

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0124989

(43) 공개일자 2019년11월06일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H04W 74/08 (2019.01)

(52) CPC특허분류

H04W 74/0816 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2018-0049145

(22) 출원일자 2018년04월27일

심사청구일자 2018년04월27일

(71) 출원인

인천대학교 산학협력단

인천광역시 연수구 아카데미로 119 (송도동)

(72) 발명자

김훈

인천광역시 연수구 송도문화로28번길 28(송도동,
송도글로벌캠퍼스푸르지오)

칸퍼베즈

인천광역시 남구 인하로 48번길 5-5

김대형

경기도 안성시 석정2길 13-8, 102동 602호(
석정동, 신원아침도시)

(74) 대리인

특허법인충정

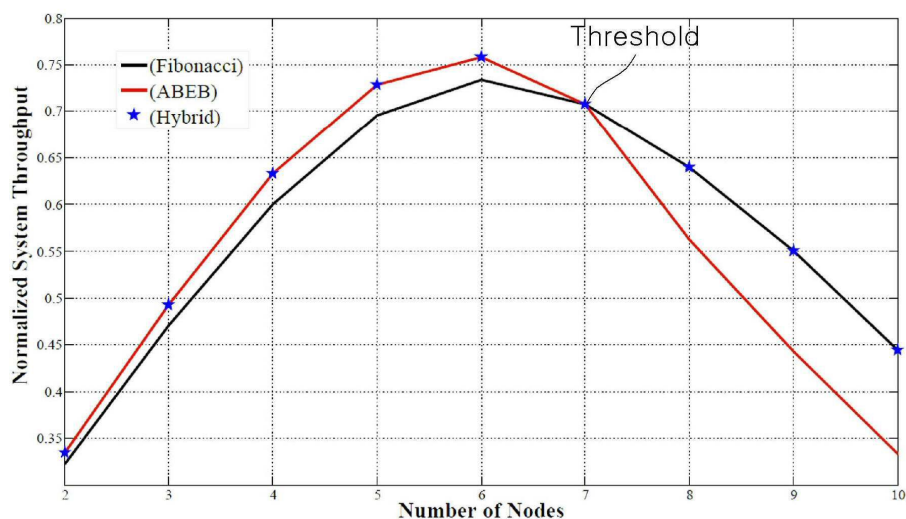
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 CSMA / CA 절차를 위한 하이브리드 백오프 제공 시스템 및 방법

(57) 요약

CSMA/CA 절차를 위한 하이브리드 백오프 제공 시스템 및 방법은 네트워크 사이즈에 기반하여 ABEB(Alternative Binary Exponential Backoff) 절차와 피보나치(Fibonacci) 백오프 절차를 선택적으로 적용하여 낮은 데이터 충돌율과 채널 활용을 최대화하여 성능 효율을 향상시키며, IEEE 802.15.6의 ABEB 절차와 피보나치 백오프 절차를 모두 활용하여 성능을 크게 향상시키는 효과가 있다.

대표도 - 도3



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 NRF2015R1D1A1A01059737

부처명 교육부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 기본연구지원사업

연구과제명 차세대 무선망 클라우드 랜(Cloud RAN) 구조에서의 유연한 통합자원 관리 기술

기 여 율 1/1

주관기관 인천대학교

연구기간 2015.11.01 ~ 2018.10.31

명세서

청구범위

청구항 1

네트워크에서의 노드의 수를 나타내는 네트워크 사이즈를 파악하는 단계;

각 노드에 대한 백오프 지연을 계산하기 위해서 데이터 전송 효율을 시간의 비율로 나타내는 ABEB(Alternative Binary Exponential Backoff) 절차의 성능 효율과 피보나치(Fabonacci) 백오프 절차의 성능 효율을 계산하는 단계;

상기 ABEB 절차의 성능 효율과 상기 피보나치 백오프 절차의 성능 효율이 만나는 지점의 기준노드의 수(Threshold)를 계산하는 단계; 및

상기 네트워크 사이즈가 상기 기준노드의 수보다 작은 경우, 데이터 충돌 회피를 위해서 상기 ABEB 절차를 적용하고, 상기 네트워크 사이즈가 상기 기준노드의 수보다 큰 경우, 상기 피보나치 백오프 절차를 적용하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 CSMA/CA 절차를 위한 하이브리드 백오프 제공 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 네트워크 사이즈를 파악하는 단계는,

상기 노드는 피보나치 백 오프 절차에 대한 평균 백오프 슬롯(Slot) 수를 하기의 [수학식 1]를 이용하여 계산하고, ABEB 절차에 대한 평균 백오프 슬롯(Slot) 수를 하기의 [수학식 2]를 이용하여 계산하고,

상기 노드가 접속하는 허브는 피보나치 백오프 절차에 대한 정규화 방정식(수학식 3)을 이용하여 제1 파라미터값을 계산하고, ABEB 절차에 대한 정규화 방정식(수학식 4)을 이용하여 제2 파라미터값을 계산하고, 상기 계산한 제1 파라미터값과 제2 파라미터값을 하기의 수학식 5에 대입하여 상기 네트워크 사이즈를 계산하는 것을 특징으로 하는 CSMA/CA 절차를 위한 하이브리드 백오프 제공 방법.

[수학식 1]

$$W_f = [\Phi^f - (\phi)^f] / \sqrt{5}$$

여기서, $\Phi = 1 + \sqrt{5}/2$ and $\phi = 1 - \sqrt{5}/2$, f는 정수임.

[수학식 2]

$$W_b = 2^{\lfloor b/2 \rfloor} C W_{min}$$

여기서, b는 정수임.

[수학식 3]

$$\tau_f = \frac{1}{1 + \alpha + \frac{1}{q}(1-q)(1-\alpha) + (1-\alpha) \sum_{i=0}^{m-1} \alpha^i \cdot \frac{W_{f+1}}{2} + (1-\alpha) \cdot \alpha^m \cdot \frac{W_m}{2} + \frac{1-\alpha^{m+1}}{2}}$$

[수학식 4]

$$\tau_b = \frac{1}{1 + \alpha + \frac{1}{q}(1-q)(1-\alpha) + (1-\alpha) \sum_{i=0}^{m-1} \alpha^i \cdot \frac{W_{b+1}}{2} + (1-\alpha) \cdot \alpha^m \cdot \frac{W_m}{2} + \frac{1-\alpha^{m+1}}{2}}$$

여기서, α 는 충돌 확률, q는 MAC 계층에 대한 패킷 가용성의 확률, m은 정수를 나타냄.

[수학식 5]

$$N = 1 + \frac{\log(1-\alpha)}{\log\left(1 - \frac{1}{1 + \alpha + \frac{1}{q}(1-q)(1-\alpha) + (1-\alpha) \sum_{i=0}^{m-1} \alpha^i \cdot \frac{W_{f+1}}{2} + (1-\alpha) \cdot \alpha^m \cdot \frac{W_m}{2} + \frac{1-\alpha^{m+1}}{2}}\right)}$$

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 허브는 상기 제1 파라미터값, 상기 제2 파라미터값, 상기 네트워크 사이즈를 하기의 [수학식 6]과 [수학식 7]에 대입하여 데이터 전송 성공 확률과 충돌 예상 확률을 계산하는 것을 특징으로 하는 CSMA/CA 절차를 위한 하이브리드 백오프 제공 방법.

[수학식 6]

$$P_{tr} = \begin{cases} 1 - (1 - \tau_f)^N & \text{(FB Scheme)} \\ 1 - (1 - \tau_b)^N & \text{(ABEB Scheme)} \end{cases}$$

[수학식 7]

$$\alpha = \begin{cases} 1 - (1 - \tau_f)^{N-1} & \text{(FB Scheme)} \\ 1 - (1 - \tau_b)^{N-1} & \text{(ABEB Scheme)} \end{cases}$$

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 허브는 상기 계산된 데이터 전송 성공 확률과 충돌 예상 확률을 하기의 [수학식 8]에 대입하여 각각의 노드에 예상 전송 시간을 계산하는 것을 특징으로 하는 CSMA/CA 절차를 위한 하이브리드 백오프 제공 방법.

[수학식 8]

$$E_{state} = \underbrace{(1 - P_{tr}) \times \delta}_{\text{Idle time}} + \underbrace{P_{tr} \times (1 - \alpha) \times T_s}_{\text{성공적인 전송}} + \underbrace{P_{tr} \times \alpha \times T_c}_{\text{충돌시간}}$$

여기서, Idle Time은 캐리어 센싱(채널을 쓸 수 있는)하는 시간, δ 는 pCSMA 슬롯 시간 간격, α 는 충돌 확률, P_{tr} 은 타임 슬롯에서 하나의 노드가 적어도 한 번 이상 송신할 확률, T_c 와 T_s 는 각각 실패한 전송에 대해 미리

약속된 매체의 예상 지속 시간을 나타냄.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 기준노드의 수(Threshold)를 계산하는 단계는,

상기 허브는 상기 ABEB 절차의 성능 효율과 상기 피보나치 백오프 절차의 성능 효율을 하기의 수학식 9에 의해 각각 계산하고, 상기 ABEB 절차의 성능 효율과 상기 피보나치 백오프 절차의 성능 효율이 만나는 지점의 기준노드의 수(Threshold)를 계산하는 것을 특징으로 하는 CSMA/CA 절차를 위한 하이브리드 백오프 제공 방법.

[수학식 9]

$$\eta_i = \frac{P_{tr}(1 - \alpha_i) \times T_{payload}}{E_{state}}$$

여기서, η_i 는 데이터 전송 효율을 시간의 비율로 나타낸 시스템 스루풋(시스템 성능 효율)이고, 노드가 MAC에서 실제 데이터를 성공적으로 보낸 시간을 시간의 비율로 나타낸 것이며, $T_{payload}$ 는 평균적으로 실제 데이터를 전송한 평균 페이로드 시간, E_{state} 는 이산 시간 마코브 체인 모델의 각 상태에서 User Priority 노드가 머무르는 예상 시간, P_{tr} 은 노드에서 최소한 한 번 이상 전송할 확률, α 는 충돌 확률을 나타냄.

청구항 6

네트워크에서의 노드의 수를 나타내는 네트워크 사이즈를 파악하는 허브(Hub)를 포함하고, 상기 허브는 접속하고자 하는 노드에 대한 백오프 지연을 계산하기 위해서 데이터 전송 효율을 시간의 비율로 나타내는 ABEB(Alternative Binary Exponential Backoff) 절차의 성능 효율과 피보나치(Fabonacci) 백오프 절차의 성능 효율을 계산하고, 상기 ABEB 절차의 성능 효율과 상기 피보나치 백오프 절차의 성능 효율이 만나는 지점의 기준노드의 수(Threshold)를 계산하며, 상기 네트워크 사이즈가 상기 기준노드의 수보다 작은 경우, 데이터 충돌 회피를 위해서 상기 ABEB 절차를 적용하고, 상기 네트워크 사이즈가 상기 기준노드의 수보다 큰 경우, 상기 피보나치 백오프 절차를 적용하는 것을 특징으로 하는 CSMA/CA 절차를 위한 하이브리드 백오프 제공 시스템.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 허브에 접속하는 각각의 노드는 피보나치 백 오프 절차에 대한 평균 백오프 슬롯(Slot) 수를 하기의 [수학식 1]를 이용하여 계산하고, ABEB 절차에 대한 평균 백오프 슬롯(Slot) 수를 하기의 [수학식 2]를 이용하여 계산하는 것을 특징으로 하는 CSMA/CA 절차를 위한 하이브리드 백오프 제공 시스템.

[수학식 1]

$$W_f = [\Phi^f - (\phi)^f] / \sqrt{5}$$

여기서, $\Phi = 1 + \sqrt{5}/2$ and $\phi = 1 - \sqrt{5}/2$, f는 정수임.

[수학식 2]

$$W_b = 2^{\lfloor b/2 \rfloor} C W_{min}$$

여기서, b는 정수임.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 허브는 피보나치 백오프 절차에 대한 정규화 방정식(수학식 3)을 이용하여 제1 파라미터값을 계산하고, ABEB 절차에 대한 정규화 방정식(수학식 4)을 이용하여 제2 파라미터값을 계산하고, 상기 계산한 제1 파라미터값과 제2 파라미터값을 하기의 수학식 5에 대입하여 상기 네트워크 사이즈를 계산하는 것을 특징으로 하는 CSMA/CA 절차를 위한 하이브리드 백오프 제공 시스템.

[수학식 3]

$$\tau_f = \frac{1}{1 + \alpha + \frac{1}{q}(1-q)(1-\alpha) + (1-\alpha) \sum_{i=0}^{m-1} \alpha^i \cdot \frac{W_{f+1}}{2} + (1-\alpha) \cdot \alpha^m \cdot \frac{W_m}{2} + \frac{1-\alpha^{m+1}}{2}}$$

[수학식 4]

$$\tau_b = \frac{1}{1 + \alpha + \frac{1}{q}(1-q)(1-\alpha) + (1-\alpha) \sum_{i=0}^{m-1} \alpha^i \cdot \frac{W_{b+1}}{2} + (1-\alpha) \cdot \alpha^m \cdot \frac{W_m}{2} + \frac{1-\alpha^{m+1}}{2}}$$

여기서, α 는 충돌 확률, q 는 MAC 계층에 대한 패킷 가용성의 확률, m 은 정수를 나타냄.

[수학식 5]

$$N = 1 + \frac{\log(1-\alpha)}{\log\left(1 - \frac{1}{1 + \alpha + \frac{1}{q}(1-q)(1-\alpha) + (1-\alpha) \sum_{i=0}^{m-1} \alpha^i \cdot \frac{W_{f+1}}{2} + (1-\alpha) \cdot \alpha^m \cdot \frac{W_m}{2} + \frac{1-\alpha^{m+1}}{2}}\right)}$$

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 허브는 상기 제1 파라미터값, 상기 제2 파라미터값, 상기 네트워크 사이즈를 하기의 [수학식 6]과 [수학식 7]에 대입하여 데이터 전송 성공 확률과 충돌 예상 확률을 계산하는 것을 특징으로 하는 CSMA/CA 절차를 위한 하이브리드 백오프 제공 시스템.

[수학식 6]

$$P_{tr} = \begin{cases} 1 - (1 - \tau_f)^N & \text{(FB Scheme)} \\ 1 - (1 - \tau_b)^N & \text{(ABEB Scheme)} \end{cases}$$

[수학식 7]

$$\alpha = \begin{cases} 1 - (1 - \tau_f)^{N-1} & \text{(FB Scheme)} \\ 1 - (1 - \tau_b)^{N-1} & \text{(ABEB Scheme)} \end{cases}$$

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 허브는 상기 계산된 데이터 전송 성공 확률과 충돌 예상 확률을 하기의 [수학식 8]에 대입하여 각각의 노드에 예상 전송 시간을 계산하는 것을 특징으로 하는 CSMA/CA 절차를 위한 하이브리드 백오프 제공 시스템.

[수학식 8]

$$E_{state} = \frac{(1 - P_{tr}) \times \delta}{\text{Idle time}} + \frac{P_{tr} \times (1 - \alpha) \times T_s}{\text{성공적인 전송}} + \frac{P_{tr} \times \alpha \times T_c}{\text{충돌시간}}$$

여기서, Idle Time은 캐리어 센싱(채널을 쓸 수 있는)하는 시간, δ 는 pCSMA 슬롯 시간 간격, α 는 충돌 확률, P_{tr} 은 타임 슬롯에서 하나의 노드가 적어도 한 번 이상 송신할 확률, T_c 와 T_s 는 각각 실패한 전송에 대해 미리 약속된 매체의 예상 지속 시간을 나타냄.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 허브는 상기 ABEB 절차의 성능 효율과 상기 피보나치 백오프 절차의 성능 효율을 하기의 수학식 9에 의해 각각 계산하고, 상기 ABEB 절차의 성능 효율과 상기 피보나치 백오프 절차의 성능 효율이 만나는 지점의 기준노드의 수(Threshold)를 계산하는 것을 특징으로 하는 CSMA/CA 절차를 위한 하이브리드 백오프 제공 시스템.

[수학식 9]

$$\eta_i = \frac{P_{tr}(1 - \alpha_i) \times T_{payload}}{E_{state}}$$

여기서, η_i 는 데이터 전송 효율을 시간의 비율로 나타낸 시스템 스루풋(시스템 성능 효율)이고, 노드가 MAC에서 실제 데이터를 성공적으로 보낸 시간을 시간의 비율로 나타낸 것이며, $T_{payload}$ 는 평균적으로 실제 데이터를 전송한 평균 페이로드 시간, E_{state} 는 이산 시간 마코브 체인 모델의 각 상태에서 User Priority 노드가 머무르는 예상 시간, P_{tr} 은 노드에서 최소한 한 번 이상 전송할 확률, α 는 충돌 확률을 나타냄.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 허브는 상기 수학식 9를 이용하여 상기 기준노드의 수(Threshold)를 계산하고, 상기 네트워크 사이즈(N)가 상기 기준노드의 수보다 작은 경우, 하기의 수학식 10과 수학식 11에서 ABEB에 해당하는 식을 적용하며, 상기 네트워크 사이즈가 상기 기준노드의 수보다 큰 경우, 하기의 수학식 10과 수학식 11에서 피보나치 백오프에 해당하는 식을 적용하는 것을 특징으로 하는 CSMA/CA 절차를 위한 하이브리드 백오프 제공 시스템.

[수학식 10]

$$P_{tr} = \begin{cases} 1 - (1 - \tau_b)^N & (N \leq \text{threshold}) \\ 1 - (1 - \tau_f)^N & (N \geq \text{threshold}) \end{cases}$$

[수학식 11]

$$\alpha = \begin{cases} 1 - (1 - \tau_b)^{N-1} & N \leq \text{threshold}(\text{Hybrid Scheme}) \\ 1 - (1 - \tau_f)^{N-1} & N \geq \text{threshold}(\text{Hybrid Scheme}) \end{cases}$$

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 백오프 알고리즘에 관한 것으로서, 특히 네트워크 사이즈에 기반하여 ABEB(Alternative Binary Exponential Backoff) 절차와 피보나치(Fabonacci) 백오프 절차를 선택적으로 적용하여 낮은 데이터 충돌율과 채널 활용을 최대화하여 성능 효율을 향상시키며, ABEB 절차와 피보나치 백오프 절차를 결합한 CSMA/CA 절차를 위한 하이브리드 백오프 제공 시스템 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] WBAN(Wireless Body Area Network)은 인체 조직에 착용하거나 이식할 수 있는 의료용 센서와 공통 허브 및 PDA(Personal Digital Assistants)로 구성되어 있다.
- [0003] 의료용 센서는 심장 박동수, 혈압, 포도당 수준, 신체 및 피부 온도, 산소 포화도 및 호흡률과 같은 중요 생리적 매개 변수뿐만 아니라 심전도, 근전도와 같은 기록을 측정, 처리 및 전달할 수 있습니다. 이를 통해 보건 전문가는 치명적인 상황이나 부작용을 예측 및 진단하고 대응할 수 있다.
- [0004] 도 1에 도시된 바와 같이, 의료계에서 WBAN의 개념은 신체 전체의 건강 정보를 모니터링하고, 모니터링한 건강 정보를 PDA를 사용하여 원격 서버로 전송하는 센서를 포함한다.
- [0005] 모든 노드(10)와 허브(20)는 BAN(Body Area Network) 영역 안에서 구성되어야 한다.
- [0006] 허브는 노드(10)와 PDA의 중간에서 중간 액세스 및 전원 관리 기능을 수행한다.
- [0007] 이러한 노드(10)와 허브(20) 간은 무선 네트워크에서 데이터 충돌을 피하기 위한 핵심 방법으로 백오프 알고리즘을 적용한다.
- [0008] IEEE 802.15.6 MAC의 CSMA/CA 메커니즘은 각 노드(10)에 대한 백오프 지연을 계산하기 위해서 ABEB(Alternative Binary Exponential Backoff) 기능을 사용한다.
- [0009] ABEB 절차는 데이터 충돌 시 연속적인 경쟁 윈도우 사이의 더 큰 갭을 피하기 위한 핵심 방법이다.
- [0010] ABEB 절차에서 경쟁 윈도우(CW)는 노드가 패킷 전송에 작수번째 실패 시 CW(Contention Window) 값이 두 배가 된다.
- [0011] 작은 사이즈의 소형 네트워크에서는 백오프가 빨리 커져 좋은 성능을 얻을 수 있다. 그러나 큰 사이즈의 네트워크에서의 ABEB 절차는 시시각각 변하는 CW 때문에 높은 충돌율과 채널의 활용 부족을 일으키며, 결과적으로 성능을 저하시키는 문제점이 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0012] (특허문헌 0001) 한국 공개특허번호 제10-2014-0029684호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0013] 이와 같은 문제점을 해결하기 위하여, 본 발명은 네트워크 사이즈에 기반하여 ABEB(Alternative Binary

Exponential Backoff) 절차와 피보나치(Fabonacci) 백오프 절차를 선택적으로 적용하여 낮은 데이터 충돌율과 채널 활용을 최대화하여 성능 효율을 향상시키며, ABEB 절차와 피보나치 백오프 절차를 결합한 CSMA/CA 절차를 위한 하이브리드 백오프 제공 시스템 및 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

- [0014] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 특징에 따른 CSMA/CA 절차를 위한 하이브리드 백오프 제공 방법은,
- [0015] 네트워크에서의 노드의 수를 나타내는 네트워크 사이즈를 파악하는 단계;
- [0016] 각 노드에 대한 백오프 지연을 계산하기 위해서 데이터 전송 효율을 시간의 비율로 나타내는 ABEB(Alternative Binary Exponential Backoff) 절차의 성능 효율과 피보나치(Fabonacci) 백오프 절차의 성능 효율을 계산하는 단계;
- [0017] 상기 ABEB 절차의 성능 효율과 상기 피보나치 백오프 절차의 성능 효율이 만나는 지점의 기준노드의 수(Threshold)를 계산하는 단계; 및
- [0018] 상기 네트워크 사이즈가 상기 기준노드의 수보다 작은 경우, 데이터 충돌 회피를 위해서 상기 ABEB 절차를 적용하고, 상기 네트워크 사이즈가 상기 기준노드의 수보다 큰 경우, 상기 피보나치 백오프 절차를 적용하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0019] 본 발명의 특징에 따른 CSMA/CA 절차를 위한 하이브리드 백오프 제공 시스템은,
- [0020] 네트워크에서의 노드의 수를 나타내는 네트워크 사이즈를 파악하는 허브(Hub)를 포함하고, 상기 허브는 접속하고자 하는 노드에 대한 백오프 지연을 계산하기 위해서 데이터 전송 효율을 시간의 비율로 나타내는 ABEB(Alternative Binary Exponential Backoff) 절차의 성능 효율과 피보나치(Fabonaci) 백오프 절차의 성능 효율을 계산하고, 상기 ABEB 절차의 성능 효율과 상기 피보나치 백오프 절차의 성능 효율이 만나는 지점의 기준노드의 수(Threshold)를 계산하며, 상기 네트워크 사이즈가 상기 기준노드의 수보다 작은 경우, 데이터 충돌 회피를 위해서 상기 ABEB 절차를 적용하고, 상기 네트워크 사이즈가 상기 기준노드의 수보다 큰 경우, 상기 피보나치 백오프 절차를 적용하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [0021] 전술한 구성에 의하여, 본 발명은 ABEB 절차와 피보나치 백오프 절차를 선택적으로 적용하여 기존의 백오프 알고리즘보다 네트워크의 성능을 향상시키는 효과가 있다.
- [0022] 본 발명은 작은 네트워크에서 ABEB 절차를 활용하고 큰 네트워크에서 피보나치 백오프 절차를 활용하여 IEEE 802.15.6의 ABEB 절차와 피보나치 백오프 절차를 모두 활용하여 성능을 크게 향상시키는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0023] 도 1은 종래 기술에 따른 의료계에서 WBAN의 개념을 나타낸 도면이다.
- 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 백오프 절차가 적용되는 노드와 허브 간의 개념을 나타낸 도면이다.
- 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 피보나치 백오프 성능 효율과 ABEB 성능 효율을 나타낸 도면이다.
- 도 4 내지 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 ABEB 절차와 피보나치 백오프 절차가 적용되는 방법을 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0024] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.
- [0025] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 백오프 절차가 적용되는 노드와 허브 간의 개념을 나타낸 도면이고, 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 피보나치 백오프 성능 효율과 ABEB 성능 효율을 나타낸 도면이다.
- [0026] 피보나치(Fabonacci) 백오프 절차는 CW 크기를 부드럽고 점진적으로 증가시키며, 큰 사이즈의 네트워크에 대해 IEEE 802.15.6의 ABEB 절차보다 성능이 좋다.

- [0027] 그 이유는 큰 사이즈의 네트워크에서의 피보나치 백오프 절차가 ABEB 절차보다 백오프 증가량이 더 빨리 증가하기 때문이다.
- [0028] 따라서, 본 발명의 IEEE 802.15.6 MAC 프로토콜의 CSMA/CA 절차를 위한 하이브리드 백오프 알고리즘은 네트워크 크기에 기반하여 IEEE 802.15.6의 ABEB 절차와 피보나치 백오프 절차를 선택적으로 적용하는 방법을 제공한다.
- [0029] WBAN(Wireless Body Area Network)은 인체 조직에 착용하거나 이식할 수 있는 의료용 센서인 노드(100a, 100b, 100c)와 허브(200) 및 PDA(Personal Digital Assistants)(210)로 구성되어 있다.
- [0030] 본 발명의 하이브리드 백오프 알고리즘은 노드(100a, 100b, 100c)와 허브(200) 간의 데이터 충돌의 성능 효율을 향상시키기 위한 백오프 절차를 제공한다.
- [0031] 허브(200)는 네트워크 사이즈와 접속하려는 노드(100a, 100b, 100c)를 알 수 있다고 가정한다. 노드(100a, 100b, 100c)는 허브(200)로부터 제공되는 백오프 절차(피보나치 백오프 절차 또는 ABEB 절차)에 따라 백오프를 수행하고, 백오프 카운터 간격 $[1, CW_i]$ 사이에서 데이터 프레임을 전송할 순번인 임의의 정수를 선택한다.
- [0033] 임의의 백오프 절차에 대한 경쟁 윈도우(CW)는 다음과 같은 절차를 거쳐 선택된다.
- [0034] (a) 허브(200)는 노드(100a, 100b, 100c)가 이전에 접속 할당을 얻지 못했거나 데이터 프레임 전송에 성공하는 경우, CW를 CW_{min} 으로 설정한다.
- [0035] (b) 피보나치 백오프 방식의 경우, 노드(100a, 100b, 100c)의 데이터 충돌할 때마다 CW가 하기의 [표 1]과 같이, 피보나치 백 오프 절차에 대한 평균 백오프 슬롯(Slot) 수가 증가된다(2, 2, 4, 4, 8, 8).
- [0036] ABEB 절차의 경우, 노드(100a, 100b, 100c)가 데이터 전송에 짝수번째 실패하는 경우, CW는 하기의 [표 2]와 같이, ABEB 절차에 대한 평균 백오프 슬롯(Slot) 수가 두 배씩 증가된다(2, 3, 5, 8, 8).
- [0037] (c) 허브(200)는 노드(100a, 100b, 100c)에서 변화된 CW 값이 CW_{max} 값을 초과하는 경우, CW 값을 CW_{max} 값으로 고정한다.
- [0038] 노드(100a, 100b, 100c)는 CW의 임의의 정수를 선택한 후, 채널을 쓸 수 있는 아이들(Idle)한 PCCATime(Physical Clear Channel Assessment)에 대해 백오프 카운터를 하나씩 감소시킨다. 또한, 노드(100a, 100b, 100c)는 PCCATime 동안에 채널에서 데이터 전송을 감지할 때마다 백오프 카운터를 감소시키지 않고, 정지하며 SIFS(Short Interframe Space)가 지난 후, 채널을 쓸 수 있는 아이들(Idle) 상태일 때, 백오프 카운터를 다시 감소시키기 시작한다. 백오프 카운터가 0(Zero)가 되면 노드(100a, 100b, 100c)는 데이터를 전송하기 시작한다.
- [0039] 예를 들어, 제1 노드와 제2 노드가 허브(200)와 통신하고, ABEB 절차를 채택하고 있다고 가정하면, $b=1$, $W_b=2$ 인 경우, 2개의 센서는 0 내지 2번에서 하나의 순번을 선택할 수 있는데, 2개의 센서가 모두 1번을 선택하게 되면, 데이터 충돌이 일어난다.
- [0040] 2개의 센서는 한 번의 데이터 전송 실패 시 다시 한번 0 내지 2번에서 하나의 순번을 선택한다. 이어서, 허브(200)는 두 번째의 데이터 전송 실패 시 W_b 를 4로 두 배로 증가시켜 0 내지 4번에서 순번을 선택하여 데이터 전송을 수행한다.
- [0042] 노드(100a, 100b, 100c)는 백 오프 알고리즘을 수행하기 위해서 피보나치 백 오프 절차에 대한 평균 백오프 슬롯(Slot) 수를 하기의 [수학식 1]를 이용하여 계산한다.

수학식 1

$$W_f = [\Phi^f - (\phi)^f] / \sqrt{5}$$

[0043]

[0044] 여기서, $\Phi = 1 + \sqrt{5}/2$ and $\phi = 1 - \sqrt{5}/2$, f 는 정수이다.

[0045] [수학식 1]에 따라 아래의 [표 1]과 같은 피보나치 수열(Fibonacci Sequence)을 생성할 수 있다.

표 1

f=0	1	2	3	4	5	6
Wf=0	2	3	5	8	8	8

[0046]

[0047] 노드(100a, 100b, 100c)는 백 오프 알고리즘을 수행하기 위해서 ABEB 절차에 대한 평균 백오프 슬롯(Slot) 수를 하기의 [수학식 2]를 이용하여 계산한다.

수학식 2

$$W_b = 2^{\lfloor b/2 \rfloor} C W_{min}$$

[0048]

[0049] 여기서, b는 정수이다.

[0050] [수학식 2]에 따라 아래의 [표 2]와 같은 ABEB 수열(Alternative Binary Exponential Backoff Sequence)을 생성할 수 있다.

표 2

b=0	1	2	3	4	5	6
Wb=0	2	2	4	4	8	8

[0051]

[0052] 허브(200)는 하기의 [수학식 3]과 같이, 피보나치 백오프 절차에 대한 정규화 방정식을 이용하여 제1 파라미터값을 계산하고, 하기의 [수학식 4]와 같이 ABEB 절차에 대한 정규화 방정식을 이용하여 제2 파라미터값을 계산한다. 제1 파라미터값과 제2 파라미터값은 추후 데이터 전송 예상 시간을 계산하기 위한 파라미터 또는 충돌 확률을 계산하기 위한 파라미터이다.

수학식 3

$$\tau_f = \frac{1}{1 + \alpha + \frac{1}{q}(1-q)(1-\alpha) + (1-\alpha) \sum_{i=0}^{m-1} \alpha^i \cdot \frac{W_{f+1}}{2} + (1-\alpha) \cdot \alpha^m \cdot \frac{W_m}{2} + \frac{1-\alpha^{m+1}}{2}}$$

[0053]

수학식 4

$$\tau_b = \frac{1}{1 + \alpha + \frac{1}{q}(1-q)(1-\alpha) + (1-\alpha) \sum_{i=0}^{m-1} \alpha^i \cdot \frac{W_{b+1}}{2} + (1-\alpha) \cdot \alpha^m \cdot \frac{W_m}{2} + \frac{1-\alpha^{m+1}}{2}}$$

[0054]

[0055] 여기서, α 는 충돌 확률, q는 MAC 계층에 대한 패킷 가용성의 확률, m은 정수를 나타낸다.

[0056] 허브(200)는 전술한 [수학식 3]과 [수학식 4]를 [수학식 5]에 대입하여 네트워크 사이즈를 계산한다. 여기서, 네트워크 사이즈는 네트워크에서의 노드(100a, 100b, 100c)의 수를 나타낸다.

수학식 5

$$N = 1 + \frac{\log(1-\alpha)}{\log(1 - \frac{1}{1 + \alpha + \frac{1}{q}(1-q)(1-\alpha) + (1-\alpha) \sum_{i=0}^{m-1} \alpha^i \cdot \frac{W_{f+1}}{2} + (1-\alpha) \cdot \alpha^m \cdot \frac{W_m}{2} + \frac{1-\alpha^{m+1}}{2}})}$$

[0057]

[0058] 허브(200)는 [수학식 3]의 제1 파라미터값, [수학식 4]의 제2 파라미터값과 [수학식 5]의 네트워크 사이즈를 하기의 [수학식 6]과 [수학식 7]에 대입하여 데이터 전송 성공 확률과 충돌 예상 확률을 계산한다. 데이터 전송 성공 확률은 노드(100a, 100b, 100c)에서 최소 한 번 이상 데이터를 전송할 확률을 의미한다.

수학식 6

$$P_{tr} = \begin{cases} 1 - (1 - \tau_f)^N & \text{(FB Scheme)} \\ 1 - (1 - \tau_b)^N & \text{(ABEB Scheme)} \end{cases}$$

[0059]

수학식 7

$$\alpha = \begin{cases} 1 - (1 - \tau_f)^{N-1} & \text{(FB Scheme)} \\ 1 - (1 - \tau_b)^{N-1} & \text{(ABEB Scheme)} \end{cases}$$

[0060]

[0061] 노드(100a, 100b, 100c)는 [수학식 6]의 데이터 전송 성공 확률과, [수학식 7]의 충돌 확률을 하기의 [수학식 8]에 대입하여 각각의 노드(100a, 100b, 100c)에 예상 전송 시간을 계산한다. 예상 전송 시간은 User Priority 노드(100a, 100b, 100c)가 DTMC(Discrete Time Markov Chain, 이산 시간 마코브 체인) 모델의 각 상태에 머무르는 예상되는 시간을 나타낸다.

수학식 8

$$E_{state} = \frac{(1 - P_{tr}) \times \delta}{\text{Idle time}} + \frac{P_{tr} \times (1 - \alpha) \times T_s}{\text{성공적인 전송}} + \frac{P_{tr} \times \alpha \times T_c}{\text{충돌시간}}$$

여기서, Idle Time은 캐리어 센싱(채널을 쓸 수 있는)하는 시간, δ 는 pCSMA 슬롯 시간 간격, α 는 충돌 확률, P_{tr} 은 타임 슬롯에서 하나의 노드(100a, 100b, 100c)가 적어도 한 번 이상 송신할 확률, T_c 와 T_s 는 각각 실패한 전송에 대해 미리 약속된 매체의 예상 지속 시간을 나타낸다.

허브(200)는 피보나치 백오프 절차와 ABEB 절차의 각각의 성능을 분석하기 위해서 하기의 [표 3]과 같이, $CW_{min} = 2$, $CW_{max} = 8$ 의 User Priority 6에서 성능을 살펴보았다.

표 3

User Priority	ABEB		PFB	
	CW_{min}	CW_{max}	CW_{min}	CW_{max}
7	1	4	1	5
6	2	8	2	8
5	4	8	3	8
4	4	16	3	13
3	8	16	8	13
2	8	32	8	21
1	16	32	13	21
0	16	64	13	34

User Priority 6을 사용한 이유는 CW_{min} 와, CW_{max} 가 같아서 동일한 조건으로 성능 검증 비교가 가능한 효과가 있다.

허브(200)는 채널 사용 효율인 시스템 스루풋을 하기의 [수학식 9]를 이용하여 계산한 후, 디스플레이부를 통해서 도 3과 같이 성능 결과를 표시한다.

수학식 9

$$\eta_i = \frac{P_{tr}(1 - \alpha_i) \times T_{payload}}{E_{state}}$$

여기서, η_i 는 데이터 전송 효율을 시간의 비율로 나타낸 시스템 스루풋(시스템 성능 효율)이고, 노드(100a, 100b, 100c)가 MAC에서 실제 데이터를 성공적으로 보낸 시간을 시간의 비율로 나타낸 것이며, $T_{payload}$ 는 평균 적으로 실제 데이터를 전송한 평균 페이로드 시간, E_{state} 는 이산 시간 마코브 체인 모델의 각 상태에서 User Priority 노드(100a, 100b, 100c)가 머무르는 예상 시간, P_{tr} 은 노드(100a, 100b, 100c)에서 최소한 한 번 이상 전송할 확률, α 는 충돌 확률을 나타낸다.

허브(200)는 피보나치 백오프 절차 또는 ABEB 절차를 각각 적용한 시스템 스루풋을 비교한 후, 도 3에 도시된 바와 같이, 피보나치 백오프 성능 효율과 ABEB 성능 효율이 만나는 지점인 기준노드의 수(Threshold)를 계산한다.

[0071] 도 3에 도시된 바와 같이, 허브(200)는 계산된 기준노드의 수를 기준으로 기준노드의 수인 7보다 네트워크 사이즈가 작은 경우, ABEB 절차를 수행하고, 기준노드의 수인 7보다 네트워크 사이즈가 큰 경우, 피보나치 백오프 절차를 수행한다.

[0072] 허브(200)는 계산된 기준노드의 수(Threshold)와, [수학식 3]의 제1 파라미터값, [수학식 4]의 제2 파라미터값과 [수학식 5]의 네트워크 사이즈를 하기의 [수학식 10]과 [수학식 11]에 대입하여 데이터 전송 성공 확률과 충돌 예상 확률을 계산한다. 허브(200)는 [수학식 10]과 [수학식 11]에서 네트워크 사이즈(N)와 기준노드의 수를 비교하여 기준노드의 수보다 N이 작은 경우, ABEB에 해당하는 식을 적용하며, 기준노드의 수보다 N이 큰 경우, 피보나치 백오프에 해당하는 식을 적용한다.

수학식 10

$$P_{tr} = \begin{cases} 1 - (1 - \tau_b)^N & (N \leq \text{threshold}) \\ 1 - (1 - \tau_f)^N & (N \geq \text{threshold}) \end{cases}$$

수학식 11

$$\alpha = \begin{cases} 1 - (1 - \tau_b)^{N-1} & N \leq \text{threshold}(\text{Hybrid Scheme}) \\ 1 - (1 - \tau_f)^{N-1} & N \geq \text{threshold}(\text{Hybrid Scheme}) \end{cases}$$

[0075] 허브(200)는 계산된 데이터 전송 성공 확률과 충돌 예상 확률을 [수학식 8]에 각각 대입하여 각각의 노드(100a, 100b, 100c)에 예상 전송 시간을 계산하고, 계산한 예상 전송 시간을 [수학식 9]에 대입하여 시스템 스루풋(시스템 성능 효율)을 계산한다.

[0076] 허브(200)는 피보나치 백오프 절차 또는 ABEB 절차를 각각 적용한 시스템 스루풋을 비교한 후, 도 3과 같이, 피보나치 백오프 성능과 ABEB 성능이 만나는 지점인 기준노드의 수(Threshold)를 계산하고, 다시 네트워크 사이즈를 계산한 후, 네트워크 사이즈(N)와 기준노드의 수를 비교하여 기준노드의 수보다 N이 작은 경우, 데이터 충돌 회피를 위해서 ABEB 절차를 적용하며, 기준노드의 수보다 N이 큰 경우, 피보나치 백오프 절차를 적용한다.

[0078] 도 4 내지 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 ABEB 절차와 피보나치 백오프 절차가 적용되는 방법을 나타낸 도면이다.

[0079] 허브(200)는 네트워크 사이즈(N)와 기준노드의 수를 비교한 결과(S10)에 따라 피보나치 백오프 절차 또는 ABEB 절차를 접속하려는 노드(100a, 100b, 100c)에 S100 또는 S200 단계를 선택적으로 적용한다.

[0080] 기준노드의 수보다 N이 작은 경우, ABEB 절차를 적용되는 방법을 설명하면 다음과 같다.

[0081] 허브(200)는 ABEB 절차를 선택하고, 노드(100a, 100b, 100c)는 데이터 충돌 회피를 위해서 ABEB 절차에 따라 백오프를 수행하고, b=0, 백오프 카운터 간격 [1, CW_{1, min}] 사이에서 데이터 프레임을 전송할 순번인 임의의 정수를 선택한다(S102).

[0082] 노드(100a, 100b, 100c)는 채널을 쓸 수 있는 아이들(Idle) 상태인지 허브(200)와의 통신을 통해 체크하고, 아이들 상태인 경우, 백오프 카운터를 하나 감소시키고(BC=BC-1), 백오프 카운터가 0인지 판단한다(S104, S106, S108).

[0083] 노드(100a, 100b, 100c)는 백오프 카운터가 0인 경우, 데이터 패킷을 허브(200)로 전송하고, 허브(200)로부터 패킷 성공 메시지(ACK)를 수신한다(S110).

[0084] 노드(100a, 100b, 100c)는 허브(200)로부터 패킷 성공 메시지를 기설정된 시간 내에 수신한 경우(S114), S102

단계로 진행하여 $b=0$ 으로 초기화한다.

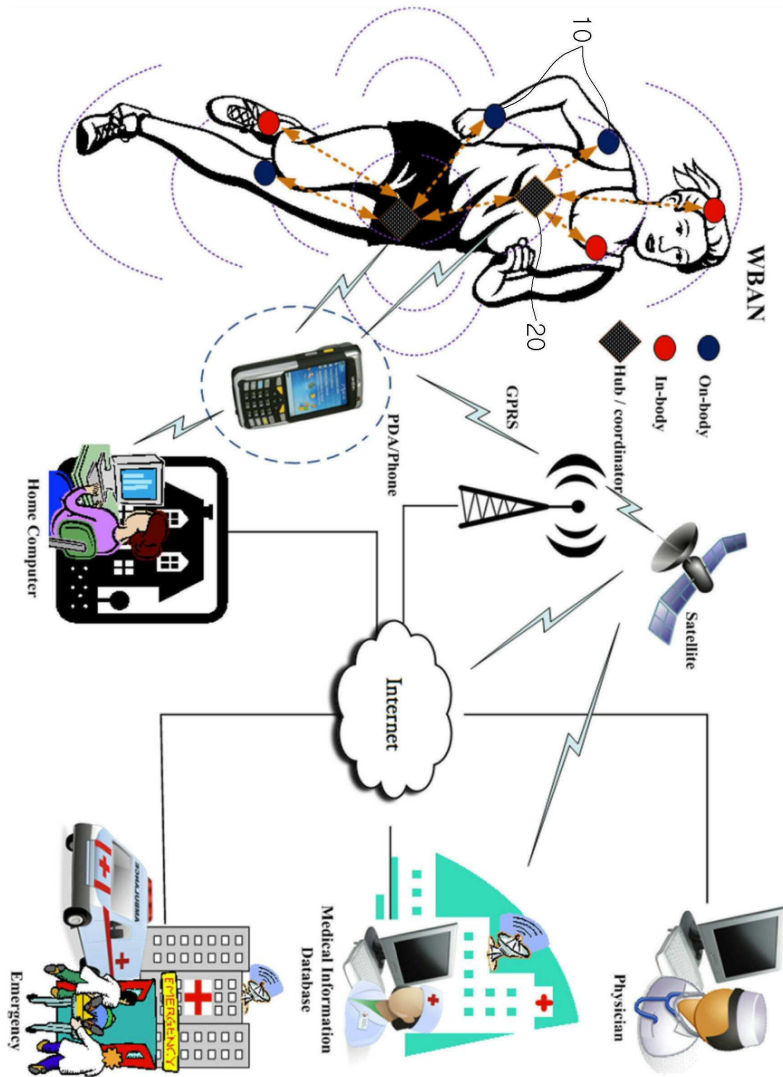
- [0085] 노드(100a, 100b, 100c)는 아이들 상태가 아닌 경우(S112), 정지하며 SIFS(Short Interframe Space)가 지난 후, 아이들(Idle) 상태를 다시 판단한다.
- [0086] 노드(100a, 100b, 100c)는 허브(200)로부터 패킷 성공 메시지를 기설정된 시간 내에 수신하지 못한다고 판단하는 경우(S114), $b=b+1$ 로 설정하고(S116), 이에 따라 [수학식 2]를 이용한 백오프 카운터 값을 생성한다(S118).
- [0087] 노드(100a, 100b, 100c)는 생성된 백오프 카운터 값(CW)이 CW_{max} 값을 초과하는지 판단하고(S120), CW 값이 CW_{max} 값을 초과하는 경우, 생성된 CW 값을 CW_{max} 값으로 고정하며(S122), CW 값이 CW_{max} 값을 초과하지 않는 경우, 생성된 CW 값으로 ABEB 절차를 수행한다(S124). 예를 들면, CW 값이 4이면 CW_{max} 값인 8보다 작으므로 현재 CW 값을 유지하며, CW 값이 10이면 CW_{max} 값보다 크므로 CW 값을 8로 설정한다.
- [0089] 기준노드의 수보다 N이 작은 경우, 피보나치 백오프 절차를 적용되는 방법을 설명하면 다음과 같다.
- [0090] 허브(200)는 피보나치 백오프 절차를 선택하고, 노드(100a, 100b, 100c)는 데이터 충돌 회피를 위해서 피보나치 백오프 절차에 따라 백오프를 수행하고, $f=0$, 백오프 카운터 간격 $[1, CW_{l, min}]$ 사이에서 데이터 프레임을 전송할 순번인 임의의 정수를 선택한다(S202).
- [0091] 노드(100a, 100b, 100c)는 채널을 쓸 수 있는 아이들(Idle) 상태인지 허브(200)와의 통신을 통해 체크하고, 아이들 상태인 경우, 백오프 카운터를 하나 감소시키고($BC=BC-1$), 백오프 카운터가 0인지 판단한다(S204, S206, S208).
- [0092] 노드(100a, 100b, 100c)는 백오프 카운터가 0인 경우, 데이터 패킷을 허브(200)로 전송하고, 허브(200)로부터 패킷 성공 메시지(ACK)를 수신한다(S210).
- [0093] 노드(100a, 100b, 100c)는 허브(200)로부터 패킷 성공 메시지를 기설정된 시간 내에 수신한 경우, S202 단계로 진행하여 $f=0$ 으로 초기화한다.
- [0094] 노드(100a, 100b, 100c)는 아이들 상태가 아닌 경우(S212), 정지하며 SIFS(Short Interframe Space)가 지난 후, 아이들(Idle) 상태를 다시 판단한다.
- [0095] 노드(100a, 100b, 100c)는 허브(200)로부터 패킷 성공 메시지를 기설정된 시간 내에 수신하지 못한다고 판단하는 경우(S214), $f=f+1$ 로 설정하고(S216), 이에 따라 [수학식 1]을 이용한 백오프 카운터 값을 생성한다(S218).
- [0096] 노드(100a, 100b, 100c)는 생성된 백오프 카운터 값(CW)이 CW_{max} 값을 초과하는지 판단하고, CW 값이 CW_{max} 값을 초과하는 경우, 생성된 CW 값을 CW_{max} 값으로 고정하며, CW 값이 CW_{max} 값을 초과하지 않는 경우, 생성된 CW 값으로 피보나치 백오프를 수행한다.
- [0097] 이상에서 본 발명의 실시예는 장치 및/또는 방법을 통해서만 구현이 되는 것은 아니며, 본 발명의 실시예의 구성에 대응하는 기능을 실현하기 위한 프로그램, 그 프로그램이 기록된 기록 매체 등을 통해 구현될 수도 있으며, 이러한 구현은 앞서 설명한 실시예의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야의 전문가라면 쉽게 구현할 수 있는 것이다.
- [0098] 이상에서 본 발명의 실시예에 대하여 상세하게 설명하였지만 본 발명의 권리범위는 이에 한정되는 것은 아니고 다음의 청구범위에서 정의하고 있는 본 발명의 기본 개념을 이용한 당업자의 여러 변형 및 개량 형태 또한 본 발명의 권리범위에 속하는 것이다.

부호의 설명

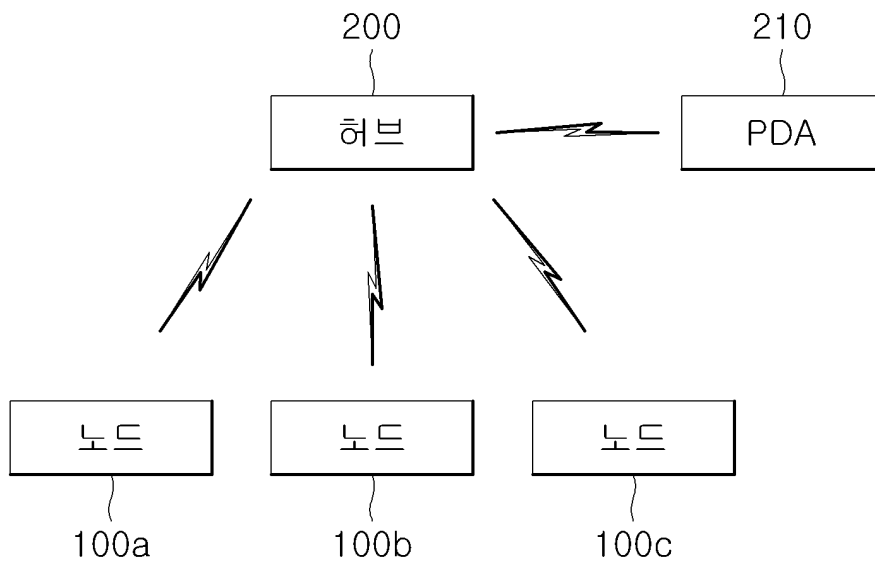
- [0099] 100a, 100b, 100c: 노드
- 200: 허브
- 210: PDA

도면

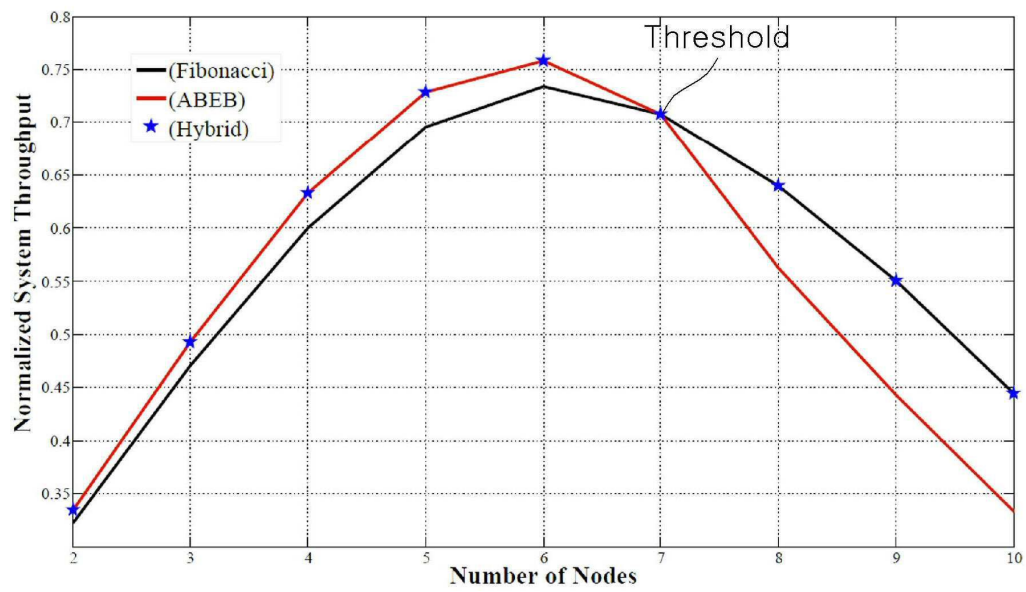
도면1



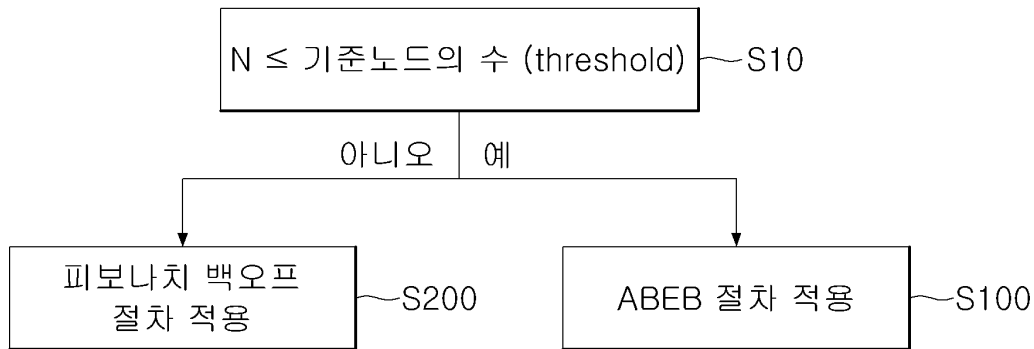
도면2



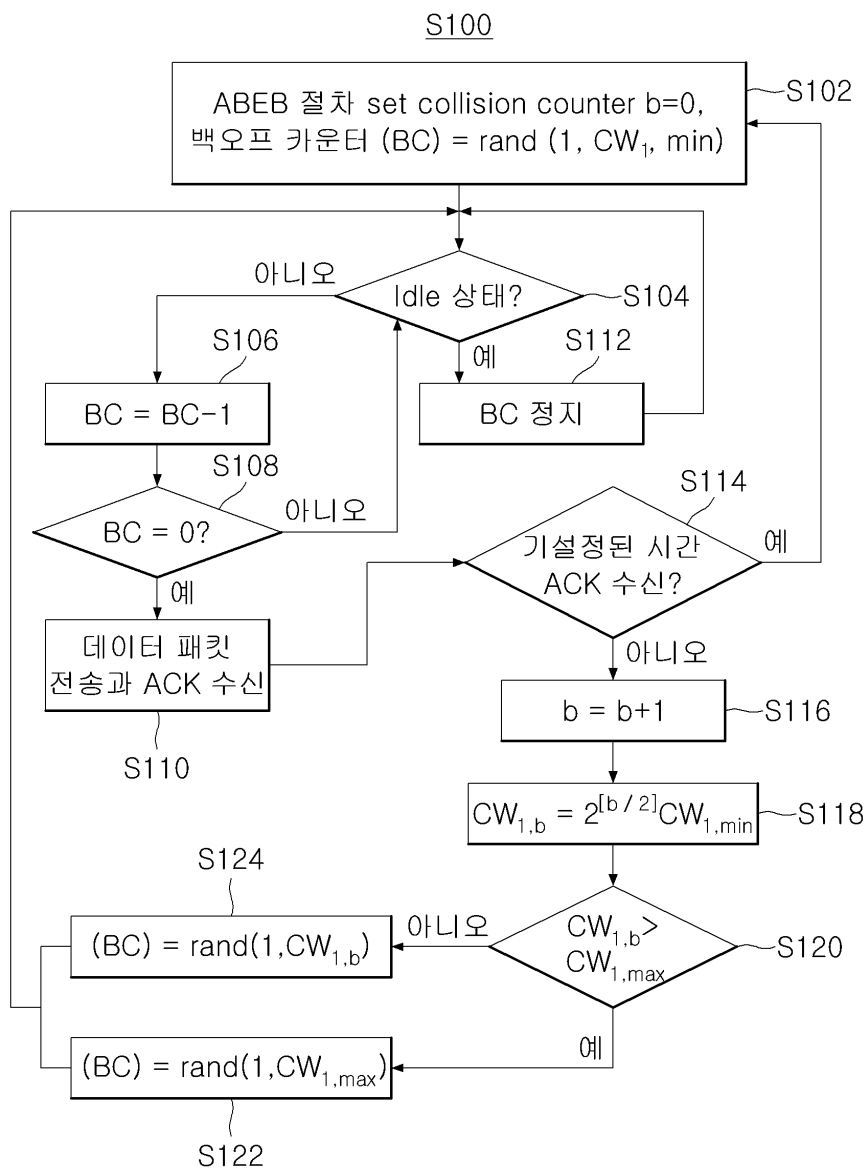
도면3



도면4



도면5



도면6

