

# 기기간 직접통신을 위한 위치 정보 기반의 기기 식별 방법

박은혜\*, 강준혁<sup>o</sup>

## Location-Based Device Identification Algorithm for Device-to-Device Communication

Eunhye Park\*, Joonhyuk Kang<sup>o</sup>

### 요약

최근 스마트 모바일 기기의 급증으로 데이터 트래픽이 증가하여, 이를 완화시킬 수 있는 기기간 직접통신에 관한 관심이 점점 높아지고 있다. 기존의 기기간 직접통신 기술에서의 통신 대상 기기를 인식하는 방법은 리스트형식으로 통신 가능 기기를 나열하는 방식으로, 사용자 친화적인 인터페이스를 지니고 있지 않다. 본 논문에서는 이를 해결하기 위해 위치정보에 기반하여 직접통신 대상 기기를 식별하는 알고리즘을 제안하고, 정립한 분석 모델을 통해 알고리즘의 정확도를 분석하였으며, 시뮬레이션을 통해 확인하였다. 제안하는 알고리즘은 기존보다 대상 기기 선정이 간단하고 직관적인 방식으로, 좀 더 편리하고 실용적인 통신 방식을 제공하는데 기여할 수 있을 것이다.

**Key Words** : Device-to-device communication, Device identification, User interface, Location-based service, Point-and-link communication

### ABSTRACT

Recently the interest on device-to-device (D2D) communication has been increased due to the growing popularization of smart phones and tablet PCs. However, existing device identification mechanisms of D2D communication provide a text-based long list of possible devices, which leads the users to avoid to use D2D techniques. In this paper, we propose a location-based device identification technique for D2D communication. This paper describes the algorithm, analyzes its accuracy using analytical models, and verifies the results using computer simulations. The proposed algorithm is more user-friendly and intuitive way than existing D2D techniques.

### I. 서론

최근 LTE, Wibro 와 같은 4세대 이동통신 표준 기술이 구현되고, 스마트 휴대 단말기 사용자가 늘어남에 따라 동영상 시청 등의 높은 data rate을 요구하는 멀티미디어 통신이 늘고 있다<sup>1)</sup>. 그로인해 기지국의 부담이 점점 커짐에 따라 기지국을 거치

지 않고 기기간의 통신 링크를 직접 연결을 할 수 있는 기기간 직접통신 (device-to-device, D2D) 에 관한 관심이 점점 높아지고 있다. D2D 통신은 기지국까지 신호를 보내지 않아도 되어 기지국의 과부하를 방지하고, 배터리 소모가 적으면서도 높은 bit rate를 얻을 수 있는 특성이 있어 차세대 셀룰러 네트워크 기술로 각광받고 있다<sup>2,3)</sup>.

\* First Author : KAIST 전기 및 전자공학과 고급통신 연구실 eunhyepark@kaist.ac.kr, 학생회원

<sup>o</sup> Corresponding Author : KAIST 전기 및 전자공학과 고급통신 연구실, jhkang@ee.kaist.ac.kr, 종신회원

논문번호 : KICS2013-09-410, 접수일자 : 2013년 9월 16일, 최종논문접수일자 : 2013년 10월 14일

D2D 통신에서 가장 문제가 되는 것은 Neighbor Discovery 문제로, 통신하고자 하는 대상체를 제대로 인식할 수 있어야 기기간의 통신이 가능하다. 현존하는 D2D 기술에는 WiFi Direct와 Bluetooth 등이 있으나, 이 기술들은 텍스트로 된 연결 가능 기기의 ID 목록 중에서 연결을 원하는 대상을 사용자가 직접 찾아야 하는 단점이 있다. 이런 단점을 보완할 수 있는 기술로, beamforming을 이용하여 사용자 기기 화면의 가운데 있는 기기를 대상체로 인식하여 D2D 링크를 형성하는 기술이 제안되었다. 이러한 기기 식별 방식 및 링크 형성 방법은 통신 주체 기기의 사용자가 원하는 대상체를 화면 안에서 지목 (point) 하기만 하면, 연결 (link) 하는 방식으로, point-and-link<sup>[4]</sup> 라고 불린다.

본 논문에서는 point-and-link 방식을 beamforming을 이용하지 않고, GPS를 포함한 위치 인식 시스템과 휴대 단말의 전자 방위 센서를 이용하여 추정된 위치정보를 기반으로 사용자가 가지거리 내에서 정보 교환을 원하는 시야범위 내의 대상 기기를 직접 선택하여 D2D통신 링크를 형성할 수 있도록 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 시야범위 내에 존재하는 통신대상 기기를 인식하기 위한 위치 정보 활용 기술을 도출하고, 휴대 단말의 전자 방위 센서 및 GPS 정보를 활용한 통신 주체와 대상의 상대 각도 및 거리 측정 하여, 복수의 통신 가능 기기가 존재할 때 각각을 구분하여 사용자가 통신을 원하는 대상을 선별적으로 고를 수 있도록 하는 매핑 알고리즘에 대해 살펴본다. 3장에서는 통신 중 복합적인 요인으로 휴대용 단말기 주변 자기장이 변하여 전자 나침반에 오차가 발생할 경우 제안한 알고리즘의 정확도 성능을 수학적으로 분석하였다. 4장에서는 본 논문에서 제안한 위치 추정 알고리즘의 성능을 모의실험을 통해 검증하고, 5장에서는 논문을 맺으며 향후 전망을 설명한다.

## II. 통신 대상 인식 및 구분 기술

가지거리 대상 시선통신 기술 구현을 위한 위치 기반 대상인식 및 구분 기술을 위해 스마트폰과 같이 GPS, WPS, 전자 나침반, 자이로센서 등 모바일 가입자의 위치와 방위 정보를 알 수 있는 휴대용 단말기를 활용하는 기법을 사용한다. 통신 대상을 인식하는 첫번째 단계로 휴대용 단말기에 탑재된 카메라로 통신을 원하는 대상체를 촬영하여 그 방

향으로 위치정보 요청 신호를 전송하게 된다. 신호를 받은 대상체는 휴대용 단말기에 자신의 절대좌표 정보(GPS 좌표 등)를 전송하게 된다. 그러면 휴대용 단말기는 기기에 내제된 전자나침반의 정보를 활용하여 전달 받은 좌표로부터 통신 대상체와의 상대적 위치를 카메라로 촬영한 영상에 매핑하게 된다. 그 결과 모바일 사용자는 카메라로 촬영한 영상에서 통신을 원하는 대상체를 선택하여 link형성에 필요한 정보를 요청하여 정보를 전송하는 등 다양한 활용을 가능하게 할 수 있다. 이번 2장은 복수의 통신 대상 후보군들이 카메라 시야각 안에 있을 경우 이를 인식하고 사용자가 통신을 원하는 대상을 선별적으로 구분할 수 있는 아이디어를 포함하고 있다.

### 2.1. 시스템 모델

우리가 가정하는 시스템 모델에서, 통신 주체 기기는 D2D 통신 시작 시점에 통신 대상체의 ID에 대한 정보를 가지고 있지 않다. 통신 주체 기기의 사용자는 기기에 내장된 카메라를 사용하여 자신이 보고 있는 시야를 통신 주체 기기의 화면에도 획득할 수 있어서, 연결하고자 하는 통신 대상기기를 주체 기기를 화면 정중앙에 오도록 설정한다. 그런 뒤 시나리오를 따라 통신 링크 형성을 시작한다.

그림 1 은 제안한 통신 대상 식별 알고리즘을 적용하기 위한 통신 시스템 모델로, 통신 주체 기기의 카메라 시야각 안에 총 5개의 통신 대상 후보군이 존재하고 있다. 이 중에서 통신 대상 기기는 통신 주체 기기 화면의 정중앙에 있는 단말기이다. 여기서 시나리오대로 링크를 형성하였으나, 이웃 기기와 통신 링크가 형성되는 경우, 통신 대상 매핑에서 오류가 발생하였다고 일컫는다.

### 2.2. 통신 대상 인식 시나리오

가지거리 대상 시선통신 기술을 구현하기 위해 사용한 알고리즘을 소개하기에 앞서 필요한 가정은 다음과 같다.

#### 2.2.1. 가정

- 시선통신 후보군 Device는 GPS, WPS 등을 통하여 자신의 좌표를 알고 있다.
- 휴대용 단말기는 내장된 전자 나침반 또는 유사한 기능을 가지는 센서를 이용하여 카메라가 바라보는 방향을 토대로 기준점으로부터의 각도를 알 수 있다.

- 휴대용 단말기는 카메라의 시야각  $\gamma$ 과 같은 각도로 신호전파를 할 수 있다.
- 휴대용 단말기는 카메라 가지거리 내에 있는 각각의 통신대상 후보군과 브로드캐스트, 멀티캐스트, 또는 유니 캐스트 등을 이용하여 영역 내 타 Device에 패킷을 전송할 수 있다.
- 휴대용 단말기들은 보통 이동성을 가지고 있으나, 통신 주체기기는 시야에 보이는 통신 대상 기기와 연결을 하기 위해 뷰파인더로 통신대상 기기를 정중앙에 맞추고 있어야 하므로 기기인식이 이루어지는 동안의 통신 대상기기와 주체기기의 이동성은 없다고 가정한다.

이러한 가정 하에 통신 대상체를 인식하여 식별하는 알고리즘은 아래와 같다.

### 2.2.2. 알고리즘

- 통신 주체 기기는 가지거리 내에 있는 통신 대상 후보군에게 통신을 원한다는 request를 브로드캐스트한다.
- Request를 받을 수 있는 거리에 위치한 시야각 이내의 모든 Device들은 CSMA 등의 충돌 회피 전송 방식을 활용하여 자신의 ID와 위치 정보(GPS 좌표)를 통신 주체 기기로 전송한다.
- 통신 주체 기기는 자신의 GPS좌표와 request에 응답한 기기들의 GPS 좌표의 계산을 통해 자신과의 상대 각도를 계산한다. 2차원이라고 가정하고 통신 주체 기기의 좌표를  $(x_{UD}, y_{UD})$ , 그 이외의 기기의 좌표를  $(x_D, y_D)$ 라고 한다면, 통신 주체기로부터 대상기기와 이웃기기들의 상대각도  $\theta_D$ 를 구해보면 다음 식과 같다. 이 때 D는 TD (target device), ND (neighboring device)를 포함한 모든 시야각 안의 기기가 될 수 있다.

$$\theta_D = \arctan\left(\frac{y_D - y_{UD}}{x_D - x_{UD}}\right) \quad (1)$$

- 통신 주체 기기는 내장된 전자 방향 센서를 이용하여 자신이 바라보고 있는 각도  $\gamma$ 를 구한다. 앞서 식 (1)에서 얻은 각 중 가장  $\gamma$ 에 근접한 두각을  $\theta_{TD}$ 와  $\theta_{ND}$  라고 하면, 그 중  $\gamma$ 와 같은 각을 가진 기기를 통신 대상체로 선정하고 2번째 단계에서 수신한 ID와 통신 링크를 형성한다. 이 알고리즘은 [2]에서 제안된 알고리즘과 GPS 정보와 나침반을 이용한다는 점은 유사하나, 사용



그림 1. Point-and-link 통신 환경  
Fig. 1. Point-and-link communication environment

자가 원하는 기기를 화면 중앙에 놓음과 동시에 통신 대상체를 지정할 수 있게 하여, 사용자 친화적인 측면이 강조되었다.

### 2.3. 통신 대상 인식 오류

2 절에서 통신 대상 후보군 기기중 위치정보를 활용하여 통신 대상체를 식별하는 알고리즘을 제안하였다. 본 3 절에서는 앞서 소개한 알고리즘을 실행하는 과정에서 오류가 발생할 경우에 대해서 알아보고, 그로인한 통신 대상 인식 오류를 구해보므로써 본 알고리즘의 정확도를 파악한다. 이 때 모든 오류는 가장 근접한 기기에 의해서만 발생한다고 가정한다.

첫 번째로 생각할 수 있는 오류는 GPS 좌표의 부정확함으로 인한 대상체 인식 오류이다. 제안하는 알고리즘은 GPS 좌표를 이용하여 대상 기기들의 상대각도를 구하기 때문에, 이 과정에서 오류가 있다면 추정된 상대각도에도 오류가 생기게 되고, 그로인해 통신 대상체에 이웃해 있는 기기를 통신 대상체로 잘못 인식할 수 있다. 그러나 우리가 고려하고 있는 환경은 가지거리 이내의, 즉 수 킬로미터 이내의 범위이고, 식 (1)에서 알 수 있듯, 좌표간의 차이를 이용하기 때문에 GPS 오차로 인한 좌표의 오류가 서로 상쇄되게 된다. 이는 Differential GPS 와 같은 원리로, 우리는 따라서 GPS 오차로 인한 영향은 거의 없다고 가정할 수 있다<sup>[5]</sup>.

두 번째로 생각할 수 있는 오류는 통신 주체 기기에 내장된 전자 방향 센서의 오차 때문에 발생할 대상 인식 오류이다. 전자 방향 센서는 자자기의 변화 및 주변 기기들의 움직임으로 인한 자기장의 변화 등에 영향을 받을 수 있으므로 통신 주체 기기

가 추정된 각도에 오차가 발생할 수 있다. 오차를  $n$ 라고 하고, 오차가 포함된 정면 각도를  $\bar{\gamma}$  라 하면,

$$\bar{\gamma} = \gamma + n \quad (2)$$

라고 쓸 수 있다. 이 경우 알고리즘의 마지막 단계는 다음과 같이 수정하여 쓸 수 있다.

-통신 주체 기기는 내장된 전자 방향 센서를 이용하여 자신이 바라보고 있는 각도  $\bar{\gamma}$ 를 구하고, 앞서 식 (1)에서 얻은  $\theta_{TD}$ 와  $\theta_{ND}$  중  $\bar{\gamma}$ 와 더 가까운 값을 가진 기기를 통신 대상체로 선정하고 2번째 단계에서 수신한 ID와 통신 링크를 형성한다.

따라서 전자 방향 센서에 오차가 있는 경우에  $\theta_{TD}$  보다  $\theta_{ND}$ 가 추정치  $\bar{\gamma}$  에 가까운 경우 오차가 통신 대상 인식에 실패하여, 인식 오류가 일어나게 된다. 다시 말해 오류는

$$|\theta_{TD} - \bar{\gamma}| \geq |\theta_{ND} - \bar{\gamma}| \quad (3)$$

일 때 발생하게 된다.

우리는 전자 방향 센서 오차가 다양한 독립적인 원인에 영향을 받은 각도 오차라는 것에 착안하여 변수  $n$ 이 평균 0, 분산  $\sigma_\theta^2$ 을 갖는 Gaussian 분포를 따른다고 가정하고 본 알고리즘의 오류 확률을 구해보았다. 통신 대상 인식 오류를 분석하기 위해,  $\Delta\theta$ 를  $|\theta_{TD} - \theta_{ND}|$  라고 두면, 오인식은 오차변수  $n$ 가  $\Delta\theta/2$  보다 클 때 발생한다. 따라서 수식으로 나타내면 다음과 같다.

$$P_e = P\left[n \geq \frac{\Delta\theta}{2}\right] = Q\left(\frac{\Delta\theta}{2\sigma_\theta}\right) \quad (4)$$

이 때  $Q(x)$ 는 표준 정규 확률 변수가  $x$  보다 큰 값을 가질 확률이다.

이 결과는 참고문헌 [2]에서 소개된 오류확률이 사용자기기의 액정화면과, 통신대상체의 위치에 영향을 받아 불확실했던 것과 달리, 좀 더 안정적인 오류확률을 제공한다.

이 알고리즘의 정확도를  $r$ 이라고 한다면,  $r = 1 - P_e$ 이 되고, 통신 대상기기와 이웃기기의 각

도차  $\Delta\theta$ 와 전자 방향 센서 오차의 분산  $\sigma_\theta^2$ 가 주어졌을 때의 정확도는 아래식과 같이 유도할 수 있다.

$$r = 1 - Q\left(\frac{\Delta\theta}{2\sigma_\theta}\right) \quad (5)$$

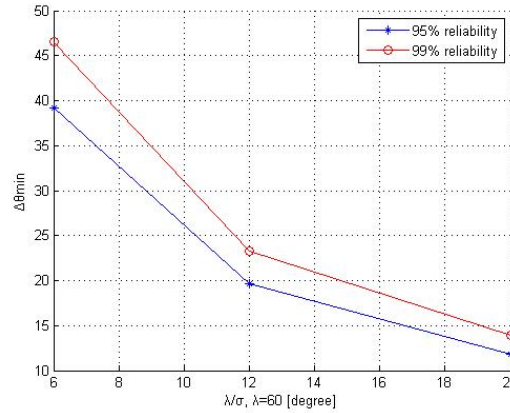


그림 2. 전자 방향 센서의 분산 변화에 따른 요구되는 최소 기기간 각거리

Fig. 2. The minimum angular distance according to the variance of the magnetometer

식 (5) 에서,  $Q(x)$ 는  $x$ 에 대한 감소함수이기 때문에, 작은 분산 값  $\sigma_\theta^2$ 을 가질수록, 통신 대상기기와 이웃기기가 더 큰 각도로 떨어져 있을수록 더 높은 정확도를 얻을 수 있음을 시사하여, 우리의 직관적 판단과 같은 결론을 제시한다. 우리는 3장에서 이 결과를 시뮬레이션 결과를 통해 확인한다.

### III. 실험

실험은 Matlab 프로그램을 통한 시뮬레이션으로 진행되었다. 통신 대상 기기는 통신 주체 기기의 정중앙에 위치하게 설정하였고, 이웃기기는 통신 주체 기기의 시야각 안에서 무작위 배치하였다. 또한 GPS 오차는 없는 것으로 가정하였고, 통신 대상 기기와 이웃기기가 통신 주체로부터 떨어진 거리 및 고도는 동일하다고 가정하였다. 시뮬레이션에서 사용한 변수들은 다음과 같다. 사용자 기기의 시야각은 60도라고 가정하였고, 통신 대상 기기는 항상 시야각 정중앙에, 이웃기기는 통신 주체의 시야각 범위 안에서 랜덤하게 배정하여 실험을 하였다. 그림 2는 전자 방향 센서의 분산 변화에 따라 주어진 정확도를 만족시키기 위해 필요한 대상 기기와 이웃기기의 최소 각거리를 나타내는 결과이다. 가로축은 나침반 오차의 표준편차 값으로 시야각을 나눈

값으로 지정하였다. 세로축은 주어진 신뢰도 95%와 99%를 얻기 위해 필요한 최소한의 가장 인접한 기기와 대상기기간의 각도차이다. 더 높은 정확도가 요구될수록, 같은 전자 방향 센서 분산 값이라도 대상 기기와 이웃기기는 더 멀리 떨어져 있어야 함을 알수있다. 또한 분산 값이 적을수록, 즉 전자 방향 센서가 더 정확할수록 대상기기와 이웃기기가 가까이 위치해도 같은 정확도를 얻을 수 있다.

이 실험결과는 앞서 3장에서 구한 식 (5) 과도 일치하는 결과로, 제안한 알고리즘을 검증해 보았다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 현존하는 D2D 통신 절차의 단점을 극복하고자, 사용자 친화적이고 직관적인 인터페이스를 갖는 D2D 통신 절차에 적용될 수 있는 대상 기기 식별 알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘은 휴대 단말들의 GPS 정보와 통신 주체 기기의 전자 방향 센서를 이용한 방법이다. 우리는 수학적 계산을 통하여 대상 기기와의 링크가 형성되지 않을 확률을 구하였고, 시뮬레이션을 통하여 결과를 확인하였다. 제안한 D2D 기기식별 알고리즘은 가정 및 절차가 이상적인 면이 있지만, 좀 더 현실적인 문제들을 고려하여 추가연구가 진행된다면 기존의 Cell-ID, IP, 전화번호 등을 이용한 통신 시스템보다 직관적인 절차를 통해 증강현실을 구현할 수 있으므로 좀 더 편리하고 실용적인 통신 방식을 제공하는데 기여할 수 있을 것이다.

#### References

[1] C. V. N. Index, "Forecast and methodology, 2009-2014," *CISCO White paper*, vol. 2, June 2010.

[2] E. Park, H. Kim, and J. Kang, "Location-based D2D association algorithm," in *Proc. KICS Winter Conf.*, pp. 437-440, Yongpeong, Korea, Feb. 2012.

[3] K. Doppler, M. Rinne, C. Wijting, C. Riberio, 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.

[4] B.-J. Kwak, S.-A. Kim, Y.-H. Kim, and N.-O. Song, "Random jitter beamforming for

point-and-link communications," in *Proc. IEEE Statistical Signal Process. Workshop (SSP)*, pp. 496-499, Ann Arbor, U.S.A., Aug. 2012.

[5] B. W. Parkinson and P. K. Enge, *Global positioning system: Theory and applications*, pp. 3-50, AIAA, 1976.

박 은 혜 (Eunhye Park)



2011년 8월 KAIST 전기 및 전자공학과 졸업  
 2013년 8월 KAIST 전기 및 전자공학과 석사  
 2013년 9월~현재 KAIST 전기 및 전자공학과 박사과정  
 <관심분야> Device-to-device communication, Location based service application, Cognitive Radio

강 준 혁 (Joonhyuk Kang)



1991년 서울대학교 제어계측공학과 졸업  
 1993년 서울대학교 제어계측공학과 석사  
 2002년 The University of Texas at Austin 전자 컴퓨터 공학과 박사

2002년~현재 KAIST 전기 및 전자공학과 부교수  
 <관심분야> Massive MIMO, Cognitive Radio, Cooperative communications, Wireless localization