

사용자 위치 패턴을 반영한 절전 방법 개발

장영인*, 최영준**

아주대학교 소프트웨어특성화학과*

아주대학교 컴퓨터공학과**

e-mail : sungje@ajou.ac.kr*, choiyj@ajou.ac.kr**

Battery saving strategy reflected user's location pattern

Young-In Jang*, Young-June Choi**

Dept. of Dependable Software, Ajou University*

Dept. of Computer Engineering, Ajou University**

요 약

스마트폰에 내장된 배터리 절전 모드는 불특정 다수에게 배터리 소모를 줄이기 위한 동일한 작업을 수행한다. 하지만 사용자들은 제각기 다른 방식으로 스마트폰을 사용하기 때문에 위와 같은 절전모드는 배터리 향상에 크게 도움을 주지 않는다. 본 연구는 사용자의 행동 반경을 통하여 개개인의 패턴에 따라 스마트폰의 배터리를 절약하는데 도움을 주는 “BatteryDiet” 어플리케이션을 통해 기존 배터리 소모에 비해 약 27%정도 더 배터리를 사용할 수 있었다.

1. 서론

최근 몇 년 간 IT 분야에서 가장 많은 발전을 이룬 분야는 스마트 디바이스 분야이다. Open source mobile OS 인 안드로이드의 지속적인 개발을 통해 여러 IT 기업이 스마트폰을 비롯한 태블릿 PC 등 다양한 스마트 모바일 디바이스를 출시하고 있다.

스마트 디바이스에 탑재된 안드로이드를 비롯한 각종 소프트웨어에서 다양한 기능을 제공하게 됨으로써 좀 더 높은 사양의 하드웨어를 요구하게 되었고 그에 따라 전력 소모량 또한 크게 증가하였다. 하지만 모바일 환경에서는 가볍고 작은 배터리를 필요로 하게 되고 배터리 용량을 늘리기에는 제한이 많다. 현재 표준적인 크기의 스마트 폰 (갤럭시 S 시리즈 등)은 대부분 2500mAh 내외의 배터리가 탑재 되고 있다. 따라서 더 이상 배터리 용량에 의존하는 것이 아닌 소프트웨어를 통해 디바이스를 컨트롤하여 전력 효율을 높이는 기술이 필요하다.

물론 현재 출시되는 대부분의 스마트폰에서 자체적으로 내장된 절전 모드도 있고, 어플리케이션 마켓에는 다양한 절전 어플리케이션들이 존재하고, 절전 기법들[2,3,4,5]이 있다. 하지만 이 연구에서는 사용자의 생활 패턴을 파악하여 절전을 수행하도록 하는 것이 기존 연구와 다른 점이다. 이미 사용자의 상황 정보를 인식하여 절전을 수행하는 방법의 연구[1]도 진행되어 그 가능성은 어느 정도 입증되었다. 이 연구는 사용자의 충전 위치와 현재 위치와의 거리를 측정하여 K-means algorithm[6]의 컨셉을 응용하였다. 배터리 상태에 따라 시스템 성능과 디바이스를 제어하는 “BatteryDiet” 라는 어플리케이션을 개발하였다.

2. 연구 방법

2.1 문제 정의

이 연구의 결과로써 우리가 해결해야 할 문제는 다음과 같다.

- ❖ 사용자가 불규칙한 사용을 해도 다음 충전 기회에 도달할 때까지 스마트폰은 꺼지지 않아야 한다.
- ❖ 절전을 수행하면서도 스마트폰의 성능을 최대한으로 제공하여야 한다.

이 두 문제 사이에서는 Trade-off 가 생기게 된다. 사용자가 언제 어느 정도의 전력을 소비할 지 모르기 때문에 첫 번째 효과를 만족시키기 위한 가장 확실한 방법은 모든 기능을 제한하는 것이다. 하지만 이렇게 되면 두 번째 조건을 충족시키지 못한다.

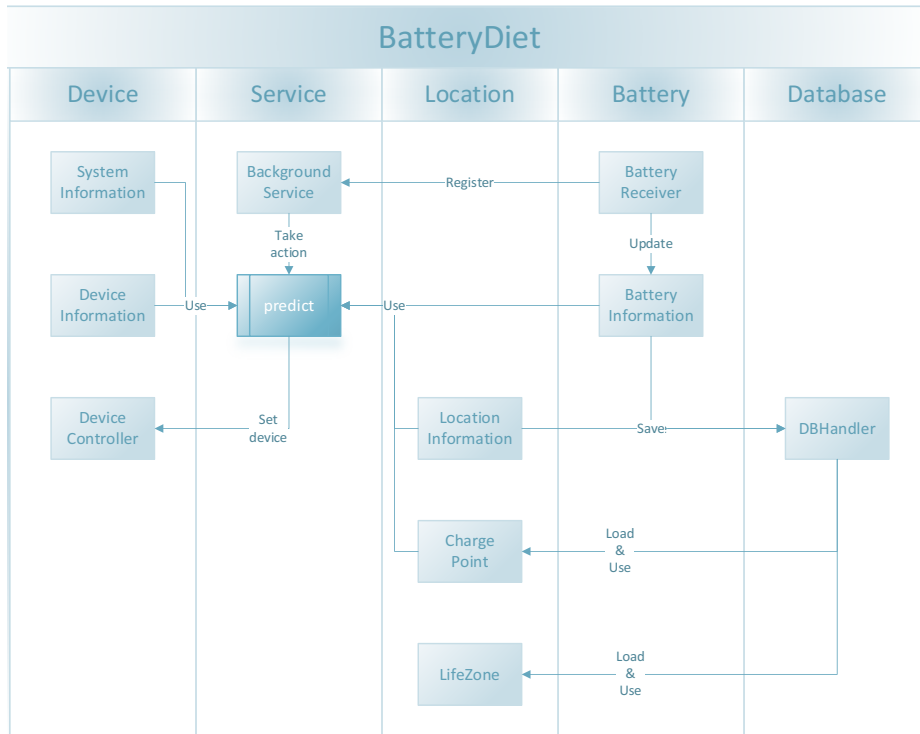
반대로 성능을 최대한 제공하다 보면 절전 효과는 미미한 수준에 그치고 말 것이다.

2.2 해결책

우리는 이 두 가지 상충되는 문제를 최대한 효율적으로 풀어내기 위해서 다음과 같은 원칙을 세우기로 한다.

특정 단위 시간 동안 시스템 성능을 많이 사용하게 되면 다음 단위 시간 동안은 시스템 성능을 제한한다. 반대로, 특정 단위 시간 동안 시스템 성능을 적게 사용하면 다음 단위 시간 동안은 시스템 성능의 제한을 풀어준다.

사용자가 충전 위치에서 가까울수록 성능 제한을 적게 하고, 멀어질수록 더 많은 제약을 걸어야 한다



<그림 1> BatteryDiet 의 대략적인 도식

배터리의 잔량이 많을 때는 성능을 제한하지 않고, 배터리의 잔량이 줄어들수록 성능을 제한한다.

우리는 앞서 말한 두 가지 상충되는 부분을 최대한 줄이기 위해서 이와 같은 세가지 원칙을 세웠다. 그러기 위해서 다음과 같은 요소들을 설정해야 한다.

- ① 충전 위치와 현재 위치의 거리
- ② 배터리의 잔량
- ③ 현재 시스템의 사용량

이 3 가지들을 복합적으로 이용하여 상황에 맞게 시스템 성능을 조절한다.

2.3 충전 위치와 현재 위치의 측정 및 계산

충전 위치는 여러 곳(집, 회사 등)이 될 수 있지만 이 연구에서는 정기적으로 충전하는 곳은 한 곳이라고 가정하였다. GPS 와 Network 를 사용하여 위치정보를 기록하는데 GPS 는 켜져 있는 경우에만 정보를 수집하고 대부분의 위치정보는 Network 를 통하여 수집한다. 또한 잦은 측정과 기록을 방지하기 위해 적당한 단위 시간 t 분마다 위치를 수신하도록 한다. 이 연구에서는 10 분으로 설정하였다.

충전 위치와 현재 위치의 거리는 단순히 계산하는 것이 아니라 사용자의 활동 반경을 기준으로 한다. 사람들은 자신의 생활 패턴에 맞게 활동 반경을 가지고 있다. 이 점을 착안하여 특정 거리 d 에 머무는 빈도 f 를 설정하여 충전 위치에서 d 까지의 거리를 활동 반경 R 로써 설정하고자 한다. 이 연구에서는 f 를 75%로 설정한다.

2.4 디바이스 정보

시스템의 사용량은 시스템 자체 사용량과 각 디

바이스 및 센서의 사용량으로 나눌 수 있다. 시스템 사용량은 크게 CPU, GPU, 메모리의 사용량으로 나눌 수 있다. 하지만 이 연구에서는 CPU 의 사용량만을 이용한다. GPU 의 경우 어플리케이션에 따라 사용량이 현격히 차이가 나고 측정에 어려움이 있기 때문에 제외하였고 메모리의 경우, 실제 측정결과 메모리 사용량과 전력은 크게 상관관계가 있지 않았다.

디바이스와 센서는 가장 자주 사용되고 전력 소비에 직접적으로 관련이 큰 WI-FI connector, Bluetooth connector 와 Auto rotate 센서, 그리고 화면 밝기의 정보를 수집하고 제어한다.

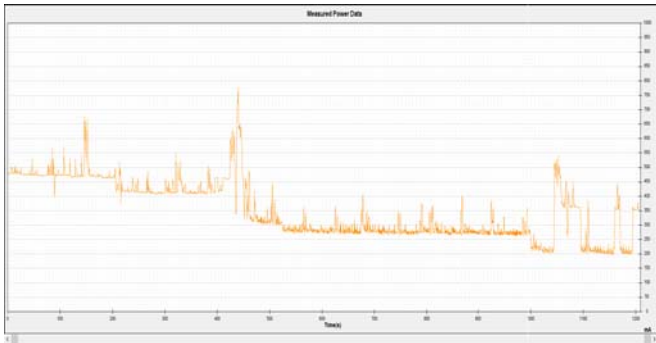
해당 컴포넌트마다 사용하는 전력량이 다르기 때문에 Monsoon Power Monitor 를 이용해 각각 사용량을 측정해 상대적으로 중요도 값을 다르게 두었다. 이 연구에서는 CPU 의 주파수에 따른 중요도를 0~35, 화면 밝기에 따른 중요도를 0~45, Wi-Fi connector 의 중요도를 0~20, Bluetooth connector 의 중요도를 0~10, Auto rotate 센서의 경우 0~5 로 각각 설정하였다.

2.5 BatteryDiet

본 연구의 이론적인 가설이 실제로 얼마만큼의 효율을 보이는지 확인하기 위해서 “BatteryDiet” 라는 어플리케이션을 구현하여 측정해 보았다. 안드로이드 버전은 4.0 을 기반으로 개발 되었다. 또한 안드로이드 커널의 CPU 를 제어하기 위해서는 root 권한을 획득할 수 있는 루팅된 기기가 필요하다.

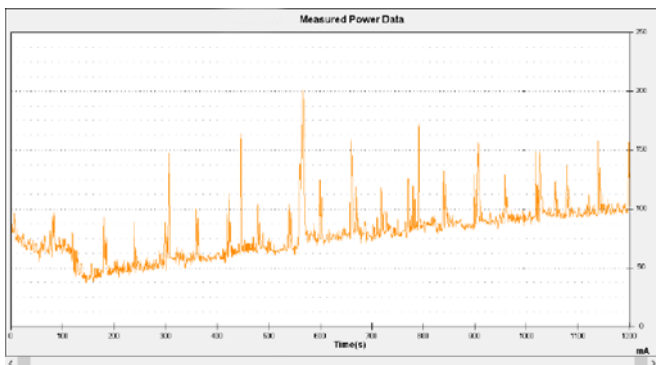
3. 결과

실질적으로 거리를 변화시키면서 측정한 그래프는 다음과 같다.



<그림 2> 거리 변화(증가)에 따른 전류 변화

그림에서 나타나듯, 거리가 멀어질수록 밝기와 CPU 주파수는 서서히 내려가고 Auto rotate 와 Bluetooth, Wi-Fi 가 차례대로 정지된다. t=440 일 때와 t=1040 일 때 갑자기 심한 Bursting 이 일어나는데 이것들은 통신 관련 기능 정지에 따른 Bursting 이다. 특히 Wi-Fi 를 정지함으로써 데이터 네트워크로 넘어가면서 생기는 Bursting 은 상당한 양이지만 이후의 기대할 수 있는 절전 효과를 생각한다면 감내할 만한 양이다.



<그림 3> 거리 변화(감소)에 따른 전류 변화

반대로 거리가 점점 가까워짐에 따라 변화하는 기기 상태와 전류를 측정해보았다. 이 실험의 결과로서, 결과로 이전 실험과 반대로 밝기와 CPU 주파수의 제한이 서서히 해제되는 것을 확인할 수 있다.

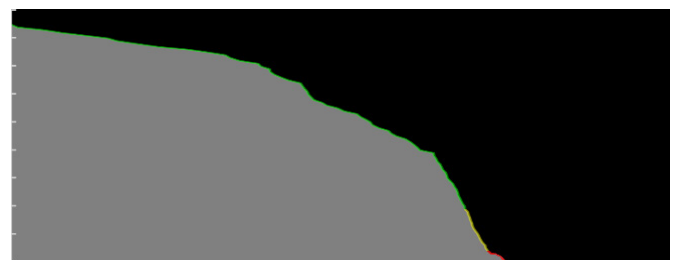
위의 그림은 실제 사용한 결과를 안드로이드 자체에 내장되어 있는 배터리 로그를 통해 얻어온 것이다. 측정 방법은 배터리가 70%일 때와 35%일 때 무거운 어플리케이션을 2 시간 가량 사용해보고 그 비교해본 것이다.

절전모드를 사용하지 않은 스마트폰에서 위의 실험을 해본 결과 급격한 배터리 소비 이후에도 지속적으로 배터리를 소모하였다. 쾌적한 성능을 발휘하였지만 10 시간 이전에 모두 소모 되고 말았다.

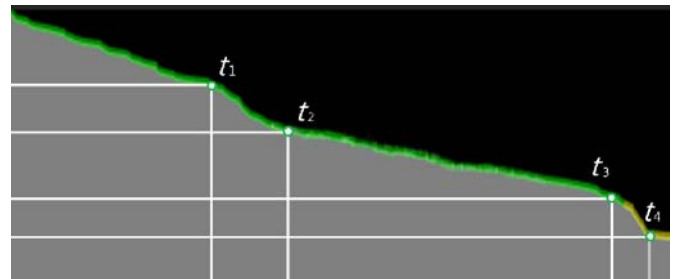
반면 BatteryDiet 의 t₁과 t₂ 사이에서 갑작스런 배터리의 소비가 발생하자 t₂와 t₃동안 성능을 제한하여 기존보다 완만한 기울기를 갖게 된다. 배터리가 얼마

없음에도 불구하고 t₃과 t₄ 사이에 더욱더 급격하게 배터리를 소비하게 되면 t₄ 이후처럼 엄격하게 성능을 제한하여 엄청 완만한 기울기를 나타낸다. 그 결과 10 시간이 지났을 당시에도 약간의 배터리가 보존되어 있었다.

전체적인 절전 효율은 얼마나 되는지 살펴보기 위해 사용 전과 사용 후의 평균 사용 시간을 계산한 결과, Battery Diet 사용 전 평균 사용 시간은 13 시간 52 분이었으며 사용 후 평균 사용 시간은 17 시간 34 분이었으므로 $(17 \times 60 + 34) / (13 \times 60 + 52) \times 100 \approx 127\%$ 약 27%의 절전 효율이 있는 것으로 나타났다. 절전 기능 수행 시 사용자에게 커다란 불편은 없었으나 게임과 같은 시스템 성능을 많이 요구하는 경우에는 약간의 불편함을 느꼈다.



<그림 4> BatteryDiet 를 사용하지 않은 배터리 소모



<그림 5> BatteryDiet 를 사용한 배터리 소모

4. 결론

우리가 택한 해결책은 사용자의 충전하는 위치와 그렇지 않은 위치를 패턴화시켜서 DVFS 방식을 포함한 각 시스템의 성능을 조절하여 절전 효율을 높이는 방법이다. 성능을 조절하게 될 경우 사용자에게 불편을 줄 수 있으며 잘못된 성능 조절은 오히려 더 심한 배터리 소비를 불러올 수도 있기 때문에, 둘 사이에 알맞은 비율을 조절하는 것이 관건이다.

그러나 이 연구의 한계점은 하루 일과가 반복적이지 않은 사용자에게는 효과가 없다. 오히려 주기적인 위치 정보 수집 등의 오퍼레이션으로 더 많은 전력 소비를 불러 일으킬 수 있다. 또한 스마트 디바이스 모델 별로 소비하는 전력이 다르기 때문에 이 연구가 진행된 환경 외에 다른 환경에서는 어느 정도의 절전 효율이 있을 지는 미지수이다.

앞으로 이와 같은 사용자의 생활 패턴을 이용한 다양한 연구가 이루어져 사용자에게 개인화된 절전 전략이 수립되어야 할 것이다.

참고문헌

- [1] Ravi, N.; Scott, J.; Lu Han; Iftode, L., "Context-aware Battery Management for Mobile Phones," *Pervasive Computing and Communications, 2008. PerCom 2008. Sixth Annual IEEE International Conference on* , vol., no., pp.224,233, 17-21 March 2008
- [2] 유종훈, 허승주, 홍성수 (2012.7). DVFS 에 기반한 안드로이드 스마트폰의 CPU 소모 전력 절감 기법의 한계. 『정보과학회지』 , 30(7), 9-16.
- [3] Wen-Yew Liang; Po-Ting Lai, "Design and Implementation of a Critical Speed-Based DVFS Mechanism for the Android Operating System," *Embedded and Multimedia Computing (EMC), 2010 5th International Conference on* , vol., no., pp.1,6, 11-13 Aug. 2010
- [4] Chou, Y.; Liu, S.; Chung, E.; Gaudiot, J., "An Energy and Performance Efficient DVFS Scheme for Irregular Parallel Divide-and-Conquer Algorithms on the Intel SCC," *Computer Architecture Letters* , vol.PP, no.99, pp.1,1, 0
doi: 10.1109/L-CA.2013.1
- [5] Keunjoo Kwon; Seungchul Chae; Kyoung-Gu Woo, "An application-level energy-efficient scheduling for dynamic voltage and frequency scaling," *Consumer Electronics (ICCE), 2013 IEEE International Conference on* , vol., no., pp.3,6, 11-14 Jan. 2013
- [6] MacQueen, J. Some methods for classification and analysis of multivariate observations. Proceedings of the Fifth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability, Volume 1: Statistics, 281--297, University of California Press, Berkeley, Calif., 1967.