

다중경로 페이딩 환경에서 양방향성을 고려한 디바이스 간 직접통신에 대한 의사결정 메커니즘

(Decision Making Mechanism for Bi-Directional Device to Device Communications in Multipath Fading Environment)

최진영[†] 홍충선^{**} 최종원^{***}
(Jin Young Choi) (Choong Seon Hong) (Jongwon Choe)

요약 본 논문에서는 다중경로 페이딩 환경에서 기지국을 이용한 통신과 디바이스간의 직접통신을 비교하여 통신방법을 선택하는 의사결정 메커니즘을 제안한다. 제안한 메커니즘은 GPS를 사용하지 않고 디바이스간의 거리를 추정하고 이를 통하여 기지국을 통한 통신방법과 디바이스간의 직접통신을 비교한다. 이때, 디바이스에서 기지국간의 경로는 송신 측과 수신 측의 양방향성을 고려한다. 비교 방법으로는 본 논문에서 제안한 근접도 레벨링 방법을 이용하여 비교하는 의사결정 메커니즘을 수행한다. 본 논문의 시뮬레이션 결과를 통한 성능평가 결과에서는 여러 상황에서 의사결정 메커니즘을 수행하고 디바이스간의 직접통신이 수행되는 조건을 알아본다. 그 결과 디바이스간 직접통신의 SNR이 특정 SNR보다 높으면 직접통신을 수행한다.

키워드 : 의사결정, D2D통신, MUSIC 알고리즘, 근접도 레벨링 방법

Abstract In this paper, we propose a decision making mechanism to compare a device-to-base station communication with a device-to-device(D2D) communication. The proposed mechanism can estimate the distance between devices without using GPS and then make the comparison. The communication links between devices and the base station are considered as bi-directional communications between senders and receivers. The comparison mechanism is inspired by the proximity leveling method. In order to evaluate the proposed method's performance via simulation, we perform this decision making mechanism in various situations and identify the condition of device-to-device communications. As a result, when SNR of D2D communication is larger than some SNR, the D2D communication is performed.

Key words : Decision Making, D2D communication, MUSIC algorithm, Proximity leveling method

· This research was supported by Next-Generation Information Computing Development Program through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Education, Science and Technology (No.20100020728).

† 학생회원 : 경희대학교 컴퓨터공학과
jinychoi@networking.khu.ac.kr

** 종신회원 : 경희대학교 컴퓨터공학과 교수
cshong@khu.ac.kr
(Corresponding author)

*** 종신회원 : 숙명여자대학교 컴퓨터공학과 교수
choejin@sookmyung.ac.kr

논문접수 : 2011년 11월 11일

심사완료 : 2011년 12월 30일

Copyright©2012 한국정보과학회 : 개인 목적이나 교육 목적인 경우, 이 저작물의 전체 또는 일부에 대한 복사본 혹은 디지털 사본의 제작을 허가합니다. 이 때, 사본은 상업적 수단으로 사용할 수 없으며 첫 페이지에 본 문구와 출처를 반드시 명시해야 합니다. 이 외의 목적으로 복제, 배포, 출판, 전송 등 모든 유형의 사용행위를 하는 경우에 대하여는 사전에 허가를 얻고 비용을 지불해야 합니다.

정보과학회논문지: 정보통신 제39권 제2호(2012.4)

1. 서론

최근 국내외 이동통신 시장은 1인 다수 이동통신 기기의 보유시대를 맞이하였다. 또한 전자제품들의 개발 추세가 스마트한 기기들의 개발이 주를 이룸으로 인하여 통신 트래픽의 사용량이 증가하였다. 특히 인구가 밀집된 지역에서 발생하는 트래픽은 급격하게 증가를 하였고 주파수 자원의 부족 현상이 발생하였다. 이를 감당하기 위해서 통신 사업자들은 보다 많은 수의 기지국을 필요로 하거나 TV 유휴대역(TV white space)[1]의 활용방안 등을 검토하고 있다. 이러한 문제를 완화하기 위해서는 기지국으로 향하는 통신 트래픽의 발생을 줄임으로써 기지국의 과부하를 줄이고 주파수를 재사용하여 주파수 부족현상을 해결하는 방법이 필요하다[2]. 그 방법으로 기지국을 통하지 않고 디바이스 간에 직접적으로 통신을 하는 방법의 연구가 활발히 진행되고 있으며, 그 중 3GPP LTE-Advanced[3] 기반의 D2D(Device to Device) 통신은 LTE망을 이용하여 기지국 없이 디바이스간의 채널을 이용하여 직접 통신을 수행하는 방법이다. 그러나 D2D통신을 적용하기 위해서는 기존의 기지국을 통한 통신 방법과 디바이스간의 통신 중 어떠한 방법이 사용자에게 보다 좋은 통신 품질을 보장하는 지에 대하여 비교하는 의사결정 과정이 필요하다. 관련 연구 중에는 의사결정 과정을 수행하기 위해서 GPS(Global Positioning System) 측정을 통해서 얻은 거리 정보를 이용하여 디바이스간의 거리 근접한 정도를 알아내고 통신방법을 직접 통신으로 전환하는 연구가 있다[4]. GPS는 현재 많은 디바이스에서 지원이 가능하고 차량용 네비게이션의 경우 정확한 위치측정을 보인다. 하지만 통신을 지원함에 있어서, GPS를 이용한 거리 측정 방법은 측정을 하기 위해서 적지 않은 시간이 소모되고 복잡한 과정이 필요하며 실내에서는 정확도가 떨어지는 단점을 갖는다[5].

본 논문에서는 의사결정 과정을 수행함에 있어서 디바이스간의 거리를 GPS를 이용하지 않고 근접한 정도를 알아낸다. 또한 의사결정 과정에서 기존의 기지국을 통한 통신과 디바이스간의 직접통신을 비교하기 위해서 “근접도 레벨링 방법”을 제안한다. 이 방법은 본 논문의 방법으로 추정된 디바이스간의 거리를 통신환경에 따른 특정 값으로 나누어 레벨링을 하고 레벨값을 이용하여 두 개의 통신 방법 중 하나를 선택하게 된다.

본 논문은 총 5장으로 구성되어 있으며 2장에서는 디바이스간의 거리를 추정하는 과정을 설명하고 3장에서는 추정된 디바이스간의 거리를 기반으로 근접도 레벨링 방법을 사용하여 의사결정을 수행하는 것에 대하여 설명한다. 4장에서는 제안한 방법에 대한 실험 결과들

기술하고 분석하여 D2D통신을 수행하는 조건을 알아보며 5장은 본 논문의 결론이다.

2. 디바이스간의 거리 추정

2.1 의사결정 환경 모델

본 논문에서는 그림 1과 같이 하나의 셀 내에 기지국이 하나가 존재하는 환경을 가정하였고 전파모델은 반사와 굴절에 의해 다중경로 페이딩이 발생하는 환경으로 가정하였다. 또한 디바이스들이 서로 이웃한 셀 이상으로 위치하게 된다면 디바이스간의 근접한 정도는 충분히 떨어져 기지국을 통한 통신을 사용하기 때문에 의사결정을 수행함에 있어서 그 범위는 최대 이웃한 셀에 디바이스들이 각각 위치해 있는 경우로 제한하였다. 여기서 a 와 b 는 각각의 디바이스와 디바이스가 속한 기지국과의 경로이고 c 는 디바이스간의 경로이다. 대문자 A, B, C 는 각각 이웃한 경로일 때의 경로들을 나타내며 D 는 이웃한 셀 상황에서 기지국간의 경로를 나타낸다.

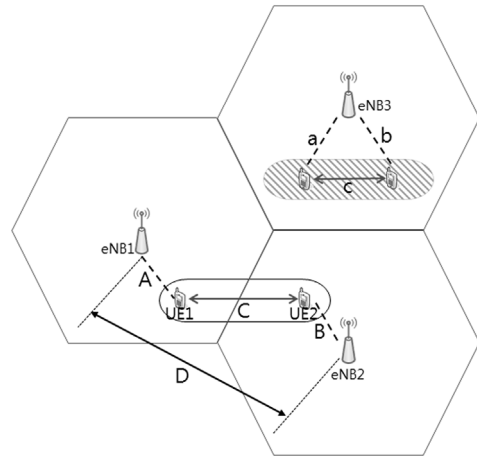


그림 1 단일 셀과 이웃한 셀에서의 의사결정 환경 모델

2.2 디바이스들의 위치 판별

단일 셀과 이웃한 셀에서의 의사결정 메커니즘은 디바이스와 기지국들이 위치한 구성이 다르기 때문에 의사결정 메커니즘 단계를 수행하기 전에 서로 통신을 하고자 하는 디바이스들이 위치한 셀이 어디인 지에 관하여 알아야 될 필요가 있다. 이는 그림 2의 통신 연결 절차에서 알 수 있다. 그림 2에서 UE(User Equipment) 1이 통신 요청을 하면 UE1이 속한 셀의 기지국인 eNB1(Base Station)은 수신 측 디바이스가 위치한 셀이 단일 셀과 이웃한 셀인지를 판별하기 위해서 eNB1의 eNB ID를 EPC(Evolved Packet Core)망으로 신호를 전송한다. EPC는 수신 측 기지국에게 통신 요청을 보내

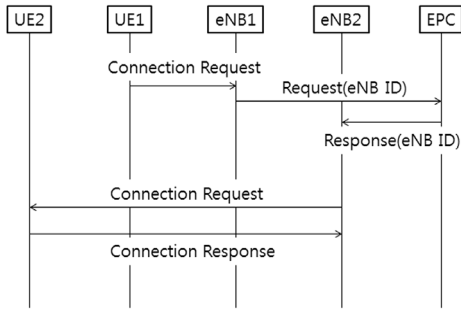


그림 2 의사결정 메커니즘을 위한 통신 연결 요청 절차

표 1 각 상황에 따른 디바이스들의 위치

	State(eNB ID)	Positioning (UE1, UE2)
1	eNB1 ID ∈ eNB2 Table eNB1 ID = eNB2 ID	Local-Cell
2	eNB1 ID ∈ eNB2 Table eNB1 ID ≠ eNB2 ID	Neighbor-Cell
3	eNB1 ID ∉ eNB2 Table	Another Cell

고 수신 측 기지국에서는 요청신호와 함께 전달된 eNB ID를 기지국에서 보유한 eNB Table과 비교한다. 표 1은 eNB Table에서 eNB ID 상태에 따라서 UE1과 UE2가 위치한 cell의 위치를 나타낸다. 표 1의 1번에서 eNB1 ID가 eNB2 Table에 존재하고 eNB1과 eNB2의 ID가 서로 같다면 UE1과 UE2는 서로 같은 셀에 위치해 있으며 2번과 같이 eNB1과 eNB2의 ID가 서로 다르다면 UE1과 UE2는 이웃한 셀에 위치해 있다. 마지막으로 3번과 같이 eNB1 ID가 eNB2 Table에 존재하지 않는다면 UE1과 UE2는 서로 근접하지 않은 셀에 위치하며 의사결정 메커니즘을 수행하지 않고 기지국을 통한 통신을 수행한다.

2.3 기지국과 디바이스간의 경로 거리 측정

GPS를 사용하지 않고 의사결정 메커니즘에 필요한 디바이스간의 거리 추정을 수행하기 위해서는 먼저 기지국과 디바이스간의 경로 거리를 측정해야 한다. 기지국들은 디바이스와 세션설정 과정이 끝나면 디바이스에게 참조신호를 전송할 수 있는 데 이 참조신호를 RSSI (Received Signal Strength Indicator)의 원리[6]를 이용하여 기지국과 디바이스 사이의 거리를 측정한다. 디바이스는 기지국으로부터 받은 참조신호에 대해서 수신 신호세기를 측정하고 기지국으로부터 정보전달 요청을 받으면 해당 정보를 기지국에게 전달한다. 기지국은 참조신호의 전송세기와 디바이스의 측정된 수신 신호세기를 이용하여 기지국과 디바이스간의 거리인 A, B, a, b

를 측정할 수 있다. 여기서 사용된 수식은 식 (1), 식 (2)와 같다. 여기서 L 은 경로손실, d_i 는 A, B, a, b 의 거리이며 λ 는 파장이다.

$$L = 20 \log_{10} \left(\frac{4\pi d_i}{\lambda} \right) [dB] \quad i = A, B, a, b \quad (1)$$

$$d_i = \frac{\lambda}{4\pi} 10^{\frac{L}{20}} \quad i = A, B, a, b \quad (2)$$

2.4 경로간의 이격각도 측정

본 논문에서 제안하는 거리 추정을 수행하기 위해서는 경로간의 이격각도를 측정하는 과정이 필요하다. 하지만 본 논문에서 통신환경으로 다중경로 페이딩을 가정하였기 때문에 해당 환경에서는 정확한 이격각도를 추정하기가 어렵다. 그래서 각 디바이스에서 기지국으로의 도래각을 측정하고 이를 합산함으로써 이격 각도를 추정할 수 있다. 여기서 도래각은 MUSIC(Multiple Signal Classification) 알고리즘[7]을 사용하여 측정한다. MUSIC 알고리즘은 입력된 신호의 방향벡터와 안테나의 잡음 고유벡터가 상관이 없다는 점을 이용하여 잡음 고유치에 대응하는 고유벡터와 이것과 직교하는 방향벡터를 검색하여 도래방향을 추정한다[7].

$$x_k(t) = \sum_{i=1}^d a_k(\theta_i) s_i(t) e^{-j2\pi f_0 \tau_k(\theta_i)} + n_k(t) \quad (3)$$

where $k = 1, 2, \dots, M$

식 (3)의 $a_k(\theta_i)$ 는 안테나 소자의 복소수 반응이고, d 는 안테나로 들어오는 신호의 개수이다. 그리고 $n_k(t)$ 는 k 번째 안테나 소자에서의 잡음 신호이다. 여기서, t 시간에서 k 번째 안테나의 복소수 신호 입력이 $x_k(t)$ 라고 했을 때 상관행렬 R_x 는 다음의 식 (4)와 같이 나타낼 수 있다[7].

$$R_x = E\{xx^H\} = AR_s A^H + \sigma_n^2 I \quad (4)$$

이 상관행렬의 고유치, 고유벡터를 이용하여 MUSIC 알고리즘의 수식으로 바꾸게 되면 다음의 식 (5), 식 (6)과 같다[7].

$$P_{MUSIC}(\phi) = \frac{1}{\sum_{m=M+1}^N |q_m^H s(\phi)|^2} \quad (5)$$

$$P_{MUSIC}(\phi) = \frac{1}{s^H(\phi) Q_n Q_n^H s(\phi)} \quad (6)$$

위의 식 (6)에서 ϕ 가 신호의 도래방향 추정 값이라면, $s(\phi) \perp q_m$ 이며, 식 (5)와 식 (6)의 분모가 0이 된다. 따라서 MUSIC 함수에서 $P_{MUSIC}(\phi)$ 의 최대치(peak)일 때의 ϕ 값이 도래방향이 된다.

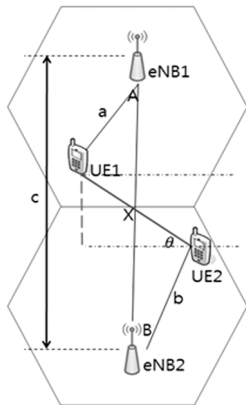
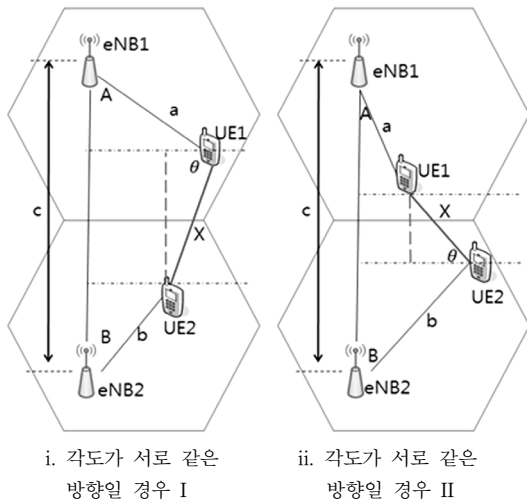
2.5 단일 셀에서의 거리 추정

표 1의 1번에 해당되어 디바이스들이 단일 셀에 위치해 있을 때의 거리 추정은 2.3절과 2.4절의 과정을 통해서 그림 1의 a 와 b 의 거리를 측정하고 경로 a, b 의 이격각도를 측정하면 식 (7)의 피타고라스의 정리 식을 이용하여 디바이스간의 경로 c 의 거리를 계산할 수 있다.

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos \theta \quad (7)$$

2.6 이웃한 셀에서의 거리 추정

표 1의 2번에 해당되어 디바이스들이 서로 이웃한 셀에 위치해 있을 때의 거리 추정은 2.3절의 과정을 통해서 그림 1의 A와 B의 거리를 측정하고 2.4절의 과정을 통해서 기지국 간의 경로와 각 디바이스가 이루는 각도를 측정했을 때 거리의 계산이 가능하다. 본 논문에서는 이웃한 셀에서의 기지국 간의 경로와 각 디바이스가 이루는 각도가 $-90^\circ \sim 90^\circ$ 라고 가정하였고 이 각도를 넘어서는 경우는 기지국을 통한 통신을 수행한다. 가정한 각도를 넘어서는 경우에는 디바이스간의 거리가 멀어지기 때문에 기지국을 통한 통신이 더 좋은 성능을 갖게 된다. 만일에 이 각도를 넘어서지 않는 경우에는 디바이스간의 경로 형태에 따라서 3개의 경우로 나뉘게 된다.



iii. 각도가 서로 반대 방향일 경우
그림 3 이웃한 셀에서 디바이스간의 거리

- i. 각도가 서로 같은 방향일 경우 I
- ii. 각도가 서로 같은 방향일 경우 II
- iii. 각도가 서로 반대 방향일 경우

그림 3에서 a, b 는 디바이스에서 기지국간의 거리이고 c 는 기지국 간의 거리이며 A, B 는 기지국과 UE간의 이격각도, X 는 구하고자 하는 디바이스간의 거리이다. 각각의 경우에 디바이스간의 거리인 X 의 거리를 구하는 공식은 아래의 식 (8), 식 (9)와 같다. i와 ii의 경우, 즉 각도가 서로 같은 방향일 경우에는 디바이스간의 거리를 구하는 식이 같고 iii의 경우는 각도가 서로 다른 방향일 경우에 디바이스간의 거리를 구하는 식이며 위의 방법을 이용하여 디바이스간의 거리를 계산할 수 있다.

3. 근접도 레벨링 방법

기지국을 통한 통신과 디바이스간의 통신 방법을 정하기 위한 의사결정 메커니즘에서는 기지국과 디바이스의 안테나 이득과 전송전력 세기의 차이를 고려해야 한다. 기지국의 경우 디바이스에 비해 안테나 이득과 전송전력세기가 월등히 높기 때문에 손실에 강인하며 그에 따라 SNR(Signal to noise ratio)이 디바이스 보다 크다. 따라서 의사결정 과정에서 기지국을 통한 통신에서 uplink통신과 디바이스간의 통신을 비교하여 더 좋은 통신 품질을 제공할 수 있는 방법을 선택한다. 이 경우 반대쪽 디바이스에서 기지국으로의 uplink 경로도 고려를 해야 한다. 따라서 a 경로의 uplink SNR과 b 경로의 uplink SNR을 비교하여 보다 큰 SNR을 갖는 경로를 D2D와 비교하여 레벨링 방법을 수행한다. 여기서 디바이스와 기지국 간의 uplink통신 경로가 짧다면 기지국의 안테나이득을 고려하여 기지국을 통한 통신을 선택한다. 그리고 디바이스와 기지국 간의 uplink통신 경로가 일정 수준 이상이 될 경우에는 두 통신 채널간의 비교를 통하여 통신방법을 선택한다. 의사결정 메커니즘으로 넘어가는 uplink통신 경로의 거리와 디바이스간의 거리 레벨링은 각각의 SNR비교를 통하여 결정한다. 다음의 표 2는 본 논문에서 제안하는 근접도 레벨링 메커니즘의 각 단계를 나타낸 것이다.

Step 1에서 a 경로의 uplink SNR과 b 경로의 uplink SNR을 비교하여 높은 SNR을 갖는 uplink경로를 선택한다. Step 2에서 uplink의 SNR이 D2D의 최대 SNR보다 큰 경우에 uplink의 경로 거리는 기지국을 통한 통신을 수행하는 보장된 거리인 D_i 이다. Step 3에서 uplink의 경로 거리가 D_i 보다 클 경우 셀의 최대 반경에서의 기지국 통신 SNR인 SNR_{MAX} 이 D2D의 SNR보다 커질 때의 디바이스간 거리를 디바이스간 통신의 최대거리로 설정한다. Step 4에서 디바이스간의 거리를

표 2 근접도 레벨링 메커니즘 단계

Step	Description
1	Comparison between SNR_{Uplink} of a and SNR_{Uplink} of b
2	If $SNR_{Uplink} > Maximum\ SNR_{D2D}$, uplink Path distance is D_i
3	If uplink distance $> D_i$ when $SNR_{MAX} > SNR_{D2D}$ $D2D\ distance = Maximum\ D_{D2D}$
4	$D_{D2D} \div L > Level\ Value$
5	If $D_i < uplink\ distance < D_{max}$, If $D_{D2D} \leq Maximum\ D_{D2D}$ $D2D\ Level > Level\ of\ SNR_{Uplink}$ = Performance of D2D communication

각 통신 환경마다 정해진 Level 수치인 L 로 분할하여 각 Level에서의 SNR 분포를 구한다. Step 5에서 uplink의 거리가 의사결정 판단 범위이며 D2D의 거리가 최대 가능한 D2D범위 이내일 때, 디바이스간 거리의 레벨이 uplink의 SNR이 속한 Level보다 작다면 D2D 통신을 수행한다.

4. 시뮬레이션 결과 및 분석

본 논문에서는 시뮬레이션을 통해서 여러 통신상황 중에서 디바이스간의 직접통신이 수행될 수 있는 조건을 알아보았다. 본 시뮬레이션은 셀 반경이 최대 1km인 단일 셀의 환경에서 진행하였으며 여기서 사용한 SNR의 계산 수식은 식 (8)과 같다.

$$SNR = \frac{P_r}{N_0} = \left(\frac{\lambda}{4\pi d}\right)^2 \times \frac{G_r G_t P_t}{N_0} \quad (8)$$

P_t 와 P_r 은 각각 송신 신호세기와 수신신호세기이고 G_r 와 G_t 은 각각 송신 안테나 이득과 수신 안테나 이득이다. 그림 4는 기지국을 통한 통신과 디바이스간의 직접통신의 거리에 따른 각각의 SNR을 나타낸 그래프 결과이다. 그림 4를 보면 200m이내에서 디바이스간 직접통신의 SNR 최대값보다 기지국 통신의 SNR이 더 크다. 따라서 Uplink의 거리가 디바이스에서 기지국간의 거리가 200m이내 라면 의사결정 과정을 거치지 않고 기지국을 통한 통신을 수행한다. uplink의 경로거리가 200m 이상일 때, 500m는 셀의 최대 반경인 1000m에서 uplink의 SNR보다 D2D통신의 SNR이 작아지게 되는 지점이며 이는 D2D통신이 가능한 최대거리이다. D2D통신이 가능한 거리인 500m를 통신환경에 맞게 정해진 Level 수치인 L 로 나누고 각 Level에서의 SNR 분포를 설정한다. uplink의 SNR이 속한 Level보다 디바이스간

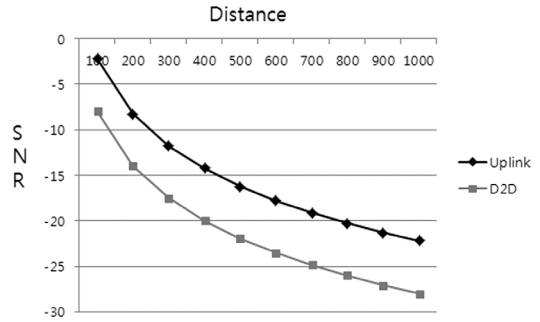


그림 4 디바이스에서 기지국간의 거리와 디바이스간의 거리에 따른 SNR

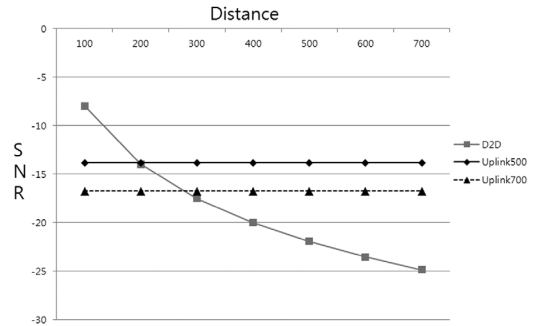


그림 5 D2D통신과 Uplink통신의 비교

표 3 위치측정을 위한 전파의 도달시간 비교

방법	T(전파의 도달 시간)
GPS를 이용한 위치측정	0.09 (sec)
기지국 기반의 위치측정	6.6 (µsec)

의 거리 레벨이 더 낮을 때 디바이스간의 직접통신을 수행한다.

그림 5는 uplink경로 a 와 b 의 거리를 각각 500m, 700m로 제한하였을 때 D2D 통신의 범위를 나타내는 것이다. D2D통신은 항상 기지국을 통한 통신보다 더 높은 SNR을 보장해야 하므로 그림 5에서 경로 a 의 SNR보다 높은 부분에서 D2D통신을 수행한다. 실제거리로 200m 이하일 때 D2D통신을 수행하며 이는 Level 2이하 일 때 D2D통신을 수행한다고 볼 수 있다. 표 3의 시뮬레이션은 GPS를 이용한 위치측정과 기지국을 이용한 위치측정의 초기 연결시간을 비교하기 위한 실험이다. 결과를 보면 GPS를 이용한 위치측정이 더 오래 걸리는 것을 알 수 있다.

5. 결론

본 논문에서는 D2D통신에 대한 의사결정 메커니즘을 수행함에 있어서 GPS를 사용하지 않고 참조신호와 MUSIC

알고리즘을 통하여 디바이스간의 거리를 추정하고 이것을 근접도 레벨링 방법을 사용하여 의사결정 메커니즘을 수행하는 것을 제안하였다. 제안된 메커니즘은 실제 환경과 비슷한 상황인 다중경로 페이딩 상황에서도 전파의 입사방향의 추정이 가능하며 제안된 근접도 레벨링 메커니즘은 의사결정 과정에서 임계값을 별도로 설정할 필요가 없이 각각의 레벨을 임계값으로 사용한다. 본 논문의 시뮬레이션 결과에서는 제안 기법을 통하여 여러 통신 상황에서 디바이스간의 직접통신이 수행되는 조건을 알아보았다. 그 조건은 D2D 통신 가능범위 내에서 특정 SNR보다 D2D의 SNR이 클 경우, D2D통신을 수행한다는 것이다. 이렇게 본 논문에서 제안한 의사결정 메커니즘을 통해 실내에서 GPS를 사용하여 거리를 측정할 때 발생할 수 있는 부정확한 결과를 향상시켰으며 GPS를 사용할 때 발생하는 긴 초기 연결시간의 단축을 예상해볼 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] Shelhammer, S.J. et al, "Technical challenges for cognitive radio in the TV white space spectrum," *Proc. of IEEE Information Theory and Applications Workshop*, pp.8-13, 2009.
- [2] P. Janis, C-H Yu, L. Doppler, C. Ribeiro, C. Wijting, K. Hugl, O. Tirkkonen, V. Koivunen, "Device to Device communication underlying cellular communication systems," *submitted to International Journal on Communications, Network and System Sciences*.
- [3] 3GPP TS 36.213 v8.2.0, "Evolved Universal Terrestrial Radio Access(E-UTRA); Physical Layer Procedures," Mar. 2008.
- [4] Korneluk Jose E, Dubin Sherry E, Easter, Patel Swatal A, Rodrigues Anthony, Walsh James T, inventor; Motorola incorporation, assignee Motorola inc, "Swiching a call from a network assisted communication mode to a direct communication mode," US patent 11/026,751. Dec, 31, 2004.
- [5] Zhuoqun Li, Lingfen Sun, Ifeachor E,C, "Range-based Mobility Estimation in MANETs with Application to Link Availability Prediction," *IEEE international conference*, Jun. 2007.
- [6] Kumar. P, Reddy. L, Varma. S, "Distance measurement and error estimation scheme for RSSI based localization in Wireless Sensor Networks," *Wireless Communication and Sensor Networks*, Dec. 2009.
- [7] Khan Z, I, Kamal M. M, Hamzah N, Othman K, Khan N. I, "Analysis of Performance for Multiple Signal Classification (MUSIC) in Estimating Direction of Arrival," *RF and Microwave Conference*, pp.524-529, 2008.



최 진 영

2010년 2월 경희대학교 전자전파공학과(공학사). 2012년 2월 경희대학교 컴퓨터공학과(공학석사). 관심분야는 Device-to-Device Communications, Location based Communications, Radio Power Control



홍 충 선

1983년 경희대학교 전자공학과(공학사) 1985년 경희대학교 전자공학과(공학석사) 1997년 Keio University, Department of Information and Computer Science (공학박사). 1988년~1999년 한국통신통신망연구소 수석연구원/ 네트워킹 연구실장. 1999년~현재 경희대학교 컴퓨터공학과 교수. 관심분야는 인터넷 서비스 및 망 관리구조, 미래인터넷, IP mobility, Sensor Networks, Network Security



최 중 원

1984년 2월 서울대학교 컴퓨터공학과(공학사). 1984년 2월 서울대학교 컴퓨터공학과(공학석사). 1992년 12월 미국 노스웨스턴 대학교 EECS(공학박사). 1993년~현재 숙명여자대학교 교수. 관심분야는 분산 네트워크 프로토콜, 라우팅 및 멀티캐스트, 미래 인터넷 기술, 네트워크 보안, 인터넷 윤리 및 정책