

논문 2016-53-9-3

다중 셀 네트워크에서 다중 D2D 통신 자원할당 기법

(Resource Allocation Scheme for Multiple Device-to-Device Communications in a Multicell Network)

김 현 민*, 강 길 모*, 신 오 순**

(Hyeon-Min Kim, Gil-Mo Kang, and Oh-Soon Shin[Ⓢ])

요 약

셀룰러 네트워크 환경에서 단말 간 직접통신(D2D: Device-to-Device)을 위해서는 기존의 셀룰러 링크의 성능을 보장함과 동시에 D2D 통신 링크의 성능을 극대화하는 것이 중요하다. 따라서 D2D 통신에 사용할 자원을 할당함에 있어 D2D 송신 단말이 셀룰러 시스템에 미치는 간섭과 셀룰러 시스템이 D2D 수신 단말에 주는 간섭을 동시에 고려해야 한다. 본 논문에서는 D2D 송신기와 수신기로 이루어진 D2D 링크가 셀룰러 시스템의 상향링크 자원을 공유하는 상황에서 복수의 D2D 링크에 효과적으로 자원을 할당하는 기법을 제안한다. 기지국은 인접 셀의 기지국과 정보 교환을 통해 셀 내의 단말들의 위치 정보를 공유한다는 가정 하에 단말들의 단말 위치 정보를 이용하여 D2D 링크와 셀룰러 링크 사이의 간섭을 최소화하는 자원을 할당한다. 아울러 경로손실 모델을 이용하여 계산한 셀룰러 링크 보호 상수 및 D2D 링크 보호 상수를 이용하여 셀룰러 링크와 D2D 링크 상호간의 간섭 및 D2D 링크 간의 간섭을 제한한다. 모의실험을 통해 제안한 자원할당 기법의 성능을 검증한다.

Abstract

In D2D communications underlying a multicell network, it is of primary importance to ensure coexistence of cellular links and D2D links with minimal interference. Therefore, resource allocation scheme for D2D links should be designed to limit the interference between cellular links and D2D links. In this paper, we propose an effective resource allocation scheme for multiple D2D links which share the uplink spectrum resource with cellular users in a multicell network. Under the assumption that the locations of users are known to the base station, the proposed scheme allocates cellular resources to D2D links, such that the interference between a cellular link and multiple D2D links is minimized. In particular, we compute two constants from the path loss model and then use the constants to protect both cellular and D2D links. Simulation results are provided to verify the performance of the proposed scheme.

Keywords : Device-to-Device, Interference, Resource Allocation, LTE-Advanced, Multicell

I. 서 론

최근 IoT (Internet-of-Things) 시대를 넘어 IoE (Internet of Everything)이란 말이 나올 정도로 모든 사물이 무선통신 기술을 통해 연결되는 초연결 사회로 발전하면서 한정된 주파수 자원을 효율적으로 사용할 수 있는 기술 개발의 중요성이 커지고 있다. 이러한 상황에서 주파수 부족 문제에 대한 해결 방안의 하나로 최근 단말 간 직접통신(D2D: Device-to-Device) 기술이 활발히 연구되고 있다.^[1~2] D2D 통신은 서로 인접한 단말들이 기지국 인프라를 거치지 않고 통신하는 기술로서 추가적인 인프라 구축 없이 주파수 재사용을 통해 주파수 사용 효율을 늘릴 수 있는 장점이 있다. 기존에

* 학생회원, 송실대학교 정보통신·소재융합학과 (Department of Information Communication, Materials, and Chemistry Convergence Technology, Soongsil University)

** 평생회원, 송실대학교 전자정보공학부 (School of Electronic Engineering, Soongsil University)

Ⓢ Corresponding Author (E-mail : osshin@ssu.ac.kr)

※ 이 논문은 2016년도 산업통상자원부의 ‘창의산업융합 특성화 인재양성사업’의 지원을 받아 연구되었음 (과제번호 N0000717).

Received ; March 8, 2016

Revised ; July 31, 2016

Accepted ; August 30, 2016

도 Wi-Fi Direct, Bluetooth 등과 같이 비면허(Unlicensed) 대역에서 동작하는 D2D 통신 기술이 있으나 간섭과 전송 거리 문제로 한계가 있다.

면허(Licensed) 대역을 이용하는 셀룰러 시스템의 주파수를 활용해 D2D 통신을 하면 간섭을 적절히 제어할 수 있고 상대적으로 높은 송신전력을 사용하여 전송 거리를 늘릴 수 있는 장점이 있다. 이에 따라 셀룰러 네트워크 기반의 D2D 통신을 지원하기 위한 기술 개발과 표준화가 활발히 이루어지고 있다. 대표적으로 3GPP (3rd Generation Partnership Project) Release 12에서 2011년부터 ProSe (Proximity Services)라는 명칭으로 D2D 기술의 타당성 검토와 표준화 작업을 진행하였으며^[3~4], 현재 Release 13에서는 기능이 확장된 D2D 기술이 Work Item으로 채택되어 eProSe (Enhancements to ProSe)라는 명칭으로 표준화를 진행 중에 있다.^[5] 셀룰러 기반 D2D 통신에서 주파수 효율 극대화를 위해서는 D2D 링크가 셀룰러 링크의 자원을 재사용해야 한다. 그 결과 셀룰러 링크와 D2D 링크 상호 간 간섭이 부가적으로 발생하여 링크 성능 저하의 원인이 된다. 따라서 간섭 문제를 해결할 수 있는 효과적인 자원할당 기술 개발이 매우 중요하다.^[6~8]

본 논문에서는 D2D 링크가 셀룰러 시스템의 상향링크 자원을 공유하는 다중 셀 네트워크 환경에서 기지국이 셀룰러 링크와 D2D 링크 모두에 대한 자원할당을 수행하는 중앙집중식 자원할당 방식을 고려한다. 기지국 중심의 자원할당의 경우 단말 자체적인 스펙트럼 센싱 등을 통한 분산적 자원할당 방식에 비해 단말 제어 및 간섭관리가 용이하다. 본 논문에서 제안하는 자원할당 기법은 기지국이 단말 간의 거리정보를 이용하여 간섭량을 추정하고 이를 토대로 자원을 할당한다. 기존에도 거리정보를 이용한 자원할당 연구가 있었지만 단일 셀 환경에서 셀 내의 간섭만 고려하는 한계가 있다.^[9~10]

본 논문에서는 다중 셀 네트워크에서 다중 D2D 통신을 고려한다. 셀룰러 링크와 D2D 링크 간의 효과적인 자원 공유를 위해 각 링크를 간섭으로부터 보호하기 위한 상수를 설정하고 이를 이용하여 다중 D2D 링크에 자원할당을 하는 기법을 제안한다. 셀룰러 및 D2D 링크 보호 상수는 단말들의 위치 정보를 기반으로 계산하며 이를 이용하여 셀룰러 및 D2D 링크에 미치는 간섭량을 제어한다. LTE-Advanced 기반 다중 셀 환경에서 제안한 자원할당 기법의 성능을 모의실험을 통해 검증한다.

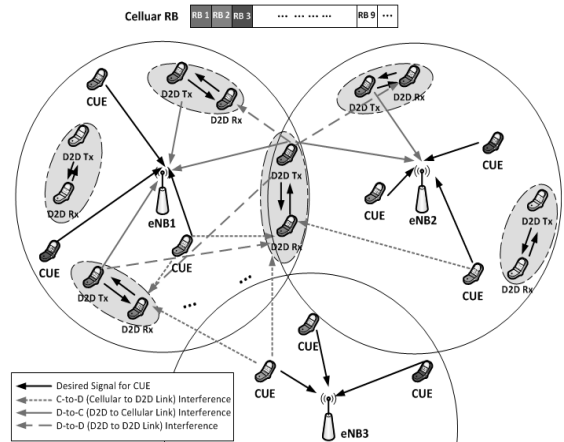


그림 1. 상향링크 자원공유 기반 D2D 통신 간섭 시나리오
Fig. 1. Interference scenario when D2D links share the uplink cellular resources.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 II장에서는 다중 셀 네트워크 기반 다중 D2D 통신 시스템 모델을 제시한다. III장에서는 간섭을 효과적으로 제어하기 위해 세 단계로 이루어진 D2D 자원할당 기법을 제안한다. VI장에서는 모의실험을 통해 제안 기법의 성능을 검증하며, 마지막으로 V장에서 결론을 맺는다.

II. 시스템 모델

본 논문에서는 [그림 1]과 같이 LTE-Advanced 시스템 기반 다중 셀 환경에서 셀룰러 단말(CUE: Cellular User Equipment)과 D2D 단말(DUE: D2D User Equipment)이 셀룰러 상향링크 자원을 공유하는 시나리오를 가정한다. D2D 링크에 자원을 할당함에 있어 기지국의 송신전력이 일반적으로 셀룰러 단말의 송신전력보다 크기 때문에 D2D는 하향링크에 비해 상향링크 자원을 공유하는 것이 간섭 측면에서 효과적이다. D2D 단말들은 D2D 송신 단말과 수신 단말이 서로 쌍(Pair)을 이루어 존재하고 송수신 단말은 일정 거리 내에 존재한다고 가정한다. 이러한 시나리오에서는 셀룰러 단말이 D2D 수신기에 주는 간섭(C-to-D: Cellular to D2D link interference), D2D 단말이 셀룰러 링크에 주는 간섭(D-to-C: D2D to Cellular link interference) 및 D2D 단말 간의 간섭(D-to-D: D2D to D2D link interference)이 존재하는데 이를 효과적으로 제어하는 것이 필요하다.

셀룰러 시스템의 상향링크 자원은 K 개의 자원블록(RB: Resource Block)으로 구성되어 있고 각 셀은 동일한 RB를 사용한다. 각 셀룰러 단말은 상향링크 전송

을 위해 소속 기지국으로부터 하나의 RB를 할당받는 상황을 가정한다. 본 논문에서 사용한 수식에 포함된 기호들을 [표 1]에 정의하였다.

표 1. 사용된 기호 정의
Table1. Definition of symbols used in this paper.

기호	정의
P_C, P_D	셀룰러 단말 및 D2D 단말의 송신전력
H_C, H_D	셀룰러 링크 및 D2D 링크 통신 채널 계수
d_C, d_D	셀룰러 링크 및 D2D 링크 통신 채널의 거리
$H_{D_i^{(s)}-eNB}$	동일 자원을 사용하는 D2D 링크가 셀룰러 링크에 주는 간섭 채널
$d_{D_i^{(s)}-eNB}$	동일 자원을 사용하는 D2D 링크가 셀룰러 링크에 주는 간섭 채널의 거리
H_{C-D}	D2D 링크가 셀룰러 링크로부터 받는 간섭 채널
d_{C-D}	D2D 링크가 셀룰러 링크로부터 받는 간섭 채널의 거리
$H_{D_i^{(s)}-D_r^{(m)}}$	D2D 링크가 동일 자원을 사용하는 D2D 링크로부터 받는 간섭 채널
$d_{D_i^{(s)}-D_r^{(m)}}$	D2D 링크가 동일 자원을 사용하는 D2D 링크 간섭 채널의 거리
α	경로손실 지수
Γ_c	셀룰러 링크의 목표 SINR 값
Γ_d	D2D 링크의 목표 SINR 값
P_{Dmax}	D2D 단말의 최대 허용 송신전력
L	셀(기지국)의 개수

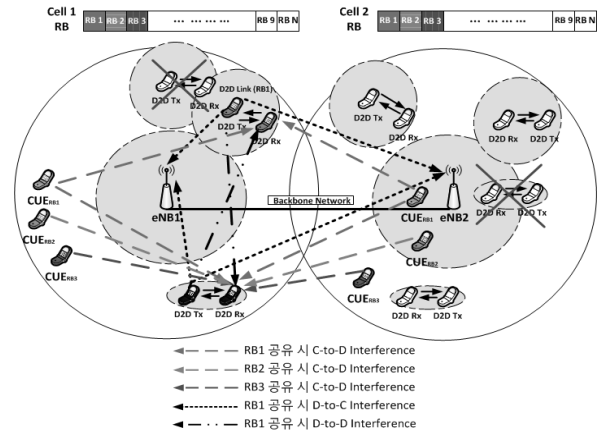


그림 3. 다중 셀 환경에서 D2D 자원할당 시나리오
Fig. 3. D2D resource allocation scenario in a multicell environment.

III. 다중 D2D 링크 자원할당 기법

[그림 2]는 본 논문에서 제안하는 D2D 자원할당 절차를 나타낸 것이다. 제안하는 D2D 단말의 자원할당은 크게 세 단계로 이루어지며 단계별 동작은 다음과 같다. 첫째, 다중 셀에 존재하는 각 D2D 통신 링크에 대하여 소속 셀 및 인접 셀에서 발생하는 C-to-D 간섭이 가장 적은 RB를 할당한다. 둘째, D2D 링크와 동일한 RB를 할당받은 셀룰러 링크의 통신 성능을 보장하기 위해 허용 가능한 최대 D-to-C 간섭 양을 계산하여 셀룰러 링크 보호 상수를 계산한다. 간섭 조건을 만족하는 D2D 링크를 D2D 통신 가능 후보군으로 설정한다. 셋째, 동일한 RB를 할당받은 D2D 링크 간의 D-to-D 간섭을 고려하여 D2D 링크에 허용 가능한 최대 간섭 양을 계산하여 D2D 링크 보호 상수를 계산한다. 간섭조건을 만족하는 D2D 링크에 최종적으로 자원을 할당한다. 다음 각 절에 세 단계의 절차에 대한 자세한 설명을 제시하였다.

1. D2D 링크별 셀룰러 자원 선택

본 논문에서 제안하는 자원할당은 [그림 3]과 같이 다중 셀 환경에서 각 셀마다 동일한 RB를 셀룰러 단말에 할당하는 상황을 가정한다. 기지국은 해당 셀 내의 셀룰러 단말의 위치 정보를 알고 있으며 동일한 자원을 사용하는 인접 셀 내의 셀룰러 단말의 위치 정보를 백본 네트워크를 통해 공유한다고 가정한다. 동일 RB를 사용하는 셀룰러 단말 간의 간섭은 셀룰러 자원할당 시 고려되었으며 무시할 수 있다고 가정한다. 이런 상황에

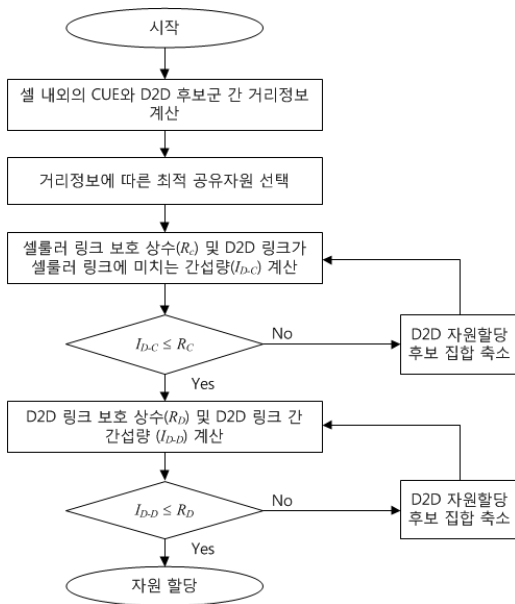


그림 2. 제안하는 다중 D2D 링크에 대한 자원할당 절차
Fig. 2. Proposed procedure for resource allocation to multiple D2D links.

서 기지국은 특정 D2D 링크가 각각의 RB를 사용할 때 D2D 수신 단말과 동일 RB를 할당받은 모든 셀룰러 단말과의 거리를 계산할 수 있다. 동일 RB를 사용하는 셀룰러 단말이 D2D 수신 단말에 근접하다는 것은 D2D 링크가 받는 간섭이 크다는 것을 의미한다. 따라서 셀룰러 링크가 D2D 링크에 주는 C-to-D 간섭의 영향을 최소화하기 위해서 D2D 수신 단말에 통계적으로 가장 강한 간섭원의 영향을 줄이는 것이 바람직하다.^[11] 즉, D2D 수신 단말에 가장 근접한 셀룰러 단말이 가장 멀리 떨어져 있는 셀룰러 링크에 해당되는 RB를 공유하는 것이다. 따라서 특정 D2D 링크가 공유할 수 있는 셀룰러 RB 인덱스는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$k^* = \operatorname{argmax}_{k \in 1, 2, \dots, K} \left\{ \min_{l \in 1, 2, \dots, L} r_{d-c(l,k)} \right\} \quad (1)$$

식 (1)에서 $r_{d-c(l,k)}$ 는 D2D 수신 단말과 셀 l 에서 RB k 를 할당받은 셀룰러 단말 간의 거리를 나타내며, L 은 셀의 수를 나타낸다.

2. 셀룰러 링크 보호 상수 계산

셀룰러 시스템에서 D2D 통신을 수행하기 위해 반드시 셀룰러 링크의 QoS (Quality of Service)를 고려해야 한다. 식 (1)의 RB 선택은 C-to-D 간섭만 고려하였기 때문에 셀룰러 링크 보호를 위해서는 D-to-C 간섭을 고려해야 한다. 셀룰러 링크의 성능은 동일 RB를 공유하는 D2D 링크의 송신전력에 따라 달라지는데, [그림 2]와 같이 거리 정보를 기반으로 셀룰러 링크 보호 상수를 설정함으로써 D2D 송신 단말이 셀룰러 링크에 주는 간섭을 제한할 수 있다. 즉, 특정 셀룰러 링크와 RB를 공유하는 D2D 단말이 셀룰러 링크에 미치는 간섭이 셀룰러 링크 보호 상수 이하가 되도록 하는 D2D 링크에 대해서만 셀룰러 링크와 동일 자원을 할당함으로써 간섭을 제한한다.

셀룰러 링크의 통신 제한 상수 값은 다음과 같이 구할 수 있다. 먼저 D2D 송신 단말의 경로손실에 따라서 기지국에 주는 영향을 신호대간섭 및 잡음비(SINR: Signal to Interference plus Noise Ratio)로 나타내면 다음과 같다.

$$SINR_C = \frac{P_C H_C (d_C)^{-\alpha}}{\sigma^2 + \sum_{i \in S_j} (P_{D_t^{(i)}} H_{D_t^{(i)}-eNB} (d_{D_t^{(i)}-eNB})^{-\alpha})} \quad (2)$$

식 (2)에서 S_j 는 셀룰러 링크와 동일한 자원을 공유하는 D2D 링크의 집합을 의미한다. 셀룰러 링크의 목표 수신 SINR(Γ_c)을 만족하기 위한 조건은 식 (3)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\frac{P_C H_C (d_C)^{-\alpha}}{\sigma^2 + \sum_{i \in S_j} (P_{D_t^{(i)}} H_{D_t^{(i)}-eNB} (d_{D_t^{(i)}-eNB})^{-\alpha})} \geq \Gamma_c \quad (3)$$

식 (3)으로부터 셀룰러 통신 링크의 최대 허용 간섭 전력은 다음과 같이 유도할 수 있다.

$$\sum_{i \in S_j} P_{D_t^{(i)}} H_{D_t^{(i)}-eNB} (d_{D_t^{(i)}-eNB})^{-\alpha} \leq \left(\frac{P_C H_C (d_C)^{-\alpha}}{\Gamma_c} - \sigma^2 \right) \quad (4)$$

식 (4)에서 D2D 단말의 송신전력을 최대 송신전력으로 가정하고 간섭 채널에 대한 정보를 획득하기 어렵기 때문에 통계적 평균값으로 근사화하면 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\sum_{i \in S_j} (d_{D_t^{(i)}-eNB})^{-\alpha} \leq \frac{1}{P_{Dmax} H_{D-eNB}} \left(\frac{P_C H_C (d_C)^{-\alpha}}{\Gamma_c} - \sigma^2 \right) \quad (5)$$

식 (5)에서 좌변은 셀룰러 통신 링크와 동일한 자원을 사용하는 D2D 송신 단말들의 경로손실의 합으로 일정한 값보다 작아야 한다. 이를 아래 식 (6)과 같이 셀룰러 링크 보호 상수(R_C)라고 정의한다.

$$R_C \equiv \frac{1}{P_{Dmax} H_{D_t-eNB}} \left(\frac{P_C H_C (d_C)^{-\alpha}}{\Gamma_c} - \sigma^2 \right) \quad (6)$$

3. D2D 링크 보호 상수 계산

D2D 송신기와 수신기로 이루어진 D2D 링크의 QoS도 함께 보장하기 위해 셀룰러 링크와 동일하게 D2D 링크의 수신 단말 또한 SINR이 특정 값($SINR_D$) 이상이 되도록 해야 한다. D2D 수신 단말의 SINR은 동일한 자원을 사용하는 D2D 링크의 수에 따라 달라지는데 이는 식 (7)과 같이 표현할 수 있다.

$$SINR_D = \frac{P_D H_D (d_D)^{-\alpha}}{\sigma^2 + P_C H_C - D \Gamma_C^{-\alpha} + \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq m}}^{S_j} P_{D_i^{(i)}} H_{D_i^{(i)} - D_r^{(m)}} (d_{D_i^{(i)} - D_r^{(m)}})^{-\alpha}} \quad (7)$$

이로부터 D2D 링크의 목표 수신 SINR(Γ_d)을 만족하기 위한 조건은 식 (8)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\sum_{\substack{i=1 \\ i \neq m}}^{S_j} P_{D_i^{(i)}} H_{D_i^{(i)} - D_r^{(m)}} (d_{D_i^{(i)} - D_r^{(m)}})^{-\alpha} \leq \left(\frac{P_D H_D (d_D)^{-\alpha}}{\Gamma_d} - \sigma^2 - I_c \right) \quad (8)$$

여기서 I_c 는 식 (7)의 간섭 항에서 셀룰러 링크로부터의 간섭을 의미한다. 식 (5)와 마찬가지로 D2D 단말의 송신전력을 최대로 가정하고 통계적 평균 채널 값으로 근사화하면 식 (8)을 다음과 같이 정리할 수 있다.

$$\sum_{\substack{i=1 \\ i \neq m}}^{S_j} (d_{D_i^{(i)} - D_r^{(m)}})^{-\alpha} \leq \frac{1}{P_{Dmax} H_{D_i - D_r}} \left(\frac{P_D H_D (d_D)^{-\alpha}}{\Gamma_d} - \sigma^2 - I_c \right) \quad (9)$$

식 (9)에서 좌변은 하나의 D2D 수신 단말과 동일한 자원을 사용하는 D2D 송신기로부터 오는 경로손실의 합으로서 셀룰러 링크와 같이 우변의 값보다 작아야 한다. 우변의 값을 식 (10)과 같이 D2D 링크 보호 상수 (R_D)라고 정의한다.

$$R_D \equiv \frac{1}{P_{Dmax} H_{D_i - D_r}} \left(\frac{P_D H_D (d_D)^{-\alpha}}{\Gamma_d} - \sigma^2 \right) \quad (10)$$

제안하는 기법은 다중 셀 환경을 고려한 공유자원 할당과 링크 보호 상수(R_C , R_D) 값을 이용하여 다수의 D2D 통신 링크에 최적의 자원을 할당하도록 한다. 다중 D2D 링크에 대한 자원할당 알고리즘을 [Algorithm 1]에 제시한다.

IV. 모의실험 결과

제안한 다중 셀 환경에서 다수의 D2D 통신을 위한 자원할당 기법의 성능 검증을 위한 모의실험 환경은 [그림 4]와 같이 세 개의 인접한 셀로 구성되며 셀 반경은 500m로 설정하였다. 각 셀 내에는 셀룰러 단말과 D2D 송수신 단말 페어가 균일하게 분포하는 것으로 가정한다. [표 2]는 모의실험에 적용한 주요 파라미터 값을 정리한 것이다.

Algorithm 1: Resource Allocation for Multiple D2D Links

Step 1: Select an RB associated with minimal C-to-D interference for each D2D link.

for all k (resource block)

$$k^* = \underset{k \in \{1, 2, \dots, K\}}{\operatorname{argmax}} \left\{ \min_{l \in \{1, 2, \dots, L\}} r_{d-c(l, k)} \right\}$$

end

Step 2: Determine D2D links that can share the corresponding cellular RB without exceeding the allowed amount of D-to-C interference.

$$R_C \equiv \frac{1}{P_{Dmax} H_{D_i - eNB}} \left(\frac{P_C H_C (d_C)^{-\alpha}}{\Gamma_c} - \sigma^2 \right)$$

for all m (D2D link)

$$S = \left\{ D2D_m \mid \sum_{i \in S_j} (d_{D_i^{(i)} - eNB}^{(i)})^{-\alpha} \leq R_C \right\}$$

end

Step 3: Determine D2D links that can share the same RB without exceeding the allowed amount of D-to-D interference.

for each $s \in S$

$$R_D \equiv \frac{1}{P_{Dmax} H_{D_i - D_r}} \left(\frac{P_D H_D (d_D)^{-\alpha}}{\Gamma_d} - \sigma^2 \right)$$

if $\sum_{i \in S} (d_{D_i^{(i)} - eNB}^{(i)})^{-\alpha} \leq R_D$, then terminate.

else

Take out a D2D link in the nearest distance to other D2D links from S one by one until the above condition is met.

end

end

표 2. 모의실험에 사용한 파라미터 값

Table2. System parameters used in simulations.

파라미터	값
기지국 간 거리	1km
D2D 단말간 거리	50m
기지국 수신 SNR	20dB
열잡음 PSD	-174dBm/Hz
Noise Figure	9dB
단말의 최대 송신전력	23dBm
셀룰러 링크 경로손실 모델	$128.1 + 37.6 \log_{10} d(km)$
D2D 링크 경로손실 모델	$148.1 + 40 \log_{10} d(km)$

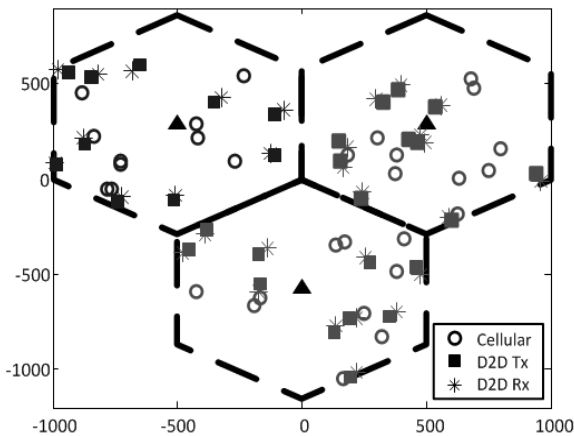


그림 4. 다중 셀 환경에서 D2D 통신 시나리오
Fig. 4. D2D communication scenario in a multicell environment.

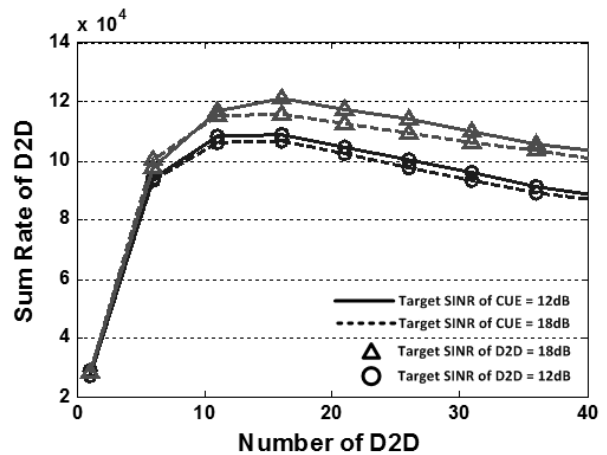


그림 6. 셀 당 D2D 링크 수에 따른 D2D 링크 전송률 합계
Fig. 6. Sum of achievable rates of D2D links versus the number of D2D links per cell.

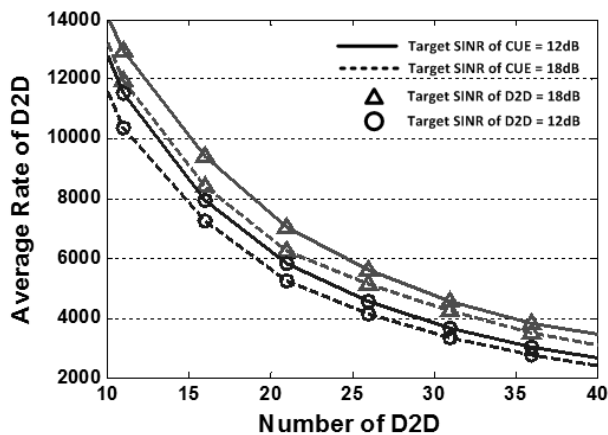


그림 5. 셀 당 D2D 링크 수에 따른 D2D 링크 평균 전송률
Fig. 5. Average achievable rate of each D2D link versus the number of D2D links per cell.

[그림 5]는 각 셀의 D2D 링크의 수에 따른 D2D 링크가 얻을 수 있는 평균 전송률 성능을 보여준다. D2D 링크의 수가 많을수록 상호 간섭의 증가로 인해 D2D 링크의 성능이 열화 됨을 확인할 수 있다. 또한 D2D 링크의 성능은 셀룰러 링크의 목표 SINR 값보다 D2D 링크의 목표 SINR 값에 의해 상대적으로 크게 영향을 받는 것을 확인할 수 있다.

[그림 6]은 각 셀의 D2D 링크 수에 따른 D2D 통신 링크 전체의 평균 전송률 합계를 보여준다. D2D 링크 수가 증가하면 일정 값까지는 자원을 재사용하는 D2D 수가 증가함에 따라 전체 전송률이 증가하지만 일정 값을 넘어서면 D2D 링크 상호 간섭으로 인해 전체 전송률이 감소하는 것을 확인할 수 있다. 또한 D2D 통신 링

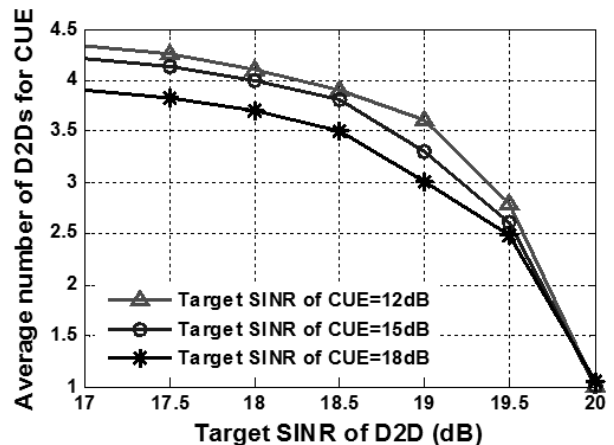


그림 7. D2D 링크 목표 SINR에 따른 동일 셀룰러 자원을 할당받는 D2D 링크의 수
Fig. 7. Average number of D2D links that are allocated to the same cellular RB versus the target SINR of the D2D link.

크의 목표 SINR 값이 큰 경우 D2D 링크 보호 상수 값이 작아져서 전체 전송률이 감소하는 것을 알 수 있다.

[그림 7]은 셀룰러 링크와 동일한 자원을 재사용하는 D2D 링크의 평균 개수를 나타낸다. 셀룰러 링크의 목표 SINR 값이 커지면 D2D 링크로 인한 허용 간섭치가 낮아지기 때문에 동일 자원을 공유하는 D2D 링크의 수가 줄어드는 것을 확인할 수 있다. 또한 D2D 링크의 목표 SINR 값이 커지면 이를 만족하기 위해 D2D 통신 링크 간 허용 간섭량이 낮아지므로 마찬가지로 동일 자원을 공유하는 D2D 링크의 수가 줄어드는 것을 확인할 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 다중 셀 환경에서 상향링크 자원을 공유하여 다중 D2D 통신 링크를 지원하는 자원할당 기법을 제안하였다. 제안 기법에서 기지국은 셀 내 모든 단말들의 위치 정보를 알고 있으며 인접 셀과 그 정보를 공유한다. 기지국은 먼저 D2D 링크의 수신 단말과 동일 자원을 공유하는 셀룰러 단말들 사이의 거리를 이용하여 최적의 자원을 선택한다. 아울러 경로손실을 기반으로 셀룰러 링크 보호 상수와 D2D 링크 보호 상수를 계산한다. 이를 이용하여 동일한 셀룰러 자원을 선택한 D2D 링크 후보군 집합에서 간섭 허용량을 만족하는 D2D 링크에 최종적으로 자원을 할당한다. 모의실험을 통해 제안한 자원할당 기법을 사용할 경우 복수의 D2D 링크가 동일한 셀룰러 자원을 효과적으로 공유할 수 있음을 검증하였다. 또한 셀룰러 링크 및 D2D 링크의 목표 SINR 값에 따른 D2D 링크의 성능 변화도 분석하였다.

REFERENCES

- [1] K. Doppler, M. Rinne, C. Wijting, C. Ribeiro, and K. Hugl, "Device-to-device communication as an underlay to LTE-advanced networks," *IEEE Commun. Mag.*, vol. 47, pp. 42-49, Dec. 2009.
- [2] M. Yang, S. Wu, H.-M. Kim, O.-S. Shin, and Y. Shin, "Technical trends of D2D communications in LTE-advanced networks," *The Mag. of the IEEK*, vol. 39, no. 11, pp. 27-38, Nov. 2012.
- [3] 3GPP TR 22.803 V1.0.0, "3rd generation partnership project; technical specification group SA; feasibility study for proximity services (ProSe) (release 12)," Tech. Rep., Aug. 2012.
- [4] G.-M. Kang, H.-M. Kim, J.-H. Nam, and O.-S. Shin, "Standardization of D2D communications in LTE-advanced systems," *The Proc. of The Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science*, vol. 24, no. 5, pp. 52-64, Sep. 2013.
- [5] 3GPP RP-142311, "Work item proposal for enhanced LTE device to device proximity services," Dec, 2014.
- [6] B. Wang, L. Chen, X. Chen, X. Zhang, and D. Yang, "Resource allocation optimization for device-to-device communication underlying cellular networks," in *Proc. IEEE Veh. Technol. Conf. 2011 Spring (VTC2011-Spring)*, Budapest, Hungary, May 2011.
- [7] C.-H. Yu, K. Doppler, C. B. Ribeiro, and O. Tirkkonen, "Resource sharing optimization for device-to-device communication underlying cellular networks," *IEEE Trans. Wireless Commun.*, vol. 10, no. 8, pp. 2752-2763, Aug. 2011.
- [8] H. Min, W. Seo, S. Park, and D. Hong, "Outage probability of the device-to-device communication according to the interference-to-signal-ratio generated by cellular networks," *J. of the Institute of Electronics Engineers of Korea*, vol. TC-48, no. 1, pp. 55-61, Jan. 2011.
- [9] Q. Duong, Y. Shin, and O.-S. Shin, "Distance-based resource allocation scheme for device-to-device communications underlying cellular networks," *AEU Inter. J. Electron. Commun.*, vol. 69, no. 10, pp. 1437-1444, Oct. 2015.
- [10] H. Wang and X. Chu, "Distance-constrained resource-sharing criteria for device-to-device communications underlying cellular networks," *Electron. Lett.*, vol. 48, no. 9, pp. 528-530, Apr. 2012.
- [11] H.-M. Kim, J.-H. Nam, G.-M. Kang, and O.-S. Shin, "Resource allocation for device-to-device communications based on distances between nodes," in *Proc. of Winter Conference of the Korean Institute of Communications and Information Sciences*, Jan. 2013.

저 자 소 개



김 현 민(학생회원)
2012년 8월 숭실대학교 정보통신
전자공학부 (학사)
2012년 9월~현재 숭실대학교 정
보통신·소재융합학과 석·박
사통합과정

<주관심분야: 통신시스템, 통신이론, D2D 통신>



강 길 모(학생회원)
2013년 2월 숭실대학교 정보통신
전자공학부 (학사)
2015년 2월 숭실대학교 정보통신
공학과 (석사)
2015년 3월~현재 숭실대학교 정보
통신·소재융합학과 박사과정

<주관심분야: 통신시스템, 통신이론, D2D 통신>



신 오 순(평생회원)
1998년 2월 서울대학교 전기공학부
(학사)
2000년 2월 서울대학교 전기공학부
(석사)
2004년 2월 서울대학교 전기·컴퓨
터공학부 (박사)

2004년 3월~2005년 9월 미국 Harvard University
박사후연구원

2006년 4월~2007년 8월 삼성전자 통신연구소 책
임연구원

2007년 9월~현재 숭실대학교 전자정보공학부 부
교수

<주관심분야: 통신이론, 통신시스템, 통신신호처리>