

다중경로 페이딩 환경에서 디바이스간 직접통신에 대한 의사결정 메커니즘

최 진영^o 홍 충선

경희대학교 컴퓨터공학과

jinychoi@networking.khu.ac.kr, cshong@khu.ac.kr

Decision Making Mechanism for Device to Device Communication in Multipath Fading Environment

Jin Young Choi^o Choong Seon Hong

Department of computer engineering, Kyung Hee University

요 약

본 논문에서는 다중경로 페이딩 환경에서 기지국을 이용한 통신방법과 디바이스간의 직접통신을 비교하여 통신방법을 선택하는 의사결정 메커니즘을 제안한다. 제안한 메커니즘은 GPS를 사용하지 않고 디바이스간의 거리를 추정하여 추정된 거리를 이용하여 기지국을 통한 통신방법과 디바이스간의 직접통신을 비교한다. 이때 비교 방법으로는 본 논문에서 제안한 근접도 레벨링 방법을 이용하여 비교하는 의사결정 메커니즘을 수행한다.

1. 서 론

최근, 우리나라의 이동통신 시장은 1인 다수 이동통신 기기 보유 시대에 돌입함에 따라 우리나라를 비롯한 세계 주요 선진국들의 트래픽 사용량은 포화상태이며 인구 밀집지역에서 증가되는 트래픽을 감당하기 위해서는 보다 많은 수의 기지국이 필요하게 되고 주파수 자원이 부족한 현상이 발생한다. 이런 상황에서 가까이 있는 유저간의 통신을 할 때 기지국을 통해서 통신을 하는 것은 상당히 비효율적이며 불필요하게 통신 트래픽이 증가하게 된다. 따라서 근접한 거리에서는 기지국을 거치지 않고 디바이스간에 직접적으로 통신을 할 수 있는 기술의 개발이 활발히 이루어지고 있다. 3GPP LTE-Advanced[1] 기반의 D2D(Device to Device) 통신은 기지국 없이 디바이스간의 채널을 통해서 직접 통신을 하는 것을 말한다. D2D 통신은 기지국을 통한 통신 방법과 디바이스 간의 직접 통신 방법 중 사용자에게 더 좋은 통신 서비스를 제공할 수 있는 방법의 선택이 필요하다. 본 논문에서는 의사결정 과정을 수행함에 있어서 디바이스간의 거리를 GPS를 이용하지 않고 근접한 정도를 알아낸다.[2] 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 논문에서 적용되는 통신환경은 반사와 굴절에 의해 다중경로 페이딩이 발생하는 환경으로 가정하여 “근접도 레벨링 방법”을 제안하였다.

본 논문의 본론의 2.1절부터 2.4절은 디바이스간의 거리를 추정하는 과정을 설명하고 2.5절에서는 추정된 디바이스간의 거리를 기반으로 근접도 레벨링 방법을 사용하여 의사결정을 수행하는 것에 대하여 설명한다. 2.6절에서는 제안한 방법에 대한 실험 결과를 기술하고 분석하여 D2D통신을 수행하는 조건을 알아보며 3장은 본 논문의 결론이다.

2. 본 론

2.1 의사결정 환경모델

본 논문에서는 그림 1과 같이 하나의 셀 내에 기지국이 하나가 존재하는 환경을 가정하였고 전파모델은 반사와 굴절에 의해 다중경로 페이딩이 발생하는 환경으로 가정하였다. 또한 디바이스들은 모두 동일한 셀에 위치한 단일셀 환경으로 가정하였다. 여기서 A와 B는 각각의 디바이스와 디바이스가 속한 기지국과의 경로이고 C는 디바이스간의 경로이다.

2.2 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 원리를 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 디바이스 간의 거리인 A, B 를 측정할 수 있다. 여기서 사용된 수식은 식 1, 식 2와 같다. 여기서 L은 경로손실, d_i 는 A, B 의 거리이며 λ 는 파장이다.

$$L = 20 \log_{10} \left(\frac{4\pi d_i}{\lambda} \right) \quad i = \text{path A, B} \quad \text{식1}$$

$$d_i = \frac{\lambda}{4\pi} 10^{\frac{L}{20}} \quad i = \text{path A, B} \quad \text{식2}$$

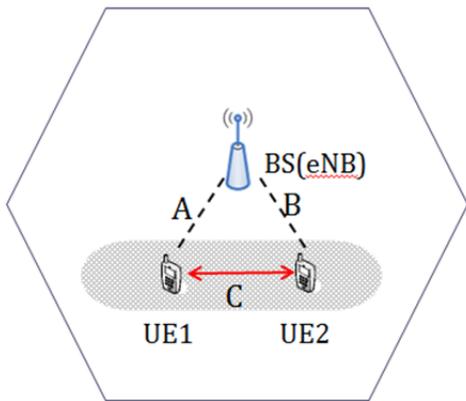


그림1 단일 셀에서의 의사결정 환경모델

2.3 경로간의 이격각도 측정

본 논문에서 제안하는 거리추정을 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[3]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.[3]

$$P_{MUSIC}(\phi) = \frac{1}{\sum_{m=M+1}^N |q_m^H s(\phi)|^2} \quad \text{식3}$$

$$P_{MUSIC}(\phi) = \frac{1}{s^H(\phi) Q_n Q_n^H s(\phi)} \quad \text{식4}$$

위의 식 3에서 ϕ 가 신호의 도래방향 추정 값이라면, $s(\phi) \perp q_m$ 이며, 식 3와 식 4의 분모가 0이 된다. 따라서 MUSIC 함수에서 $P_{MUSIC}(\phi)$ 의 최대치(peak)일 때의

ϕ 값이 DoA(Direction of Arrival)가 된다.

2.4 단일 셀에서의 거리 추정

디바이스들이 단일 셀에 위치해 있을 때의 거리 추정은 2.2절과 2.3절의 과정을 통해서 그림 1의 A와 B의 거리를 측정하고 경로 A, B의 이격 각도를 측정하면 식 5의 피타고라스의 정리 식을 이용하여 디바이스간의 경로 C의 거리를 계산할 수 있다.

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos \theta \quad \text{식5}$$

2.5 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 전송전력 세기가 월등히 높기 때문에 손실에 강인하며 그에 따라 SNR이 디바이스보다 크다. 따라서 의사결정 과정에서 기지국을 통한 통신에서 uplink 통신과 디바이스간의 신호를 비교하여 더 좋은 통신 품질을 제공할 수 있는 방법을 선택한다. 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 표1은 본 논문에서 제안하는 근접도 레벨링 메커니즘의 각 단계를 나타낸 것이다.

[표 1] 근접도 레벨링 메커니즘 단계

Step	Description
1	If $SNR_{Uplink} > \text{Maximum } SNR_{D2D}$, Uplink Path distance is D_i
2	If Uplink distance $> D_i$, when $SNR_{MAX} > SNR_{D2D}$ D2D distance = $\text{Maximum } D_{D2D}$
3	$D_{D2D} \div L > \text{Level Value}$
4	if $D_i < \text{Uplink distance} < D_{max}$, if $D_{D2D} \leq \text{Maximum } D_{D2D}$ D2D Level $> \text{Level of } SNR_{Uplink}$ = D2D communication

Step 1에서 Uplink의 SNR이 D2D의 최대 SNR보다 큰 경우에 Uplink의 경로 거리는 기지국을 통한 통신을 수행하는 보장된 거리인 D_i 이다. Step 2에서 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 3에서 디바이스간의 거리를 각 통신 환경마다 정해진 Level 수치인 L로 분할하여 각 Level에서의 SNR 분포를 구한다. Step 4에서 Uplink의 거리가 의사결정 판단 범위이며 D2D의 거리가 최대 가능한 D2D범위 이내일 때, 디바이스간 거리의 레벨이 Uplink의 SNR이 속한 Level보다 작다면 D2D 통신을 수행한다.

2.6 시뮬레이션 결과 및 분석

본 논문에서는 셀의 최대 반경의 1km로 설정하고 근접도 레벨링에 따른 D2D 의사결정 메커니즘을 시뮬레이션을 수행하였다. 본 시뮬레이션에서 SNR의 계산은 식6과 같다.

$$SNR = \frac{P_r}{N_0} = \left(\frac{\lambda}{4\pi d}\right)^2 \times \frac{G_r G_t P_t}{N_0} \quad \text{식6}$$

P_t 와 P_r 은 각각 송신 신호세기와 수신신호세기이고 G_t 와 G_r 은 각각 송신 안테나 이득과 수신 안테나 이득이다.

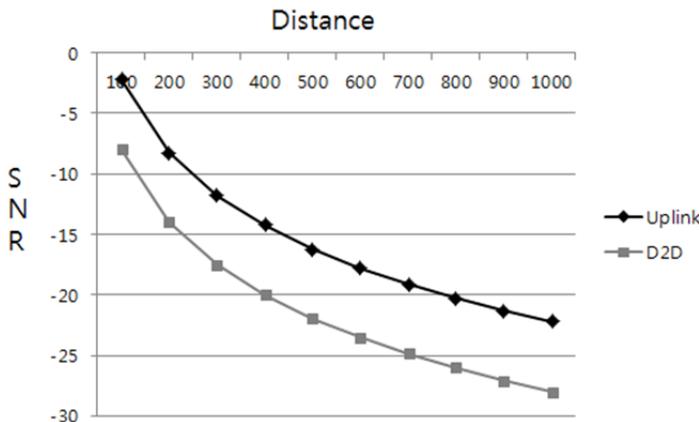


그림 2 시뮬레이션 결과

그림 2는 근접도 레벨링 메커니즘을 보이기 위한 시뮬레이션의 결과이다. 200m에서 D2D 통신의 최대 SNR보다 기지국 통신의 SNR이 더 크다. 따라서 Uplink의 경로거리가 200m 이내라면 Step 1에 의하여 이후의 의사결정 과정을 거치지 않고 바로 기지국을 통한 통신을 수행한다. Step 2 와 같이 Uplink의 경로 거리가 200m인 기지국 통신보장 거리 이상일 때 셀의 최대 반경인 1000m에서의 SNR보다 작아지게 되는 D2D SNR값이 존재하는 500m를 D2D통신이 가능한 최대거리로 설정한다. 그 후 Step 3 와 같이 디바이스간의 통신 가능 거리인 500m까지를 통신 상황에 맞게 정해진 Level 수치인 L로 나누고 각 Level에서의 SNR분포를 설정한다. 다음의 표 2는 본 시뮬레이션에서 각 레벨 당 SNR분포를 나타낸 것이다. 이때 레벨 수치인 L은 임의적으로 100 으로 설정하였다.

[표 2] 각 레벨에서의 SNR분포

	Lvl 1	Lv 2	Lv 3	Lv 4	Lv 5
대표 SNR	-7.9	-13.9	-17.5	-20	-21.9

Step 4와 같이 Uplink의 SNR이 속한 Level이 Lv 5일 경우 디바이스간의 거리 레벨이 Lv 4 이하라면 디바이스 간 통신을 수행하게 된다.

3. 결 론

본 논문에서는 D2D통신에 대한 의사결정 메커니즘을 GPS를 사용하지 않고 수행하기 위하여 참조신호와 MUSIC 알고리즘을 이용하여 두 디바이스간의 거리를 추정하였고 추정된 거리를 근접도 레벨링에 의하여 의사결정 메커니즘을 수행하는 메커니즘을 제안하였다. 제안된 메커니즘은 MUSIC알고리즘을 사용하여 입사되는 전파들의 이격각도를 실제 환경과 비슷한 상황인 다중경로 페이딩 상황에서도 추정이 가능하다. 또한 제안된 메커니즘은 의사결정 과정을 임계값을 별도로 설정하지 않고 각 거리에 따른 레벨을 임계값으로 사용될 수 있으며 각 의사결정마다 매번 계산을 해야 하는 overhead 문제를 줄일 수 있다. 2.6절의 시뮬레이션 결과에서는 시뮬레이션을 통하여 제안된 메커니즘이 수행되는 것을 확인하였다. 다음 연구에서는 제안한 메커니즘을 실제 통신 환경에 적용시켜 정확한 성능 향상에 대한 평가를 진행할 예정이다.

Acknowledgement

본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터지원사업의 연구결과로 수행되었음" (NIPA-2011-(C1090-1121-0003)) Dr. CS Hong is corresponding author.

4. 참 고 문 헌

[1] 3GPP TS 36.213 v8.2.0, "Evolved Universal Terrestrial Radio Access(E-UTRA); Physical Layer Procedures," March. 2008

[2] Zhuoqun Li, Lingfen Sun, Ifeachor E.C, "Range-Based Mobility Estimation in MANETs with Application to Link Availability Prediction", IEEE International Conference, June, 2007.

[3] 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.