(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년04월24일
(11) 등록번호 10-1388701
(24) 등록일자 2014년04월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04B 7/24 (2006.01) *H04B 7/14* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2012-0119762
(22) 출원일자 2012년10월26일
심사청구일자 2012년10월26일
(56) 선행기술조사문헌
JP2011146848 A
KR1020080066503 A

(73) 특허권자
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
포항공과대학교 산학협력단
경상북도 포항시 남구 청암로 77 (지곡동)
(72) 발명자
이동훈
서울 광진구 자양로53길 15, 201호 (구의동)
이재영
서울 송파구 문정로 83, 130동 603호 (문정동, 문정래미안아파트)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인이상

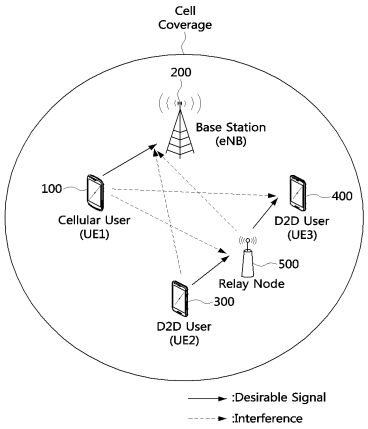
전체 청구항 수 : 총 6 항 심사관 : 신상길

(54) 발명의 명칭 **엘티이-어드밴스드 기반 단말간 직접 통신의 최적화 방법 및 이를 수행하는 장치**

(57) 요 약

LTE-Advanced 기반 D2D 통신의 최적화 방법 및 이를 수행하는 장치가 개시된다. LTE-Advanced 기반 D2D 통신의 최적화 방법은 기지국으로부터 채널의 상태 정보를 수신하는 단계와, 수신된 채널의 상태 정보에 기초하여 전송 파워를 결정하는 단계 및 결정된 전송 파워로 복호 후 전송(Decode-and-Forward, DF) 릴레이에 전송하는 단계를 포함한다. 따라서, 불필요한 파워의 낭비를 최소화할 수 있고, D2D 통신의 신뢰도를 향상시킬 수 있다.

대 표 도 - 도2



(72) 발명자

김성일

서울 성북구 안암로 145, 창의관 816호 (안암동5가, 고려대학교이과대학)

허준

서울 강남구 광평로10길 6, 206동 103호 (일원동, 한솔마을)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	ITAH0301120330020001000100100
부처명	지식경제부
연구사업명	대학IT연구센터 육성 지원사업
연구과제명	융합 단말을 위한 내장형 소프트웨어 기술 연구
기 여 율	1/1
주관기관	포항공과대학교 산학협력단
연구기간	2012.01.01 ~ 2012.12.31

특허청구의 범위

청구항 1

D2D 단말에서 수행되는 D2D 통신의 최적화 방법에 있어서,

기지국으로부터 채널의 상태 정보를 수신하는 단계;

수신된 채널의 상태 정보에 기초하여 전송 파워를 결정하는 단계; 및

데이터 신호를 상기 결정된 전송 파워로 릴레이에 전송하는 단계를 포함하되,

상기 전송 파워를 결정하는 단계는,

용량의 볼록(convexity) 및 카러시-쿤-터커(Karush-Kuhn-Tucker, KKT) 조건에 기초하여 라그랑주 승수(Lagrangian multiplier)를 적용하여 어가딕 용량(Ergodic capacity)을 최대화 하기 위한 전송 파워를 결정하는 LTE-Advanced 기반 D2D 통신의 최적화 방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 LTE-Advanced 기반 D2D 통신의 최적화 방법은,

상기 기지국이 설정한 평균 간섭 제약 조건(average interference constraint) 범위 내에서 수행되는 것을 특징으로 하는 LTE-Advanced 기반 D2D 통신의 최적화 방법.

청구항 4

복호 후 전송 릴레이에서 수행되는 D2D 통신의 최적화 방법에 있어서,

D2D 단말로부터 데이터 신호가 수신되는 것으로 판단되면, 기지국으로부터 채널의 상태 정보를 수신하는 단계;

수신된 채널의 상태 정보에 기초하여 전송 파워를 결정하는 단계; 및

상기 데이터 신호를 복호하여 상기 결정된 전송 파워를 통해 다른 D2D 단말로 전송하는 단계를 포함하되,

상기 전송 파워를 결정하는 단계는,

용량의 볼록(convexity) 및 카러시-쿤-터커(Karush-Kuhn-Tucker, KKT) 조건에 기초하여 라그랑주 승수(Lagrangian multiplier)를 적용하여 어가딕 용량(Ergodic capacity)을 최대화 하기 위한 전송 파워를 결정하는 LTE-Advanced 기반 D2D 통신의 최적화 방법.

청구항 5

삭제

청구항 6

통신부; 및

상기 통신부를 통해 기지국으로부터 수신된 채널의 상태 정보에 기초하여 전송 파워를 결정하고, 결정된 전송 파워로 릴레이에 데이터 신호를 전송하는 프로세서를 포함하되,

상기 프로세서는,

용량의 볼록(convexity) 및 카러시-쿤-터커(Karush-Kuhn-Tucker, KKT) 조건에 기초하여 라그랑주 승수(Lagrangian multiplier)를 적용하여 어가딕 용량(Ergodic capacity)을 최대화 하기 위한 전송 파워를 결정하는 D2D 단말.

청구항 7

삭제

청구항 8

청구항 6에 있어서,

상기 프로세서는,

상기 기지국이 설정한 평균 간섭 제약 조건(average interference constraint) 범위 내에서 수행되는 것을 특징으로 하는 D2D 단말.

청구항 9

송수신부; 및

상기 송수신부를 통해 D2D 단말로부터 데이터 신호가 수신되는 것으로 판단되면, 기지국으로부터 채널의 상태 정보를 수신하고, 수신된 채널의 상태 정보에 기초하여 전송 파워를 결정한 후, 상기 데이터 신호를 복호하여 상기 결정된 전송 파워를 통해 다른 D2D 단말로 전송하는 제어부를 포함하되,

상기 제어부는,

용량의 볼록(convexity) 및 카러시-쿤-터커(Karush-Kuhn-Tucker, KKT) 조건에 기초하여 라그랑주 승수(Lagrangian multiplier)를 적용하여 어가딕 용량(Ergodic capacity)을 최대화 하기 위한 전송 파워를 결정하는 복호화 후 전송 릴레이.

청구항 10

삭제

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 단말간 직접 통신(Device-To-Device 통신, 이하 D2D 통신 이라 함)에 관한 것으로, 더욱 상세하게는, D2D 통신을 최적화할 수 있는 LTE-Advanced 기반 D2D 통신의 최적화 방법 및 이를 수행하는 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 최근 스마트폰 등을 이용하여 이동 중에도 무선을 통한 대량의 데이터를 송신 또는 수신하는 응용의 사용이 증가하면서 이동통신 네트워크의 과부하 빈도가 급증하고 있으며, 이동통신 네트워크의 과부하 빈도의 급증으로 인한 네트워크 장애 발생과 서비스 품질의 저하 문제가 심각해 지고 있다.

[0003] 따라서, 상기와 같은 문제점을 해결하기 위한 해결책 중 하나로, 이동통신 시스템에서 동일 또는 주변 셀에 위치한 반경 1 ~ 2 Km 내의 인접 디바이스간 직접 무선 통신(Device-to-Device 통신, 이하 'D2D 통신'이라 함)을 제공하는 기술이 연구되고 있다.

[0004] 여기서, D2D 통신이란 인접 디바이스 간에 이동통신 주파수 대역을 사용하는 이동통신 무선 인터페이스를 통해 D2D 무선 링크를 설정한 뒤, 기지국을 경유하지 않고 D2D 무선 링크를 통해서 디바이스 간에 직접 데이터 송수신을 수행하는 기술이다.

[0005] 한편, 기존의 D2D 통신은 라이선스가 필요 없는 주파수 대역을 사용하였다. 따라서, 셀룰러 서비스와 달리 접근성이 자유로운 장점이 있었으나, 상대적으로 D2D 단말간에 발생하는 간섭의 영향을 제어하기가 힘들고, 편리한 User experience를 제공하지 못한다는 단점이 있었다.

[0006] 3GPP LTE-Advanced에서는 상기 단점을 극복하기 위해 기존의 D2D 통신과 달리 사업자에 의해 제공되는 D2D 통신 모델을 제안하였으나, 셀룰러 단말과 D2D 단말이 주파수 자원을 공유하게 되므로 셀룰러 단말과 D2D 단말간의 간섭이 발생하게 되었다. 따라서, 최근에는 셀룰러 단말과 D2D 단말간의 간섭 문제를 해결하기 위한 연구가 계

속되고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명의 목적은 최적의 전송파워 결정하여 간섭을 완화시킬 수 있는 LTE-Advanced 기반 D2D 통신의 최적화 방법을 제공하는 것이다.

[0008] 또한, 본 발명의 다른 목적은 상기 LTE-Advanced 기반 D2D 통신의 최적화 방법을 수행하는 장치를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 LTE-Advanced 기반 D2D 통신의 최적화 방법에 따르면, 기지국으로부터 채널의 상태 정보를 수신하는 단계와, 수신된 채널의 상태 정보에 기초하여 전송 파워를 결정하는 단계 및 상기 결정된 전송 파워로 복호 후 전송(Decode-and-Forward, DF) 릴레이에 전송하는 단계를 포함한다.

[0010] 여기서, 상기 수신된 채널의 상태 정보에 기초하여 전송 파워를 결정하는 단계는, 용량의 볼록(convexity) 및 카러시-쿤-터커(Karush-Kuhn-Tucker, KKT) 조건에 기초하여 라그랑주 승수(Lagrangian multiplier)를 적용하여 어가딕 용량(Ergodic capacity)을 최대화 하기 위한 전송 파워를 결정할 수 있다.

[0011] 여기서, 상기 LTE-Advanced 기반 D2D 통신의 최적화 방법은, 상기 기지국이 설정한 평균 간섭 제약 조건(average interference constraint) 범위 내에서 수행될 수 있다.

[0012] 또한, 본 발명의 다른 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 LTE-Advanced 기반 D2D 통신의 최적화 방법에 따르면, 복호 후 전송 릴레이에서 수행되는 D2D 통신의 최적화 방법에 있어서, D2D 단말로부터 데이터 신호가 수신되는 것으로 판단되면, 기지국으로부터 채널의 상태 정보를 수신하는 단계와, 수신된 채널의 상태 정보에 기초하여 전송 파워를 결정하는 단계 및 상기 데이터 신호를 복호하여 상기 결정된 전송 파워를 통해 다른 D2D 단말로 전송하는 단계를 포함한다.

[0013] 여기서, 상기 수신된 채널의 상태 정보에 기초하여 전송 파워를 결정하는 단계는, 용량의 볼록(convexity) 및 카러시-쿤-터커(Karush-Kuhn-Tucker, KKT) 조건에 기초하여 라그랑주 승수(Lagrangian multiplier)를 적용하여 어가딕 용량(Ergodic capacity)을 최대화 하기 위한 전송 파워를 결정할 수 있다.

[0014] 또한, 본 발명의 또 다른 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 D2D 단말에 따르면, 통신부 및 상기 통신부를 통해 기지국으로부터 수신된 채널의 상태 정보에 기초하여 전송 파워를 결정하고, 결정된 전송 파워로 복호 후 전송(Decode-and-Forward, DF) 릴레이에 데이터 신호를 전송하는 프로세서를 포함한다.

[0015] 여기서, 상기 프로세서는, 용량의 볼록(convexity) 및 카러시-쿤-터커(Karush-Kuhn-Tucker, KKT) 조건에 기초하여 라그랑주 승수(Lagrangian multiplier)를 적용하여 어가딕 용량(Ergodic capacity)을 최대화 하기 위한 전송 파워를 결정할 수 있다.

[0016] 여기서, 상기 프로세서는, 상기 기지국이 설정한 평균 간섭 제약 조건(average interference constraint) 범위 내에서 수행될 수 있다.

[0017] 또한, 본 발명의 또 다른 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 복호 후 전송 단말에 따르면, 송수신부 및 상기 송수신부를 통해 D2D 단말로부터 데이터 신호가 수신되는 것으로 판단되면, 기지국으로부터 채널의 상태 정보를 수신하고, 수신된 채널의 상태 정보에 기초하여 전송 파워를 결정한 후, 상기 데이터 신호를 복호하여 상기 결정된 전송 파워를 통해 다른 D2D 단말로 전송하는 제어부를 포함한다.

[0018] 여기서, 상기 제어부는, 용량의 볼록(convexity) 및 카러시-쿤-터커(Karush-Kuhn-Tucker, KKT) 조건에 기초하여 라그랑주 승수(Lagrangian multiplier)를 적용하여 어가딕 용량(Ergodic capacity)을 최대화 하기 위한 전송 파워를 결정할 수 있다.

발명의 효과

[0019] 상기와 같은 본 발명의 일 실시예에 따른 있는 LTE-Advanced 기반 D2D 통신의 최적화 방법 및 이를 수행하는 장

치에 따르면, 기지국으로부터 수신된 채널 상태 정보에 기초하여 전송 파워를 결정하고, 릴레이를 이용해 다른 D2D 단말로 결정된 전송 파워로 신호를 전송할 수 있다. 또한, 복호 후 전송 방법을 사용하여 릴레리를 거쳐 다시 결정된 전송 파워로 신호를 다른 D2D 단말로 전송할 수 있다.

[0020] 따라서, 채널 상태에 따라 유동적으로 D2D 전송 파워가 결정될 수 있고, D2D 단말 사이에 릴레이를 배치함으로써 전송 파워가 제약되어 있는 조건에서도 아웃티지 확률(Outage probability)을 감소시켜 D2D 통신의 신뢰도를 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0021] 도 1은 LTE-Advanced Network 내에서의 셀룰러 단말 및 D2D 단말 간의 통신 및 간섭 채널 모델을 나타내는 개념도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 LTE-Advanced 기반 D2D 통신의 최적화 방법이 구현되는 동작환경을 나타내는 개념도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따라 D2D 단말에서 수행되는 LTE-Advanced 기반 D2D 통신의 최적화 과정을 나타내는 흐름도이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따라 복호 후 전송 릴레이에서 수행되는 LTE-Advanced 기반 D2D 통신의 최적화 과정을 나타내는 흐름도이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 LTE-Advanced 기반 D2D 통신의 최적화 방법을 수행하는 D2D 단말의 구성을 나타내는 블록도이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 LTE-Advanced 기반 D2D 통신의 최적화 방법을 수행하는 복호 후 전송 릴레이의 구성을 나타내는 블록도이다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 D2D 통신의 신뢰도를 설명하기 위한 Outage probability-셀룰러 단말 파워 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0022] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세하게 설명하고자 한다.

[0023] 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0024] 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 예를 들어, 본 발명의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다. 및/또는 이라는 용어는 복수의 관련된 기재된 항목들의 조합 또는 복수의 관련된 기재된 항목들 중의 어느 항목을 포함한다.

[0025] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "직접 연결되어" 있다거나 "직접 접속되어" 있다고 언급된 때에는, 중간에 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다.

[0026] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0027] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의

미를 가진 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0028] 이하, 첨부한 도면들을 참조하여, 본 발명의 바람직한 실시예를 보다 상세하게 설명하고자 한다. 본 발명을 설명함에 있어 전체적인 이해를 용이하게 하기 위하여 도면상의 동일한 구성요소에 대해서는 동일한 참조부호를 사용하고 동일한 구성요소에 대해서 중복된 설명은 생략한다.

[0029] 본 명세서에서 본 발명의 실시예들은 D2D 단말들과 릴레이를 중심으로 기술하며, 기지국은 셀룰러 단말 및 D2D 단말과 직접적으로 통신을 수행하는 네트워크의 종단 노드(Terminal Node)가 될 수 있다.

[0030] 본 명세서에서 기지국은 고정국(Fixed Station), Node B, eNode B(eNB), 엑세스 포인트(Access Point) 등의 용어로 대체될 수 있고, D2D 단말 또는 셀룰러 단말은 이동 단말(Mobile Station: MS), UE(User Equipment), SS(Subscriber Station), MSS(Mobile Subscriber Station), 단말(Mobile Terminal) 등의 용어로 대체될 수 있다. 상기 이동 단말은 PDA(Personal Digital Assistant), 셀룰러폰, PCS(Personal Communication Service)폰, GSM(Global System for Mobile)폰, WCDMA(Wideband CDMA)폰, MBS(Mobile Broadband System)폰 등의 다양한 장치가 될 수 있다.

[0031] 또한, D2D 단말의 어플리케이션 타입(Machine Application Type)이 증가하고 있으며, 디바이스의 어플리케이션의 타입으로는 보안(Security), 치안(Public Safety), 트래킹(Tracking) 및 트레이싱(Tracing), 지불(Payment), 건강관리(Healthcare), 원격 유지 및 제어(Remote Maintenance and Control), 검침(Metering), 소비자 장치(Consumer Device), 판매 관리 시스템(POS: Point Of Sales)과 보안 관련 응용 시장에서 물류 관리(Fleet Management), 자동 판매기(Vending Machine)의 디바이스간 통신, 기계 및 설비의 원격 모니터링, 건설 기계 설비상의 작동 시간 측정 및 열 또는 전기 사용량을 자동으로 측정하는 지능 검침(Smart Metering), 감시 카메라의 감시 영상(Surveillance Video) 통신 등이 있으나, 이에 한정되지는 않으며, D2D 단말은 상술한 어플리케이션 타입 이외의 타입을 수행하는 다양한 장치가 될 수 있다.

[0032] 한편, 본 발명의 실시예들은 하드웨어, 펌웨어, 소프트웨어 또는 이들의 결합 등의 다양한 수단으로 구현될 수 있다. 하드웨어에 의한 구현의 경우, 적어도 하나의 ASICs(Application Specific Integrated Circuits), DSPs(Digital Signal Processors), DSPDs(Digital Signal Processing Devices), PLDs(Programmable Logic Devices), FPGAs(Field Programmable Gate Arrays), 프로세서, 컨트롤러, 마이크로 컨트롤러, 마이크로 프로세서 등을 통하여 구현될 수 있다.

[0033] 펌웨어 또는 소프트웨어에 의한 구현의 경우, 기능 또는 동작을 수행하는 모듈, 절차 또는 함수 등의 형태로 구현될 수 있고, 소프트웨어 코드는 메모리 장치에 저장된 프로세서에 의해 실행될 수 있고, 메모리 장치는 프로세서의 내부 또는 외부에 위치하여 다양한 수단에 의해 프로세서와 데이터를 송수신할 수 있다.

[0034] 도 1은 LTE-Advanced Network 내에서의 셀룰러 단말 및 D2D 단말 간의 통신 및 간섭 채널 모델을 나타내는 개념도이다.

[0035] 도 1을 참조하면, 셀룰러 단말(100), 기지국(200), D2D 단말(300), D2D 단말(400)들이 동일한 셀룰러 네트워크 안에서 주파수 자원을 공유하며 존재한다.

[0036] 여기서, 셀룰러 단말(100) 및 D2D 단말(300, 400)은 단일 안테나를 이용하고, 기지국(200)은 다중 안테나를 이용할 수 있다.

[0037] 도 1과 같이 3GPP LTE-Advanced에서는 셀룰러 사업자에 의한 D2D 통신 모델이 제안되어, D2D 단말간의 간섭을 효율적으로 제어할 수 있었다.

[0038] 그러나, D2D 단말(300, 400)이 셀룰러 단말(100)과 주파수 자원을 공유하게 되므로 셀룰러 단말(100)과 D2D 단말(300, 400) 간의 간섭이 발생할 수 있게 되었다. 따라서, 셀룰러 단말(100)과 D2D 단말(300, 400) 간의 간섭 문제를 해결하기 위한 다음과 같은 다양한 방안들이 제안되었다.

[0039] 첫 번째는 D2D 단말의 전송 파워를 통제하는 방법이다. 즉, 셀룰러 네트워크상에서는 서비스의 우선권이 셀룰러 단말(100)에게 있으므로 상대적으로 D2D 기기의 전송 파워를 제안함으로써 셀룰러 단말(100)에게 미치는 간섭의 영향을 최소화했다.

[0040] 특히, 기지국(200)에서 D2D 단말(300, 400)로부터 받을 수 있는 간섭의 최대 허용치를 설정하여, 셀룰러 단말(100)의 신호대 간섭잡음비(signal-to-interference plus noise ratio, SINR)가 특정한 값 이하에서 통신이 이루어질 수 있도록 D2D 단말(300, 400)의 송신파워를 고정된 크기로 제안하는 방법이 있었다.

[0041] 두 번째는 셀룰러 단말(100)과 D2D 단말(300, 400)의 자원 점유를 공간 또는 주파수 도메인에서 배타적으로 분리하는 방법이다. 이는 기존의 제안되었던 시간 분할 다중화(Time Division Multiplexing, TDD) 또는 주파수 분할 다중화(Frequency Division Multiplexing, FDD) 기법을 이용하여 구현될 수 있다.

[0042] 또는, 서로 간의 영향을 줄 수 있는 공간에 분포해 있는 셀룰러 단말(100)과 D2D 단말(300, 400)에 서로 다른 주파수 대역을 할당함으로써 간섭의 영향을 줄이는 방법도 제안되었다.

[0043] 이외의 방법으로는 셀룰러 단말(100)의 신호를 기지국(200)이 D2D 단말(300, 400)로 전송함으로써 간섭신호 제거(Interference Cancelation) 기술을 이용하는 방법이 제안되었다.

[0044] 그러나, 첫 번째 방법은 우선권이 셀룰러 단말(100)에게 맞추어져 있기 때문에 같은 사업자에 의해 제공되는 D2D 통신 서비스의 신뢰도를 보장할 수가 없다.

[0045] 또한, 두 번째 방법의 경우 기지국(200)에서 다루어야 하는 정보가 과대해지고, 같은 주파수 대역을 셀룰러 단말(100)과 D2D 단말(300, 400)이 동시에 이용하는 경우에 비하여 통신의 효율성이 떨어지게 된다.

[0046] 또한, 기지국(200)이 IC 과정에 참여하는 경우 기지국(200)으로부터의 신호를 대기해야 하기 때문에 D2D 단말(300, 400)간의 직접적인 통신이라는 D2D의 장점이 사라지게 된다.

[0047] 따라서, 이하, 본 발명의 일 실시예에 따라 셀룰러 단말(100)과 D2D 단말(300, 400) 간의 간섭 문제를 해결하기 위한 방법을 설명하도록 한다.

[0048] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 LTE-Advanced 기반 D2D 통신의 최적화 방법이 구현되는 동작환경을 나타내는 개념도이다.

[0049] 이하, 기지국(200)이 개방 루프 피드백(Open loop feedback)을 통해 통제 범위 내의 단말들 사이의 채널 정보를 파악하고 있음을 가정한다.

[0050] 도 2를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 LTE-Advanced 기반 D2D 통신의 최적화 방법이 구현되는 동작환경은, 하나의 셀 커버리지 안에 셀룰러 단말(100), 기지국(200), D2D 단말(300, 400), 복호 후 전송(Decode-to-Forward, DF) 릴레이(500)를 포함할 수 있다.

[0051] 셀룰러 단말(100)은 기존의 통신 프로토콜을 사용하여 기지국(200)과 통신을 수행한다.

[0052] 또한, D2D 단말(300)은 기지국(200)으로부터 폐루프 피드백(Closed loop feedback)을 통해 수신한 채널 상태 정보를 이용하여 전송 파워를 결정하고, 결정된 전송파워로 복호 후 전송 릴레이(500)에 데이터 신호를 전송한다.

[0053] 복호 후 전송 릴레이(500)는 D2D 단말(300)로부터 데이터 신호가 수신되면, 기지국으로부터 수신된 채널 상태 정보를 이용하여 다른 D2D 단말(400)로 데이터 전송시 사용할 전송 파워를 결정한다.

[0054] 또한, 복호 후 전송 릴레이(500)는 수신된 데이터 신호를 복호한 후 결정된 전송파워로 복호한 데이터 신호를 다른 D2D 단말(400)로 전송한다.

[0055] 여기서, D2D 단말(300) 및 복호 후 전송 릴레이(500)는 기지국(200)으로부터 수신한 채널 상태 정보를 이용하여 자신의 전송파워를 결정하게 되므로, 상기 전송 파워는 채널의 함수로 표현되고, 채널의 상태에 따라 유동적으로 전송 파워가 결정될 수 있다.

[0056] 본 발명의 일 실시예에 따른 D2D 통신은 신뢰도를 높이기 위해 협력 통신(Cooperative communication) 기법 중 복호 후 전송(Decode-and-Froward, DF) 기법을 이용하여 신호를 전송한다. 즉, D2D 단말(300)은 D2D 통신의 신뢰도를 높이기 위해 복호 후 전송 릴레이(500)를 거쳐 다른 D2D 단말(400)로 데이터 신호를 전송한다.

[0057] 따라서, 상술한 바와 같이본 발명의 일 실시예에 따른 D2D 통신은 듀얼 홉(Dual-hop)의 복호 후 전송 방법을 이용하여 데이터 신호를 전송하므로, 데이터 신호를 전송하는데 있어서 총 2번의 배타적인 슬롯이 필요하기 때문에 시분할 다중 방식(time division multiplex)을 이용한다.

[0058] 또한, 각 홉 마다 채널의 상태가 변할 수 있기 때문에 기지국(200)으로부터 피드백 받은 새로운 채널 상태 정보를 이용하여 최적의 전송 파워를 다시 결정한다.

[0059] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따라 D2D 단말에서 수행되는 LTE-Advanced 기반 D2D 통신의 최적화 과정을 나타내는 흐름도이다.

[0060] 도 3을 참조하면, D2D 단말(300, 도 2 참조)은 기지국(200)으로부터 채널의 상태 정보를 수신한다(S310).

[0061] 여기서, 채널의 상태 정보는 D2D 통신 채널의 이득, 간섭 채널의 이득, 노드에서 다른 노드로의 전송 파워 등을 포함할 수 있다.

[0062] 이후, D2D 단말(300)은 단계 310을 통해 수신한 채널 상태 정보에 기초하여 최적의 전송 파워를 결정한다(S320). 여기서, 최적의 전송 파워는 다음과 같은 과정을 통해 결정될 수 있다.

[0063] 우선, D2D 단말(300)이 데이터 신호를 전송할 때 고려해야 하는 평균 간섭 제약 조건(average interference constraint)은 다음의 수학식 1과 같이 정의된다.

수학식 1

[0064]
$$E\left[g_{ij}P_{ij}\left(g_{ij},g_{iB},g_{Cj}\right)\right]\le W_{ij},\quad (i,j)\in\{(1,2),(2,3)\}$$

[0065] 수학식 1에서, 1은 D2D 단말(300)이고, 2는 복호 후 전송 릴레이(500)이고, 3은 D2D 단말(400)이고, C는 셀룰러 단말이고, B는 기지국(eNB)이고, g_{ij}는 i노드와 j노드 사이의 채널 이득이고, $E[\bullet]$는 통계적 평균이고, P_{ij}는 i노드에서 j노드로의 전송 파워이고, W_{ij}는 기지국(200)에서의 D2D 단말(300, 400)에 의한 평균 간섭의 최대치이다.

[0066] D2D 단말(300)은 수학식 1의 평균 간섭 제약 조건을 바탕으로 어가딕 용량(Ergodic capacity)을 최대화하기 위한 최적의 전송 파워로 신호를 전송한다.

[0067] 여기서, 어가딕 용량은 다음의 수학식 2와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 2

[0068]
$$C=E\left[\ln\left(1+\frac{g_{ij}P_{ij}}{\sigma^2+g_{Cj}P_C}\right)\right],\quad [\text{nats/s/Hz}]$$

[0069] 수학식 2에서 C는 어가딕 용량이고, σ^2은 노이즈 베리언스(noise variance)이고, P_C는 셀룰러 단말의 전송파워이고, g_{ij}는 i노드와 j노드 사이의 채널 이득이고, P_{ij}는 i노드에서 j노드로의 전송 파워이고, g_{Cj}는 셀룰러 단말과 j노드 사이의 채널 이득이다.

[0070] 여기서, 어가딕 용량은 페이딩 프로세스(fading process)가 화이트인 가정 하에 즉각적인 새넌 채널 용량(Shannon channel capacity)의 예측으로 정의된다. 또한, 채널 용량(channel capacity)은 통신 채널을 통해 신뢰성 있게 전송될 수 있는 정보의 양에 가장 타이트한 상계(upper bound)이다. 노이지-채널 코딩 이론(noisy-

channel coding theorem)에 의해, 주어진 채널의 채널 용량은 개별적으로 작은 에러 확률과 함께 도출될 수 있는 제한적인 정보 비율이다.

[0071] 또한, D2D 단말(300)은 상기 채널 용량과 평균 간섭 제약 조건을 이용하여 어가딕 용량을 최대화하기 위한 D2D 단말(300)의 전송 파워를 결정할 수 있다.

[0072] 용량의 볼록(convexity) 및 카러시-쿤-터커(Karush-Kuhn-Tucker, KKT) 조건을 바탕으로 라그랑주 승수(Lagrangian multiplier)를 적용하여 얻어진 최적화된 D2D 단말(300)의 전송 파워는 다음 수학식 3과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 3

[0073]
$$P_{ij}^{*}=\left[\frac{\lambda_{ij}}{g_{iB}}-\frac{\sigma^{2}+g_{Cj}P_{C}}{g_{ij}}\right]^{+},\quad (i,j)\in\{(1,2),(2,3)\}$$

[0074] 수학식 3에서 P_{ij}^{*}는 최적화된 전송 파워이고, σ^{2}은 노이즈 베리언스(noise variance)이고, λ_{ij}는 라그랑주 승수이고, $[\bullet]^{+}$는 max(0, $\bullet$)이다.

[0075] 여기서, 결정된 최적화된 전송 파워는 D2D 단말(300, 400) 사이의 채널 이득에 비례하고, 간섭 채널 이득에 반비례한다. 즉, D2D 통신 채널 이득이 큰 경우 더 많은 전송 파워를 할당하여 퍼포먼스를 최대화 시키고, D2D 통신 채널 이득이 작거나 간섭 채널 이득이 커 D2D 통신의 신뢰도를 보장할 수 없는 경우에는 전송 파워를 감소시켜 불필요한 전송 파워의 낭비를 막을 수 있다.

[0076] 또한, 라그랑주 함수의 경우에는 수학식 3을 통해 얻어진 최적의 전송파워를 수학식 1의 평균 간섭 제약 조건 수식에 대입하여 얻을 수 있다. 이를 수식적으로 표기하면 다음의 수학식 4와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 4

[0077]
$$W=\lambda_{ij}-\left\{\sigma^{2}\left(1+\frac{1}{\mu_{C}}\right)\ln\left(1+\frac{\lambda_{ij}}{\sigma^{2}}\right)+\left(\frac{\sigma^{2}}{\mu_{C}}-\lambda_{ij}\right)e^{\mu_{C}\left(1+\frac{\lambda_{ij}}{\sigma^{2}}\right)}E_{1}\left[\mu_{C}\left(1+\frac{\lambda_{ij}}{\sigma^{2}}\right)\right]-\frac{\sigma^{2}}{\mu_{ij}}e^{\mu_{ij}}E_{1}\left[\mu_{ij}\right]\right\}$$

[0078] 수학식 4에서 μ_{C}는 셀룰러 단말(C)와 D2D 통신에서의 j노드 (2 또는 3) 사이의 간섭잡음비(interference-to-noise ratio, INR, $\frac{g_{Cj}P_{C}}{\sigma^{2}}$)의 평균값의 역수이고, $E_{1}[\bullet]$는 익스포넨셜 인테그럴(Exponential Integral, $E_{1}[\bullet]:\text{Exponential Integral},\ E_{1}[x]=\int_{x}^{\infty}e^{-t}t^{-1}dt$)이다.

[0079] 다시 도 3을 참조하면, D2D 단말(300)은 단계 320을 통해 결정된 최적의 전송 파워로 데이터 신호를 복호 후 전송 릴레이(400)로 전송한다(S330).

[0080] 이하에서는 도 4를 참조하여 복호 후 전송을 수행하는 복호 후 전송 릴레이(500)에서 수행되는 LTE-Advanced 기

반 D2D 통신의 최적화 과정을 설명하도록 한다.

[0081] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따라 복호 후 전송 릴레이에서 수행되는 LTE-Advanced 기반 D2D 통신의 최적화 과정을 나타내는 흐름도이다.

[0082] 도 4를 참조하면, 복호 후 전송 릴레이(500)는 D2D 단말(300)로부터 데이터 신호가 수신되는지 판단하고(S410), 데이터 신호가 수신되는 것으로 판단되면 기지국(200)으로부터 현재 채널의 상태 정보를 수신한다(S420).

[0083] 이후, 복호 후 전송 릴레이(500)는 단계 420을 통해 수신된 채널의 상태 정보에 기초하여 최적의 전송 파워를 결정한다(S430).

[0084] 여기서, 최적의 전송 파워를 결정하는 단계 430은 도 3의 단계 320과 동일하며, 동일한 방법으로 최적의 전송 파워를 결정하므로, 중복을 피하기 위해 상세한 설명은 생략한다.

[0085] 복호 후 전송 릴레이(500)는 단계 430을 통해 최적의 전송 파워가 결정되면 D2D 단말(300)로부터 수신된 데이터 신호를 복호한 후, 결정된 최적의 전송 파워로 복호한 데이터 신호를 다른 D2D 단말(400)로 전송한다(S440).

[0086] 본 발명의 일 실시예에 따른 LTE-Advanced 기반 D2D 통신은 협력 통신 중 복호화 후 전송 기법을 이용하여 데이터 신호를 전송함으로써, D2D 통신의 신뢰도를 높일 수 있다.

[0087] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 LTE-Advanced 기반 D2D 통신의 최적화 방법을 수행하는 D2D 단말의 구성을 나타내는 블록도이다.

[0088] 도 5를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 LTE-Advanced 기반 D2D 통신의 최적화 방법을 수행하는 D2D 단말(300)은 통신부(310) 및 프로세서(320)를 포함할 수 있다.

[0089] 먼저, 통신부(310)는 기지국(200)으로부터 채널 상태 정보를 수신하여 프로세서(320)에 제공하고, 프로세서(320)의 제어에 기초하여 데이터 신호를 복호 후 전송 릴레이(500)로 전송할 수 있다.

[0090] 여기서, 통신부(310)는 기지국(200) 및 복호 후 전송 릴레이(500)와 와이파이, 블루투스, 지그비(Zigbee), 초광대역 통신(UWB: Ultra Wide Band), 근거리 무선 통신(NFC: Near Field Communication), 바이너리 CDMA(B-CDMA: Binary Division Multiple Access), LTE(Long Term Evolution) 등의 다양한 무선 통신 기술을 이용하여 통신을 수행할 수 있다.

[0091] 프로세서(320)는 통신부(310)를 통해 기지국(200)으로부터 채널의 상태 정보를 수신한다.

[0092] 여기서, 채널의 상태 정보는 D2D 통신 채널의 이득, 간섭 채널의 이득, 노드에서 다른 노드로의 전송 파워 등을 포함할 수 있다.

[0093] 또한, 프로세서(320)는 수신한 채널 상태 정보에 기초하여 최적의 전송 파워를 결정한다.

[0094] 여기서, 프로세서(320)가 최적의 전송 파워를 결정하는 것은 도 3 및 도 4를 통해 이미 설명되었는바, 중복을 피하기 위해 상세한 설명은 생략한다.

[0095] 프로세서(320)에 의해 결정된 최적화된 전송 파워는 D2D 단말(300, 400) 사이의 채널 이득에 비례하고, 간섭 채널 이득에 반비례한다. 즉, D2D 통신 채널 이득이 큰 경우 더 많은 전송 파워를 할당하여 퍼포먼스를 최대화 시키고, D2D 통신 채널 이득이 작거나 간섭 채널 이득이 커 D2D 통신의 신뢰도를 보장할 수 없는 경우에는 전송 파워를 감소시켜 불필요한 전송 파워의 낭비를 막을 수 있다.

[0096] 또한, 프로세서(320)는 결정된 최적의 전송 파워로 데이터 신호를 통신부(310)을 통해 복호 후 전송 릴레이(400)로 전송한다.

[0097] 본 발명의 일 실시예에 따른 D2D 단말(300)은 복호 후 전송 릴레이(500)를 거쳐 다른 D2D 단말(400)로 데이터 신호를 전송하여 D2D 통신의 신뢰도를 높일 수 있다.

[0098] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 LTE-Advanced 기반 D2D 통신의 최적화 방법을 수행하는 복호 후 전송 릴레이의 구성을 나타내는 블록도이다.

[0099] 도 6을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 LTE-Advanced 기반 D2D 통신의 최적화 방법을 수행하는 복호 후 전송 릴레이(500)는 송수신부(510) 및 제어부(520)를 포함할 수 있다.

[0100] 먼저, 송수신부(510)는 기지국(200)으로부터 채널 상태 정보를 수신하여 제어부(520)에 제공하고, 제어부(520)의 제어에 기초하여 복호화한 데이터 신호를 다른 D2D 단말(400)로 전송할 수 있다.

[0101] 여기서, 송수신부(310)는 기지국(200) 및 다른 D2D 단말(400)과 와이파이, 블루투스, 지그비(Zigbee), 초광대역 통신(UWB: Ultra Wide Band), 근거리 무선 통신(NFC: Near Field Communication), 바이너리 CDMA(B-CDMA: Binary Division Multiple Access), LTE(Long Term Evolution) 등의 다양한 무선 통신 기술을 이용하여 통신을 수행할 수 있다.

[0102] 제어부(520)는 송수신부(510)를 통해 D2D 단말(300)로부터 데이터 신호가 수신되는 것으로 판단되면 기지국(200)으로부터 현재 채널의 상태 정보를 수신한다(S420).

[0103] 또한, 제어부(520)는 기지국(200)으로부터 수신된 채널의 상태 정보에 기초하여 최적의 전송 파워를 결정한다.

[0104] 여기서, 최적의 전송 파워를 결정하는 방법은 것은 도 3에 설명된 방법과 동일하므로, 중복을 피하기 위해 상세한 설명은 생략한다.

[0105] 제어부(520)에 의해 결정된 최적화된 전송 파워는 D2D 단말(300, 400) 사이의 채널 이득에 비례하고, 간섭 채널 이득에 반비례한다.

[0106] 또한, 제어부(520)는 최적의 전송 파워가 결정되면 D2D 단말(300)로부터 수신된 데이터 신호를 복호한 후, 결정된 최적의 전송 파워로 복호한 데이터 신호를 다른 D2D 단말(400)로 전송한다.

[0107] 본 발명의 일 실시예에 따른 LTE-Advanced 기반 D2D 통신에 협력 통신 중 복호화 후 전송 기법을 이용하여 데이터 신호를 전송함으로써, D2D 통신의 신뢰도를 높일 수 있다.

[0108] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 D2D 통신의 신뢰도를 설명하기 위한 Outage probability-셀룰러 단말 파워 그래프이다.

[0109] 도 7을 참조하면, 셀룰러 단말(100)의 전송 파워가 작을수록 아웃티지 확률이 더 낮으며, 직접 전송(N =1)일 때보다 릴레이 전송(N = 2,3)일 때 아웃티지 확률이 더 낮아진다.

[0110] 여기서, 아웃티지 확률-셀룰러 단말 파워 그래프에서 (기지국에서의 D2D 단말에 의한 평균 간섭의 최대치)는 10(dB) 및 R(달성 가능 속도)은 0.5(nats/s/Hz)로 설정되었다.

[0111] 본 발명의 일 실시예에서는 도 7의 그래프에 나타난 바와 같이 협력 통신(cooperative communication)을 통한 D2D 통신을 이용하여 D2D 단말들의 제한된 전송 파워 내에서 페이딩(fading) 효과를 완화시켜 줄 수 있다.

[0112] 이상 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허 청구의 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

부호의 설명

[0113] 100: 셀룰러 단말 200: 기지국

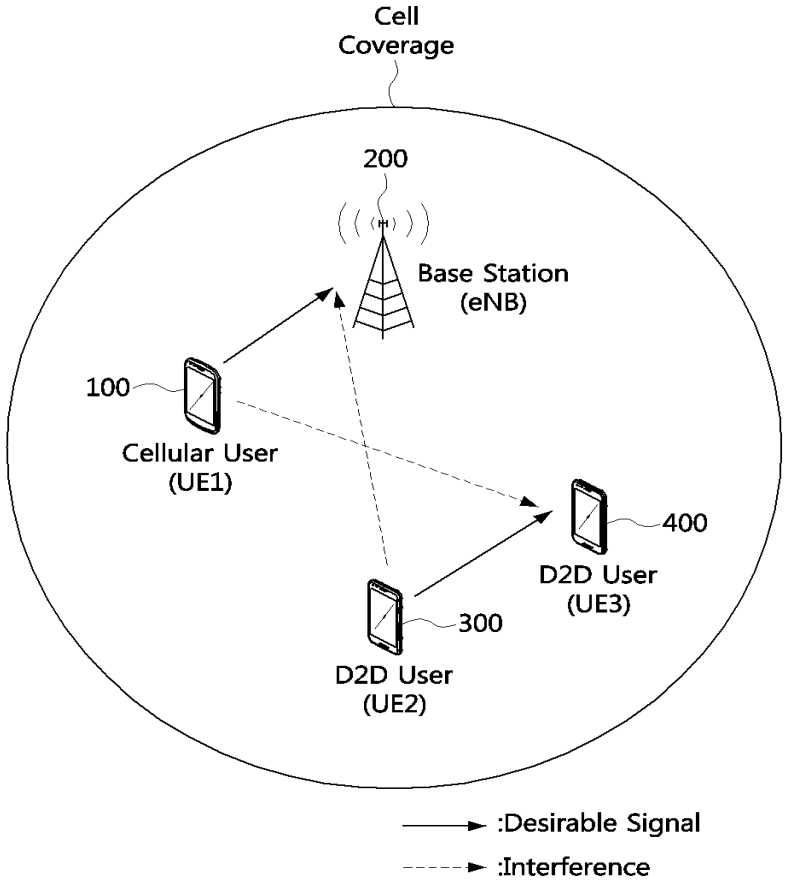
300, 400: D2D 단말 310: 통신부

320: 프로세서 500: 복호 후 전송 릴레이

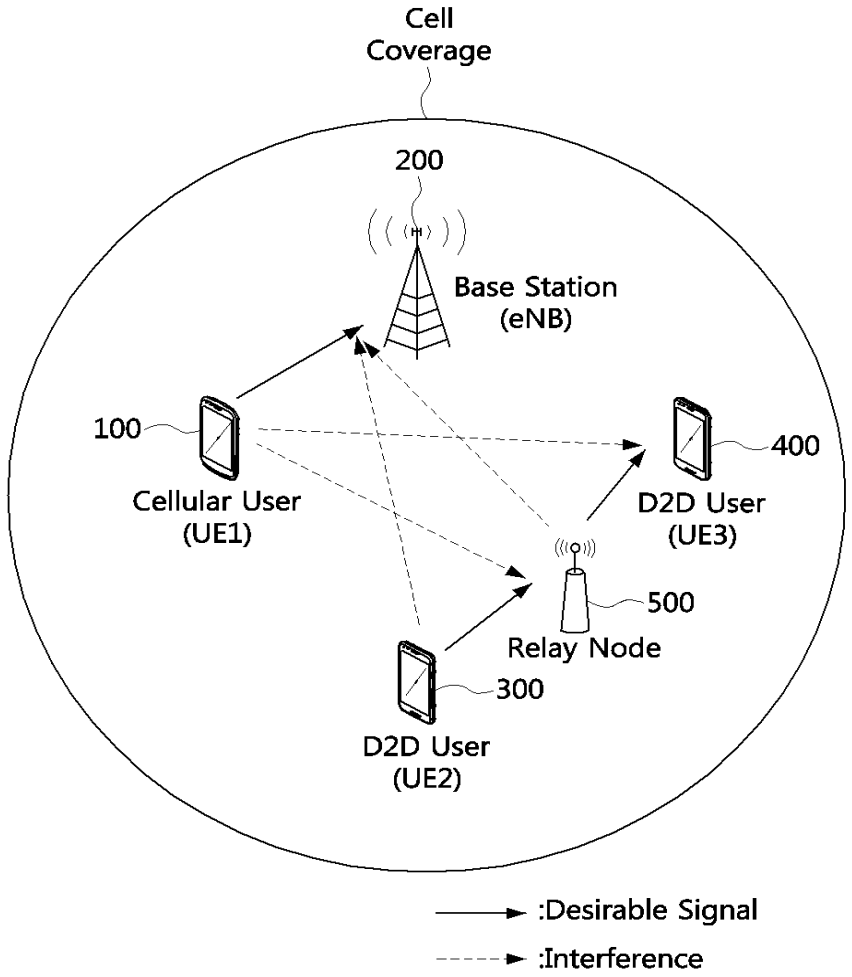
510: 송수신부 520: 제어부

도면

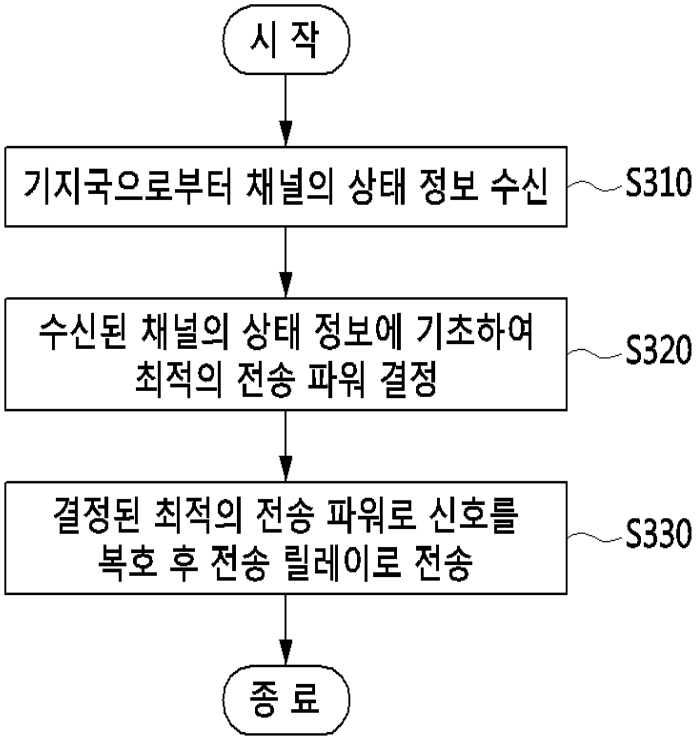
도면1


Cell
Coverage
200
Base Station
(eNB)
100
Cellular User
(UE1)
400
D2D User
(UE3)
300
D2D User
(UE2)
:Desirable Signal
:Interference

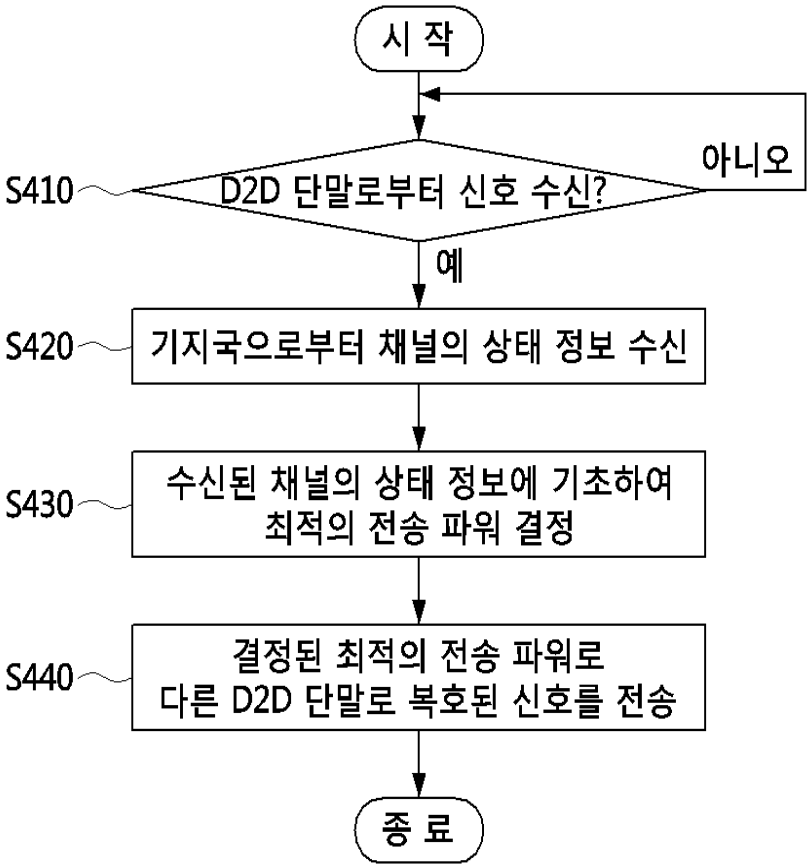
도면2


Cell
Coverage
200
Base Station
(eNB)
100
Cellular User
(UE1)
400
D2D User
(UE3)
500
Relay Node
300
D2D User
(UE2)
:Desirable Signal
:Interference

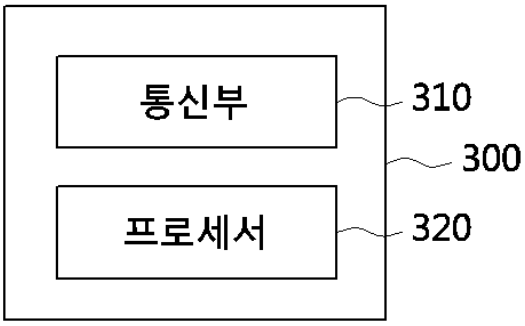
도면3


시 작
기지국으로부터 채널의 상태 정보 수신
S310
수신된 채널의 상태 정보에 기초하여
최적의 전송 파워 결정
S320
결정된 최적의 전송 파워로 신호를
복호 후 전송 릴레이로 전송
S330
종 료

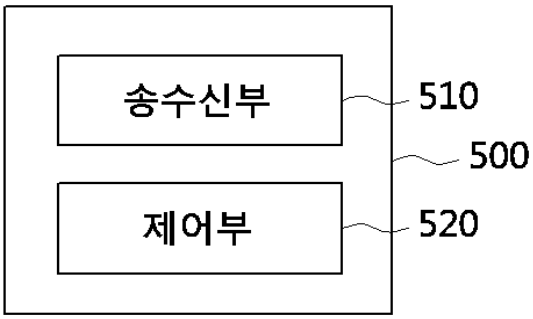
도면4


시 작
S410
D2D 단말로부터 신호 수신?
아니오
예
S420
기지국으로부터 채널의 상태 정보 수신
S430
수신된 채널의 상태 정보에 기초하여
최적의 전송 파워 결정
S440
결정된 최적의 전송 파워로
다른 D2D 단말로 복호된 신호를 전송
종 료

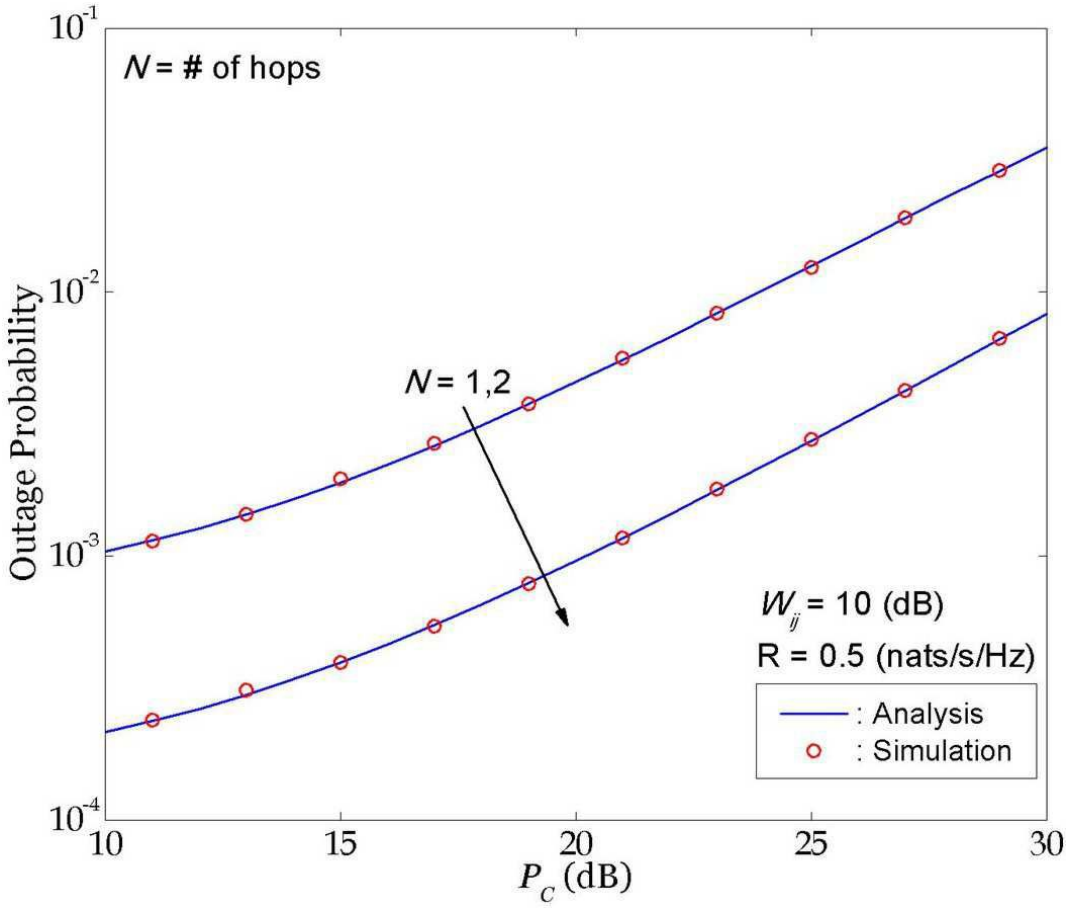
도면5


통신부
310
300
프로세서
320

도면6


송수신부
510
500
제어부
520

도면7


N = # of hops
N = 1,2
W_ij = 10 (dB)
R = 0.5 (nats/s/Hz)
: Analysis
: Simulation
Outage Probability
P_C (dB)
10^-1
10^-2
10^-3
10^-4
10
15
20
25
30