



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년06월14일
 (11) 등록번호 10-1989487
 (24) 등록일자 2019년06월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 HO4L 1/20 (2006.01) HO4B 17/318 (2014.01)
 (52) CPC특허분류
 HO4L 1/20 (2013.01)
 HO4B 17/318 (2015.01)
 (21) 출원번호 10-2017-0039360
 (22) 출원일자 2017년03월28일
 심사청구일자 2017년03월28일
 (65) 공개번호 10-2018-0109523
 (43) 공개일자 2018년10월08일
 (56) 선행기술조사문헌
 US20100233975 A1*
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
주식회사 커넥스트
 경기도 화성시 삼성1로5길 5, 407호(석우동, 알디스테이션)
 (72) 발명자
김주상
 경기도 의정부시 의정로40번길 12, 104-902(의정부동, 의정부일성트루엘)
홍중욱
 서울특별시 도봉구 도봉로180길 6-23, 104-1102(도봉동, 동아에코빌아파트)
공명석
 서울특별시 구로구 개봉로20길 6, 131-103(개봉동, 현대아파트1단지)
 (74) 대리인
이강민, 안준형, 남승희

전체 청구항 수 : 총 10 항

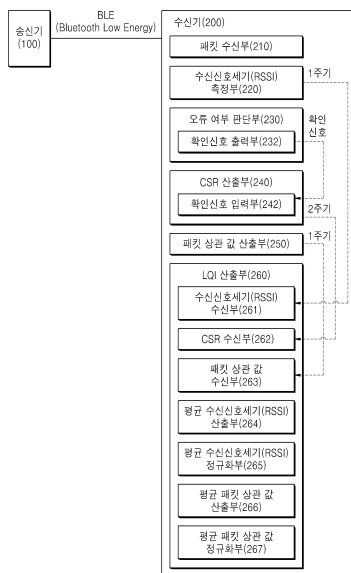
심사관 : 성경아

(54) 발명의 명칭 저전력 블루투스(BLE) 시스템의 Link Quality Indicator(LQI) 측정 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 저전력 블루투스(BLE) 시스템에서의 LQI 측정 시스템 및 방법에 관한 것으로서, LQI 측정을 위한 별도의 비트오류율(BER) 계산할 필요 없이 수신신호세기(RSSI), CSR 및 수신 패킷에 포함된 접속 주소(Access Address) 패킷 상관 값을 이용하여 LQI를 측정하는 시스템 및 방법에 관한 것이다.

대표도 - 도6



명세서

청구범위

청구항 1

저전력 블루투스(BLE) 시스템에서의 링크 품질 지표(LQI)를 측정하는 장치에 있어서,

송신기와 의 BLE(Bluetooth Low Energy) 연결을 통하여 소정의 제1 주기 간격으로 패킷을 수신하는 패킷 수신부;

패킷 수신부에서 수신한 수신 패킷의 수신신호세기(RSSI) 값을 소정의 제2 주기 간격으로 측정하는 수신신호세기 측정부;

상기 수신 패킷의 유효성 및 오류 여부를 판단하는 오류 여부 판단부;

상기 오류 여부 판단부의 판단 결과에 따라, 수신 패킷의 CRC 성공률(CRC Success Rate)을 소정의 제2 주기 간격으로 산출하는 CRC 성공률 산출부;

상기 수신 패킷에 포함된 접속 주소(Access Address) 값과 기 저장된 접속 주소(Access Address)값이 일치하는 정도에 따른 접속 주소(Access Address) 패킷 상관 값을 소정의 제1 주기 간격으로 산출하는 패킷 상관 값 산출부;

상기 측정된 수신신호세기(RSSI) 값, 상기 산출한 CRC 성공률(CRC Success Rate) 및 접속 주소(Access Address) 패킷 상관 값을 바탕으로 링크 품질 지표(LQI, Link Quality Indicator)를 산출하는 링크 품질 지표(LQI) 산출부;

를 포함하여 구성되는 LQI(Link Quality Indicator) 측정 장치.

청구항 2

삭제

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 링크 품질 지표(LQI) 산출부는,

소정의 제 1 주기 간격으로, 상기 수신신호세기 측정부에서 측정되는 수신신호세기(RSSI) 값을 수신하는 수신신호세기 수신부;

상기 CRC 성공률 산출부로부터 산출되는 CRC 성공률(CRC Success Rate)을 소정의 제 2 주기 간격으로 수신하는 CRC 성공률 수신부;

소정의 제 1 주기 간격으로 상기 패킷 상관 값 산출부로부터 산출되는 접속 주소(Access Address) 패킷 상관 값을 수신하는 패킷 상관 값 수신부;

소정의 제2 주기 간격으로, 상기 수신신호세기 수신부에서 소정의 제1 주기 간격으로 수신한 수신신호세기(RSSI) 값들에 대한 평균 수신신호세기(RSSI) 값을 산출하는 평균 수신신호세기 산출부;

송신기와 수신기 간의 링크 버짓(Link Budget)에 기반하여, 상기 평균 수신신호세기 산출부에서 산출된 평균 수신신호세기(RSSI) 값을 정규화하는 평균 수신신호세기 정규화부;

소정의 제2 주기 간격으로, 상기 패킷 상관 값 수신부로부터 상기 소정의 제1 주기 간격으로 수신한 접속 주소(Access Address) 패킷 상관 값들에 대한 평균 접속 주소(Access Address) 패킷 상관 값을 산출하는 평균 패킷 상관 값 산출부;

상기 평균 패킷 상관 값 산출부에서 산출된 평균 접속 주소(Access Address) 패킷 상관 값과 접속 주소(Access Address)의 최대 상관 값을 이용하여, 상기 수신 패킷의 평균 접속 주소(Access Address) 패킷 상관 값을 정규화하는 평균 패킷 상관 값 정규화부; 를 포함하여 구성되며,

상기 평균 수신신호세기 정규화부에서 정규화된 평균 수신신호세기(RSSI) 값, 상기 CRC 성공률 수신부에서 수신한 CRC 성공률(CRC Success Rate) 및 상기 평균 패킷 상관 값 정규화부에서 정규화된 평균 접속 주소(Access Address) 패킷 상관 값의 곱으로 링크 품질 지표(LQI, Link Quality Indicator)를 산출하는 것을 특징으로 하는 LQI(Link Quality Indicator) 측정 장치.

청구항 4

청구항 3에 있어서,

상기 정규화된 평균 수신신호세기(RSSI) 값, CRC 성공률(CRC Success Rate) 및 정규화된 평균 패킷 상관 값의 곱으로 링크 품질 지표(LQI)를 산출하는 것은, 아래의 식 (1)에 의하여 산출하는 것을 특징으로 하는 LQI(Link Quality Indicator) 측정 장치.

식(1) LQI= CSR x normalized(평균 접속 주소(Access Address) 패킷 상관 값) x normalized(평균 수신신호세기(RSSI))

CSR : CRC 성공률 산출부에서 산출된 수신 패킷의 CRC 성공률(CRC Success Rate)

normalized(평균 접속 주소(Access Address) 패킷 상관 값): 평균 패킷 상관 값 정규화부를 통하여 정규화된 접속 주소(Access Address) 패킷 상관 값

normalized(평균 수신신호세기(RSSI)): 평균 수신신호세기(RSSI) 정규화부에서 정규화를 통하여 정규화된 평균 수신신호세기(RSSI) 값.

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

청구항 3에 있어서,

상기 평균 수신신호세기 정규화부는,

아래의 (식 2)에 의하여 수행하는 것을 특징으로 하는 LQI(Link Quality Indicator) 측정 장치.

$$\text{normalized(평균RSSI)} = \frac{\text{평균RSSI}}{\text{수신기Dynamic Range의 최대값}} + \frac{\text{수신기Sensitivity Level}}{\text{수신기Dynamic Range의 최대값}}$$

(식 2)

수신기 Sensitivity level: 송신기와 수신기 간의 링크 버짓(Link Budget)에 의해 설정되는 수신 감도.

수신기 Dynamic Range의 최대 값: 송신기와 수신기 간의 링크 버짓(Link Budget)에 의해 설정되는 수신 감도와 수신신호 강도 사이의 범위에 해당하는 최대 값.

청구항 8

청구항 3에 있어서,

상기 평균 패킷 상관 값 정규화부는,

아래의 (식 3)에 의하여 수행하는 것을 특징으로 하는 LQI(Link Quality Indicator) 측정 장치.

$$\text{normalized(평균 Access Address 패킷 상관 값)} = \frac{\text{수신 패킷의 평균 Access Address 패킷 상관 값}}{\text{최대 상관 값}}$$

(식 3)

최대 상관 값: 수신 패킷에 포함된 접속 주소(Access Address)와 기 저장된 접속 주소(Access Address)의 각

비트 값이 모두 일치했을 경우에 산출되는 접속 주소(Access Address) 패킷 상관 값의 최대 값.

수신 패킷의 평균 접속 주소(Access Address) 패킷 상관 값: 상기 평균 패킷 상관 값 산출부에서 산출되는 수신 패킷의 평균 접속 주소(Access Address) 패킷 상관 값.

청구항 9

저전력 블루투스(BLE) 시스템에서의 링크 품질 지표(LQI) 측정 방법에 있어서,

송신기와의 BLE(Bluetooth Low Energy)를 통하여, 소정의 제 1 주기 간격으로 패킷을 수신하는 패킷 수신단계;

상기 패킷 수신단계에서 수신한 수신 패킷의 수신신호세기(RSSI) 값을 소정의 제 1 주기 간격으로 측정하는 수신신호세기 측정단계;

상기 수신 패킷의 유효성 및 오류 여부를 판단하는 오류 여부 판단단계;

상기 오류 여부 판단단계에서의 판단 결과에 따라, 상기 수신 패킷의 CRC 성공률(CRC Success Rate)을 소정의 제 2 주기 간격으로 산출하는 CRC 성공률 산출단계;

상기 수신 패킷에 포함된 접속 주소(Access Address) 값과 기 저장된 접속 주소(Access Address) 값의 일치 여부를 판단하고, 소정의 제 1 주기 간격으로 판단 결과에 따른 접속 주소(Access Address) 패킷 상관 값을 산출하는 패킷 상관 값 산출단계;

상기 수신신호세기 측정단계에서 측정된 수신신호세기(RSSI) 값, 상기 CRC 성공률 산출단계에서 산출된 CRC 성공률(CRC Success Rate) 및 패킷 상관 값 산출단계에서 산출된 접속 주소(Access Address) 패킷 상관 값을 바탕으로 링크 품질 지표(LQI)를 산출하는 링크 품질 지표(LQI) 산출단계;

를 포함하여 구성되는 LQI(Link Quality Indicator) 측정 방법.

청구항 10

청구항 9에 있어서,

상기 링크 품질 지표(LQI) 산출단계는,

소정의 제2 주기 간격으로, 상기 소정의 제1 주기 간격으로 측정된 수신신호세기(RSSI) 값들에 대한 평균 수신신호세기(RSSI) 값을 산출하는 평균 수신신호세기 산출단계;

송신기와 수신기 간의 링크 버짓(Link Budget)에 기반하여, 상기 평균 수신신호세기 산출단계에서 산출된 평균 수신신호세기(RSSI) 값을 정규화하는 평균 수신신호세기 정규화단계;

소정의 제2 주기 간격으로, 상기 소정의 제1 주기 간격으로 산출된 접속 주소(Access Address) 패킷 상관 값들에 대한 평균을 산출하는 평균 패킷 상관 값 산출단계;

상기 평균 패킷 상관 값 산출단계에서 산출된 평균 접속 주소(Access Address) 패킷 상관 값과 접속 주소(Access Address)의 최대 상관 값을 이용하여, 상기 평균 접속 주소(Access Address) 패킷 상관 값을 정규화하는 평균 패킷 상관 값 정규화단계;

를 포함하여 구성되며,

상기 평균 수신신호세기 정규화단계를 통해 산출되는 정규화된 평균 수신신호세기(RSSI) 값, 상기 CRC 성공률 산출단계를 통해 산출된 CRC 성공률(CRC Success Rate) 및 상기 평균 패킷 상관 값 정규화단계를 통해 정규화된 평균 접속 주소(Access Address) 패킷 상관 값의 곱으로 링크 품질 지표(LQI)를 산출하는 것을 특징으로 하는 LQI(Link Quality Indicator) 측정 방법.

청구항 11

청구항 10에 있어서

상기 정규화된 수신신호세기(RSSI) 값, CRC 성공률(CRC Success Rate) 및 정규화된 평균 접속 주소(Access Address) 패킷 상관 값을 이용하여 링크 품질 지표(LQI)를 산출하는 것은, 아래의 (식 1)에 의해 산출하는 것을 특징으로 하는 LQI(Link Quality Indicator) 측정 방법.

(식 1) $LQI = CSR \times \text{normalized}(\text{평균 접속 주소(Access Address) 패킷 상관 값}) \times \text{normalized}(\text{평균 수신신호세기(RSSI)})$

CSR : CRC 성공률 산출단계에서 산출된 수신 패킷의 CRC 성공률(CRC Success Rate)

normalized(평균 접속 주소(Access Address) 패킷 상관 값): 평균 패킷 상관 값 정규화단계를 통하여 정규화된 접속 주소(Access Address) 패킷 상관 값

normalized(평균 수신신호세기(RSSI)): 평균 수신신호세기 정규화단계를 통해 정규화된 평균 수신신호세기(RSSI) 값.

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

청구항 10에 있어서,

상기 평균 수신신호세기 정규화단계에서,

상기 평균 수신신호세기(RSSI) 값을 정규화하는 것은, 아래의 (식 2)에 의하여 수행하는 것을 특징으로 하는 LQI(Link Quality Indicator) 측정 방법.

$$\text{normalized}(\text{평균 RSSI}) = \frac{\text{평균 RSSI}}{\text{수신기 Dynamic Range의 최대값}} + \frac{\text{수신기 Sensitivity Level}}{\text{수신기 Dynamic Range의 최대값}}$$

(식 2)

수신기 Sensitivity level: 송신기와 수신기 간의 링크 버짓(Link Budget)에 의해 설정되는 수신 감도.

수신기 Dynamic Range의 최대 값: 송신기와 수신기 간의 링크 버짓(Link Budget)에 의해 설정되는 수신 감도와 수신신호 강도 사이의 범위에 해당하는 최대 값.

청구항 15

청구항 10에 있어서,

상기 평균 패킷 상관 값 정규화단계에서,

상기 평균 접속 주소(Access Address) 패킷 상관 값을 정규화하는 것은, 아래의 (식 3)에 의하여 수행하는 것을 특징으로 하는 LQI(Link Quality Indicator) 측정 방법.

$$\text{normalized}(\text{평균 Access Address 패킷 상관 값}) = \frac{\text{수신 패킷의 평균 Access Address 패킷 상관 값}}{\text{최대 상관 값}}$$

(식 3)

최대 상관 값: 수신 패킷에 포함된 접속 주소(Access Address)와 기 저장된 접속 주소(Access Address)의 각 비트 값이 모두 일치했을 경우에 산출되는 접속 주소(Access Address) 패킷 상관 값의 최대 값.

수신 패킷의 평균 접속 주소(Access Address) 패킷 상관 값: 상기 평균 패킷 상관 값 산출단계를 통해 산출되는 수신 패킷의 평균 접속 주소(Access Address) 패킷 상관 값.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 BLE(Bluetooth Low Energy) 시스템에서의 Link Quality Indicator(LQI) 측정 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는, Bluetooth Low Energy(BLE) 시스템에서 각 데이터 채널에 대한 품질 평가에 사용되는 Link

Quality Indicator(LQI)를 측정하기 위한 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 기존의 블루투스 시스템은 호핑 주파수를 랜덤하게 선택하여 2.4GHz 대역을 사용하는 타 시스템으로부터의 간섭을 회피하는 방식을 사용하였으나, 상기 랜덤하게 선택한 호핑 주파수가 타 시스템의 주파수 영역과 겹치게 될 경우 신호 간섭을 피할 수 없는 문제점이 존재하였다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 Bluetooth Low Energy(BLE) 시스템에서는 2.4GHz 대역에서 동작 시, 타 시스템으로부터의 신호 간섭의 영향을 최소화하기 위하여 40개의 채널 중 3개의 애드버타이징(Advertising) 채널을 제외한 37개의 데이터(Data) 채널에 대해 Adaptive Frequency Hopping(AFH, 적응형 주파수 호핑) 방식을 사용한다. 상기 적응형 주파수 호핑은 2.4GHz 대역을 공유하는 다른 무선 통신 시스템들과의 간섭 문제를 해결하기 위해 고안된 기술로서, 다른 디바이스가 사용 중인 주파수를 인식하여 해당 주파수를 피하는 방식이다. (도 1 및 2 참고)
- [0003] 즉, Bluetooth Low Energy(BLE) 시스템은 이용 가능한 호핑 주파수 채널에 대해 물리적 측정(Physical Measurements)에 근거하여 채널 접근(Channel Assessment)을 수행하고, 이를 근거로 호핑할 주파수를 재선정함으로써 타 시스템으로부터의 간섭을 피하는 방식을 도입하였다. 이와 같은 방식을 수행하기 위해서는, 상기 채널 접근(Channel Assessment) 과정에서 호핑할 주파수를 재선정하기 위해 통신 링크의 품질을 판단할 수 있는 매트릭(Metric)이 필요하며, 이를 통하여 Link Quality Indicator(LQI)를 이용하여 통신 링크의 품질을 판단할 수 있다.
- [0004] 상기 Link Quality Indicator(LQI)는, 디바이스 간 통신 링크의 품질을 판단하는 주요 지표로서 무선 통신 시스템에서 광범위하게 사용되고 있다. 이와 같은 무선 통신 시스템에서 통신 링크의 품질을 판단하는 것은 양질의 통신 서비스 제공을 위한 필수적인 부분이다. 상기 LQI는 무선 통신 시스템의 규격에 따라 다양한 방법으로 측정하는 것이 가능하나, 종래에는 BER(Bit Error Rate, 비트오류율)과 LQI의 상관성을 이용하여 상기 BER 계산을 통해 LQI를 측정하는 방식을 사용하였다. 상기 BER을 이용한 LQI 측정 방식에는 두 가지의 방식이 있다.
- [0005] 제 1 방식은, BER 계산에 수신 패킷의 특정 필드의 비트(bit) 패턴을 이용하거나 패킷의 특정 패턴을 사용할 수 없는 경우이다. 이는, BER을 측정하기 위한 목적으로 부가적인 기지(Base station)의 데이터 송수신 과정을 거쳐 BER을 계산하고, 상기 계산된 BER을 LQI 값으로 매핑하는 방식이다.
- [0006] 그러나, 상기 제 1 방식은 데이터 송수신 과정에서 발생하는 중복성(Redundancy)을 감소시키기 위해서는 적용하기 어렵다는 문제점이 있다.
- [0007] 제 2 방식은, 수신 패킷의 특정 필드를 BER 계산에 사용하는 경우이다. Bluetooth Low Energy(BLE) 4.2 규격의 패킷 포맷을 살펴보면(도 3 참고), 수신기에서 미리 알 수 있는 Preamble 필드와 Access Address 필드가 존재한다. 상기 Preamble 필드는 수신 패킷의 주파수 및 타이밍 동기화 및 Automatic Gain Control(AGC) 제어를 위해 사용되며, 상기 Access Address 필드는 수신기가 수신해야 하는 패킷인지 아닌지의 여부를 구별하는 목적으로 사용된다. 따라서, 상기 Preamble 필드를 BER 계산에 사용하기 위해서는 먼저 Automatic Gain Control(AGC) 제어와 주파수 및 타이밍 에러를 보정하는 것이 필요하므로 BER 계산을 위한 별도의 메모리가 필요하다. 또한 Access Address 필드를 사용하는 경우, 접속 주소(Access Address)에 대한 상관성을 조사하여 패킷의 정상 수신 여부를 결정한 후 BER 계산을 수행해야 하기 때문에 이 경우 역시 별도의 BER 계산을 위한 별도의 메모리가 요구된다. 즉, 상기 제 2 방식을 적용하기 위해서는 BER 계산을 위한 별도의 메모리가 요구되므로 전력 소모가 증가하는 문제점이 존재한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0009] 본 발명은 일반적으로 사용하는 BER을 이용한 LQI 측정 방식의 문제점을 해결하기 위하여, 별도의 BER을 계산할 필요 없이 LQI를 측정할 수 있는 장치 및 방법을 제공하고자 하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0010] 저전력 블루투스(BLE) 시스템에서의 링크 품질 지표(LQI)를 측정하는 장치는,
- [0011] 송신기와와 BLE(Bluetooth Low Energy) 연결을 통하여 패킷을 수신하는 패킷 수신부; 패킷 수신부에서 수신한 수신 패킷의 수신신호세기(RSSI) 값을 측정하는 수신신호세기(RSSI) 측정부; 상기 수신 패킷의 유효성 및 오류

여부를 판단하는 오류 여부 판단부; 상기 오류 여부 판단부의 판단 결과에 따라, 수신 패킷의 CRC 성공률(CRC Success Rate)을 산출하는 CSR(CRC Success Rate) 산출부; 상기 수신 패킷에 포함된 접속 주소(Access Address) 값과 기 저장된 접속 주소(Access Address)값이 일치하는 정도에 따른 접속 주소(Access Address) 패킷 상관 값을 산출하는 패킷 상관 값 산출부; 상기 측정된 수신신호세기(RSSI), 상기 산출한 CSR(CRC Success Rate) 및 접속 주소(Access Address) 패킷 상관 값을 바탕으로 링크 품질 지표(LQI)를 산출하는 LQI 산출부; 를 포함하여 구성된다.

[0012] 상기 패킷 수신부는 소정의 제 1 주기 간격으로 패킷을 수신하며, 상기 수신신호세기(RSSI) 측정부는 소정의 제 1 주기 간격으로 수신신호세기(RSSI)를 측정하고, 상기 패킷 상관 값 산출부는 소정의 제 1 주기 간격으로 접속 주소(Access Address) 패킷 상관 값을 산출하며, 상기 CSR 산출부는, 소정의 제 2 주기 간격으로 CRC 성공률(CRC Success Rate)을 산출하는 것을 특징으로 한다.

[0013] 상기 LQI 산출부는, 소정의 제 1 주기 간격으로, 상기 수신신호세기(RSSI) 측정부에서 측정되는 수신신호세기(RSSI) 값을 수신하는 수신신호세기(RSSI) 수신부; 상기 CSR 산출부로부터 산출되는 CSR(CRC Success Rate)를 소정의 제 2 주기 간격으로 수신하는 CSR 수신부; 소정의 제 1 주기 간격으로 상기 패킷 상관 값 산출부로부터 산출되는 Access Address 패킷 상관 값을 수신하는 패킷 상관 값 수신부; 를 포함하여 구성되며, 상기 수신신호세기(RSSI) 수신부에서 수신한 수신신호세기(RSSI), 상기 CSR 수신부에서 수신한 CSR(CRC Success Rate) 및 상기 패킷 상관 값 수신부에서 수신한 Access Address 패킷 상관 값을 바탕으로 산출되는 정규화된 평균 수신신호세기(RSSI) 값, CSR 및 정규화된 평균 패킷 상관 값의 곱으로 LQI를 산출하는 것을 특징으로 한다.

[0014] 상기 정규화된 평균 수신신호세기(RSSI) 값, CSR(CRC Success Rate) 및 정규화된 평균 패킷 상관 값의 곱으로 LQI를 산출하는 것은, 식 (1)에 의하여 산출하는 것을 특징으로 한다.

[0015] (식 1) $LQI = CSR \times \text{normalized}(\text{평균 Access Address 패킷 상관 값}) \times \text{normalized}(\text{평균 RSSI})$

[0016] CSR : CSR 산출부에서 산출된 수신 패킷의 CRC 성공률(CRC Success Rate)

[0017] normalized(평균 Access Address 패킷 상관 값): 평균 패킷 상관 값 정규화부를 통하여 정규화된 접속 주소(Access Address) 패킷 상관 값

[0018] normalized(평균RSSI): 평균 수신신호세기(RSSI) 정규화부에서 정규화를 통하여 정규화된 평균 수신신호세기(RSSI) 값.

[0020] 상기 LQI 산출부는, 소정의 제 2 주기 간격으로, 상기 수신신호세기(RSSI) 값 수신부에서 소정의 제 1 주기 간격으로 수신한 수신신호세기(RSSI) 값들에 대한 평균 수신신호세기(RSSI) 값을 산출하는 평균 수신신호세기(RSSI) 산출부; 송신기와 수신기 간의 링크 버짓(Link Budget)에 기반하여, 상기 평균 수신신호세기(RSSI) 산출부에서 산출된 평균 수신신호세기(RSSI)를 정규화하는 평균 수신신호세기(RSSI) 정규화부; 를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0021] 상기 LQI 산출부는, 소정의 제 2 주기 간격으로, 상기 패킷 상관 값 수신부로부터 상기 소정의 제 1 간격으로 수신한 Access Address 패킷 상관 값들에 대한 평균 접속 주소(Access Address) 패킷 상관 값을 산출하는 평균 패킷 상관 값 산출부; 상기 평균 패킷 상관 값 산출부에서 산출된 평균 접속 주소(Access Address) 패킷 상관 값과 접속 주소(Access Address)의 최대 상관 값을 이용하여, 상기 수신 패킷의 평균 접속 주소(Access Address) 패킷 상관 값을 정규화하는 평균 패킷 상관 값 정규화부; 를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0022] 상기 평균 수신신호세기(RSSI) 정규화부는, 아래의 (식 2)에 의하여 수행하는 것을 특징으로 한다.

$$\text{normalized}(\text{평균 RSSI}) = \frac{\text{평균 RSSI}}{\text{수신기 Dynamic Range의 최대값}} + \frac{\text{수신기 Sensitivity Level}}{\text{수신기 Dynamic Range의 최대값}} \quad (\text{식 2})$$

[0023] 수신기 Sensitivity level: 송신기와 수신기 간의 링크 버짓(Link Budget)에 의해 설정되는 수신 감도.

[0025] 수신기 Dynamic Range의 최대 값: 송신기와 수신기 간의 링크 버짓(Link Budget)에 의해 설정되는 수신 감도와 수신신호 강도 사이의 범위에 해당하는 최대 값.

[0027] 상기 평균 접속 주소(Access Address) 패킷 상관 값 정규화부는, 아래의 (식 3)에 의하여 수행하는 것을 특징으로 한다.

$$\text{normalized(평균 Access Address 패킷 상관 값)} = \frac{\text{수신 패킷의 평균 Access Address 패킷 상관 값}}{\text{최대 상관 값}}$$

(식 3)

[0028]

[0029]

최대 상관 값: 수신 패킷에 포함된 접속 주소(Access Address)와 기 저장된 접속 주소(Access Address)의 각 비트 값이 모두 일치했을 경우에 산출되는 접속 주소(Access Address) 패킷 상관 값의 최대 값.

[0030]

수신 패킷의 평균 Access Address 패킷 상관 값: 상기 평균 패킷 상관 값에서 산출되는 수신 패킷의 접속 주소(Access Address) 패킷 상관 값.

[0031]

[0032]

저전력 블루투스(BLE) 시스템에서의 링크 품질 지표(LQI) 측정 방법에 있어서,

[0033]

송신기와와 BLE(Bluetooth Low Energy)를 통하여, 소정의 제 1 주기 간격으로 패킷을 수신하는 패킷 수신단계; 상기 패킷 수신단계에서 수신한 수신 패킷의 수신신호세기(RSSI) 값을 소정의 제 1 주기 간격으로 측정하는 수신신호세기(RSSI) 측정단계; 상기 수신 패킷의 유효성 및 오류 여부를 판단하는 오류 여부 판단단계;

[0034]

상기 오류 여부 판단단계에서의 판단 결과에 따라, 상기 수신 패킷의 CRC 성공률(CRC Success Rate)을 소정의 제 2 주기 간격으로 산출하는 CSR(CRC Success Rate) 산출단계; 상기 수신 패킷에 포함된 Access Address(접속 주소) 값과 기 저장된 Access Address 값의 일치 여부를 판단하고, 소정의 제 1 주기 간격으로 판단 결과에 따른 Access Address 패킷 상관 값을 산출하는 패킷 상관 값 산출단계;

[0035]

상기 수신신호세기(RSSI) 측정단계에서 측정된 수신신호세기(RSSI), 상기 CSR 산출단계에서 산출된 CSR(CRC Success Rate) 및 패킷 상관 값 산출단계에서 산출된 Access Address 패킷 상관 값을 바탕으로 링크 품질 지표(LQI)를 산출하는 LQI 산출단계; 를 포함하여 구성된다.

[0036]

상기 LQI 산출단계는, 상기 수신신호세기(RSSI) 측정단계에서 측정된 수신신호세기(RSSI), 상기 CSR 산출단계에서 산출된 CSR(CRC Success Rate) 및 패킷 상관 값 산출단계에서 산출된 Access Address 패킷 상관 값을 이용하여 산출되는 정규화된 평균 수신신호세기(RSSI), CSR(CRC Success Rate) 및 정규화된 평균 Access Address 패킷 상관 값의 곱으로 LQI를 산출하는 것을 특징으로 한다.

[0037]

상기 정규화된 수신신호세기(RSSI) 값, CSR(CRC Success Rate) 및 정규화된 평균 패킷 상관 값을 이용하여 LQI를 산출하는 것은, 아래의 (식 1)에 의해 산출하는 것을 특징으로 하는 LQI(Link Quality Indicator) 측정 방법.

[0038]

(식 1) LQI=CSR x normalized(평균 Access Address 패킷 상관 값) x normalized(평균RSSI)

[0039]

CSR : CSR 산출부에서 산출된 수신 패킷의 CRC 성공률(CRC Success Rate)

[0040]

normalized(평균 Access Address 패킷 상관 값): 평균 패킷 상관 값 정규화부를 통하여 정규화된 접속 주소(Access Address) 패킷 상관 값

[0041]

normalized(평균RSSI): 평균 수신신호세기(RSSI) 정규화부에서 정규화를 통하여 정규화된 평균 수신신호세기(RSSI) 값.

[0042]

상기 LQI 산출단계는, 소정의 제 2 주기 간격으로, 상기 소정의 제 1 주기 간격으로 측정된 수신신호세기(RSSI)들에 대한 평균 수신신호세기(RSSI) 값을 산출하는 평균 수신신호세기(RSSI) 산출단계; 송신기와 수신기 간의 링크 버짓(Link Budget)에 기반하여, 상기 평균 수신신호세기(RSSI) 산출단계에서 산출된 평균 수신신호세기(RSSI) 값을 정규화하는 평균 수신신호세기(RSSI) 정규화단계; 를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0043]

상기 LQI 산출단계는, 소정의 제 2 주기 간격으로, 상기 소정의 제 1 주기 간격으로 산출된 Access Address 패킷 상관 값들에 대한 평균을 산출하는 평균 상관 값 산출단계; 상기 평균 패킷 상관 값 산출단계에서 산출된 평균 Access Address 패킷 상관 값과 Access Address의 최대 상관 값을 이용하여, 상기 평균 Access Address 패킷 상관 값을 정규화하는 평균 패킷 상관 값 정규화단계; 를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0044]

상기 평균 수신신호세기(RSSI) 정규화단계에서, 상기 평균 수신신호세기(RSSI)를 정규화하는 것은, 아래의 (식 2)에 의하여 수행하는 것을 특징으로 한다.

$$\text{normalized(평균RSSI)} = \frac{\text{평균 RSSI}}{\text{수신기 Dynamic Range의 최대값}} + \frac{\text{수신기 Sensitivity Level}}{\text{수신기 Dynamic Range의 최대값}} \quad (\text{식 2})$$

[0045]

수신기 Sensitivity level: 송신기와 수신기 간의 링크 버짓(Link Budget)에 의해 설정되는 수신 감도.

[0046]

수신기 Dynamic Range의 최대 값: 송신기와 수신기 간의 링크 버짓(Link Budget)에 의해 설정되는 수신 감도와 수신신호 강도 사이의 범위에 해당하는 최대 값.

[0047]

[0049]

상기 평균 패킷 상관 값 정규화단계에서, 상기 평균 패킷 상관 값을 정규화하는 것은, 아래의 (식 3)에 의하여 수행하는 것을 특징으로 한다.

$$\text{normalized(평균 Access Address 패킷 상관 값)} = \frac{\text{수신 패킷의 평균 Access Address 패킷 상관 값}}{\text{최대 상관 값}} \quad (\text{식 3})$$

[0050]

최대 상관 값: 수신 패킷에 포함된 접속 주소(Access Address)와 기 저장된 접속 주소(Access Address)의 각 비트 값이 모두 일치했을 경우에 산출되는 접속 주소(Access Address) 패킷 상관 값의 최대 값.

[0051]

[0052]

수신 패킷의 평균 Access Address 패킷 상관 값: 상기 평균 패킷 상관 값에서 산출되는 수신 패킷의 접속 주소(Access Address) 패킷 상관 값.

발명의 효과

[0054]

본 발명은 BER 측정을 위한 별도의 데이터 송수신 과정 없이 CRC Success Rate(CSR)와 Access Address의 상관 값 및 RSSI(수신신호세기)를 활용하여 LQI 측정이 가능하도록 함으로써, 시스템 구현 시 복잡도를 줄일 수 있으며, 여러 간섭 신호원이 존재하는 2.4GHz ISM(Industry-Science-Medical) Band에서 보다 향상된 정확성과 효율성으로 LQI 측정을 수행할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0055]

도 1은 기존 Bluetooth 시스템의 Adaptive Frequency Hopping(AFH)과 BLE(Bluetooth Low Energy) 시스템의 Adaptive Frequency Hopping(AFH) 간의 동작상의 차이점을 나타내는 도면.

도 2는 2.4GHz ISM Band에서 WiFi 시스템의 채널 주파수 할당과 BLE 시스템의 채널 주파수 할당의 예를 나타내는 도면.

도 3은 BLE(Bluetooth Low Energy) 시스템의 패킷 포맷을 나타내는 도면.

도 4는 간섭 신호가 없는 Static Channel에서의 링크 품질 지표(LQI)와 수신신호세기(RSSI) 간의 상관 관계를 나타내는 도면.

도 5는 실제 무선 통신 환경에서 거리 변화에 따른 경로 손실의 변화를 나타내는 도면.

도 6은 본 발명에 따른 링크 품질 지표(LQI) 측정 시스템 구성.

도 7은 본 발명의 제 1 주기 및 제 2 주기 설정에 대한 예를 나타내는 도면.

도 8은 링크 버짓의 예를 나타내는 도면.

도 9는 Access Address 최대 상관 값의 산출 예를 나타내는 도면.

도 10은 본 발명에 따른 링크 품질 지표(LQI) 측정 방법 구성.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0056]

아래에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본 발명의 실시 예를 상세히 설명한다. 그러나, 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시 예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

[0058]

명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 “연결”되어 있다고 할 때, 이는 “직접적으로 연결”되어 있는 경

우편 아니라, 그 중간에 다른 연결 구성을 두고 연결되어 있는 경우를 포함하며, “전기적으로 연결” 되어 있는 경우뿐만 아니라 “유무선 네트워크 연결” 도 포함할 수 있다. 본원 명세서 전체에서 사용되는 정도의 용어 “~(하는) 단계” 또는 “~의 단계” 는 “~를 위한 단계” 만을 의미하지는 않는다. “~(하는) 절차” 의 경우도 마찬가지이다.

- [0060] 저전력 블루투스(BLE) 시스템에서의 링크 품질 지표(LQI)를 측정하는 장치는,
- [0061] 송신기와와 BLE(Bluetooth Low Energy) 연결을 통하여 패킷을 수신하는 패킷 수신부;
- [0062] 패킷 수신부에서 수신한 수신 패킷의 수신신호세기(RSSI) 값을 측정하는 수신신호세기(RSSI) 측정부;
- [0063] 상기 수신 패킷의 유효성 및 오류 여부를 판단하는 오류 여부 판단부;
- [0064] 상기 오류 여부 판단부의 판단 결과에 따라, 수신 패킷의 CRC 성공률(CRC Success Rate)을 산출하는 CSR(CRC Success Rate) 산출부;
- [0065] 상기 수신 패킷에 포함된 접속 주소(Access Address) 값과 기 저장된 접속 주소(Access Address)값이 일치하는 정도에 따른 접속 주소(Access Address) 패킷 상관 값을 산출하는 패킷 상관 값 산출부;
- [0066] 상기 측정된 수신신호세기(RSSI), 상기 산출한 CSR(CRC Success Rate) 및 접속 주소(Access Address) 패킷 상관 값을 바탕으로 링크 품질 지표(LQI)를 산출하는 LQI 산출부; 를 포함하여 구성된다.
- [0068] 본 명세서에서 언급하는 송신기와 수신기는, 예를 들어 “블루투스 4.2” 규격의 BLE(Bluetooth Low Energy) 시스템을 통하여 연결될 수 있다.
- [0070] 이하, 도면을 참조하여 본 발명을 상세히 설명하도록 한다.
- [0072] BLE(Bluetooth Low Energy) 시스템에서 수신신호세기(RSSI)는 가장 측정이 용이한 측정 체계(Metric)이다. 일반적으로 상기 수신신호세기(RSSI)는 간섭 신호가 없는 정적인 채널(Static Channel)에서는 링크 품질(Link Quality)과 밀접한 상관관계를 가지고 있으며, BLE(Bluetooth Low Energy) 시스템을 통하여 연결된 송신기와 수신기 간의 거리의 제곱에 반비례하는 특성을 가지고 있다. 즉, BLE(Bluetooth Low Energy) 시스템에서의 간섭 신호가 일정한 상황에서 수신신호세기(RSSI)와 링크 품질 지표(Link Quality Indicator, 이하, ‘LQI’) 간의 관계는 도 4와 같이 상호 비례하는 특성을 가지고 있으므로 상기 링크 품질 지표(LQI)로 활용 가능한 적절한 지표가 될 수 있다. 그러나, 실제 무선 채널 환경과 유사하게 간섭 신호가 존재하거나 다중 경로 페이딩 채널 환경에서는 상기 도 4와 같은 수신신호세기(RSSI)와 링크품질지표(LQI)와의 상관성을 유지할 수 없게 된다.
- [0073] 보다 상세히 설명하면, 일반적으로 수신기에 구성된 상용 BLE 칩(Chip)들은, RF Front-end단에서 파워 검출기(Power Detector)를 이용하여 송신기로부터 수신한 수신 패킷의 파워를 측정하며, Micro-controller Unit(MCU)에 구현되는 프로토콜 스택(Protocol Stack)은 상기 BLE 칩(Chip)에 내장된 저속의 ADC를 사용하여, 상기 파워 검출기(Power Detector)를 통하여 RF Front-end단에서 측정된 수신 패킷의 파워 값을 읽어 들이는 방식을 사용하고 있다. 이 과정에서 상기 RF Front-end단에서 간섭 신호를 제거하기 위해 사용되는 아날로그 채널 선택 필터(Analog Channel Selection Filter)의 성능에 따라 수신신호세기(RSSI)는 예를 들어, 2.4GHz ISM 대역에서 존재할 수 있는 타 시스템으로부터 간섭 신호의 영향을 받을 수 있는 것이다.
- [0074] 도 2를 참조하면, 실제 2.4GHz ISM 대역에서의 WiFi 시스템과 BLE 시스템에서WiFi 채널과 BLE 채널이 서로 겹쳐 각각의 서비스가 이루어지고 있다는 것을 확인할 수 있다. 여기서, 상기 2.4GHz ISM 대역에서 운용하는 타 시스템까지 고려한다면 이로 인해 발생하는 간섭 신호의 영향은 상당히 증가할 것으로 추측할 수 있다. 따라서, 상기와 같은 간섭 신호가 존재하는 채널을 효과적으로 회피하여 송신기와 수신기 간의 통신 링크를 설정하지 못할 경우, 수신신호세기(RSSI)는 간섭 신호의 영향으로 인해 신뢰도가 저하되는 문제점이 발생한다.
- [0075] 또한, 실제 다중경로 페이딩 채널을 고려하면, 상기 다중경로 페이딩 채널의 타임 스프레드(Time Spread) 및 시변(Time Varying) 특성으로 인해 수신기에서 측정된 수신신호세기(RSSI)는 심한 변화가 나타나게 된다. (도 5 참조)
- [0076] 따라서, 상기 수신신호세기(RSSI)만을 사용하여 링크 품질 지표(LQI)를 추출하는 것은 간섭 신호의 영향으로 인한 정확성이 저하되는 문제점이 존재한다.
- [0078] 도 3를 참조하면, BLE(Bluetooth Low Energy) 시스템에서의 패킷은 CRC(Cyclic Redundancy Check) 필드를 포함한다. 상기 BLE(Bluetooth Low Energy) 연결을 통하여 송신기로부터 수신 패킷을 수신한 수신기는, 상기 수신

패킷에 포함된 CRC 필드를 이용하여 수신 패킷의 유효성을 판단한다. 또한, CRC(순환 중복 검사)를 통하여 수신 패킷의 오류 여부를 판단하며, 상기 오류 여부 판단에 따라 CRC Success Rate(CSR, CRC 성공률)을 산출할 수 있다. 상기 CSR(CRC 성공률)은 수신 패킷의 오류율이므로, 종래의 링크 품질 지표(LQI) 측정에 사용되는 비트 오류율(BER)과 밀접한 관계를 가지고 있다는 장점이 있다.

- [0079] 또한, BLE(Bluetooth Low Energy) 시스템에서의 패킷은 Access Address(접속 주소) 필드를 포함하며, 상기 Access Address 필드는 32비트의 고정적인 값을 가지고 있다. 상기 BLE(Bluetooth Low Energy) 연결을 통하여 송신기로부터 수신 패킷을 수신한 수신기는, 상기 수신 패킷의 Access Address 값과 기 저장된 Access Address 값의 일치 여부를 비교하고, 상기 비교 결과에 따라 상기 수신 패킷이 수신 처리를 해야 할 패킷인지 아닌지를 판단한다. 상기 수신 패킷의 Access Address 값과 수신기의 기 저장된 Access Address 값의 일치 여부를 비교한 비교 결과의 값을 Access Address 상관 값이라고 한다. 상기 Access Address 상관 값은 간섭 신호의 영향을 줄여 줄 수 있는 디지털 필터링 된 수신 패킷을 이용하여 산출되므로 상대적으로 수신신호세기(RSSI) 대비 간섭 신호의 영향을 줄일 수 있으며, 송신기와 수신기 간의 채널의 영향을 반영하고 있으므로 링크 품질 지표(LQI) 측정에 사용할 수 있다. 보다 상세한 설명은, 추후 본 발명의 각 구성 설명 시 설명하도록 한다.
- [0081] 따라서, 본 발명은 BLE(Bluetooth Low Energy) 연결을 통하여 송신기로부터 수신한 수신 패킷을 이용하여 산출된 수신신호세기(RSSI), CSR(CRC Success Rate) 및 Access Address(접속 주소) 최대 상관 값을 사용하여 링크 품질 지표(LQI)를 측정하는 방법을 제공하고자 한다.
- [0082] 도 6을 참조하면, 본 발명에 따른 저전력 블루투스(BLE) 시스템에서의 링크 품질 지표(LQI)를 측정하는 장치는, 송신기와와 BLE(Bluetooth Low Energy) 연결을 통하여 패킷을 수신하는 패킷 수신부(210); 패킷 수신부에서 수신한 수신 패킷의 수신신호세기(RSSI) 값을 측정하는 수신신호세기(RSSI) 측정부(220); 상기 수신 패킷의 유효성 및 오류 여부를 판단하는 오류 여부 판단부(230); 상기 오류 여부 판단부의 판단 결과에 따라, 수신 패킷의 CRC 성공률(CRC Success Rate)을 산출하는 CSR(CRC Success Rate) 산출부(240); 상기 수신 패킷에 포함된 Access Address(접속 주소) 값과 기 저장된 Access Address(접속 주소) 값의 일치 정도에 따른 Access Address 패킷 상관 값을 산출하는 패킷 상관 값 산출부(250); 상기 측정된 수신신호세기(RSSI), 상기 산출한 CSR(CRC Success Rate) 및 Access Address 패킷 상관 값을 바탕으로 링크 품질 지표(LQI)를 산출하는 LQI 산출부(260); 를 포함하여 구성될 수 있다.
- [0084] 패킷 수신부(210)는, BLE(Bluetooth Low Energy) 연결을 통하여 송신기로부터 소정의 제 1 주기(Ti) 간격으로 패킷을 수신하는 구성이다.
- [0085]
- [0086] 수신신호세기(RSSI) 측정부(220)는, 상기 패킷 수신부(210)에서 수신한 수신 패킷의 수신신호세기(RSSI) 값을 소정의 제 1 주기(Ti) 간격으로 측정하는 구성이다. 상기 소정의 제 1 주기(Ti) 간격으로 측정되는 수신신호세기(RSSI) 값은, 상기 소정의 제 1 주기(Ti) 간격으로 수신신호세기(RSSI) 수신부(261)로 전송된다.
- [0088] 오류 여부 판단부(230)는, 상기 수신 패킷의 유효성 및 오류 여부를 판단하는 구성이다. 상기 수신 패킷의 유효성을 판단하는 것은, 상기 수신 패킷에 포함된 CRC 필드를 이용하여 판단할 수 있다. 또한, 상기 수신 패킷의 오류 여부를 판단하는 것은 상기 수신 패킷에 포함된 CRC 체크 값을 사용하여 CRC(순환 중복 검사)를 통해 오류 여부를 판단하며, 여기서 상기 CRC 체크 값은 송신기(100)와 수신기(200) 간의 사전에 약속한 값이다.
- [0089] 상기 오류 여부 판단부(230)는, 상기 수신 패킷의 CRC(순환 중복 검사) 결과에 따라 CSR(CRC Success Rate) 산출부(240)로 확인 신호를 출력하는 확인 신호 출력부(232)를 포함하여 구성될 수 있다.
- [0090] 상기 확인 신호 출력부(232)는, 상기 수신 패킷의 CRC(순환 중복 검사) 결과가 오류가 있는 것으로 판단된 경우, 상기 CRC 산출부(240)로 확인 신호를 출력하지 않는다. 반면, 상기 CRC(순환 중복 검사) 결과가 오류가 없는 것으로 판단된 경우, 상기 CRC 산출부(240)로 확인 신호를 출력한다.
- [0092] CSR(CRC Success Rate) 산출부(240)는, 상기 오류 여부 판단부(230)의 판단 결과에 따라 수신 패킷의 CRC 성공률(CRC Success Rate, 'CSR')을 산출하는 구성이다.
- [0093] 상기 CSR 산출부(240)는, 상기 오류 여부 판단부(230)의 확인 신호 출력부(232)로부터 확인 신호를 입력 받는 확인 신호 입력부(242)를 포함하여 구성될 수 있다. 따라서, 상기 확인 신호 입력부(242)를 통하여, 상기 확인 신호 출력부(232)로부터 상기 수신 패킷의 CRC(순환 중복 검사) 결과에 따라 출력되는 확인 신호를 입력 받아 소정의 제 2 주기(Ni) 동안 카운트하여, 상기 소정의 제 2 주기(Ni)에 대한 CRC 성공률, 즉 CSR(CRC Success

Rate)을 산출할 수 있다. 여기서, 상기 CSR(CRC Success Rate)은 0에서 1 사이의 값으로 산출된다.

[0095] 패킷 상관 값 산출부(250)는, 상기 수신 패킷에 Access Address(접속 주소) 값과 기 저장된 Access Address 값의 일치 여부를 상기 소정의 제 1 주기(Ti) 간격으로 판단하여, 그 판단 결과에 따른 Access Address 패킷 상관 값을 산출하는 구성이다. 보다 상세히 설명하면, BLE(Bluetooth Low Energy) 시스템에서 패킷의 Access Address는 32Bit의 고정적인 값을 가지고 있다. 송신기(100)로부터 수신하는 수신 패킷에는 32Bit의 각 비트에 해당하는 데이터가 포함되어 있으며, 수신기(200)는 상기 송신기(100)와 사전에 약속한 32bit의 각 비트에 해당하는 데이터를 저장하고 있다. 따라서, 상기 최대 값 산출부(250)는 수신 패킷의 Access Address 값과 기 저장된 Access Address 값에 포함된 각 비트(bit) 별로 데이터의 일치 여부를 판단하고, 각 일치 여부의 판단 결과에 따른 값을 산출한다. 여기서 각 비트(bit) 별 데이터의 일치 여부 판단 결과에 따라 산출되는 값을 Access Address 상관 값이라고 하며, 한 수신 패킷에 포함되는 32bit에 대한 Access Address 상관 값의 합을 Access Address 패킷 상관 값이라고 한다. 즉, 하나의 수신 패킷에서 산출 가능한 Access Address 패킷 상관 값은 0~32의 사이의 값으로 산출될 수 있는 것이다.

[0096] 예를 들어, 도 9와 같이 수신 패킷의 Access Address는 1bit 별 해당 데이터(Data 1 ~ Data 32)를 포함하여 전체 32Bit의 값을 가지고 있으며, 수신기(200)는 송신기(100)와 사전에 약속한 Access Address 1bit 별 해당 데이터(Data N ~ Data(N+31))를 포함하여 전체 32Bit의 값을 저장하고 있다. 따라서, Access Address 패킷 상관 값을 산출하기 위해서, Data 1과 Data N, Data 2와 Data(N+1), ..., Data 32와 Data(N+31)의 총 32개의 bit에 대해 각 bit 별 일치 여부를 판단한다. 상기 판단 결과가 일치한 것으로 판단된 경우에는 '1'의 값을 산출하고, 일치하지 않은 것으로 판단된 경우에는 '0'의 값을 산출한다. 이와 같이 산출된 '1' 또는 '0'의 값을 Access Address 상관 값이라고 하며, 한 수신 패킷 당 산출될 수 있는 Access Address 패킷 상관 값은 총 32개의 각 산출된 Access Address 상관 값을 합산하여 산출되는 값으로 0 ~ 32 사이의 범위의 값으로 산출된다.

[0097] 여기서, 한 수신 패킷 당 산출 가능한 Access Address 최대 상관 값은 32가 된다.

[0098] 더불어, 상기 패킷 상관 값 산출부(250)는, 디지털 필터링 된 수신 패킷을 이용하여 수행하므로 간섭 신호의 영향이 감소되어 보다 정확성이 향상된 최대 상관 값을 산출할 수 있다.

[0100] LQI 산출부(260)는, 수신신호세기(RSSI) 수신부(261), CSR 수신부(262), 패킷 상관 값 수신부(263), 평균 수신신호세기(RSSI) 산출부(264), 평균 수신신호세기(RSSI) 정규화부(265), 평균 패킷 상관 값 산출부(266), 평균 패킷 상관 값 정규화부(267)를 포함하여 구성될 수 있다.

[0102] 상기 수신신호세기(RSSI) 수신부(261)는, 상기 수신신호세기(RSSI) 측정부에서 측정되는 수신 패킷의 수신신호세기(RSSI) 값을 소정의 제 1 주기(Ti) 간격으로 수신하는 구성이다.

[0104] 상기 CSR(CRC Success Rate) 수신부(262)는, 상기 CSR 산출부(240)로부터 산출되는 수신 패킷의 CSR(CRC Success Rate)를 소정의 제 2 주기(Ni) 간격으로 수신하는 구성이다.

[0106] 상기 패킷 상관 값 수신부(263)는, 상기 패킷 상관 값 산출부(250)로부터 산출되는 수신 패킷의 Access Address 패킷 상관 값을 소정의 제 1 주기(Ti) 간격으로 수신하는 구성이다.

[0108] 상기 평균 수신신호세기(RSSI) 산출부(264)는, 소정의 제 2 주기(Ni) 간격으로, 상기 수신신호세기(RSSI) 수신부(261)에서 소정의 제 1 주기(Ti) 간격으로 수신한 수신신호세기(RSSI)들에 대한 평균을 산출하는 구성일 수 있다. 여기서, 상기 소정의 제 2 주기(Ni)는, 상기 소정의 제 1 주기(Ti)보다 길게 설정되는 주기이다. 즉, 소정의 제 2 주기(Ni)의 한 주기에 포함되는 상기 소정의 제 1 주기(Ti)의 각 주기마다 수신한 수신신호세기(RSSI)들에 대한 평균을 산출하는 것이다. (도 7 참조)

[0110] 상기 평균 수신신호세기(RSSI) 정규화부(265)는, 상기 평균 수신신호세기(RSSI) 산출부(264)에서 산출된 평균 수신신호세기(RSSI) 값을 정규화하는 구성이다.

[0111] 상기 평균 수신신호세기(RSSI)를 정규화하는 것은, 송신기(100)와 수신기(200) 간의 링크 버짓(Link Budget)에 기반하여 다음과 같은 (식 2)로 정규화할 수 있다.

$$\text{normalized(평균RSSI)} = \frac{\text{평균 RSSI}}{\text{수신기 Dynamic Range의 최대값}} + \frac{\text{수신기 Sensitivity Level}}{\text{수신기 Dynamic Range의 최대값}} \quad (\text{식 2})$$

[0113] 상기 링크 버짓(Link Budget)은 무선 통신 시스템의 링크 설계에서 송수신이 완벽하게 이루어지도록 규격을 정

하거나 조정하는 작업 또는 그 계산 결과이다. 상기 링크 버짓의 예를 나타내는 도 8을 참조하면, Received signal power 값인 -45dBm와 Receiver sensitivity 값인 -97dBm 간의 범위는 수신기의 Dynamic Range에 해당된다. 따라서, 상기 (식 1)의 수신기 Dynamic Range의 최대 값은 -45dBm이 되는 것이며, 수신기 Sensitivity Level은 -97dBm이 된다.

[0114] 여기서, 수신기 Sensitivity level는 송신기와 수신기 간의 링크 버짓(Link Budget)에 의해 설정되는 수신 감도를 의미하며, 수신기 Dynamic Range의 최대 값은 송신기와 수신기 간의 링크 버짓(Link Budget)에 의해 설정되는 수신 감도와 수신신호 강도 사이의 범위에 해당하는 최대 값을 의미하는 것이다.

[0115] 따라서, 이와 같이 송신기(100)와 수신기(200) 간의 링크 버짓에 기반하여 상기 (식 2)에 해당하는 각 값을 대입하여 평균 수신신호세기(RSSI)를 정규화할 수 있다. 상기 평균 수신신호세기(RSSI)는 (식 2)에 의해 정규화됨으로써 0에서 1 사이의 값으로 산출된다.

[0116] 상기 평균 패킷 상관 값 산출부(266)는 소정의 제 2 주기(Ni) 간격으로, 상기 패킷상관 값 수신부(263)에서 상기 소정의 제 1 주기(Ti) 간격으로 수신한 Access Address 패킷 상관 값들에 대한 평균을 산출하는 구성이다. 여기서, 상기 소정의 제 2 주기(Ti)는, 상기 소정의 제 1 주기(Ni)보다 길게 설정되는 것이다.

[0118] 상기 평균 패킷 상관 값 정규화부(267)는, 상기 평균 패킷 상관 값 산출부(266)에서 산출되는 평균 Access Address 패킷 상관 값과 한 패킷 당 산출 가능한 Access Address 최대 상관 값을 이용하여, 상기 평균 Access Address 패킷 상관 값을 정규화하는 구성이다.

[0119] 상기 평균 패킷 상관 값을 정규화하는 것은, 다음의 (식 3)에 의해 정규화할 수 있다.

$$\text{normalized(평균 Access Address 패킷 상관 값)} = \frac{\text{수신 패킷의 평균 Access Address 패킷 상관 값}}{\text{최대 상관 값}} \quad (\text{식 3})$$

[0121] 상기 (식 3)의 최대 상관 값은 한 수신 패킷 당 산출 가능한 Access Address 최대 상관 값이므로 32의 고정적인 값이다. 또한, 수신 패킷의 평균 패킷 상관 값은, 상기 평균 패킷 상관 값 산출부(266)에서 소정의 제 2 주기(Ni) 간격으로 산출되는 평균 Access Address 패킷 상관 값이다.

[0122] 상기 평균 패킷 상관 값을 (식 3)에 의해 정규화함으로써 소정의 제 2 주기(Ni) 간격으로 산출되는 평균 패킷 상관 값은 0에서 1 사이의 값으로 산출된다.

[0123] 즉, 예를 들어, 소정의 제 1 주기(Ti)의 각 주기마다 산출된 Access Address 패킷 상관 값이 6, 20, 30, 11, 8 ... 이고, 소정의 제 2 주기(Ni)의 각 주기는 상기 소정의 제 1 주기(Ti) 4개의 주기가 포함되는 것으로 설정된다고 하면, 소정의 제 2 주기(Ni)에 대한 평균 Access Address 패킷 상관 값은 (6+20+30+11) / 4 = 16.75의 값으로 산출된다. 따라서, (식 3)에 의해 평균 Access Address 패킷 상관 값을 정규화하면, 16.75 / 32 = 0.5234375 의 값으로 산출되는 것이다.

[0125] 따라서, 상기 LQI 산출부(260)는, 상기 평균 수신신호세기(RSSI) 정규화부(265)에서 산출된 정규화된 평균 수신신호세기(RSSI) 값, CSR(CRC Success Rate) 수신부(262)에서 수신한 CSR(CRC Success Rate) 및 상기 평균 패킷 상관 값 정규화부(267)에서 산출된 정규화된 평균 Access Address 패킷 상관 값의 곱하여 링크 품질 지표(LQI)를 산출할 수 있다.

[0127] 상기 LQI를 산출하는 것은 다음의 (식 1)을 이용하여 산출할 수 있다.

$$(\text{식 1}) \text{ LQI} = \text{CSR} \times \text{normalized(평균 Access Address 패킷 상관 값)} \times \text{normalized(평균RSSI)}$$

[0130] 도 10은 본 발명에 따른 저전력 블루투스(BLE) 시스템에서의 링크 품질 지표(LQI) 측정 방법을 나타내는 블록도이다.

[0131] 상기 도 10을 참조하면, 패킷 수신단계(S100), 수신신호세기(RSSI) 측정단계(S200), 오류 여부 판단단계(S300), CSR(CRC Success Rate) 산출단계(S400), 패킷 상관 값 산출단계(S500), LQI(링크 품질 지표) 산출단계(S600)를 포함하여 구성될 수 있다.

[0133] 상기 패킷 수신단계(S100)는, BLE(Bluetooth Low Energy)를 통하여 송신기로부터 소정의 제 1 주기(Ti) 간격으로 패킷을 수신하는 단계이다.

[0135] 상기 수신신호세기(RSSI) 측정단계(S200)는, 상기 패킷 수신단계(S100)에서 수신한 수신 패킷의 수신신호세기

(RSSI) 값을 소정의 제 1 주기(Ti) 간격으로 측정하는 단계이다.

- [0137] 오류 여부 판단단계(S300)는, 상기 패킷 수신단계(S100)에서 수신한 수신 패킷의 유효성 및 오류 여부를 판단하는 단계이다.
- [0138] 상기 수신 패킷의 유효성을 판단하는 것은, 상기 수신 패킷에 포함된 CRC 필드를 이용하여 판단할 수 있다. 또한, 상기 수신 패킷의 오류 여부를 판단하는 것은 상기 수신 패킷에 포함된 CRC 체크 값을 사용하여 CRC(순환 중복 검사)를 통해 오류 여부를 판단하며, 여기서 상기 CRC 체크 값은 송신기(100)와 수신기(200) 간의 사전에 약속한 값이다.
- [0139] 상기 오류 여부 판단단계(S300)는 확인 신호 출력단계(S310)를 포함하여 구성될 수 있다. 상기 확인 신호 출력 단계(S310)는, 상기 수신 패킷의 CRC(순환 중복 검사) 결과에 따라, 상기 수신 패킷의 오류 여부를 확인하는 확인 신호를 출력하는 단계이다. 예를 들어, 상기 수신 패킷의 CRC(순환 중복 검사) 결과가 오류가 있는 것으로 판단된 경우에는 확인 신호를 출력하지 않는다. 반면, 상기 CRC(순환 중복 검사) 결과가 오류가 없는 것으로 판단된 경우에는 확인 신호를 출력한다.
- [0141] CSR(CRC Success Rate) 산출단계(S400)는, 상기 오류 여부 판단단계(S300)에서의 판단 결과에 따라 상기 수신 패킷의 CRC 성공률(CRC Success Rate), 즉, CSR(CRC Success Rate)을 산출하는 단계이다.
- [0142] 상기 CSR(CRC Success Rate) 산출단계(S400)는, 소정의 제 2 주기(Ni) 동안 상기 확인 신호 출력단계(S310)에서 출력되는 것을 카운트하는 확인 신호 카운트단계(S410)를 포함하여 구성될 수 있다. 따라서, 상기 확인 신호 카운트단계(S410)에서 소정의 제 2 주기(Ni) 동안 카운트된 확인 신호의 개수를 이용하여, 상기 소정의 제 2 주기(Ni)에 대한 CRC 성공률, 즉 CSR(CRC Success Rate)을 산출할 수 있다. 여기서, 상기 CSR(CRC Success Rate)은 0에서 1 사이의 값으로 산출된다
- [0144] 패킷 상관 값 산출단계(S500)는, 상기 패킷 수신단계(S100)에서 수신한 수신 패킷에 포함된 Access Address(접속 주소) 값과 기 저장된 Access Address 값의 일치 여부를 소정의 제 1 주기(Ti) 간격으로 판단하여, 그 판단 결과에 따른 Access Address 패킷 상관 값을 산출하는 구성이다.
- [0145] 상기 Access Address 패킷 상관 값을 산출하는 것을 상세히 설명하면, BLE(Bluetooth Low Energy) 시스템에서, 패킷의 Access Address는 32bit의 고정적인 값을 가지고 있다. 송신기(100)로부터 수신하는 수신 패킷에는 32bit의 각 비트에 해당하는 데이터가 포함되어 있다. 또한, 수신기(200)는 상기 송신기(100)와 사전에 약속한 해당 송신기에 대한 Access Address의 32bit의 각 비트에 해당하는 데이터를 저장하고 있다. 따라서, 상기 패킷 상관 값을 산출하기 위해서는, 우선 송신기로부터 수신한 수신 패킷에 포함된 Access Address 값과 기 저장된 Access Address 값에 포함된 32bit에 대해 각 bit 별로 데이터의 일치 여부를 판단하고, 각각의 일치 여부에 따른 판단 결과 값을 산출한다. 여기서 각 Bit 별 데이터의 일치 여부 판단 결과에 따라 산출되는 값을 판단 결과 값을 Access Address 상관 값이라고 한다.
- [0146] 예를 들어, 도 9와 같이 수신 패킷의 Access Address는 1bit 별 해당 데이터(Data 1 ~ Data 32)를 포함하여 전체 32Bit의 값을 가지고 있으며, 수신기(200)는 송신기(100)와 사전에 약속한 Access Address 1bit 별 해당 데이터(Data N ~ Data(N+31))를 포함하여 전체 32Bit의 값을 저장하고 있다. 따라서, Access Address 패킷 상관 값을 산출하기 위해서, Data 1과 Data N, Data 2와 Data(N+1), ..., Data 32와 Data(N+31)의 총 32개의 bit에 대해 각 bit 별 일치 여부를 판단한다. 상기 판단 결과가 일치한 것으로 판단된 경우에는 '1'의 값을 산출하고, 일치하지 않은 것으로 판단된 경우에는 '0'의 값을 산출한다. 이와 같이 산출된 '1' 또는 '0'의 값을 Access Address 상관 값이라고 하며, 한 수신 패킷 당 산출될 수 있는 Access Address 패킷 상관 값은 총 32개의 각 산출된 Access Address 상관 값을 합산하여 산출되는 값으로 0 ~ 32 사이의 범위의 값으로 산출된다.
- [0147] 여기서, 한 수신 패킷 당 산출 가능한 Access Address 최대 상관 값은 32가 된다.
- [0148] 더불어, 상기 패킷 상관 값 산출부(250)는, 디지털 필터링 된 수신 패킷을 이용하여 수행하므로 간섭 신호의 영향이 감소되어 보다 정확성이 향상된 최대 상관 값을 산출할 수 있다.
- [0149] 링크 품질 지표(LQI)를 산출하는 LQI 산출단계(S600)는, 상기 수신신호세기(RSSI) 측정단계(S200)에서 측정된 수신신호세기(RSSI), 상기 CSR 산출단계(S400)에서 산출된 CSR(CRC Success Rate) 및 패킷 상관 값 산출단계(S500)에서 산출된 Access Address 패킷 상관 값을 바탕으로 LQI를 산출하는 단계이다.
- [0151] 상기 LQI 산출단계(S600)는, 평균 수신신호세기(RSSI) 산출단계(S610), 평균 수신신호세기(RSSI) 정규화단계(S620), 평균 패킷 상관 값 산출단계(S630) 및 평균 패킷 상관 값 정규화단계(S640)를 포함하여 구성될 수

있다.

- [0153] 상기 평균 수신신호세기(RSSI) 산출단계(S610)는, 상기 수신신호세기(RSSI) 측정단계(S200)에서 측정되는 수신신호세기(RSSI) 값을 소정의 제 1 주기(Ti) 간격마다 수신하고, 상기 소정의 제 1 주기(Ti) 간격으로 수신한 수신신호세기(RSSI) 값들을 소정의 제 2 주기(Ni)에 대한 평균 수신신호세기(RSSI)를 산출하는 단계이다.
- [0154] 여기서, 상기 소정의 제 2 주기(Ni)는 소정의 제 1 주기(Ti)보다 길게 설정되는 것이다. 즉, 소정의 제 2 주기(Ni)의 한 주기에 포함되는 상기 소정의 제 1 주기(Ti)의 각 주기마다 측정된 수신신호세기(RSSI)들에 대한 평균을 산출하는 것이다. (도 7 참조)
- [0156] 상기 평균 수신신호세기(RSSI) 정규화단계(S620)는, 송신기(100)와 수신기(200) 간의 링크 버짓(Link Budget)에 기반하여 상기 평균 수신신호세기(RSSI) 산출단계(S610)에서 산출된 평균 수신신호세기(RSSI)를 정규화하는 단계이다.
- [0157] 상기 평균 수신신호세기(RSSI)를 정규화하는 것은, 송신기(100)와 수신기(200) 간의 링크 버짓(Link Budget)에 기반하여 상기 (식 2)에 의해 정규화할 수 있다. (식 2 및 도 8 참조)
- [0158] 상기 평균 수신신호세기(RSSI) 정규화단계(S620)에서 정규화된 평균 수신신호세기(RSSI) 값은 0과 1 사이의 값으로 산출된다.
- [0160] 상기 평균 패킷 상관 값 산출단계(S630)는, 상기 패킷 상관 값 산출단계(S500)에서 소정의 제 1 주기 간격(Ti)으로 산출되는 패킷 상관 값들을 소정의 제 2 주기(Ni)에 대한 평균 패킷 상관 값을 산출하는 단계이다. 마찬가지로, 상기 소정의 제 2 주기(Ni)는, 상기 소정의 제 1 주기(Ti)보다 길게 설정되는 것이다.
- [0162] 상기 평균 패킷 상관 값 정규화단계(S640)는, 상기 평균 패킷 상관 값 산출단계(S630)를 통하여 상기 소정의 제 2 주기(Ni) 간격으로 산출되는 평균 패킷 상관 값을 정규화하는 단계이다. 상기 평균 패킷 상관 값을 정규화하는 것은, 상기 평균 패킷 상관 값 산출단계(S630)에서 산출된 평균 Access Address 패킷 상관 값과 한 패킷 당 산출 가능한 Access Address 최대 상관 값을 이용하여 정규화할 수 있다. (식 3 참조) 여기서, 한 패킷 당 산출 가능한 Access Address 최대 상관 값은 32가 된다.
- [0163] 상기 평균 패킷 상관 값 정규화단계(S640)를 통하여 정규화된 Access Address 패킷 상관 값은, 0에서 1 사이의 값으로 산출된다.
- [0164] 즉, 예를 들어, 소정의 제 1 주기의 각 주기(Ti)마다 산출된 Access Address 패킷 상관 값이 6, 20, 30, 11, 8 ... 이고, 소정의 제 2 주기(Ni)의 각 주기는 상기 소정의 제 1 주기(Ti)의 각 4개의 주기가 포함되는 것으로 설정된다고 하면, 소정의 제 2 주기(Ni)에 대한 평균 Access Address 패킷 상관 값은 $(6+20+30+11) / 4 = 16.75$ 의 값으로 산출된다. 따라서, 이를 이용한 평균 Access Address 패킷 상관 값을 정규화하는 것은, (식 3)에 의해, $16.75 / 32 = 0.5234375$ 의 값으로 산출되는 것이다.
- [0166] 따라서, 상기 LQI를 산출하는 것은, 상기 평균 수신신호세기(RSSI) 정규화단계(S620)를 통하여 정규화된 평균 수신신호세기(RSSI), 상기 CSR 산출단계(S400)에서 산출된 CSR(CRC Success Rate) 및 상기 평균 패킷 상관 값 정규화단계(S640)를 통하여 정규화된 평균 Access Address 패킷 상관 값의 곱으로 산출할 수 있다. (식 1 참고)
- [0168] 상기와 같이, 본 발명에 따라 정규화된 평균 수신신호세기(RSSI), CSR(CRC Success Rate) 및 정규화된 평균 Access Address 평균 상관 값을 이용한 링크 품질 지표(LQI) 측정 방식을 적용하여, BLE(Bluetooth Low Energy)를 통하여 연결된 송신기(100)와 수신기(200) 간의 각 데이터 채널에 대한 품질을 평가하여 각 채널의 좋고 나쁨을 판단할 수 있다. 따라서, BLE(Bluetooth Low Energy) 시스템은, 이를 바탕으로 데이터 송수신 시 품질이 나쁘다고 판단된 채널을 데이터 송수신시 회피함으로써 간섭 신호의 영향을 감소시킬 수 있으며, 이로 인해 통신 품질의 향상 효과를 발생시킬 수 있다.

부호의 설명

- [0170] 100: 송신기
- 200: 수신기
- 210: 패킷 수신부
- 220: 수신신호세기(RSSI) 측정부

230: 오류 여부 판단부

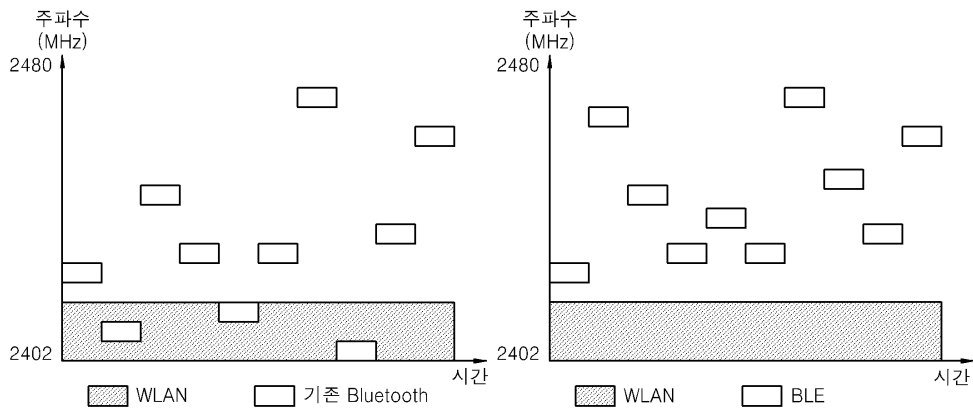
240: CSR 산출부

250: 패킷 상관 값 산출부

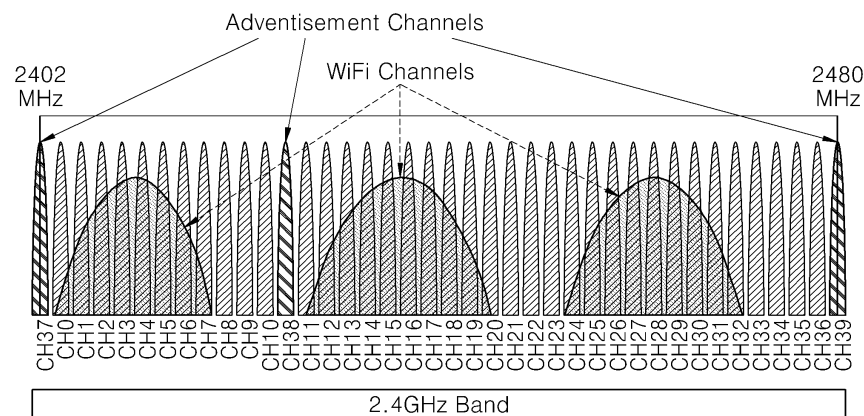
260: LQI 산출부

도면

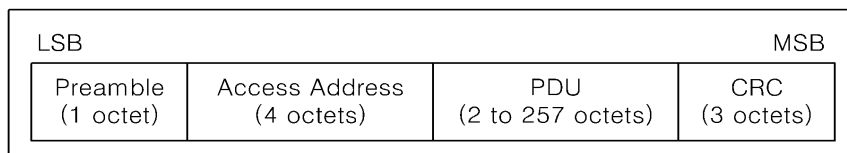
도면1



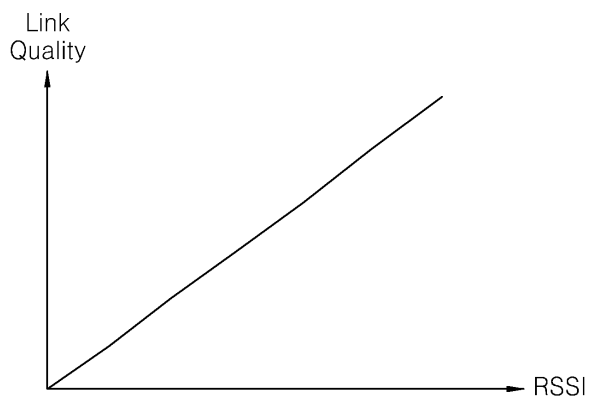
도면2



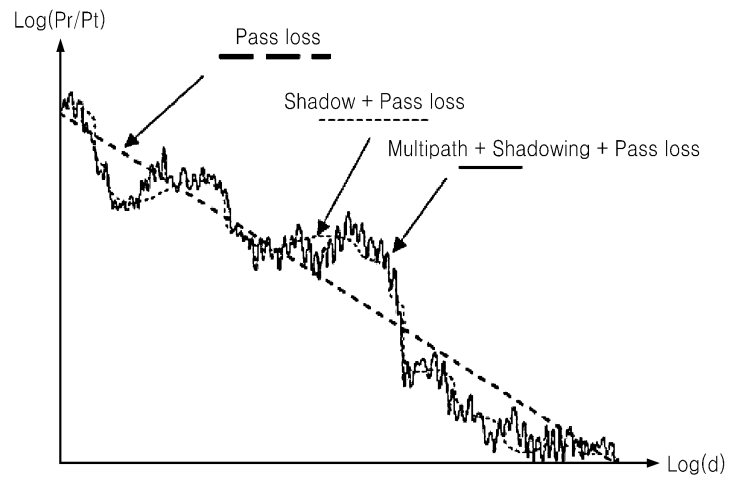
도면3



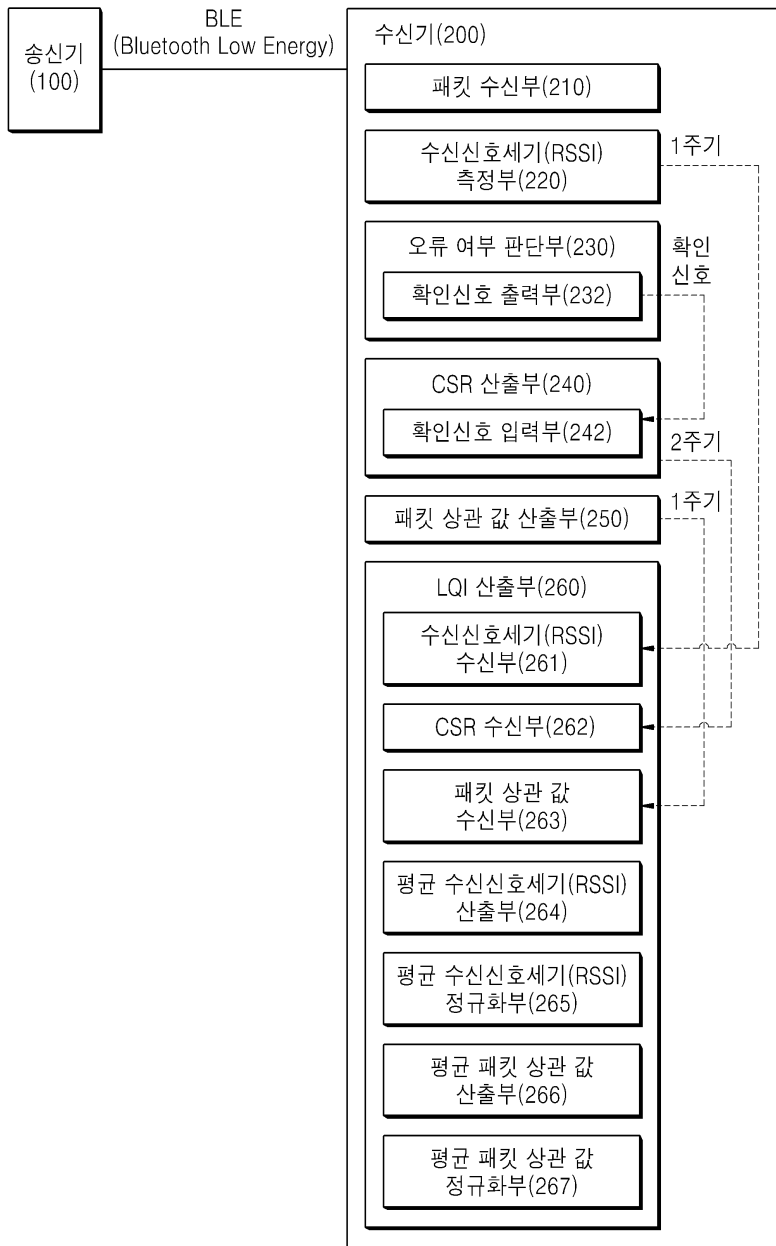
도면4



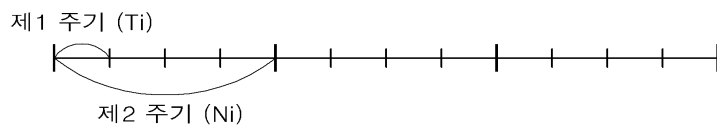
도면5



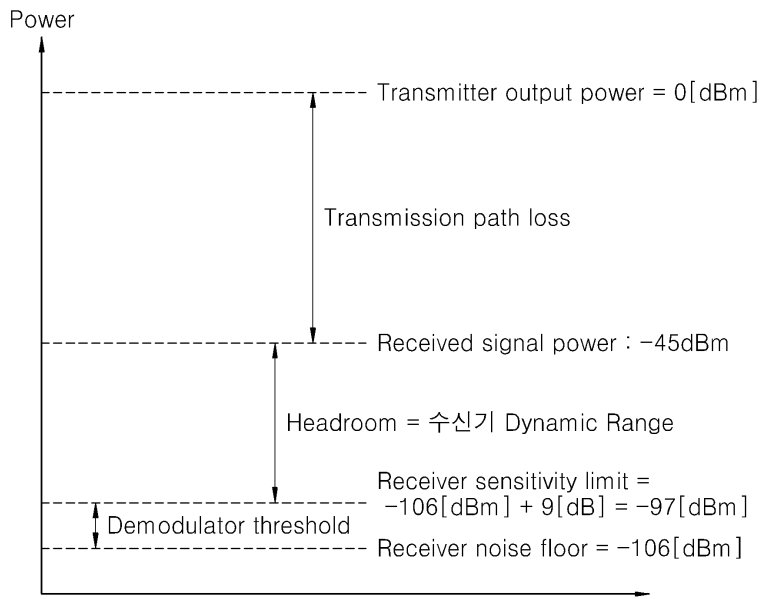
도면6



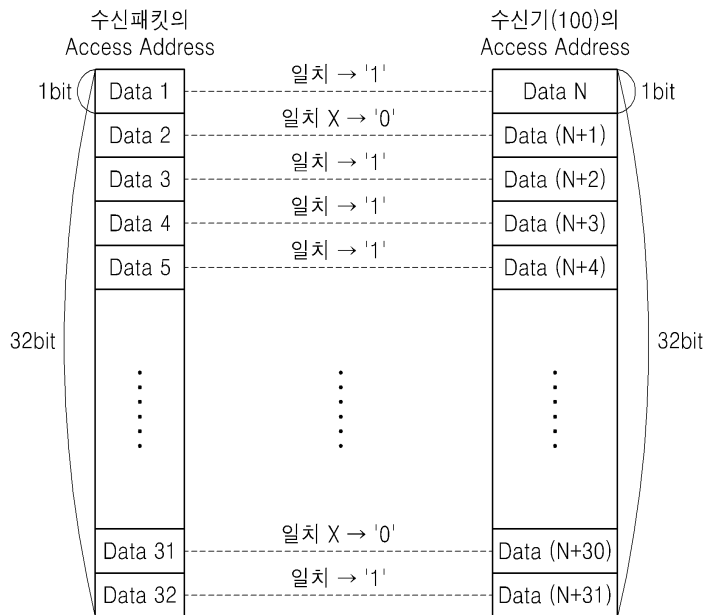
도면7



도면8



도면9



도면10

