(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년09월19일
(11) 등록번호 10-1900194
(24) 등록일자 2018년09월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04W 52/24 (2009.01) *H04W 52/38* (2009.01)
(52) CPC특허분류
H04W 52/248 (2013.01)
H04W 52/383 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0071758
(22) 출원일자 2017년06월08일
심사청구일자 2017년06월08일
(56) 선행기술조사문헌
Jianting Yue 외 3명, "Secrecy-Based Access Control for Device-to-Device Communication Underlaying Cellular Networks", IEEE COMMUNICATIONS LETTERS, VOL. 17, NO. 11(2013.11.30.)
Kisong Lee 외 1명, "Power Control for Energy Efficient D2D Communication in Heterogeneous Networks with Eavesdropper", IEEE Communications Letters (Volume: PP, Issue: 99)(2017.06.22)
JP2001086101 A

(73) 특허권자
부경대학교 산학협력단
부산광역시 남구 신선로 365 (용당동, 부경대학교)
군산대학교산학협력단
전라북도 군산시 대학로 558 (미룡동, 군산대학교)
(72) 발명자
홍준표
부산광역시 남구 수영로 345, 115동 1308호
이기송
전라북도 군산시 대학로 558 공대 3호관 13509호 (미룡동,군산대학교)
(74) 대리인
특허법인 아이퍼스

전체 청구항 수 : 총 2 항 심사관 : 최상호

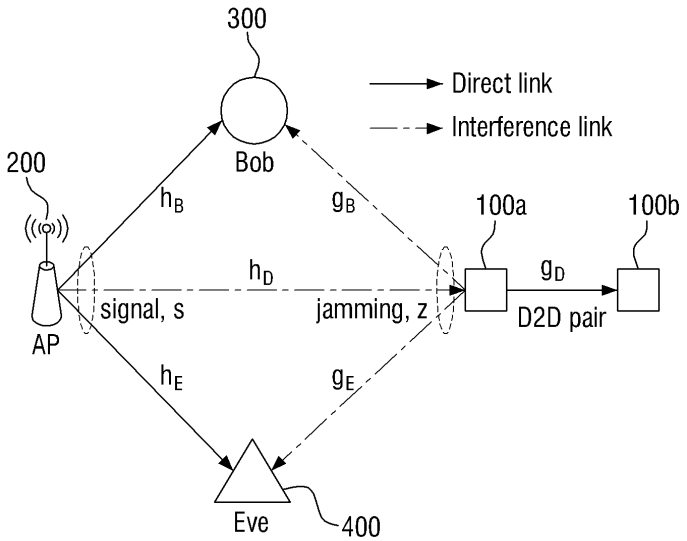
(54) 발명의 명칭 **사물인터넷 기기의 송신전력 제어 방법**

(57) 요 약

본 발명은 사물인터넷 기기의 송신전력 제어 방법에 관한 것으로, 본 발명의 일 실시예에 따른 송신전력 제어부 및 네트워크 통신모듈을 포함하는 사물인터넷 기기의 D2D통신을 위한 송신전력 제어방법은 상기 송신전력 제어부가 상기 네트워크 통신모듈을 통해, 무선랜 AP와 통신하는 통신단말로부터 상기 무선랜 AP와 상기 통신단말 사이

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도1



의 제 1 채널 상태정보 및 제 1 사물인터넷 기기와 상기 통신단말 사이의 제 2 채널 상태정보를 수신하는 제 1 단계; 상기 송신전력 제어부가 상기 제 1 채널 상태정보 및 상기 제 2 채널 상태정보에 기초하여, 상기 무선랜 AP와 상기 제 1 사물인터넷 기기 사이의 제 3 채널상태 및 상기 제 1 사물인터넷 기기와 제 2 사물인터넷 기기 사이의 제 4 채널상태를 추정하는 제 2 단계; 상기 무선랜 AP와 상기 도청기기 사이의 제 5 채널의 채널이득(hE) 확률분포 및 상기 제 1 사물인터넷 기기와 상기 도청기기 사이의 제 6 채널의 채널이득(gE) 확률분포를 산출하는 제 3 단계; 상기 송신전력 제어부가 상기 제 1 채널 상태정보, 상기 제 2 채널 상태정보, 상기 제 3 채널 상태, 상기 제4 채널 상태, 상기 제 5 채널의 채널이득 확률분포 및 상기 제 6채널의 채널이득의 확률분포를 이용하여 상기 제 1 사물인터넷 기기의 송신전력을 결정하는 제 4 단계; 및 상기 송신전력 제어부가 결정된 상기 송신전력 값에 따라 상기 제 2 사물인터넷 기기로 데이터를 전송하는 제 5 단계를 포함한다. 이때, 상기 제4 단계는 상기 제 1 사물인터넷 기기의 에너지 효율을 극대화시키고 상기 무선랜 AP 및 상기 통신단말 사이의 무선통신이 보안 아웃티지 제약조건 (secrecy constrain)을 만족하는 송신전력값을 결정하는 것을 특징으로 한다.

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2016R1C1B2012173
부처명	미래창조과학부
연구관리전문기관	미래창조과학부
연구사업명	개인연구지원사업
연구과제명	사물인터넷을 위한 무선 보안전송 기술에 대한 연구
기 여 율	1/1
주관기관	부경대학교
연구기간	2016.06.01 ~ 2017.05.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

송신전력 제어부 및 네트워크 통신모듈을 포함하는 사물인터넷 기기의 D2D통신을 위한 송신전력 제어방법에 있어서,

상기 송신전력 제어부가 상기 네트워크 통신모듈을 통해, 무선랜 AP와 통신하는 통신단말로부터 상기 무선랜 AP와 상기 통신단말 사이의 제 1 채널 상태정보 및 제 1 사물인터넷 기기와 상기 통신단말 사이의 제 2 채널 상태정보를 수신하는 제 1 단계;

상기 송신전력 제어부가 상기 제 1 채널 상태정보 및 상기 제 2 채널 상태정보에 기초하여, 상기 무선랜 AP와 상기 제 1 사물인터넷 기기 사이의 제 3 채널상태 및 상기 제 1 사물인터넷 기기와 제 2 사물인터넷 기기 사이의 제 4 채널상태를 추정하는 제 2 단계;

상기 무선랜 AP와 도청기기 사이의 제 5 채널의 채널이득(h_E) 확률분포 및 상기 제 1 사물인터넷 기기와 상기 도청기기 사이의 제 6 채널의 채널이득(g_E) 확률분포를 산출하는 제 3 단계;

상기 송신전력 제어부가 상기 제 1 채널 상태정보, 상기 제 2 채널 상태정보, 상기 제 3 채널 상태, 상기 제4 채널 상태, 상기 제 5 채널의 채널이득 확률분포 및 상기 제 6채널의 채널이득의 확률분포를 이용하여 상기 제 1 사물인터넷 기기의 송신전력을 결정하는 제 4 단계; 및

상기 송신전력 제어부가 결정된 상기 송신전력 값에따라 상기 제 2 사물인터넷 기기로 데이터를 전송하는 제 5 단계를 포함하되,

상기 제4 단계는

상기 제 1 사물인터넷 기기의 에너지 효율을 극대화시키고 상기 무선랜 AP 및 상기 통신단말 사이의 무선통신이 보안아웃티지 제약조건 (secrecy constrain)을 만족하는 송신전력값을 결정하고,

상기 제 1 채널 상태정보는

상기 무선랜 AP로부터 상기 통신단말로 데이터가 전송될 때의 채널이득(h_B)을 포함하고,

상기 제 2 채널 상태정보는

상기 제 1 사물인터넷 기기로부터 상기 통신단말로 데이터가 전송될 때의 채널이득(g_B)를 포함하며,

상기 제 2 단계는

상기 h_B 및 상기 g_B에 기초하여, 상기 무선랜 AP로부터 상기 제 1 사물인터넷 기기로 데이터가 전송될 때의 채널이득(h_D) 및 상기 제 1 사물인터넷 기기로부터 상기 제 2 사물인터넷 기기로 데이터가 전송될 때의 채널이득(g_D)을 추정하고,

상기 제 4단계는

하기의 수학식 23에 따라 결정되는 것인,

사물인터넷 기기의 D2D통신을 위한 송신전력 제어방법.

[수학식 23]

$$\max_{0\le\alpha\le1} \quad \eta_{D2D}(\alpha)$$
$$\text{s.t.} \quad p_{\text{out}}(\alpha) \le \varepsilon.$$

여기서, $\eta_{D2D}(\alpha) = \frac{R_{D2D}}{P_C + \alpha P}$, $R_{D2D} = \log_2\left(1 + \frac{\alpha P|g_D|^2}{P_{AP}|h_D|^2 + \sigma^2}\right)$, R_{D2D}는 D2D pair의 전송률, α는 전력 제어요소, 및 αP는 D2D통신의 송신전력, P_{AP}는 AP의 송신 전력, P는 D2D통신에서 D2D전송(D2D-Tx)의 최대 송신 전력, 및 Pc는 지속적인 에너지소비(constant energy consumption)을 나타내는 파라미터이고, Pout(α) 아웃티지 확률로서 신호대 잡음비 추정(SNR assumption)으로부터 수학식 24로 근사화됨.

[수학식 24]

$$p_{out}(\alpha) \overset{(a)}{\approx} \frac{\lambda_{h_E}}{\frac{|h_B|^2}{|g_B|^2}\lambda_{g_E} + \lambda_{h_E}} \exp\left[-\frac{|h_B|^2\sigma^2}{(\alpha P|g_B|^2 + \sigma^2)\lambda_{h_E}}\right]$$

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 제 4 단계는

상기 제 1 사물인터넷 기기의 에너지 효율을 극대화시키는 전력제어요소의 최적값(α*)을 결정하는 단계를 더 포함하는 것인,

사물인터넷 기기의 D2D통신을 위한 송신전력 제어방법.

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 사물인터넷 기기의 송신전력 제어 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 최근 무선 통신이 가능한 스마트 디바이스에 대한 수요가 급증하면서 사물인터넷과 관련된 연구 및 개발이 활발히 이루어지고 있다.

[0003] 사물인터넷은 스마트 센서와 통신 기능이 탑재된 사물들이 인터넷으로 연결되어 주변 정보를 수집하고, 이 정보를 다른 기기들과 주고 받는 것으로 사람들의 일상을 더욱 편리하게 해줄 수 있다.

[0004] 그러나, 사물인터넷에서는 사물인터넷 기기들의 제한적인 배터리 용량으로 인한 수명 문제 및 무선 채널을 통해 개인정보가 전달됨에 따른 개인정보 유출과 같은 보안 문제가 존재한다.

[0005] 사물인터넷과 관련된 기기들의 대부분은 무선 통신을 위해 무허가 주파수 대역(unlicensed spectrum)을 이용하기 때문에, 다른 여러 종류의 통신 시스템들이 주파수 대역을 공유한다. 따라서 같은 지역(area) 내에 존재하는 다른 통신 시스템들 사이에서 간섭이 발생할 수 있으며, 이러한 간섭은 일반적으로 통신 성능을 저하시킨다.

이러한 이유로 종래의 통신 시스템들의 대부분은 간섭을 최소화하기 위하여 송신전력을 제어하였다.

[0006] 그러나, 데이터를 송수신하려는 사물인터넷 기기들과 무선랜(Wireless LAN, WLAN)이 혼재하는 이종 네트워크 환경에서는, 간섭(interference)이 도청하려는 통신장치가 무선랜AP가 전송하는 신호를 도청하려는 것을 방해할 수 있는 요소로 이용될 수 있다.

[0007] 따라서, 사물인터넷 기기들의 에너지 효율을 극대화 함과 동시에 무선랜(WLAN)의 보안 문제를 동시에 해결할 수 있는 송신전력 제어 방법이 필요하다.

[0008] 이와 관련하여 대한민국 등록특허 10-1662505호(발명의 명칭: 단말간 통신 시스템에서 전송 전력을 결정하는 장치 및 방법)은 단말간 통신의 데이터 전송률을 최대로 향상시키면서, 단말기로부터 기지국으로 전송되는 간섭 신호의 총합을 임계값 이하로 제어하는 방법을 개시하고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0009] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허 10-1662505호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명은 전술한 종래 기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 사물인터넷 기기들의 에너지 효율을 극대화할 수 있는 송신전력 제어 방법을 제공하고자 한다.

[0011] 또한, 데이터를 송수신하려는 사물인터넷 기기들과 무선랜(wireless LAN, WLAN)이 혼재하는 이종 네트워크 환경에서 통신보안 문제를 해결할 수 있는 사물인터넷 기기의 송신전력 제어 방법을 제공하고자 한다.

[0012] 한편, 본 발명에서 이루고자 하는 기술적 과제들은 이상에서 언급한 기술적 과제들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0013] 상술한 기술적 과제를 달성하기 위한 기술적 수단으로서, 본 발명의 일 측면에 따른 송신전력 제어부 및 네트워크 통신모듈을 포함하는 사물인터넷 기기의 D2D통신을 위한 송신전력 제어방법은 송신전력 제어부가 네트워크 통신모듈을 통해, 무선랜 AP와 통신하는 통신단말로부터 무선랜 AP와 통신단말 사이의 제 1 채널 상태정보 및 제 1 사물인터넷 기기와 통신단말 사이의 제 2 채널 상태정보를 수신하는 제 1 단계; 송신전력 제어부가 제 1 채널 상태정보 및 제 2 채널 상태정보에 기초하여, 무선랜 AP와 제 1 사물인터넷 기기 사이의 제 3 채널상태 및 제 1 사물인터넷 기기와 제 2 사물인터넷 기기 사이의 제 4 채널상태를 추정하는 제 2 단계; 무선랜 AP와 도청기기 사이의 제 5 채널의 채널이득(hE) 확률분포 및 제 1 사물인터넷 기기와 도청기기 사이의 제 6 채널의 채널이득(gE) 확률분포를 산출하는 제 3 단계; 송신전력 제어부가 제 1 채널 상태정보, 제 2 채널 상태정보, 제 3 채널 상태, 제4 채널 상태, 제 5 채널의 채널이득 확률분포 및 제 6채널의 채널이득의 확률분포를 이용하여 제 1 사물인터넷 기기의 송신전력을 결정하는 제 4 단계; 및 송신전력 제어부가 결정된 송신전력 값에 따라 제 2 사물인터넷 기기로 데이터를 전송하는 제 5 단계를 포함한다. 이때, 제4 단계는 제 1 사물인터넷 기기의 에너지 효율을 극대화시키고 무선랜 AP 및 통신단말 사이의 무선통신이 보안아웃티지 제약조건 (secrecy constraint)을 만족하는 송신전력 값을 결정하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0014] 전술한 과제 해결 수단 중 어느 하나에 의하면, 사물인터넷 기기들의 에너지 효율을 극대화할 수 있는 송신전력 제어 방법을 제공할 수 있다.

[0015] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 사물인터넷 기기의 송신전력 제어 방법에 따르면, 데이터를 송수신하려는 사물인터넷 기기들과 무선랜(Wireless LAN, WLAN)이 혼재하는 이종 네트워크 환경에서, 도청하려는 통신

장치가 무선랜AP가 전송하는 신호를 도청하는 것을 방지함으로써, 통신보안 성능을 향상시킬 수 있다.

[0016] 한편, 본 발명에서 얻을 수 있는 효과는 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0017] 도 1은 본 발명의 일 실시예에서 고려되는 데이터를 송수신하려는 사물인터넷 기기들과 무선랜이 혼재하는 이종 네트워크를 개략적으로 도시하고 있다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 사물인터넷 기기의 개략적인 구성을 도시한 도면이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 사물인터넷 기기의 송신전력 제어방법을 상세히 설명하기 위한 순서도이다.

도 4는 Monteo-carlo 시뮬레이션을 이용하여 본 발명의 일 실시예에 따른 사물인터넷 기기의 송신전력 제어방법을 이용한 D2D 통신의 효율성 및 성능 평가 결과를 나타내는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0018] 아래에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본 발명의 실시예를 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였다.

[0019] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 "전기적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다. 또한 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.

[0020] 본 명세서에 있어서 '부(部)'란, 하드웨어에 의해 실현되는 유닛(unit), 소프트웨어에 의해 실현되는 유닛, 양방을 이용하여 실현되는 유닛을 포함한다. 또한, 1 개의 유닛이 2 개 이상의 하드웨어를 이용하여 실현되어도 되고, 2 개 이상의 유닛이 1 개의 하드웨어에 의해 실현되어도 된다.

[0021] 본 명세서에 있어서 단말 또는 디바이스가 수행하는 것으로 기술된 동작이나 기능 중 일부는 해당 단말 또는 디바이스와 연결된 서버에서 대신 수행될 수도 있다. 이와 마찬가지로, 서버가 수행하는 것으로 기술된 동작이나 기능 중 일부도 해당 서버와 연결된 단말 또는 디바이스에서 수행될 수도 있다.

[0022] 이하, 첨부된 구성도 또는 처리 흐름도를 참고하여, 본 발명의 실시를 위한 구체적인 내용을 설명하도록 한다.

[0023] 도 1은 본 발명의 일 실시예에서 고려되는 데이터를 송수신하려는 사물인터넷 기기들과 무선랜이 혼재하는 이종 네트워크를 개략적으로 도시하고 있다.

[0024] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에서 고려되는 이종 네트워크(heterogeneous networks)는 데이터를 송수신하려는 사물인터넷 기기(100a, 100b), 무선랜(Wireless LAN, WLAN) AP(access point)(200), 무선랜 AP에 접속하여 통신하는 통신단말(300), 및 무선랜 AP(200)가 통신단말(300)로 전송하는 신호를 도청하려는 도청기기(400)가 혼재된 네트워크 환경일 수 있다.

[0025] 이때, 사물인터넷 기기(100a, 100b), 무선랜 AP(200), 통신단말(300), 및 도청기기(400)는 각각 안테나가 장착되며, 서로 인접한 사물인터넷 기기(100a, 100b)들은 무허가 주파수 대역(unlicensed spectrum)에서 D2D(device to device) 통신을 통해 서로 정보를 송수신한다.

[0026] 무선랜 AP(200)는 무선 액세스 포인트(wireless access point)로서 여러 통신단말을 연결해주는 장치이다. 따라서 다양한 종류의 네트워크를 포함하는 통신단말(300)들은 무선랜 AP에 접속할 수 있으며, 정보를 송수신할 수 있다.

[0027] 이때, 무선랜 AP(200)와 통신하는 통신단말(300)은 보안 아웃티지 확률(secrecy outage probability)이 보다 작아야 하는 보안 제약조건(secrecy constraint)을 가진다.

[0028] 도청기기(eavesdropper, Eve)(400)는 무선랜 AP(200)가 통신단말(300)로 전송하려는 신호를 도청하려는 단말이다.

[0029] 이때, WLAN 및 D2D는 동일한 통신 스펙트럼(spectrum)을 공유한다. 따라서, 사물인터넷 기기(100a, 100b)들 간의 D2D 통신 신호는 도청기기(400)가 무선랜 AP(200)이 통신단말(300)로 전송하는 신호를 도청하는 것을 방해할 수 있다.

[0030] 따라서, 본 발명의 일 실시예에 따른 사물인터넷 기기의 송신전력 제어 방법은 사물인터넷 기기의 송신전력의 제어를 통해, 데이터를 송수신하려는 사물인터넷 기기들과 무선랜(Wireless LAN, WLAN)이 혼재하는 이종 네트워크 환경에서, 다른 통신장치가 무선랜AP의 전송신호 도청을 방지함으로써 통신보안 성능을 향상시킬 수 있다.

[0031] 이하, 본 발명의 일 실시예에 따른 사물인터넷 기기의 송신 전력 제어 방법을 더욱 상세히 설명하도록 한다.

[0032] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 사물인터넷 기기의 개략적인 구성을 도시한 도면이다.

[0033] 도 2를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 사물인터넷 기기는 송신전력 제어부(110) 및 네트워크 통신모듈(120)을 포함한다.

[0034] 송신전력 제어부(110)는 사물인터넷 기기(100)의 에너지 효율을 극대화하고, 도청기기(400)로의 정보 유출을 최소화하는 최적의 송신전력을 도 3에 도시된 본 발명의 일 실시예에 따른 사물인터넷 기기의 송신 전력 제어방법에 따라 산출한다.

[0035] 한편, 송신전력 제어부(110)는 다양한 데이터 전송 프로토콜을 지원 가능한 통합 프로그래밍 인터페이스가 저장되는 메모리를 더 포함할 수 있다. 즉, 메모리에는 프로그램과 같은 소프트웨어의 형태로 구현된 통합 프로그래밍 인터페이스가 저장될 수 있다.

[0036] 이때, 메모리는 컴퓨터 저장 매체중의 하나로서 컴퓨터 판독가능 명령어, 데이터 구조, 프로그램 모듈 또는 기타 데이터와 같은 정보의 저장을 위한 임의의 방법 또는 기술로 구현된 휘발성 및 비휘발성, 분리형 및 비분리형 매체를 모두 포함하여 구성될 수 있다. 예를 들어, 저장장치는 ROM(Read Only Memory), RAM(Random Access Memory), 자기 테이프, 자기 디스크, 플래쉬 메모리, 광 데이터 저장장치, 콤팩트 플래시(compact flash; CF) 카드, SD(secure digital) 카드, 메모리 스틱(memory stick), 솔리드 스테이트 드라이브(solid-state drive; SSD) 및 마이크로(micro) SD 카드 등과 같은 낸드 플래시 메모리(NAND flash memory), 하드 디스크 드라이브(hard disk drive; HDD) 등과 같은 마그네틱 컴퓨터 기억장치 등을 포함할 수 있다.

[0037] 네트워크 통신모듈(120)은 네트워크를 통해 기 설정된 반경 이내에 존재하는 제 2의 사물인터넷 기기와 정보를 송수신한다. 또한, 기 설정된 반경 이내에 존재하는 통신단말(300)로부터 피드백을 통해, 통신단말(300)의 채널상태정보(channel state information)를 수신할 수 있다.

[0038] 여기서, 네트워크는 각각의 노드 상호 간에 정보 교환이 가능한 연결 구조를 의미하는 것으로, 이러한 네트워크의 일 예에는 3GPP(3rd generation partnership project) 네트워크, LTE(long term evolution) 네트워크, WIMAX(world interoperability for microwave access) 네트워크, 인터넷(internet), LAN(local area network), Wireless LAN(Wireless local area network), WAN(wide area network), PAN(personal area network), 블루투스(Bluetooth) 네트워크, 위성 방송 네트워크, 아날로그 방송 네트워크, DMB(digital multimedia broadcasting) 네트워크 등이 포함되나 이에 한정되지는 않는다.

[0039] 이하 도 3을 참조하여 본 발명의 일 실시예에 따른 사물인터넷 기기의 송신 전력 제어방법을 더욱 상세히 설명하도록 한다.

[0040] 이하, 아래 상세한 설명에서 설명의 편의를 위해, 도 1에 도시된 따른 사물인터넷 기기(100a, 100b), 무선랜 AP(200), 통신단말(300), 및 도청기기(400)는 각각 D, A, B, 및 E로 표기하도록 한다. 또한, A로부터 노드(node) i로의 링크에 대한 채널이득(channel gain)은 h_i, 사물인터넷 기기(100a, 100b)가 D2D통신을 이용하여 노드 j로의 링크에 대한 채널이득은 g_j 로 표기하도록 한다. 이때, 노드 i 및 j는 집합 {B, E, D}의 원소이다($i, j \in \{B, E, D\}$).

[0041] 따라서, h_i 및 g_j 에 대한 채널전력이득(channel power gain)은 각각 $|h_i|^2$ 및 $|g_j|^2$ 로 표기되며, λ_{hi}

및 λ_{gi} 에 의해 지수분포(exponential distribution)을 따른다.

[0042] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 사물인터넷 기기의 송신전력 제어방법을 상세히 설명하기 위한 순서도이다.

[0043] 도 3을 참조하면 본 발명의 일 실시예에 따른 사물인터넷 기기의 송신전력 제어방법은, 송신전력 제어부가 네트워크 통신모듈을 통해, 통신단말로부터 무선랜 AP와 통신단말 사이의 제 1 채널 상태정보 및 사물인터넷 기기와 통신단말 간의 제 2 채널 상태정보를 수신하는 단계(S100); 송신전력 제어부가 무선랜 AP와 사물인터넷 기기 사이의 제 3 채널상태 및 사물인터넷 기기와 사물인터넷 기기사이의 제 4 채널상태를 추정하는 단계(S200); 송신전력 제어부가 무선랜 AP와 도청기기 사이의 제 5 채널 이득의 확률분포 및 사물인터넷 기기와 도청기기 사이의 제 6 채널 이득의 확률분포를 산출하는 단계(S300); 송신전력 제어부가 제 1 채널 내지 제 6 채널의 상태 및 채널 이득의 확률분포를 이용하여 D2D통신을 위한 사물인터넷 기기의 송신전력을 결정하는 단계(S400); 및 송신전력 제어부가 결정된 송신전력 값에 기반하여 D2D통신을 수행하여 제 2 사물인터넷 기기로 데이터를 전송하는 단계(S500);를 포함한다.

[0044] 먼저, 제 1 사물인터넷 기기(100a)의 송신전력 제어부(110)는 네트워크 통신모듈(120)을 이용하여, 통신단말(300)로부터 피드백(feedback)을 통해 제 1 채널 상태정보 및 제 2 상태정보를 수신한다. 이때, 제 1 채널은 통신단말(300) 및 무선랜 AP(200) 사이의 링크를 의미하며, 제 2 채널은 제 1 사물인터넷 기기(100a)와 통신단말(300) 사이의 링크를 의미한다. 따라서 제 1 채널 상태정보에는 채널이득h_B 의 정보가 포함될 수 있으며, 제 2 채널 상태정보에는 채널이득 g_B의 정보가 포함될 수 있다(S100).

[0045] 다음으로, 송신전력 제어부(110)는 h_B 및 g_B를 이용하여, 무선랜 AP(200)와 제 1 사물인터넷 기기(100a) 사이의 제 3 채널상태 및 제 1 사물인터넷 기기(100a)와 제 2 사물인터넷 기기(100b)사이의 제 4 채널상태를 추정한다. 다시 말해, 송신전력 제어부(110)는 h_B 및 g_B를 이용하여 h_D 및 g_D를 추정할 수 있다(S200).

[0046] 이어서, 송신전력 제어부(110)는 무선랜 AP(200)와 도청기기(400) 사이의 제 5 채널 이득의 확률분포 및 제 1 사물인터넷 기기(100a)와 도청기기(400) 사이의 제 6 채널 이득의 확률분포를 산출한다. 다시 말해, 송신전력 제어부(110)는 h_B, g_B h_D, 및 g_D 를 이용하여, h_E 및 g_E 의 확률분포를 추정한다(S300).

[0047] 다음으로, 송신전력 제어부(110)는 상기 제 1 채널 내지 제 6 채널의 상태 및 채널 이득의 확률분포를 이용하여 D2D(device to device) pair통신, 즉 제 1 사물인터넷 기기(100a)로부터 제 2 사물인터넷 기기(100b)의 송신전력을 결정한다(S400).

[0048] 구체적으로, 도청기기(400)과 관련된 링크의 채널상태정보는 알수 없기 때문에, 는 h_E 및 g_E 는 통신기기(300)에서 이용될 수 없으며, 각각의 노드로부터 수신된 신호에는 평균이 0(zero-mean)이고 분산(variance, σ^2)을 가지는 가산성 백색 가우스 잡음(additive white Gaussian noise, AWGN)을 가진다.

[0049] 이때, D2D pair, WLAN, 도청기기(400)의 전송률(achievable rate)은 아래 수학식 1 내지 3과 같다.

수학식 1

[0050] $$R_{D2D} \quad \log_2\left(1 + \frac{\alpha P_D |g_D|^2}{P_{AP}|h_D|^2 + \sigma^2}\right)$$

수학식 2

[0051] $$R_{WLAN} = \log_2\left(1 + \frac{P_{AP}|h_B|^2}{\alpha P|g_B|^2 + \sigma^2}\right)$$

수학식 3

[0052] $$R_E = \log_2\left(1 - \frac{P_{AP}|h_E|^2}{\alpha P|g_E|^2 + \sigma^2}\right)$$

[0053] 수학식 1 내지 수학식 3에서, R_{D2D}는 D2D pair의 전송률, R_{WLAN}은 WLAN의 전송률, R_E는 도청기기(400)의 전송률을 의미한다. 또한, P_{AP}는 AP의 송신 전력, P는 D2D통신에서 D2D전송(D2D-Tx)의 최대 송신 전력을 나타낸다. 따라서, D2D통신의 송신전력은 αP로 나타낼 수 있다. 이때, α는 전력 제어요소로서, α∈{0, 1}이다.

[0054] 성능 메트릭(performance metric)에 따라 D2D-pair의 에너지 효율은 아래 수학식 4와 같이 정의할 수 있다.

[0055] 수학식 4에서, Pc는 지속적인 에너지소비(constant energy consumption)을 나타내는 파라미터이며, $\eta_{D2D}(\alpha)$는 에너지가 얼마나 효율적으로 데이터를 전송할 수 있는지를 나타낸다

수학식 4

[0056] $$\eta_{D2D}(\alpha) = \frac{R_{D2D}}{P_C + \alpha P}$$

[0057] 수학식 4에서, Pc는 회로의 지속적인 에너지소비(constant energy consumption)을 나타내는 파라미터이며, $\eta_{D2D}(\alpha)$는 에너지가 얼마나 효율적으로 데이터를 전송할 수 있는지를 나타낸다.

[0058] 따라서, 수학식 2 내지 3에 의해 WLAN의 보안전송률(secrecy achievable rate)은 아래 수학식 5와 같다.

수학식 5

[0059] $$\begin{aligned} R_S &= [R_{WLAN} - R_E]^+ \\ &= [\log_2(1+\Gamma_B) - \log_2(1+\Gamma_E)]^+ \end{aligned}$$

[0060] 수학식 5에서 [x]+는 max(0, x)를 의미하며, 양의 보안률(positive secrecy rate)을 얻기 위해서는 Γ_B은 Γ_E보다 커야한다.

[0061] 또한, 안전한 통신을 위해서는 무선랜(WLAN) AP(200) 및 통신단말(300) 사이의 통신이 D2D통신의 영향을 받아 $P_{out}(\alpha) \leq \varepsilon$의 조건을 만족하여야한다. 이때, ε∈{0, 1}이다.

[0062] 따라서, 본 발명의 일 실시예에 따른 사물인터넷 기기의 송신 전력 제어방법은 WLAN의 안전 제약조건을 만족함과 동시에, 자신의 에너지 효율성을 극대화하는 D2D통신의 송신전력을 산출한다. 이는 아래 수학식 6과 같이 정의 될 수 있다.

[0063] 따라서, 송신전력 제어부(110)는 아래 수학식 6을 만족하는 송신전력을 산출한다.

수학식 6

[0064] $$\begin{aligned} &\max_{0\leq\alpha\leq1} && \eta_{D2D}(\alpha) \\ &\text{s.t.} && p_{out}(\alpha) \leq \varepsilon. \end{aligned}$$

[0065] 이때, 수학식 6을 최적화 시키는 전력제어 요소 α의 최적값 α*은 단계 S100 및 단계 S200에서 획득한

h_B 및 g_B 채널상태정보 및 h_E 및 g_E의 확률분포 (probability distribution)에 의해 결정되어야 한다.

[0066] 따라서, 보안 아웃티지 확률(secrecy outage probability)는 아래 수학식 7에 의해 계산될 수 있다.

수학식 7

[0067] $$p_{\text{out}}(\alpha) = \Pr\left[\frac{|h_B|^2}{\alpha P|g_B|^2+\sigma^2} \le \frac{|h_E|^2}{\alpha P|g_E|^2+\sigma^2}\right]$$

[0068] 또한 수학식 7은 아래 수학식 8 내지 수학식 12와 같이 정리될 수 있다.

수학식 8

[0069] $$= \Pr\left[A(\alpha P|g_E|^2+\sigma^2) \le |h_E|^2\right]$$

수학식 9

[0070] $$\int_0^\infty \Pr\left[|h_E|^2 > A(\alpha P x+\sigma^2) \mid |g_E|^2 = x\right] f_{|g_E|^2}(x)dx$$

수학식 10

[0071] $$\int_0^\infty e^{-\frac{A(\alpha P x+\sigma^2)}{\lambda_{h_E}}} \cdot \frac{1}{\lambda_{g_E}} e^{-\frac{x}{\lambda_{g_E}}} dx$$

수학식 11

[0072] $$\frac{\lambda_{h_E} e^{-\frac{A\sigma^2}{\lambda_{h_E}}}}{\lambda_{g_E}\left(\frac{A\alpha P}{\lambda_{h_E}}+\frac{1}{\lambda_{g_E}}\right)+\lambda_{h_E}}$$

수학식 12

[0073] $$\approx \frac{\lambda_{h_E}}{\frac{|h_B|^2}{g_B}\lambda_{g_E}+\lambda_{h_E}}\exp\left(-\frac{|h_B|^2\sigma^2}{(\alpha P|g_B|^2-\sigma^2)\lambda_{h_E}}\right)$$

[0074] 여기서, $A = \frac{|h_B|^2}{\alpha P|g_B|^2+\sigma^2}$, $f_{|g_E|^2}(x)$는 $|g_j|^2$의 확률밀도함수(probability density function, PDF)를 나타내고, 수학식 12의 근사치 (a)는 높은 신호대 잡음비 추정(high SNR assumption)으로부터 산출된다.

[0075] 이어서, 수학식 12에 근거하여, 아웃티지 제약조건(outage constraint)는 아래 수학식 13과 같이 재정의 될 수 있다.

수학식 13

[0076] $$\frac{1}{\alpha P g_B{}^2 \cdot \sigma^2} \geq \frac{\lambda_{h_E}}{h_B{}^2 \sigma^2} \log\left(\varepsilon\left(\frac{h_B{}^2 \lambda_{g_E}}{g_B{}^2 \lambda_{h_E}} + 1\right)\right)$$

[0077] 수학식 13에서, $\epsilon > 1/\left(1+\frac{|h_B|^2\lambda_{g_E}}{|g_B|^2\lambda_{h_E}}\right)$ 를 만족하여, 수학식 13의 오른쪽 항이 음수(negative)가 되는 경우, 이러한 불균등(inequality)는 아래 수학식 14와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 14

[0078] $$\alpha > \frac{\sigma^2}{P g_B{}^2}\left\{\frac{h_B{}^2}{\lambda_{h_E} \log\left(\varepsilon\left(\frac{h_B{}^2}{g_B{}^2}\frac{\lambda_{g_E}}{\lambda_{h_E}}+1\right)\right)}-1\right\}$$

[0079] 반면, $\epsilon \leq 1/\left(1+\frac{|h_B|^2\lambda_{g_E}}{|g_B|^2\lambda_{h_E}}\right)$ 인 경우, 아웃티지 제약조건은 아래 수학식 15의 전력제어 요소의 범위를 만족한다.

수학식 15

[0080] $$\alpha \leq \alpha_{\text{out}} = \left[-\frac{\sigma^2}{P|g_B|^2}\left\{\frac{|h_B|^2}{\lambda_{h_E}\log\left(\varepsilon\left(\frac{|h_B|^2\lambda_{g_E}}{|g_B|^2\lambda_{h_E}}+1\right)\right)}+1\right\}\right]_0^1$$

[0081] 수학식 15에서, $[y]_0^1$ 는 아래 수학식 16과 같다.

수학식 16

[0082] $$[y]_0^1 = \min(\max(0, y), 1)$$

[0083] 한편, 본 발명의 일 실시예에서, 송신전력 제어부(110)는 에너지의 효율성에 영향을 미치는 전력제어 요소(α)의 영향을 확인하기 위해, 아래 수학식 17과 같이, $\eta_{D2D}(\alpha)$ 의 도함수를 계산할 수 있다.

수학식 17

[0084] $$\frac{\partial \eta_{D2D}(\alpha)}{\partial \alpha} = \frac{\beta P(P_t+\alpha P) - P(1+\alpha\beta P)\log(1+\alpha\beta P)}{\log 2\,(1+\alpha\beta P)(P_t+\alpha P)^2}$$

[0085] 한편, 수학식 17에서, $\beta = \frac{|g_D|^2}{P_{AP}|h_D|^2+\sigma^2}$ 이다. 수학식 17에 따라서, 에너지 효율성에 미치는 전력제어 요소 α는 도함수 $\frac{\partial \eta_{D2D}(\alpha)}{\partial \alpha}$ 의 값을 0으로 만드는 단일 정류점(stationary point, α^+)를 가지며, 또한, 아래 수학식 18과 같은 특성을 가진다.

수학식 18

[0086] $$\lim_{\alpha \to 0} \frac{\partial \eta_{D2D}(\alpha)}{\partial \alpha} > 0 \text{ and } \lim_{\alpha \to \infty} \frac{\partial \eta_{D2D}(\alpha)}{\partial \alpha} < 0.$$

[0087] 이때, α^+는 수학식 19와 같다.

수학식 19

[0088] $$\frac{1}{SIR_0} \left\{ \exp\left[W\left(\frac{SIR_0}{e} - 1 \right) - 1 \right] - 1 \right\}$$

[0089] 수학식 19에서, $\mathbb{W}(\cdot)$ Lambert W-function을 나타낸다.

[0090] 따라서, $\eta_{D2D}(\alpha)$ 이 전력제어 요소(α)의 오목함수(concave function)임을 알 수 있고, 이에 따라 에너지의 효율은 아래 수학식 20의 조건하에서 최대가 되는 것을 알 수 있다.

수학식 20

[0091] $$\alpha_{EE} \quad [\alpha^+, 0]$$

[0092] 이어서, 수학식 14, 수학식 15, 및 수학식 20에 따라 전력제어 요소 α의 최적값 α*은 아래 수학식 21과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 21

[0093] $$\alpha^* = \begin{cases} \min(\alpha_{out}, \alpha_{EE}) & \text{if } \epsilon < 1/\left(1 - \frac{|h_B|^2 \lambda_{BE}}{|g_B|^2 \lambda_{B_0}}\right) \\ \alpha_{EE} & \text{otherwise} \end{cases}$$

[0094] 따라서, 본 발명의 일 실시예에 따른 송신전력 제어부(110)는 수학식 21을 만족하는 전력제어 요소의 최적값 α*을 결정하고, 이를 이용하여 D2D통신을 위한 사물인터넷 기기(100a)의 송신전력을 결정한다(S400).

[0095] 마지막으로, 송신전력 제어부(110)는 결정된 송신전력 값에 기반하여 D2D통신을 수행하여 제 2 사물인터넷 기기(100b)로 데이터를 전송한다 (S500).

[0096] 도 4는 Monte-Carlo 시뮬레이션을 이용하여 본 발명의 일 실시예에 따른 사물인터넷 기기의 송신전력 제어방법을 이용한 D2D 통신의 효율성 및 성능 평가 결과를 나타내는 그래프이다.

[0097] 구체적으로 도 4의 (a)는 $\alpha_{out} > \alpha_{EE}$ 인 경우, 전력제어요소값에 따른 에너지 효율성을 도시하고 있으며, 도 4의 (b)는 $\alpha_{out} < \alpha_{EE}$ 인 경우, 전력제어요소값에 따른 에너지 효율성을 도시하고 있다.

[0098] 도 4를 참조하면, 무선 채널의 채널전력이득(channel power gain)은 수학식 22에 도시된 바와 같이, 링크길이(link distance) 에 역비례 하도록 설정된다.

수학식 22

[0099] $$\lambda_{B_0} \quad d_{B_0}^{-\nu} \text{ and } \lambda_{BE} \quad d_{BE}^{-\nu}$$

[0100] 여기서, dx는 채널 x의 링크길이(link distance)를 나타내고, m은 전송손실지수(pass-loss exponent)를 나타낸다. 시뮬레이션을 위한 파라미터(parameter)는 P_{AP} = 10dBm, P_c = -20dBm, σ^2 = -50dBm, d_{gD} = 4m, d_{hD}=10m, d_{hB} = 5.7m, d_{gB} = 10 m, d_{hE} = 10m, d_{gE} = 8.8m, 및 m = 3으로 설정되었다.

[0101] 4의 (a) 및 (b) 모두, 아웃티지 확률 제약조건(outage probability constraint)을 만족한다. 이때, D2D 통신을 위한 최대 전송 전력 및 아웃티지 확률 제약조건은 각각, P = 0 dBm, ε = 0.1이 되도록 설정되었으며, 에너지 효율이 극대화된 전력제어요소 α의 값과, 본 발명의 일 실시예에 따라 산출된 전력제어요소 최적값 α*과 일치하는 것을 확인할 수 있다.

[0102] 상술한 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 사물인터넷 기기들의 에너지 효율을 극대화할 수 있는 송신전력 제어 방법을 제공할 수 있다.

[0103] 또한, 데이터를 송수신하려는 사물인터넷 기기들과 무선랜(Wireless LAN, WLAN)이 혼재하는 이종 네트워크 환경에서, 도청하려는 통신장치가 무선랜AP가 전송하는 신호를 도청하는 것을 방지함으로써, 통신보안 성능을 향상시킬 수 있다.

[0104] 본 발명의 일 실시예는 컴퓨터에 의해 실행되는 프로그램 모듈과 같은 컴퓨터에 의해 실행 가능한 명령어를 포함하는 기록 매체의 형태로도 구현될 수 있다. 컴퓨터 판독 가능 매체는 컴퓨터에 의해 액세스될 수 있는 임의의 가용 매체일 수 있고, 휘발성 및 비휘발성 매체, 분리형 및 비분리형 매체를 모두 포함한다. 또한, 컴퓨터 판독가능 매체는 컴퓨터 저장 매체 및 통신 매체를 모두 포함할 수 있다. 컴퓨터 저장 매체는 컴퓨터 판독가능 명령어, 데이터 구조, 프로그램 모듈 또는 기타 데이터와 같은 정보의 저장을 위한 임의의 방법 또는 기술로 구현된 휘발성 및 비휘발성, 분리형 및 비분리형 매체를 모두 포함한다. 통신 매체는 전형적으로 컴퓨터 판독가능 명령어, 데이터 구조, 프로그램 모듈, 또는 반송파와 같은 변조된 데이터 신호의 기타 데이터, 또는 기타 전송 메커니즘을 포함하며, 임의의 정보 전달 매체를 포함한다.

[0105] 본 발명의 방법 및 시스템은 특정 실시예와 관련하여 설명되었지만, 그것들의 구성 요소 또는 동작의 일부 또는 전부는 범용 하드웨어 아키텍처를 갖는 컴퓨터 시스템을 사용하여 구현될 수 있다.

[0106] 전술한 본 발명의 설명은 예시를 위한 것이며, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수 있다.

[0107] 본 발명의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

부호의 설명

[0108] 100(100a, 100b): 사물인터넷 기기

110: 송신전력 제어부

120: 네트워크 통신모듈

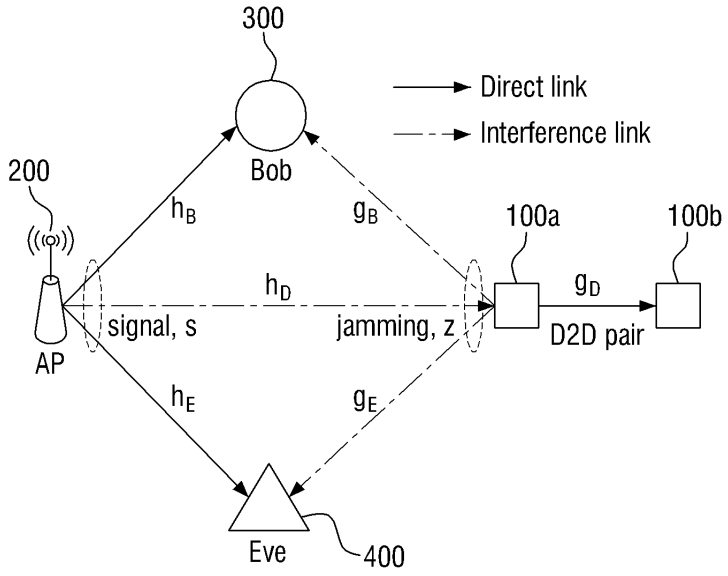
200: 무선랜 AP

300: 통신단말

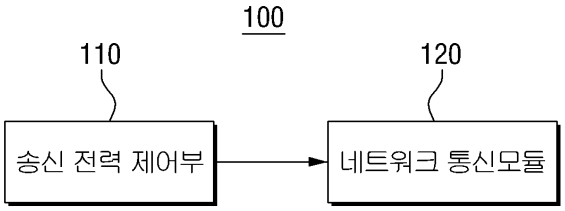
400: 도청기기

도면

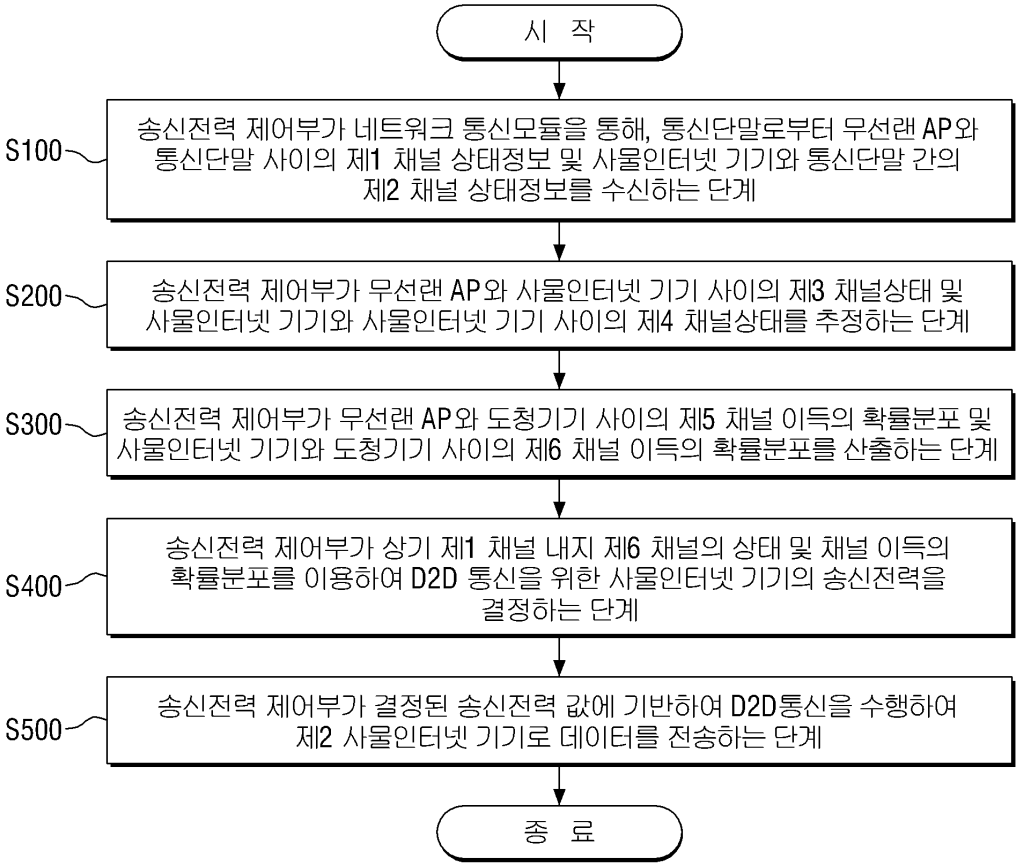
도면1


300
Direct link
Interference link
Bob
200
h_B
g_B
100a
100b
h_D
g_D
signal, s
jamming, z
D2D pair
AP
h_E
g_E
Eve
400

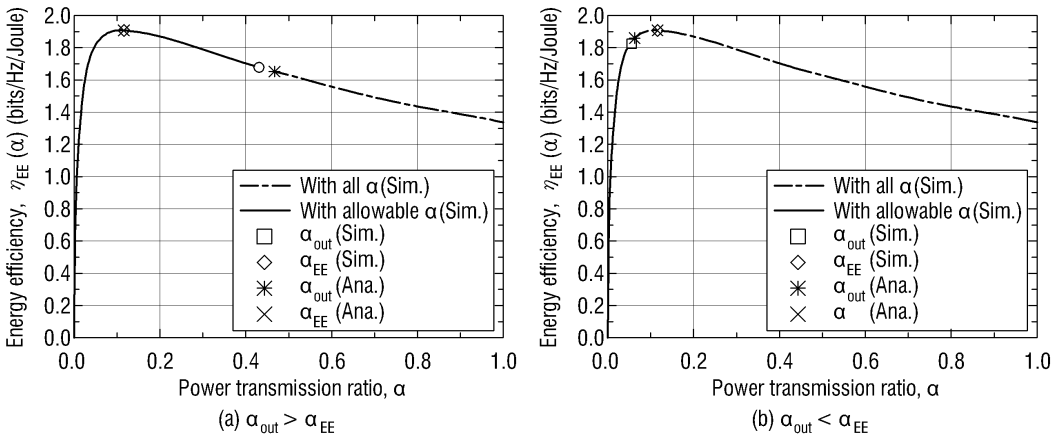
도면2


100
110
120
송신 전력 제어부
네트워크 통신모듈

도면3


시 작
S100
송신전력 제어부가 네트워크 통신모듈을 통해, 통신단말로부터 무선랜 AP와 통신단말 사이의 제1 채널 상태정보 및 사물인터넷 기기와 통신단말 간의 제2 채널 상태정보를 수신하는 단계
S200
송신전력 제어부가 무선랜 AP와 사물인터넷 기기 사이의 제3 채널상태 및 사물인터넷 기기와 사물인터넷 기기 사이의 제4 채널상태를 추정하는 단계
S300
송신전력 제어부가 무선랜 AP와 도청기기 사이의 제5 채널 이득의 확률분포 및 사물인터넷 기기와 도청기기 사이의 제6 채널 이득의 확률분포를 산출하는 단계
S400
송신전력 제어부가 상기 제1 채널 내지 제6 채널의 상태 및 채널 이득의 확률분포를 이용하여 D2D 통신을 위한 사물인터넷 기기의 송신전력을 결정하는 단계
S500
송신전력 제어부가 결정된 송신전력 값에 기반하여 D2D통신을 수행하여 제2 사물인터넷 기기로 데이터를 전송하는 단계
종 료

도면4


Energy efficiency, η_{EE} (α) (bits/Hz/Joule)
Power transmission ratio, α
With all α(Sim.)
With allowable α(Sim.)
α_{out} (Sim.)
α_{EE} (Sim.)
α_{out} (Ana.)
α_{EE} (Ana.)
(a) $\alpha_{out} > \alpha_{EE}$
α (Ana.)
(b) $\alpha_{out} < \alpha_{EE}$