



(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。 Int. Cl.

H04L 12/28 (2006.01)

H04L 29/02 (2006.01)

H04L 29/06 (2006.01)

(45) 공고일자 2006년11월27일

(11) 등록번호 10-0650114

(24) 등록일자 2006년11월20일

(21) 출원번호 10-2005-0106541

(22) 출원일자 2005년11월08일

심사청구일자 2005년11월08일

(65) 공개번호

(43) 공개일자

(73) 특허권자 인하대학교 산학협력단
인천 남구 용현동 253 인하대학교

(72) 발명자 유상조
인천 연수구 동춘동 동아아파트 113동 503호

왕이동
인천 남구 용현동 253 인하대학교 하이테크센터 431호

서창근
인천시 강화군 강화읍 남산리 138

정순규
울산 남구 야음3동 주공아파트 207동 505호

(74) 대리인 이원희

심사관 : 변형철

전체 청구항 수 : 총 19 항

(54) UWB 기반의 WPAN에서 채널 상태를 고려한 MAC 계층에서의 멀티 홉 프레임 중계 방법 및 장치

(57) 요약

본 발명은 UWB기술을 사용하는 WPAN에서 전력 소비를 효율적으로 분산시킬 수 있는 MAC 계층에서의 멀티 홉 프레임 중계 방법 및 장치에 관한 것으로, 본 발명은 송신 단말이 송신한 프레임을 수신한 수신 단말이 상기 송신 단말과의 CSF(Channel Status Factor)를 계산하여 PNC에게 전송하는 과정; 상기 PNC에서 각 수신 단말로부터의 CSF를 취합하여 CSRМ(Channel Status Relay Matrix)을 작성하고, 상기 CSRМ을 바탕으로 두 단말 사이의 최대 전송 전력값과 이에 따르는 전송률을 구한 후, 각 경로의 CSF와 전송률 정보를 바탕으로 각 송수신 단말 간의 최적 경로를 제공하는 과정;을 수행함으로써 달성될 수 있으며, 본 발명은 피코넷에 존재하는 다른 단말들로 전력 소모를 쉽게 분산시킬 수 있어 PNC의 급격한 배터리 소모를 방지하고 PNC 변경이 빈번히 일어나는 것을 막을 수 있게 된다.

대표도

도 10

특허청구의 범위

청구항 1.

송신 단말이 송신한 프레임을 수신한 수신 단말이 상기 송신 단말과의 CSF(Channel Status Factor)를 계산하여 PNC(Piconet Coordinator)에게 전송하는 제1 과정;

상기 PNC에서 각 수신 단말로부터의 CSF를 취합하여 CSRM(Channel Status Relay Matrix)을 작성하고, 상기 CSRM을 바탕으로 두 단말 사이의 최대 전송 전력값과 이에 따르는 전송률을 구한 후, 각 경로의 CSF와 전송률 정보를 바탕으로 각 송수신 단말 간의 최적 경로를 제공하는 제2 과정;

을 포함하는 것을 특징으로 하는 UWB 기반의 WPAN에서 채널 상태를 고려한 MAC 계층에서의 멀티 홉 프레임 중계 방법.

청구항 2.

제 1 항에 있어서, 상기 CSF는

송신 단말 i의 전송 전력으로 SINR 값을 나눈 값으로, 단말 i와 j사이의 순수한 채널 상태 정보를 나타내며, S는 수신 단말 j에서의 수신 신호 전력, I는 수신 단말 j에서의 간섭, N은 시스템의 노이즈, P_{Ti} 는 신호를 보내는 단말 i의 송신 전력일 때,

$CSF_{ij} = \frac{SINR_j}{P_{Ti}} = \frac{S}{(I+N)P_{Ti}}$ 인 것을 특징으로 하는 UWB 기반의 WPAN에서 채널 상태를 고려한 MAC 계층에서의 멀티 홉 프레임 중계 방법.

청구항 3.

제 1 항에 있어서, 상기 제 1 과정에서

상기 수신 단말은 상기 CSF와 함께 송신 단말의 송신 전력 레벨을 상기 PNC에게 전송하는 것을 특징으로 하는 UWB 기반의 WPAN에서 채널 상태를 고려한 MAC 계층에서의 멀티 홉 프레임 중계 방법.

청구항 4.

제 3 항에 있어서, 상기 송신 전력 레벨은

UWB시스템의 프레임 중 PLCP 헤더의 현재 쓰이지 않고 예약된(reserved) 마지막 12비트에 3비트 추가 정보 필드를 삽입하여 이에 기록될 수 있도록 된 것을 특징으로 하는 UWB 기반의 WPAN에서 채널 상태를 고려한 MAC 계층에서의 멀티 홉 프레임 중계 방법.

청구항 5.

제 1 항에 있어서, 상기 제1 과정은

송신 단말이 송신한 프레임을 수신한 수신 단말이 상기 CSF를 계산하는 단계;

상기 수신 단말은 자신이 송신 가능한 CTA(Channel Time Allocation) 구간을 인지하는 단계; 및

송신 가능한 CTA 구간이면 PNC에게 상기 계산된 CSF를 계산하는 단계;

로 이루어짐을 특징으로 하는 UWB 기반의 WPAN에서 채널 상태를 고려한 MAC 계층에서의 멀티 홉 프레임 중계 방법.

청구항 6.

제 5 항에 있어서, 상기 수신 단말은

IEEE 802.15.3 표준안에 따라 상기 CAT구간을 할당 받아 이 구간에서 CSF를 포함하는 프레임을 송신하는 것을 특징으로 하는 UWB 기반의 WPAN에서 채널 상태를 고려한 MAC 계층에서의 멀티 홉 프레임 중계 방법.

청구항 7.

제 5 항에 있어서, 상기 PNC로의 CSF의 전송은

주기적 또는 가변적인 것을 특징으로 하는 UWB 기반의 WPAN에서 채널 상태를 고려한 MAC 계층에서의 멀티 홉 프레임 중계 방법.

청구항 8.

제 1 항에 있어서, 상기 제2 과정에서

상기 CSRM는

$$CSRM = \begin{pmatrix} - & CSF_{01} & \dots & CSF_{0(N-1)} & CSF_{0N} \\ CSF_{10} & - & \dots & CSF_{1(N-1)} & CSF_{1N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ CSF_{(N-1)0} & CSF_{(N-1)1} & \dots & - & CSF_{(N-1)N} \\ CSF_{N0} & CSF_{N1} & \dots & CSF_{N(N-1)} & - \end{pmatrix}$$

로, (N+ 1)×(N+ 1)크기를 가지는 행렬이며, CSF_{ij}는 단말 i가 보낸 신호를 단말 j가 탐지해서 계산한 CSF이고, N은 PNC를 포함하는 피코넷 안의 단말의 수이며, 피코넷에서 PNC는 하나만 존재하는 것을 특징으로 하는 UWB 기반의 WPAN에서 채널 상태를 고려한 MAC 계층에서의 멀티 홉 프레임 중계 방법.

청구항 9.

제 1 항에 있어서, 상기 제2 과정에서 최대 전송 전력값은

S는 수신 단말 j에서의 수신 신호 전력, I는 수신 단말 j에서의 간섭, N은 시스템의 노이즈, P_{Ti}는 신호를 보내는 단말 i의 송신 전력, P_{UWB_Power_Limit}는 UWB 방사 제한 전력일 때,

$$\max E_b/N_0(i,j) \approx \frac{S}{(I+N)P_{Ti}} P_{UWB_Power_Limit} = CSF_{ij} \times P_{UWB_Power_Limit}$$

에 의해 구하는 것을 특징으로 하는 UWB 기반의 WPAN에서 채널 상태를 고려한 MAC 계층에서의 멀티 홉 프레임 중계 방법.

청구항 10.

제 9 항에 있어서, 멀티-밴드 OFDM에서 제공하는 다양한 전송률에 맞는 최대 전송 전력 값을 계산하면 결정된 전송률을 보장하는 최소 전송 전력으로 데이터 프레임을 전송할 수 있으므로, Required E_b/N_o 는 표준에서 미리 정의한 목표 전송 전력(E_b/N_o) 레벨 중에 상기 식의 $\max E_b/N_o(i, j)$ 보다 작거나 같은 전송 전력(E_b/N_o) 레벨 중 최대 전송률을 지원하는 전송 전력을 나타낼 때,

$P_{Ti} = \frac{\text{Required } E_b/N_o}{CSF_{ij}}$ ($P_{Ti} \leq P_{UWB_Power_Limit}$)에 따라 전송 전력을 적응적으로 조절할 수 있도록 함을 특징으로 하는 UWB 기반의 WPAN에서 채널 상태를 고려한 MAC 계층에서의 멀티 홉 프레임 중계 방법.

청구항 11.

제 1 항에 있어서, 상기 제2 과정에서 상기 CSRM에 따라 피코넷 내에서의 프레임 전송은 PNC에 의한 중계, 직접 연결, PNC를 제외한 다른 단말을 통한 중계의 경우가 발생 가능한 것을 특징으로 하는 UWB 기반의 WPAN에서 채널 상태를 고려한 MAC 계층에서의 멀티 홉 프레임 중계 방법.

청구항 12.

제 11 항에 있어서, 상기 PNC에 의한 중계인 경우,

F_{size} 는 프레임의 길이, R_{ij} 은 단말 i에서 단말 j까지의 전송률, 단말 ID 0은 PNC를 의미할 때, 송신 단말(s)에서 최종 수신

단말(d)까지의 프레임 전송 시간(T_{sd})은 $T_{sd} = T_{s0} + T_{0d} = \frac{F_{size}}{R_{s0}} + \frac{F_{size}}{R_{0d}}$ 이고, 직접 경로 전송률(PR^{sd})은,

$PR_{PNC}^{sd} = \frac{F_{size}}{T_{sd}} = \frac{R_{s0}R_{0d}}{R_{s0} + R_{0d}}$ 인 것을 특징으로 하는 UWB 기반의 WPAN에서 채널 상태를 고려한 MAC 계층에서의 멀티 홉 프레임 중계 방법.

청구항 13.

제 11 항에 있어서, 상기 직접 연결의 경우,

F_{size} 는 프레임의 길이, R_{ij} 은 단말 i에서 단말 j까지의 전송률일 때, 송신 단말(s)에서 최종 수신 단말(d)까지의 프레임 전송

시간(T_{sd})은 $T_{sd} = \frac{F_{size}}{R_{sd}}$ 이고, 직접 경로 전송률(PR_{direct}^{sd})은 $PR_{direct}^{sd} = R_{sd}$ 인 것을 특징으로 하는 UWB 기반의 WPAN에서 채널 상태를 고려한 MAC 계층에서의 멀티 홉 프레임 중계 방법.

청구항 14.

제 11 항에 있어서, 상기 PNC를 제외한 다른 단말(k)을 통한 중계의 경우,

F_{size} 는 프레임의 길이, R_{ij} 은 단말 i에서 단말 j까지의 전송률일 때, 송신 단말(s)에서 최종 수신 단말(d)까지의 프레임 전송 시간(T_{sd})은 $T_{sd} = T_{sk} + T_{kd} = \frac{F_{size}}{R_{sk}} + \frac{F_{size}}{R_{kd}}$ 이고, 전체 경로 전송률(PR_k^{sd})은 $PR_k^{sd} = \frac{F_{size}}{T_{sd}} = \frac{R_{sk}R_{kd}}{R_{sk} + R_{kd}}$ 인 것을 특징으로 하는 UWB 기반의 WPAN에서 채널 상태를 고려한 MAC 계층에서의 멀티 홉 프레임 중계 방법.

청구항 15.

제 11 항에 있어서, 상기 PNC에 의한 중계, 직접 연결, PNC를 제외한 다른 단말을 통한 중계의 경우 중에서 직접 연결의 경우보다 중계 단말을 이용한 경로 전송률이 클 경우 중계 단말을 이용하는 경로가 사용되는 것을 특징으로 하는 UWB 기반의 WPAN에서 채널 상태를 고려한 MAC 계층에서의 멀티 홉 프레임 중계 방법.

청구항 16.

제 15 항에 있어서, 상기 중계 단말을 이용하는 것이 직접 연결 경로를 이용하는 것보다 전송률 측면에서 유리할 경우, 중계 단말의 PWF(Power Weight Factor)를 중계 단말을 경유하는 전체 경로 전송률에 곱하여 계산한 PAPS(Power Aware Path Status Factor)($PAPS_k^{sd} = PR_k^{sd} \times PWF_k$)가 가장 큰 값을 가지는 단말을 중계 단말로 선택하는 것을 특징으로 하는 UWB 기반의 WPAN에서 채널 상태를 고려한 MAC 계층에서의 멀티 홉 프레임 중계 방법.

청구항 17.

제 16 항에 있어서, 상기 PWF는 0에서 1의 값을 가지며, AC전원을 사용하는 단말은 PWF가 1로 설정되고, 현재 배터리 용량이 큰 단말은 그렇지 않은 단말에 비해 큰 값의 PWF를 가지는 것을 특징으로 하는 UWB 기반의 WPAN에서 채널 상태를 고려한 MAC 계층에서의 멀티 홉 프레임 중계 방법.

청구항 18.

PNC의 표준 CTA(Channel Time Allocation) 블록의 CTA 기간(duration), CTA 할당(location), 스트림 인덱스(Stream index) 정보 다음에 MAC 어드레스로 표시되는 정보인 RlyID를 더 가지며, 상기 RlyID에는 MAC계층에서의 중계방식을 지원하기 위해 중계하는 단말의 MAC 어드레스가 기입되는 것을 특징으로 하는 UWB 기반의 WPAN에서 채널 상태를 고려한 MAC 계층에서의 멀티 홉 프레임 중계를 위한 CTA 구조.

청구항 19.

송신할 데이터가 있을 때 제어 정보를 비롯한 프레임 구성에 필요한 필드를 작성하여 프레임을 만드는 프레임 발생기;

전송할 프레임이 있을 때 임시로 저장하거나 프레임 중계를 위해 수신한 프레임이 임시로 저장되는 프레임 임시 저장소;

프레임의 특성을 파악하는 프레임 분석기;

수신한 프레임의 정보를 이용해 단말 사이의 순수한 채널 상태 정보를 나타내는 CSF(Channel Status Factor)를 계산하는 CSF 계산기;

상기 프레임 임시 저장소에 저장한 프레임의 다음 목적 단말을 선택하는 차기 단말 선택기;

상기 프레임 발생기에 현재 단말의 MAC(Media Access Control) 주소를 제공하고, 수신한 프레임이 현재 단말의 것인지를 알기 위한 MAC 주소 테이블; 및

상기 각부와 연계하여 통신상의 송수신 절차를 총괄하며, 상기 CSF를 바탕으로 MAC 계층에서의 프레임 중계를 지원하는 MAC 제어기;

를 포함하는 것을 특징으로 하는 UWB 기반의 WPAN에서 채널 상태를 고려한 MAC 계층에서의 멀티 홉 프레임 중계 장치.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 초 광대역(Ultra Wideband : 이하, UWB라 칭함) 무선 통신 기술을 사용하는 개인 무선 통신망(Wireless Personal Area Network : 이하, WPAN라 칭함)에서 전력 소비를 효율적으로 분산시킬 수 있는 MAC(Media Access Control) 계층에서의 멀티 홉 프레임 중계 방법 및 장치에 관한 것으로, 특히 두 단말 사이에 채널 상태가 좋지 않으면 데이터 프레임을 목적지 단말로 전송할 때 두 단말 사이의 속도가 낮게 되는 것을 해결하기 위해 목적지 단말로 직접 데이터를 전송하지 않고 중간의 채널 상태가 좋은 단말을 통해 데이터를 전송하여 전체적인 처리량을 높이고 부가적으로 에너지 소모를 줄일 수 있도록 하는 UWB 기반의 WPAN에서 채널 상태를 고려한 MAC 계층에서의 멀티 홉 프레임 중계 방법 및 장치에 관한 것이다.

UWB의 정의는 보통 미국 FCC(Federal Communication Commission)에서 정의한 것을 사용한다. FCC에서는 두 가지의 UWB를 정의하고 있으며, 이중 하나는 FB(Fractional Bandwidth)가 0.2보다 큰 신호일 경우이며, 다른 하나는 대역폭이 500MHz 이상일 경우이다.

이러한 정의에서 알 수 있듯이, 기존의 협대역(Narrow Band) 통신이나 주파수 확산(Spread Spectrum) 방법의 광대역 통신과 비교하여 UWB 기술이 상당히 많은 대역폭을 사용함을 알 수 있다.

상기 FB는 $(f_H - f_L)/f_C$ 로 정의할 수 있다. 여기서 f_H 는 상위 주파수이고, f_L 은 -10dB 방사점에서의 하위 주파수이다. 그리고 f_C 는 스펙트럼의 중심 주파수이다.

샤논의 정리에 따르면 통신에서의 채널 용량은 대역폭과 신호 대 잡음비(SNR)에 비례하기 때문에 대역폭을 늘이거나 신호의 세기를 높이는 두 가지 방법을 사용할 수 있다. UWB 시스템의 경우 대역폭이 매우 크기 때문에 낮은 신호 대 잡음비를 가지고 동작할 수 있으며, 전력을 효율적으로 사용할 수 있다.

현재 FCC는 UWB를 위한 대역으로 3.1 ~ 10.6GHz를 사용할 수 있도록 승인했으며, 국내의 경우 정보통신부에서 3.1 ~ 5GHz 대역을 시험 주파수 대역으로 검토하고 있다.

또한, FCC는 UWB기술의 사용으로 인해 기존 대역을 사용하던 다른 무선 통신 장비와의 간섭을 피하기 위해 실내와 실외에서의 스펙트럼 마스크(Spectrum Mask)를 정의하고 있으며, 각 나라, 지역별로 현재 독자적인 스펙트럼 마스크를 정의하고 있는 중이다.

UWB 시스템은 EIRP(Effective Isotropic Radiated Power)가 -4dBm/MHz보다 낮고 매우 적은 송신 전력을 소모하며 동작하는데, 이런 특징은 UWB 시스템을 기존에 존재하는 서비스와 함께 간섭 없이 사용이 가능하게 한다.

IEEE 802.15.3a 워킹 그룹은 물리 계층으로 UWB를 사용하는 HR-WPAN의 표준을 작성하고 있다. MAC 프로토콜은 IEEE 802.15.3에서 사용하는 MAC 프로토콜을 이용하는 것을 기본으로 하고 있다.

MAC 프로토콜의 경우 기존 MAC 프로토콜의 기능 향상을 위한 IEEE 802.15.3b 워킹 그룹이 존재하고 있으며, MBOA의 경우 멀티-밴드(Multi-Band) OFDM을 사용하는 별도의 MAC 프로토콜을 작성중이다.

IEEE 802.15.3 HR-WPAN에서 사용하는 방법은 중앙 조정자로 PNC(Piconet Coordinator)를 사용하는 TDMA(Time Division Multiple Access) 기반의 통신 방법이며, 피코넷(Piconet)을 기본 요소로 한다.

피코넷은 IEEE 802.15.3 MAC 프로토콜에서 네트워크를 구성하는 기본 요소이다. 피코넷은 많은 수의 단말(DEV, device)들이 상호간에 통신할 수 있는 애드 혹 네트워크(ad-hoc networks)의 일종이며, 디바이스라 불리는 단말과 피코넷의 중앙 조정자인 PNC가 그 기본을 이룬다.

PNC는 시간 정보, QoS(Quality of Service) 요구, 전력 절감(Power Saving), 접근 제어(Multiple Access) 등의 제어 정보로 이뤄져 있는 비콘(Beacon)을 통해 피코넷 안의 단말들을 제어한다. 그리고 한 피코넷에 포함된 단말은 PNC의 비콘 프레임을 통하여 프레임 송수신의 권리를 취득할 수 있다.

PNC와 단말의 차이는 PNC가 비콘 신호를 주기적으로 전송하는 것에 있다. 어떤 단말이든지 PNC가 될 수 있으며, 특정 단말이 PNC로 결정되기 위해서는 표준에서 정의한 특정 기준에 적합하거나 주 전원으로부터 전력을 받을 수 있어야 한다.

피코넷에서의 통신 구성은 슈퍼프레임(Superframe)에 기초한다. 일반적인 슈퍼프레임은 비콘, CAP(Contention Access Period), CTAP(Channel Time Allocation Period)의 세 부분으로 구성된다.

PNC가 보내는 비콘은 모든 단말의 동작을 제어하고 현재 피코넷의 여러 파라미터를 설정한다. 만약, CAP가 비콘에 나타나 있다면 단말은 이 구간에 CSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) 방법을 이용해서 제어 프레임을 전송하거나 비동기적인 데이터 프레임을 전송하는데 사용할 수 있다.

CTAP에서의 채널 접근 방법은 TDMA 기반의 것을 사용하고, 이 구간은 데이터 프레임이나 제어 프레임을 전송하는데 사용된다. MCTA(Management CTA)는 단말에 할당되며, 각 단말들은 Slotted-Aloha 방법을 사용하여 MCTA 구간에 접근할 수 있다.

WPAN은 개인 휴대 기기들의 효과적인 통신을 목적으로 정의된 표준이다. WPAN은 사람이나 물체 주위의 좁은 영역 정도로 통신 범위를 한정하며, 이는 적어도 10미터 안에서의 모든 방향을 포함하는 영역이다. 또한, 사람이나 물체가 정지해 있거나 움직이는 것도 포함한다. 피코넷의 범위를 확장하기 위한 방법도 IEEE 802.15.3 표준에서 정의하고 있다. IEEE 802.15.3 표준에서는 부모 피코넷(parent piconet), 자녀 피코넷(child piconet), 이웃 피코넷(neighbor piconet) 등 세 가지의 피코넷 간 관계를 정의하고 있다.

자녀 피코넷의 경우, 자녀 피코넷을 구성하는 PNC가 부모 피코넷의 PNC에게 자신의 피코넷을 위한 통신 구간을 요청할 수 있으며, 두 피코넷 사이의 통신은 허용된다. 이웃 피코넷은 자녀 피코넷과 비슷하게 부모 피코넷에 의존적이고, 부모 피코넷 PNC에게서 private CTA를 할당 받는다.

그러나, 이웃 피코넷은 부모 피코넷과 직접적인 통신을 수행하지는 않는다. 자녀 피코넷 및 이웃 피코넷을 사용하면 피코넷의 범위를 확장할 수 있고, 또한 부족한 채널을 공유할 수 있게 된다.

각 단말들이 프레임을 송수신하기 위해서는 특정 PNC가 관리하는 피코넷에 참가해야 하며, PNC가 제공하는 통신 제어 정보인 비콘의 통신 구간 할당을 통하여 프레임을 송수신하게 된다. 송수신 단말이 가깝게 존재하는 경우 직접 통신도 가능하며, 두 단말 사이에서 직접적인 통신을 할 수 없을 경우 프레임을 중계하기 위해 다중 홉 방법을 사용할 수 있다.

IEEE 802.15.3 표준에서는 MAC 계층에서의 프레임 중계 방법이 정의되어 있지 않기 때문에 프레임을 중계하기 위해서는 상위 계층의 애드 혹 라우팅 프로토콜을 사용해야 한다. AODV(Ad-hoc On-demand Distance Vector Routing)과 같은 애드 혹 라우팅 프로토콜은 경로를 결정하기 위한 기준으로 홉(hop) 수를 이용한다.

피코넷 안에서는 어떤 목적지 단말이라도 PNC를 중간 단말로 사용하면 송신 단말로부터 두 홉 만에 갈 수 있기 때문에 라우팅 프로토콜은 PNC를 중간 단말로 사용하는 것을 선호할 것이다. PNC를 거쳐 가는 경로를 한 번 결정하면, 이것의 리액티브(reactive) 특성 때문에 PNC 변경이 일어나기 전까지는 바뀌지 않는다.

결과적으로, 트래픽이 PNC로 집중되는 문제가 발생하고, PNC는 다른 단말들에 비해 배터리 소모가 증가하는 문제가 발생한다. 또한, PNC를 중계 단말로 사용하는 경우 다른 중계 단말을 사용하는 경우에 비해 송신 단말과 PNC 사이에는 낮은 전송률과 높은 송신 신호 전력이 필요하게 되는데, 이는 보통 PNC가 피코넷의 중앙에 위치하기 때문이다.

신호 전력을 많이 사용하게 되는 것은 신호 전력을 줄이려는 노력에 반하는 것이며, 링크 속도가 낮게 되는 것은 시스템의 처리량(Throughput)을 늘리고자 하는 노력에 어긋난다.

한편, 멀티 홉 방식은 두 송수신 단말이 직접 통신할 수 있는 전파 반경 내에 있을 경우에도 의미가 있다. 송수신 단말 사이의 통신 채널 상태가 좋지 않고 링크 속도가 가장 낮게 되어있다고 가정할 경우, 만약 특정 단말이 두 송수신 단말과 가까이 있고 이 특정 단말을 중계 단말로 이용할 때 채널의 상태가 좋다면 중계 단말의 사용은 송신 단말과 수신 단말 사이의 전체적인 송신 속도를 증가시킬 수 있다.

그러나 기존의 에드 혹 라우팅 프로토콜은 홉 수만을 고려하기 때문에 이러한 상황에 대처할 수 없다.

도 1은 두 가지 상황을 나타낸다. 단말 A가 단말 C에게 데이터를 전송하려 할 때 단말 A가 데이터를 전송할 수 있는 범위 밖에 단말 C가 위치해 있다.

기존의 라우팅 프로토콜들은 데이터 중계를 위해 PNC를 이용하는 것을 선호하게 되며, 이것은 단말 A가 우선 PNC에게 데이터를 전송하고 목적지 단말인 C에게 PNC가 데이터를 전송한다는 것을 의미한다. 만약, 중계 단말로써 PNC 대신 단말 B를 선택한다면 전체적인 링크 속도는 PNC를 이용한 중계 방법보다 빠를 것이다.

두 번째 상황을 보면, 한 단말(예를 들어, PNC)이 자신이 데이터를 전송할 수 있는 범위에 있는 단말 D에게 데이터를 전송하고자 할 때 단말 D에게 직접 전송하는 것보다 단말 E를 중계 단말로 사용하여 전송하면 데이터를 직접 전송하는 것보다 더 좋은 성능을 나타낼 수 있다.

기존의 방법은 중계 경로를 선택하기 위해 UWB 시스템의 특성 중의 하나인 위치 정보(Location Awareness)를 통해 얻을 수 있는 거리 정보를 변수로 이용하여 적절한 단말을 선택한다.

즉, 앞서 언급했듯이 최단 거리가 항상 좋은 선택은 될 수 없으며, 거리 정보를 알기 위한 부가적인 모듈의 필요성이 시스템의 복잡도와 비용을 증가시킬 것이다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명은 종래 MAC 계층을 고려하지 않은 멀티 홉 중계 방법을 사용했을 때 생기는 문제점을 해결하기 위해 제안된 것으로, 본 발명의 목적은 기존의 표준에서 제한한 MAC 프로토콜의 큰 틀은 깨지 않으면서 MAC 계층에서 프레임 중계를 지원하고, 중계 단말을 효율적으로 선택하기 위해 새로운 인자인 CSF(Channel Status Factor)를 제시하여 전체 네트워크의 처리율 증가와 에너지 사용의 효율적인 분산을 통한 네트워크의 생존성을 높일 수 있도록 한 UWB 기반의 WPAN에서 채널 상태를 고려한 MAC 계층에서의 멀티 홉 프레임 중계 방법 및 장치를 제공함에 있다.

발명의 구성

상기 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 UWB 기반의 WPAN에서 채널 상태를 고려한 MAC 계층에서의 멀티 홉 프레임 중계 방법은, 송신 단말이 송신한 프레임을 수신한 수신 단말이 상기 송신 단말과의 CSF를 계산하여 PNC에게 전송하는 제1 과정; 상기 PNC에서 각 수신 단말로부터의 CSF를 취합하여 CSRM(Channel Status Relay Matrix)을 작성하고, 상기 CSRM을 바탕으로 두 단말 사이의 최대 전송 전력값과 이에 따르는 전송률을 구한 후, 각 경로의 CSF와 전송률 정보를 바탕으로 각 송수신 단말 간의 최적 경로를 제공하는 제2 과정;을 포함하는 것을 특징으로 한다.

상기 CSF는 단말 사이의 순수한 채널 상태 정보를 나타내며, 상기 CSF와 함께 송신 단말의 송신 전력 레벨을 상기 PNC에게 전송하며, 송신 전력 레벨은 UWB시스템의 프레임 중 PLCP 헤더의 현재 쓰이지 않고 예약된(reserved) 마지막 12비트에 3비트 추가 정보 필드를 삽입하여 이에 기록될 수 있도록 된 것을 특징으로 한다.

또한, 상기 제1 과정은 송신 단말이 송신한 프레임을 수신한 수신 단말이 상기 CSF를 계산하는 단계; 상기 수신 단말은 자신이 송신 가능한 CTA 구간을 인지하는 단계; 및 송신 가능한 CTA 구간이면 PNC에게 상기 계산된 CSF를 계산하는 단계;로 이루어짐을 특징으로 한다.

상기 제2 과정에서 상기 CSRM에 따라 피코넷 내에서의 프레임 전송은 PNC에 의한 중계, 직접 연결, PNC를 제외한 다른 단말을 통한 중계의 경우가 발생 가능하며, 상기 PNC에 의한 중계, 직접 연결, PNC를 제외한 다른 단말을 통한 중계의 경우 중에서 직접 연결의 경우보다 중계 단말을 이용한 경로 전송률이 클 경우 중계 단말을 이용하는 경로가 사용되는 것을 특징으로 한다.

그리고 상기 중계 단말을 이용하는 것이 직접 연결 경로를 이용하는 것보다 전송률 측면에서 유리할 경우, 중계 단말의 PWF(Power Weight Factor)를 중계 단말을 경유하는 전체 경로 전송률에 곱하여 계산한 PAPS(Power Aware Path Status Factor)가 가장 큰 값을 가지는 단말을 중계 단말로 선택하며, 상기 PWF는 0에서 1의 값을 가지며, AC전원을 사용하는 단말은 PWF가 1로 설정되며, 현재 배터리 용량이 큰 단말은 그렇지 않은 단말에 비해 큰 값의 PWF를 가지는 것을 특징으로 한다.

상기 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 UWB 기반의 WPAN에서 채널 상태를 고려한 MAC 계층에서의 멀티 홉 프레임 중계 장치는, 송신할 데이터가 있을 때 제어 정보를 비롯한 프레임 구성에 필요한 필드를 작성하여 프레임을 만드는 프레임 발생기; 전송할 프레임이 있을 때 임시로 저장하거나 프레임 중계를 위해 수신한 프레임이 임시로 저장되는 프레임 임시 저장소; 프레임의 특성을 파악하는 프레임 분석기; 수신한 프레임의 정보를 이용해 CSF를 계산하는 CSF 계산기; 상기 프레임 임시 저장소에 저장한 프레임의 다음 목적 단말을 선택하는 차기 단말 선택기; 상기 프레임 발생기에 현재 단말의 MAC 주소를 제공하고, 수신한 프레임이 현재 단말의 것인지를 알기 위한 MAC 주소 테이블; 및 통신상의 송수신 절차를 총괄하는 MAC 제어기;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

이하, 본 발명의 바람직한 실시 예를 첨부된 도면을 참조하여 보다 상세하게 설명한다. 단, 하기 실시 예는 본 발명을 예시하는 것일 뿐 본 발명의 내용이 하기 실시 예에 한정되는 것은 아니다.

본 발명은 IEEE 802.15.3 HR-WPAN의 MAC 프로토콜과 멀티-밴드 OFDM을 기본으로 하며, 송신 단말의 방사 전력과 무관하게 채널의 상태 정보를 표시하는 CSF(Channel Status Factor)를 정의하고, 이를 중계 단말의 선택을 위해 이용한다.

CSF는 다음의 수학적 식 1과 같이 수신기 j에서의 SINR_j에 대한 송신기 i의 송신 전력 P_{Ti}의 비로 정의한다. CSF_{ij}는 송신 단말 i의 전송 전력으로 SINR 값을 나눈 값이며, 이는 단말 i와 j사이의 순수한 채널 상태 정보를 나타낸다.

S는 수신 단말 j에서의 수신 신호 전력, I는 수신 단말 j에서의 간섭, N은 시스템의 노이즈, P_{Ti}는 신호를 보내는 단말 i의 송신 전력이다. 각 송신 단말은 수신기가 송신 측의 신호 전력을 알게 하기 위해 PHY 헤더에 송신 전력 정보를 포함하여 전송한다.

$$\text{수학적 식 1}$$

$$CSF_{ij} = \frac{SINR_j}{P_{Ti}} = \frac{S}{(I+N)P_{Ti}}$$

IEEE 802.15.3a 제안 표준 중의 하나인 멀티-밴드 OFDM에 따르면 PHY 서비스 프리미티브(Service Primitive)인 TXPWR_LEVEL 레인징(Raging)을 통하여 송신 전력 레벨로 1에서 8 까지의 값이 MAC 계층에서 사용되는데, 이는 MIB(Management Information Base)에 정의된 가능한 TxPowerLevel 속성들을 알려준다.

이 값은 현재 단말 내에서만 쓰여지는 것으로 본 발명에서는 이를 CSF 값과 함께 송신 전력 레벨을 PNC에게 보고해야 한다. 이를 위해 PLCP(Physical Layer Convergence Protocol) 헤더에 현재 쓰이지 않고 예약된(reserved) 마지막 12bits에 포함시킬 수 있다.

따라서 본 발명에서는 PLCP 헤더의 마지막 12bits에 3bits의 추가 정보 필드를 삽입하고, 여기에 송신기의 전송 전력을 기록할 수 있도록 도 2와 같이 PLCP 헤더를 수정한다.

도 3a는 한 단말이 프레임을 전송할 때 신호를 수신할 수 있는 범위에 있는 모든 다른 이웃(neighbor) 단말들은 해당 프레임을 수신할 수 있음을 나타낸다. 이 때 각 단말들(수신 단말 및 이웃 단말)은 도 3b와 같이 송신 단말과의 채널 상태 계수 CSF를 계산하여 주기적으로 PNC에게 이 정보를 전송한다.

CSF를 수신한 PNC는 피코넷 내의 단말 간 채널 상태를 전체적으로 알 수 있으며, 요구 전송 전력(E_b/N_o : Ratio of Energy per Bit(E_b) to the Spectral Noise Density(N_o))을 통하여 각 단말 간에 가능한 최대 전송률을 추정할 수 있다. 여기서, 상기 전송 전력(E_b/N_o)은 데이터 1bit당 신호전력과 잡음전력의 비를 dB로 표시하여 무선통신에서 복조 용량과 성능의 지표로 사용하며, 이에 따라 목표하는 BER(Bit Error Rate)을 얻기 위해서는 최소한 해당 BER의 E_b/N_o 이상의 전력으로 송신해야 한다.

PNC는 각 단말의 CSF 정보를 수집하여 피코넷 내에 존재하는 각 단말의 채널 상태 정보를 기록하고 중계 경로를 선택하기 위해 $(N+1) \times (N+1)$ 크기를 가지는 행렬인 CSRM(Channel Status Relay Matrix)을 작성하며 이를 수학식 2에서 정의한다.

여기서, N은 PNC를 포함하는 피코넷 안의 단말의 수이고, 피코넷에서 PNC는 하나만 존재한다. IEEE 802.15.3 표준에 따르면 N+1은 256보다 크지 않다. 수학식 2에서 CSF_{ij} 는 단말 i가 보낸 신호를 단말 j가 탐지해서 계산한 채널 상태 계수를 나타낸다. $i=j$ 일 경우에 CSF_{ij} 는 존재하지 않는다.

$$\text{수학식 2}$$

$$CSRM = \begin{pmatrix} - & CSF_{01} & \dots & CSF_{0(N-1)} & CSF_{0N} \\ CSF_{10} & - & \dots & CSF_{1(N-1)} & CSF_{1N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ CSF_{(N-1)0} & CSF_{(N-1)1} & \dots & - & CSF_{(N-1)N} \\ CSF_{N0} & CSF_{N1} & \dots & CSF_{N(N-1)} & - \end{pmatrix}$$

CSRM을 바탕으로 PNC는 단말 i와 j사이의 최대 전송률(Maximum Link Speed)를 계산한다. 단말 i가 UWB 전력 제한 내에서 전력 레벨을 높일 수 있다면, 최대 E_b/N_o 와 동시에 최대 전송률을 확보할 수 있기 때문에 최대 전송 전력 값과 이에 따르는 전송률을 구하는 방법이 필요하다.

CSF를 이용하여 송신 단말 i와 수신 단말 j 사이에서 가능한 최대 전송률을 계산하기 위해 수학식 3과 같은 방법으로 두 단말 간에 가능한 최대 E_b/N_o 를 계산한다. 여기서 $P_{UWB_Power_Limit}$ 는 UWB 방사 제한 전력이다. 단말 i에서 j까지의 채널의 최대 E_b/N_o 는 수학식 3에서 정의한다.

$$\text{수학식 3}$$

$$\max E_b/N_o(i,j) \approx \frac{S}{(I+N)P_{Ti}} P_{UWB_Power_Limit} = CSF_{ij} \times P_{UWB_Power_Limit}$$

IEEE 802.15.3a의 UWB WPAN 표준에는 E_b/N_o 의 몇 가지 목표레벨과 그에 대응하는 단말간의 전송률을 정의하고 있다. WPAN에서의 전송률은 이렇게 미리 정의한 가능 전송률 중에서 선택하는데, 수학식 3으로 계산한 $\max E_b/N_o(i, j)$ 가 최대 전송률을 위한 목표 E_b/N_o 보다 클 경우 수학식 3의 $\max E_b/N_o(i, j)$ 에 맞는 송신 전력을 사용할 필요가 없기 때문에 단말 i의 전송 전력을 항상 최대로 하지 않고 적응적으로 조절할 수 있다.

따라서 멀티-밴드 OFDM에서 제공하는 다양한 전송률에 맞는 최대 E_b/N_o 를 계산하면 결정된 전송률을 보장하는 최소 전송 전력으로 데이터 프레임 전송할 수 있는데, 이 방식을 지원하기 위한 전송 전력의 조정 방법을 수학식 4에서 정의한다.

수학식 4에서 Required E_b/N_o 는 표준에서 미리 정의한 목표 E_b/N_o 레벨 중에 수학식 3의 $\max E_b/N_o(i, j)$ 보다 작거나 같은 E_b/N_o 레벨 중 최대 전송률을 지원하는 E_b/N_o 를 의미한다.

$$\text{수학식 4}$$

$$P_{Ti} = \frac{\text{Required } E_b/N_o}{CSF_{ij}} \quad (P_{Ti} \leq P_{UWB_Power_Limit})$$

본 발명에서는 Required $E_b/N_o(i,j)$ 에 의해 정해진 전송률을 R_{ij} 라 정의하고, 송수신 단말 간의 프레임 전송을 위한 모든 가능한 경로의 전체 전송률을 계산한다.

CSRM에 따라 피코넷 내에서의 프레임 전송은 도 4에 나타난 바와 같이, 세 가지의 가능한 경로가 존재한다.

첫 번째는 송신 단말 s에서 목적지 단말 d까지의 PNC에 의한 중계이고, 두 번째는 송수신 단말 간 직접 경로 전송이며, 세 번째는 PNC를 제외한 중계 단말을 거쳐 프레임을 전송하는 경우이다.

1: PNC에 의한 중계인 경우

송신 단말 s에서 최종 수신 단말 d까지의 프레임 전송 시간 T_{sd} 는 수학식 5와 같이 나타내고, PNC를 경유하는 전체 경로 전송률(path rate) PR_{PNC}^{sd} 는 수학식 6과 같이 나타낸다. F_{size} 는 프레임의 길이이며, R_{ij} 은 단말 i에서 단말 j까지의 전송률을 나타낸다. 여기서 단말 ID 0은 PNC를 의미한다.

수학식 5

$$T_{sd} = T_{s0} + T_{0d} = \frac{F_{size}}{R_{s0}} + \frac{F_{size}}{R_{0d}}$$

수학식 6

$$PR_{PNC}^{sd} = \frac{F_{size}}{T_{sd}} = \frac{R_{s0}R_{0d}}{R_{s0} + R_{0d}}$$

2: 직접 연결의 경우

송신 단말 s에서 최종 수신 단말 d까지의 프레임 전송 시간 T_{sd} 는 수학식 7과 같이 나타내고, 송신 단말 s에서 수신 단말 d로의 직접연결의 경로 전송률(path rate) PR_{direct}^{sd} 는 수학식 8과 같이 나타낸다.

수학식 7

$$T_{sd} = \frac{F_{size}}{R_{sd}}$$

수학식 8

$$PR_{direct}^{sd} = R_{sd}$$

3: PNC를 제외한 다른 단말 k를 통한 중계의 경우

송신 단말 s에서 최종 수신 단말 d까지의 프레임 전송 시간 T_{sd} 는 수학식 9와 같이 나타내고, PNC를 경유하는 전체 경로 전송률(path rate) PR_k^{sd} 는 수학식 10과 같이 나타낸다.

수학식 9

$$T_{sd} = T_{sk} + T_{kd} = \frac{F_{size}}{R_{sk}} + \frac{F_{size}}{R_{kd}}$$

수학식 10

$$PR_k^{sd} = \frac{F_{size}}{T_{sd}} = \frac{R_{sk}R_{kd}}{R_{sk} + R_{kd}}$$

여기서, k는 유일한 값이 아니다. 이는 최대 (N-3)개의 선택 가능한 중계 단말이 피코넷 안에 존재할 수 있기 때문이다 (PNC, 송신 단말, 목적지 단말은 포함하지 않는다).

PNC는 각 경로의 CSF와 이를 통해 계산한 전송률의 정보를 이용하여 각 송수신 단말 간의 최적 경로를 제공할 수 있다. 중계 단말을 이용한 경로 전송률이 수학식 11과 같이 직접 경로의 전송률보다 클 경우 중계 단말을 이용하는 경로가 사용된다.

수학식 11

$$PR_{korPNC}^{sd} > PR_{direct}^{sd}$$

만약, 한 단말이 AC전원을 사용한다면, 이때 에너지는 무한히 공급될 수 있다고 생각되기 때문에 그 단말은 중계 단말로 빈번히 선택되어도 네트워크의 생존 시간과 관계없지만 배터리를 사용하는 보통의 단말들은 에너지가 제한되어 있기 때문에 중계 단말로 자주 선택되는 것은 적절하지 않다. 이에 따라 본 발명에서는 각 단말의 PWF(Power Weight Factor)를 정의하고, 이 값은 0에서 1까지 값을 가진다.

AC전원을 사용하는 단말은 PWF를 1로 설정하고 현재 배터리 용량이 큰 단말은 그렇지 않은 단말에 비해 큰 값의 PWF를 갖게 된다. PWF는 프레임에 포함되어 PNC에게 쉽게 알려줄 수 있다.

PNC를 포함하여 중계 단말을 이용하는 것이 직접 경로를 사용하는 것보다 전송률 측면에서 유리할 경우 수학식 11을 만족하는 중계 단말 경로들에 대해 가능한 중계 단말의 PWF를 곱하여 수학식 12에서와 같이 PAPS(Power Aware Path Status Factor)를 계산하여 PAPSF 중 가장 큰 값을 가지는 단말을 선택하면, 선택된 단말(SRD : Selected Relay

Device)이 중계 단말 (SRD^{sd})이 된다(수학식 13). PNC는 송수신 단말 간 자원을 할당할 때 비콘 내에 송신 및 중계 단말의 추정된 전송률과 송신 전력 크기를 포함하여 알려주게 된다.

수학식 12

$$PAPS_{k}^{sd} = PR_{k}^{sd} \times PWF_{k}$$

수학식 13

$$SRD^{sd} = k | \max_{\forall k} PAPS_{k}^{sd}$$

본 발명에서 개시하는 채널 상태를 통한 전체 경로 전송률의 계산은 PHY계층의 전송률 조정이나, 전력 관리 동작과는 독립적으로 계산되기 때문에 PHY 계층에서 결정되는 값들과 차이가 생길 수 있다.

이런 경우, MAC 계층은 PHY 계층에서 결정된 전송률을 따르고 자신의 정보 테이블을 수정한다. 전력을 고려한 다중 홉 프레임 중계 MAC 프로토콜에서 채널 시간을 할당하는 새로운 방법을 개시하고 이를 RCTA(Relay Channel Time Allocation)라 정의한다.

RCTA를 위한 CTA의 변형된 구조를 도 5에서 나타낸다.

이는 PNC의 표준 CTA(Channel Time Allocation) 블록의 CTA 기간(duration), CTA 할당(location), 스트림 인덱스(Stream index) 정보 다음에 RlyID 정보를 더 갖는다.

상기 RlyID는 SrcID와 DestID와 같이 MAC 어드레스로 표시되는 정보이며, 표준에서는 SrcID와 DestID만 있지만 본 발명에서는 MAC계층에서의 중계방식을 지원하기 위해 RlyID를 추가하여 사용하며, RlyID에는 중계하는 단말의 MAC 어드레스가 기입된다.

만약, PNC가 중계 단말로 한 단말을 선택하면 RCTA는 송신 단말과 중계 단말에 알려지고 동시에 중계 단말과 목적지 단말에도 알려지며 이러한 정보는 비콘 IE(Information Element) CTA 블록에 포함되어 제공된다.

그리고 기존의 WPAN MAC 프로토콜이 MAC 계층에서의 중계 방법을 지원하지 못해 라우팅 프로토콜을 이용한 중계 방법을 지원함을 도 6에 나타내어 MAC 계층에서 중계 방법을 이용한 본 발명의 프레임 전달방법을 나타내는 도 7과 비교한다.

송신 단말과 중계 단말은 PNC에게서 독립적으로 채널 자원을 요청해야 하고, PNC는 중계 단말이 되는 것을 선호한다. 그러나 도 7에 나타난 것과 같이 송신 단말 만이 채널 자원 요청을 한 번 해야 하고, PNC는 송신 단말과 중계 단말에게 필요한 채널 자원을 가능한 모두 할당해 데이터 전송을 마쳐야 한다.

상기한 바와 같이 SRD^{sd} 를 선택한 뒤 다른 라우팅 프로토콜에 비해 링크 속도의 총합이 가장 높을 값을 구할 수 있다. 도 6 및 도 7에서 D는 목적지 단말, S는 송신 단말, R은 중계 단말을 의미한다.

도 8은 본 발명에 따른 UWB 기반의 WPAN에서 채널 상태를 고려한 MAC 계층에서의 멀티 홉 프레임 중계 방법의 개략적인 흐름도를 도시한 것으로, 송신 단말이 송신한 프레임을 수신한 수신 단말이 상기 송신 단말과의 CSF를 계산하여 PNC에게 전송하게 된다(S100).

이에 따라 상기 PNC에서 각 수신 단말로부터의 CSF를 취합하여 중계 경로를 선택하기 위한 CSRM을 작성하고, 상기 CSRM을 바탕으로 두 단말 사이의 최대 전송 전력값과 이에 따르는 전송률을 구한 후, 각 경로의 CSF와 전송률 정보를 바탕으로 각 송수신 단말 간의 최적 경로를 제공하게 된다(S200).

도 9는 도 8의 단계(S100)의 상세 흐름도를 도시한 것으로, 피코넷 안의 각 단말들은 PNC가 제어하는 것에 맞추어 통신을 수행한다.

단말이 특정 단말의 유효 신호 방사 영역에 존재한다면 그 영역 안에 존재하는 다른 단말들은 자신이 목적지가 아니더라도 그 신호를 해석할 수 있다. 이를 통해 유효 신호 영역 안의 단말들은 채널 정보를 해석할 수 있는데(수학식 1), 이것은 두 단말이 서로 연결될 수 있다는 의미이며, 해석된 채널 정보는 PNC에게 보고한다.

이때의 보고 방법은 IEEE 802.15.3 표준에서 정의하고 있는 일반적인 통신 방법을 따른다. PNC로의 보고는 주기적으로 이루어지며, 보고 주기는 가변적일 수 있다.

도 9에서는 각 단말이 PNC에게 CSF를 보고하기 위해 CSF를 계산하고 IEEE 802.15.3 표준안에 제시되어 있는 방식을 이용해 CTA 구간을 할당 받아 그 구간에서 CSF를 포함하는 프레임을 송신한다. 단말은 수신 가능한 범위 내에 있는 다른 단말이 자신에게 보내는 프레임이 아니더라도 해당 프레임을 수신할 수가 있다(S101).

이 프레임을 통해 CSF를 계산하고(S103), 송신 가능한 CTA 구간이 언제인지를 알 수 있다(S105). 송신 가능한 CTA 구간이 되면(S107) PNC에게 계산한 CSF를 포함하는 프레임을 송신한다(S109).

도 10은 상기 도 8의 단계(S200)의 상세 흐름도로서, 상기 수학식 2 내지 수학식 13을 모두 포함하고 있다.

우선, PNC가 각 단말에게서 취합한 CSF를 이용해 CSRM을 작성하고 각 전송 경로에 따른 E_b/N_o 를 계산해서 이에 맞는 전송률을 구할 수 있으며 PAPSF를 계산해 중계단말을 선택할 수 있다. 즉, PNC는 각 단말에서 CSF와 PWF를 취합하고(S201), CSF를 이용해 CSRM을 작성한다(S203).

송신 단말과 수신 단말이 같지 않은 경우(S211)의 $(N+1) \times (N+1)$ 크기를 가지는 CSRM의 각 항에 대한 E_b/N_o 를 계산(S213)하기 위해 순환문을 사용하고(S205),(S207),(S209),(S219),(S221), E_b/N_o 에 따른 전송률(S215)과 송신전력을 계산한다(S217).

계산한 전송률을 이용해서 PNC에 의한 중계에 따른 전체 전송률(S223),(S225), 직접연결 했을 경우의 전체 전송률(S227),(S229), PNC를 제외한 다른 단말 k를 통한 중계의 경우 전체 전송률(S237),(S239)을 구할 수 있다.

여기서, PNC를 제외한 다른 단말 k를 통한 중계의 경우 k 단말을 통하는 여러 경로가 있기 때문에 순환문을 사용해서 계산을 하고(S231),(S233),(S243), k 단말이 PNC이면 앞서 계산했기 때문에 다시 계산할 필요가 없고, 송신 단말이면 의미가 없는 계산이며, 목적지 단말이면 중계 단말을 통하지 않는 경우이기 때문에 k 단말을 통한 중계의 경우에 대한 계산이 필요가 없다(S235).

그리고 각 단말에 대한 PAPSF를 계산해서(S241) k 단말이나 PNC를 통하는 중계 경로의 경우가 직접연결에 비해 전체 전송률이 높을 경우(S245) k 단말이나 PNC 중에서 PAPSF가 가장 큰 단말을 중계 단말로 사용한다(S247).

도 11은 본 발명에 따른 UWB 기반의 WPAN에서 채널 상태를 고려한 MAC 계층에서의 멀티 홉 프레임 중계 장치의 구성도를 도시한 것으로, 프레임 발생기(110), 프레임 임시 저장소(120), 프레임 분석기(130), CSF 계산기(140), 차기 단말 선택기(150), MAC 주소 테이블(160), 타이머(170), 백오프 타이머(171), 동기 타이머(172), MAC 제어기(180), 매체 감지부(190), 일반 무선 이동 단말 모듈(210), 안테나 모듈(220)로 구성된다.

상기 프레임 발생기(110)는 보내기 위한 데이터가 있을 때 제어 정보를 비롯한 프레임 구성에 필요한 필드를 작성하여 프레임을 만들며, 프레임 임시 저장소(120)에는 전송할 프레임이 있을 때 임시로 저장하거나 프레임 중계를 위해 수신한 프레임이 임시로 저장된다.

상기 프레임 분석기(130)는 프레임의 특성을 파악하며, CSF 계산기(140)는 수신한 프레임 안의 정보를 이용해 상기 수학식 1과 같이 단말 사이의 순수한 채널 상태 정보를 나타내는 CSF를 계산한다.

차기 단말 선택기(150)는 상기 수학식 13을 수행하는 블록으로, 상기 프레임 임시 저장소(120)에 저장한 프레임의 다음 목적 단말을 선택하며, MAC 주소 테이블(160)은 상기 프레임 발생기(110)에 현재 단말의 MAC 주소를 제공하고, 수신한 프레임이 현재 단말의 것인지를 알기 위해 이용된다.

그리고 타이머(170)는 백오프 및 동기화를 하기 위한 기준 시간을 제공하고, 백오프 타이머(171)은 백오프 운용 시간 정보를 제공하고, 동기 타이머(172)는 PNC와 동기를 맞추기 위해 이용된다.

MAC 제어기(180)는 본 발명에서의 통신상의 송수신 절차를 총괄하며, 상기 각부(110-170)와 연계하여 상기 CSF를 바탕으로 MAC 계층에서의 프레임 중계를 지원하며, MAC 계층에서의 프레임 중계를 지원하기 위해 상기 수학식 2 내지 수학식 12를 수행하게 된다.

그리고 상기 매체 감지부(190)는 매체의 사용 유무를 감지하고, 상기 일반 무선 이동 단말 모듈(210)은 실제적인 통신을 수행한다.

상기 매체는 통신이 실제로 이루어지는 매개체를 의미하며, 유선환경일 경우에 매체가 광섬유, 동축케이블, UTP케이블 등이 있을 수 있다. 그러나 무선은 유선환경과 같이 특별한 매체 없이 자유 공간 안에서 통신이 이루어지기 때문에 매체는 공기라 할 수 있을 것이며, 이에 따라 매체의 사용유무를 감지하여 다른 단말이 매체를 사용하지 않는다면 해당 노드가 통신을 할 수 있는 기회를 가질 수가 있게 되는 것이며, 상기 매체 감지부(190)가 일반 무선 이동 단말 모듈(210)과 연결되어 안테나를 통해서 들어온 신호를 통해 매체가 사용 중인지 아닌지 알 수 있게 되는 것이다.

상술한 바와 같이, 본 발명의 바람직한 실시 예를 참조하여 설명하였지만 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허 청구 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 또는 변형하여 실시할 수 있다.

발명의 효과

이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명에 따른 UWB 기술을 사용하는 WPAN에서 전력 소비를 효율적으로 분산시킬 수 있는 MAC 계층에서의 멀티 홉 프레임 중계 방법 및 장치는 MAC 계층에서의 프레임 중계 방법을 이용해 높은 데이터 처리량을 가지며 전체 전력 소모를 감소시킬 수 있음을 기대할 수 있다. 또한, PNC가 중계 단말로 빈번하게 선택되는 것을 막을 수 있기 때문에 PNC의 급격한 배터리 소모를 방지할 수 있고, PNC의 배터리 잔량이 적음으로 인해 발생할 수 있는 PNC 변경이 빈번해지는 것을 줄일 수 있음을 기대할 수 있다.

도면의 간단한 설명

도 1은 종래 MAC 계층에서의 프레임 중계 개념을 나타낸 도.

도 2는 본 발명에 따른 멀티 홉 프레임 중계를 지원하기 위해 수정한 UWB(Multi-Band OFDM)의 PLCP 헤더를 나타낸 도.

도 3a 및 도 3b는 본 발명에서 각 단말에서의 CSF 계산과 전달을 설명하기 위한 도.

도 4는 본 발명에 따른 MAC 계층에서의 멀티 홉 프레임 중계 방법을 사용할 경우에 가능한 세 가지 경로를 나타낸 도.

도 5a 및 도 5b는 IEEE 802.15.3 표준안에서 제시하는 CTA 블록 및 본 발명에서 제안하는 RCTA를 지원하기 위해 수정한 CTA 구조를 나타낸 도.

도 6은 기존의 WPAN MAC 프로토콜이 MAC 계층에서 중계 방법을 지원하지 못하고 라우팅 프로토콜을 이용해 중계 방법을 지원함을 나타낸 도.

도 7은 MAC 계층에서의 중계 방법을 이용한 본 발명의 프레임 전달방법의 동작 예를 나타낸 도.

도 8은 본 발명에 따른 UWB 기반의 WPAN에서 채널 상태를 고려한 MAC 계층에서의 멀티 홉 프레임 중계 방법의 개략적인 흐름도.

도 9는 본 발명에 따른 멀티 홉 프레임 중계 방법에 의한 단말에서 CSF를 주기적으로 PNC에게 알리는 과정의 흐름도.

도 10은 본 발명에 따른 멀티 홉 프레임 중계 방법에 의한 PNC에서 CSRM을 작성하고 중계단말을 선택하는 과정을 나타낸 흐름도.

도 11은 본 발명에 따른 UWB 기반의 WPAN에서 채널 상태를 고려한 MAC 계층에서의 멀티 홉 프레임 중계 장치의 구성도.

<도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명>

110 : 프레임 발생기 120 : 프레임 임시 저장소

130 : 프레임 분석기 140 : CSF 계산기

150 : 차기 단말 선택기 160 : MAC 주소 테이블

170 : 타이머 171 : 백오프 타이머

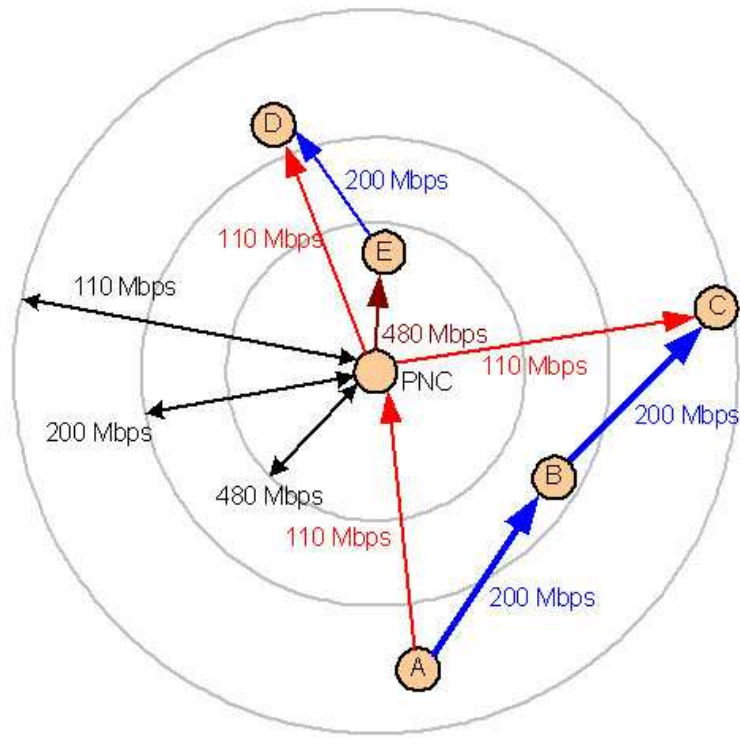
172 : 동기 타이머 180 : MAC 제어기

190 : 매체 감지부 210 : 일반 무선 이동 단말 모듈

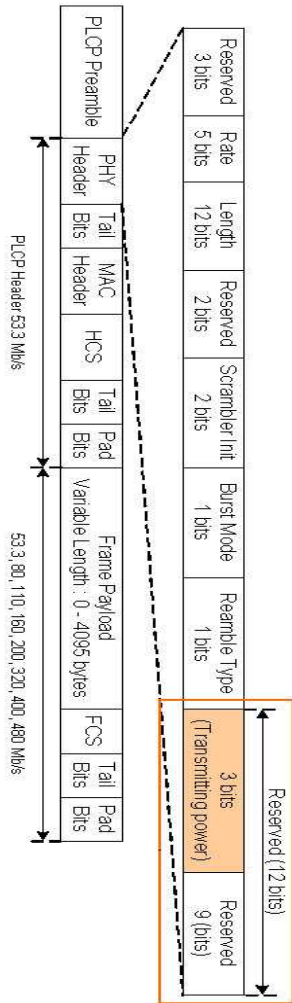
220 : 안테나 모듈

도면

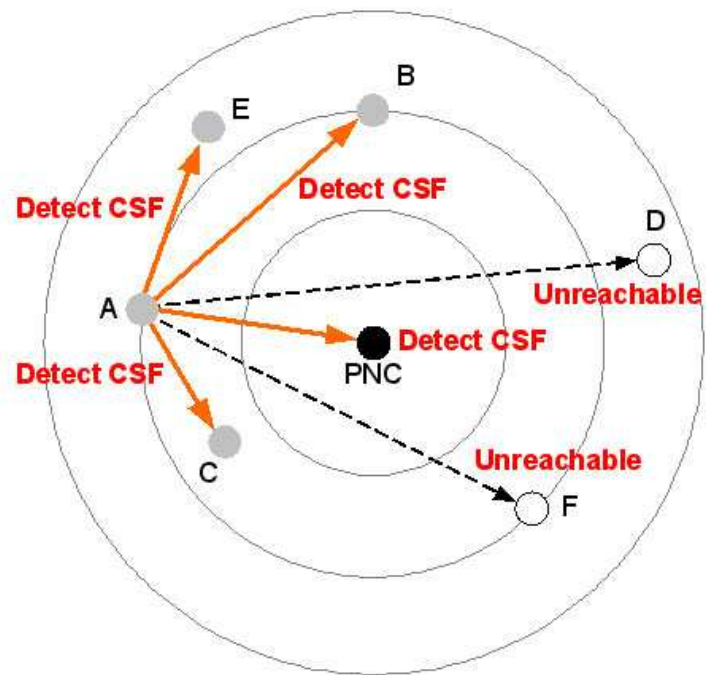
도면1



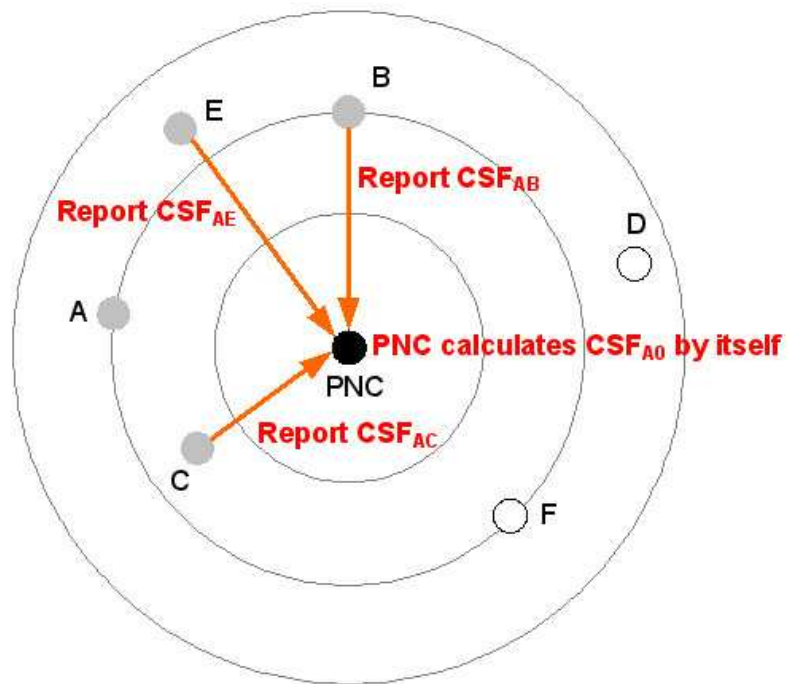
도면2



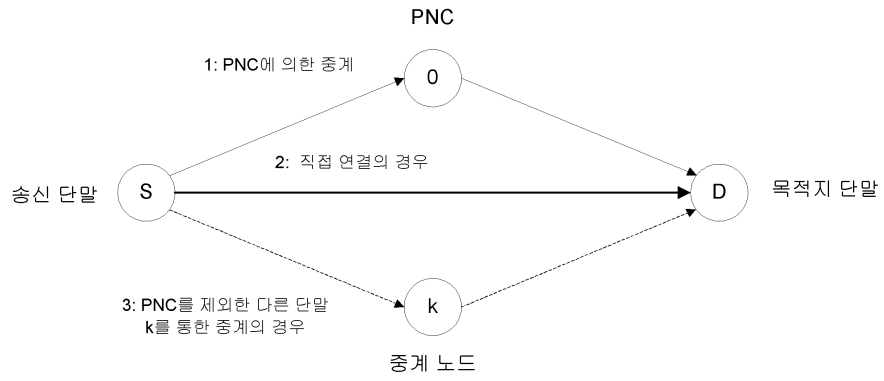
도면3a



도면3b



도면4



도면5a

octets:2	octets:2	octets:1	octets:1	octets:1
CTA duration	CTA location	Stream index	SrcID	DestID

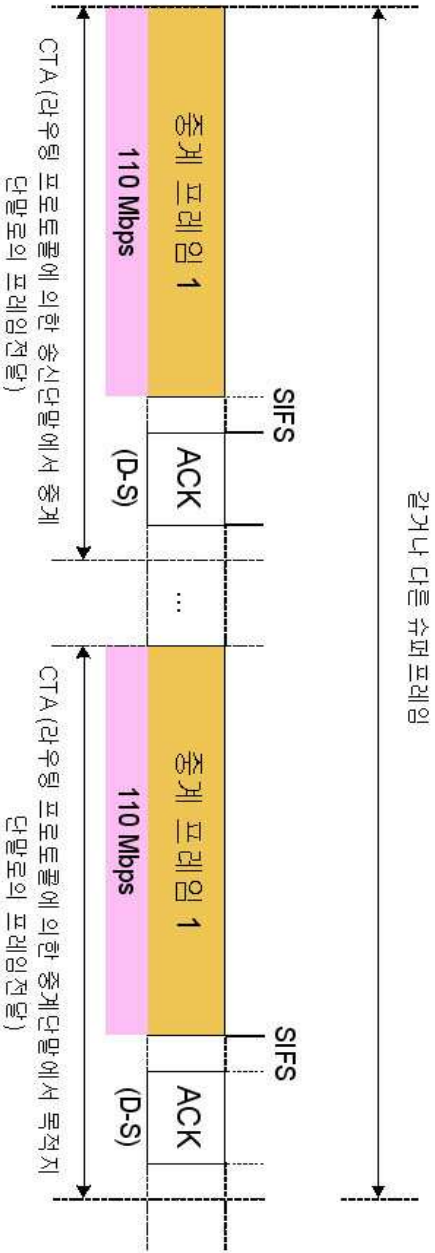
< Channel time allocation block in standard >

도면5b

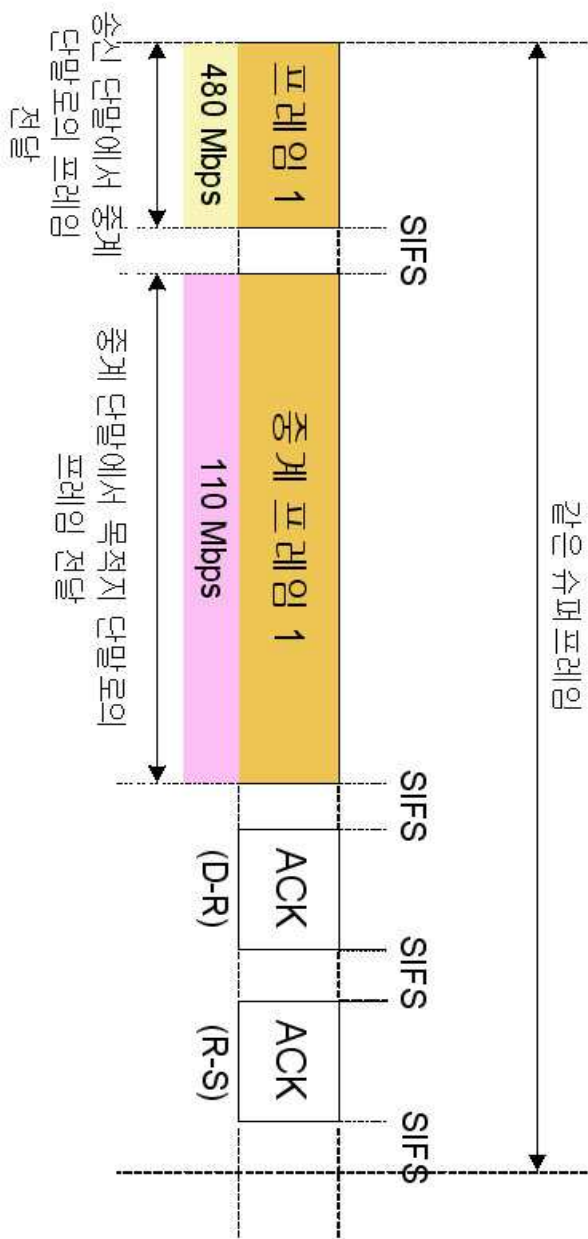
octets:2	octets:2	octets:1	octets:1	octets:1	octets:1
CTA duration	CTA location	Stream index	RlyID	SrcID	DestID

< Modified channel time allocation block >

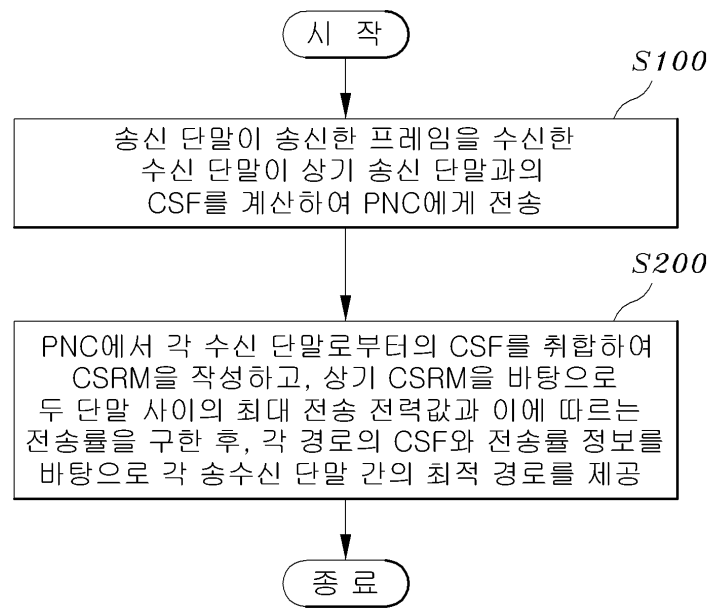
도면6



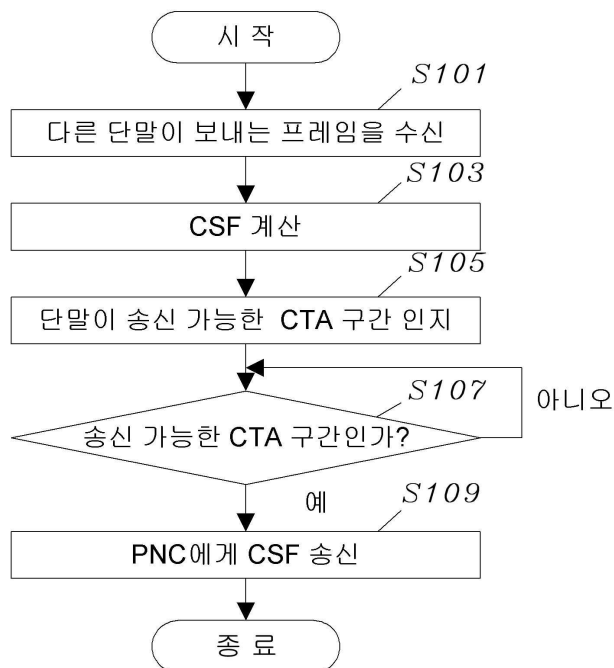
도면7



도면8



도면9



도면11

