

디바이스 간 직접통신 시스템을 위한 부분 정보를 이용한 근거리 디바이스 발견

여 규 학*, 채 승 엽*, 임 민 중°, 강 충 구**, 예 충 일***, 안 재 영***

Discovery of Proximate Devices with Partial Information for Device-to-Device Communication Systems

Gyu-hak Yeo*, Seung-yeob Chae*, Min-joong Rim°, Chung G. Kang**, Choong-il Yeh***,
Jae-young Ahn***

요 약

디바이스 간 직접통신을 할 때 중요한 절차 중 하나는 근거리에 위치한 디바이스들을 발견하는 것이다. 정확한 디바이스 발견을 위해서는 모든 디바이스들이 한 번 이상 발견 신호를 전송하고 다른 디바이스들이 그 신호를 수신함으로써 모든 디바이스들 사이의 거리 정보를 파악해야 한다. 그러나 디바이스 발견을 위해서 주기적으로 모든 디바이스들이 한 번 이상 신호를 전송한다면 디바이스 신호 전송 주기가 너무 길어지거나 디바이스 발견을 위한 자원을 많이 사용해야 하는 문제가 발생할 수 있다. 또한 여러 실제적인 요인에 의해서 일부 정보들이 손실될 수 있으며 모든 필요한 정보를 얻는데 너무 많은 시간이 소요될 수 있다. 본 논문에서는 디바이스 발견을 위한 자원을 줄이고 발견 정보 손실이 있는 경우를 지원하기 위하여 일부 정보만을 활용하여 근거리에 있는 디바이스를 발견하는 방법을 제안한다. 또한 일부 발견 정보만이 있을 때의 발견 확률에 대해서 논한다.

Key Words : Device-to-Device, D2D, Discovery, Proximity, Mobile Communication

ABSTRACT

One of the important processes in device-to-device communication is the discovery of proximate devices. In order to perform precise discovery of devices, the distance information among all the device pairs should be gathered by each device sending a discovery signal in turn and the other devices receiving the signal. However, periodic discovery signal transmission by every device might require too long discovery period or too large resource for discovery. Above all, some discovery information might be lost due to several practical reasons and it may take substantial amount of time to obtain all the necessary information. In this paper, we propose a proximate-device-discovery method using partial discovery information in order to reduce the resource for discovery and support the cases in which some discovery information can be lost. We also discuss discovery probabilities with partial discovery information.

※ 본 연구는 지식경제부 및 한국산업기술평가관리원의 산업융합원천기술개발사업(정보통신)의 일환으로 수행되었습니다 (10038765, 스마트 모바일 서비스를 위한 B4G 이동통신기술개발)

◆ 주저자 : 동국대학교 정보통신공학과, aprilaries87@gmail.com, 학생회원

° 교신저자 : 동국대학교 정보통신공학과, minjoong@dongguk.edu, 종신회원

* 동국대학교 정보통신공학과, ment158@paran.com, 학생회원

** 고려대학교 전기전자전파공학부, 종신회원

*** ETRI

논문번호 : KICS2013-02-081, 접수일자 : 2013년 2월 4일, 최종논문접수일자 : 2013년 5월 8일

I. 서 론

최근 셀룰러 시스템에서 기지국을 거치지 않고 디바이스 간 직접통신을 하는 D2D (Device-to-Device) 기술에 대해서 많은 연구가 진행되고 있다¹⁻⁹⁾. D2D 기술은 근거리 이득, 홉 이득, 주파수 재사용 이득을 통한 시스템 용량, 전송속도, 지연, 전력소모의 향상을 이룰 수 있는 장점이 있다^{3,4,8)}.

D2D 통신을 할 때 중요한 절차 중 하나는 근거리에 위치한 디바이스들을 발견하는 것이다. 근거리 디바이스의 발견은 물리적으로 가까이 있는 디바이스를 발견하는 것이 아니라 근거리에 있어서 D2D 통신이 가능한 디바이스를 발견하는 것이므로, GPS (Global Position System)를 이용하는 등 위치기반에 의하여 수행하는 것보다는^{5,6)}, 일부 디바이스들이 디스커버리 메시지를 전송하고 다른 디바이스들이 수신세기를 측정함으로써 서로 근거리에 있어서 D2D 통신이 가능한지 확인하는 방법이 주로 사용된다^{7,9)}.

디바이스 발견은 기지국이 신호를 전송할 디바이스들을 선택하고 디바이스들로부터 발견 정보를 수집하여 디바이스 발견을 결정하는 중앙제어 방식과 기지국의 특별한 개입이 없이 디바이스들이 자발적으로 신호를 전송하고 수신하면서 발견을 하는 분산제어 방식이 있다¹⁰⁾. 정확한 디바이스 발견을 위해서는 모든 디바이스들이 한번 이상 신호를 전송하고 다른 디바이스들이 수신을 함으로써 모든 디바이스 사이의 거리 정보를 파악해야 하지만 이 논문에서는 일부 정보만을 활용하는 방법에 대해서 논한다.

디바이스 발견을 위해 주기적으로 모든 디바이스들이 한 번 이상 신호를 전송한다면 주기가 너무 길어지거나 많은 자원을 사용해야 하는 문제가 발생할 수 있다. OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) 시스템에서 동일한 시간에 다른 부반송파 자원을 사용하여 신호를 전송하는 디바이스들은 반 이중 방식 문제로 인해 서로 근거리에 있는지 검출하지 못하므로 여러 번 전송하는 것이 필요할 수 있다. 또한 채널의 페이딩을 고려할 때, 정확한 발견 정보를 얻기 위해서는 시간 및 주파수축의 충분한 다이버시티가 필요하다.

모든 발견 정보를 수집하고자 할 때 더 큰 문제는 일부 정보들이 손실될 수 있다는 것이다. 디바이스 발견을 기지국 단위로 제어할 경우 주변 셀의 간섭으로 인해 일부 신호가 손실될 수 있다. 자원을 효율적으로 사용하기 위해 주파수 재사용을 극대화할 경우에도 충돌이나 간섭에 의해서 일부 신호가 수신되지 않을

수 있다. OFDMA 시스템에서 이론적으로는 부반송파들이 서로 직교하지만 실제로는 주파수 오차나 ADC(Analog-to-Digital Converter)에서의 양자화 문제로 부반송파 간 간섭이 존재하므로 근거리 원거리 문제로 인해 일부 정보가 손실될 수 있다. 또한, 셀룰러 디바이스로의 간섭을 줄이기 위해 상향링크 자원을 사용할 때, 기지국 근처의 디바이스들은 기지국으로의 간섭을 줄이기 위해 매우 낮은 전송전력을 사용해야 하므로 주변 디바이스들이 이 신호를 수신하지 못할 수 있다.

이와 같이, 모든 디바이스 발견 정보를 얻고자 한다면 모든 디바이스의 신호를 다룬 모든 디바이스들이 수신할 때까지 반복하여 발견 정보를 보냄으로써 모든 발견 정보를 얻기까지 매우 많은 시간과 자원이 소요될 수 있다. 특히, 쇼핑몰, 상가 밀집 지역, 대학교, 놀이동산 등 디바이스가 밀집되어 있는 지역을 고려한다면 심각한 자원의 낭비가 초래될 수 있다.

본 논문에서는 일부 디바이스들만이 신호를 전송하고 이렇게 얻은 일부 정보만을 활용하여 디바이스를 발견하는 방법과 그 때의 성능에 대해서 논한다. 본 논문은 편의상 중앙제어 방식을 중심으로 설명하지만 논문의 결과는 약간의 수정을 통해 분산제어 방식에도 사용될 수 있다. 이에 대한 내용은 본문에서 자세히 다루도록 한다. 본 논문은 총 4장으로 구성되어 있으며 2장에서는 부분 발견 정보를 이용한 디바이스 발견에 대해 설명하고 3장에서는 제안한 방법에 대한 실험 결과를 제시하고 분석한다. 4장은 본 논문의 결론이다.

II. 본 론

2.1. 부분 발견 정보를 이용한 발견

부분 발견 정보를 이용한 디바이스 발견은 모든 디바이스의 발견 신호를 받음으로써 근거리 정보가 갱신되는 것이 아니라 일부 정보만을 이용하여 근거리 정보를 갱신할 수 있도록 하는 것이다. 예를 들어, 서비스의 상태가 바뀌어 새로운 발견 정보가 필요한 디바이스들과 관련된 근거리 정보나 혹은 이동성이 있는 디바이스들과 관련이 있는 근거리 정보는 빠르게 갱신될 필요가 있으나, 이동성이 없고 서비스의 상태의 변화가 없는 디바이스들과 관련된 정보는 비교적 늦은 주기로 갱신될 수 있다. 모든 발견 정보를 얻기 위해서는 새로 나타난 디바이스들이 근거리 정보를 획득할 수 있도록 이동성이나 서비스 상태의 변화가 없는 디바이스들도 빠른 주기로 발견 신호를 전송해

야함으로 매우 큰 자원의 낭비를 초래할 수 있다. 하지만 부분 정보를 이용하여 나머지 정보들을 만들어 낼 수 있다면 이동성이나 서비스 상태의 변화가 없는 디바이스들은 매우 낮은 주기로 발견 신호를 전송함으로써 디바이스 발견을 위한 자원을 최소화할 수 있을 것이다.

그림 1은 중앙제어 방식에서 새로운 디바이스가 나타났을 때의 절차를 보여준다. 새로운 디바이스는 발견 신호를 보내고 주변의 디바이스들 중 일부는 그 정보를 기지국에 보고한다. 기지국은 이 정보들만을 이용하여 다른 근거리 정보를 생성한다.

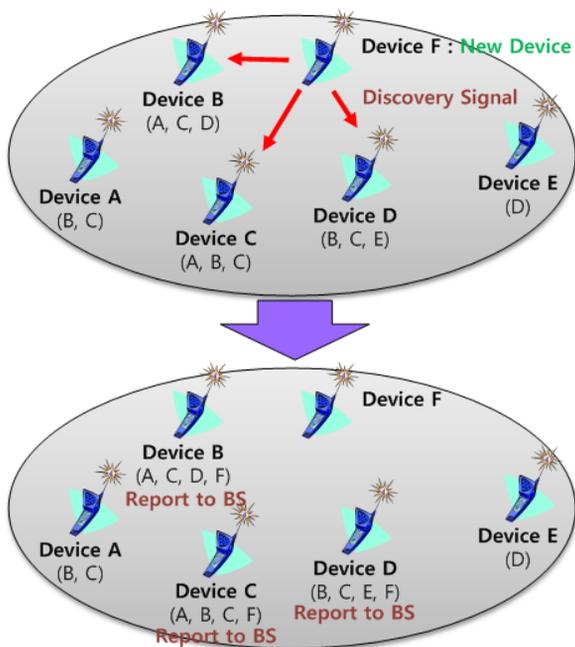


그림 1. 중앙제어 방식 D2D 시스템에서 새로운 디바이스가 나타났을 때의 절차
Fig. 1. Process with a new device appeared in a centralized-control D2D system

그림 2는 분산제어 방식에서 새로운 디바이스가 나타났을 때의 절차를 보여준다. 중앙제어 방식과 비슷하게 새로운 디바이스는 발견 신호를 보내고 이 신호를 수신한 주변 디바이스 중 일부가 새로운 디바이스에게 자신이 가지고 있는 발견 정보를 전달함으로써 이를 이용하여 다른 발견 정보를 생성해낸다. 변화가 없는 다른 디바이스들은 낮은 주기로 발견 신호를 보내고 변화가 발생하였을 때 필요한 메시지 전송도 최소화함으로써 디바이스 발견을 위한 자원을 최소화할 수 있다.

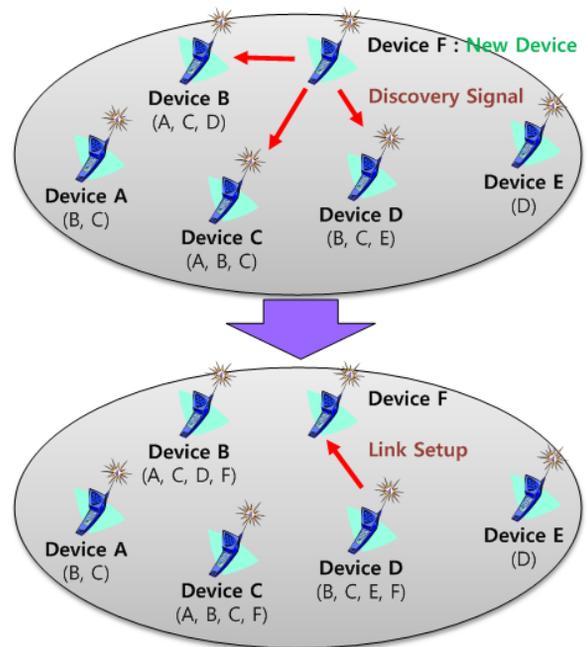


그림 2. 분산제어 방식 D2D 시스템에서 새로운 디바이스가 나타났을 때의 절차
Fig. 2. Process with a new device appeared in a distributed-control D2D

2.2. 디바이스 발견 범위

수신신호 세기가 거리의 함수로 표시될 수 있게 하기 위하여, 디바이스 발견을 수행하는 영역에 장애물이 적어서 쉐도잉에 의한 영향이 적고, 충분한 다이버시티 이득으로 인해 페이딩에 의한 영향도 크지 않아 디바이스 발견이 두 디바이스 간의 거리에 의한 경로 손실에 의해 결정될 수 있다고 가정해보자. 이 가정은 디바이스 발견을 거리 기반으로 설명하고 발견 확률을 명확히 정의하기 위한 것이다.

디바이스 A, B, C가 있을 때 디바이스 C가 디바이스 발견을 위한 신호를 전송하면 디바이스 A와 B는 수신신호의 세기를 이용하여 디바이스 C와의 거리를 파악할 수 있으며 이 정보를 기지국에 보고한다. 디바이스 발견을 위한 최대 거리를 d_{MAX} 라고 하고 디바이스 A와 C 사이의 거리를 d_{AC} , 디바이스 B와 C 사이의 거리를 d_{BC} 라고 할 때, A와 B의 거리 정보는 없지만 A와 B의 거리는 $d_{AB} \leq d_{AC} + d_{BC}$ 이므로 $d_{AC} + d_{BC} \leq d_{MAX}$ 일 경우 디바이스 A와 B가 근거리 내에 있음을 파악할 수 있다.

그림 3과 같이 디바이스 C가 디바이스 A와 B를 초점으로 하고 두 초점으로부터의 거리의 합이 d_{MAX} 인 타원 안에 있다면 $d_{AC} + d_{BC} \leq d_{MAX}$ 를 만족함으로써 디바이스 A와 B가 근거리 내에 있음을 파악할 수 있다.

그림 3의 타원의 장축의 길이는 d_{MAX} 이며 단축의 길이는 $\sqrt{d_{MAX}^2 - d_{AB}^2}$ 이므로 타원의 면적은 $\pi d_{MAX} \sqrt{d_{MAX}^2 - d_{AB}^2} / 4$ 가 된다. 근거리를 판단할 수 있는 타원은 두 디바이스가 초점으로 하는 타원이므로 두 디바이스가 가까울수록 원의 형태를 가지며 넓은 면적을 가진다.

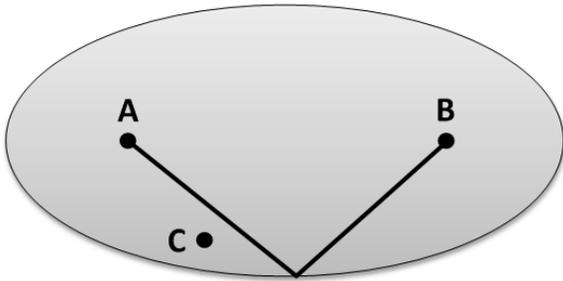


그림 3. 디바이스 C의 거리 정보를 이용한 디바이스 A와 B의 근거리 판단
Fig. 3. Discovery decision for device A and B using the distance information in device C

2.3. 디바이스 발견 확률

d_{MAX} 거리 이하의 두 디바이스 A와 B의 발견을 고려할 때, 셀 반경이 R 이고, 이 원 안에 A와 B를 초점으로 하는 타원이 포함되어 있으며, 셀 안에 N 개의 디바이스가 임의로 분포되어 있고, 이 중 M 개의 디바이스가 임의로 선택되어 발견 신호를 전송한다. 이 때, 디바이스 A와 B가 근거리에 있음을 파악할 확률은 디바이스 A가 선택되거나, 디바이스 A는 선택되지 않았지만 디바이스 B가 선택되거나, 디바이스 A와 B는 선택되지 않았지만 타원 안에 있는 디바이스가 선택될 경우이므로 다음과 같이 써질 수 있다.

$$P_{Discovery} = \frac{M}{N} + \left(1 - \frac{M}{N}\right) \left(\frac{M}{N-1} \right) + \left(1 - \frac{M}{N}\right) \times \left(1 - \frac{M}{N-1}\right) \left(1 - \left(1 - \frac{d_{MAX}^2}{4R^2} \sqrt{1 - \left(\frac{d_{AB}}{d_{MAX}}\right)^2}\right)^M\right) \quad (1)$$

식 (1)은 다음과 같은 관계식을 만족한다.

$$P_{Discovery} \geq 1 - \left(1 - \frac{d_{MAX}^2}{4R^2} \sqrt{1 - \left(\frac{d_{AB}}{d_{MAX}}\right)^2}\right)^M \quad (2)$$

식 (2)로부터, M 이 클수록, 그리고 d_{AB} 가 작을수록, 즉, 많은 디바이스들이 전송을 할수록, 두 디바이스 간의 거리가 작을수록, 디바이스 발견 확률이 높아

지는 것을 알 수 있다. 전체 디바이스의 수와 상관없이 많은 디바이스들이 전송을 할 경우 디바이스 발견 확률이 높아진다는 것은 특히 디바이스 밀도가 매우 높은 환경에서는 굳이 모든 디바이스가 전송을 할 필요성이 없다는 것을 의미하며 디바이스 밀도가 높은 상황을 고려하여 불필요하게 많은 자원을 디바이스 발견을 위하여 할당할 필요성이 없다는 것을 뜻한다.

2.4. 디바이스 선택 방법

기지국이 발견 신호를 전송할 디바이스를 결정하기 위해 본 논문에서는 두 가지 디바이스 선택 방법을 고려한다. 먼저, 임의의 선택 방법은 한 셀 안에서 전체 디바이스 중 신호 전송 디바이스 선택을 할 때 임의로 디바이스를 선택하는 것이다. 두 번째로 최대 최소 선택 방법은 최소 거리가 최대가 되도록, 즉 디바이스들이 가급적 균등하게 퍼질 수 있도록 선택하는 것이다. 전자의 경우 신호를 전송하는 디바이스들이 한 지역으로 몰림으로써 성능이 떨어질 수 있으나 후자의 경우 신호를 전송하는 디바이스들이 비교적 고르게 분포할 수 있으므로 더 우수한 성능을 얻을 수 있을 것이다.

디바이스들이 발견 신호 전송을 위해서 자원을 선택할 때에는 반송파 감지(Carrier Sensing)^[11]에 의해서 간섭이 가장 적은 자원을 선택한다. 이 때 발견 신호를 전송하는 다른 디바이스들로부터의 간섭이 적은 디바이스들만 발견 신호를 전송하고 그렇지 않은 디바이스들은 발견 신호를 전송하지 않는다면 발견 신호를 전송하는 디바이스들은 비교적 균등하게 분포될 수 있을 것이다. 전체 디바이스들 중 신호 전송 디바이스를 선택하는 것은 다양한 방법이 있을 수 있으며 이 논문에서는 양 극단에 해당하는 임의로 선택하는 방법과 균등하게 선택하는 방법을 비교하였다.

III. 실험

본 장에서는 디바이스 간 거리에 따른 근거리 디바이스 발견 범위를 확인하고 신호 전송을 위해 선택된 디바이스 수, 디바이스 사이의 거리, 그리고 총 디바이스의 수의 증가에 따른 디바이스 발견 확률을 실험을 통해 확인한다. 또한, 신호 전송을 위한 두 가지 디바이스 선택 방법에 대해 부분 정보만을 이용하여 디바이스 탐색이 가능함을 확인한다. 실험에서는 중앙제어 방식의 디바이스 발견을 수행하며 쉐도잉과 페이딩을 제외한 거리에 대한 신호 세기의 감소만을 고려한다.

3.1. 디바이스 발견 범위

첫 번째 실험은 고려하는 두 디바이스가 고정된 위치에 있을 때 다른 디바이스가 발견 신호를 전송함으로써, 고려하는 두 디바이스가 근거리에서 있음을 발견할 수 있게 하고 발견에 도움을 주는 디바이스의 범위를 확인하는 것이다. D2D 통신을 하고자 하는 두 디바이스 중에서 하나의 디바이스를 고정하고 다른 디바이스의 거리를 고정된 디바이스로부터 점차적으로 0m에서 d_{MAX} m까지 변경 시킨다. 그리고 디바이스 발견 신호를 전송하는 디바이스를 생성하여 생성된 디바이스와 D2D 통신을 하고자 하는 두 디바이스와의 거리의 합이 디바이스 발견의 최대거리보다 작은 범위를 파악한다.

표 1. 실험 변수 1
Table 1. Simulation parameters 1

parameter	value
number of devices	10000
d_{MAX} (m)	100
d_{AB} (m)	0, 5, 20, 40, 60, 80, 95, 100

그림 4와 같이 d_{AB} 가 0m일 때는 두 디바이스를 발견할 수 있는 범위가 원을 이루고 d_{AB} 가 점차 증가함에 따라 그림 5와 같이 범위가 타원을 이루게 되며 그 거리가 d_{MAX} 이상이 될 경우에는 두 디바이스를 발견할 수 있는 발견 신호를 전송하는 디바이스가 없다는 것을 알 수 있다. 따라서 고려하는 디바이스 사이의 거리가 멀어질수록 디바이스를 발견할 수 있는 범위가 타원의 모양을 띄며 점차 작아지게 되어, 두 디바이스가 근거리에서 있음을 파악할 수 있는 발견에 도움을 줄 수 있는 디바이스의 수는 적어지게 된다.

3.2. 디바이스 발견 확률

두 번째 실험은 수식 (1)을 이용하여 디바이스 발견 확률을 확인하는 것이다. 표 2에 주어진 변수의 조건은 고정하고 각각의 실험에서 신호 전송을 위해 선택된 단말의 수, 디바이스 사이의 거리, 총 디바이스 수를 증가시키며 실험 결과를 확인한다.

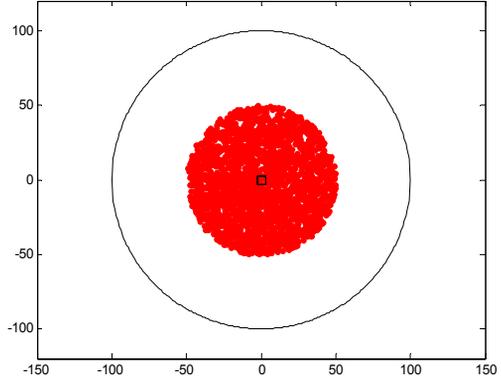


그림 4. 고려하는 두 디바이스 사이의 거리가 0m일 때 발견 신호를 전송하는 디바이스의 위치
Fig. 4. Positions of discovery-signal-transmitting devices when the distance between considered two devices is 0m

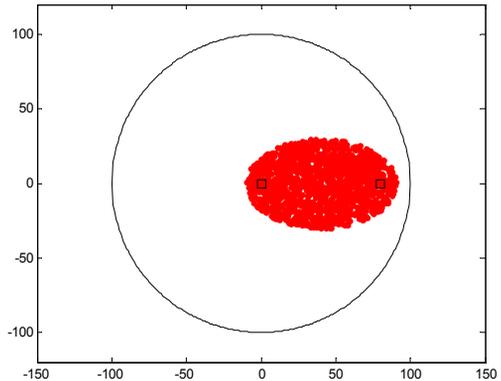


그림 5. 고려하는 두 디바이스 사이의 거리가 80m일 때 발견 신호를 전송하는 디바이스의 위치
Fig. 5. Positions of discovery-signal-transmitting devices when the distance between considered two devices is 80m

표 2. 실험 변수 2
Table 2. Simulation parameters 2

parameter	value
R (m)	1000
d_{MAX} (m)	100
d_{AB} (m)	0, 20, 50, 80, 100
N	250, 1000, 4000, 16000
M	1, 100, 200, 500, 1000

그림 6은 전체 디바이스의 수를 1000개로 고정하고 신호를 전송하는 디바이스의 수를 증가시킬 때, 디바이스 발견 확률을 나타내며 선택된 디바이스의 수가 증가함에 따라 발견 확률은 급격히 증가하다가 서서

히 증가하게 되는 것을 볼 수 있다. 따라서 2.3절에서 설명한 바와 같이 정확한 디바이스 탐색을 위해서는 모든 디바이스가 디바이스 탐색에 참여하는 것이 좋다. 그러나 일부의 디바이스만 디바이스 발견을 하여도 충분한 발견 확률을 얻을 수 있다.

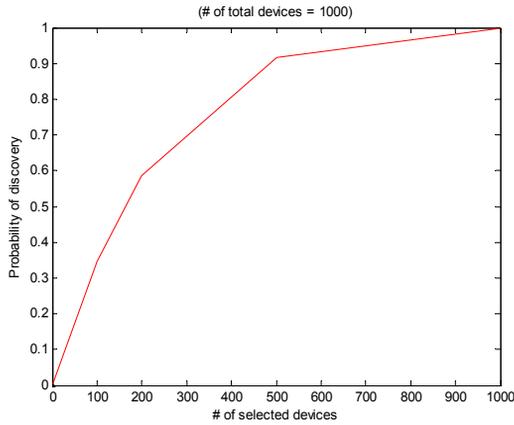


그림 6. 발견 신호 전송 디바이스 수에 따른 발견 확률
Fig. 6. Probability of discovery according to the number of discovery-signal-transmitting devices

그림 7은 전체 디바이스의 수와 신호전송을 위해 선택된 디바이스의 수를 각각 1000개와 200개로 고정하고 발견해야 되는 디바이스의 거리를 점차 증가시킬 때, 디바이스의 거리에 따른 근거리 디바이스 발견 확률을 나타낸 것이다. 디바이스 사이의 거리가 증가함에 따라 디바이스 발견 확률은 감소하는 것을 볼 수 있다. 따라서 수식 (2)에서 확인하였듯이 두 디바이스의 거리가 작을수록 디바이스 발견 확률은 더 높다는 것을 알 수 있다.

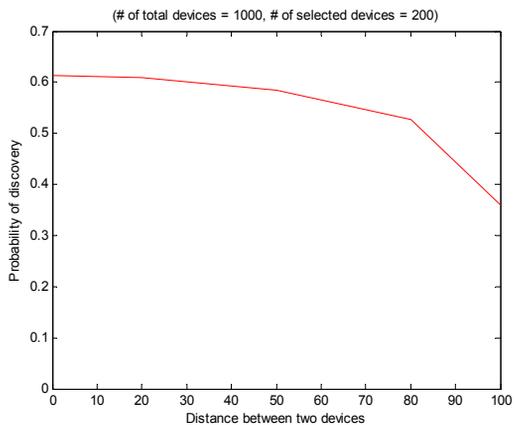


그림 7. 두 디바이스 사이의 거리에 따른 발견확률
Fig. 7. Probability of discovery according to the distance between two devices

그림 8은 발견 신호를 전송하는 디바이스를 200으로 고정하고 전체 디바이스의 수를 증가시킬 때 디바이스 발견 확률의 변화를 나타낸 것이며 디바이스의 총 수가 증가함에 따라 모든 디바이스를 발견할 수 있는 확률은 급격히 감소하고 그 감소폭은 줄어들게 된다. 디바이스의 밀도가 높은 상황에서 소수의 신호를 전송하는 디바이스로도 충분한 디바이스 발견확률을 얻을 수 있지만 제약 조건의 상황에 따라 발견확률은 달라질 수 있다.

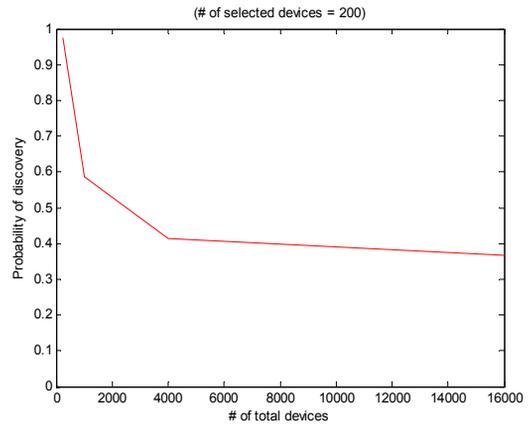


그림 8. 발견 신호 전송 디바이스의 수가 200일 때 총 디바이스의 수에 따른 발견 확률
Fig. 8. Probability of discovery according to the number of total devices when the number of discovery-signal-transmitting devices is 200

3.3. 디바이스 밀도에 따른 디바이스 발견 확률

세 번째 실험은 디바이스들을 랜덤하게 분포시키고 전체 디바이스 중 발견 신호를 전송하는 디바이스들의 비율 0%에서 100%까지 높여가면서 각 비율에 따른 디바이스 발견 확률을 확인하였다. 발견 신호를 전송하는 디바이스의 자원 선택 방법은 두가지로 임의 선택 방법과 최대 최소 거리 방법을 사용한다.

그림 9과 10은 d_{MAX} 의 반경 내에 디바이스의 수가 평균적으로 20개 및 100개가 존재할 때, 발견 신호를 전송하는 디바이스의 비율에 따른 디바이스 발견 확률을 나타낸 것이다. 실험 결과에 의하면 일부 정보만을 이용하여도 높은 발견 확률을 얻을 수 있으며 특히 디바이스 밀도가 매우 높은 경우에는 그 중 일부 디바이스만이 발견 신호를 전송하여도 이를 통해 대부분의 발견 정보를 복원할 수 있다는 것을 보이고 있다.

표 3. 실험 변수 3
Table 3. Simulation parameters 3

parameter	value
number of total devices	40 or 200
number of devices within cell radius	20 or 100
Percentage of discovery signal transmitting devices	0, 5, 10, 20, 40, 100

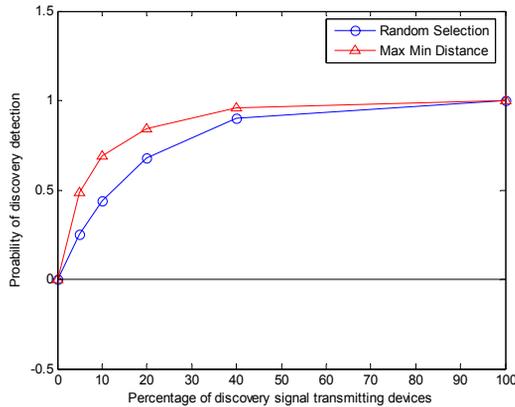


그림 9. 반경 d_{MAX} 의 원 내의 디바이스의 수가 20일 때의 발견 신호를 전송하는 디바이스의 비율에 따른 디바이스 발견 확률
Fig. 9. Probability of discovery according to the percentage of discovery-signal- transmitting devices when average number of devices in a circle with d_{MAX} radius is 20

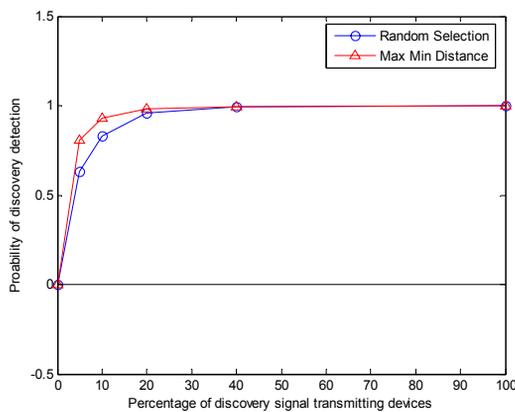


그림 10. 반경 d_{MAX} 의 원 내의 디바이스의 수가 100일 때의 발견 신호를 전송하는 디바이스의 비율에 따른 디바이스 발견 확률
Fig. 10. Probability of discovery according to the percentage of discovery-signal- transmitting devices when average number of devices in a circle with d_{MAX} radius is 100

디바이스 밀도가 적은 경우에는 발견을 위한 자원

이 충분할 수 있지만 디바이스 밀도가 매우 높아지면 발견을 위한 자원이 심각하게 부족해질 수 있다. 실험 결과에 의하면 디바이스 밀도가 높아지면 전체 디바이스 대비 낮은 비율의 디바이스들만이 전송을 해도 높은 발견 확률을 얻을 수 있으므로 인구 밀집 지역의 디바이스 발견을 위해서 매우 많은 자원을 할당할 필요는 없다는 것을 알 수 있다. 또한 단일 발견 정보를 전송하는 디바이스들의 거리를 가능한 멀리 떨어져 있게 할 수 있다면 더 좋은 성능을 얻을 수 있다는 것을 볼 수 있다.

IV. 결론

디바이스 간 직접통신에서 근거리에 있는 디바이스의 발견은 쇼핑몰, 경기장, 공원, 학교 등 인구 밀도가 매우 높은 환경에서도 이루어질 수 있으며 이를 지원하기 위해서 매우 많은 자원을 할당하는 것은 효율적이지 못하며 디바이스의 밀도가 증가하여도 필요로 하는 자원이 급격히 증가하지 않는 디바이스 발견 방법이 필요하다. 일부 새롭게 나타날 수 있는 디바이스들을 발견하기 위해 모든 디바이스들이 짧은 주기로 발견 신호를 전송하거나 환경이 바뀔 때마다 디바이스들이 많은 정보를 주고받는 것은 비효율적이며 여러 실제적인 요인에 의해서 일부 발견 정보들은 손실이 될 수 있으므로 부분 정보만을 이용하여 디바이스 발견을 하는 것이 필요하다.

본 논문에서는 일부 디바이스들만이 발견 신호를 전송하였을 때 부분 정보를 이용하여 디바이스 발견을 하는 것이 가능하다는 것을 보였으며 특히 이러한 방법은 디바이스 밀도가 높을 때 유효하므로 디바이스 밀도가 높은 환경을 고려하여 불필요하게 많은 자원을 할당할 필요는 없다는 것을 보였다. 또한 동일한 수의 발견 신호 전송 디바이스를 가정할 때 발견 신호를 전송하는 디바이스들이 가능한 서로 멀리 떨어져 있도록 디바이스들을 선택할 수 있다면 발견 확률을 더 높일 수 있다는 것을 확인하였다.

References

[1] G. H. Yeo, S. Y. Chae, M. J. Lim, C. G. Kang, C. I. Yeh, and J. Y. Ahn, "Discovery of proximate devices with partial discovery information for device-to-device communications," in *Proc. KICS Fall 2012*, pp. 1-2, Seoul, Korea, Dec. 2012.

[2] G. H. Yeo, S. Y. Chae, M. J. Lim, C. G. Kang, C. I. Yeh, and J. Y. Ahn, "Carrier sensing for discovery message transmissions in device-to-device communication systems," in *Proc. KICS Winter 2013*, pp. 1-2, Yongpyong, Korea, Jan. 2013.

[3] K. Doppler and M. Xiao, "Innovative Concepts in peer-to-peer and Network Coding," in *WINNER+/CELTIC Deliverable CELTIC/CP5-026 D1.3*, Jan. 2009.

[4] 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, no. 12, pp. 42-49, Dec. 2009.

[5] K. Jose, D. Sherry, P. Swatal, R. Anthony, and W. James, "Swiching a call from a network assisted communication mode to a direct communication mode," US Patent 11 026 751, Dec. 2004.

[6] Z. Li, L. Sun, and E. C. Ifeachor, "Range-based mobility estimations in MANETs with application to link availability prediction," in *Proc. IEEE ICC 2007*, pp. 3376-3382, Glasgow, Scotland, June 2007.

[7] P. Kumar, L. Reddy, and S. Varma, "Distance measurement and error estimation scheme for RSSI based localization in wireless sensor networks," in *Proc. IEEE WCSN*, pp. 1-4, Allahabad, India, Dec. 2009.

[8] R. Laroia, J. Li, V. Park, T. Richardson, and G. Tsirtsis, "Toward proximity-aware internetworking," *IEEE Wireless Commun.*, vol. 17, no. 6, pp. 26-33, Dec. 2010.

[9] X. Wu, S. Tavildar, S. Shakkottai, T. Richardson, J. Li, R. Laroia, and A. Jovicic, "FlashLinQ: a synchronous distributed scheduler for peer-to-peer ad hoc networks," in *Proc. the 48th Annual Allerton Conf. commun., Control, and Computing*, pp. 514-521, Monticello, U.S.A., Sep. 2010.

[10] G. Fodor, E. Dahlman, G. Mildh, S. Parkvall, N. Reider, G. Miklós, and Z. Turányi, "Design aspects of network assisted device-to-device communications," *IEEE*

Commun. Mag., vol. 50, no. 3, pp. 170-177, Mar. 2012.

[11] X. Yang and N. Vaidya. "On physical carrier sensing in wireless ad hoc networks," in *Proc. IEEE Infocom*, vol. 4, pp 2525-2535, Miami, U.S.A., Mar. 2005.

여 규 학 (Gyu-hak Yeo)



2011년 8월 동국대학교 정보통신공학과 졸업
2011년 9월~현재 동국대학교 정보통신공학과 석사과정
<관심분야> 무선통신, 이동통신

채 승 엽 (Seung-yeob Chae)



2011년 2월 동국대학교 정보통신공학과 졸업
2011년 3월~현재 동국대학교 정보통신공학과 석사과정
<관심분야> 무선통신공학

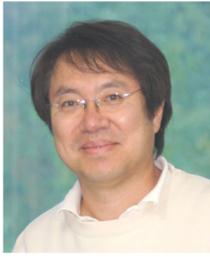
임 민 중 (Min-joong Rim)



1987년 2월 서울대학교 전자공학과 졸업
1993년 8월 Univ. of Wisconsin-Madison, 전기및 컴퓨터공학과 박사
1993년 9월~2000년 2월 삼성 전자 선임연구원

2000년 3월~현재 동국대학교 정보통신공학과 교수
<관심분야> 이동통신, 무선통신, 통신VLSI

강 충 구 (Chung G. Kang)



1987년 6월 Univ. of California (San Diego), 전자공학과 학사

1989년 6월 Univ. of California (Irvine), 전자 및 컴퓨터 공학과 석사

1993년 3월 Univ. of California (Irvine), 전자 및 컴퓨터 공학과 박사
1992년 7월~1993년 6월 (미) Aerospace Corp. 연구원

1993년 3월~1994년 2월 (미) Rockwell International 연구원

1994년 3월~현재 고려대학교 전기전자공학부 교수

2000년 9월~2001년 8월 (미) Center for Wireless Communication, UCSD 방문 교수

2005년 1월~2005년 12월 한국통신학회 이동통신 연구회 위원장

2008년 7월~현재 TTA PG702 IMT-WiBro 프로젝트 그룹 의장

2006년 1월~현재 한국통신학회 상임/집행이사
<관심분야> 광대역 무선 전송 기술 및 매체접근 제어 프로토콜 설계/구현, 무선 네트워크(Wireless PAN/LAN/MAN) 제어 프로토콜 설계 및 성능 분석

예 충 일 (Choong-il Yeh)



2005년 2월 충남대학교 전자공학과 박사

2009년 7월~2010년 7월 버지니아 텍 방문 연구원

1989년 2월~현재 한국전자통신연구원 책임연구원

<관심분야> 무선통신, 이동통신

안 재 영 (Jae-young Ahn)



1983년 2월 연세대학교 전기공학과 졸업

1985년 2월 연세대학교 전기공학과 석사

1989년 8월 연세대학교 전기공학과 박사

1989년 9월~현재 한국전자통신연구원 B4G이동통신방식연구실 실장

<관심분야> 무선통신, 이동통신