



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0103059
(43) 공개일자 2017년09월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04B 7/155 (2006.01) G06K 19/07 (2006.01)
H02J 50/20 (2016.01) H04B 5/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H04B 7/15592 (2013.01)
G06K 19/0723 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0025026
(22) 출원일자 2016년03월02일
심사청구일자 2016년03월02일

(71) 출원인
세종대학교산학협력단
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)
(72) 발명자
송형규
경기도 성남시 분당구 중앙공원로 17 320동 303호
(서현동, 시범단지한양아파트)
이성주
서울특별시 광진구 독성로35길 32, 308동 1110호
(자양동, 우성3차아파트)
양현지
서울특별시 구로구 구로동로43길 10, 102동 1401호
(구로동, 우리유엔미아파트)
(74) 대리인
특허법인태백

전체 청구항 수 : 총 8 항

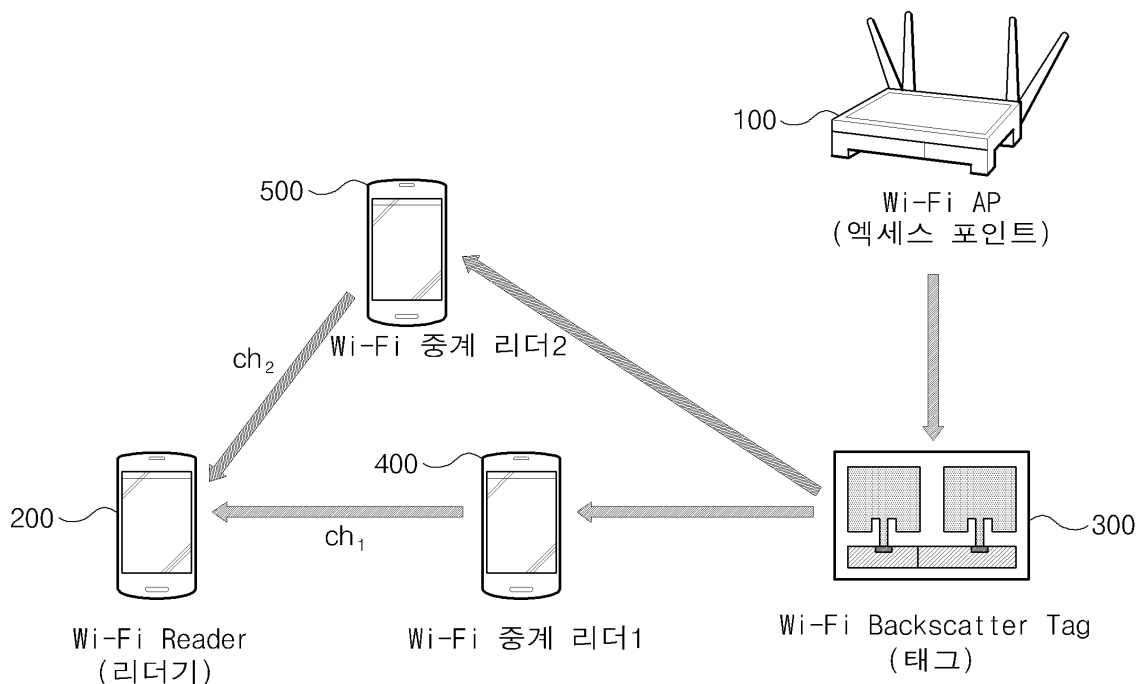
(54) 발명의 명칭 Wi-Fi 백스캐터 시스템 및 그것을 이용한 협력 통신 방법

(57) 요약

본 발명은, 액세스 포인트, 리더기, 태그, 제1 및 제2 중계 리더를 포함하는 Wi-Fi 백스캐터 시스템을 이용한 협력 통신 방법에 있어서, 제1 타임 슬롯 동안, 태그는 액세스 포인트로부터 수신되는 무선 패킷에 제1 및 제2 비트를 실어 x_1 및 x_2 패킷을 생성한 이후 제1 및 제2 중계 리더로 전송하되, x_1 패킷을 제1 안테나를 통해, x_2 패

(뒷면에 계속)

대표도 - 도2



킷을 제2 안테나를 통해 전송하는 단계, 제2 타임 슬롯 동안, 태그는 x_2 패킷을 제1 안테나를 통해, x_1 패킷을 제2 안테나를 통해 전송하며, 제1 및 제2 중계 리더는 이전 타임 슬롯에 태그로부터 수신한 패킷을 복조 후 리더기로 재전송하되, 제1 중계 리더는 제1 안테나에 의한 x_1 패킷을, 제2 중계 리더는 제2 안테나에 의한 x_2 패킷을 복조 후 재전송하는 단계, 및 제3 타임 슬롯 동안, 제1 및 제2 중계 리더는 이전 타임 슬롯에 태그로부터 수신한 패킷을 복조 후 리더기로 재전송하되, 제1 중계 리더는 제1 안테나에 의한 x_2 패킷을, 제2 중계 리더는 제2 안테나에 의한 x_1 패킷을 복조 후 재전송하는 단계를 포함하는 협력 통신 방법을 제공한다.

본 발명에 따르면, 두 개의 중계 리더를 사용함에 따라 리더기의 신호 수신 품질을 높이고 태그와 리더기 간의 전송 거리를 높일 수 있는 효과가 있다.

(52) CPC특허분류

H02J 50/20 (2016.02)

H04B 5/0056 (2013.01)

H04B 7/15521 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 B0126-15-1076

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 정보통신기술진흥센터

연구사업명 방송통신산업기술개발

연구과제명 Ambient RF 에너지 수집 및 Backscatter 데이터 전송을 융합한 무전원 기술 개발

기 여 율 1/1

주관기관 전자부품연구원

연구기간 2016.03.01 ~ 2017.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

액세스 포인트, 리더기, 태그, 상기 리더기와 상기 태그 사이의 제1 및 제2 중계 리더를 포함하는 Wi-Fi 백스캐터 시스템을 이용한 협력 통신 방법에 있어서,

제1 타임 슬롯 동안, 상기 태그는 상기 액세스 포인트로부터 수신되는 무선 패킷에 자신의 제1 및 제2 비트를 실어 x_1 및 x_2 패킷을 생성한 이후 상기 제1 및 제2 중계 리더로 전송하되, 상기 x_1 패킷을 제1 안테나를 통해, 상기 x_2 패킷을 제2 안테나를 통해 전송하는 단계;

제2 타임 슬롯 동안, 상기 태그는 상기 x_2 패킷을 상기 제1 안테나를 통해, 상기 x_1 패킷을 상기 제2 안테나를 통해 전송하며, 상기 제1 및 제2 중계 리더는 이전 타임 슬롯에 상기 태그로부터 수신한 패킷을 복조 후 상기 리더기로 재전송하되, 상기 제1 중계 리더는 상기 제1 안테나에 의한 상기 x_1 패킷을, 상기 제2 중계 리더는 상기 제2 안테나에 의한 상기 x_2 패킷을 복조 후 재전송하는 단계; 및

제3 타임 슬롯 동안, 상기 제1 및 제2 중계 리더는 이전 타임 슬롯에 상기 태그로부터 수신한 패킷을 복조 후 상기 리더기로 재전송하되, 상기 제1 중계 리더는 상기 제1 안테나에 의한 상기 x_2 패킷을, 상기 제2 중계 리더는 상기 제2 안테나에 의한 상기 x_1 패킷을 복조 후 재전송하는 단계를 포함하는 협력 통신 방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 태그는,

전송하고자 하는 상기 제1 및 제2 비트가 동일한 비트인 경우, 상기 x_2 패킷이 상기 x_1 패킷에 대해 직교하도록, 상기 제1 비트에 대응하여 생성한 상기 x_1 패킷은 그대로 전송하되, 상기 제2 비트에 대응하여 생성한 상기 x_2 패킷은 위상 변환하여 전송하는 협력 통신 방법.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 제2 및 제3 타임 슬롯에서 상기 제1 및 제2 중계 리더가 상기 리더기로 재전송하는 신호는 아래의 수학적 식으로 정의되는 협력 통신 방법:

$$X = \begin{bmatrix} \widetilde{x}_1 & \widetilde{x}_2 \\ \widetilde{x}_2 & \widetilde{x}_1 \end{bmatrix}$$

여기서, 제1 및 제2 행성분은 각각 상기 제2 및 제3 타임 슬롯에 대응되는 신호, 제1 및 제2 열성분은 각각 상기 제1 및 제2 중계 리더에 대응되는 신호, $\widetilde{x}_1$ 은 상기 복조 후 재전송되는 x_1 패킷, $\widetilde{x}_2$ 는 상기 복조 후 재전송되는 x_2 패킷을 나타낸다.

청구항 4

청구항 3에 있어서,

상기 제2 타임 슬롯과 상기 제3 타임 슬롯에서 상기 리더기의 수신 신호는 각각 아래의 수학적 식으로 정의되는 협력 통신 방법:

$$\begin{aligned} z_{11} &= \widetilde{x}_1 ch_1 + \widetilde{x}_2 ch_2 + n_{11} \\ z_{12} &= \widetilde{x}_2 ch_1 + \widetilde{x}_1 ch_2 + n_{12} \end{aligned}$$

여기서, ch_1 은 상기 제1 중계 리더와 상기 리더기 사이의 채널, ch_2 는 상기 제2 중계 리더와 상기 리더기 사이의 채널, n_{11} , n_{12} 은 각각의 수신 신호에 더해지는 잡음을 나타낸다.

청구항 5

액세스 포인트, 리더기, 태그, 상기 리더기와 상기 태그 사이의 제1 및 제2 중계 리더를 포함하는 Wi-Fi 백스캐터 시스템에 있어서,

상기 태그는,

제1 타임 슬롯 동안, 상기 액세스 포인트로부터 수신되는 무선 패킷에 자신의 제1 및 제2 비트를 실어 x_1 및 x_2 패킷을 생성한 이후 상기 제1 및 제2 중계 리더로 전송하되, 상기 x_1 패킷을 제1 안테나를 통해, 상기 x_2 패킷을 제2 안테나를 통해 전송하고, 제2 타임 슬롯 동안, 상기 x_2 패킷을 상기 제1 안테나를 통해, 상기 x_1 패킷을 상기 제2 안테나를 통해 전송하며,

상기 제1 중계 리더는,

상기 제2 타임 슬롯 동안, 이전 타임 슬롯에 상기 태그로부터 수신한 패킷 중 상기 제1 안테나에 의한 상기 x_1 패킷을 복조 후 상기 리더기로 재전송하고, 제3 타임 슬롯 동안, 이전 타임 슬롯에 상기 태그로부터 수신한 패킷 중 상기 제1 안테나에 의한 상기 x_2 패킷을 복조 후 상기 리더기로 재전송하고,

상기 제2 중계 리더는,

상기 제2 타임 슬롯 동안, 이전 타임 슬롯에 상기 태그로부터 수신한 패킷 중 상기 제2 안테나에 의한 상기 x_2 패킷을 복조 후 상기 리더기로 재전송하고, 상기 제3 타임 슬롯 동안, 이전 타임 슬롯에 상기 태그로부터 수신한 패킷 중 상기 제2 안테나에 의한 상기 x_1 패킷을 복조 후 상기 리더기로 재전송하는 Wi-Fi 백스캐터 시스템.

청구항 6

청구항 5에 있어서,

상기 태그는,

전송하고자 하는 상기 제1 및 제2 비트가 동일한 비트인 경우, 상기 x_2 패킷이 상기 x_1 패킷에 대해 직교하도록, 상기 제1 비트에 대응하여 생성한 상기 x_1 패킷은 그대로 전송하되, 상기 제2 비트에 대응하여 생성한 상기 x_2 패킷은 위상 변환하여 전송하는 Wi-Fi 백스캐터 시스템.

청구항 7

청구항 5에 있어서,

상기 제2 및 제3 타임 슬롯에서 상기 제1 및 제2 중계 리더가 상기 리더기로 재전송하는 신호는 아래의 수학적 식으로 정의되는 Wi-Fi 백스캐터 시스템:

$$X = \begin{bmatrix} \widetilde{x}_1 & \widetilde{x}_2 \\ \widetilde{x}_2 & \widetilde{x}_1 \end{bmatrix}$$

여기서, 제1 및 제2 행성분은 각각 상기 제2 및 제3 타임 슬롯에 대응되는 신호, 제1 및 제2 열성분은 각각 상기 제1 및 제2 중계 리더에 대응되는 신호, $\widetilde{x}_1$ 은 상기 복조 후 재전송되는 x_1 패킷, $\widetilde{x}_2$ 는 상기 복조 후 재전

송되는 x_2 패킷을 나타낸다.

청구항 8

청구항 7에 있어서,

상기 제2 타임 슬롯과 상기 제3 타임 슬롯에서 상기 리더기의 수신 신호는 각각 아래의 수학적식으로 정의되는 Wi-Fi 백스캐터 시스템:

$$\begin{aligned} z_{11} &= \tilde{x}_1 ch_1 + \tilde{x}_2 ch_2 + n_{11} \\ z_{12} &= x_2 ch_1 + x_1 ch_2 + n_{12} \end{aligned}$$

여기서, ch_1 은 상기 제1 중계 리더와 상기 리더기 사이의 채널, ch_2 는 상기 제2 중계 리더와 상기 리더기 사이의 채널, n_{11} , n_{12} 은 각각의 수신 신호에 더해지는 잡음을 나타낸다.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 Wi-Fi 백스캐터 시스템 및 그것을 이용한 협력 통신 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 리더기와 태그 간의 전송 거리를 향상시켜 신뢰성 있는 통신을 할 수 있는 Wi-Fi 백스캐터 시스템 및 그것을 이용한 협력 통신 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 기존의 무선 주파수 인식(RFID; Radio Frequency IDentification) 시스템이 사용하는 주파수 대역이 아닌 Wi-Fi의 주파수 대역인 2.4 GHz 대역을 사용하는 태그 통신 시스템이 등장하였다. 기존의 RFID 시스템은 극소형 칩에 상품의 정보를 저장하여, 비접촉식으로 태그와 리더 간의 고유 정보 식별을 위해 사용되었다. 반면에, Wi-Fi 백스캐터(Backscatter) 시스템은 Wi-Fi 신호를 이용하여 태그에게 인터넷 연결을 제공해준다.

[0003] 도 1은 일반적인 RFID 시스템에 기반한 Wi-Fi 백스캐터 통신 시스템을 나타낸 도면이다. Wi-Fi 백스캐터 시스템은 3가지 요소인 Wi-Fi AP(10)(Wi-Fi Helper; 액세스 포인트), Wi-Fi 리더(20)(Wi-Fi Reader; 휴대폰 등의 단말), 그리고 태그(30)(Wi-Fi backscatter Tag; RF 급전 장치)로 구성되어 있다. Wi-Fi AP(10)와 Wi-Fi 리더(20)는 Wi-Fi 장치 중 하나이며, Wi-Fi 패킷의 송수신이 가능하다.

[0004] 태그(30)는 RF-powered 기능을 가진 무전지 태그(battery-free Tag)이며, 다른 요소와 달리 Wi-Fi 장치가 아니기에 Wi-Fi 패킷을 송신할 수 없으며, 수신되는 Wi-Fi 패킷을 읽어들이 수 없다. 하지만, 태그(30)는 자신이 전송하고자 하는 정보를 Wi-Fi 패킷을 이용하여 리더(20)에게 백스캐터링(backscattering; 후방 산란)을 통해 전달하는 것이 가능하며, 이와 같이 인터넷 연결되는 기법을 Wi-Fi 백스캐터라 정의한다.

[0005] 도 1에 도시된 바와 같이, Wi-Fi 백스캐터 시스템에서, 태그(30)는 Wi-Fi AP(10)로부터 받은 신호를 반사시켜서 Wi-Fi 리더(20)에게 전송 가능하다. 태그(30)가 Wi-Fi AP(10)로부터 받은 신호를 백스캐터 방식을 사용하여 Wi-Fi 리더(20)로 전송할 때, 리더(20)에게 전송할 정보가 '1'일 때는 Wi-Fi 패킷을 높은 레벨(크기)로 반사시키고 '0'일 때는 낮은 레벨로 반사시키는 방법으로 자신의 데이터를 레벨 변조하여 전송한다.

[0006] 리더(20)는 태그로부터 기 설정된 레벨 이상의 에너지가 들어올 경우에는 '1'로, 들어오지 않는 경우에는 '0'으로 판별한다. 또한, 리더(20)가 태그(30)에게 정보를 보낼 때는, 태그(30)가 정보를 읽을 수 있도록, '0'을 보낼 때는 Wi-Fi 패킷을 전송하지 않고 '1'을 보낼 때는 Wi-Fi 패킷을 전송하는 방식을 사용한다.

[0007] 태그(30)는 리더(10)가 보낸 신호의 전력에 대한 진폭의 차이를 이용하여 리더(10)가 보낸 신호를 확인할 수 있고, 그 응답 신호를 임피던스 변조를 통해 리더(10)에게 반사시킬 수도 있다. 또한, 태그(30)는 수신되는 Wi-Fi 패킷을 에너지 하베스팅(Harvesting) 기술을 통하여 자신의 전력으로 충전하여 사용할 수 있다.

[0008] 그런데, 현재 사용되고 있는 도 1과 같은 Wi-Fi 백스캐터 시스템은, 리더(20)(Wi-Fi 기기)와 태그(30) 사이가 최대 2.1m의 거리에서 1kbps의 신호 전송이 가능하기 때문에, 짧은 거리에서는 낮은 전송률을 가지는 단점이 있다. 만약, 리더(20)와 태그(30) 사이의 통신 거리가 멀어지게 되면, 수신되는 신호의 품질이 보장될 수 없고,

거리가 멀어질수록 채널의 상태가 나빠져 급격한 성능의 열화가 발생하게 된다.

[0009] 본 발명의 배경이 되는 기술은 한국등록특허 제1579705호(2015.12.23 공고)에 개시되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명은 중계 리더를 이용하여 리더기와 태그 간의 전송 거리를 향상시켜 신뢰성 있는 통신을 할 수 있도록 하는 Wi-Fi 백스캐터 시스템 및 그것을 이용한 협력 통신 방법을 제공하는데 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0011] 본 발명은, 액세스 포인트, 리더기, 태그, 상기 리더기와 상기 태그 사이의 제1 및 제2 중계 리더를 포함하는 Wi-Fi 백스캐터 시스템을 이용한 협력 통신 방법에 있어서, 제1 타임 슬롯 동안, 상기 태그는 상기 액세스 포인트로부터 수신되는 무선 패킷에 자신의 제1 및 제2 비트를 실어 x_1 및 x_2 패킷을 생성한 이후 상기 제1 및 제2 중계 리더로 전송하되, 상기 x_1 패킷을 제1 안테나를 통해, 상기 x_2 패킷을 제2 안테나를 통해 전송하는 단계와, 제2 타임 슬롯 동안, 상기 태그는 상기 x_2 패킷을 상기 제1 안테나를 통해, 상기 x_1 패킷을 상기 제2 안테나를 통해 전송하며, 상기 제1 및 제2 중계 리더는 이전 타임 슬롯에 상기 태그로부터 수신한 패킷을 복조 후 상기 리더기로 재전송하되, 상기 제1 중계 리더는 상기 제1 안테나에 의한 상기 x_1 패킷을, 상기 제2 중계 리더는 상기 제2 안테나에 의한 상기 x_2 패킷을 복조 후 재전송하는 단계, 및 제3 타임 슬롯 동안, 상기 제1 및 제2 중계 리더는 이전 타임 슬롯에 상기 태그로부터 수신한 패킷을 복조 후 상기 리더기로 재전송하되, 상기 제1 중계 리더는 상기 제1 안테나에 의한 상기 x_2 패킷을, 상기 제2 중계 리더는 상기 제2 안테나에 의한 상기 x_1 패킷을 복조 후 재전송하는 단계를 포함하는 협력 통신 방법을 제공한다.

[0012] 여기서, 상기 태그는, 전송하고자 하는 상기 제1 및 제2 비트가 동일한 비트인 경우, 상기 x_2 패킷이 상기 x_1 패킷에 대해 직교하도록, 상기 제1 비트에 대응하여 생성한 상기 x_1 패킷은 그대로 전송하되, 상기 제2 비트에 대응하여 생성한 상기 x_2 패킷은 위상 변환하여 전송할 수 있다.

[0013] 또한, 상기 제2 및 제3 타임 슬롯에서 상기 제1 및 제2 중계 리더가 상기 리더기로 재전송하는 신호는 아래의 수학식으로 정의될 수 있다.

$$X = \begin{bmatrix} \widetilde{x}_1 & \widetilde{x}_2 \\ \widetilde{x}_2 & \widetilde{x}_1 \end{bmatrix}$$

[0014] 여기서, 제1 및 제2 행성분은 각각 상기 제2 및 제3 타임 슬롯에 대응되는 신호, 제1 및 제2 열성분은 각각 상기 제1 및 제2 중계 리더에 대응되는 신호, $\widetilde{x}_1$ 은 상기 복조 후 재전송되는 x_1 패킷, $\widetilde{x}_2$ 는 상기 복조 후 재전송되는 x_2 패킷을 나타낸다.

[0015] 또한, 상기 제2 타임 슬롯과 상기 제3 타임 슬롯에서 상기 리더기의 수신 신호는 각각 아래의 수학식으로 정의될 수 있다.

$$\begin{aligned} z_{11} &= \widetilde{x}_1 ch_1 + \widetilde{x}_2 ch_2 + n_{11} \\ z_{12} &= \widetilde{x}_2 ch_1 + \widetilde{x}_1 ch_2 + n_{12} \end{aligned}$$

[0016] 여기서, ch_1 은 상기 제1 중계 리더와 상기 리더기 사이의 채널, ch_2 는 상기 제2 중계 리더와 상기 리더기 사이의 채널, n_{11} , n_{12} 은 각각의 수신 신호에 더해지는 잡음을 나타낸다.

[0017] 그리고, 액세스 포인트, 리더기, 태그, 상기 리더기와 상기 태그 사이의 제1 및 제2 중계 리더를 포함하는 Wi-Fi 백스캐터 시스템에 있어서, 상기 태그는, 제1 타임 슬롯 동안, 상기 액세스 포인트로부터 수신되는 무선 패

킷에 자신의 제1 및 제2 비트를 실어 x_1 및 x_2 패킷을 생성한 이후 상기 제1 및 제2 중계 리더로 전송하되, 상기 x_1 패킷을 제1 안테나를 통해, 상기 x_2 패킷을 제2 안테나를 통해 전송하고, 제2 타임 슬롯 동안, 상기 x_2 패킷을 상기 제1 안테나를 통해, 상기 x_1 패킷을 상기 제2 안테나를 통해 전송하며, 상기 제1 중계 리더는, 상기 제2 타임 슬롯 동안, 이전 타임 슬롯에 상기 태그로부터 수신한 패킷 중 상기 제1 안테나에 의한 상기 x_1 패킷을 복조 후 상기 리더기로 재전송하고, 제3 타임 슬롯 동안, 이전 타임 슬롯에 상기 태그로부터 수신한 패킷 중 상기 제1 안테나에 의한 상기 x_2 패킷을 복조 후 상기 리더기로 재전송하고, 상기 제2 중계 리더는, 상기 제2 타임 슬롯 동안, 이전 타임 슬롯에 상기 태그로부터 수신한 패킷 중 상기 제2 안테나에 의한 상기 x_2 패킷을 복조 후 상기 리더기로 재전송하고, 상기 제3 타임 슬롯 동안, 이전 타임 슬롯에 상기 태그로부터 수신한 패킷 중 상기 제2 안테나에 의한 상기 x_1 패킷을 복조 후 상기 리더기로 재전송할 수 있다.

발명의 효과

[0020] 본 발명에 따른 Wi-Fi 백스캐터 시스템 및 그것을 이용한 협력 통신 방법에 따르면, 리더기와 태그 사이에 부가된 두 개의 중계 리더가 태그의 신호를 수신하여 리더기로 재전송하는 협력 통신 기법을 사용함에 따라 리더기의 신호 수신 품질을 높이고 태그와 리더기 간의 전송 거리를 높일 수 있으며 신뢰성 있는 송수신이 가능한 이점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0021] 도 1은 일반적인 Wi-Fi 백스캐터 시스템을 나타낸 도면이다.
 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 Wi-Fi 백스캐터 시스템을 나타낸 도면이다.
 도 3은 도 2에 도시된 태그와 제1 및 제2 중계 단말에서 각 타임 슬롯에 전송하는 신호를 나타낸 도면이다.
 도 4는 도 2에 도시된 리더기가 각 타임 슬롯에 수신하는 신호를 나타낸 도면이다.
 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 기법의 BER을 나타낸 그래프이다.
 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 기법의 Throughput 성능을 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0022] 그러면 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다.

[0023] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 Wi-Fi 백스캐터 시스템을 나타낸 도면이다. 도 2를 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 Wi-Fi 백스캐터 시스템은 액세스 포인트(100), 리더기(200), 태그(300), 제1 및 제2 중계 리더(400,500)를 포함한다.

[0024] 액세스 포인트(100)(Access Point;AP)는 일반적인 무선 공유기에 해당될 수 있으며, 주변의 기기에 무선 패킷(Wi-Fi 패킷)을 전송하여 무선 인터넷 연결을 제공한다. 액세스 포인트(100)는 Wi-Fi 헬퍼(Helper)로 사용되는 Wi-Fi 무선 공유기를 의미할 수 있다.

[0025] 액세스 포인트(100)는 무선 패킷(Wi-Fi 패킷)을 주변에 지속적으로 브로드캐스팅(broadcasting)한다. 브로드캐스팅된 무선 패킷은 주변의 리더기(200)와 태그(300)에게 전송될 수 있다.

[0026] 리더기(200)는 액세스 포인트(100)로부터 수신되는 Wi-Fi 패킷을 통하여 인터넷 연결될 수 있다. 제1 및 제2 중계 리더(400,500) 역시 이와 마찬가지로, 리더기(200)와 각 중계 리더(400,500)는 무선 인터넷 접속이 가능한 통상의 휴대폰, 스마트폰, 스마트패드, 노트북 등의 와이파이 전송을 지원하는 개인 휴대 단말에 해당될 수 있다.

[0027] 제1 및 제2 중계 리더(400,500)는 태그(300)와 리더기(200) 사이에서 태그(300)의 신호를 중계하는 역할로서, 태그(300)의 신호를 수신하여 복조 후 리더기(200)로 재전송함에 따라 태그(300)와 리더기(200) 간의 전송 거리를 증대시키고 리더기(200)의 수신 신호 품질을 높인다.

[0028] 태그(300)는 별도의 전원 공급 장치(배터리)가 존재하지 않는 무전지(battery-free)의 수동형 태그가 이용되며,

RFID 태그에 해당될 수 있다. 이러한 태그(300)는 센서 노드(무전력 센서 노드)로 활용될 수 있다.

- [0029] 태그(300)는 액세스 포인트(100)로부터 수신되는 무선 패킷(Wi-Fi 패킷)을 복조하는 능력이 없지만 무선 패킷을 반사시키는 백스캐터링(backscattering; 후방 산란) 기술을 이용하여 자신의 정보를 리더기(200)로 전달할 수 있다. 백스캐터 기술은 안테나의 반사량 조절을 이용한다. 예를 들어, 태그(300)가 리더기(200)에 전송할 정보(비트)가 '1'일 때는 Wi-Fi 패킷을 높은 레벨(크기)로 변조하여 반사시키고 '0'일 때는 낮은 레벨로 변조하는 방법으로 데이터를 전송한다.
- [0030] 도 2에 도시된 본 발명의 실시예에 따른 시스템에서 제1 및 제2 중계 리더(400,500)와 리더기(200)는 각각 하나의 안테나를 가지는 것으로 가정하며, 제1 및 제2 중계 리더(400,500)는 서로 채널 등의 정보를 공유하고 있는 상태로 가정한다. 태그(300)는 두 개의 안테나를 가지고 있으며 두 개의 안테나를 통해 서로 다른 패킷을 동시에 전송할 수 있다.
- [0031] 제1 및 제2 중계 리더(400,500)는 태그(300)로부터 수신한 신호를 복조 후에 변조하여 리더기(200)로 재전송하는 DF(Decode and Forward) 기법을 사용한다. 즉, 리더기(200)와 태그(300) 사이에서 통신 가능한 커버리지를 고려한 각 중계 리더(400,500)에서는 리더기(200) 측에서 좋은 성능을 내기 위하여 협력 통신 기법 중에 하나인 DF 기법을 사용하여 다이버시티 이득과 향상된 성능 및 높은 전송률을 얻을 수 있게 된다.
- [0032] 이와 같이 중계 리더(400,500)를 사용하게 되면, 태그(300)가 리더기(200)로 신호를 직접 전송하는 것보다 짧은 거리를 이용하여 전송할 수 있다. 따라서 두 중계 리더(400,500)를 사용하게 되면, 통신 가능한 커버리지 내에서 리더기(200)가 태그(300)로부터 떨어져 원활한 통신이 어려운 경우에도 경로 손실로 인한 신호 품질 저하 현상을 방지할 수 있다.
- [0033] 또한 리더기(200)가 태그(300)로부터 멀어질 경우에 중계 리더를 이용하여 좋은 신호를 전송할 수 있어 통신 품질 성능을 개선하고, 태그(300)와 리더기(200) 간의 거리보다 더 짧은 거리를 통하여 신호를 재전송함에 따라 신뢰성 높은 송수신을 할 수 있다.
- [0034] 이하에서는 본 발명의 실시예에 따른 Wi-Fi 백스캐터 시스템을 이용한 협력 통신 방법에 관하여 상세히 설명한다. 도 3은 도 2에 도시된 태그와 제1 및 제2 중계 단말에서 각 타임 슬롯에 전송하는 신호를 나타낸 도면이다.
- [0035] 본 발명의 실시예에서 태그(300)는 리더기(200)로 정보를 전송하고자 할 때, 현재 액세스 포인트(100)로부터 수신되고 있는 무선 패킷(Wi-Fi 패킷)에 자신의 정보 비트를 실어 백스캐터 방식으로 전송한다. 리더기(200)는 최종 목적지이며 실제 태그(300)의 전송 신호는 제1 및 제2 중계 리더(400,500)에 수신된 후 다시 리더기(200)로 재전송 가능하다.
- [0036] 도 2 및 도 3을 참조하면, 먼저 제1 타임 슬롯(T1) 동안, 태그(300)는 액세스 포인트(100)로부터 수신되는 무선 패킷(Wi-Fi 패킷)에 자신의 제1 및 제2 비트를 실어 x_1 및 x_2 패킷을 생성한 이후 제1 및 제2 중계 리더(400,500)로 전송하되, 제1 안테나를 통해 x_1 패킷을 전송하는 동시에 제2 안테나를 통해 x_2 패킷을 전송한다.
- [0037] 이에 따라, 제1 중계 리더(400)에는 x_1 및 x_2 패킷이 함께 수신되고, 제2 중계 리더(500)에도 x_1 및 x_2 패킷이 함께 수신된다. 물론, 태그(300)가 각 안테나를 통해 보낸 신호는 각 중계 리더(400,500)에 도달하는 동안 각각 다른 독립적인 채널 환경을 거치게 된다.
- [0038] 또한 태그(300)는 두 개의 안테나를 이용함에 따라, 전송하고자 하는 두 개의 비트를 하나의 타임 슬롯에 동시에 전송한다. 여기서, 태그(300)는 동일한 하나의 타임 슬롯에 전송할 두 개의 비트가 상이한 비트이면, 두 비트에 대응하여 생성한 두 패킷을 그대로 전송하고, 전송할 두 비트가 동일한 비트이면 두 비트에 대응하여 생성한 두 패킷 중 어느 하나를 위상 변환하여 전송함에 따라, 같은 타임 슬롯에 동시 전송되는 두 패킷을 OFDM 패킷으로 형성한다.
- [0039] 만일, 제1 및 제2 비트가 '1과 0' 혹은 '0과 1'과 같이 서로 상이한 비트인 경우, 제1 비트를 실은 x_1 패킷과 제2 비트를 실은 x_2 패킷은 서로 직교 상태를 가질 수 있어 그대로 동시 전송하면 된다. 하지만, 제1 및 제2 비트가 '0과 0' 혹은 '1과 1'과 같이 서로 동일한 비트라면, 제1 비트를 실은 x_1 패킷과 제2 비트를 실은 x_2 패킷은 서로 직교 상태가 될 수 없다.
- [0040] 따라서, 이와 같이, 태그(300)는 전송하고자 하는 두 비트 즉 제1 및 제2 비트가 서로 동일한 비트라면, x_2 패킷이 x_1 패킷에 대해 직교 상태가 될 수 있도록, 제1 비트를 실은 x_1 패킷은 그대로 전송하되, 제2 비트를 실은

x_2 패킷은 위상 변환(90도 위상 변환)하여 직교 상태로 만들어 전송한다.

- [0041] 다음, 제2 타임 슬롯(T2) 동안, 태그(300)는 앞서의 제1 및 제2 비트를 액세스 포인트(100)의 무선 패킷(Wi-Fi 패킷)에 실어 한번 더 전송하되, 직전 타임 슬롯(T1)과는 상이한 채널 경로를 거치도록 안테나를 변경하여 사용한다. 또한 제2 타임 슬롯(T2) 동안 제1 및 제2 중계 단말(400,500)은 이전 타임 슬롯(T1)에 태그(300)로부터 수신한 신호를 복조 후 리더기(200)로 재전송한다.
- [0042] 구체적으로, 제2 타임 슬롯(T2)에서, 태그(300)는 액세스 포인트(100)로부터 수신되는 무선 패킷(Wi-Fi 패킷)에 제1 및 제2 비트를 각각 실어 x_1 및 x_2 패킷을 생성한 이후 제1 및 제2 중계 리더(400,500)로 전송하되, 앞서와는 반대로 제1 안테나를 통해 x_2 패킷을 전송하는 동시에 제2 안테나를 통해 x_1 패킷을 전송한다.
- [0043] 즉, T1에서는 자신의 첫 번째 비트가 실린 x_1 패킷은 제1 안테나를 이용하고 두 번째 비트가 실린 x_2 패킷은 제2 안테나를 이용하지만, T2에서는 첫 번째 비트가 실린 x_1 패킷은 제2 안테나를 이용하고 두 번째 비트가 실린 x_2 패킷은 제1 안테나를 이용한다.
- [0044] 이러한 본 발명의 실시예는 하나의 타임 슬롯 동안에는 서로 다른 두 개의 신호를 전송할 수 있어 멀티플렉싱 이득을 얻을 수 있고, 두 타임 슬롯 동안에는 같은 신호가 공간적으로 상이한 경로를 통해 다중 전송되므로 고속화 효과도 발생한다.
- [0045] 한편, 이러한 제2 타임 슬롯(T2)에서 제1 중계 리더(400)는 이전 타임 슬롯(T1)에서 태그(300)로부터 수신한 x_1 및 x_2 패킷 중에서 제1 안테나에 의한 x_1 패킷을 복조 후 리더기(200)로 재전송한다. 또한, 제2 중계 리더(500)는 이전 타임 슬롯(T1)에서 태그(300)로부터 수신한 x_1 및 x_2 패킷 중에서 제2 안테나에 의한 x_2 패킷을 복조 후 리더기(200)로 재전송한다.
- [0046] 이와 같이, 제1 중계 리더(400)는 태그(300)의 두 안테나 중에서도 제1 안테나로부터 전송된 신호를 복조하여 재전송하는 역할을 하고, 제2 중계 리더(500)는 제2 안테나로부터 전송된 신호를 복조하여 재전송하는 역할을 담당한다. 이는 이후의 시간에서도 동일한 원리를 가진다.
- [0047] 다음, 제3 타임 슬롯(T3)에서 제1 중계 리더(400)는 이전 타임 슬롯(T2)에서 태그(300)로부터 수신한 x_1 및 x_2 패킷 중에서 제1 안테나에 의한 x_2 패킷을 복조 후 리더기(200)로 재전송한다. 또한, 제2 중계 리더(500)는 이전 타임 슬롯(T2)에서 태그(300)로부터 수신한 x_1 및 x_2 패킷 중에서 제2 안테나에 의한 x_1 패킷을 복조 후 리더기(200)로 재전송한다.
- [0048] 물론, 제3 타임 슬롯(T3)에서는 중계 리더의 재전송 과정 이외에도, 도 3에 도시된 바와 같이, 태그(300)가 그 다음의 제3 및 제4 비트를 전송하는 과정도 이루어진다. 제4 타임 슬롯(T4) 또한 마찬가지이다. 그 원리는 앞서의 경우와 동일하므로 상세한 설명은 생략한다. 즉, 두 타임 슬롯에 걸쳐 두 개의 정보를 다중 경로로 전송하는 원리는 동일하다.
- [0049] 제2 및 제3 타임 슬롯(T2,T3)에서 제1 및 제2 중계 리더(400,500)가 리더기(200)로 재전송하는 신호는 아래의 수학적식으로 정의된다.

수학적식 1

$$X = \begin{bmatrix} \widetilde{x}_1 & \widetilde{x}_2 \\ \widetilde{x}_2 & \widetilde{x}_1 \end{bmatrix}$$

- [0050]
- [0051] 수학적식 1에서, 제1 및 제2 행성분은 각각 제2 및 제3 타임 슬롯(T2,T3)에 대응되는 신호, 제1 및 제2 열성분은 각각 제1 및 제2 중계 리더(400,500)에 대응되는 신호, $\widetilde{x}_1$ 은 복조 후 재전송되는 x_1 패킷, $\widetilde{x}_2$ 는 복조 후 재전송되는 x_2 패킷을 나타낸다. $\widetilde{x}_1$ 와 $\widetilde{x}_2$ 는 각 중계 리더에서 DF 과정의 복조 후 변조 과정을 거쳤기 때문에

추정 신호로 나타내었다.

[0052] 도 4는 도 2에 도시된 리더기가 각 타임 슬롯에 수신하는 신호를 나타낸 도면이다. 제1 타임 슬롯(T1)은 태그(300)가 보낸 신호가 중계 리더에 수신되는 구간이므로 리더기(200)의 수신 신호는 존재하지 않는다. 이후의 타임 슬롯부터는 리더기(200)는 제1 중계 리더(400)를 통한 채널 경로(ch₁)와 제2 중계 리더(500)를 통한 채널 경로(ch₂)의 신호가 합산되어 수신된다.

[0053] 제2 타임 슬롯(T2)과 제3 타임 슬롯(T3)에서 리더기(200)의 수신 신호는 각각 아래의 수학식 2와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 2

$$\begin{aligned} z_{11} &= \tilde{x}_1 ch_1 + \tilde{x}_2 ch_2 + n_{11} \\ z_{12} &= \tilde{x}_2 ch_1 + \tilde{x}_1 ch_2 + n_{12} \end{aligned}$$

[0054]

[0055] 여기서, ch₁은 제1 중계 리더(400)와 리더기(200) 사이의 채널, ch₂는 제2 중계 리더(500)와 리더기(200) 사이의 채널, n₁₁, n₁₂은 각각의 수신 신호에 더해지는 잡음을 나타낸다.

[0056] 리더기(200)가 최종적으로 추정한 값은 $\hat{x}_1$, $\hat{x}_2$ 로 표현할 수 있다. 수학식 3은 리더기(200)가 추정한 값을 수학식 2에 적용하여 행렬식으로 나타낸 것이다.

수학식 3

$$\begin{bmatrix} z_{11} \\ z_{12} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} ch_1 & ch_2 \\ ch_2 & ch_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{x}_1 \\ \hat{x}_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} n_{11} \\ n_{12} \end{bmatrix}$$

[0057]

[0058] 최종적으로 수신된 신호들은 각각 서로 다른 독립된 경로를 통하기 때문에, 복조할 때는 MMSE(Minimum Mean Square Error) 방법을 사용한다.

[0059] 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 기법의 BER(Bit Error Rate)을 나타낸 그래프이다. 본 발명에서 제안한 기법의 모의실험을 위해서, Wi-Fi 리더와 중계 리더들 간에 채널 상태를 공유하고 있다고 가정한다. 또한, 공정한 성능 평가를 위해, 시뮬레이션 환경은 기존의 기법과 제안한 기법 모두 동일하게 사용한다. 시뮬레이션은 태그로부터 송신되는 신호가 컨볼루션 코드에서 1/2의 코드율에 의해서 전송되며, 집중되어 있는 에러들을 분산시키기 위해서 인터리버도 사용하게 된다. 송신 신호는 16QAM(Quadrature Amplitude Modulation) 과정을 통해 변조되어 7-path 레일레이 페이딩 채널을 겪고, 균일한 송신 전력이 분배된다.

[0060] 태그(300)와 리더기(200) 간의 감쇠 정도에 따른 BER 성능 그래프인 도 5를 살펴보면, SNR이 증가할수록 BER이 점차 낮아지는 것을 확인할 수 있다. BER이 낮을수록 우수한 성능을 나타낸다. 기존의 경우는 SNR의 증가에 따라 BER이 10⁻⁴ 이하로 떨어지지 않는 반면, 본 발명에서 제안한 기법은 그래프가 10⁻⁴ 이하로 떨어지므로 기존보다 성능이 더욱 향상되는 것을 알 수 있다.

[0061] 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 기법의 Throughput 성능을 나타낸 그래프이다. 도 6을 참조하면, SNR이 커질수록 기존의 기법보다 제안된 기법의 그래프가 더 높이 향상된 것을 확인할 수 있다. 따라서 도 5와 도 6의 결과로부터 제안된 본 발명의 기법은 기존의 기법보다 좋은 성능을 나타내며 최종적으로 신뢰성 있는 송수신을 수행할 수 있음을 알 수 있다.

[0062] 이상과 같은 본 발명에 따른 Wi-Fi 백스캐터 시스템 및 그것을 이용한 협력 통신 방법에 따르면, 리더기와 태그 사이에 부가된 두 개의 중계 리더가 태그의 신호를 수신하여 리더기로 재전송하는 협력 통신 기법을 사용함에

따라 리더기의 신호 수신 품질을 높이고 태그와 리더기 간의 전송 거리를 높일 수 있으며 신뢰성 있는 송수신이 가능한 이점이 있다.

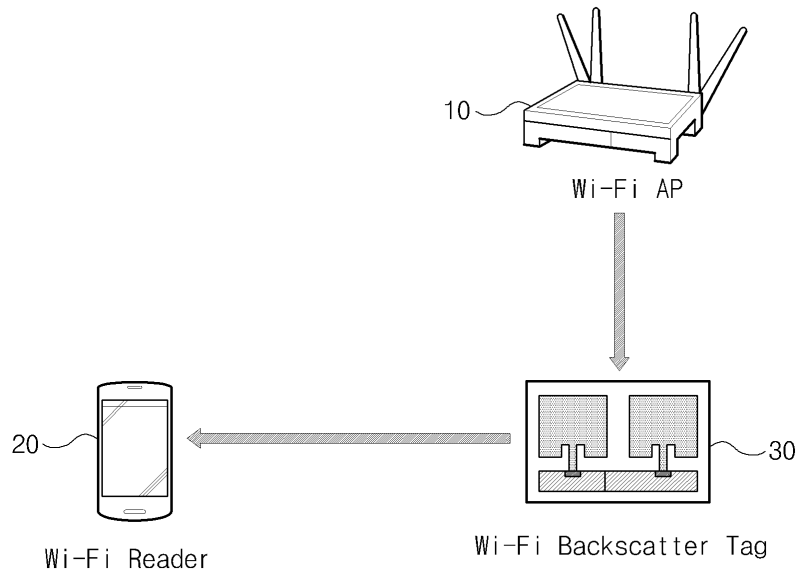
[0063] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

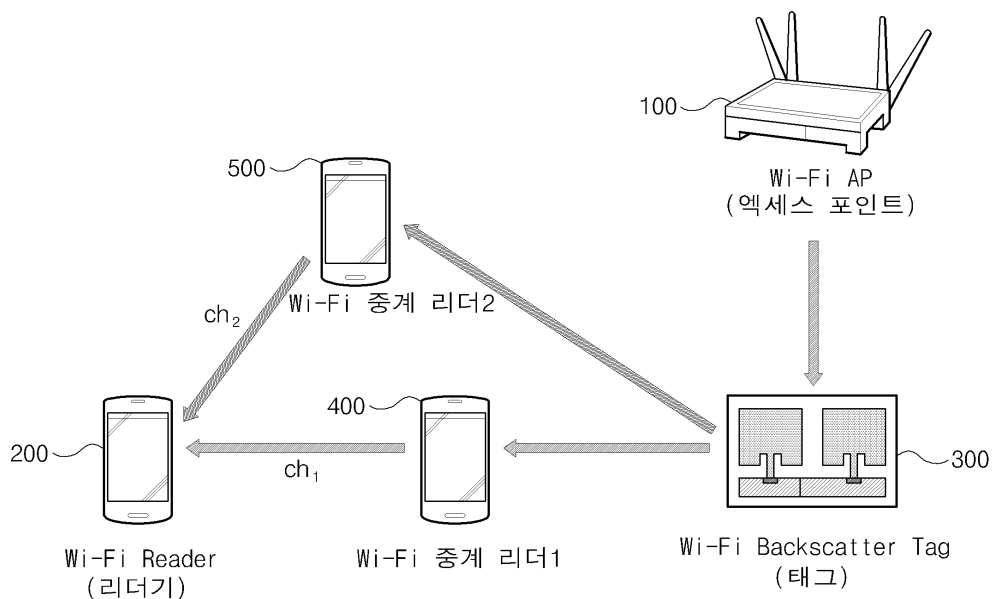
[0064] 100: 액세스 포인트 200: 리더기
300: 태그 400: 제1 중계 리더
500: 제2 중계 리더

도면

도면1



도면2



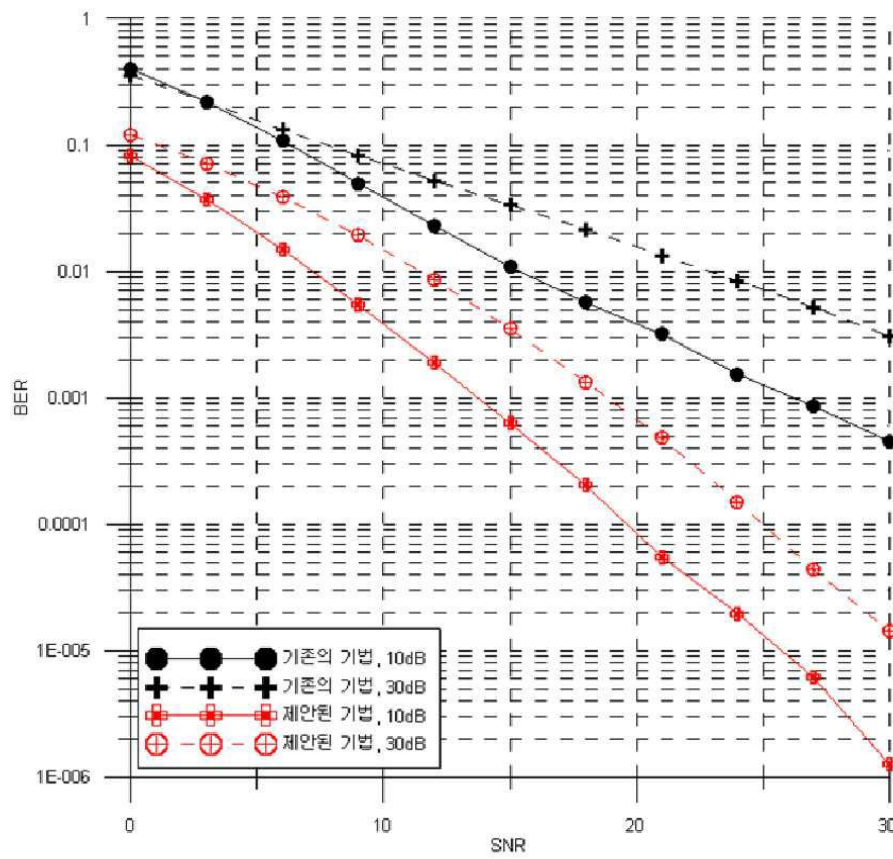
도면3

Time Slot	태그(300)		제1	제2
	안테나1	안테나2	중계 리더(400)	중계 리더(500)
T1	x_1	x_2	0	0
T2	x_2	x_1	$\widetilde{x}_1$	$\widetilde{x}_2$
T3	x_3	x_4	$\widetilde{x}_2$	$\widetilde{x}_1$
T4	x_4	x_3	$\widetilde{x}_3$	$\widetilde{x}_4$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

도면4

Time Slot	리더기(200)
T1	0
T2	$z_{11} = \widetilde{x}_1 ch_1 + \widetilde{x}_2 ch_2 + n_{11}$
T3	$z_{12} = \widetilde{x}_2 ch_1 + \widetilde{x}_1 ch_2 + n_{12}$
⋮	⋮

도면5



도면6

