

단말 근접성 분석과 협력 GPS 위치측정기법

곽정호^{0*}, 모정훈⁺, 정 송^{*}

^{*}한국과학기술원 전기 및 전자공학과

⁺연세대학교 정보산업공학과

E-mail : jh.kwak@netsys.kaist.ac.kr, j.mo@yonsei.ac.kr, songchong@kaist.edu

Device Proximity Analysis and Cooperative GPS Localization

Jeongho Kwak^{0*}, Jeonghoon Mo⁺, Song Chong^{*}

^{*}Department of Electrical Engineering, KAIST

⁺Dept. of Industrial Engineering, Yonsei University

요 약

GPS (Global Positioning System)는 단말의 위치를 정확하게 측정하는 시스템으로 널리 사용되어 왔다. 최근 스마트폰이 보급되면서, LBS (Location Based Service)와 같은 서비스에서 단말의 위치정보가 빈번하게 필요해짐에 따라 GPS를 자주 사용하게 되었다. 하지만, GPS의 높은 전력소모량에 따른 스마트폰의 배터리 문제는 LBS의 치명적인 단점이다. 본 논문에서는 KAIST와 NCSU 두 캠퍼스의 단말의 위치 trace로부터 단말간의 근접성을 분석하고, 단말간 클러스터링 알고리즘을 제안하여, 단말의 전력소모량을 크게 줄일 수 있음을 보인다.

1. 서 론

GPS (Global Positioning System)는 인공위성에서 신호를 받아 단말의 현재 위치를 10m 범위 내의 오차로 측정하는 시스템으로 자동차 네비게이션 등에 많이 사용되어 왔다. 최근에는 GPS가 탑재된 스마트폰이 널리 보급되어, LBS (Location Based Service)에서 단말의 위치를 측정하는데 GPS가 사용되고 있다. 하지만, GPS는 전력소모가 매우 크기 때문에 단말의 에너지 소모에 큰 영향을 미친다 [1], [2]. 따라서 최근에는 셀룰러망이나, WiFi망을 활용하는 등 GPS보다 적은 에너지를 사용하는 대체 위치측정기법이 많이 연구되고 있다 (예.[3] 참고문헌 포함). 하지만 이러한 기법들에도 단말의 에너지 소모와 위치측정의 정확성 사이의 Trade-off 문제가 발생한다.

LBS는 스마트폰의 어플리케이션 중, 단말의 현재위치 정보를 필요로 하는 서비스를 의미한다. 각각의 LBS는 서로 다른 위치측정 정확도를 필요로 한다. 예를 들어, 지도 위에 단말의 현재 위치를 검색하여 길을 찾고자 하는 어플리케이션은 높은 정확성을 필요로 하지만, 소셜 네트워크에서 필요한 위치정보는 높은 정확성을 필요로 하지 않을 것이다.

사람들이 현재 머물러 있거나 이동하는 위치는 사람들 사이의 상호작용에 따라 달라진다. 따라서 사람들(혹은 무선단말)의 이동성은 다양한 특성을 지닌다 [4]. 그 중에서 두드러지는 특성은 사람들 간의 근접성이다. 특정 장소에 있거나, 특정 목적지로 이동할 시에는 주변에 다수의 사람들이 존재한다. 본 논문의 주요 아이디어는 인접한 위치에 있는 단말들끼리 클러스터를 형성하여, 그 중 대표단말이 GPS로 위치를

측정하고, 나머지 클러스터 멤버들이 그 위치정보를 공유하는 것이다. 본 논문의 본론에서는 첫째, 한국 KAIST (Korea Advanced Institute of Science and Technology)와 미국 NCSU (North Carolina State University) 캠퍼스 내 학생들의 위치 trace로부터 단말간의 근접성을 다양한 각도에서 분석하고, 둘째, 인접한 단말들끼리 근거리 통신을 가정하여 단말들의 분산화된 클러스터링 알고리즘을 제안하고, 셋째, 제안한 클러스터링 알고리즘에 따라 KAIST와 NCSU 캠퍼스 환경에서 단말의 평균 전력소모가 얼마나 절약되는지를 시뮬레이션을 통해 확인한다.

2. KAIST와 NCSU 캠퍼스의 단말 사용자 근접성 분석



(a) KAIST

(b) NCSU

그림 1. KAIST와 NCSU 지도

2.1 분석 환경

그림 1.과 같은 KAIST(면적 2km², 총 학생수와 교직원 수 : 10000명)와 NCSU(면적 8.5km², 총 학생수와 교직원 수 : 40000명) 캠퍼스에서 학부생 93명(KAIST)과 99명(NCSU)을 대상으로 각각 7일, 9일

동안 GPS trace를 5초 간격으로 연속해서 측정하였다.

2.2 척도

KAIST와 NCSU 캠퍼스에서 각각의 단말과 가장 가까운 거리에 있는 단말과의 단말-평균 거리 (Min_dist)와 각 단말에서 10m 반경 내에 있는 단말의 단말-평균개수 (Ave_count)를 각각의 시간에서 측정하여, 실험인원수와 실제 캠퍼스 내의 인원수의 비에 맞게 스케일링하였다. 여기에는 캠퍼스 전체 인구 분포와 스케일링 된 지역의 분포가 동일하다는 자기유사성 (self-similarity) 분포를 가정하였다 [5].

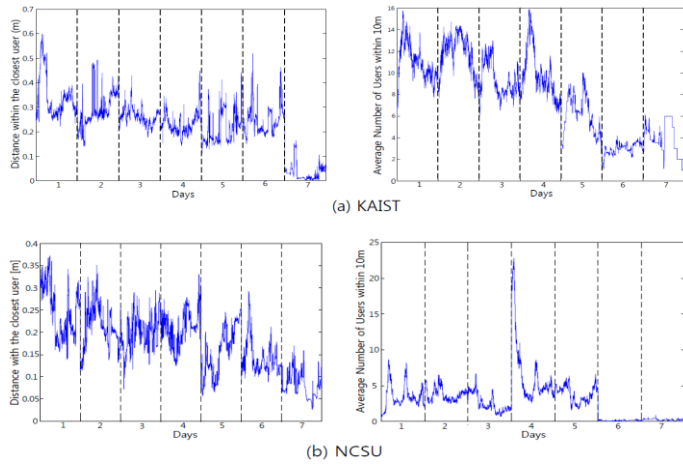


그림 2. 7일동안의 단말 근접성

2.3 Trace 분석

그림 2.는 KAIST와 NCSU 캠퍼스에서 7일동안 하루에 오후 1시부터 오후 4시까지 3시간 동안 Min_dist와 Ave_count를 시간에 따라 나타낸 것이다. 그림 2.에서 발견할 수 있는 특징은 다음과 같다.

- 1) KAIST와 NCSU 캠퍼스 모두 모든 시간에서 1m 이내의 Min_dist를 가진다. 이것은 협력 위치추정을 할 단말이 아주 가까운 곳에 최소한 하나는 위치한다는 것을 의미한다.
- 2) 주말이 아닌, 주중에 한해서, KAIST에서는 평균 Ave_count가 10대, NCSU에서는 5대 이상이 존재한다. 이것은 10m 반경내의 오차에서라면, 평균적으로 KAIST에서는 10대, NCSU에서는 5대의 단말이 협력 위치추정이 가능함을 의미한다.
- 3) 주말(토요일, 일요일)에는 주중보다 10m 이내에 단말이 훨씬 적게 존재한다. 이것은 주중보다 주말에 학생들이 훨씬 더 활발하게 움직이기 때문이다. 따라서 협력 위치추정을 하는데 있어서 활동성이 큰 단말보다 활동성이 적은 단말이 더 유리함을 알 수 있다.

3. 협력 GPS 위치 측정 기법 (CooGPS)

3.1. 근거리 통신을 활용한 근접성 측정

협력 위치추정을 하기 위해서는 단말이 기지국의 도움을 받거나, 근거리통신 (예, Bluetooth or Zigbee)

을 통해 가까운 곳에 단말이 얼마나 존재하는지 인지해야만 한다. 또한, 분산화된 클러스터링 알고리즘을 적용하기 위해 단말간 정보교환이 필요하다. 본 논문에서는 Bluetooth를 사용하여 주변 단말의 존재여부를 파악 및, 단말간 정보교환을 하는 것으로 가정한다. 일반적인 스마트폰에서, GPS와 Bluetooth 모듈의 전력소모량은 각각 143.1mW, 36.0mW이다[1].

3.2 클러스터링 알고리즘

2장에서 분석한 단말근접성을 기반으로, 가까운 거리에 있는 단말들간 클러스터를 형성한다. 클러스터는 CH (Cluster Head)를 중심으로 형성된다. CH의 선정방식은 다음과 같다.

1) Cost의 계산

각 단말 $i \in I$ 의 Cost는 t 시간에 남아있는 에너지의 양 $E_{r,i}(t)$ 와 가중치 w_i , 그리고 이전에 CH를 했던 횟수 (GPS 위치추정 횟수) $T_i(t)$, 주변 단말 set $\{j \in J_i\}$ 들로부터 받은 신호세기 RSS_{ji} 에 의해 다음과 같은 Cost 함수에 의해 결정된다.

$$C_i(t) = d_i(t) \frac{w_i T_i(t)}{E_{r,i}(t)}, \text{ where } d_i(t) = \frac{1}{\sum_{j \neq i} RSS_{ji}(t)^\alpha} \quad (1)$$

α 는 path loss exponent 파라미터 [6].

위의 Cost 함수는 첫째, 현재 에너지가 많이 남아있는 단말, 둘째, 공평성을 위해 이전에 CH가 적게 선정되었었던 단말, 셋째, 주변에 가까이 있는 단말들이 많이 위치해 있는 단말이 CH로 선정되어야 함을 의미한다.

2) 클러스터링 알고리즘

각 단말의 Cost가 결정되었으면, 다음의 분산화된 클러스터링 알고리즘에 의해 CH가 결정된다.

단말 알고리즘

- 1: Cost computation $\forall i$
- 2: Cost exchange by short-range communication $\forall i$
- 3: Select CH candidate j' by $\text{argmin}_j C_j(t) \forall i$
- 4: **repeat**:
- 5: Exchange CH candidate j' with $\{j \in J_i\} \forall i$
- 6: If CH candidate device select itself as CH,
- 7: then, stop
- 8: Else then, except j' from set $\{j \in J_i\}$ and request others to enter the set $\{j \in J_j\}$
- 9: **until** all of devices determine CHs

4. 시뮬레이션 결과 및 전력절감 효과

4.1. 시뮬레이션 환경

시뮬레이션 환경은 KAIST 캠퍼스의 단말 사용자 분석 환경과 동일하다. 즉, 자기유사성 분포를 가정한 스케일링된 93명의 학생들의 위치를 대상으로, 3장에서 주어진 알고리즘에 기반하여 10m 반경 (Bluetooth Range) 내의 단말간 클러스터링을 형성한다. 단말의 남은 에너지 $E_{r,i}(t)$ 의 초기값은 모두 동일하고, 에너지는 위치측정에만 사용된다고 가정한다. 시뮬레이션 시간은 총 3시간이고, 제안한 클러스터링 알고리즘을 사용한 방법과 모든 단말이 GPS를 사용한 방법을 비교한다.

4.2 시뮬레이션 결과

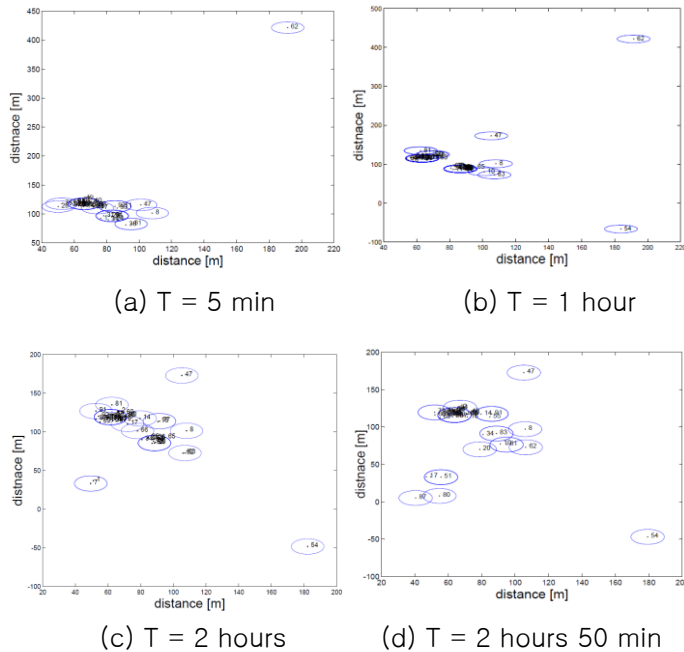


그림 3. 시간별 클러스터링

그림 3.은 KAIST에서 3시간동안 시간이 경과하면서 바뀌는 클러스터링을 나타낸 것이다. 클러스터링 시뮬레이션 결과로부터 각 단말이 Cost를 최소화하는 CH를 선택하면서 단말들이 하나만의 CH를 선택하고 있음을, 즉, 클러스터링이 겹치지 않는 것을 확인할 수 있다. 이제, 모든 단말이 GPS를 사용하는 경우 (Baseline)와 단말간 Bluetooth를 사용하여 제안한 클러스터링 알고리즘을 적용하여 클러스터링 한 후, CH들만 GPS를 사용하여 위치정보를 공유하는 경우 (CoopGPS)의 전력소모를 비교한다.

GPS 전력 소모량/단말 : 143mW, Bluetooth 전력 소모량/단말: 36mW

Baseline 에너지 소모량 : GPS에너지소모량/단말 ×

$$\text{단말수} \times \text{Time} = 5.103\text{kWh}$$

CooGPS 에너지 소모량 : (GPS전력소모량/단말 ×

$$\text{클러스터링수} + \text{BT전력소모량/단말} \times \text{단말수}) \times \text{Time} = 2.504\text{kWh}$$

결과로부터 CooGPS가 Baseline보다 약 51%의 전력절감효과를 보이는 것을 확인할 수 있다.

5. 결론

이 논문에서는 최근 단말의 위치정보 검색이 중요해짐에 따라 문제가 되고 있는 GPS의 큰 전력소모량을 해결하기 위해서 단말의 근접성을 분석하여 단말간 단거리 통신을 활용한 위치정보를 검색하는데 요구되는 전력을 줄이는 CooGPS기술을 제시하고, 시뮬레이션을 통해 기존 GPS만을 활용한 방법보다 전체 단말의 약 51%의 전력절감 효과를 보이는 것을 확인하였다. 또한 논문에서 고려된 Cost는 개별단말의 배터리 사용량과 지금까지 GPS를 측정할 횟수 등을 고려하여, 단말간 공평하게 전력을 사용하도록 하였다.

"본 연구는 방송통신위원회의 차세대 통신네트워크 원천기술개발사업의 연구결과로 수행되었음"(KCA-2011-11913-05004)

6. 참고문헌

[1] Carroll, A. and Heiser, G. "An analysis of power consumption in a smartphone", Proceedings of the 2010 USENIX conference on USENIX annual technical conference

[2] "EM-406a GPS receiver engine board specification", http://www.dpcav.com/data_sheets/EM_406A_Product_Guide1_1.pdf

[3] J.G. Park, D. Curtis, S. Teller and J. Ledlie, "Implications of Device Diversity for Organic Localization," IEEE INFOCOM 2011

[4] K. Lee, S. Hong, S. Kim, I. Rhee, S. Chong, "SLAW: A Mobility Model for Human Walks," IEEE INFOCOM 2009

[5] Mandelbrot, B.B."The Fractal Geometry of Nature" San Francisco, W. H. Freeman & Company, 1982

[6] A. Goldsmith, "Wireless Communications," Cambridge Univ Press, 2005.