

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2017년 2월 2일 (02.02.2017)



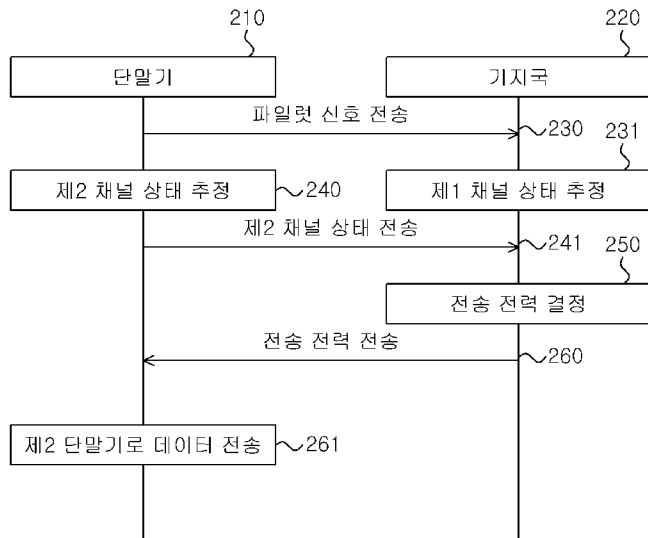
(10) 국제공개번호
WO 2017/018593 A1

- (51) 국제특허분류:
H04W 52/24 (2009.01) H04W 88/02 (2009.01)
H04W 24/10 (2009.01) H04W 88/08 (2009.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2015/009814
- (22) 국제출원일: 2015년 9월 18일 (18.09.2015)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:
10-2015-0105695 2015년 7월 27일 (27.07.2015) KR
- (71) 출원인: 경상대학교산학협력단 (INDUSTRY-ACADEMIC COOPERATION FOUNDATION GYEONGSANG NATIONAL UNIVERSITY) [KR/KR]; 52828 경상남도 진주시 진주대로 501 (가좌동), Gyeongsangnam-do (KR).
- (72) 발명자: 이웅섭 (LEE, Woong Sup); 53064 경상남도 통영시 천대국치길 38 (인평동) 경상대학교 해양과학대 해양과학관 8층, Gyeongsangnam-do (KR). 반태원 (BAN, Tae Won); 53064 경상남도 통영시 천대국치길 38 (인평동) 경상대학교 해양과학대 해양과학관 8층, Gyeongsangnam-do (KR).
- (74) 대리인: 김영재 (KIM, Young Jae); 06731 서울시 서초구 서운로 26-1, 701호(서초동, 보일빌딩 7층), Seoul (KR).
- (81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ,

[다음 쪽 계속]

(54) Title: DEVICE AND METHOD FOR DETERMINING TRANSMISSION POWER IN DEVICE-TO-DEVICE COMMUNICATION SYSTEM

(54) 발명의 명칭 : 단말간 통신 시스템에서 전송 전력을 결정하는 장치 및 방법



(57) Abstract: A technique for determining transmission power in device-to-device (D2D) communication is disclosed. According to the disclosed transmission power technique, the total sum of interference signals transmitted from a terminal to a base station can be controlled to be a threshold value or less even while maximally improving a data transmission rate of the D2D communication.

(57) 요약서: 단말간 통신(D2D: Device-to-Device)에 있어 전송 전력을 결정하는 기법에 개시된다. 개시된 전송 전력 기법에 따르면, 단말간 통신의 데이터 전송률을 최대한 향상시키면서도, 단말기로부터 기지국으로 전송되는 간섭 신호의 총합은 임계값 이하로 제어할 수 있다.

- 210 ... Terminal
- 220 ... Base station
- 230 ... Transmit pilot signal
- 231 ... Estimate first channel state
- 240 ... Estimate second channel state
- 241 ... Transmit second channel state
- 250 ... Determine transmission power
- 260 ... Transmit transmission power
- 261 ... Transmit data to second terminal

WO 2017/018593 A1



TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제 21 조(3))

명세서

발명의 명칭: 단말간 통신 시스템에서 전송 전력을 결정하는 장치 및 방법

기술분야

- [1] 하기의 실시예들은 단말간 통신 시스템에서 전송 전력을 결정하는 장치 및 방법에 관한 것으로, 구체적으로는 기지국에 미치는 간섭의 영향을 임계값 이하로 유지하면서 단말간 데이터 전송 속도를 최대화할 수 있도록 전송 전력을 결정하는 발명에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 최근 스마트폰과 태블릿 PC가 보급되고 고용량 멀티미디어 통신이 활성화되면서 모바일 트래픽이 급격하게 증가 하고 있다. 이러한 모바일 트래픽의 대부분은 기지국을 통해 전송되고 있기 때문에 통신 서비스 사업자들은 당장 심각한 망 부하 문제에 직면해 있다. 이에 통신 사업자들은 증가하는 트래픽을 처리하기 위해 망 설비를 증가하고, 모바일 WiMAX, LTE(Long Term Evolution)와 같이 많은 양의 트래픽을 효율적으로 처리할 수 있는 차세대 이동통신 표준을 서둘러 상용화해왔다. 하지만 앞으로 더욱 급증하게 될 트래픽의 양을 감당하기 위해서는 또 다른 해결책이 필요한 시점이다.
- [3] 기기 간 직접(device-to-device, D2D) 통신은 기지국과 같은 기반 시설을 이용하지 않고 인접한 노드 사이에 트래픽을 직접 전달하는 분산형 통신 기술이다. D2D 통신 환경에서 휴대 단말 등 각 노드는 스스로 물리적으로 인접한 다른 단말을 찾고, 통신 세션을 설정한 뒤 트래픽을 전송한다. 이처럼 D2D 통신은 기지국으로 집중되는 트래픽을 분산시켜 트래픽 과부하 문제를 해결할 수 있기 때문에 4G 이후의 차세대 이동통신 기술의 요소 기술로써 각광을 받고 있다.
- [4] 그러나, 단말기들이 D2D 통신을 수행한다면, 통신 과정에서 발생한 간섭 신호는 기지국의 성능을 저하시킨다. 즉, 단말기들이 D2D 통신을 수행하면서도, 기지국의 성능을 유지하는 기술이 요구된다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [5] 하기의 실시예들의 목적은 기지국의 성능 저하 없이 단말기들간의 D2D 통신을 위한 전송 전력을 결정하는 것이다.

과제 해결 수단

- [6] 예시적 실시예에 따르면, 기지국의 커버리지 내에 위치하는 단말기에 있어서, 상기 기지국의 커버리지 내에 위치하는 제3 단말기가 상기 기지국으로 제1 데이터를 전송하는 시간 동안 상기 단말기와 페어링된 제2 단말기로 상기

단말기로부터 상기 기지국까지의 제1 채널 상태를 고려하여 결정된 전송 전력으로 제2 데이터를 직접 전송하는 전송부를 포함하는 단말기가 제공된다.

- [7] 여기서, 상기 제2 단말기로부터 상기 단말기까지의 제2 채널 상태를 추정하는 채널 상태 추정부 및 수신부를 더 포함하고, 상기 전송부는 상기 제2 채널 상태를 상기 기지국으로 전송하고 상기 수신부는 상기 제2 채널 상태를 추가적으로 고려하여 결정된 전송 전력을 상기 기지국으로부터 수신할 수 있다.
- [8] 그리고, 상기 전송 전력을 하기 수학식 1에 따라서 업데이트하여 결정하는 전송 전력 결정부를 더 포함할 수 있다.

[9]

[10] [수학식 1]

$$[11] \quad \tilde{P}_i(t+1) = \min \left(\left[\frac{1}{c(t)|h_{i,p}|^2 G_{i,p}} - \frac{N_0 W + I_{D2D}}{|h_{i,s}|^2 G_{i,s}} \right]^+, P_{\max} \right)$$

[12]

[13] 여기서, $\tilde{P}_i(t+1)$ 는 업데이트된 전송 전력의 값이고, $c(t)$ 는 하기 수학식

- [14] 2와 같이 업데이트된다. $|h_{i,p}|^2 G_{i,p}$ 는 제1 채널 상태로서, $h_{i,p}$ 는 단말기로부터 기지국까지 채널의 멀티 패스 페이딩 채널의 영향이고, $G_{i,p}$ 는 단말기로부터 기지국까지의 거리에 따른 채널 이득이다. $|h_{i,s}|^2 G_{i,s}$ 는 상기 제2 단말기로부터 상기 단말기까지의 채널 상태인 제2 채널 상태로서, $h_{i,s}$ 는 상기 단말기로부터 상기 제2 단말기까지 채널의 멀티 패스 페이딩 채널의 영향이고, $G_{i,s}$ 는 상기 제2 단말기로부터 상기 단말기까지의 거리에 따른 채널 이득이다. $N_0 W$ 는 열잡음의 전력이고, I_{D2D} 는 단말기로부터 기지국으로 전송되는 간섭의 세기이고, P_{\max} 는 단말기의 최대 전송 전력이다. $[\]^+$ 는 $[\]$ 내부의 값과 '0' 중에서 더 큰 값을 나타낸다.

[15]

[16] [수학식 2]

$$[17] \quad c(t+1) = \left[c(t) - \delta \left(I_{thr} - \sum_{i=1}^K |h_{i,p}|^2 G_{i,p} P_i(t) \right) \right]^+$$

[18]

- [19] 여기서, $c(t+1)$ 는 업데이트된 $c(t)$ 의 값이며, I_{thr} 는 상기 기지국이 수신하는 간섭 신호의 총합의 임계값이다. K 는 기지국으로 간섭을 전송하는 단말기들의 개수이고, $P_i(t)$ 는 이전 전송 전력의 값이다. δ 는 임의의 상수이다.

[20]

- [21] 또한, 상기 전송 전력을 하기 수학식 3에 따라서 결정하는 전송 전력 결정부를

더 포함할 수 있다.

[22]

[23] [수학식 3]

[24]

$$P_i = \min \left(\left[\frac{1}{\hat{c}_{sto} |h_{i,p}|^2 G_{i,p}} - \frac{N_0 W + I_{D2D}}{|h_{i,s}|^2 G_{i,s}} \right]^+, P_{\max} \right)$$

[25]

[26]

여기서, \hat{c}_{sto} 는 하기 수학식 4에 따라서 결정된다. $|h_{i,p}|^2 G_{i,p}$ 는 제1 채널 상태로서, $h_{i,p}$ 는 단말기로부터 기지국까지 채널의 멀티 패스 페이딩 채널의 영향이고, $G_{i,p}$ 는 단말기로부터 기지국까지의 거리에 따른 채널 이득이다.

[27]

$|h_{i,s}|^2 G_{i,s}$ 는 상기 제2 단말기로부터 상기 단말기까지의 채널 상태인 제2 채널 상태로서, $h_{i,s}$ 는 상기 단말기로부터 상기 제2 단말기까지 채널의 멀티 패스 페이딩 채널의 영향이고, $G_{i,s}$ 는 상기 제2 단말기로부터 상기 단말기까지의 거리에 따른 채널 이득이다. $N_0 W$ 는 열잡음의 전력이고, I_{D2D} 는 단말기로부터 기지국으로 전송되는 간섭의 세기이고, P_{\max} 는 단말기의 최대 전송 전력이다.

$[\]^+$ 는 $[\]$ 내부의 값과 '0' 중에서 더 큰 값을 나타낸다.

[28]

[29] [수학식 4]

[30]

$$\int_{y=0}^{\infty} \frac{1}{\hat{c}_{sto}} \left(e^{-\frac{y G_{i,s}}{\hat{c}_{sto} G_{i,p} (N_0 W + I_{D2D}) + \hat{c}_{sto} P_{\max} y G_{i,s} G_{i,p}}} - e^{-\frac{y G_{i,s}}{\hat{c}_{sto} G_{i,p} (N_0 W + I_{D2D})}} \right) - \frac{G_{i,p} (N_0 W + I_{D2D})}{y G_{i,s}} \\ \times \left(e^{-\frac{y G_{i,p}}{\hat{c}_{sto} G_{i,p} (N_0 W + I_{D2D}) + \hat{c}_{sto} P_{\max} y G_{i,s} G_{i,p}}} \left(\frac{y G_{i,s}}{\hat{c}_{sto} G_{i,p} (N_0 W + I_{D2D}) + \hat{c}_{sto} P_{\max} y G_{i,s} G_{i,p}} + 1 \right) \right. \\ \left. - e^{-\frac{y G_{i,s}}{\hat{c}_{sto} G_{i,p} (N_0 W + I_{D2D})}} \left(\frac{y G_{i,s}}{\hat{c}_{sto} G_{i,p} (N_0 W + I_{D2D})} + 1 \right) \right) dy$$

[31]

$$\int_{y=0}^{\infty} \int_{x=0}^{\frac{y G_{i,s}}{\hat{c}_{sto} G_{i,p} (N_0 W + I_{D2D}) + \hat{c}_{sto} P_{\max} y G_{i,s} G_{i,p}}} x G_{i,p} P_{\max} e^{-x} e^{-y} dx dy \\ G_{i,p} P_{\max} \int_{y=0}^{\infty} \left(1 - \left(1 + \frac{y G_{i,s}}{\hat{c}_{sto} G_{i,p} (N_0 W + I_{D2D}) + \hat{c}_{sto} P_{\max} y G_{i,s} G_{i,p}} \right) \right. \\ \left. e^{-\frac{y G_{i,s}}{\hat{c}_{sto} G_{i,p} (N_0 W + I_{D2D}) + \hat{c}_{sto} P_{\max} y G_{i,s} G_{i,p}}} \right) e^{-y} dy \\ + \\ = I_{thr}$$

[32]

[33]

여기서, I_{thr} 는 상기 기지국이 수신하는 간섭 신호의 총합의 임계값이다.

[34]

여기서, 상기 전송 전력을 하기 수학식 5에 따라서 결정하는 전송 전력 결정

[35] 부를 더 포함할 수 있다.

[36]

[37] [수학식 5]

$$[38] \quad P_i = \min \left(\left[\frac{1}{\hat{c}_{avg} G_{i,p}} - \frac{N_0 W + I_{D2D}}{G_{i,s}} \right]^+, P_{\max} \right)$$

[39]

[40] 여기서, \hat{c}_{avg} 는 하기 수학식 6에 따라서 결정된다. $|h_{i,p}|^2 G_{i,p}$ 는 제1채널 상태로서, $h_{i,p}$ 는 단말기로부터 기지국까지 채널의 멀티 패스 페이딩 채널의 영향이고, $G_{i,p}$ 는 단말기로부터 기지국까지의 거리에 따른 채널 이득이다. $|h_{i,s}|^2 G_{i,s}$ 는 상기 제2 단말기로부터 상기 단말기까지의 채널 상태인 제2 채널 상태로서, $h_{i,s}$ 는 상기 단말기로부터 상기 제2 단말기까지 채널의 멀티 패스 페이딩 채널의 영향이고, $G_{i,s}$ 는 상기 제2 단말기로부터 상기 단말기까지의 거리에 따른 채널 이득이다. $N_0 W$ 는 열잡음의 전력이고, I_{D2D} 는 단말기로부터 기지국으로 전송되는 간섭의 세기이고, P_{\max} 는 단말기의 최대 전송 전력이다. $[\]^+$ 는 $[\]$ 내부의 값과 '0' 중에서 더 큰 값을 나타낸다.

[41]

[42] [수학식 6]

$$[43] \quad \sum_{i=1}^K G_{i,p} \min \left(\left[\frac{1}{\hat{c}_{avg} G_{i,p}} - \frac{N_0 W + I_{D2D}}{G_{i,s}} \right]^+, P_{\max} \right) = I_{thr}$$

[44] 여기서, I_{thr} 는 상기 기지국이 수신하는 간섭 신호의 총합의 임계값이다.

[45]

[46] 또 다른 예시적 실시예에 따르면, 커버리지 내에 위치한 단말기들이 서로 데이터를 직접 전송하는 기지국에 있어서, 상기 단말기들 중에서 제1 단말기로부터 파일럿 신호를 수신하는 파일럿 수신부, 상기 수신한 파일럿 신호를 이용하여 상기 제1 단말기로부터 상기 기지국까지의 제1 채널 상태를 추정하는 채널 상태 추정부, 상기 제1 단말기로부터 상기 단말기들에 포함된 제2 단말기까지의 제2 채널 상태를 상기 제1 단말기로부터 수신하는 채널 상태 수신부, 상기 제1 채널 상태 및 상기 제2 채널 상태를 고려하여 상기 제1 단말기에 대한 전송 전력을 결정하는 전송 전력 결정부 및 상기 결정된 전송 전력을 상기 제1 단말기로 전송하는 전송부를 포함하고, 상기 기지국의 커버리지 내에 위치하는 제3 단말기가 상기 기지국으로 제1 데이터를 전송하는 시간 동안, 상기 전송된 전송 전력에 따라서 상기 제1 단말기는 상기 제2 단말기로 제2 데이터를 직접 전송하는 기지국이 제공된다.

[47] 여기서, 상기 전송 전력 결정부는 하기 수학식 7 및 하기 수학식 8에 따라서 상기 전송 전력을 결정할 수 있다,

[48]

[49] [수학식 7]

$$[50] \quad \eta = \frac{|\mathbf{K}| - |\mathbf{K}_0| - |\mathbf{K}_{\max}|}{I_{thr} + \sum_{i \in \mathbf{K}, i \notin \{\mathbf{K}_{\max} \cup \mathbf{K}_0\}} \frac{N_0W + I_{D2D} |h_{i,p}|^2 G_{i,p}}{|h_{i,s}|^2 G_{i,s}} - \sum_{i \in \mathbf{K}_{\max}} P_{\max} |h_{i,p}|^2 G_{i,p}}$$

[51]

[52] 여기서, I_{thr} 는 상기 기지국이 수신하는 간섭 신호의 총합의 임계값이다.

[53] \mathbf{K}_0 는 전송 전력 P_i 의 값이 0인 단말기들의 집합이고, \mathbf{K}_{\max} 는 전송 전력 P_i 의 값이 P_{\max} 인 단말기들의 집합이다.

[54] $|h_{i,p}|^2 G_{i,p}$ 는 제1 채널 상태로서, $h_{i,p}$ 는 단말기로부터 기지국까지 채널의 멀티 패스 페이딩 채널의 영향이고, $G_{i,p}$ 는 단말기로부터 기지국까지의 거리에 따른 채널 이득이다. $|h_{i,s}|^2 G_{i,s}$ 는 상기 제2 단말기로부터 상기 단말기까지의 채널 상태인 제2 채널 상태로서, $h_{i,s}$ 는 상기 단말기로부터 상기 제2 단말기까지 채널의 멀티 패스 페이딩 채널의 영향이고, $G_{i,s}$ 는 상기 제2 단말기로부터 상기 단말기까지의 거리에 따른 채널 이득이다. N_0W 는 열잡음의 전력이고, I_{D2D} 는 단말기로부터 기지국으로 전송되는 간섭의 세기이고, P_{\max} 는 단말기의 최대 전송 전력이다. $[\]^+$ 는 $[\]$ 내부의 값과 '0' 중에서 더 큰 값을 나타낸다.

[55]

[56] [수학식 8]

$$[57] \quad \hat{P}_i = \min \left(\left[\frac{1}{\eta |h_{i,p}|^2 G_{i,p}} - \frac{N_0W + I_{D2D}}{|h_{i,s}|^2 G_{i,s}} \right]^+, P_{\max} \right)$$

[58]

[59] 그리고, 상기 전송 전력 결정부는 상기 결정된 전송 전력이 하기 수학식 9를 만족할 때까지 상기 수학식 7 및 상기 수학식 8을 반복하여 상기 전송 전력을 업데이트할 수 있다.

[60]

[61] [수학식 9]

$$[62] \quad \begin{aligned} 0 &\leq \eta \\ 0 &\leq -\frac{|h_{i,s}|^2 G_{i,s}}{N_0W + I_{D2D}} + \eta |h_{i,p}|^2 G_{i,p}, \quad \forall i \in \mathbf{K}_0 \\ 0 &\leq \frac{|h_{i,s}|^2 G_{i,s}}{N_0W + I_{D2D} + |h_{i,s}|^2 G_{i,s} P_{\max}} - \eta |h_{i,p}|^2 G_{i,p}, \quad \forall i \in \mathbf{K}_{\max} \end{aligned}$$

[63]

[64] 또 다른 예시적 실시예에 따르면, 기지국의 커버리지 내에 위치하는 단말기의 동작 방법에 있어서, 상기 기지국의 커버리지 내에 위치하는 제3 단말기가 상기 기지국으로 제1 데이터를 전송하는 시간 동안 상기 단말기와 페어링된 제2 단말기로 상기 단말기로부터 상기 기지국까지의 제1 채널 상태를 고려하여 결정된 전송 전력으로 제2 데이터를 직접 전송하는 단계를 포함하는 단말기의 동작 방법이 제공된다.

[65] 여기서, 상기 제2 단말기로부터 상기 단말기까지의 제2 채널 상태를 추정하는 단계, 상기 전송부는 상기 제2 채널 상태를 상기 기지국으로 전송하는 단계 및 상기 제2 채널 상태를 추가적으로 고려하여 결정된 전송 전력을 상기 기지국으로부터 수신하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[66] 그리고, 하기 수학적 식 10에 따라서 상기 전송 전력을 업데이트하여 결정하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[67]

[68] [수학적 식 10]

$$[69] \quad \tilde{P}_i(t+1) = \min \left(\left[\frac{1}{c(t)|h_{i,p}|^2 G_{i,p}} - \frac{N_0 W + I_{D2D}}{|h_{i,s}|^2 G_{i,s}} \right]^+, P_{\max} \right)$$

[70]

[71] 여기서, $\tilde{P}_i(t+1)$ 는 업데이트된 전송 전력의 값이고, $c(t)$ 는 하기 수학적 식 11과 같이 업데이트된다. $|h_{i,p}|^2 G_{i,p}$ 는 제1 채널 상태로서, $h_{i,p}$ 는 단말기로부터 기지국까지 채널의 멀티 패스 페이딩 채널의 영향이고, $G_{i,p}$ 는 단말기로부터 기지국까지의 거리에 따른 채널 이득이다. $|h_{i,s}|^2 G_{i,s}$ 는 상기 제2 단말기로부터 상기 단말기까지의 채널 상태인 제2 채널 상태로서, $h_{i,s}$ 는 상기 단말기로부터 상기 제2 단말기까지 채널의 멀티 패스 페이딩 채널의 영향이고, $G_{i,s}$ 는 상기 제2 단말기로부터 상기 단말기까지의 거리에 따른 채널 이득이다. $N_0 W$ 는 열잡음의 전력이고, I_{D2D} 는 단말기로부터 기지국으로 전송되는 간섭의 세기이고, P_{\max} 는 단말기의 최대 전송 전력이다. $[\]^+$ 는 $[\]$ 내부의 값과 '0' 중에서 더 큰 값을 나타낸다.

[72]

[73] [수학적 식 11]

$$[74] \quad c(t+1) = \left[c(t) - \delta \left(I_{thr} - \sum_{i=1}^K |h_{i,p}|^2 G_{i,p} P_i(t) \right) \right]^+$$

[75]

- [76] 여기서, $c(t+1)$ 는 업데이트된 $c(t)$ 의 값이며, I_{thr} 는 상기 기지국이 수신하는 간섭 신호의 총합의 임계값이다. K 는 기지국으로 간섭을 전송하는 단말기들의 개수이고, $P_i(t)$ 는 이전 전송 전력의 값이다. δ 는 임의의 상수이다.
- [77] 또한, 하기 수학적 식 12에 따라서 상기 전송 전력을 결정하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[78] [수학적 식 12]

$$[79] \quad P_i = \min \left(\left[\frac{1}{\hat{c}_{sto} |h_{i,p}|^2 G_{i,p}} - \frac{N_0 W + I_{D2D}}{|h_{i,s}|^2 G_{i,s}} \right]^+, P_{\max} \right)$$

- [80] 여기서, \hat{C}_{sto} 는 하기 수학적 식 13에 따라서 결정된다. $|h_{i,p}|^2 G_{i,p}$ 는 제1 채널 상태로서, $h_{i,p}$ 는 단말기로부터 기지국까지 채널의 멀티 패스 페이딩 채널의 영향이고, $G_{i,p}$ 는 단말기로부터 기지국까지의 거리에 따른 채널 이득이다. $|h_{i,s}|^2 G_{i,s}$ 는 상기 제2 단말기로부터 상기 단말기까지의 채널 상태인 제2 채널 상태로서, $h_{i,s}$ 는 상기 단말기로부터 상기 제2 단말기까지 채널의 멀티 패스 페이딩 채널의 영향이고, $G_{i,s}$ 는 상기 제2 단말기로부터 상기 단말기까지의 거리에 따른 채널 이득이다. $N_0 W$ 는 열잡음의 전력이고, I_{D2D} 는 단말기로부터 기지국으로 전송되는 간섭의 세기이고, P_{\max} 는 단말기의 최대 전송 전력이다. $[\]^+$ 는 $[\]$ 내부의 값과 '0' 중에서 더 큰 값을 나타낸다.

[81]

[82] [수학적 식 13]

$$[83] \quad \int_{y=0}^{\infty} \frac{1}{\hat{c}_{sto}} \left(e^{-\frac{y G_{i,s}}{\hat{c}_{sto} G_{i,p} (N_0 W + I_{D2D}) + \hat{c}_{sto} P_{\max} y G_{i,s} G_{i,p}}} - e^{-\frac{y G_{i,s}}{\hat{c}_{sto} G_{i,p} (N_0 W + I_{D2D})}} \right) - \frac{G_{i,p} (N_0 W + I_{D2D})}{y G_{i,s}} \\ \times \left(e^{-\frac{y G_{i,s}}{\hat{c}_{sto} G_{i,p} (N_0 W + I_{D2D}) + \hat{c}_{sto} P_{\max} y G_{i,s} G_{i,p}}} \left(\frac{y G_{i,s}}{\hat{c}_{sto} G_{i,p} (N_0 W + I_{D2D}) + \hat{c}_{sto} P_{\max} y G_{i,s} G_{i,p}} + 1 \right) \right. \\ \left. - e^{-\frac{y G_{i,s}}{\hat{c}_{sto} G_{i,p} (N_0 W + I_{D2D})}} \left(\frac{y G_{i,s}}{\hat{c}_{sto} G_{i,p} (N_0 W + I_{D2D})} + 1 \right) \right) dy$$

[84]

$$\int_{y=0}^{\infty} \int_{x=0}^{\frac{y G_{i,s}}{\hat{c}_{sto} G_{i,p} (N_0 W + I_{D2D}) + \hat{c}_{sto} P_{\max} y G_{i,s} G_{i,p}}} x G_{i,p} P_{\max} e^{-x} e^{-y} dx dy \\ G_{i,p} P_{\max} \int_{y=0}^{\infty} \left(1 - \left(1 + \frac{y G_{i,s}}{\hat{c}_{sto} G_{i,p} (N_0 W + I_{D2D}) + \hat{c}_{sto} P_{\max} y G_{i,s} G_{i,p}} \right) \right. \\ \left. e^{-\frac{y G_{i,s}}{\hat{c}_{sto} G_{i,p} (N_0 W + I_{D2D}) + \hat{c}_{sto} P_{\max} y G_{i,s} G_{i,p}}} \right) e^{-y} dy \\ + \\ = I_{thr}$$

[85] 여기서, I_{thr} 는 상기 기지국이 수신하는 간섭 신호의 총합의 임계값이다.

[86]

[87] 여기서, 하기 수학적 식 14에 따라서 상기 전송 전력을 결정하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[88]

[89] [수학적 식 14]

[90]

$$[91] \quad P_i = \min \left(\left[\frac{1}{\hat{c}_{avg} G_{i,p}} - \frac{N_0 W + I_{D2D}}{G_{i,s}} \right]^+, P_{\max} \right)$$

[92] 여기서, \hat{C}_{avg} 는 하기 수학적 식 15에 따라서 결정된다. $|h_{i,p}|^2 G_{i,p}$ 는 제1 채널 상태로서, $h_{i,p}$ 는 단말기로부터 기지국까지 채널의 멀티 패스 페이딩 채널의 영향이고, $G_{i,p}$ 는 단말기로부터 기지국까지의 거리에 따른 채널 이득이다.

$|h_{i,s}|^2 G_{i,s}$ 는 상기 제2 단말기로부터 상기 단말기까지의 채널 상태인 제2 채널 상태로서, $h_{i,s}$ 는 상기 단말기로부터 상기 제2 단말기까지 채널의 멀티 패스 페이딩 채널의 영향이고, $G_{i,s}$ 는 상기 제2 단말기로부터 상기 단말기까지의 거리에 따른 채널 이득이다. $N_0 W$ 는 열잡음의 전력이고, I_{D2D} 는 단말기로부터 기지국으로 전송되는 간섭의 세기이고, P_{\max} 는 단말기의 최대 전송 전력이다.

\square^+ 는 \square 내부의 값과 '0' 중에서 더 큰 값을 나타낸다.

[93]

[94] [수학적 식 15]

$$[95] \quad \sum_{i=1}^K G_{i,p} \min \left(\left[\frac{1}{\hat{c}_{avg} G_{i,p}} - \frac{N_0 W + I_{D2D}}{G_{i,s}} \right]^+, P_{\max} \right) = I_{thr}$$

[96]

[97] 여기서, I_{thr} 는 상기 기지국이 수신하는 간섭 신호의 총합의 임계값이다.

[98]

발명의 효과

[99] 하기의 실시예들에 따르면, 기지국의 성능 저하 없이 단말기들간의 D2D 통신을 위한 전송 전력을 결정할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[100] 도 1은 예시적 실시예에 따른 D2D 통신의 개념을 도시한 도면이다.

[101] 도 2는 예시적 실시예에 따른 D2D 통신 방법을 단계별로 설명한 순서도이다.

[102] 도 3은 또 다른 예시적 실시예에 따라서 D2D 통신을 수행하는 단말기의 구조를 도시한 블록도이다.

- [103] 도 4는 또 다른 예시적 실시예에 따라서 D2D 통신을 수행하는 단말기의 동작 방법을 단계별로 설명한 순서도이다.
- [104] 도 5는 또 다른 예시적 실시예에 따라서 D2D 통신을 위한 전송 전력을 결정하는 기지국의 구조를 도시한 블록도이다.
- [105] 도 6은 또 다른 예시적 실시예에 따른 D2D 통신 방법을 단계별로 설명한 순서도이다.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

- [106] 예시적 실시예에 따르면, 기지국의 커버리지 내에 위치하는 단말기에 있어서, 상기 기지국의 커버리지 내에 위치하는 제3 단말기가 상기 기지국으로 제1 데이터를 전송하는 시간 동안 상기 단말기와 페어링된 제2 단말기로 상기 단말기로부터 상기 기지국까지의 제1 채널 상태를 고려하여 결정된 전송 전력으로 제2 데이터를 직접 전송하는 전송부를 포함하는 단말기가 제공된다.
- [107] 여기서, 상기 제2 단말기로부터 상기 단말기까지의 제2 채널 상태를 추정하는 채널 상태 추정부 및 수신부를 더 포함하고, 상기 전송부는 상기 제2 채널 상태를 상기 기지국으로 전송하고 상기 수신부는 상기 제2 채널 상태를 추가적으로 고려하여 결정된 전송 전력을 상기 기지국으로부터 수신할 수 있다.
- [108] 그리고, 상기 전송 전력을 하기 수학식 1에 따라서 업데이트하여 결정하는 전송 전력 결정부를 더 포함할 수 있다.

[109]

[110] [수학식 1]

$$[111] \quad \tilde{P}_i(t+1) = \min \left(\left[\frac{1}{c(t)|h_{i,p}|^2 G_{i,p}} - \frac{N_0 W + I_{D2D}}{|h_{i,s}|^2 G_{i,s}} \right]^+, P_{\max} \right)$$

[112]

- [113] 여기서, $\tilde{P}_i(t+1)$ 는 업데이트된 전송 전력의 값이고, $c(t)$ 는 하기 수학식 2와 같이 업데이트된다. $|h_{i,p}|^2 G_{i,p}$ 는 제1 채널 상태로서, $h_{i,p}$ 는 단말기로부터 기지국까지 채널의 멀티 패스 페이딩 채널의 영향이고, $G_{i,p}$ 는 단말기로부터 기지국까지의 거리에 따른 채널 이득이다. $|h_{i,s}|^2 G_{i,s}$ 는 상기 제2 단말기로부터 상기 단말기까지의 채널 상태인 제2 채널 상태로서, $h_{i,s}$ 는 상기 단말기로부터 상기 제2 단말기까지 채널의 멀티 패스 페이딩 채널의 영향이고, $G_{i,s}$ 는 상기 제2 단말기로부터 상기 단말기까지의 거리에 따른 채널 이득이다. $N_0 W$ 는 열잡음의 전력이고, I_{D2D} 는 단말기로부터 기지국으로 전송되는 간섭의 세기이고, P_{\max} 는 단말기의 최대 전송 전력이다. $[\]^+$ 는 $[\]$ 내부의 값과 '0' 중에서 더 큰 값을 나타낸다.

[114]

[115] [수학식 2]

$$[116] \quad c(t+1) = \left[c(t) - \delta \left(I_{thr} - \sum_{i=1}^K |h_{i,p}|^2 G_{i,p} P_i(t) \right) \right]^+$$

[117]

[118] 여기서, $c(t+1)$ 는 업데이트된 $c(t)$ 의 값이며, I_{thr} 는 상기 기지국이 수신하는 간섭 신호의 총합의 임계값이다. K 는 기지국으로 간섭을 전송하는 단말기들의 개수이고, $P_i(t)$ 는 이전 전송 전력의 값이다. δ 는 임의의 상수이다.

[119]

[120] 또한, 상기 전송 전력을 하기 수학식 3에 따라서 결정하는 전송 전력 결정부를 더 포함할 수 있다.

[121] [수학식 3]

$$[122] \quad P_i = \min \left(\left[\frac{1}{\hat{c}_{sto} |h_{i,p}|^2 G_{i,p}} - \frac{N_0 W + I_{D2D}}{|h_{i,s}|^2 G_{i,s}} \right]^+, P_{\max} \right)$$

[123]

[124] 여기서, \hat{c}_{sto} 는 하기 수학식 4에 따라서 결정된다. $|h_{i,p}|^2 G_{i,p}$ 는 제1 채널 상태로서, $h_{i,p}$ 는 단말기로부터 기지국까지 채널의 멀티 패스 페이딩 채널의 영향이고, $G_{i,p}$ 는 단말기로부터 기지국까지의 거리에 따른 채널 이득이다. $|h_{i,s}|^2 G_{i,s}$ 는 상기 제2 단말기로부터 상기 단말기까지의 채널 상태인 제2 채널 상태로서, $h_{i,s}$ 는 상기 단말기로부터 상기 제2 단말기까지 채널의 멀티 패스 페이딩 채널의 영향이고, $G_{i,s}$ 는 상기 제2 단말기로부터 상기 단말기까지의 거리에 따른 채널 이득이다. $N_0 W$ 는 열잡음의 전력이고, I_{D2D} 는 단말기로부터 기지국으로 전송되는 간섭의 세기이고, P_{\max} 는 단말기의 최대 전송 전력이다. $[\]^+$ 는 $[\]$ 내부의 값과 '0' 중에서 더 큰 값을 나타낸다.

[125]

[126] [수학식 4]

$$[127] \quad \int_{y=0}^{\infty} \frac{1}{\hat{c}_{sto}} \left(e^{-\frac{y G_{i,s}}{\hat{c}_{sto} G_{i,p} (N_0 W + I_{D2D}) + \hat{c}_{sto} P_{\max} y G_{i,s} G_{i,p}}} - e^{-\frac{y G_{i,s}}{\hat{c}_{sto} G_{i,p} (N_0 W + I_{D2D})}} \right) - \frac{G_{i,p} (N_0 W + I_{D2D})}{y G_{i,s}} \\ \times \left(e^{-\frac{y G_{i,s}}{\hat{c}_{sto} G_{i,p} (N_0 W + I_{D2D}) + \hat{c}_{sto} P_{\max} y G_{i,s} G_{i,p}}} \left(\frac{y G_{i,s}}{\hat{c}_{sto} G_{i,p} (N_0 W + I_{D2D}) + \hat{c}_{sto} P_{\max} y G_{i,s} G_{i,p}} + 1 \right) \right. \\ \left. - e^{-\frac{y G_{i,s}}{\hat{c}_{sto} G_{i,p} (N_0 W + I_{D2D})}} \left(\frac{y G_{i,s}}{\hat{c}_{sto} G_{i,p} (N_0 W + I_{D2D})} + 1 \right) \right) dy$$

[128]

$$\begin{aligned}
& \int_{y=0}^{\infty} \int_{x=0}^{\frac{yG_{i,s}}{\hat{c}_{sto}G_{i,p}(N_0W+I_{D2D})+\hat{c}_{sto}P_{\max}yG_{i,s}G_{i,p}}} xG_{i,p}P_{\max}e^{-x}e^{-y}dxdy \\
& G_{i,p}P_{\max} \int_{y=0}^{\infty} \left(1 - \left(1 + \frac{yG_{i,s}}{\hat{c}_{sto}G_{i,p}(N_0W+I_{D2D})+\hat{c}_{sto}P_{\max}yG_{i,s}G_{i,p}} \right) \right. \\
& \left. e^{-\frac{yG_{i,s}}{\hat{c}_{sto}G_{i,p}(N_0W+I_{D2D})+\hat{c}_{sto}P_{\max}yG_{i,s}G_{i,p}}} \right) e^{-y}dy \\
& + \\
& = I_{thr}
\end{aligned}$$

[129]

[130] 여기서, I_{thr} 는 상기 기지국이 수신하는 간섭 신호의 총합의 임계값이다.

[131] 여기서, 상기 전송 전력을 하기 수학식 5에 따라서 결정하는 전송 전력 결정부를 더 포함할 수 있다.

[132] [수학식 5]

[133]

[134]

$$P_i = \min \left(\left[\frac{1}{\hat{c}_{avg}G_{i,p}} - \frac{N_0W+I_{D2D}}{G_{i,s}} \right]^+, P_{\max} \right)$$

[135]

여기서, \hat{c}_{avg} 는 하기 수학식 6에 따라서 결정된다. $|h_{i,p}|^2G_{i,p}$ 는 제1 채널 상태로서, $h_{i,p}$ 는 단말기로부터 기지국까지 채널의 멀티 패스 페이딩 채널의 영향이고, $G_{i,p}$ 는 단말기로부터 기지국까지의 거리에 따른 채널 이득이다. $|h_{i,s}|^2G_{i,s}$ 는 상기 제2 단말기로부터 상기 단말기까지의 채널 상태인 제2 채널 상태로서, $h_{i,s}$ 는 상기 단말기로부터 상기 제2 단말기까지 채널의 멀티 패스 페이딩 채널의 영향이고, $G_{i,s}$ 는 상기 제2 단말기로부터 상기 단말기까지의 거리에 따른 채널 이득이다. N_0W 는 열잡음의 전력이고, I_{D2D} 는 단말기로부터 기지국으로 전송되는 간섭의 세기이고, P_{\max} 는 단말기의 최대 전송 전력이다. $[\]^+$ 는 $[\]$ 내부의 값과 '0' 중에서 더 큰 값을 나타낸다.

[136]

[137] [수학식 6]

[138]

$$\sum_{i=1}^K G_{i,p} \min \left(\left[\frac{1}{\hat{c}_{avg}G_{i,p}} - \frac{N_0W+I_{D2D}}{G_{i,s}} \right]^+, P_{\max} \right) = I_{thr}$$

[139]

[140] 여기서, I_{thr} 는 상기 기지국이 수신하는 간섭 신호의 총합의 임계값이다.

[141]

[142] 또 다른 예시적 실시예에 따르면, 커버리지 내에 위치한 단말기들이 서로 데이터를 직접 전송하는 기지국에 있어서, 상기 단말기들 중에서 제1 단말기로부터 파일럿 신호를 수신하는 파일럿 수신부, 상기 수신한 파일럿 신호를 이용하여 상기 제1 단말기로부터 상기 기지국까지의 제1 채널 상태를 추정하는 채널 상태 추정부, 상기 제1 단말기로부터 상기 단말기들에 포함된 제2 단말기까지의 제2 채널 상태를 상기 제1 단말기로부터 수신하는 채널 상태 수신부, 상기 제1 채널 상태 및 상기 제2 채널 상태를 고려하여 상기 제1 단말기에 대한 전송 전력을 결정하는 전송 전력 결정부 및 상기 결정된 전송 전력을 상기 제1 단말기로 전송하는 전송부를 포함하고, 상기 기지국의 커버리지 내에 위치하는 제3 단말기가 상기 기지국으로 제1 데이터를 전송하는 시간 동안, 상기 전송된 전송 전력에 따라서 상기 제1 단말기는 상기 제2 단말기로 제2 데이터를 직접 전송하는 기지국이 제공된다.

[143] 여기서, 상기 전송 전력 결정부는 하기 수학식 7 및 하기 수학식 8에 따라서 상기 전송 전력을 결정할 수 있다,

[144]

[145] [수학식 7]

$$[146] \quad \eta = \frac{|\mathbf{K}| - |\mathbf{K}_0| - |\mathbf{K}_{\max}|}{I_{thr} + \sum_{i \in \mathbf{K}, i \notin \{\mathbf{K}_{\max} \cup \mathbf{K}_0\}} \frac{N_0 W + I_{D2D} |h_{i,p}|^2 G_{i,p}}{|h_{i,s}|^2 G_{i,s}} - \sum_{i \in \mathbf{K}_{\max}} P_{\max} |h_{i,p}|^2 G_{i,p}}$$

[147]

[148] 여기서, I_{thr} 는 상기 기지국이 수신하는 간섭 신호의 총합의 임계값이다.

[149] \mathbf{K}_0 는 전송 전력 P_i 의 값이 0인 단말기들의 집합이고, \mathbf{K}_{\max} 는 전송 전력 P_i 의 값이 P_{\max} 인 단말기들의 집합이다.

[150] $|h_{i,p}|^2 G_{i,p}$ 는 제1 채널 상태로서, $h_{i,p}$ 는 단말기로부터 기지국까지 채널의 멀티 패스 페이딩 채널의 영향이고, $G_{i,p}$ 는 단말기로부터 기지국까지의 거리에 따른 채널 이득이다. $|h_{i,s}|^2 G_{i,s}$ 는 상기 제2 단말기로부터 상기 단말기까지의 채널 상태인 제2 채널 상태로서, $h_{i,s}$ 는 상기 단말기로부터 상기 제2 단말기까지 채널의 멀티 패스 페이딩 채널의 영향이고, $G_{i,s}$ 는 상기 제2 단말기로부터 상기 단말기까지의 거리에 따른 채널 이득이다. $N_0 W$ 는 열잡음의 전력이고, I_{D2D} 는 단말기로부터 기지국으로 전송되는 간섭의 세기이고, P_{\max} 는 단말기의 최대 전송 전력이다. $[\]^+$ 는 $[\]$ 내부의 값과 '0' 중에서 더 큰 값을 나타낸다.

[151]

[152] [수학식 8]

[153]

$$[154] \quad \hat{P}_i = \min \left(\left[\frac{1}{\eta |h_{i,p}|^2 G_{i,p}} - \frac{N_0 W + I_{D2D}}{|h_{i,s}|^2 G_{i,s}} \right]^+, P_{\max} \right)$$

[155]

[156] 그리고, 상기 전송 전력 결정부는 상기 결정된 전송 전력이 하기 수학식 9를 만족할 때까지 상기 수학식 7 및 상기 수학식 8을 반복하여 상기 전송 전력을 업데이트할 수 있다

[157]

[158] [수학식 9]

[159]

$$0 \leq \eta$$

$$0 \leq -\frac{|h_{i,s}|^2 G_{i,s}}{N_0 W + I_{D2D}} + \eta |h_{i,p}|^2 G_{i,p}, \quad \forall i \in \mathbf{K}_0$$

$$0 \leq \frac{|h_{i,s}|^2 G_{i,s}}{N_0 W + I_{D2D} + |h_{i,s}|^2 G_{i,s} P_{\max}} - \eta |h_{i,p}|^2 G_{i,p}, \quad \forall i \in \mathbf{K}_{\max}$$

[160]

[161] 또 다른 예시적 실시예에 따르면, 기지국의 커버리지 내에 위치하는 단말기의 동작 방법에 있어서, 상기 기지국의 커버리지 내에 위치하는 제3 단말기가 상기 기지국으로 제1 데이터를 전송하는 시간 동안 상기 단말기와 페어링된 제2 단말기로 상기 단말기로부터 상기 기지국까지의 제1 채널 상태를 고려하여 결정된 전송 전력으로 제2 데이터를 직접 전송하는 단계를 포함하는 단말기의 동작 방법이 제공된다.

[162] 여기서, 상기 제2 단말기로부터 상기 단말기까지의 제2 채널 상태를 추정하는 단계, 상기 전송부는 상기 제2 채널 상태를 상기 기지국으로 전송하는 단계 및 상기 제2 채널 상태를 추가적으로 고려하여 결정된 전송 전력을 상기 기지국으로부터 수신하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[163] 그리고, 하기 수학식 10에 따라서 상기 전송 전력을 업데이트하여 결정하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[164]

[165] [수학식 10]

[166]

$$\tilde{P}_i(t+1) = \min \left(\left[\frac{1}{c(t) |h_{i,p}|^2 G_{i,p}} - \frac{N_0 W + I_{D2D}}{|h_{i,s}|^2 G_{i,s}} \right]^+, P_{\max} \right)$$

[167]

[168] 여기서, $\tilde{P}_i(t+1)$ 는 업데이트된 전송 전력의 값이고, $c(t)$ 는 하기 수학식 11과 같이 업데이트된다. $|h_{i,p}|^2 G_{i,p}$ 는 제1 채널 상태로서, $h_{i,p}$ 는 단말기로부터 기지국까지 채널의 멀티 패스 페이딩 채널의 영향이고, $G_{i,p}$ 는 단말기로부터 기지국까지의 거리에 따른 채널 이득이다. $|h_{i,s}|^2 G_{i,s}$ 는 상기 제2 단말기로부터

상기 단말기까지의 채널 상태인 제2 채널 상태로서, $h_{i,s}$ 는 상기 단말기로부터 상기 제2 단말기까지 채널의 멀티 패스 페이딩 채널의 영향이고, $G_{i,s}$ 는 상기 제2 단말기로부터 상기 단말기까지의 거리에 따른 채널 이득이다. N_0W 는 열잡음의 전력이고, I_{D2D} 는 단말기로부터 기지국으로 전송되는 간섭의 세기이고, P_{\max} 는 단말기의 최대 전송 전력이다. $[\]^+$ 는 $[\]$ 내부의 값과 '0' 중에서 더 큰 값을 나타낸다.

[169]

[170] [수학식 11]

[171]

$$c(t+1) = \left[c(t) - \delta \left(I_{thr} - \sum_{i=1}^K |h_{i,p}|^2 G_{i,p} P_i(t) \right) \right]^+$$

[172]

[173] 여기서, $c(t+1)$ 는 업데이트된 $c(t)$ 의 값이며, I_{thr} 는 상기 기지국이 수신하는 간섭 신호의 총합의 임계값이다. K 는 기지국으로 간섭을 전송하는 단말기들의 개수이고, $P_i(t)$ 는 이전 전송 전력의 값이다. δ 는 임의의 상수이다.

[174] 또한, 하기 수학식 12에 따라서 상기 전송 전력을 결정하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[175]

[176] [수학식 12]

[177]

$$P_i = \min \left(\left[\frac{1}{\hat{c}_{sto} |h_{i,p}|^2 G_{i,p}} - \frac{N_0W + I_{D2D}}{|h_{i,s}|^2 G_{i,s}} \right]^+, P_{\max} \right)$$

[178]

[179] 여기서, $|h_{i,p}|^2 G_{i,p}$ 는 하기 수학식 13에 따라서 결정된다. $|h_{i,p}|^2 G_{i,p}$ 는 제1 채널 상태로서, $h_{i,p}$ 는 단말기로부터 기지국까지 채널의 멀티 패스 페이딩 채널의 영향이고, $G_{i,p}$ 는 단말기로부터 기지국까지의 거리에 따른 채널 이득이다.

$|h_{i,s}|^2 G_{i,s}$ 는 상기 제2 단말기로부터 상기 단말기까지의 채널 상태인 제2 채널 상태로서, $h_{i,s}$ 는 상기 단말기로부터 상기 제2 단말기까지 채널의 멀티 패스 페이딩 채널의 영향이고, $G_{i,s}$ 는 상기 제2 단말기로부터 상기 단말기까지의 거리에 따른 채널 이득이다. N_0W 는 열잡음의 전력이고, I_{D2D} 는 단말기로부터 기지국으로 전송되는 간섭의 세기이고, P_{\max} 는 단말기의 최대 전송 전력이다.

$[\]^+$ 는 $[\]$ 내부의 값과 '0' 중에서 더 큰 값을 나타낸다.

[180]

[수학식 13]

$$\begin{aligned}
 [181] \quad & \int_{y=0}^{\infty} \frac{1}{\hat{c}_{sto}} \left(e^{-\frac{yG_{i,s}}{\hat{c}_{sto}G_{i,p}(N_0W+I_{D2D})+\hat{c}_{sto}P_{\max}yG_{i,s}G_{i,p}}} - e^{-\frac{yG_{i,s}}{\hat{c}_{sto}G_{i,p}(N_0W+I_{D2D})}} \right) - \frac{G_{i,p}(N_0W+I_{D2D})}{yG_{i,s}} \\
 & \times \left(e^{-\frac{yG_{i,s}}{\hat{c}_{sto}G_{i,p}(N_0W+I_{D2D})+\hat{c}_{sto}P_{\max}yG_{i,s}G_{i,p}}} \left(\frac{yG_{i,s}}{\hat{c}_{sto}G_{i,p}(N_0W+I_{D2D})+\hat{c}_{sto}P_{\max}yG_{i,s}G_{i,p}} + 1 \right) \right. \\
 & \left. - e^{-\frac{yG_{i,s}}{\hat{c}_{sto}G_{i,p}(N_0W+I_{D2D})}} \left(\frac{yG_{i,s}}{\hat{c}_{sto}G_{i,p}(N_0W+I_{D2D})} + 1 \right) \right) dy
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 [182] \quad & \int_{y=0}^{\infty} \int_{x=0}^{\frac{yG_{i,s}}{\hat{c}_{sto}G_{i,p}(N_0W+I_{D2D})+\hat{c}_{sto}P_{\max}yG_{i,s}G_{i,p}}} xG_{i,p}P_{\max}e^{-x}e^{-y}dxdy \\
 & G_{i,p}P_{\max} \int_{y=0}^{\infty} \left(1 - \left(1 + \frac{yG_{i,s}}{\hat{c}_{sto}G_{i,p}(N_0W+I_{D2D})+\hat{c}_{sto}P_{\max}yG_{i,s}G_{i,p}} \right) \right. \\
 & \left. e^{-\frac{yG_{i,s}}{\hat{c}_{sto}G_{i,p}(N_0W+I_{D2D})+\hat{c}_{sto}P_{\max}yG_{i,s}G_{i,p}}} \right) e^{-y}dy \\
 & + \\
 & = I_{thr}
 \end{aligned}$$

[183]

[184] 여기서, I_{thr} 는 상기 기지국이 수신하는 간섭 신호의 총합의 임계값이다.

[185]

[186] 여기서, 하기 수학식 14에 따라서 상기 전송 전력을 결정하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[187]

[188] [수학식 14]

$$[189] \quad P_i = \min \left(\left[\frac{1}{\hat{c}_{avg}G_{i,p}} - \frac{N_0W+I_{D2D}}{G_{i,s}} \right]^+, P_{\max} \right)$$

[190]

[191] 여기서, \hat{c}_{avg} 는 하기 수학식 15에 따라서 결정된다. $|h_{i,p}|^2G_{i,p}$ 는 제1 채널 상태로서, $h_{i,p}$ 는 단말기로부터 기지국까지 채널의 멀티 패스 페이딩 채널의 영향이고, $G_{i,p}$ 는 단말기로부터 기지국까지의 거리에 따른 채널 이득이다. $|h_{i,s}|^2G_{i,s}$ 는 상기 제2 단말기로부터 상기 단말기까지의 채널 상태인 제2 채널 상태로서, $h_{i,s}$ 는 상기 단말기로부터 상기 제2 단말기까지 채널의 멀티 패스 페이딩 채널의 영향이고, $G_{i,s}$ 는 상기 제2 단말기로부터 상기 단말기까지의 거리에 따른 채널 이득이다. N_0W 는 열잡음의 전력이고, I_{D2D} 는 단말기로부터 기지국으로 전송되는 간섭의 세기이고, P_{\max} 는 단말기의 최대 전송 전력이다.

\square^+ 는 \square 내부의 값과 '0' 중에서 더 큰 값을 나타낸다.

[192]

[193] [수학식 15]

$$[194] \quad \sum_{i=1}^K G_{i,p} \min \left(\left[\frac{1}{\bar{c}_{avg} G_{i,p}} - \frac{N_0 W + I_{D2D}}{G_{i,s}} \right]^+, P_{\max} \right) = I_{thr}$$

[195]

[196] 여기서, I_{thr} 는 상기 기지국이 수신하는 간섭 신호의 총합의 임계값이다.

[197]

발명의 실시를 위한 형태

[198] 이하, 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.

[199] 도 1은 예시적 실시예에 따른 D2D 통신의 개념을 도시한 도면이다.

[200] 여러 개의 단말기들(121, 122, 131, 132, 140)은 기지국(110)의 커버리지 내에 위치한다. 각 단말기들(121, 122, 131, 132, 140)은 다른 단말기들로 직접 데이터를 전송하는 D2D(Device to Device) 통신 방식에 따라서 데이터를 전송할 수도 있고, 기지국(110)을 경유하여 다른 단말기로 데이터를 전송할 수도 있다.

[201] D2D 통신 방식을 이용하는 단말기들은 데이터를 송수신할 다른 단말기와 페어(pair, 120, 130)를 구성한다. 도 1에서, 단말기(121)는 단말기(122)와 제1 D2D 페어(120)를 구성하고, 단말기(121)은 단말기(122)로 D2D 통신 방식에 따라 데이터를 직접 전송한다. 또한, 단말기(131)는 단말기(132)와 제2 D2D 페어(130)를 구성하고, 단말기(131)은 단말기(132)로 D2D 통신 방식에 따라 데이터를 직접 전송한다. 단말기(140)은 기지국(110)을 통해 다른 단말기로 데이터를 전송한다.

[202] 이하 설명의 편의를 위하여, D2D 통신 방식을 이용하여 데이터를 전송하는 단말기를 D2D 전송 단말기, D2D 통신 방식을 이용하여 데이터를 수신하는 단말기를 D2D 수신 단말기라고 한다.

[203] 도 1에서, 각 페어들(120, 130)은 d_{D2D} 이상의 거리만큼 이격되어 있다고 가정한다. 또한, 각 D2D 페어(120, 130)에서, D2D 전송 단말기(121, 131)들은 다른 D2D 페어에서의 D2D 수신 단말기(122, 132)들로 I_{D2D} 만큼의 간섭을 전송한다고 가정한다.

[204] 일측에 따르면, D2D 전송 단말기(121, 131)는 기지국으로 데이터를 전송하는 단말기(140)와 동일한 시간에 D2D 수신 단말기(122, 132)로 데이터를 전송한다. 따라서, D2D 전송 단말기(121, 131)는 기지국(140)으로 간섭 신호를 전송하고, 그 결과로 기지국(140)의 데이터 수신 성능은 저하된다.

[205] 일측에 따르면, 기지국(140)이 모든 D2D 전송 단말기들로부터 수신한 간섭 신호의 세기를 일정 수준 이하로 유지하면서, 각 D2D 페어의 데이터 전송률이 최대가 되도록 D2D 전송 단말기들의 전송 전력을 결정할 수 있다.

[206] 도 1에서, i 번째 D2D 페어에 포함된 D2D 전송 단말기(i 번째 D2D 전송 단말기라고 함)로부터 기지국(140)까지의 거리에 따른 채널 이득을 $G_{i,p}$ 라고

하고, 멀티 패스 페이딩 채널의 영향을 $h_{i,p}$ 라고 한다면, i번째 D2D 전송 단말기로부터 기지국(140)까지의 채널 상태를 $|h_{i,p}|^2 G_{i,p}$ 로 표현할 수 있다.

[207] 또한, i번째 D2D 전송 단말기로부터 i번째 D2D 수신 단말기까지의 거리에 따른 채널 이득을 $G_{i,s}$ 라고 하고, 멀티 패스 페이딩 채널의 영향을 $h_{i,s}$ 라고 한다면, i번째 D2D 전송 단말기로부터 i번째 D2D 수신 단말기까지의 채널 상태를 $|h_{i,s}|^2 G_{i,s}$ 라고 표현할 수 있다.

[208] 또한, i번째 D2D 전송 단말기로부터 i번째 D2D 수신 단말기까지의 거리에 따른 채널 이득을 $G_{i,s}$ 라고 하고, 멀티 패스 페이딩 채널의 영향을 $h_{i,s}$ 라고 한다면, i번째 D2D 전송 단말기로부터 i번째 D2D 수신 단말기까지의 채널 상태를 $|h_{i,s}|^2 G_{i,s}$ 라고 표현할 수 있다.

[209] 여기서, 멀티 패스 페이딩의 영향인 $h_{i,p}$, $h_{i,s}$ 는 상대적으로 신속히 변경되는 값이고, 거리에 따른 채널 이득 $G_{i,p}$, $G_{i,s}$ 는 상대적으로 천천히 변경되는 값이다.

[210] i번째 D2D 전송 단말기의 전송 전력을 P_i 라고 한다면, 각 D2D 페어의 정규화한 데이터 전송률의 합(normalized sum rate)은 하기 수학식 1과 같이 표현될 수 있다.

[211] [수학식 1]

[212]

$$\sum_{i=1}^K \log \left(1 + \frac{|h_{i,s}|^2 G_{i,s} P_i}{N_0 W + I_{D2D}} \right)$$

[213]

[214] 여기서, K는 D2D 페어의 개수이고, $N_0 W$ 는 열잡음의 전력, $\log(\cdot)$ 는 밑이 2인 로그($\log_2(\cdot)$)를 나타낸다.

[215]

[216] 또한, D2D 기지국(140)이 수신하는 간섭 신호의 세기의 임계값을 I_{thr} 라고 한다면, 기지국(140)이 모든 D2D 전송 단말기들로부터 수신한 간섭 신호의 세기를 일정 수준(I_{thr}) 이하로 유지하는 것은 하기 수학식 2와 같이 표현할 수 있다.

[217] [수학식 2]

[218]

[219]

$$\sum_{i=1}^K |h_{i,p}|^2 G_{i,p} P_i \leq I_{thr}$$

[220]

또한, 각 D2D 전송 단말기의 전송 전력 p_i 는 하기 수학식 3과 같은 제한 조건을 가진다. 여기서, P_{max} 는 전송 전력 p_i 가 가질 수 있는 최대 값이다.

[221]

[222] [수학식 3]

[223]

$$0 \leq P_i \leq P_{max}$$

[224]

[225]

이상 살펴본 바에 따르면, 기지국(140)이 모든 D2D 전송 단말기들로부터 수신한 간섭 신호의 세기를 일정 수준 이하로 유지하면서, 각 D2D 페어의 데이터 전송률이 최대가 되도록 D2D 전송 단말기들의 전송 전력을 결정하는 것은 수학식 2, 3을 만족하는 p_i 들 중에서 수학식 1을 최대화하는 p_i 들의 조합을 산출하는 것으로 모델링할 수 있다. 이하 이러한 조건을 만족하는 p_i 들의 조합을 산출하는 구체적인 방법에 대해서 도 2 내지 도 7에서 구체적으로 설명한다.

[226]

예시적 실시예에 따른 전송 전력 결정 방법은 전송 전력을 결정하는 주체 및 전송 전력을 결정하기 위하여 고려하는 파라미터에 따라서 크게 4가지 실시예로 구분될 수 있다.

[227]

<실시예 1: 중앙 집중형 전력 제어 방식(Centralized Power Control Scheme)>

[228]

도 2는 예시적 실시예에 따른 D2D 통신 방법을 단계별로 설명한 순서도이다. 도 2에서는 D2D 전송 단말기(121, 131)로부터 기지국(110)까지의 채널 상태 및 D2D 전송 단말기(121, 131)로부터 D2D 수신 단말기(122, 132)까지의 채널 상태를 고려하여 기지국(110)이 D2D 전송 단말기(121, 131)의 전송 전력을 결정하는 실시예가 도시되었다.

[229]

단계(230)에서, D2D 전송 단말기(210)는 기지국(220)으로 파일럿 신호를 전송한다.

[230]

단계(231)에서, 기지국은 D2D 전송 단말기(210)로부터 수신한 파일럿 신호를 이용하여 D2D 전송 단말기(210)로부터 기지국(220)까지의 제1 채널 상태를 추정한다. 일측에 따르면, 제1 채널 상태는 D2D 전송 단말기(210)로부터 기지국(220)까지의 거리에 따른 채널 이득 $G_{i,p}$ 및 멀티 패스 페이딩 채널의 영향 $h_{i,p}$ 를 고려하여 $|h_{i,p}|^2 G_{i,p}$ 와 같이 표현될 수 있다.

- [231] 단계(240)에서, D2D 전송 단말기(210)는 D2D 전송 단말기(210)로부터 D2D 수신 단말기(미도시)까지의 제2 채널 상태를 추정한다. 일측에 따르면, 제2 채널 상태는 D2D 전송 단말기(210)로부터 D2D 수신 단말기까지의 거리에 따른 채널 이득 $G_{i,s}$ 및 멀티 패스 페이딩 채널의 영향 $h_{i,p}$ 를 고려하여 $|h_{i,p}|^2 G_{i,p}$ 와 같이 표현될 수 있다.
- [232] 단계(241)에서, D2D 전송 단말기(210)는 제2 채널 상태를 기지국(220)으로 전송한다.
- [233] 단계(250)에서, 기지국(220)은 제1 채널 상태 및 제2 채널 상태를 고려하여 D2D 전송 단말기(210)의 전송 전력을 결정한다. 일측에 따르면, 기지국은 K개의 단말기 페어들에 대하여 모든 D2D 전송 단말기들로부터 수신한 간섭 신호의 세기를 일정 수준 이하로 유지하면서, 각 D2D 페어의 데이터 전송률이 최대가 되도록 D2D 전송 단말기들의 전송 전력을 결정할 수 있다.
- [234] 이는 수학식 2, 3을 만족하는 p_i 들 중에서 수학식 1을 최대화하는 p_i 들의 조합을 산출하는 것으로 생각할 수 있다.
- [235] 일측에 따르면, 기지국(220)은 하기 수학식 4 및 수학식 5를 이용하여, 하기 알고리즘에 따라 p_i 들의 조합을 산출할 수 있다.
- [236]
- [237] 스텝 1: K_0 초기화
- [238] (일측에 따르면, 기지국(220)은 K_0 을 공집합(\emptyset)로 초기화 할 수 있다. 여기서, K_0 는 전송 전력 p_i 의 값이 0인 D2D 전송 단말기들의 집합이다.)
- [239]
- [240] 스텝 2: K_{\max} 초기화
- [241] (일측에 따르면, 기지국(220)은 K_{\max} 을 공집합(\emptyset)로 초기화 할 수 있다. 여기서, K_{\max} 는 전송 전력 p_i 의 값이 P_{\max} 인 D2D 전송 단말기들의 집합이다.)
- [242] 스텝 3: 하기 수학식 4에 따라서 η 계산
- [243]
- [244] [수학식 4]
- [245]
$$\eta = \frac{|K| - |K_0| - |K_{\max}|}{I_{thr} + \sum_{i \in K, i \notin \{K_{\max} \cup K_0\}} \frac{N_0 W + I_{D2D} |h_{i,p}|^2 G_{i,p}}{|h_{i,s}|^2 G_{i,s}} - \sum_{i \in K_{\max}} P_{\max} |h_{i,p}|^2 G_{i,p}}$$
- [246]
- [247] 여기서, K는 D2D 전송 단말기들의 집합이다.
- [248]
- [249] 스텝 4: 하기 수학식 5에 따라서 \hat{p}_i 계산

[250]

[251] [수학식 5]

[252]

$$\hat{P}_i = \min \left(\left[\frac{1}{\eta |h_{i,p}|^2 G_{i,p}} - \frac{N_0 W + I_{D2D}}{|h_{i,s}|^2 G_{i,s}} \right]^+, P_{\max} \right)$$

[253]

[254] 여기서, \hat{p}_i 는 중앙 집중형 전력 제어 방식(Centralized Power Control Scheme)에 따라 결정된 i번째 D2D 전송 단말기의 전송 전력이다. 또한, $[\cdot]^+$ 는 $[\cdot]$ 내부의 값과 '0' 중에서 더 큰 값을 나타낸다.

[255]

[256] 스텝 5: 하기 부등식(수학식 6)을 만족하는지 여부를 판단

[257] [수학식 6]

[258]

[259]

$$0 \leq \eta$$

$$0 \leq -\frac{|h_{i,s}|^2 G_{i,s}}{N_0 W + I_{D2D}} + \eta |h_{i,p}|^2 G_{i,p}, \forall i \in \mathbf{K}_0$$

$$0 \leq \frac{|h_{i,s}|^2 G_{i,s}}{N_0 W + I_{D2D} + |h_{i,s}|^2 G_{i,s} P_{\max}} - \eta |h_{i,p}|^2 G_{i,p}, \forall i \in \mathbf{K}_{\max}$$

[260]

[261] 스텝 5에서 부등식을 만족하는 경우, 결정된 \hat{p}_i 값을 D2D 전송 단말기의 전송 전력으로 최종 결정한다. 부등식을 만족하지 않는 경우 부등식이 만족될때까지 하기 스텝 6 스텝 9를 반복하여 수행한다.

[262]

[263] 스텝 6: \mathbf{K}_0 업데이트

[264] (스텝 4에서 산출된 \hat{p}_i 값에 따라서 \mathbf{K}_0 를 업데이트 한다.)

[265]

[266] 스텝 7: \mathbf{K}_{\max} 업데이트

[267] (스텝 4에서 산출된 \hat{p}_i 값에 따라서 \mathbf{K}_{\max} 를 업데이트 한다.)

[268] 스텝 8: 수학식 4에 따라서 η 계산

[269] (스텝 6, 7에서 업데이트된 \mathbf{K}_0 , \mathbf{K}_{\max} 를 이용하여 η 계산)

[270]

[271] 스텝 9: 수학식 5에 따라서 \hat{p}_i 계산

[272] (스텝 6, 7에서 업데이트된 \mathbf{K}_0 , \mathbf{K}_{\max} 및 스텝 8에서 업데이트된 η 를 이용하여 \hat{p}_i 를 계산)

[273]

[274] 단계(260)에서, 기지국(220)은 산출된 전송 전력 \hat{p}_i 를 D2D 전송

단말기(210)로 전송한다.

[275] 단계(261)에서, D2D 전송 단말기(210)는 수신한 전송 전력 \hat{p}_i 에 따라서 제2

데이터를 D2D 수신 단말기(제2 단말기, 미도시)로 전송한다. 간접 신호가 기지국(220)으로 전송되나, 기지국(220)이 수신한 간접 신호의 총 합은 임계값 이하로 유지된다. 따라서, D2D 전송 단말기(210)와 동시에 기지국(220)이 제1 데이터를 수신하는 경우에도 기지국(220)의 성능은 유지된다.

[276] 도 3은 또 다른 예시적 실시예에 따라서 D2D 통신을 수행하는 단말기의 구조를 도시한 블록도이다. 예시적 실시예에 따른 단말기는 채널 상태 추정부(310), 전송부(320) 및 수신부(330)를 포함한다.

[277] 도 3에서 단말기(300)와 제2 단말기(350)는 동일한 단말기 페어에 포함된 단말기이며, 단말기(300)는 D2D 전송 단말기로 동작하고, 제2 단말기(350)는 D2D 수신 단말기로 동작한다.

[278] 전송부(320)는 기지국(340)으로 파일럿 신호를 전송한다. 기지국(340)으로 전송된 파일럿 신호는 단말기(300)로부터 기지국(340)까지의 제1 채널 상태를 추정하기 위하여 사용된다.

[279] 채널 상태 추정부(310)는 제2 단말기(350)로부터 단말기(300)까지의 제2 채널 상태를 추정한다. 일측에 따르면, 수신부(330)는 제2 단말기(350)로부터 파일럿 신호를 수신하고, 채널 상태 추정부(310)는 제2 단말기(350)로부터 수신한 파일럿 신호를 이용하여 제2 단말기(350)로부터 단말기(300)까지의 제2 채널 상태를 추정할 수 있다.

[280] 전송부(320)는 제2 채널 상태를 기지국(340)으로 전송한다. 제2 채널 상태는 기지국(340)이 단말기(300)의 전송 전력을 결정하기 위하여 사용될 수 있다. 일측에 따르면, 기지국(340)은 제1 채널 상태 및 제2 채널 상태를 모두 고려하여 단말기(300)의 전송 전력을 결정할 수 있다. 다른 측면에 따르면, 기지국(340)은 K개의 단말기 페어들에 대하여 모든 D2D 전송 단말기들로부터 수신한 간접 신호의 세기를 일정 수준 이하로 유지하면서, 각 D2D 페어의 데이터 전송률이 최대가 되도록 D2D 전송 단말기들의 전송 전력을 결정할 수 있다. 또 다른 측면에 따르면, 기지국(340)은 위에서 설명된 스텝 1 내지 스텝 9에 따른 알고리즘을 이용하여 단말기(300)의 전송 전력을 결정할 수 있다.

[281] 수신부(330)는 기지국(340)으로부터 기지국(340)이 결정한 전송 전력을 수신한다.

[282] 도 3에서는 미도시되었으나, 기지국(340)의 커버리지 내에는 제3 단말기가 추가적으로 위치할 수 있다. 제3 단말기는 다른 단말기로 데이터를 직접 전송하지 않고, 기지국으로 제1 데이터를 전송할 수 있다.

[283] 전송부(320)는 제3 단말기가 기지국(340)으로 제1 데이터를 전송하는 시간

동안 제2 단말기(350)로 제2 데이터를 전송한다. 전송부(320)는 수신된 전송 전력으로 제2 데이터를 전송할 수 있다. 이 경우에, 단말기(300)로부터 기지국(340)으로 간접 신호가 전송된다. 그러나, 기지국(340)이 수신한 간접 신호의 총 합은 임계값 이하로 유지된다.

- [284] 도 4는 또 다른 예시적 실시예에 따라서 D2D 통신을 수행하는 단말기의 동작 방법을 단계별로 설명한 순서도이다.
- [285] 단계(410)에서, 단말기는 기지국으로 파일럿 신호를 전송한다. 기지국으로 전송된 파일럿 신호는 단말기로부터 기지국까지의 제1 채널 상태를 추정하기 위하여 사용된다.
- [286] 단계(420)에서, 단말기는 제2 단말기로부터 단말기까지의 제2 채널 상태를 추정한다. 여기서, 제2 단말기는 단말기와 동일한 단말기 페어에 포함된 단말기이다. 이 경우에, 단말기는 D2D 전송 단말기로 동작하고, 제2 단말기는 D2D 수신 단말기로 동작한다.
- [287] 단계(430)에서, 단말기는 제2 채널 상태를 기지국으로 전송한다. 제2 채널 상태는 기지국이 단말기의 전송 전력을 결정하기 위하여 사용될 수 있다. 일측에 따르면, 기지국은 K개의 단말기 페어들에 대하여 모든 D2D 전송 단말기들로부터 수신한 간접 신호의 세기를 일정 수준 이하로 유지하면서, 각 D2D 페어의 데이터 전송률이 최대가 되도록 D2D 전송 단말기들의 전송 전력을 결정할 수 있다. 또 다른 측면에 따르면, 기지국은 위에서 설명된 스텝 1 내지 스텝 9에 따른 알고리즘을 이용하여 단말기의 전송 전력을 결정할 수 있다.
- [288] 단계(440)에서, 단말기는 기지국으로부터 기지국이 결정한 전송 전력을 수신한다.
- [289] 단계(450)에서, 단말기는 제3 단말기가 기지국으로 제1 데이터를 전송하는 시간 동안 제2 단말기로 제2 데이터를 전송한다. 제3 단말기는 기지국의 커버리지 내에 위치하는 단말기로서, 기지국으로 데이터를 직접 전송하는 단말기이다.
- [290] 단계(450)에서, 단말기는 수신된 전송 전력으로 제2 데이터를 전송할 수 있다. 그 경우, 단말기로부터 기지국으로 간접 신호가 전송된다. 그러나, 기지국이 수신한 간접 신호의 총 합은 임계값 이하로 유지된다.
- [291]
- [292] 도 5는 또 다른 예시적 실시예에 따라서 D2D 통신을 위한 전송 전력을 결정하는 기지국의 구조를 도시한 블록도이다. 예시적 실시예에 다른 기지국(500)은 파일럿 수신부(510), 채널 상태 추정부(520), 채널 상태 수신부(530), 전송 전력 결정부(540) 및 전송부(550)를 포함한다.
- [293] 파일럿 수신부(510)는 단말기(560)로부터 파일럿 신호를 수신한다.
- [294] 채널 상태 추정부(520)는 수신한 파일럿 신호를 사용하여 단말기(560)으로부터 기지국까지의 제1 채널 상태를 추정한다.
- [295] 채널 상태 수신부(530)는 단말기(560)로부터 제2 채널 상태를 수신한다. 제2

채널 상태는 제2 단말기(570)로부터 단말기(560)까지의 채널 상태이다. 일측에 따르면, 단말기(560)는 제2 단말기(570)로부터 제2 파일럿 신호를 수신하고, 수신된 제2 파일럿 신호를 사용하여 제2 채널 상태를 추정할 수 있다.

[296] 전송 전력 결정부(540)는 제2 채널 상태 및 제1 채널 상태를 이용하여 단말기(560)의 전송 전력을 결정한다. 일측에 따르면, 전송 전력 결정부(540)는 K개의 단말기 페어들에 대하여 모든 D2D 전송 단말기들로부터 수신한 간섭 신호의 세기를 일정 수준 이하로 유지하면서, 각 D2D 페어의 데이터 전송률이 최대가 되도록 D2D 전송 단말기들의 전송 전력을 결정할 수 있다. 또 다른 측면에 따르면, 전송 전력 결정부(540)는 위에서 설명된 스텝 1 내지 스텝 9에 따른 알고리즘을 이용하여 단말기(560)의 전송 전력을 결정할 수 있다.

[297] 전송부(550)는 결정된 전송 전력을 단말기(560)로 전송한다.

[298] 단말기(560)는 기지국(500)으로부터 전송 전력을 수신한다. 기지국(500)의 커버리지에는 제3 단말기가 위치할 수 있다. 제3 단말기는 다른 단말기로 데이터를 직접 전송하지 않고, 기지국(500)으로 데이터를 전송할 수 있다.

[299] 단말기(560)는 제3 단말기가 기지국(500)으로 제1 데이터를 전송하는 시간 동안 제2 단말기(570)로 제2 데이터를 전송한다. 단말기(560)는 수신된 전송 전력으로 제2 데이터를 전송할 수 있다. 이 경우에, 단말기(560)로부터 기지국(500)으로 간섭 신호가 전송된다. 그러나, 기지국(500)이 수신한 간섭 신호의 총 합은 임계값 이하로 유지된다.

[300]

[301] 도 6은 또 다른 예시적 실시예에 따른 D2D 통신 방법을 단계별로 설명한 순서도이다.

[302] 단계(630)에서, 단말기(610)는 기지국(620)으로 파일럿 신호를 전송한다.

[303] 단계(631)에서, 기지국은 수신한 파일럿 신호를 이용하여 단말기(610)로부터 기지국(620)까지의 제1 채널 상태를 추정한다.

[304] 단계(640)에서, 단말기(610)는 기지국(620)으로부터 제1 채널 상태를 수신한다.

[305] 도 6에서는 기지국(620)이 추정한 제1 채널 상태를 단말기(610)가 수신하는 실시예가 설명되었으나, 다른 실시예에 따르면, 단말기(610)는 기지국(620)으로부터 단말기(610)까지의 하향링크 채널 상태를 제1 채널 상태로 사용할 수도 있다.

[306]

[307] 단계(650)에서, 단말기(610)는 제2 단말기로부터 단말기(610)까지의 제2 채널 상태를 추정한다. 일측에 따르면, 단말기(610)는 제2 단말기로부터 제2 파일럿 신호를 수신하고, 수신된 제2 파일럿 신호를 이용하여 제2 단말기로부터 단말기(610)까지의 제2 채널 상태를 추정할 수 있다.

[308] 단계(660)에서, 단말기(610)는 전송 전력을 결정한다.

[309] 단말기(610)가 전송 전력을 결정하는 방법은 몇 가지 가정에 따라서 분산형 전력 제어 기법(Distributed Power Control Scheme), 평균에 기반한 전력 제어

기법(Power Control Scheme Based on Expectation) 및 채널 평균값에 기반한 전력 제어 기법(Power Control Scheme Based on Averaged Channel Value) 등으로 구분될 수 있다.

[310]

[311] <실시예 2: 분산형 전력 제어 기법(Distributed Power Control Scheme)>

[312]

[313] 분산형 전력 제어 기법에서는 단말기(610)가 전송 전력을 결정할 수 있다. 따라서, 단말기(610)는 기지국(620)으로 제2 채널 상태를 피드백할 필요가 없다.

[314] 분산형 전력 제어 기법에 따르면, 단말기(610)는 하기 수학식 7에 따라서 i번째 D2D 페어에 대한 유틸리티(Utility) U_i 를 정의할 수 있다.

[315]

[316] [수학식 7]

[317]

$$U_i = \log \left(1 + \frac{|h_{i,s}|^2 G_{i,s} P_i}{N_0 W + I_{D2D}} \right) - c |h_{i,p}|^2 G_{i,p} P_i$$

[318]

[319] 수학식 7에서, 첫 번째 항목은 i번째 D2D 페어간의 데이터 전송률이고, 두 번째 항목은 i번째 D2D 페어에 포함된 D2D 전송 단말기(610)가 기지국으로 전송하는 간섭의 영향이다. 여기서, c 는 간섭의 정규화 비용(normalized price of interference)이다.

[320] 수학식 7에서, 유틸리티 U_i 는 D2D 페어간의 데이터 전송률에 비례하고, D2D 전송 단말기(610)가 기지국(620)으로 전송하는 간섭의 영향에 반비례한다. 따라서, 간섭의 정규화 비용 c 를 적절히 결정한다면, D2D 전송으로 인하여 기지국(620)에 미치는 간섭의 영향을 제어할 수 있다.

[321] 일측에 따르면, 단말기(610)는 유틸리티 U_i 를 최대화하도록 전송 전력 P_i 를 결정할 수 있다. 유틸리티 U_i 의 도함수(derivative)를 사용하면, 전송 전력 P_i 는 하기 수학식 8과 같이 업데이트될 수 있다.

[322]

[323] [수학식 8]

[324]

$$\tilde{P}_i(t+1) = \min \left(\left[\frac{1}{c(t) |h_{i,p}|^2 G_{i,p}} - \frac{N_0 W + I_{D2D}}{|h_{i,s}|^2 G_{i,s}} \right]^+, P_{\max} \right)$$

[325]

[326] 여기서, $c(t)$ 는 시간 t에서 기지국(620)이 결정하는 값으로서, 하기 수학식 9와 같이 결정될 수 있다.

[327]

[수학식 9]

$$[328] \quad c(t+1) = \left[c(t) - \delta \left(I_{thr} - \sum_{i=1}^K |h_{i,p}|^2 G_{i,p} P_i(t) \right) \right]^+$$

[329]

[330] 여기서, δ 는 C 의 업데이트 속도를 결정하는 상수이다.[331] 수학식 8, 9를 참고하면, 단말기(660)에서, 단말기는 기지국으로부터 수학식 9에 정의된 $c(t+1)$ 를 수신하고, 수학식 8에 따라서 전송 전력 P_i 를 업데이트할 수 있다.[332] 분산형 전력 제어 기법(Distributed Power Control Scheme)에 따르면, 기지국(620)은 단말기(610)와 제2 단말기간의 제2 채널 상태를 알지 못하고도 $c(t)$ 를 업데이트 할 수 있다. 따라서, 단말기(610)는 매번 제2 채널 상태를 피드백하지 않아도 되며, 시그널링 오버헤드(signaling overhead)를 크게 감소시킬 수 있다.

[333] <실시예 3: 평균에 기반한 전력 제어 기법(Power Control Scheme Based on Expectation)>

[334] 평균에 기반한 전력 제어 기법에서는 실시간 채널 상태(instantaneous channel information)가 아니라, 평균 채널 상태(average channel information)에 따라서 전송 전력을 결정할 수 있다.

[335] 평균에 기반한 전력 제어 기법에 따르면, D2D 페어간의 평균 데이터 전송률이 최대화되며, 기지국으로 전송되는 간섭의 평균값이 임계값 이하로 제어된다. 수학식 1, 2, 5 등을 참고하면, 평균에 기반한 전력 제어 기법은 하기 수학식 10과 같이 표현할 수 있다.

[336]

[337] [수학식 10]

$$[338] \quad \begin{aligned} & \underset{C_{sto}}{\text{maximize}} && \mathbb{E}_{\mathbf{H}_p, \mathbf{H}_s} \left[\sum_{i=1}^K \log \left(1 + \frac{|h_{i,s}|^2 G_{i,s} P_i}{N_0 W + I_{D2D}} \right) \right] \\ & \text{s.t.} && \mathbb{E}_{\mathbf{H}_p, \mathbf{H}_s} \left[\sum_{i=1}^K |h_{i,p}|^2 G_{i,p} P_i \right] \leq I_{thr} \\ & && \min \left(\left[\frac{1}{C_{sto} |h_{i,p}|^2 G_{i,p}} - \frac{N_0 W + I_{D2D}}{|h_{i,s}|^2 G_{i,s}} \right]^+, P_{\max} \right) = P_i \end{aligned}$$

[339]

[340] 여기서, \mathbf{H}_p 는 $h_{i,p}$ 들을 원소로 하는 벡터이고, \mathbf{H}_s 는 $h_{i,s}$ 들을 원소로 하는 벡터이다. C_{sto} 는 평균값을 고려한 간섭의 정규화 비용이다.[341] 일측에 따르면, 단말기(610)은 수학식 10을 만족하는 최적의 C_{sto} 인 \hat{C}_{sto} 의 값을 하기 수학식 11에 따라서 계산할 수 있다.

[342]

[343] [수학식 11]

$$[344] \quad \mathbb{E}_{\mathbf{H}_p, \mathbf{H}_s} \left[\sum_{i=1}^K |h_{i,p}|^2 G_{i,p} \min \left(\left[\frac{1}{\hat{c}_{sto} |h_{i,p}|^2 G_{i,p}} - \frac{N_0 W + I_{D2D}}{|h_{i,s}|^2 G_{i,s}} \right]^+, P_{\max} \right) \right] = I_{thr}$$

[345]

[346] 수학식 11의 좌변은 하기 수학식 12와 같이 표현할 수 있다.

[347]

[348] [수학식 12]

$$[349] \quad \begin{aligned} & \mathbb{E}_{\mathbf{H}_p, \mathbf{H}_s} \left[\sum_{i=1}^K |h_{i,p}|^2 G_{i,p} \min \left(\left[\frac{1}{\hat{c}_{sto} |h_{i,p}|^2 G_{i,p}} - \frac{N_0 W + I_{D2D}}{|h_{i,s}|^2 G_{i,s}} \right]^+, P_{\max} \right) \right] \\ &= \sum_{i=1}^K \mathbb{E}_{\mathbf{H}_p, \mathbf{H}_s} \left[|h_{i,p}|^2 G_{i,p} \min \left(\left[\frac{1}{\hat{c}_{sto} |h_{i,p}|^2 G_{i,p}} - \frac{N_0 W + I_{D2D}}{|h_{i,s}|^2 G_{i,s}} \right]^+, P_{\max} \right) \right] \\ &= \sum_{i=1}^K \mathbb{E}_{\mathbf{H}_p, \mathbf{H}_s} \left[\frac{1}{\hat{c}_{sto}} - \frac{|h_{i,p}|^2 G_{i,p} N_0 W + I_{D2D}}{|h_{i,s}|^2 G_{i,s}} \mid 0 < \frac{1}{\hat{c}_{sto} |h_{i,p}|^2 G_{i,p}} - \frac{N_0 W + I_{D2D}}{|h_{i,s}|^2 G_{i,s}} < P_{\max} \right] \\ & \quad + \sum_{i=1}^K \mathbb{E}_{\mathbf{H}_p, \mathbf{H}_s} \left[|h_{i,p}|^2 G_{i,p} P_{\max} \mid P_{\max} \leq \frac{1}{\hat{c}_{sto} |h_{i,p}|^2 G_{i,p}} - \frac{N_0 W + I_{D2D}}{|h_{i,s}|^2 G_{i,s}} \right] \end{aligned}$$

[350]

[351] 수학식 12에서, 조건 $0 < \frac{1}{\hat{c}_{sto} |h_{i,p}|^2 G_{i,p}} - \frac{N_0 W + I_{D2D}}{|h_{i,s}|^2 G_{i,s}} < P_{\max}$ 은 하기

수학식 13과 같이 표현할 수 있다.

[352]

[353] [수학식 13]

$$[354] \quad \frac{|h_{i,s}|^2 G_{i,s}}{\hat{c}_{sto} G_{i,p} (N_0 W + I_{D2D}) + \hat{c}_{sto} P_{\max} |h_{i,s}|^2 G_{i,s} G_{i,p}} < |h_{i,p}|^2 < \frac{|h_{i,s}|^2 G_{i,s}}{\hat{c}_{sto} G_{i,p} (N_0 W + I_{D2D})}$$

[355]

[356] 유사한 방법으로, $P_{\max} \leq \frac{1}{\hat{c}_{sto} |h_{i,p}|^2 G_{i,p}} - \frac{N_0 W + I_{D2D}}{|h_{i,s}|^2 G_{i,s}}$ 는 하기 수학식

14와 같이 표현할 수 있다.

[357]

[358] [수학식 14]

$$[359] \quad |h_{i,p}|^2 \leq \frac{|h_{i,s}|^2 G_{i,s}}{\hat{c}_{sto} G_{i,p} (N_0 W + I_{D2D}) + \hat{c}_{sto} P_{\max} |h_{i,s}|^2 G_{i,s} G_{i,p}}$$

[360]

[361] 수학식 13, 14를 이용하면, 수학식 12의 첫 번째 항목은 하기 수학식 15와 같이 표현할 수 있다.

[362]

[363] [수학식 15]

[364]

$$\begin{aligned}
& \int_{y=0}^{\infty} \int_{x=\frac{yG_{i,s}}{\hat{c}_{sto}G_{i,p}(N_0W+I_{D2D})}}^{\frac{yG_{i,s}}{yG_{i,s}}} \left(\frac{1}{\hat{c}_{sto}} - \frac{xG_{i,p}(N_0W+I_{D2D})}{yG_{i,s}} \right) e^{-x} e^{-y} dx dy \\
&= \int_{y=0}^{\infty} \frac{1}{\hat{c}_{sto}} \left(e^{-\frac{yG_{i,s}}{\hat{c}_{sto}G_{i,p}(N_0W+I_{D2D})+\hat{c}_{sto}P_{\max}yG_{i,s}G_{i,p}}} - e^{-\frac{yG_{i,s}}{\hat{c}_{sto}G_{i,p}(N_0W+I_{D2D})}} \right) - \frac{G_{i,p}(N_0W+I_{D2D})}{yG_{i,s}} \\
&\quad \times \left(e^{-\frac{yG_{i,s}}{\hat{c}_{sto}G_{i,p}(N_0W+I_{D2D})+\hat{c}_{sto}P_{\max}yG_{i,s}G_{i,p}}} \left(\frac{yG_{i,s}}{\hat{c}_{sto}G_{i,p}(N_0W+I_{D2D})+\hat{c}_{sto}P_{\max}yG_{i,s}G_{i,p}} + 1 \right) \right. \\
&\quad \left. - e^{-\frac{yG_{i,s}}{\hat{c}_{sto}G_{i,p}(N_0W+I_{D2D})}} \left(\frac{yG_{i,s}}{\hat{c}_{sto}G_{i,p}(N_0W+I_{D2D})} + 1 \right) \right) dy.
\end{aligned}$$

[365]

[366] 또한, 수학식 12의 두 번째 항목은 하기 수학식 16과 같이 표현할 수 있다.

[367]

[368] [수학식 16]

[369]

$$\begin{aligned}
& \int_{y=0}^{\infty} \int_{x=0}^{\frac{yG_{i,s}}{\hat{c}_{sto}G_{i,p}(N_0W+I_{D2D})+\hat{c}_{sto}P_{\max}yG_{i,s}G_{i,p}}} xG_{i,p}P_{\max}e^{-x}e^{-y}dxdy \\
&= G_{i,p}P_{\max} \int_{y=0}^{\infty} \left(1 - \left(1 + \frac{yG_{i,s}}{\hat{c}_{sto}G_{i,p}(N_0W+I_{D2D})+\hat{c}_{sto}P_{\max}yG_{i,s}G_{i,p}} \right) \right. \\
&\quad \left. e^{-\frac{yG_{i,s}}{\hat{c}_{sto}G_{i,p}(N_0W+I_{D2D})+\hat{c}_{sto}P_{\max}yG_{i,s}G_{i,p}}} \right) e^{-y} dy
\end{aligned}$$

[370]

[371] 여기서, 단말기(610)는 최적의 \hat{c}_{sto} 는 수학식 11, 15, 16을 이용하여 계산할 수 있다.[372] 또 다른 실시예에 따르면, 단말기(610)는 \hat{c}_{sto} 의 근사값을 하기 수학식 17에 따라서 계산할 수 있다.

[373]

[374] [수학식 17]

[375]

$$\hat{c}_{sto} \approx \frac{K}{I_{thr}}$$

[376]

[377] 수학식 17을 이용하면, 단말기(610)는 D2D 페어의 개수 K와 기지국이 수신하는 간섭 신호의 총합의 임계값 I_{thr} 만을 이용하여 \hat{c}_{sto} 의 근사값을 간단히 결정할 수 있다.

[378]

[379] <실시예 4: 채널 평균값에 기반한 전력 제어 기법(Power Control Scheme Based on Averaged Channel Value)>

[380] 채널 평균값에 기반한 전력 제어 기법에 따르면, 단말기(610)는 멀티 패스 페이딩의 영향인 $h_{i,p}$, $h_{i,s}$ 을 1이라고 가정할 수 있다. 이 경우에, 간섭 비용

C_{avg} 는 하기 수학식 18에 따라서 결정될 수 있다.

[381]

[382] [수학식 18]

[383]

$$\begin{aligned} & \underset{C_{avg}}{\text{maximize}} && \sum_{i=1}^K \log \left(1 + \frac{G_{i,s} P_i}{N_0 W + I_{D2D}} \right) \\ & \text{s.t.} && \sum_{i=1}^K G_{i,p} P_i \leq I_{thr} \\ & && \min \left(\left[\frac{1}{C_{avg} G_{i,p}} - \frac{N_0 W + I_{D2D}}{G_{i,s}} \right]^+, P_{\max} \right) = P_i \end{aligned}$$

[384]

[385] 수학식 18의 최적해인 \hat{C}_{avg} 는 하기 수학식 19을 만족하는 값으로 정리할 수 있다.

[386]

[387] [수학식 19]

[388]

[389]

$$\sum_{i=1}^K G_{i,p} \min \left(\left[\frac{1}{\hat{C}_{avg} G_{i,p}} - \frac{N_0 W + I_{D2D}}{G_{i,s}} \right]^+, P_{\max} \right) = I_{thr}$$

[390]

[391] 또 다른 실시예에 따르면, 단말기(610)는 \hat{C}_{avg} 의 근사값을 하기 수학식 20에 따라서 계산할 수 있다.

[392]

[393] [수학식 20]

[394]

$$\hat{C}_{avg} \approx \frac{K}{I_{thr}}$$

[395]

[396] 수학식 20을 이용하면, 단말기(610)는 D2D 페어의 개수 K와 기지국이 수신하는 간섭 신호의 총합의 임계값 I_{thr} 만을 이용하여 \hat{C}_{avg} 의 근사값을 간단히 결정할 수 있다.

[397]

[398] 단계(670)에서, 단말기(610)는 결정된 전송 전력으로 제2 데이터를 제2 단말기로 전송할 수 있다. 일측에 따르면, 단말기(610)는 기지국(620)의 커버리지에 위치하는 제3 단말기가 제1 데이터를 기지국(620)으로 전송하는 시간동안 제2 데이터를 전송할 수 있다. 이 경우에, 단말기(610)으로부터 기지국(620)으로 간섭 신호가 전송된다. 그러나, 기지국(620)이 수신한 간섭

신호의 총 합은 임계값 이하로 유지된다.

[399]

[400]

[401] 도 7은 또 다른 예시적 실시예에 따라서 D2D 통신을 수행하는 단말기의 구조를 도시한 블록도이다. 예시적 실시예에 따른 단말기(700)는 전송 전력 결정부(710) 및 전송부(720)를 포함한다.

[402] 전송 전력 결정부(710)는 단말기(700)의 전송 전력을 결정한다. 일측에 따르면, 전송 전력 결정부(710)는 위에서 설명된 분산형 전력 제어 기법(Distributed Power Control Scheme), 평균에 기반한 전력 제어 기법(Power Control Scheme Based on Expectation) 및 채널 평균값에 기반한 전력 제어 기법(Power Control Scheme Based on Averaged Channel Value) 중에서 어느 하나의 기법에 따라서 전송 전력을 결정할 수 있다.

[403] 예를 들어, 전송 전력 결정부(710)는 분산형 전력 제어 기법에 따라서 전송 전력을 결정할 수 있다. 이 경우에, 단말기(700)는 기지국(미도시)로부터 간섭의 정규화 비용 $c(t)$ 를 수신하고, 수신된 $c(t)$ 를 수학적 식 8에 대입하여 전송 전력을 결정할 수 있다.

[404] 또 다른 실시예에 따르면, 전송 전력 결정부(710)는 평균에 기반한 전력 제어 기법에 따라서 전송 전력을 결정할 수 있다. 이 경우에, 전송 전력 결정부(710)는 수학적 식 11, 15, 16을 이용하여 최적의 \hat{c}_{sto} 를 계산하고, 계산된 \hat{c}_{sto} 를 수학적 식 10에 대입하여 전송 전력을 결정할 수 있다.

[405] 또 다른 실시예에 따르면, 전송 전력 결정부(710)는 수학적 식 17을 이용하여 \hat{c}_{sto} 의 근사값을 간단히 결정할 수 있다.

[406] 또 다른 실시예에 따르면, 전송 전력 결정부(710)는 채널 평균값에 기반한 전력 제어 기법에 따라서 전송 전력을 결정할 수 있다. 이 경우에, 전송 전력 결정부(710)는 수학적 식 19에 따라서 간섭 비용 \hat{c}_{avg} 를 계산하고, 계산된 \hat{c}_{avg} 를 수학적 식 18에 대입하여 전송 전력을 결정할 수 있다.

[407] 또 다른 실시예에 따르면, 전송 전력 결정부(710)는 수학적 식 20을 이용하여 \hat{c}_{avg} 의 근사값을 간단히 결정할 수 있다.

[408]

[409] 전송부(720)는 결정된 전송 전력에 따라서 제2 데이터를 제2 단말기(630)로 전송한다. 일측에 따르면, 전송부(720)는 기지국의 커버리지에 위치하는 제3 단말기가 제1 데이터를 기지국으로 전송하는 시간 동안 제2 데이터를 전송할 수 있다. 이 경우에, 전송부(720)로부터 기지국으로 간섭 신호가 전송된다. 그러나, 기지국이 수신한 간섭 신호의 총 합은 임계값 이하로 유지된다.

[410]

[411] 도 8은 또 다른 예시적 실시예에 따라서 D2D 통신을 수행하는 단말기의 동작

방법을 단계별로 설명한 순서도이다.

- [412] 단계(810)에서, 단말기는 전송 전력을 결정한다. 일측에 따르면, 단말기는 위에서 설명된 분산형 전력 제어 기법(Distributed Power Control Scheme), 평균에 기반한 전력 제어 기법(Power Control Scheme Based on Expectation) 및 채널 평균값에 기반한 전력 제어 기법(Power Control Scheme Based on Averaged Channel Value) 중에서 어느 하나의 기법에 따라서 전송 전력을 결정할 수 있다.
- [413] 예를 들어, 단말기는 분산형 전력 제어 기법에 따라서 전송 전력을 결정할 수 있다. 이 경우에, 단말기는 기지국(미도시)로부터 간섭의 정규화 비용 $c(t)$ 를 수신하고, 수신된 $c(t)$ 를 수학식 8에 대입하여 전송 전력을 결정할 수 있다.
- [414] 또 다른 실시예에 따르면, 단말기는 평균에 기반한 전력 제어 기법에 따라서 전송 전력을 결정할 수 있다. 이 경우에, 단말기는 수학식 11, 15, 16을 이용하여 최적의 \hat{C}_{sto} 를 계산하고, 계산된 \hat{C}_{sto} 를 수학식 10에 대입하여 전송 전력을 결정할 수 있다. 또 다른 실시예에 따르면, 단말기는 수학식 17을 이용하여 \hat{C}_{sto} 의 근사값을 간단히 결정할 수 있다.
- [415] 또 다른 실시예에 따르면, 단말기는 채널 평균값에 기반한 전력 제어 기법에 따라서 전송 전력을 결정할 수 있다. 이 경우에, 단말기는 수학식 19에 따라서 간섭 비용 \hat{C}_{avg} 를 계산하고, 계산된 \hat{C}_{avg} 를 수학식 18에 대입하여 전송 전력을 결정할 수 있다. 또 다른 실시예에 따르면, 단말기는 수학식 20을 이용하여 \hat{C}_{avg} 의 근사값을 간단히 결정할 수 있다.
- [416] 단계(820)에서, 단말기는 결정된 전송 전력에 따라서 제2 데이터를 제2 단말기로 전송한다. 일측에 따르면, 단말기는 기지국의 커버리지에 위치하는 제3 단말기가 제1 데이터를 기지국으로 전송하는 시간 동안 제2 데이터를 전송할 수 있다. 이 경우에, 단말기로부터 기지국으로 간섭 신호가 전송된다. 그러나, 기지국이 수신한 간섭 신호의 총 합은 임계값 이하로 유지된다.
- [417]
- [418] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해

만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 상기된 하드웨어 장치는 실시예의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

[419]

[420] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

[421] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

산업상 이용가능성

[422] 단말간 통신(D2D: Device-to-Device)에 있어 전송 전력을 결정하는 기법에 개시된다. 개시된 전송 전력 기법에 따르면, 단말간 통신의 데이터 전송률을 최대한으로 향상시키면서도, 단말기로부터 기지국으로 전송되는 간섭 신호의 총합은 임계값 이하로 제어할 수 있다.

청구범위

- [청구항 1] 기지국의 커버리지 내에 위치하는 단말기에 있어서,
 상기 기지국의 커버리지 내에 위치하는 제3 단말기가 상기
 기지국으로 제1 데이터를 전송하는 시간 동안 상기 단말기와
 페어링된 제2 단말기로 상기 단말기로부터 상기 기지국까지의 제1
 채널 상태를 고려하여 결정된 전송 전력으로 제2 데이터를 직접
 전송하는 전송부
 를 포함하는 단말기.
- [청구항 2] 제1항에 있어서,
 상기 제2 단말기로부터 상기 단말기까지의 제2 채널 상태를
 추정하는 채널 상태 추정부; 및
 수신부
 를 더 포함하고,
 상기 전송부는 상기 제2 채널 상태를 상기 기지국으로 전송하고
 상기 수신부는 상기 제2 채널 상태를 추가적으로 고려하여 결정된
 전송 전력을 상기 기지국으로부터 수신하는 단말기.
- [청구항 3] 제1항에 있어서,
 상기 전송 전력을 하기 수학식 1에 따라서 업데이트하여 결정하는
 전송 전력 결정부
 를 더 포함하는 단말기.

[수학식 1]

$$\tilde{P}_i(t+1) = \min \left(\left[\frac{1}{c(t)|h_{i,p}|^2 G_{i,p}} - \frac{N_0 W + I_{D2D}}{|h_{i,s}|^2 G_{i,s}} \right]^+, P_{\max} \right)$$

여기서, $\tilde{P}_i(t+1)$ 는 업데이트된 전송 전력의 값이고, $c(t)$ 는 하기
 수학식 2와 같이 업데이트된다. $|h_{i,p}|^2 G_{i,p}$ 는 제1 채널 상태로서,
 $h_{i,p}$ 는 단말기로부터 기지국까지 채널의 멀티 패스 페이딩
 채널의 영향이고, $G_{i,p}$ 는 단말기로부터 기지국까지의 거리에
 따른 채널 이득이다. $|h_{i,s}|^2 G_{i,s}$ 는 상기 제2 단말기로부터 상기
 단말기까지의 채널 상태인 제2 채널 상태로서, $h_{i,s}$ 는 상기
 단말기로부터 상기 제2 단말기까지 채널의 멀티 패스 페이딩
 채널의 영향이고, $G_{i,s}$ 는 상기 제2 단말기로부터 상기
 단말기까지의 거리에 따른 채널 이득이다. $N_0 W$ 는 열잡음의
 전력이고, I_{D2D} 는 단말기로부터 기지국으로 전송되는 간섭의

세기이고, P_{\max} 는 단말기의 최대 전송 전력이다. $[\]^+$ 는 $[\]$ 내부의 값과 '0' 중에서 더 큰 값을 나타낸다.

[수학식 2]

$$c(t+1) = \left[c(t) - \delta \left(I_{thr} - \sum_{i=1}^K |h_{i,p}|^2 G_{i,p} P_i(t) \right) \right]^+$$

여기서, $c(t+1)$ 는 업데이트된 $c(t)$ 의 값이며, I_{thr} 는 상기 기지국이 수신하는 간섭 신호의 총합의 임계값이다. K 는 기지국으로 간섭을 전송하는 단말기들의 개수이고, $P_i(t)$ 는 이전 전송 전력의 값이다. δ 는 임의의 상수이다.

[청구항 4]

제1항에 있어서,

상기 전송 전력을 하기 수학식 3에 따라서 결정하는 전송 전력 결정부

를 더 포함하는 단말기.

[수학식 3]

$$P_i = \min \left(\left[\frac{1}{\hat{c}_{sto} |h_{i,p}|^2 G_{i,p}} - \frac{N_0 W + I_{D2D}}{|h_{i,s}|^2 G_{i,s}} \right]^+, P_{\max} \right)$$

여기서, \hat{c}_{sto} 는 하기 수학식 4에 따라서 결정된다. $|h_{i,p}|^2 G_{i,p}$ 는 제1 채널 상태로서, $h_{i,p}$ 는 단말기로부터 기지국까지 채널의 멀티패스 페이딩 채널의 영향이고, $G_{i,p}$ 는 단말기로부터 기지국까지의 거리에 따른 채널 이득이다. $|h_{i,s}|^2 G_{i,s}$ 는 상기 제2 단말기로부터 상기 단말기까지의 채널 상태인 제2 채널 상태로서, $h_{i,s}$ 는 상기 단말기로부터 상기 제2 단말기까지 채널의 멀티패스 페이딩 채널의 영향이고, $G_{i,p}$ 는 상기 제2 단말기로부터 상기 단말기까지의 거리에 따른 채널 이득이다. $N_0 W$ 는 열잡음의 전력이고, I_{D2D} 는 단말기로부터 기지국으로 전송되는 간섭의 세기이고, P_{\max} 는 단말기의 최대 전송 전력이다. $[\]^+$ 는 $[\]$ 내부의 값과 '0' 중에서 더 큰 값을 나타낸다.

[수학식 4]

$$\int_{y=0}^{\infty} \frac{1}{\hat{c}_{sto}} \left(e^{-\frac{y G_{i,s}}{\hat{c}_{sto} G_{i,p} (N_0 W + I_{D2D}) + \hat{c}_{sto} P_{\max} y G_{i,s} G_{i,p}}} - e^{-\frac{y G_{i,s}}{\hat{c}_{sto} G_{i,p} (N_0 W + I_{D2D})}} \right) - \frac{G_{i,p} (N_0 W + I_{D2D})}{y G_{i,s}} \\ \times \left(e^{-\frac{y G_{i,s}}{\hat{c}_{sto} G_{i,p} (N_0 W + I_{D2D}) + \hat{c}_{sto} P_{\max} y G_{i,s} G_{i,p}}} \left(\frac{y G_{i,s}}{\hat{c}_{sto} G_{i,p} (N_0 W + I_{D2D}) + \hat{c}_{sto} P_{\max} y G_{i,s} G_{i,p}} + 1 \right) \right. \\ \left. - e^{-\frac{y G_{i,s}}{\hat{c}_{sto} G_{i,p} (N_0 W + I_{D2D})}} \left(\frac{y G_{i,s}}{\hat{c}_{sto} G_{i,p} (N_0 W + I_{D2D})} + 1 \right) \right) dy$$

$$\begin{aligned}
& \int_{y=0}^{\infty} \int_{x=0}^{\frac{yG_{i,s}}{\hat{c}_{sto}G_{i,p}(N_0W+I_{D2D})+\hat{c}_{sto}P_{\max}yG_{i,s}G_{i,p}}} xG_{i,p}P_{\max}e^{-x}e^{-y}dxdy \\
& G_{i,p}P_{\max} \int_{y=0}^{\infty} \left(1 - \left(1 + \frac{yG_{i,s}}{\hat{c}_{sto}G_{i,p}(N_0W+I_{D2D})+\hat{c}_{sto}P_{\max}yG_{i,s}G_{i,p}} \right) \right. \\
& \left. e^{-\frac{yG_{i,s}}{\hat{c}_{sto}G_{i,p}(N_0W+I_{D2D})+\hat{c}_{sto}P_{\max}yG_{i,s}G_{i,p}}} \right) e^{-y}dy \\
& + \\
& = I_{thr}
\end{aligned}$$

여기서, I_{thr} 는 상기 기지국이 수신하는 간섭 신호의 총합의 임계값이다.

[청구항 5]

제1항에 있어서,

상기 전송 전력을 하기 수학식 5에 따라서 결정하는 전송 전력 결정부

를 더 포함하는 단말기.

[수학식 5]

$$P_i = \min \left(\left[\frac{1}{\hat{c}_{sto}|h_{i,p}|^2G_{i,p}} - \frac{N_0W+I_{D2D}}{|h_{i,s}|^2G_{i,s}} \right]^+, P_{\max} \right)$$

여기서, \hat{c}_{sto} 는 하기 수학식 6에 따라서 결정된다. $|h_{i,p}|^2G_{i,p}$ 는 제1 채널 상태로서, $h_{i,p}$ 는 단말기로부터 기지국까지 채널의 멀티패스 페이딩 채널의 영향이고, $G_{i,p}$ 는 단말기로부터

기지국까지의 거리에 따른 채널 이득이다. $|h_{i,s}|^2G_{i,s}$ 는 상기 제2

단말기로부터 상기 단말기까지의 채널 상태인 제2 채널 상태로서, $h_{i,s}$ 는 상기 단말기로부터 상기 제2 단말기까지 채널의 멀티

패스 페이딩 채널의 영향이고, $G_{i,s}$ 는 상기 제2 단말기로부터

상기 단말기까지의 거리에 따른 채널 이득이다. N_0W 는

열잡음의 전력이고, I_{D2D} 는 단말기로부터 기지국으로 전송되는

간섭의 세기이고, P_{\max} 는 단말기의 최대 전송 전력이다. $[\]^+$ 는

$[\]$ 내부의 값과 '0' 중에서 더 큰 값을 나타낸다.

[수학식 6]

$$\hat{c}_{sto} \approx \frac{K}{I_{thr}}$$

여기서, K 는 상기 기지국의 커버리지 내에 위치하며 서로 직접 데이터를 전송하는 단말기들(D2D 단말기 페어)의 개수를

[청구항 6]

나타낸다.

제1항에 있어서,

상기 전송 전력을 하기 수학식 7에 따라서 결정하는 전송 전력 결정부

를 더 포함하는 단말기.

[수학식 7]

$$P_i = \min \left(\left[\frac{1}{\hat{c}_{avg} G_{i,p}} - \frac{N_0 W + I_{D2D}}{G_{i,s}} \right]^+, P_{\max} \right)$$

여기서, \hat{c}_{avg} 는 하기 수학식 8에 따라서 결정된다. $|h_{i,p}|^2 G_{i,p}$ 는 제1 채널 상태로서, $h_{i,p}$ 는 단말기로부터 기지국까지 채널의 멀티패스 페이딩 채널의 영향이고, $G_{i,p}$ 는 단말기로부터 기지국까지의 거리에 따른 채널 이득이다. $|h_{i,s}|^2 G_{i,s}$ 는 상기 제2 단말기로부터 상기 단말기까지의 채널 상태인 제2 채널 상태로서, $h_{i,s}$ 는 상기 단말기로부터 상기 제2 단말기까지 채널의 멀티패스 페이딩 채널의 영향이고, $G_{i,s}$ 는 상기 제2 단말기로부터 상기 단말기까지의 거리에 따른 채널 이득이다. \hat{c}_{avg} 는 열잡음의 전력이고, I_{D2D} 는 단말기로부터 기지국으로 전송되는 간섭의 세기이고, P_{\max} 는 단말기의 최대 전송 전력이다. $[\]^+$ 는 $[\]$ 내부의 값과 '0' 중에서 더 큰 값을 나타낸다.

[수학식 8]

$$\sum_{i=1}^K G_{i,p} \min \left(\left[\frac{1}{\hat{c}_{avg} G_{i,p}} - \frac{N_0 W + I_{D2D}}{G_{i,s}} \right]^+, P_{\max} \right) = I_{thr}$$

여기서, I_{thr} 는 상기 기지국이 수신하는 간섭 신호의 총합의 임계값이다.

[청구항 7]

제1항에 있어서,

상기 전송 전력을 하기 수학식 9에 따라서 결정하는 전송 전력 결정부

를 더 포함하는 단말기.

[수학식 9]

$$P_i = \min \left(\left[\frac{1}{\hat{c}_{avg} G_{i,p}} - \frac{N_0 W + I_{D2D}}{G_{i,s}} \right]^+, P_{\max} \right)$$

\hat{C}_{avg} 는 하기 수학적 식 10에 따라서 결정된다. $|h_{i,p}|^2 G_{i,p}$ 는 제1 채널 상태로서, $h_{i,p}$ 는 단말기로부터 기지국까지 채널의 멀티패스 페이딩 채널의 영향이고, $G_{i,p}$ 는 단말기로부터 기지국까지의 거리에 따른 채널 이득이다. $|h_{i,s}|^2 G_{i,s}$ 는 상기 제2 단말기로부터 상기 단말기까지의 채널 상태인 제2 채널 상태로서, $h_{i,s}$ 는 상기 단말기로부터 상기 제2 단말기까지 채널의 멀티패스 페이딩 채널의 영향이고, $G_{i,s}$ 는 상기 제2 단말기로부터 상기 단말기까지의 거리에 따른 채널 이득이다. $N_0 W$ 는 열잡음의 전력이고, I_{D2D} 는 단말기로부터 기지국으로 전송되는 간섭의 세기이고, P_{max} 는 단말기의 최대 전송 전력이다. $[\]^+$ 는 $[\]$ 내부의 값과 '0' 중에서 더 큰 값을 나타낸다.

[수학적 식 10]

$$P_i(k+1) = \min \left(\frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{N_0 W}{|h_{i,p}|^2 G_{i,p}} + \frac{N_0 W}{|h_{i,s}|^2 G_{i,s}}}, P_{max} \right)$$

여기서, K 는 상기 기지국의 커버리지 내에 위치하며 서로 직접 데이터를 전송하는 단말기들(D2D 단말기 페어)의 개수를 나타낸다.

[청구항 8]

커버리지 내에 위치한 단말기들이 서로 데이터를 직접 전송하는 기지국에 있어서,
 상기 단말기들 중에서 제1 단말기로부터 파일럿 신호를 수신하는 파일럿 수신부;
 상기 수신한 파일럿 신호를 이용하여 상기 제1 단말기로부터 상기 기지국까지의 제1 채널 상태를 추정하는 채널 상태 추정부;
 상기 제1 단말기로부터 상기 단말기들에 포함된 제2 단말기까지의 제2 채널 상태를 상기 제1 단말기로부터 수신하는 채널 상태 수신부;
 상기 제1 채널 상태 및 상기 제2 채널 상태를 고려하여 상기 제1 단말기에 대한 전송 전력을 결정하는 전송 전력 결정부; 및
 상기 결정된 전송 전력을 상기 제1 단말기로 전송하는 전송부를 포함하고,
 상기 기지국의 커버리지 내에 위치하는 제3 단말기가 상기 기지국으로 제1 데이터를 전송하는 시간 동안, 상기 전송된 전송 전력에 따라서 상기 제1 단말기는 상기 제2 단말기로 제2 데이터를

[청구항 9]

직접 전송하는 기지국.

제8항에 있어서,

상기 전송 전력 결정부는 하기 수학식 11 및 하기 수학식 12에 따라서 상기 전송 전력을 결정하는 기지국.

[수학식 11]

$$\eta = \frac{|\mathbf{K}| - |\mathbf{K}_0| - |\mathbf{K}_{\max}|}{I_{thr} + \sum_{i \in \mathbf{K}, i \notin \{\mathbf{K}_{\max} \cup \mathbf{K}_0\}} \frac{N_0 W + I_{D2D} |h_{i,p}|^2 G_{i,p}}{|h_{i,s}|^2 G_{i,s}} - \sum_{i \in \mathbf{K}_{\max}} P_{\max} |h_{i,p}|^2 G_{i,p}}$$

여기서, I_{thr} 는 상기 기지국이 수신하는 간섭 신호의 총합의 임계값이다.

\mathbf{K}_0 는 전송 전력 P_i 의 값이 0인 단말기들의 집합이고, \mathbf{K}_{\max} 는 전송 전력 P_i 의 값이 P_{\max} 인 단말기들의 집합이다.

$|h_{i,p}|^2 G_{i,p}$ 는 제1 채널 상태로서, $h_{i,p}$ 는 단말기로부터 기지국까지 채널의 멀티 패스 페이딩 채널의 영향이고, $G_{i,p}$ 는 단말기로부터 기지국까지의 거리에 따른 채널 이득이다.

$|h_{i,s}|^2 G_{i,s}$ 는 상기 제2 단말기로부터 상기 단말기까지의 채널 상태인 제2 채널 상태로서, $h_{i,s}$ 는 상기 단말기로부터 상기 제2 단말기까지 채널의 멀티 패스 페이딩 채널의 영향이고, $G_{i,s}$ 는 상기 제2 단말기로부터 상기 단말기까지의 거리에 따른 채널 이득이다. $N_0 W$ 는 열잡음의 전력이고, I_{D2D} 는 단말기로부터 기지국으로 전송되는 간섭의 세기이고, P_{\max} 는 단말기의 최대 전송 전력이다. $[\]^+$ 는 $[\]$ 내부의 값과 '0' 중에서 더 큰 값을 나타낸다.

[수학식 12]

$$\hat{P}_i = \min \left(\left[\frac{1}{\eta |h_{i,p}|^2 G_{i,p}} - \frac{N_0 W + I_{D2D}}{|h_{i,s}|^2 G_{i,s}} \right]^+, P_{\max} \right)$$

[청구항 10]

제9항에 있어서,

상기 전송 전력 결정부는 상기 결정된 전송 전력이 하기 수학식 13을 만족할 때까지 상기 수학식 11 및 상기 수학식 12를 반복하여 상기 전송 전력을 업데이트하는 기지국.

[수학식 13]

$$0 \leq \eta$$

$$0 \leq -\frac{|h_{i,s}|^2 G_{i,s}}{N_0 W + I_{D2D}} + \eta |h_{i,p}|^2 G_{i,p}, \quad \forall i \in \mathbf{K}_0$$

$$0 \leq \frac{|h_{i,s}|^2 G_{i,s}}{N_0 W + I_{D2D} + |h_{i,s}|^2 G_{i,s} P_{\max}} - \eta |h_{i,p}|^2 G_{i,p}, \quad \forall i \in \mathbf{K}_{\max}$$

[청구항 11]

기지국의 커버리지 내에 위치하는 단말기의 동작 방법에 있어서, 상기 기지국의 커버리지 내에 위치하는 제3 단말기가 상기 기지국으로 제1 데이터를 전송하는 시간 동안 상기 단말기와 페어링된 제2 단말기로 상기 단말기로부터 상기 기지국까지의 제1 채널 상태를 고려하여 결정된 전송 전력으로 제2 데이터를 직접 전송하는 단계를 포함하는 단말기의 동작 방법.

[청구항 12]

제11항에 있어서, 상기 제2 단말기로부터 상기 단말기까지의 제2 채널 상태를 추정하는 단계; 상기 전송부는 상기 제2 채널 상태를 상기 기지국으로 전송하는 단계; 및 상기 제2 채널 상태를 추가적으로 고려하여 결정된 전송 전력을 상기 기지국으로부터 수신하는 단계를 더 포함하는 단말기의 동작 방법.

[청구항 13]

제11항에 있어서, 하기 수학적 식 14에 따라서 상기 전송 전력을 업데이트하여 결정하는 단계를 더 포함하는 단말기의 동작 방법.

[수학적 식 14]

$$\tilde{P}_i(t+1) = \min \left(\left[\frac{1}{c(t)|h_{i,p}|^2 G_{i,p}} - \frac{N_0 W + I_{D2D}}{|h_{i,s}|^2 G_{i,s}} \right]^+, P_{\max} \right)$$

여기서, $\tilde{P}_i(t+1)$ 는 업데이트된 전송 전력의 값이고, $c(t)$ 는 하기 수학적 식 15와 같이 업데이트된다. $|h_{i,p}|^2 G_{i,p}$ 는 제1 채널 상태로서, $h_{i,p}$ 는 단말기로부터 기지국까지 채널의 멀티 패스 페이딩 채널의 영향이고, $G_{i,p}$ 는 단말기로부터 기지국까지의 거리에 따른 채널 이득이다. $|h_{i,s}|^2 G_{i,s}$ 는 상기 제2 단말기로부터 상기 단말기까지의 채널 상태인 제2 채널 상태로서, $h_{i,s}$ 는 상기 단말기로부터 상기 제2 단말기까지 채널의 멀티 패스 페이딩 채널의 영향이고, $G_{i,s}$ 는 상기 제2 단말기로부터 상기

단말기까지의 거리에 따른 채널 이득이다. N_0W 는 열잡음의 전력이고, I_{D2D} 는 단말기로부터 기지국으로 전송되는 간섭의 세기이고, P_{\max} 는 단말기의 최대 전송 전력이다. $[\]^+$ 는 $[\]$ 내부의 값과 '0' 중에서 더 큰 값을 나타낸다.

[수학식 15]

$$c(t+1) = \left[c(t) - \delta \left(I_{thr} - \sum_{i=1}^K |h_{i,p}|^2 G_{i,p} P_i(t) \right) \right]^+$$

여기서, $c(t+1)$ 는 업데이트된 $c(t)$ 의 값이며, I_{thr} 는 상기 기지국이 수신하는 간섭 신호의 총합의 임계값이다. K 는 기지국으로 간섭을 전송하는 단말기들의 개수이고, $P_i(t)$ 는 이전 전송 전력의 값이다. δ 는 임의의 상수이다.

[청구항 14]

제11항에 있어서,
상기 수학식 16에 따라서 상기 전송 전력을 결정하는 단계를 더 포함하는 단말기의 동작 방법.

[수학식 16]

$$\hat{P}_i = \min \left(\left[\frac{1}{\eta |h_{i,p}|^2 G_{i,p}} - \frac{N_0W + I_{D2D}}{|h_{i,s}|^2 G_{i,s}} \right]^+, P_{\max} \right)$$

여기서, \hat{C}_{sto} 는 상기 수학식 17에 따라서 결정된다. $|h_{i,p}|^2 G_{i,p}$ 는 제1 채널 상태로서, $h_{i,p}$ 는 단말기로부터 기지국까지 채널의 멀티 패스 페이딩 채널의 영향이고, $G_{i,p}$ 는 단말기로부터 기지국까지의 거리에 따른 채널 이득이다. $|h_{i,s}|^2 G_{i,s}$ 는 상기 제2 단말기로부터 상기 단말기까지의 채널 상태인 제2 채널 상태로서, $h_{i,s}$ 는 상기 단말기로부터 상기 제2 단말기까지 채널의 멀티 패스 페이딩 채널의 영향이고, $G_{i,s}$ 는 상기 제2 단말기로부터 상기 단말기까지의 거리에 따른 채널 이득이다. N_0W 는 열잡음의 전력이고, I_{D2D} 는 단말기로부터 기지국으로 전송되는 간섭의 세기이고, P_{\max} 는 단말기의 최대 전송 전력이다. $[\]^+$ 는 $[\]$ 내부의 값과 '0' 중에서 더 큰 값을 나타낸다.

[수학식 17]

$$\begin{aligned}
& \int_{y=0}^{\infty} \frac{1}{\hat{c}_{sto}} \left(e^{-\frac{yG_{i,s}}{\hat{c}_{sto}G_{i,p}(N_0W+I_{D2D})+\hat{c}_{sto}P_{\max}yG_{i,s}G_{i,p}}} - e^{-\frac{yG_{i,s}}{\hat{c}_{sto}G_{i,p}(N_0W+I_{D2D})}} \right) - \frac{G_{i,p}(N_0W+I_{D2D})}{yG_{i,s}} \\
& \times \left(e^{-\frac{yG_{i,s}}{\hat{c}_{sto}G_{i,p}(N_0W+I_{D2D})+\hat{c}_{sto}P_{\max}yG_{i,s}G_{i,p}}} \left(\frac{yG_{i,s}}{\hat{c}_{sto}G_{i,p}(N_0W+I_{D2D})+\hat{c}_{sto}P_{\max}yG_{i,s}G_{i,p}} + 1 \right) \right. \\
& \left. - e^{-\frac{yG_{i,s}}{\hat{c}_{sto}G_{i,p}(N_0W+I_{D2D})}} \left(\frac{yG_{i,s}}{\hat{c}_{sto}G_{i,p}(N_0W+I_{D2D})} + 1 \right) \right) dy \\
& \int_{y=0}^{\infty} \int_{x=0}^{\frac{yG_{i,s}}{\hat{c}_{sto}G_{i,p}(N_0W+I_{D2D})+\hat{c}_{sto}P_{\max}yG_{i,s}G_{i,p}}} xG_{i,p}P_{\max}e^{-x}e^{-y}dxdy \\
& G_{i,p}P_{\max} \int_{y=0}^{\infty} \left(1 - \left(1 + \frac{yG_{i,s}}{\hat{c}_{sto}G_{i,p}(N_0W+I_{D2D})+\hat{c}_{sto}P_{\max}yG_{i,s}G_{i,p}} \right) \right. \\
& \left. e^{-\frac{yG_{i,s}}{\hat{c}_{sto}G_{i,p}(N_0W+I_{D2D})+\hat{c}_{sto}P_{\max}yG_{i,s}G_{i,p}}} \right) e^{-y}dy \\
& + \\
& = I_{thr}
\end{aligned}$$

여기서, I_{thr} 는 상기 기지국이 수신하는 간섭 신호의 총합의 임계값이다.

[청구항 15]

제11항에 있어서,

하기 수학식 18에 따라서 상기 전송 전력을 결정하는 단계를 더 포함하는 단말기의 동작 방법.

[수학식 18]

$$P_i = \min \left(\left[\frac{1}{\hat{c}_{sto}|h_{i,p}|^2G_{i,p}} - \frac{N_0W+I_{D2D}}{|h_{i,s}|^2G_{i,s}} \right]^+, P_{\max} \right)$$

여기서, \hat{c}_{sto} 는 하기 수학식 19에 따라서 결정된다. $|h_{i,p}|^2G_{i,p}$ 는 제1 채널 상태로서, $h_{i,p}$ 는 단말기로부터 기지국까지 채널의 멀티패스 페이딩 채널의 영향이고, $G_{i,p}$ 는 단말기로부터 기지국까지의 거리에 따른 채널 이득이다. $|h_{i,s}|^2G_{i,s}$ 는 상기 제2 단말기로부터 상기 단말기까지의 채널 상태인 제2 채널 상태로서, $h_{i,s}$ 는 상기 단말기로부터 상기 제2 단말기까지 채널의 멀티패스 페이딩 채널의 영향이고, $G_{i,s}$ 는 상기 제2 단말기로부터 상기 단말기까지의 거리에 따른 채널 이득이다. N_0W 는 열잡음의 전력이고, I_{D2D} 는 단말기로부터 기지국으로 전송되는 간섭의 세기이고, P_{\max} 는 단말기의 최대 전송 전력이다. $[\]^+$ 는 $[\]$ 내부의 값과 '0' 중에서 더 큰 값을 나타낸다.

[수학식 19]

$$\hat{C}_{sto} \approx \frac{K}{I_{thr}}$$

여기서, K 는 상기 기지국의 커버리지 내에 위치하며 서로 직접 데이터를 전송하는 단말기들(D2D 단말기 페어)의 개수를 나타낸다.

[청구항 16]

제11항에 있어서,

하기 수학적 식 20에 따라서 상기 전송 전력을 결정하는 단계를 더 포함하는 단말기의 동작 방법.

[수학적 식 20]

$$P_i = \min \left(\left[\frac{1}{\hat{c}_{avg} G_{i,p}} - \frac{N_0 W + I_{D2D}}{G_{i,s}} \right]^+, P_{max} \right)$$

여기서, \hat{c}_{avg} 는 하기 수학적 식 21에 따라서 결정된다. $|h_{i,p}|^2 G_{i,p}$ 는 제1 채널 상태로서, $h_{i,p}$ 는 단말기로부터 기지국까지 채널의 멀티패스 페이딩 채널의 영향이고, $G_{i,p}$ 는 단말기로부터 기지국까지의 거리에 따른 채널 이득이다. $|h_{i,s}|^2 G_{i,s}$ 는 상기 제2 단말기로부터 상기 단말기까지의 채널 상태인 제2 채널 상태로서, $h_{i,s}$ 는 상기 단말기로부터 상기 제2 단말기까지 채널의 멀티패스 페이딩 채널의 영향이고, $h_{i,p}$ 는 상기 제2 단말기로부터 상기 단말기까지의 거리에 따른 채널 이득이다. $N_0 W$ 는 열잡음의 전력이고, I_{D2D} 는 단말기로부터 기지국으로 전송되는 간섭의 세기이고, P_{max} 는 단말기의 최대 전송 전력이다. $[\]^+$ 는 $[\]$ 내부의 값과 '0' 중에서 더 큰 값을 나타낸다.

[수학적 식 21]

$$\sum_{i=1}^K G_{i,p} \min \left(\left[\frac{1}{\hat{c}_{avg} G_{i,p}} - \frac{N_0 W + I_{D2D}}{G_{i,s}} \right]^+, P_{max} \right) = I_{thr}$$

여기서, I_{thr} 는 상기 기지국이 수신하는 간섭 신호의 총합의 임계값이다.

[청구항 17]

제11항에 있어서,

하기 수학적 식 22에 따라서 상기 전송 전력을 결정하는 단계를 더 포함하는 단말기의 동작 방법.

[수학적 식 22]

$$P_i = \min \left(\left[\frac{1}{\hat{c}_{avg} G_{i,p}} - \frac{N_0 W + I_{D2D}}{G_{i,s}} \right]^+, P_{\max} \right)$$

여기서, \hat{c}_{avg} 는 하기 수학적 식 23에 따라서 결정된다. $|h_{i,p}|^2 G_{i,p}$ 는 제1 채널 상태로서, $h_{i,p}$ 는 단말기로부터 기지국까지 채널의 멀티 패스 페이딩 채널의 영향이고, $G_{i,p}$ 는 단말기로부터 기지국까지의 거리에 따른 채널 이득이다. $|h_{i,s}|^2 G_{i,s}$ 는 상기 제2 단말기로부터 상기 단말기까지의 채널 상태인 제2 채널 상태로서, $h_{i,s}$ 는 상기 단말기로부터 상기 제2 단말기까지 채널의 멀티 패스 페이딩 채널의 영향이고, $G_{i,s}$ 는 상기 제2 단말기로부터 상기 단말기까지의 거리에 따른 채널 이득이다. $N_0 W$ 는 열잡음의 전력이고, I_{D2D} 는 단말기로부터 기지국으로 전송되는 간섭의 세기이고, P_{\max} 는 단말기의 최대 전송 전력이다. $[\]^+$ 는 $[\]$ 내부의 값과 '0' 중에서 더 큰 값을 나타낸다.

[수학적 식 23]

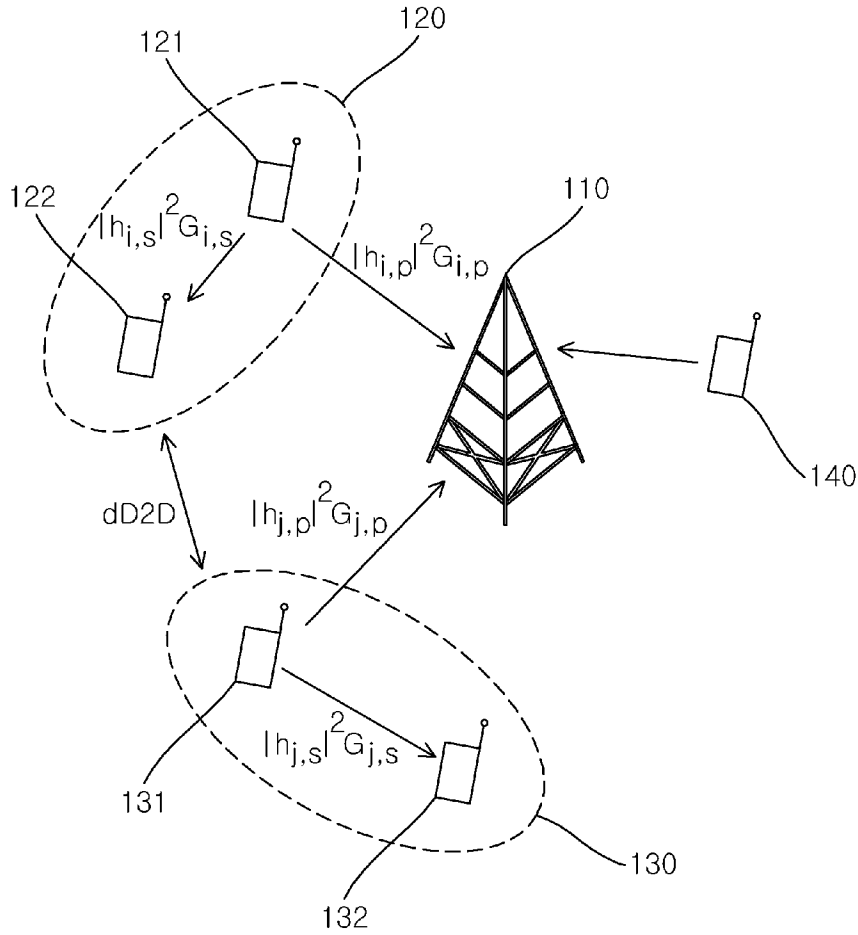
$$\hat{c}_{avg} \approx \frac{K}{I_{thr}}$$

여기서, K 는 상기 기지국의 커버리지 내에 위치하며 서로 직접 데이터를 전송하는 단말기들(D2D 단말기 페어)의 개수를 나타낸다.

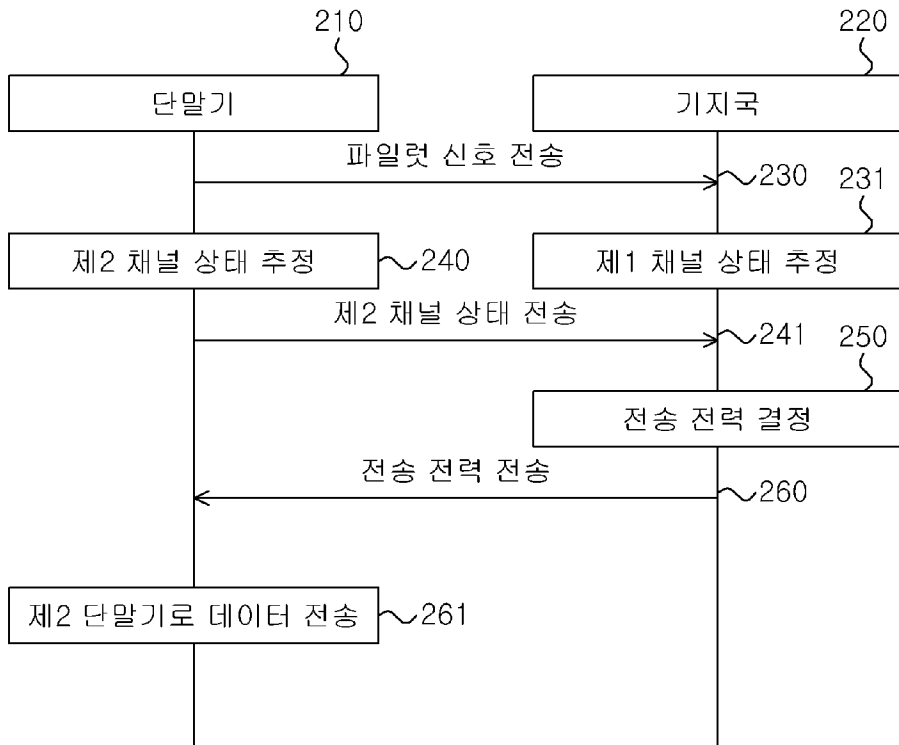
[청구항 18]

제11항 내지 제17항 중에서 어느 하나의 항의 방법을 실행시키기 위한 프로그램이 기록된 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체.

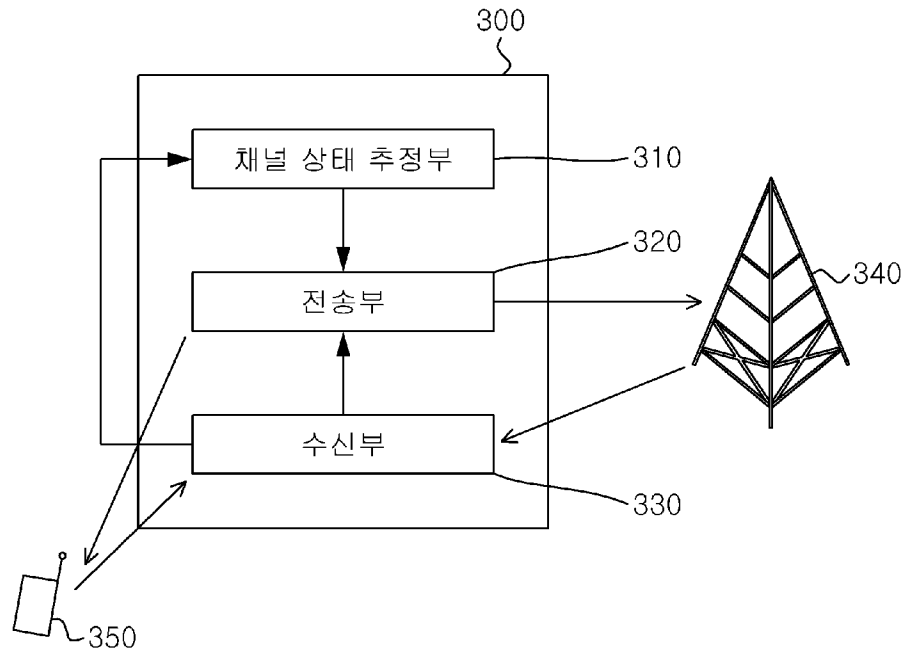
[Fig. 1]



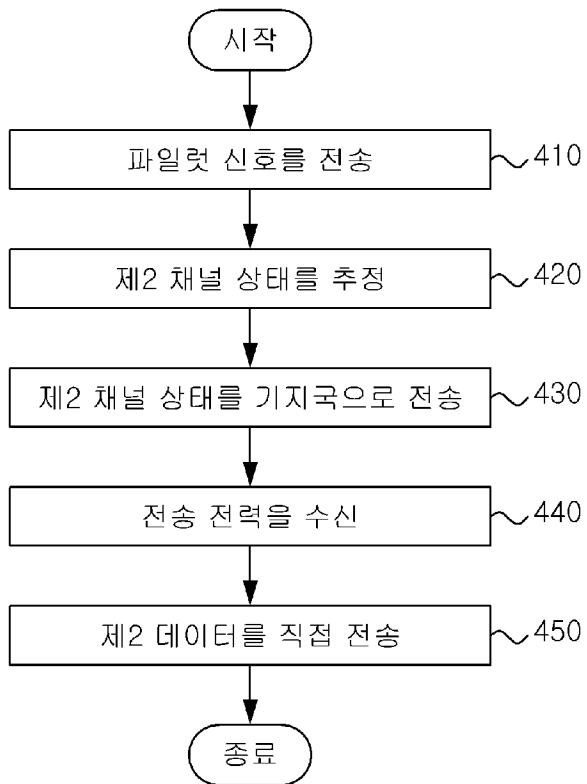
[Fig. 2]



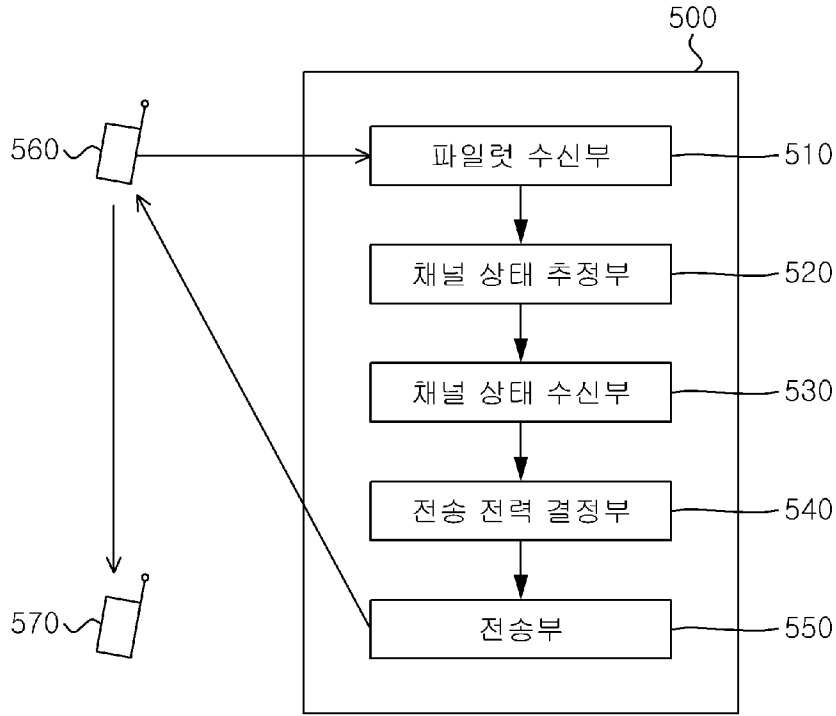
[Fig. 3]



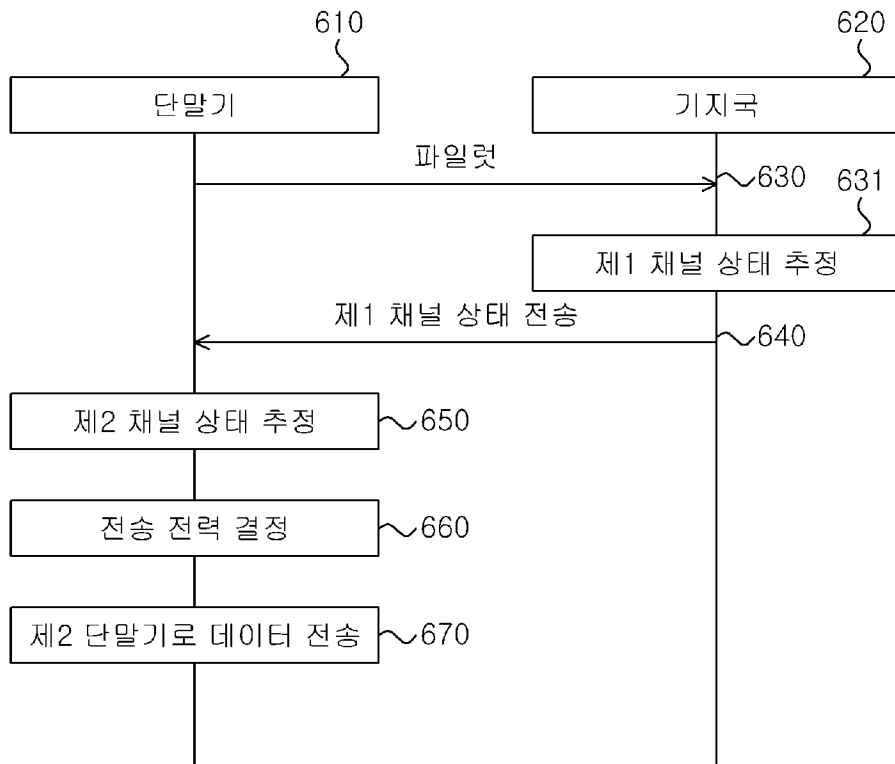
[Fig. 4]



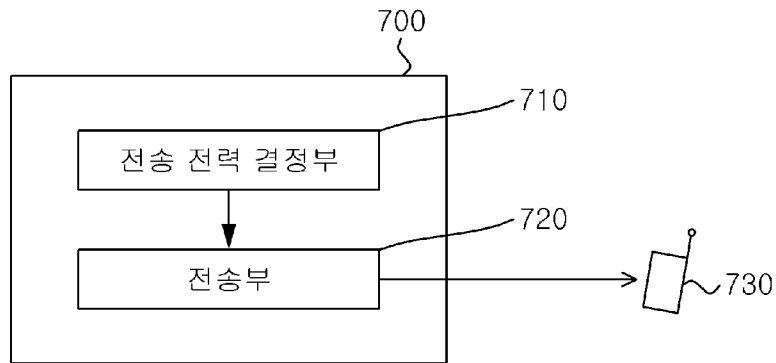
[Fig. 5]



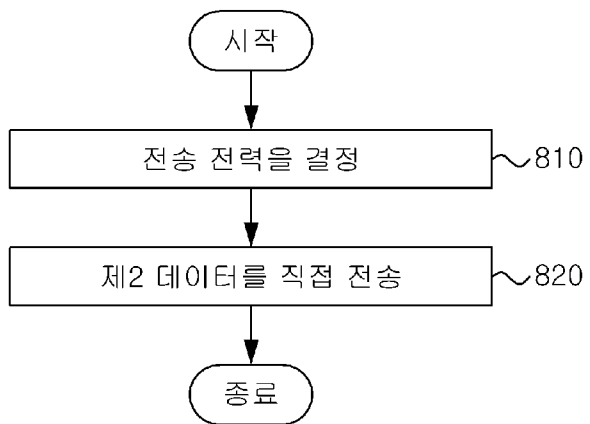
[Fig. 6]



[Fig. 7]



[Fig. 8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2015/009814

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04W 52/24(2009.01)i, H04W 24/10(2009.01)i, H04W 88/02(2009.01)i, H04W 88/08(2009.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H04W 52/24; H04W 72/12; H04B 7/26; H04W 72/04; H04W 52/54; H04W 24/10; H04W 88/02; H04W 88/08

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
 Korean Utility models and applications for Utility models: IPC as above
 Japanese Utility models and applications for Utility models: IPC as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
 eKOMPASS (KIPO internal) & Keywords: D2D, channel state, transmission power, base station

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2015-053514 A1 (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.) 16 April 2015 See paragraphs [67]-[80]; and claim 1.	1,2,8,11,12,18
A		3-7,9,10,13-17
Y	WO 2013-137580 A1 (LG ELECTRONICS INC.) 19 September 2013 See paragraphs [113]-[127]; and figure 9.	1,2,8,11,12,18
Y	WO 2013-191518 A1 (LG ELECTRONICS INC.) 27 December 2013 See paragraphs [54]-[59]; and figure 11.	8
A	WO 2012-091420 A2 (ELECTRONICS AND TELECOMMUNICATIONS RESEARCH INSTITUTE) 05 July 2012 See paragraphs [115]-[124]; and claim 1.	1-18
A	WO 2013-141592 A1 (LG ELECTRONICS INC.) 26 September 2013 See paragraphs [0039]-[0061]; and claim 1.	1-18

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search

24 APRIL 2016 (24.04.2016)

Date of mailing of the international search report

25 APRIL 2016 (25.04.2016)

Name and mailing address of the ISA/KR



Korean Intellectual Property Office
 Government Complex-Daejeon, 189 Seonsa-ro, Daejeon 302-701,
 Republic of Korea

Facsimile No. 82-42-472-7140

Authorized officer


Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2015/009814

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
WO 2015-053514 A1	16/04/2015	KR 10-2015-0041497 A	16/04/2015
WO 2013-137580 A1	19/09/2013	US 2015-0078270 A1	19/03/2015
WO 2013-191518 A1	27/12/2013	CN 104396173 A	04/03/2015
		KR 10-2015-0023326 A	05/03/2015
		US 2015-0110038 A1	23/04/2015
		US 2015-0181587 A1	25/06/2015
		WO 2013-191522 A1	27/12/2013
WO 2012-091420 A2	05/07/2012	KR 10-2012-0074254 A	05/07/2012
		US 2014-0023008 A1	23/01/2014
		WO 2012-091420 A3	04/10/2012
WO 2013-141592 A1	26/09/2013	KR 10-2014-0135961 A	27/11/2014
		US 2015-0043475 A1	12/02/2015

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC)) H04W 52/24(2009.01)i, H04W 24/10(2009.01)i, H04W 88/02(2009.01)i, H04W 88/08(2009.01)i		
B. 조사된 분야 조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재) H04W 52/24; H04W 72/12; H04B 7/26; H04W 72/04; H04W 52/54; H04W 24/10; H04W 88/02; H04W 88/08 조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌 한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC 일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC		
국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우)) eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: D2D, 채널상태, 전송전력, 기지국		
C. 관련 문헌		
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
Y	WO 2015-053514 A1 (삼성전자 주식회사) 2015.04.16 단락 [67]-[80]; 및 청구항 1 참조.	1, 2, 8, 11, 12, 18
A		3-7, 9, 10, 13-17
Y	WO 2013-137580 A1 (엘지전자 주식회사) 2013.09.19 단락 [113]-[127]; 및 도면 9 참조.	1, 2, 8, 11, 12, 18
Y	WO 2013-191518 A1 (엘지전자 주식회사) 2013.12.27 단락 [54]-[59]; 및 도면 11 참조.	8
A	WO 2012-091420 A2 (한국전자통신연구원) 2012.07.05 단락 [115]-[124]; 및 청구항 1 참조.	1-18
A	WO 2013-141592 A1 (엘지전자 주식회사) 2013.09.26 단락 [0039]-[0061]; 및 청구항 1 참조.	1-18
<input type="checkbox"/> 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다. <input checked="" type="checkbox"/> 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.		
* 인용된 문헌의 특별 카테고리: “A” 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌 “E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌 “L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌 “O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌 “P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌 “T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌 “X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다. “Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다. “&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌		
국제조사의 실제 완료일 2016년 04월 24일 (24.04.2016)	국제조사보고서 발송일 2016년 04월 25일 (25.04.2016)	
ISA/KR의 명칭 및 우편주소  대한민국 특허청 (35208) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사) 팩스 번호 +82-42-481-8578	심사관 이성영 전화번호 +82-42-481-3535	

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
WO 2015-053514 A1	2015/04/16	KR 10-2015-0041497 A	2015/04/16
WO 2013-137580 A1	2013/09/19	US 2015-0078270 A1	2015/03/19
WO 2013-191518 A1	2013/12/27	CN 104396173 A	2015/03/04
		KR 10-2015-0023326 A	2015/03/05
		US 2015-0110038 A1	2015/04/23
		US 2015-0181587 A1	2015/06/25
		WO 2013-191522 A1	2013/12/27
WO 2012-091420 A2	2012/07/05	KR 10-2012-0074254 A	2012/07/05
		US 2014-0023008 A1	2014/01/23
		WO 2012-091420 A3	2012/10/04
WO 2013-141592 A1	2013/09/26	KR 10-2014-0135961 A	2014/11/27
		US 2015-0043475 A1	2015/02/12