파수 오프셋을 계산하는 단계;

상기 계산된 상대적 주파수 오프셋과 상기 송수신 단말 각각의 MAS(Media Access Slot) 주기를 이용하여 송신 단말의 MAS 위치를 계산하는 단계;

상기 계산된 MAS 위치를 이용하여 상기 송수신 단말 간의 동기가 맞도록 동기화를 수행하는 단계

를 포함하는 타임 슬롯 동기화 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 송수신 단말 간의 동기를 맞춤으로써, 상기 송수신 단말 간에 존재하는 MaxDrift를 제거하는 단계

를 더 포함하는 타임 슬롯 동기화 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 상대적 주파수 오프셋을 계산하는 단계는,

상기 송신 단말의 메인 클럭 및 상기 슈퍼 프레임의 길이를 이용하여 송신 단말의 클럭 카운팅을 계산하는 단계;

상기 송신 단말의 클럭 카운팅과 상기 수신 단말의 메인 클럭을 이용하여 수신 단말의 클럭 카운팅을 계산하는 단계; 및

상기 송신 단말의 클럭 카운팅 및 상기 수신 단말의 클럭 카운팅을 이용하여 상기 상대적 주파수 오프셋을 계산하는 단계

를 포함하는 타임 슬롯 동기화 방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 상대적 주파수 오프셋을 계산하는 단계는,

상기 송신 단말의 클럭 카운팅과 상기 수신 단말의 클럭 카운팅의 차로써 상기 상대적 주파수 오프셋을 계산하는 것을 특징으로 하는 타임 슬롯 동기화 방법.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 타임 슬롯 동기화 방법이 개시된다. 특히, UWB MAC 시스템에서 맥스 드리프트(Max Drift)를 조정하여 처리량을 증가시키는 타임 슬롯 동기화 방법이 개시된다.

배 경 기 술

[0002] 일반적으로, UWB(Ultra Wide Band) 시스템은, 근거리에 있는 복수의 단말들을 이용하여 애드-혹(Ad-hoc) 네트워크를 형성한다. 이때, 애드-혹 네트워크(이하, 피코넷(piconet)이라 칭함.)를 형성한 복수의 단말들은 시분할 다중접속 기법을 이용하여 데이터를 서로 송수신한다.

[0003] 도 1을 참조하면, 슈퍼 프레임(Superframe)의 길이는 65,536μs이고, 슈퍼 프레임은 256개의 MAS(Media Access

Slot)로 구성된다. 여기서, MAS의 길이는 256μs이다.

[0004] 보다 상세하게는, 도 2와 같이, 슈퍼 프레임은, 비콘(BEACON) 슬롯, PCA(Pritized Control Access) 슬롯, 및 DRP(Distributed Reservation Protocol) 슬롯을 포함할 수 있다. 그러면, 피코넷을 구성하는 복수의 단말들은 자신의 단말 정보를 비콘 을 이용하여 다른 단말 장치들로 전송할 수 있다. 일례로, 단말 정보는 MAC 주소, 단말 식별자(ID), 비콘 슬롯의 위치 등을 포함할 수 있다.

[0005] 또한, 복수의 단말들은 비콘을 이용하여 각각의 DRP를 어떤 단말이 사용할지 여부를 결정할 수 있다. 이때, MAS와 MAS 사이에는 가드 타임(Guard Time)이 존재할 수 있으며, 가드 타임은 아래의 수학식 1과 같이 표현될 수 있다.

수학식 1

[0006] $$GuardTime = SIFS + MaxDrift,$$

[0007] $$MaxDrift = MaxFrequencyOffset \times interval$$

[0008] 수학식 1에서, Max Frequency Offset은 주파수 오프셋의 최대값, MaxDrift는 주파수 오프셋에 의해 발생하는 시간, interval은 슈퍼 프레임의 시작지점부터 MAS까지의 시간이다. 일례로, 슈퍼프레임이 10개의 MAS로 구성되고 1개의 MAS 당 1초가 소요되는 경우, 4번째 MAS의 interval은 4초가 될 수 있다.

[0009] 여기서, MaxDrift는 주파수 오프셋에 의해 발생하는 타이밍 에러(timing error)를 방지하기 위한 마진(margin)으로, 주파수 오프셋이 커질수록, 그리고, 슈퍼 프레임의 시작지점(Beacon Period Start Time: BPST)에서 멀어질수록 큰 값을 가진다. 일례로, MaxDrift는 허용 가능한 주파수 오프셋 값을 이용해서 각 MAS의 시작지점 근처에서 미리 시간 마진을 할당하기 위해 이용되는 값이다.

[0010] 이때, 복수의 단말들은 슈퍼 프레임의 시작지점에서 단말들 간의 동기화(Synchronization)를 수행한다. 그러면, 동기화를 통해 도 3과 같이, 복수의 단말 각가에서 추정된 MAS의 위치가 서로 상이함을 확인할 수 있다.

[0011] 이와 같이, 추정된 MAS의 위치 차이는, 피코넷을 형성하는 복수의 단말들 간의 주파수가 일치하지 않아서 발생한다. 즉, 복수의 단말들 간에 주파수 오프셋이 발생하게 되는데, 주파수 오프셋으로 인해 발생하는 것이 MaxDrift이다. 이러한, MaxDrift로 인해 복수의 단말들 간의 데이터 처리량이 감소할 수 있다.

[0012] 이에 따라, MaxDrift를 감소 또는 제거하여 피코넷을 형성하는 복수의 단말들 간의 처리량을 증가시킬 수 있는 방안이 필요하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0013] 본 발명은 MaxDrift를 감소 또는 제거하여 UWB MAC 시스템에서 처리량을 증가시키는 타임 슬롯 동기화 방법을 제공한다.

과제의 해결 수단

[0014] 타임 슬롯 동기화 방법은, 기설정된 송수신 단말 각각의 메인 클럭과 송수신 단말 간에 전송되는 슈퍼 프레임의 길이를 이용하여 상대적 주파수 오프셋을 계산하는 단계, 상기 계산된 상대적 주파수 오프셋과 상기 송수신 단말 각각의 MAS(Media Access Slot) 주기를 이용하여 송신 단말의 MAS 위치를 계산하는 단계, 상기 계산된 MAS 위치를 이용하여 상기 송수신 단말 간의 동기가 맞도록 동기화를 수행하는 단계를 포함할 수 있다.

[0015] 또한, 송수신 단말 간의 동기를 맞춤으로써, 상기 송수신 단말 간에 존재하는 MaxDrift를 제거하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0016] 이때, 상대적 주파수 오프셋을 계산하는 단계는, 상기 송신 단말의 메인 클럭 및 상기 슈퍼 프레임의 길이를 이용하여 송신 단말의 클럭 카운팅을 계산하는 단계, 상기 송신 단말의 클럭 카운팅과 상기 수신 단말의 메인 클

럭을 이용하여 수신 단말의 클럭 카운팅을 계산하는 단계, 및 상기 송신 단말의 클럭 카운팅 및 상기 수신 단말의 클럭 카운팅을 이용하여 상기 상대적 주파수 오프셋을 계산하는 단계를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0017] 타임 슬롯 동기화 방법은, 송신 단말과 수신 단말 간의 상대적 주파수 오프셋을 계산하여 송신 단말과 수신 단말 간의 시간 동기를 맞춤으로써 MaxDrift를 감소 또는 제거할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0018] 도 1은 UWB MAC의 슈퍼 프레임 구조를 도시한 도면이다.

도 2는 슈퍼 프레임의 상세 구조를 도시한 도면이다.

도 3은 복수의 단말 각각에서의 MAS 위치를 도시한 도면이다.

도 4는 MAS 주기에 따른 데이터 처리량을 설명하기 위해 제공되는 도면이다.

도 5는 MAC 레이어와 PHY 레이어 간에 송수신되는 신호의 흐름을 도시한 도면이다.

도 6은 PHY 레이어와 MAC 레이어 간의 데이터 전달 시에 이용되는 타이밍을 도시한 도면이다.

도 7 및 8은 상대적 주파수 오프셋을 계산하는 방법을 설명하기 위해 제공되는 도면이다.

도 9 및 10은 상대적 주파수 오프셋을 이용하여 MaxDrift를 제거하는 방법을 설명하기 위해 제공되는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 피코넷을 형성하는 복수의 단말들이 최대 x ppm의 주파수 오프셋 차이를 가지는 경우, 아래의 수학식 2와 같이, 복수의 MaxDrift를 모두 합산하여 전체 MaxDrift의 시간(TotalMasDrift)이 계산될 수 있다.

수학식 2

Main Clock : KMhz , MAS Duration : Nus
Superframe을 이루는 MAS의 개수 : H MAS
주파수 오프셋 : x ppm

$$\text{TotalMaxDrift} = \text{MaxDrift}_1 + \cdots + \text{MaxDrift}_H$$
$$\text{MaxDrift}_I = (N*I)us * kMhz + 2x(ppm)$$
$$\text{TotalMaxDrift} = N * K * 2x(ppm) * \sum_{I=1}^{H} I$$
$$= N*K*2x*10^{-6}*\frac{H(H+1)}{2}$$

[0020]

[0021] 그리고, 수학식 2를 이용하여 아래의 수학식 3과 같이, MaxDrift 손실율(MaxDriftRatio)이 계산될 수 있다.

수학식 3

$$\text{SuperframeClockCount} = (H * N)us * kMhz$$
$$= H * N * K$$
$$\text{MaxDriftRatio} = \frac{TotalMaxDrift}{SuperframeClockCount}$$
$$= x * 10^{-6} * (H + 1)$$

[0022]

[0023] 수학식 3에서, MaxDrift 손실율(MaxDriftRatio)은 슈퍼 프레임에서 MaxDrift의 발생으로 인해 손실되는 데이터 처리량이다. 다시 말해, MaxDrift 손실율(MaxDriftRatio)은 슈퍼 프레임에서 MaxDrift의 합(TotalMaxDrift)이 차지하는 비율이다.

[0024] 수학식 2 및 3에 따르면, MasDrift는 복수의 MAS Duration과 단말의 Main Clock에 의해 영향을 받을 수 있다. 그리고, MaxDrift 손실율(MaxDriftRatio)은 주파수 오프셋(x ppm) 및 슈퍼 프레임을 구성하는 MAS의 개수(H)에 비례할 수 있다.

[0025] 이때, 슈퍼 프레임의 길이는 65,536μs, MAS의 개수(H)는 256, 주파수 오프셋은 20~200ppm인 경우, 수학식 3을 이용하여 계산된 MaxDrift 손실율(MaxDriftRatio)은 대략 0.5~5%의 값을 가질 수 있다. 즉, 슈퍼 프레임에서 0.5 내지 5%의 MaxDrift가 낭비될 수 있다.

[0026] 이때, 수학식 2 및 3을 이용하여 MAC을 설계하는 경우, 복수의 단말들은 비콘을 전송할 때까지 버퍼에 버퍼링된 데이터 또는 전송할 데이터를 추정할 수 있다. 그리고, 복수의 단말들은 데이터를 전송하기 위해 필요한 DRP(MAS)를 예약할 수 있다. 이때, 복수의 DRP(MAS)는 각각 MaxDrift가 상이하므로 DRP의 위치에 따라 전송할 수 있는 데이터이 양이 달라질 수 있다.

[0027] 특히, DRP마다 상이한 MaxDrift를 고려하여 데이터 전송에 필요한 DRP를 예약하는 경우, 하드웨어의 복잡도가 높아질 뿐만 아니라, 전송을 위한 준비 시간이 길어질 수 있다. 이에 따라, 최악의 MaxDrift 상황에서 DRP를 예약하는 경우를 가정하여 실제 MAC을 설계할 수 있다. 그러면, 수학식 2 및 3은 아래의 수학식 4 및 5와 같이 표현될 수 있다.

수학식 4

[0028]
$$MaxDrift_T = (N * I)us * kMhz * 2x(ppm)$$
$$WorstMaxDrift = MaxDrift_H$$
$$= (N * H)us * kMhz * 2x(ppm)$$
$$TotalMaxDrift = (N*H)us*kMhz*2x(ppm)*H$$
$$= N * K * 2x * 10^{-6} * H^2$$

수학식 5

[0029]
$$SuperframeClockCount = (H*N)us*kMhz$$
$$= H * N * K$$
$$MaxDriftRatio = \frac{TotalMaxDrift}{SuperframeClockCount}$$
$$= 2x * H * 10^{-6}$$

[0030] 수학식 4 및 5에 따르면, MaxDrift 손실율(MaxDriftRatio)은 주파수 오프셋(x) 및 MAS의 개수(H)에 비례할 수 있다. 이때, 주파수 오프셋(x)가 고정된 값인 경우를 가정하면, MaxDrift 손실율(MaxDriftRatio)은 MAS의 개수(H)에 의해서만 결정될 수 있다.

[0031] 또한, 수학식 5에서, H*N*K는 고정된 슈퍼프레임으로, 고정된 슈퍼 프레임은 전체 프레임의 전송 시간이다. 일례로, 고정된 슈퍼프레임(H*N*K)이 10초이고, 10개의 MAS를 사용하는 경우, 1개의 MAS마다의 고정된 슈퍼프레임은 1초가 될 수 있다. 마찬가지로, 100개의 MAS를 사용하는 경우, 1MAS 마다의 고정된 슈퍼프레임은 0.1초가 될 수 있다. 이때, 수학식 5에 따르면, 고정된 슈퍼 프레임을 MAS의 개수로 분할(H)할수록 MaxDrift 손실율(MaxDriftRatio)은 증가할 수 있다. 이에 따라, MaxDrift를 가드 타임(Guard Time)에 포함시키는 경우, 슈퍼 프레임을 몇 개의 MAS로 분할할 것인가에 대한 제약이 존재할 수 있다.

[0032] 이하에서는 첨부된 도면을 참조하여, 본 발명의 실시예를 설명하기로 한다.

[0033] 도 4는 MAS 주기에 따른 데이터 처리량을 설명하기 위해 제공되는 도면이다.

[0034] 도 4에 따르면, 피코넷 1(410)의 MAS 주기(period)는 피코넷 2(420)의 MAS 주기의 2배이다.

[0035] 일례로, 피코넷 1의 슈퍼 프레임이 256개의 MAS로 분할된 경우, 피코넷 2의 슈퍼 프레임은 512개의 MAS로 분할될 수 있다. 그러면, 피코넷 1(410)의 경우, 복수의 단말들이 3개의 MAS를 이용하여 시간 T1동안 데이터를 서로 송수신할 수 있다. 반면, 피코넷 2(420)의 경우, 복수의 단말들은 4개의 MAS를 이용하여 시간 T2동안 피코넷 1과 동일한 데이터를 송수신할 수 있다.

[0036] 즉, 피코넷 2를 구성하는 단말들의 경우, 피코넷 1의 2개의 MAS에 해당하는 시간(412)동안 데이터를 모두 전송할 수 있다. 이때, 수학식 5에서 설명한 바와 같이, MAS의 개수(H)가 증가할수록 MaxDrift 손실율 역시 증가하므로 MAS의 개수를 무한정 증가시키는 데 제약이 존재할 수 있다.

[0037] 이하에서는, MAS 주기(period)를 짧게 설정하여도 MaxDrift로 인한 시간 낭비를 감소시키는 방안에 대해 설명하기로 한다. 이때, MAS 주기가 짧아질수록 MAS의 개수는 증가할 수 있다.

[0038] 도 5는 MAC 레이어와 PHY 레이어 간에 송수신되는 신호의 흐름을 도시한 도면이다.

[0039] 도 5에 따르면, 단말에서 프레임을 수신하는 경우, 제어 인터페이스(control interface) 영역에서 TX_EN신호가 활성화(Enable)되고, PHY(Physical) 레이어에서는 프리엠블 신호의 전송을 시작할 수 있다. 그리고, RX_EN 신호가 활성화되면, PHY 레이어는 수신 상태를 유지하면서 안테나를 통해 수신되는 신호들을 탐지(Detection)할 수 있다.

[0040] 이때, PHY 레이어는 수신한 프레임을 MAC-PHY 인터페이스를 통해 MAC 레이어로 전달할 수 있다. 그러면, MAC 레이어는 수신한 프레임을 탐지할 수 있다.

[0041] 도 6은 PHY 레이어와 MAC 레이어 간의 데이터 전달 시에 이용되는 타이밍을 도시한 도면이다.

[0042] 도 6에 따르면, 송신 단말(610)은 MAC 레이어에서 TX_EN 신호를 1로 설정한 후, 송신 지연 시간(TxDelay)이 경과하면, 안테나를 이용하여 롱 프리엠블(Long Preamble) 신호를 수신 단말(620)로 전송할 수 있다. 여기서, 롱 프리엠블 신호의 길이는 고정된 값으로 기설정되며, 전파 지연 시간(Propagation Delay)을 포함할 수 있다.

[0043] 수신 단말(620)은 롱 프리엠블 신호를 수신하고, 롱 프리엠블 신호로부터 전파 지연 시간을 추출할 수 있다. 그리고, 수신 단말(620)은 추출된 전파 지연 시간이 경과한 후에, 확인 신호(Acquisiton)를 전송할 수 있다.

[0044] 일례로, 롱 프리엠블 신호가 30개의 OFDM 심볼들로 구성된 경우, 30개의 OFDM 심볼을 전송하는데 9.375μs가 소요될 수 있다. 그러면, 피코넷에서 24개의 OFDM 심볼들을 전송하는 경우, 프레임 동기화에 관한 심볼의 전송이 완료될 수 있다. 이때, SyncDelay만큼의 시간이 경과한 경우, PHY 레이어는 PHY_ACTIVE 신호를 1로 설정할 수 있다. 여기서, 동기 딜레이(SyncDelay)는 시간 동기화를 이루는데 소요되는 시간으로, 다시말해, 수신 신호를 감지할 때까지 소요되는 시간을 의미한다.

[0045] 그러면, 전체 딜레이(TotalDelay)는 아래의 수학식 6과 같이 표현될 수 있다.

수학식 6

[0046]
$$TotalDelay = TxDelay + Propagation\ Delay + 24OFDMSymbol + SyncDelay$$

[0047] 여기서, 전체 딜레이(TotalDelay)는 송신 단말과 수신 단말이 신호를 송수신하는데 소요되는 시간이다. 일례로, 전체 딜레이는 송신 단말의 TX_EN 신호가 1로 설정된 시점부터 수신 단말의 PHY_ACTIVE 신호를 1로 설정할 때까지 소요되는 시간이될 수 있다. 그리고, 송신 딜레이(TxDelay)는 손신 단말에서 신호를 전송하는데 걸리는 지연 시간으로 고정된 지연 시간 값을 갖도록 기설정되고, 24OFDMSymbol은 OFDM 심볼의 개수, 동기 딜레이(SyncDelay)는 시간 동기화를 이루는데 소요되는 시간으로 기설정될 수 있다.

[0048] 수학식 6에서 따르면, 송신 딜레이(TxDelay) 및 동기 딜레이(SyncDelay)는 고정된 값으로 기설정되고, 전파 지

연 시간은 무시할 만큼 매우 작은 값을 가지므로, 전체 딜레이(TotalDelay)는 고정된 값을 가질 수 있다. 즉, 송신 단말의 MAC 레이어에서 전송한 프레임이 수신 단말의 MAC 레이어까지 전달되어, Phy_Enable을 설정하는데 소요되는 시간(TotalDelay)는 항상 동일한 값을 가질 수 있다.

[0049] 이하에서는 도 7을 참조하여 피코넷이 1개의 단말로 구성된 경우, 주파수 오프셋을 추정하는 기술에 대해 설명하기로 한다.

[0050] UWB 시스템에서 슈퍼 프레임의 길이(Superframe period)는 65,536μs인 경우, 단말은 로컬 클럭을 이용하여 65,536μs에 해당하는 슈퍼 프레임 길이의 타이밍을 계산할 수 있다. 이때, 슈퍼 프레임의 길이가 65,536μs이고, 메인 클럭은 피코넷을 형성하는 복수의 단말들 간에 기설정될 수 있다. 일례로, 메인 클럭은 100MHz로 기설정될 수 있다.

[0051] 도 7은 상대적 주파수 오프셋을 추정하는 방법을 설명하기 위해 제공되는 도면이다.

[0052] 도 7에 따르면, 피코넷에 송신 단말(710) 1개만이 존재하는 경우를 가정하면, 송신 단말(710)은 시간 T1에서 비콘 프레임을 전송할 수 있다. 그리고, 전체 딜레이(TotalDelay) 이후에, 수신 단말(720)은 송신 단말(710)로부터 전송된 비콘 스레임을 수신할 수 있다. 이때, 수학식 6과 같이, 송신 단말의 MAC 에서 전송한 프레임을 수신 단말의 MAC에서 수신하는데 소요되는 시간, 즉, 전체 딜레이(TotalDelay)는 항상 동일한 값을 가질 수 있다.

[0053] 이때, 송신 단말의 메인 클럭은 99.8MHz, 수신 단말의 메인 클럭은 100MHz, 슈퍼 프레임의 길이는 65,536μs인 경우를 가정하면, 수신 단말은 송신 단말의 메인 클럭 및 슈퍼 프레임의 길이를 이용하여 송신 단말의 클럭 카운팅을 65667.33μs로 계산할 수 있다.

[0054] 그러면, 수신 단말은 아래의 수학식 7과 같이, 계산된 송신 단말의 클럭 카운팅과 수신 단말의 메인 클럭을 이용하여 수신 단말의 클럭 카운팅(Dev2'ClockCounting)을 계산할 수 있다. 그리고, 수신 단말은, 송수신 단말의 클럭 카운팅의 차로써 상대적 주파수 오프셋을 계산할 수 있다.

수학식 7

$$Dev1'65536us = \frac{1}{99.8*10^6} * 6553600 = 65667.33us$$

$$Dev2'ClockCountOfDev1'65536us = \frac{656673us}{100Mhz} = 6566733$$

$$Dev2'ClockCountOf65536us = 6553600$$

$$ClockOffsetBetweenDev1andDev2 = 65667334-6553600$$

$$= 13133$$

[0055]

[0056] 여기서, ClockOffsetBetweenDev1andDev2는 송수신 단말(710, 720) 간의 상대적 주파수 오프셋이다.

[0057] 수학식 7에 따르면, 수신 단말(720)은 6,566,733 개의 클럭을 카운팅하는 동안 송신 단말(710)은 6,553,600 개의 클럭을 소요하였음을 확인할 수 있다. 그러면, 65,536μs동안 송신 단말 및 수신 단말의 클럭 카운트 차이는 13,133이 될 수 있다.

[0058] 즉, 도 7을 참조하면, 수신 단말(720)은 슈퍼 프레임 길이의 2배동안 피코넷의 검색(Searching)을 수행하여, 피코넷의 존재 여부를 확인할 수 있다. 이때, 피코넷이 존재하는 경우, 수신 단말(720)은 수학식 7을 이용하여 피코넷의 시작지점(BPST)에서 비콘을 전송하는 송신 단말(710)과의 상대적 오프셋을 계산할 수 있다.

[0059] 지금까지, 도 7을 참조하여, 피코넷에 1개의 단말이 존재하는 경우, 상대적 오프셋을 계산하는 방법에 대해 설명하였다. 이하에서는, 도 8을 참조하여 피코넷에 복수의 단말이 존재하는 경우에 상대적 오프셋을 계산하는 방법에 대해 설명하기로 한다.

[0060] 도 8과 같이, 송신 단말 1 및 2(810, 820)가 모두 피코넷에 존재하는 경우, 슈퍼 프레임의 시작지점(BPST)에서 송신 단말1(810)은 비콘을 전송할 수 있다. 그러면, 수신 단말(830)은 비콘을 수신할 수 있다.

[0061] 이때, 도 9를 참조하면, 수신된 비콘이 송신 단말 1(810)에서 전송된 비콘으로 결정된 경우, 수신 단말(830)은 송신 단말 1(810)과의 상대적 주파수 오프셋(910)을 계산할 수 있다.

[0062] 보다 상세하게는, 비콘이 수신되면, 수신 단말(830)은, Phy_Enable 신호가 1로 설정되었는지 확인할 수 있다. 그리고, Phy_Enable 신호가 1로 설정된 경우, 피코넷을 검색할 수 있다.

[0063] 이때, 피코넷이 검색된 경우, 수신 단말의 MAC 레이어는 수신 단말의 PHY 레이어로부터 비콘을 전달받아 분석할 수 있다. 그리고, 비콘 분석을 통해, 수신된 비콘이 첫 번째 비콘 슬롯에 위치한 단말이 전송한 비콘으로 결정된 경우, TempReg에 저장된 값을 주파수 오프셋 값으로 스캐쥴러에 전달할 수 있다. 일례로, TempReg로는 추정된 주파수 오프셋 값을 임시로 저장하는 레지스터가 이용될 수 있다. 그러면, Working_Counter 값이 1 에서 2로, 또는 2에서 1로 변경될 수 있다. 여기서, Working Counter는 피코넷을 서칭(searching)한 이후에 클럭 카운팅을 할지, 혹은 말지를 결정하는 변수이다. 일례로, 수신 단말은 비콘(beacon)을 감지한 뒤에, 다음 비콘이 도착할 때까지 클럭 카운팅을 수행할 수 있다. 이때, Working Counter는 도착한 신호가 비콘인지 아닌지를 결정하기 위해 이용될 수 있다.

[0064] 한편, 피코넷이 검색되지 않은 경우, 수신 단말(830)은 Working_Counter 값을 확인하여 클럭 카운팅을 시작할 수 있다.

[0065] 다른 한편, 피코넷이 검색되지 않은 경우, 수신 단말의 MAC 레이어는 수신 단말의 PHY 레이어로부터 비콘을 전달받아 분석할 수도 있다. 이때, 수신된 비콘이 첫 번째 비콘 슬롯에 위치한 단말이 전송한 비콘이 아닌 경우, Working_Counter 값을 리셋시킬 수 있다.

[0066] 이하에서는, 도 9 및 10을 참조하여 상대적 주파수 오프셋을 이용하여 MaxDrift를 제거하는 방안에 대해 설명하기로 한다.

[0067] 먼저, 도 9를 참조하면, 수학식 7을 기초로 계산된 상대적 오프셋(910)을 이용하여 송신 단말(710)과 수신 단말(720) 간의 MaxDrift는 제거될 수 있다.

[0068] 이때, 송신 단말(710)의 K번째 MAS 위치(MAS_K)는 아래의 수학식 8과 같이 표현될 수 있다.

수학식 8

[0069] $$MAS_K = K*T = K*t + K*R$$

[0070] 여기서, T는 송신 단말(710)의 MAS 주기, t는 수신 단말(720)의 MAS 주기, R은 $\frac{\text{상대적 오프셋}}{256}$ 이다. 일례로, 65536μs에 256개의 MAS를 사용하는 경우, 1MAS 당 T는 $\frac{65536\mu s}{256}$ 가 될 수 있다. 동일한 방법으로, 수신 단말의 MAS 주기 t 역시 계산될 수 있다.

[0071] 수학식 8에 따르면, 수신 단말(720)의 MAC 레이어는 송수신 단말의 MAS 주기 및 상대적 주파수 오프셋을 이용하여 MAS 위치(MAS_K)를 계산할 수 있다.

[0072] 그러면, 도 10과 같이, 계산된 송신 단말(710)의 MAS 위치를 이용하여 송신 단말(710)과 수신 단말(720) 간의 동기화를 수행할 수 있다. 즉, 송수신 단말 간의 동기를 맞출 수 있다. 이를 통해, MaxDrift는 제거될 수 있다.

[0073] 또한, 본 발명의 실시예들에 따른 통신 장치, 단말 장치, 및 그의 간섭 정렬 방법은 다양한 컴퓨터로 구현되는 동작을 수행하기 위한 프로그램 명령을 포함하는 컴퓨터 판독 가능 매체를 포함한다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체는 프로그램 명령은 본 발명을 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같

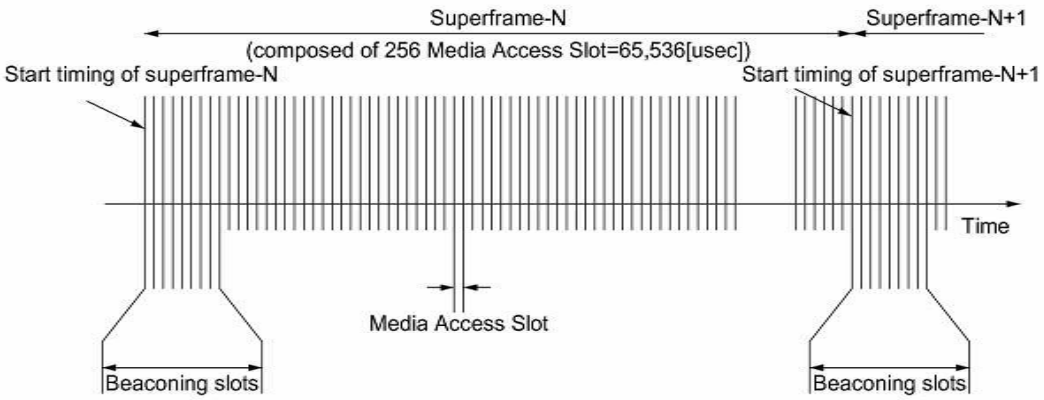
은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 상기된 하드웨어 장치는 본 발명의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

[0074] 이상과 같이 본 발명은 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다.

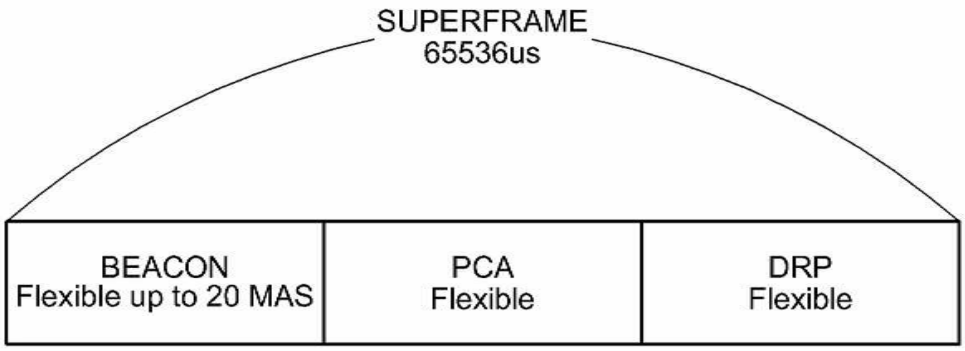
[0075] 그러므로, 본 발명의 범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니 되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

도면

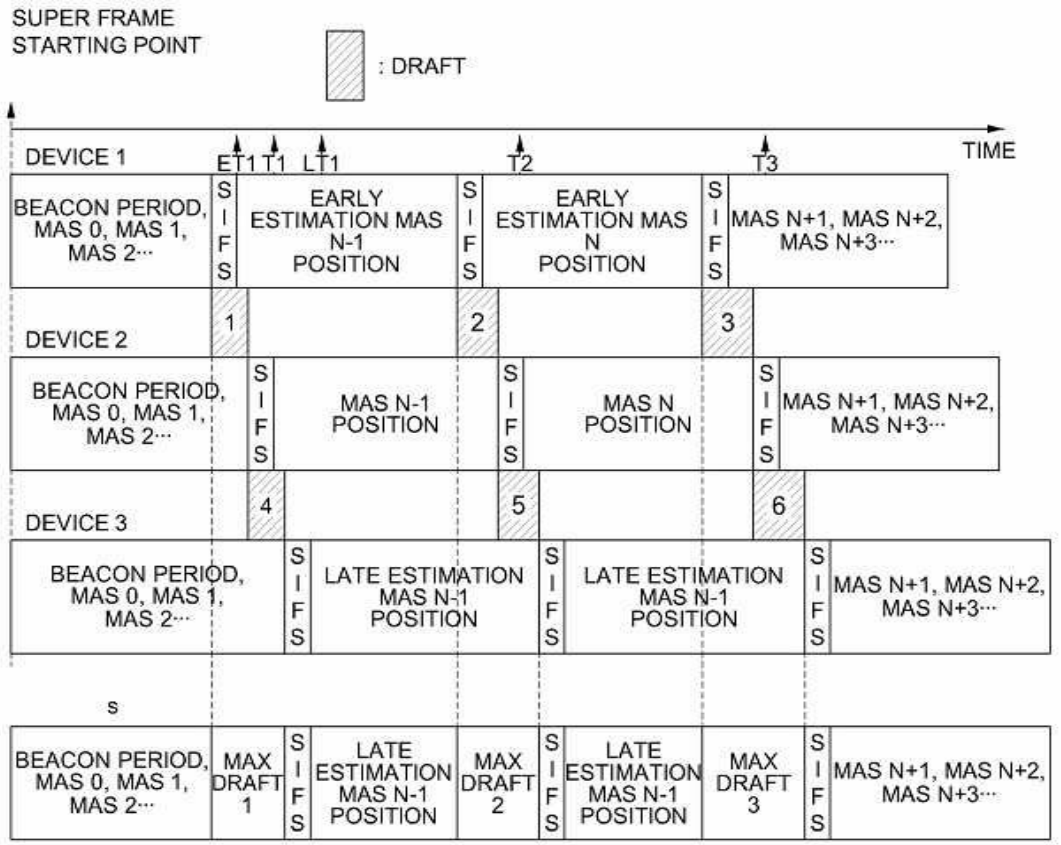
도면1



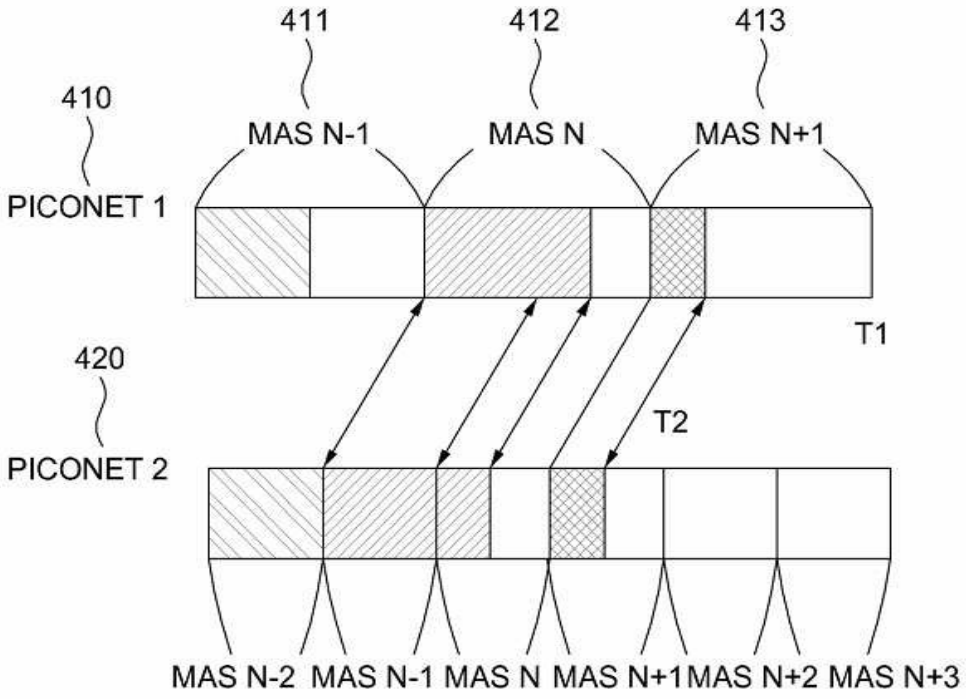
도면2



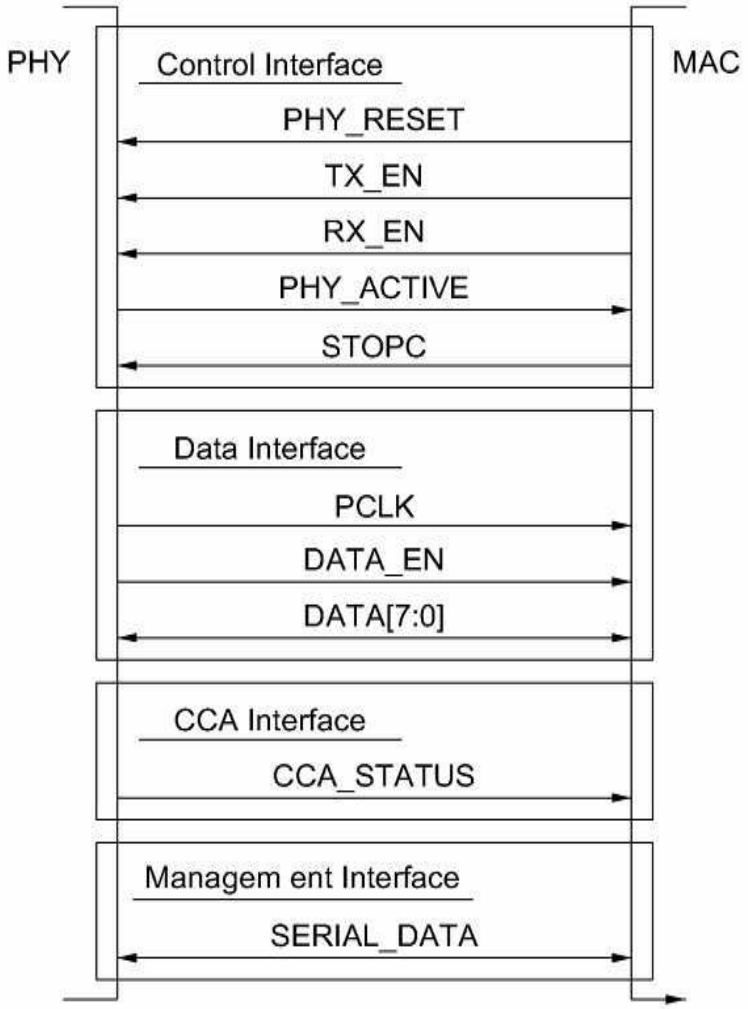
도면3


SUPER FRAME
STARTING POINT
: DRAFT
TIME
DEVICE 1
ET1
T1
LT1
T2
T3
BEACON PERIOD, MAS 0, MAS 1, MAS 2···
SIFS
EARLY ESTIMATION MAS N-1 POSITION
EARLY ESTIMATION MAS N POSITION
MAS N+1, MAS N+2, MAS N+3···
1
2
3
DEVICE 2
MAS N-1 POSITION
MAS N POSITION
4
5
6
DEVICE 3
LATE ESTIMATION MAS N-1 POSITION
s
MAX DRAFT 1
MAX DRAFT 2
MAX DRAFT 3

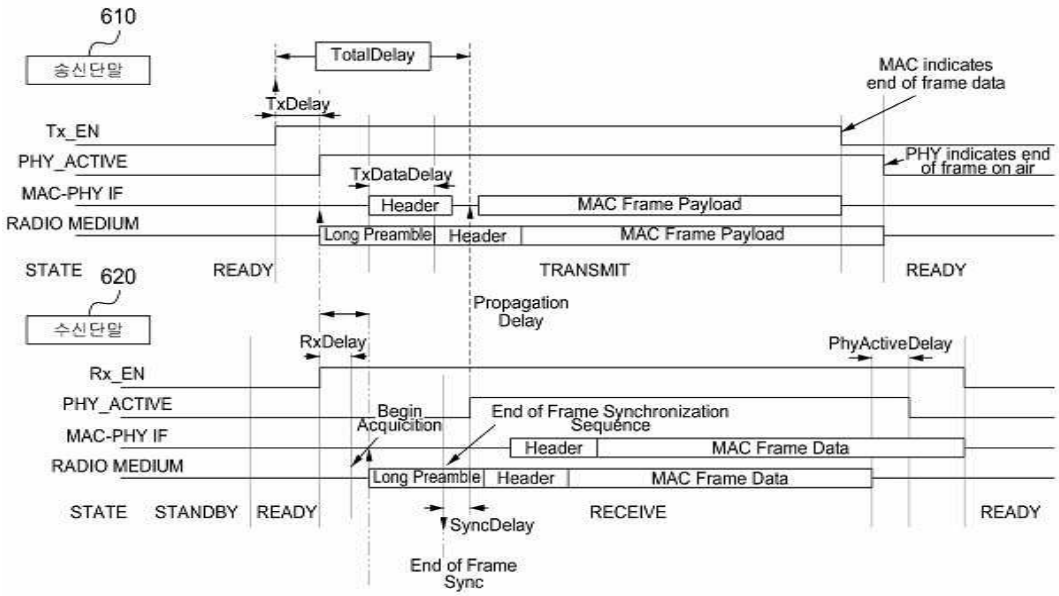
도면4


411
412
413
410
MAS N-1
MAS N
MAS N+1
PICONET 1
T1
420
T2
PICONET 2
MAS N-2
MAS N-1
MAS N
MAS N+1
MAS N+2
MAS N+3

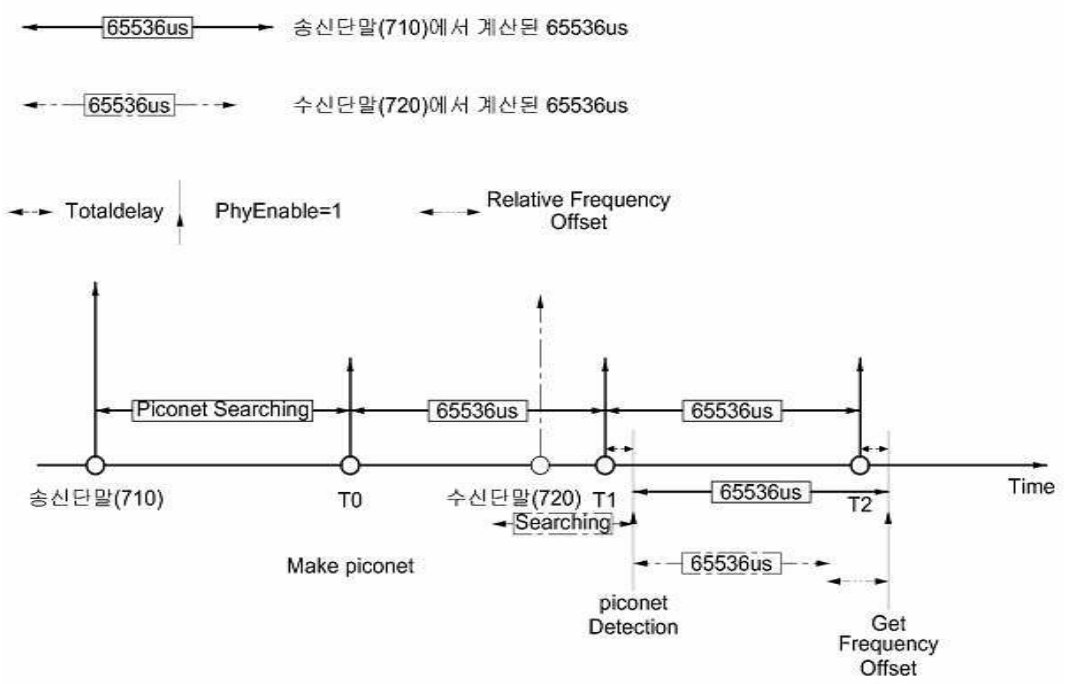
도면5


PHY
MAC
Control Interface
PHY_RESET
TX_EN
RX_EN
PHY_ACTIVE
STOPC
Data Interface
PCLK
DATA_EN
DATA[7:0]
CCA Interface
CCA_STATUS
Managem ent Interface
SERIAL_DATA

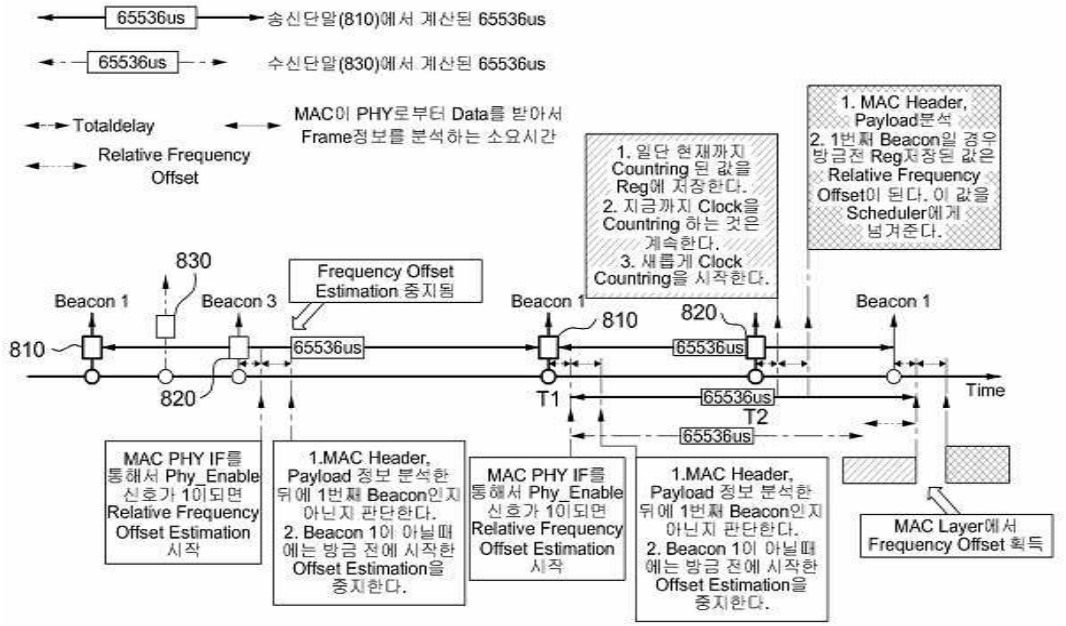
도면6


610
송신단말
TotalDelay
TxDelay
MAC indicates end of frame data
Tx_EN
PHY_ACTIVE
PHY indicates end of frame on air
TxDataDelay
MAC-PHY IF
Header
MAC Frame Payload
RADIO MEDIUM
Long Preamble
Header
MAC Frame Payload
STATE
READY
TRANSMIT
READY
620
수신단말
Propagation Delay
RxDelay
PhyActiveDelay
Rx_EN
PHY_ACTIVE
Begin Acquicition
End of Frame Synchronization Sequence
MAC-PHY IF
Header
MAC Frame Data
RADIO MEDIUM
Long Preamble
Header
MAC Frame Data
STATE
STANDBY
READY
SyncDelay
RECEIVE
READY
End of Frame Sync

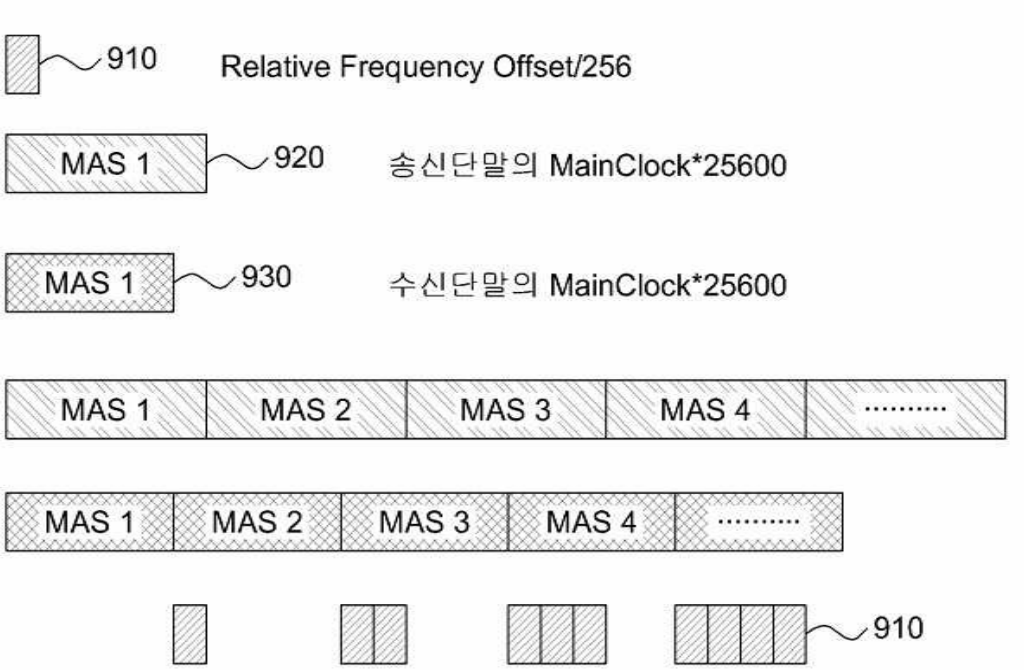
도면7


65536us
송신단말(710)에서 계산된 65536us
65536us
수신단말(720)에서 계산된 65536us
Totaldelay
PhyEnable=1
Relative Frequency Offset
Piconet Searching
65536us
65536us
송신단말(710)
T0
수신단말(720)
T1
Searching
65536us
T2
Time
Make piconet
65536us
piconet Detection
Get Frequency Offset

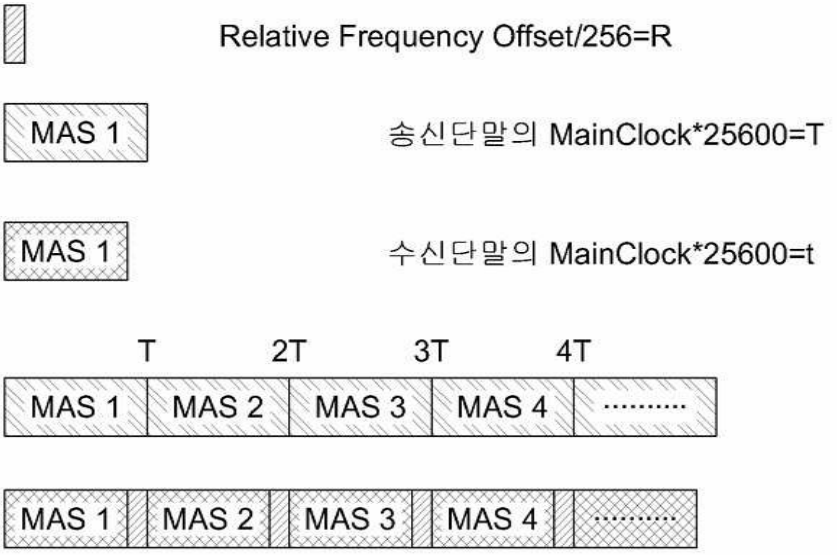
도면8


65536us
송신단말(810)에서 계산된 65536us
65536us
수신단말(830)에서 계산된 65536us
Totaldelay
Relative Frequency Offset
MAC이 PHY로부터 Data를 받아서 Frame정보를 분석하는 소요시간
1. 일단 현재까지 Countring 된 값을 Reg에 저장한다.
2. 지금까지 Clock을 Countring 하는 것은 계속한다.
3. 새롭게 Clock Countring을 시작한다.
1. MAC Header, Payload분석
2. 1번째 Beacon일 경우 방금전 Reg저장된 값은 Relative Frequency Offset이 된다. 이 값을 Scheduler에게 넘겨준다.
830
Beacon 1
Beacon 3
Frequency Offset Estimation 중지됨
Beacon 1
Beacon 1
810
810
820
820
65536us
65536us
65536us
T1
T2
65536us
Time
MAC PHY IF를 통해서 Phy_Enable 신호가 1이되면 Relative Frequency Offset Estimation 시작
1.MAC Header, Payload 정보 분석한 뒤에 1번째 Beacon인지 아닌지 판단한다.
2. Beacon 1이 아닐때에는 방금 전에 시작한 Offset Estimation을 중지한다.
MAC PHY IF를 통해서 Phy_Enable 신호가 1이되면 Relative Frequency Offset Estimation 시작
1.MAC Header, Payload 정보 분석한 뒤에 1번째 Beacon인지 아닌지 판단한다.
2. Beacon 1이 아닐때에는 방금 전에 시작한 Offset Estimation을 중지한다.
MAC Layer에서 Frequency Offset 획득

도면9


910
Relative Frequency Offset/256
MAS 1
920
송신단말의 MainClock*25600
MAS 1
930
수신단말의 MainClock*25600
MAS 1
MAS 2
MAS 3
MAS 4
MAS 1
MAS 2
MAS 3
MAS 4
910

도면10


Relative Frequency Offset/256=R
MAS 1
송신단말의 MainClock*25600=T
MAS 1
수신단말의 MainClock*25600=t
T
2T
3T
4T
MAS 1
MAS 2
MAS 3
MAS 4
MAS 1
MAS 2
MAS 3
MAS 4