

소프트웨어공학소사이어티 논문지

Journal of Software Engineering Society

VOLUME 27, NUMBER 1, September 2018

모바일 디바이스 배터리 소모 분석 기법: 평가 및 발전 방향 제고	송지영, 조치우, 정유림, 지은경, 배두환	1
감정 분석 기반의 사용자 피드백을 이용한 클라우드 서비스 평가 기법	윤동규, 김웅수, 박준석, 염근혁	8
IoT 기반의 실시간 가축 건강 및 번식 관리를 위한 모바일 어플리케이션 개발	김희진, 오세은, 안세혁, 최병주	15



한국정보과학회
KOREAN INSTITUTE OF INFORMATION SCIENTISTS AND ENGINEERS



모바일 디바이스 배터리 소모 분석 기법: 평가 및 발전 방향 제고[†]

(Mobile Device Battery Consumption Analysis Techniques: Evaluation and Future Direction)

송지영[‡] 조치우[§] 정유림[‡] 지은경[¶] 배두환[¶]
 (Jiyoung Song) (Chiwoo Cho) (Youlim Jung) (Eunkyoung Jee) (Doo-Hwan Bae)

요약 제한된 자원인 모바일 디바이스 배터리의 소모는 회로 설계자들이 회로를 분석 및 평가할 때 중요한 척도가 된다. 기존의 모바일 디바이스 배터리 소모 분석을 위해 여러 배터리 소모 모델 생성 연구가 수행되었으며, 배터리 소모 모델 생성 기법은 센서의 사용 유무, 런타임 모델 생성 여부, 검증 및 테스트 목적으로의 모델 이용 여부 등에 따라 서로 다른 특징을 가진다. 본 연구에서는 모바일 디바이스 회로 설계자들이 회로를 분석하는데 도움을 주기 위한 목적으로 지금까지 연구되어 온 배터리 소모 모델 분석 기법들에 대하여 비교 및 평가하고자 한다. 평가 결과를 기반으로 향후 모바일 디바이스 배터리 소모 분석 연구의 발전 방향을 제안한다.

키워드 : 모바일 디바이스, 전력 소모 모델 생성, 전력 소모 분석

Abstract The consumption of mobile device batteries which are limited resources is an important criterion when circuit designers analyze and evaluate circuits. For this reason, researchers conducted researches with different models of battery consumption to analyze power consumption of mobile devices. The battery consumption model generation techniques have various characteristics depending on availability of sensors, run-time model generation, and models for using in verification and testing. However, there is lack of comparison and analysis between varied battery consumption model generation methods. In this research, we compare and evaluate the analysis methods which have been studied so far to support the circuit investigation for circuit designers. Finally, we suggest the direction of researches in battery consumption analysis using the comparison result.

Key words : mobile device, battery consumption model, battery consumption analysis

1. 서론

모바일 디바이스 사용의 증가와 모바일 디바이스를 구성하는 하드웨어 컴포넌트들의 복잡도가 높아짐에 따라 제한된 자원인 배터리를 효율적으로 사용하는 것이 중요해지고 있다. 회로 설계자들이 모바일 디바이스의 배터리를

효율적으로 사용하는 회로를 설계하기 위해서 모바일 디바이스의 배터리 소모를 정확하게 측정할 수 있어야 한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 연구자들은 스마트폰과 같은 모바일 디바이스의 배터리를 소모시키는 원인 분석 및 모바일 디바이스 기종 별 배터리 소모 모델 생성에 대한 연구를 진행해왔다.

기존의 모바일 디바이스 배터리 소모 분석 연구에는 실제 스마트폰을 구성하고 있는 다양한 컴포넌트들의 배터리 소모를 측정하기 위해 모바일 디바이스 내의 센서를 이용하거나[1] 외부의 측정 장비를 사용하는 연구, 모바일 디바이스 사용자들이 어떤 어플리케이션을 어느 시점에 사용하는지에 대한 사용 패턴에 대한 분석 연구[2] 또는 배터리 소모 모델을 이용하여 시스템 전체의 배터리 소모를 산출하는 연구[3] 등이 있다. 이처럼 다양한 배터리 소모 분석 기법들이 연구되어 왔으나, 기법들 간

[†] 이 논문은 2018년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 전보통신기술진흥센터의 지원(No.2015-0-00250, (SW스타랩)모델 기반의 초대형 복잡 시스템 분석 및 검증 SW 개발과 한국연구재단-차세대 정보 컴퓨팅기술개발사업의 지원을 받아 수행된 연구임. (NRF2017M3C4A7066212).

[‡] 학생회원 : 한국과학기술원 전산학부
 {jysong, yjung@sekaist.ackr

[§] 정회원 : 한국과학기술원 전산학부
 cwcho@sekaist.ackr

[¶] 종신회원 : 한국과학기술원 전산학부 교수
 {bae, ekje@sekaist.ackr

논문접수 : 2017년 04월 20일

의 비교 분석에 관한 연구는 많이 이루어지지 않았다.

모바일 디바이스 회로 설계자들의 주어진 상황에 따라 적절한 기법 선택을 돕거나 기존 기법들의 단점을 보완하는 기법을 제안하기 위해서는 기존 모바일 디바이스 배터리 소모 분석 기법들 간의 비교 분석 연구가 필요하다. 따라서, 본 논문에서는 기존의 배터리 소모 분석 연구 중 배터리 소모 모델을 생성하여 분석하는 기법들을 비교 및 평가하고자 한다. 비교 대상 논문으로 최신 배터리 소모 분석 연구 중 12개를 선정하였으며, 모델링 레벨, 모델 타입, 런타임 모델 생성 여부, 모델 생성 목적 등의 기준으로 선정된 연구들을 비교 분석하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 배터리 소모 모델에 대한 배경지식에 대하여 서술한다. 3장에서는 선정된 연구들을 비교 평가하며, 향후 모바일 디바이스 배터리 소모 분석 연구의 방향성을 제안한다. 마지막으로 4장에서 결론 및 향후 연구를 기술한다.

2. 배경 지식

2.1 모델 분석 기법

선형회귀기법 (Linear regression analysis)이란 가장 기본적으로 일반적으로 사용되는 통계적 예측 기법으로, 회귀 분석에서 독립 변수에 따라 종속 변수의 값이 일정한 패턴으로 변해 가는데 이러한 변수간의 관계를 나타내는 회귀선이 선형 그래프 형태로 나타나는 경우를 선형 회귀 분석이라 정의한다. 이 기법은 주로 시스템의 상태를 설명할 때 하나의 종속 변수와 한 개 이상의 독립 변수와의 선형 관계를 모델링 하는 데에 주로 사용된다. 하드웨어 컴포넌트들은 시간에 따라 소비 전력이 일정하게 증가하므로 많은 논문에서 배터리 소모 모델링에 선형회귀분석기법을 사용하였다[4, 10, 12, 15-17].

유한 상태 기계 기법(Finite State Machine analysis) [5]은 유한한 상태를 가지는 시스템을 모델링하는 기법으로, 유한 상태 기계는 하나의 현재 상태를 가지며 조건이나 입력에 따라 상태 전이가 발생한다. 주로 게임 및 인공지능 분야에서 많이 쓰이는 기법으로 시스템을 표현하기 위해 필요한 세부 동작이나 상태를 유한개의 상태 기계로 정의한 후에 시스템의 입력에 따라 상태의 변화를 관찰하는 데에 사용한다. 모바일 디바이스에서 하드웨어 컴포넌트들은 Active, Idle, Sleep, Doze 와 같은 여러 상태를 가진다. 이러한 상태들은 모바일 디바이스에 주어지는 입력이나 환경에 따라 전이가 발생하게 되는데, 이를 유한 상태 기계 기법으로 모델링하여 분석하는 연구가 활발하게 진행되고 있다.

3. 모바일 디바이스 배터리 소모 분석 기법 평가

3.1 모바일 디바이스 배터리 소모 분석 기법 평가 대상 선정

모바일 디바이스 배터리 소모 분석 기법을 평가하기 위해서 체계적 논문 검토 (systematic literature review)를 수행하였다. 논문 선정 기준으로는 1) 최근 10년 내에 소프트웨어 분야 우수 학술대회 및 저널에서 발표한 논문과, 2) 피인용 횟수가 100건 이상인 논문 중 3) 모바일 디바이스 배터리 소모 분석에 관련된 논문을 선정하였다. 모바일 디바이스 배터리 소모 분석과 관련 유무를 판단하기 위해 논문[6]에서 서술한 모델 기반 배터리 소모 분석 용어들의 조합으로 다음과 같이 키워드를 도출하였다.

mobile device power/battery measurement/model/analysis/meter/profile

조사 대상 논문들의 키워드 중 위 키워드를 포함하는 논문을 우선적으로 선정하는 과정을 거친 후, 초록을 읽고 모바일 디바이스 배터리 소모 모델을 사용하지 않은 논문을 조사 대상에서 제외하였다.

최종적으로 선정된 12개의 논문은 다음과 같다. Jason Flinn 외가 WMCSA에서 발표한 Powerscope[7], Lide Zhang 외가 CODES + ISSS에서 발표한 PowerBooster[1], Rice 외가 PerCom에서 발표한 논문[8], Aaron Carroll 외가 USENIX에서 발표한 논문[9], Mikkel Baun Kjærgaard외가 MOBIQUITOUS에서 발표한 Power-prof[10], Fangwei Ding 외가 iThings/CPSCCom에서 발표한 SEMO[11], 정원우 외(2012)가 CODES + ISSS에서 발표한 DevScope[12], 윤찬민 외(2012)가 USENIX ATC에서 발표한 AppScope[13], Abhinav Pathak 외(2012)가 EuroSys에서 발표한 Eproff[14], Fengyuan Xu 외(2013)가 NSDI에서 발표한 V-edge[15], Abhijeet Banerjee(2014)가 FSE에서 발표한 논문[16], 김기태 외(2014)가 DATE에서 발표한 FEPMA[17]가 최종 선정된 논문이다.

비교 항목으로는 배터리 소모를 시스템 레벨에서 모델링하는지 혹은 어플리케이션 레벨까지 모델링하는지를 나타내는 모델링 레벨, 모델의 타입, 모델이 런타임 시 생성되는 지 (online) 혹은 오프라인 (offline)에서 모델이 생성되는지에 관한 런타임 모델 생성 여부, 모델 생성 목적과 같이 6가지를 선정하였다. 모델링 레벨 즉, 하드웨어 레벨부터 어플리케이션 레벨까지 다양한 레벨에 대해 모델링함으로써 모델을 사용하는 목적에 따라 사용자가 활용할 기법을 선택할 기준이 된다. 또한, 모델링 레벨은 배터리 소모 모델의 정확도와 직접적인 연관이 있다. 두 번째 비교항목인 모델 타입은 2장에서 설명한 바와 같이 시간 흐름에 따른 연속적인 배터리 소비를 보거나, 하드웨어 컴포넌트들의 상태를 보기에 적합한 모델 타입인지를 확인할 수 있다. 모델이 런타임에 생성되는지 여부는

표 1. 배터리 소모 모델 분석 기법 표

기법 이름 /저자 이름	모델링 레벨	모델 타입	런타임 모델 생성 (온라인/오프라인)	모델 생성 목적	연도
PowerScope[7]	시스템, 컴포넌트	시스템 호출 트레이스	오프라인	에너지 사용 프로파일링	1999
PowerBooter[1]	시스템, 컴포넌트, 어플리케이션	활용 기반 전력 모델	온라인	배터리 소모 추정	2010
Rice 외.[8]	시스템, 컴포넌트	시스템 호출 트레이스	오프라인	배터리 소모 추정	2010
Carroll 외.[9]	시스템, 컴포넌트, 어플리케이션	동적 전압 주파수 스케일링(DVFS)	오프라인	배터리 소모 추정	2010
Power-prof[10]	어플리케이션 API	선형 회귀모델	온라인	배터리 소모 추정	2011
SEMO[11]	어플리케이션	히스토리 커브, 실시간 커브	온라인	배터리 소모 추정	2011
DevScope[12]	시스템, 컴포넌트	선형 회귀모델, FSM	온라인	배터리 소모 추정	2012
AppScope[13]	어플리케이션	DevScope모델	온라인	배터리 소모 추정	2012
Eprof[14]	시스템, 컴포넌트, 어플리케이션	시스템 호출 트레이스, FSM	오프라인	배터리 소모 추정	2012
V-edge[15]	시스템, 컴포넌트	선형 회귀모델	온라인	배터리 소모 추정	2013
Banerjee 외.[16]	시스템, 컴포넌트, 어플리케이션	시스템 호출 트레이스, 선형 회귀 모델	오프라인	테스트 시나리오 생성	2014
FEPMA[17]	시스템, 컴포넌트, 어플리케이션	시스템 호출 트레이스, 선형 회귀 모델	온라인	배터리 소모 추정	2014

모델 정보를 실시간으로 얻을 수 있는지 여부를 알 수 있는 비교 항목이다. 마지막으로 모델 생성 목적은 비교 대상 기법들이 활용될 수 있는 범위를 보여주고 있다. 위와 같은 6가지 비교 항목에 따라 표 1에서 최종 선정된 논문들을 비교하여 나타내었다.

3.2 모바일 디바이스 배터리 소모 분석 기법 비교 분석

PowerScope(1999)[7]. 스마트폰의 어플리케이션 사용을 통해 생성되는 에너지 소비 profiling을 다루는 도구 PowerScope를 개발하였다. Powerscope는 CPU profiler가 특정한 프로세스에 대한 분석을 위해 얻은 정보를 프로세서 주기와 매핑하여 해석하는 방법과 비슷한 방법으로 스마트폰의 사용을 통해 발생하는 전력 소비를 어플리케이션 구조에 매핑 시키는 방법을 사용하였다. 이 연구에서 제시하는 접근 방식은 현재 디바이스 또는 배터리의 상태를 측정할 수 있는 하드웨어적인 도구와 시스템 커널 레벨을 결합하여 스마트폰에서 일어나는 시스템 활동을 통계적인 샘플링을 통한 분석 작업이다. PowerScope를 사용하면 특정 기간 동안 소비된 전체적

인 에너지 중 특정 프로세스가 차지하는 비율을 확인할 수 있으며, 프로세스 내에 포함되어 있는 각각의 절차에 해당하는 전력 소비를 결정할 수 특징을 가지고 있다. 이와 같은 방법을 통해, 본 연구에서는 결과적으로 PowerScope를 통해 일반적으로 사용자들이 많이 사용하는 비디오 재생 어플리케이션의 에너지 소비를 46 %까지 줄일 수 있음을 보였다. 하지만 에너지 사용량과 배터리 수명 간의 관계를 나타낼 수 있는 모델을 제시하지 못한 점과 스마트폰에서 소비하는 에너지 사용 이외에도 배터리 수명에 영향을 주는 피크 전력 레벨과 같은 다른 요소들에 대해서는 고려하지 않았다는 개선 사항이 포함 되어있다.

PowerBooter(2010)[1]. 본 연구에서는 안드로이드 환경에서 작동하는 어플리케이션의 전력 소비를 분석하기 위해 활용 기반 전력 모델(utilization-based power model)을 사용하였고, 프로세스에 대한 각각의 구성 요소의 전력소비를 모델링하고 모델 구성 모듈은 선형 회귀 기법을 적용하여 전력 모델을 나타내었다. 특별한 외부 측정 장비를 사용하지 않고 온라인 상태에서 전력을 추정하기 위해 PowerBooter에서 생성된 전력 소비 모델을 PowerTutor라는 전력 소비 추정 도구에 대입하여 스마

트폰 개발자와 사용자들에게 어플리케이션 설계 및 개발에 도움을 주고자 하였다. PowerTutor를 통해 확인할 수 있는 구성 요소들로는 CPU, LCD, GPS, Wi-Fi, 오디오 및 셀룰러 인터페이스 등이 있으며 외부 측정 장비를 사용하지 않는 기존 연구들과 비교하는 실험을 통해 보다 높은 정확도를 가짐을 보였다. 하지만 이 연구에서 사용하는 활용 기반 전력 모델은 트레이닝을 시키는데 많은 시간이 걸린다는 단점과 현대에 많이 사용되는 스마트폰에서 찾아볼 수 있는 비동기 전력 동작(asynchronous power behavior)을 감지해 낼 수 없다는 제한이 있다.

Rice 외(2010)[8]. 개발자들의 스마트폰 어플리케이션에 대한 이해를 돕기 위해 시작된 연구이며, 스마트폰 사용을 통해 생성되는 에너지 트레이스(energy traces)를 이용해 전력소모를 추정할 수 있게 하는 최초의 연구이다. 본 연구에서는 측정하고자하는 안드로이드 기반의 프레임 워크를 설명하고 무선 네트워크 환경에서 메시지 또는 데이터를 전달할 때, 메시지 크기와 버퍼의 크기에 따라 필요한 에너지가 다름을 보여주었다. 메시지 또는 버퍼의 크기와 같은 조그마한 차이가 결과적으로 시스템 전체적인 에너지 소모 측면에서는 큰 차이를 보일 수 있음을 실험을 통해 보여주었으며, 본 연구가 미래에 플랫폼 개발자들이 하드웨어 및 API를 확장하여 미세한 전력을 측정할 때 도움이 될 것으로 예상하였다.

Carroll 외(2010)[9]. 스마트폰 사용에 있어 적절한 전력관리를 위해서는 스마트폰의 어느 부분에서 어떻게 에너지가 쓰이는지에 대한 올바른 이해가 필요하다는 점에서 연구가 시작되었다. 본 연구에서는 전체적인 시스템 규모의 전력소비뿐만 아니라, 스마트폰을 구성하고 있는 각각 다른 구성요소들이 전력 소비에 어떠한 영향을 끼치는지 보였다. 기존의 연구들과는 다르게 스마트폰에서 주로 사용되는 기능들(오디오 및 비디오 재생, 문자메시지, 음성통화, 메일 또는 웹 브라우징)을 기준으로 사용자들의 다양한 사용 시나리오(Usage scenarios)에 해당하는 전력 소비 모델을 만들어 사용 패턴에 따라 전체적인 전력 소비 및 배터리 수명이 어떻게 변화되는지 보여주었다.

Power-prof (2011)[10]. 모바일의 API 사용에 따른 전력 소비를 이용하여 배터리 소모 모델을 생성하였다. 이 기법의 특징은 외부의 기기를 사용하지 않고 배터리 소모 모델을 생성하여 수동으로 외부 기기로 배터리 소모를 측정하는 등의 추가적인 노력이 필요하지 않는다는 것과 모바일 디바이스의 API 호출 각각에 대한 배터리 소모 모델을 생성할 때 유전 알고리즘(genetic algorithm)을 사용하였다는 것이다. 유전 알고리즘은 대상 시스템 혹은 프로그램의 최적의 해를 구하기 어려울 때 최적의 해에 가까운 해를 구하는 방법이다.

Power-prof 내에서는 모바일 디바이스 API 호출이 되었을 때 디바이스 상태에 따른 소비 전력 값, 상태가 유지되는 시간 등이 최적화 대상이 되어 유전 알고리즘을 이용하여 최적의 해를 구한다. 저자들은 제한된 기법을 어플리케이션으로 제작하여 다양한 모바일 디바이스 기종에 적용할 수 있도록 하여 기기에 대한 의존도를 낮추었다.

SEMO(2011)[11]. 에너지 관리라는 제한된 배터리 환경에서 에너지 소모에 영향을 주는 다양한 측면들을 디버깅할 수 있는 개발자 도구가 부족하다는 점을 인식하여, 스마트폰 어플리케이션 전력 소모를 분석 및 모니터링 할 수 있는 SEMO 시스템을 제안했다. 이 시스템은 안드로이드 기반 스마트폰에 설치되어 배터리 상태(health status), 전압, 온도, 총 용량(total battery charge) 등의 정보를 수집하고 주기적으로 저장한다. 저장된 정보를 바탕으로는 특정 시간대의 히스토리 커브(history curve) 및 실시간 커브(real-time curve)를 사용하여 남은 배터리 용량을 나타내고 모니터링 할 수 있다. 뿐만 아니라 기존의 어플리케이션 에너지 소모 관찰을 주로 다루던 도구들과 다르게, 저장된 정보를 개발자나 사용자가 참고할 수 있도록 어플리케이션 별 에너지 소모율을 구한 뒤, 순위 정보를 제공해 에너지 사용의 절약을 유도할 수 있는 특징을 가지고 있다.

DevScope(2012)[12]. 런타임 시에 배터리 소모 모델을 생성하는 DevScope는 기존의 오프라인 상태에서의 모바일 디바이스 배터리 소모 모델링 기법과 비교하여 모바일 디바이스의 변화에 대응하여 배터리 소모 모델을 동적으로 생성할 수 있다는 장점을 가지고 있다. DevScope는 내장된 배터리 모니터링 유닛(BMU: Battery Monitoring Unit)을 사용하여 배터리 소모 모델을 동적으로 생성하였다. 저자들은 BMU를 사용하여 배터리 소모 모델을 생성할 때 발생하는 고질적인 문제인 낮은 BMU 업데이트율을 시스템 레벨에서의 이벤트 기반 배터리 측정 시나리오를 이용하여 극복하였다. 또한, 보다 정확한 배터리 소모 모델 측정을 위해 하드웨어의 컴포넌트 별 배터리 소모 모델을 생성하고 전체 배터리 소모를 분석하였다.

AppScope(2012)[13]. AppScope는 DevScope의 저자들이 DevScope의 단점을 보완하기 위해 확장한 논문이다. 기존 기법인 DevScope는 하드웨어와 시스템 소프트웨어에 대한 정보만 접근이 가능했던 한계 때문에 어플리케이션이 소모하는 배터리 평가 정확도가 낮은 단점이 있었다. AppScope는 어플리케이션의 배터리 소모를 정확하게 측정하기 위해 DevScope와 마찬가지로 이벤트 기반 배터리 소모 측정 시나리오를 이용하며, 추가적으로 어플리케이션의 시스템 호출과 binder IPC(Inter-Process Communication) 데이터 정보를 이용한다. 또한, AppScope는 표 1에서 런타임 시에 배터리

소모 모델을 생성한다. AppScope는 리눅스 커널 환경에서의 동적 모듈(dynamic module)로 개발하였기 때문에 안드로이드를 사용하는 어떤 디바이스에서도 사용 가능하다는 장점이 있다.

Eprof(2012)[14]. Pathak 외 저자들이 제안한 Eprof는 안드로이드와 Windows기반의 오프라인 상태에서 배터리 소모 모델을 생성하는 프레임워크이다. 안드로이드는 네이티브 코드(native-code)를 사용하여 부분적으로 어플리케이션을 구현할 수 있도록 하는 native development kit (NDK)을 지원한다. 주로 시스템 호출과 같은 부분이 NDK를 이용하여 구현된다. Eprof에서는 NDK를 사용하여 시스템 호출이 발생한 시간, 파라미터, 콜 스택 등을 로그로 남긴다. 시스템 호출은 다른 하드웨어 컴포넌트를 사용할 때 발생하므로 컴포넌트 별 모델을 생성하기에 용이하다. 시스템 호출을 추적한 정보를 저자들이 2011년에 개발한 FSM 배터리 소모 모델에 매핑 하여 배터리 소모 모델을 생성하였다.

V-edge(2013)[15]. 배터리를 측정할 수 있는 방법으로 전류 측정 센서를 이용하는 방법과 전압 측정 센서를 이용하는 방법이 있다. DevScope나 AppScope와 같은 논문에서는 전류를 측정하는 방법을 이용하였으며, 전류 측정 센서를 이용하는 것이 전압 측정 센서를 이용하는 것보다 배터리 모델을 정확하게 생성할 수 있다는 특징이 있다. 그러나 대부분의 모바일 디바이스는 전류 측정 센서를 가지고 있지 않으므로 전류 측정 센서를 이용하는 기법들은 다수의 모바일 디바이스에 적용될 수 없다는 단점을 가진다. V-edge는 이러한 단점을 극복하기 위해 단순히 전압 측정값을 이용하는 것이 아니라, 전압이 동적으로 변하는 순간(battery voltage dynamics) 즉, voltage-edge를 사용하여 배터리 소모 모델을 생성하였다. V-edge는 시스템 레벨에서의 전압을 측정하며, 런타임 시 배터리 소모 모델을 생성한다.

Banerjee 외(2014)[16]. Eprof와 마찬가지로 Banerjee 외(2014)가 제안한 기법은 오프라인 상태에서 배터리 소모 모델을 생성하고, 배터리 소모 모델을 이용한 테스트 생성을 목적으로 한다. Banerjee 외 저자들은 모바일 디바이스의 에너지 비효율을 에너지 핫스팟(energy hotspot)과 에너지 버그(energy bug)로 나누었다. 에너지 핫스팟이란 어플리케이션을 실행시켰을 때, 비정상적으로 배터리 소모가 큰 사용자 시나리오를 말하며, 에너지 버그란 어플리케이션의 오작동으로 인하여 어플리케이션의 기능이 끝난 후, 사용자의 사용이 없어도 어플리케이션 상태가 idle이 되지 않는 것을 의미한다. 저자들은 앞서 말한 두 가지 에너지 비효율을 찾아서 자동으로 테스트를 생성해주는 프레임워크를 제시하였다. 프레임워크에서 사용한 배터리 소모 모델은 안드로이드 Hierarchy Viewer[12] 와 Dynodroid[13] 를 이용하여 생성된다.

Hierarchy Viewer는 UI 실행 정보와 UI 실행에 따른 이벤트의 시퀀스 정보를 포함한다. 배터리 소모 모델로 이벤트 흐름 그래프가 생성이 되면, 이벤트 트race를 생성하는 단계가 진행된다. 제안된 기법은 이벤트 트race를 생성하면서 하드웨어 컴포넌트의 사용을 확인하기 위해 시스템 호출을 기록하며 모델을 분석한다.

FEPMA(2014)[17]. 기존에 많은 배터리 소모 분석 기법들이 센서 정보를 이용하여 배터리 모델들을 생성해왔으나, 센서가 없는 경우 배터리 모델 생성을 하지 못한다는 한계를 가지고 있었다. 이에 저자들은 센서 없이 이벤트 발생으로부터 배터리 소모를 분석하는 FEPMA(Fine-grained Event-driven Power Meter for Android smartphones) 프레임워크를 제시한다. FEPMA는 센서를 이용하지 않는 간접적 배터리 측정 방법인 상태 기반 배터리 측정 방법을 사용한다. 상태 기반 배터리 측정은 하드웨어 컴포넌트들의 상태로부터 배터리 소모를 추정하여 나타내는 것이다. 상태기반으로 정확한 배터리 소모 모델을 생성하기 위해서는 모바일 디바이스 하드웨어의 각 컴포넌트들의 상태(active, idle, sleep, doze)와 활성 레벨을 정확히 알아내는 것이 중요하다. 따라서 저자들은 안드로이드 운영체제를 수정함으로써 커널의 최하위 레벨에서 전원 정보를 제공받아 시간 지연 문제와 정확한 하드웨어 컴포넌트들의 상태 식별 문제를 해결하였다. FEPMA에서 생성하는 배터리 소모 모델은 런타임 시에 생성된다.

조사를 수행한 위의 12개 모바일 디바이스 배터리 소모 분석 기법들은 시스템 커널 레벨부터 어플리케이션 레벨에 이르기까지 다양한 모델링 레벨(modeling granularity)로 분류 될 수 있다. 하드웨어 레벨에서 생성된 배터리 소모 모델이 어플리케이션 레벨에 비해 배터리 소모 모델(battery consumption estimation model)의 정확도가 높았으며, 하드웨어 레벨에서 외부기기로 측정된 배터리 소모 모델이 디바이스 내부 센서로 측정된 배터리 소모 모델보다 정확도가 높음을 알 수 있다. 모델 타입 비교 항목에서는 선형 회귀(linear regression), 유한 상태 기계(FSM), 시스템 호출 트race(system call trace)등의 타입으로 나누어짐을 알 수 있다. 또한, 런타임 시에 모델이 생성되는지 여부에 따라 모델의 동적 생성 여부를 판단할 수 있었다. 대부분의 배터리 소모 모델 생성의 목적은 주로 배터리 소모 추정이었고, Banerjee 외의 논문[16]에서는 테스트 생성 목적으로, PowerScope[7]에서는 에너지 사용 프로파일링을 목적으로 연구되었다.

3.3 모바일 디바이스 배터리 소모 분석 연구 향후 과제

본 배터리 소모 분석 기법 비교 결과를 활용하여 모바일 디바이스 배터리 소모 분석 연구의 향후 방향성을 제시하고자 한다.

첫째, 모바일 디바이스 회로 설계자들에게 정확한 배터리 소모 모델을 제공하는 것 이외에도, 하드웨어의 오류를 잡거나 최적화해야 하는 부분을 찾기 위해서 모델을 테스트 및 검증 목적으로 활용하는 연구가 진행되어야 할 것이다. 모바일 디바이스 회로 설계자들이 검증해야 하는 배터리 소모 속성 즉, 특정 환경 혹은 특정 어플리케이션을 사용할 때 일정 이상의 배터리 소모가 발생하는지, 혹은 Banerjee 외(2014)[16]가 정의한 에너지 비효율 오류가 존재하는지 등에 대한 검증이 이루어질 때, 하드웨어 최적화를 이룰 수 있을 것으로 생각된다. 모델에 대한 검증은 소프트웨어공학적 접근을 적용할 수 있다. UPPAAL[20], PRISM[21], SPIN[22]과 같은 모델 검증 지원 도구를 활용하여 모바일 디바이스 배터리 소모 모델을 생성하고 검증 속성에 따른 모델 검증을 할 수 있을 것이다.

둘째로, 모바일 디바이스 사용 대상자의 배터리 소비패턴을 모델에 반영하는 연구가 진행되어야 할 것이다. 모바일 디바이스 회로 설계자들은 모바일 디바이스 사용자들에게 배터리 소비 최적화를 이룰 수 있는 하드웨어를 제공해야 한다. 앞서 소개된 배터리 소모 추정용 목적으로 하는 12가지 논문들은 저자들이 정한 벤치마크 시나리오 (benchmark scenario)를 통해 예제 모델을 만들고 배터리 소모 실측 정보를 비교해 모델의 정확도를 나타내는데 초점이 맞춰져 있었다. 그러나 배터리 소모 모델에 실제 디바이스 사용 패턴은 반영되지 않았다. 대상 모바일 디바이스를 사용하는 실제 사용자들의 다양한 사용 패턴 샘플들을 통계적으로 분석하여 배터리 소모 모델에 반영할 수 있다면, 모바일 디바이스 회로 설계자들이 대상 연령층이나 사용자 특성에 맞는 설계를 수행할 수 있을 것이다.

4. 결론 및 향후 계획

본 논문에서는 모바일 디바이스 하드웨어 설계자를 위한 모바일 디바이스 배터리 소모 분석 기법 연구들에 대하여 조사하고 기법들을 평가하였다. 평가 결과 모바일 디바이스 배터리 소모 모델에 대한 검증 연구가 많이 이루어지지 않았다는 점과 실제 사용자들의 배터리 소모 데이터 분석 결과가 배터리 소모 모델에 반영되지 않았음을 확인할 수 있었다. 향후 계획으로는 평가 결과를 바탕으로 실제 사용자 배터리 소모 데이터를 통계적으로 분석하고, 모바일 디바이스의 배터리 소모 모델 생성 및 검증에 관한 연구를 진행할 예정이다.

참 고 문 헌

- [1] Zhang, Lide, et al. "Accurate online power estimation and automatic battery behavior based power model generation for smartphones." Hardware/Software Codesign and System Synthesis (CODES+ISSS), 2010 IEEE/ACM/IFIP International Conference on. IEEE, 2010.
- [2] Falaki, Hossein, et al. "Diversity in smartphone usage." Proceedings of the 8th international conference on Mobile systems, applications, and services. ACM, 2010.
- [3] Shye, Alex, Benjamin Scholbrock, and Gokhan Memik. "Into the wild: studying real user activity patterns to guide power optimizations for mobile architectures." Microarchitecture, 2009. MICRO-42. 42nd Annual IEEE/ACM International Symposium on. IEEE, 2009.
- [4] Montgomery, Douglas C., Elizabeth A. Peck, and G. Geoffrey Vining. Introduction to linear regression analysis. John Wiley & Sons, 2015.
- [5] https://en.wikipedia.org/wiki/Finite-state_machine
- [6] Hoque, Mohammad Ashraful, et al. "Modeling, profiling, and debugging the energy consumption of mobile devices." ACM Computing Surveys (CSUR) 48.3 (2016): 39..
- [7] Flinn, Jason, and Mahadev Satyanarayanan. "Powerscope: A tool for profiling the energy usage of mobile applications." Mobile Computing Systems and Applications, 1999. Proceedings. WMCSA '99. Second IEEE Workshop on. IEEE, 1999.
- [8] Rice, Andrew Colin, and Simon Hay. "Decomposing power measurements for mobile devices." PerCom. Vol. 10. 2010.
- [9] Carroll, Aaron, and Gernot Heiser. "An Analysis of Power Consumption in a Smartphone." USENIX annual technical conference. Vol. 14. 2010.
- [10] Ding, Fangwei, et al. "Monitoring energy consumption of smartphones." Internet of Things (iThings/CPSCom), 2011 International Conference on and 4th International Conference on Cyber, Physical and Social Computing. IEEE, 2011.
- [11] Kjærgaard, Mikkel Baun, and Henrik Blunck. "Unsupervised power profiling for mobile devices." International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems: Computing, Networking, and Services. Springer Berlin Heidelberg, 2011.
- [12] Jung, Wonwoo, et al. "DevScope: a nonintrusive and online power analysis tool for smartphone hardware components." Proceedings of the eighth IEEE/ACM/IFIP international conference on Hardware/software codesign and system synthesis. ACM, 2012.
- [13] Yoon, Chanmin, et al. "AppScope: Application Energy Metering Framework for Android Smartphone Using Kernel Activity Monitoring." USENIX Annual Technical Conference. Vol. 12. 2012.

[14] Pathak, Abhinav, Y. Charlie Hu, and Ming Zhang. "Where is the energy spent inside my app?: fine grained energy accounting on smartphones with eprof." Proceedings of the 7th ACM european conference on Computer Systems. ACM, 2012.

[15] Xu, Fengyuan, et al. "V-edge: Fast Self-constructive Power Modeling of Smartphones Based on Battery Voltage Dynamics." NSDI. Vol. 13. 2013.

[16] Banerjee, Abhijeet, et al. "Detecting energy bugs and hotspots in mobile apps." Proceedings of the 22nd ACM SIGSOFT International Symposium on Foundations of Software Engineering. ACM, 2014.

[17] Kim, Kitae, et al. "FEPMA: Fine-grained event-driven power meter for android smartphones based on device driver layer event monitoring." Proceedings of the conference on Design, Automation & Test in Europe. European Design and Automation Association, 2014.

[18] <https://developer.android.com/studio/profile/hierarchy-viewer.html>

[19] Machiry, Aravind, Rohan Tahiliani, and Mayur Naik. "Dynodroid: An input generation system for android apps." Proceedings of the 2013 9th Joint Meeting on Foundations of Software Engineering. ACM, 2013.

[20] Bengtsson, Johan, et al. "UPPAAL—a tool suite for automatic verification of real-time systems." Hybrid Systems III. Springer Berlin Heidelberg, 1996. 232-243.

[21] Kwiatkowska, Marta, Gethin Norman, and David Parker. "PRISM: Probabilistic symbolic model checker." International Conference on Modelling Techniques and Tools for Computer Performance Evaluation. Springer Berlin Heidelberg, 2002.

[22] Holzmann, Gerard J. "The model checker SPIN." IEEE Transactions on software engineering 23.5 (1997): 279-295.



송 지 영

2014년 이화여자대학교 컴퓨터공학과 졸업(학사). 2016년 KAIST 전산학부 졸업(석사). 2016년~현재 KAIST 전산학부 박사과정. 관심분야는 소프트웨어 공학, 소프트웨어 검증 및 테스트, 시스템 오브 시스템즈.



조 치 우

2012년 경희대학교 전자공학과 졸업(학사). 2014년 GIST 정보통신공학과 졸업(석사). 2014년~2017년 KAIST 전산학부 석사후 연구원 2017년~현재 (주)달라이트룸 소프트웨어 엔지니어 관심분야는 소프트웨어 공학, 무선 통신 네트워킹, 소프트웨어 안전성 분석



정 유 립

2015년 숭실대학교 기계공학과, 컴퓨터학부 졸업(학사). 2018년 KAIST 전산학부 졸업(석사). 2018년~현재 KAIST 전산학부 석사후연구원, 관심분야는 소프트웨어 공학, 소프트웨어 모델링 및 검증, 시스템 오브 시스템즈, 블록체인



지 은 경

1999년 KAIST 전산학과 졸업(학사). 2001년 KAIST 전산학과 졸업(석사). 2001년~2002년 몽골 울란바타르대학 컴퓨터학과 전임강사. 2003년~2004년 (주)이마린로직스 소프트웨어 엔지니어. 2009년 KAIST 전산학과 졸업(박사). 2009년~2011년 University of Pennsylvania 박사후연구원. 2011년~현재 KAIST 전산학부 연구조교수. 관심분야는 소프트웨어 공학, 소프트웨어 테스트, 정형 검증, 소프트웨어 안전성 분석



배 두 환

1980년 서울대학교 공과대학 졸업(학사) 1987년 Univ. of Wisconsin-Milwaukee 전산학과 졸업(석사). 1992년 Univ. of Florida 전산학과 졸업(박사). 1995년~현재 KAIST 전산학부 교수. 관심분야는 시스템 오브 시스템즈 소프트웨어 공학, 소프트웨어 프로세스, 객체지향 프로그래밍, 모델 기반 방법론, 임베디드 소프트웨어 설계

감정 분석 기반의 사용자 피드백을 이용한 클라우드 서비스 평가 기법[†]

(Cloud Service Evaluation Techniques Using User Feedback based on Sentiment Analysis)

윤 동 규 [‡] 김 응 수 [§] 박 준 석 [§] 염 근 혁 [¶]
(Donggyu Yun) (Ungsoo Kim) (Joonseok Park) (Keunhyuk Yeom)

요 약 클라우드 컴퓨팅이 IT 업계의 화두로 부상하면서 다양한 유형의 클라우드 서비스들이 나타났고, 다수의 클라우드 서비스들 중 사용자가 원하는 서비스를 선택하는 과정의 복잡성을 해소하기 위해 클라우드 서비스 브로커 (Cloud Service Broker, CSB) 기술이 등장하였다. CSB의 핵심적인 기능 중 하나는 사용자에게 최적의 클라우드 서비스를 추천해주는 것이다. 일반적으로 CSB에서 클라우드 서비스 추천을 위해 서비스 사용자들로부터 서비스에 대한 평점을 피드백으로 받아 서비스를 평가하는 방법을 사용할 수 있다. 그러나 사용자마다 평점을 매기는 기준이 다양하므로 평점만으로 서비스를 평가하기에는 신뢰도가 떨어진다. 본 논문에서는 클라우드 서비스 사용자의 리뷰에 기계 학습 기반의 감정 분석 (Sentiment Analysis) 기법을 적용하여 평점 기반 서비스 평가를 보완하는 방법과 이를 적용하여 구현한 CSB의 프로토타입을 제시한다. 또한 실제 클라우드 서비스 리뷰를 학습 데이터로 사용한 실험을 통해 감정 분석에 사용될 수 있는 여러 학습 알고리즘의 성능을 비교한 결과를 제시한다. 본 논문에서 제안하는 서비스 평가 기법은 기존의 평점 기반 서비스 평가의 단점을 보완하며 사용자 경험 측면의 서비스 품질을 반영할 수 있다.

키워드 : 클라우드 서비스 브로커, 클라우드 서비스 평가, 사용자 피드백, 감정 분석

Abstract As cloud computing has emerged as a hot trend in the IT industry, various types of cloud services have emerged. In addition, cloud service broker (CSB) technology has emerged to alleviate the complexity of the process of selecting the desired service that user wants among the various cloud services. One of the key features of the CSB is to recommend the best cloud services to users. In general, CSB can use a method to evaluate a service by receiving feedback about a service from users in order to recommend a cloud service. However, since each user has different criteria for giving a rating, there is a problem that reliability of service evaluation can be low when the rating is only used. In this paper, a method is proposed to supplement evaluation of rating based service by applying machine learning based sentiment analysis to cloud service user's review. In addition, the CSB prototype is implemented based on proposed method. Further, the results of comparing the performance of various learning algorithms is proposed that can be used for sentiment analysis through experiments using actual cloud service review as learning data. The proposed service evaluation method complements the disadvantages of the existing rating-based service evaluation and can reflect the service quality in terms of user experience.

Key words : Cloud Service Broker, Cloud Service Evaluation, User Feedback, Sentiment Analysis

1. 서 론

클라우드 컴퓨팅의 대중화와 함께 클라우드 서비스에 대한 사용자들의 선택지는 점점 더 많아지고 있고, 그만큼 사용자가 자신에게 적합한 클라우드 서비스를 찾아내는 일은 더 어려워지고 있다. 이와 같은 문제점을 해소하기 위해 클라우드 서비스 브로커 (Cloud Service Broker, CSB) 라는 개념이 등장하였다. CSB는 클라우드

서비스 제공자와 사용자 사이에서 클라우드 서비스를 추천해 주며 계약을 중개해 주는 역할을 수행한다[1].

CSB에서 핵심적으로 고려되어야 하는 사항은 사용자의 기대를 충족시켜줄 수 있는 적합한 클라우드 서비스를 추천해 주는 것이다. 따라서 높은 품질의 CSB를 구축하기 위해서는 클라우드 서비스 추천의 성능을 높여 사용자의 요구에 적합한 클라우드 서비스를 추천해줄 수 있어야 하며, 이를 위해서는 클라우드 서비스의 어떤 요소를 기준으로 적합성을 판별할 것인지 결정해야 한다. CSB는 클라우드 서비스 제공자로부터 제공받은 정보나 자체적으로 모니터링한 정보 등을 이용하여 서비스를 평

[†] 이 논문은 2016년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (No. NRF-2016R1D1A1B03935865)

[‡] 교신저자

가하는 메커니즘을 가질 수 있다. 이를 클라우드 서비스 평가라 지칭한다.

본 논문에서는 CSB에서 클라우드 서비스를 평가하기 위한 방법으로 클라우드 서비스 사용자의 피드백을 기반으로 서비스를 평가하는 기법을 제안한다. 이 기법은 기존의 대표적인 피드백 기반 서비스 평가 방법인 평점 기반 서비스 평가의 단점을 보완하기 위해 감정 분석 (또는 감성 분석, Sentiment Analysis) 을 적용하여 서비스를 평가하는 기법이다. 즉 사용자가 작성한 리뷰에서 서비스에 대한 사용자의 감정을 추출하여 이를 기반으로 평점을 보정한다. 그리고 기계 학습을 이용해 클라우드 서비스 리뷰에 대한 감정 분석 실험을 수행한 결과를 통해 다양한 기계 학습 알고리즘의 성능을 비교한 결과를 제시한다. 또한 제안하는 서비스 평가 기법을 적용하여 CSB 프로토타입을 구현한 결과를 제시한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 사용자 피드백과 클라우드 서비스 평가에 대한 관련 연구들을 제시한다. 3장에서는 기존의 평점 기반 서비스 평가의 문제점을 제시하고, 이를 보완하기 위해 감정 분석 기반의 서비스 평가 기법을 제안한다. 4장에서는 실제 클라우드 서비스의 리뷰에 대하여 기계 학습을 이용한 감정 분석 실험을 수행한 결과를 제시한다. 5장에서는 제안하는 서비스 평가 기법이 적용된 CSB 프로토타입의 구조와 사용 사례를 제시하며, 6장에서 본 연구의 의의와 결론 및 향후 연구에 대하여 제시한다.

2. 관련 연구

사용자 피드백의 분류와 사용자 피드백을 이용한 감정 분석, 사용자 피드백을 이용한 서비스 평가 등과 관련하여 다음과 같은 연구들이 제시되었다.

J. Choi 등의 연구[2]에서는 사용자 피드백의 유형 (Types) 을 Survey, Question and Answer, Communication, Collaboration의 4가지로 정의하였다. 이에 따르면 본 논문에서 사용하는 피드백 방법은 사용자로부터 리뷰를 입력 받는 Communication 유형에 속한다.

E. Guzman 등의 연구[3]에서는 구글 플레이 스토어, 애플 앱 스토어에 올라온 애플리케이션에 대한 리뷰를 대상으로 감정 분석을 수행하였다. NLTK 라이브러리를 이용하여 리뷰 텍스트에 대한 전처리를 수행하고 어휘 사전 기반으로 점수를 부여하였으며, 애플리케이션의 기능 별로 사용자들이 긍정적으로 평가했는지 또는 부정적으로 평가했는지 예측하는 기법을 제시하였다. 단 이 기법은 어휘 사전 기반이므로 사전에 없는 신어 (新語) 나 특정 도메인에서 사용되는 단어에 대한 처리는 불가능하다는 한계점이 있다.

이태원 등의 연구[4]는 기계 학습 알고리즘인 서포트 벡터 머신 (Support Vector Machine, SVM) 을 이용하여 온라인 도서, 영화 리뷰에 대한 감정 분석을 수행한

결과를 제시하였다. SVM의 입력 변수로 형용사, 4품사에 대한 문서빈도, TF-IDF, 정보 획득량, 카이제곱 통계량을 각각 사용하여 입력 변수에 따른 분류 성능을 테스트하였다.

L. Qu 등의 연구[5]에서는 사용자 피드백과 정량적 성능 평가를 결합하여 클라우드 서비스를 추천해주는 기법을 제시하였다. 사용자 피드백 부분에서는 퍼지 이론을 적용하여 사용자의 주관적인 평가를 점수로 변환하는 과정을 거친다. 주관성과 객관성을 모두 반영할 수 있는 평가 방법이지만 사용자의 주관적 평가를 나타내는 단어 (good, fair, poor 등) 마다 점수를 계산하기 위한 weight 값을 수동으로 할당해야 하므로 다양한 감정 표현을 평가에 반영하기는 어렵다.

3. 감정 분석 기반의 사용자 피드백 평가

3.1 기존의 평점 기반 서비스 평가 방법

사용자로부터 서비스에 대한 피드백을 받는 가장 일반적인 방법으로는 평점을 입력 받는 방법이 있다. 5점 만점 또는 10점 만점의 척도를 가장 많이 사용하며, 가장 간단하게 사용자의 피드백을 평가에 반영할 수 있는 시스템으로 영화나 책에 대한 평가, 쇼핑몰에서 상품에 대한 평가, 앱 스토어에서 애플리케이션에 대한 평가 등 각종 평가 시스템에 폭넓게 이용되고 있다.

그러나 이와 같은 평점 기반 평가 시스템은 아래와 같은 문제점을 가지고 있다.

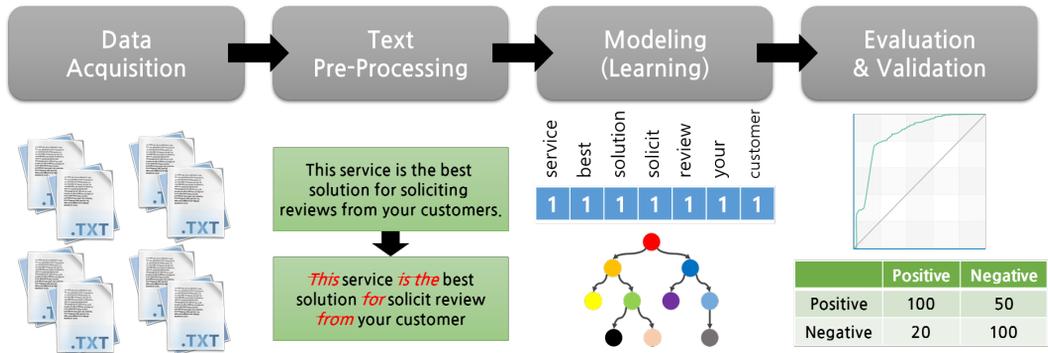
- 5단계, 10단계의 세부적인 구분이 크게 의미가 없는 경우가 많다. 예를 들어 5점 만점의 평가인 경우 대다수의 사용자들이 서비스가 만족스러웠을 경우 5점, 불만족스러웠을 경우 1점을 매기며 이 경우 2, 3, 4점의 존재는 전문가의 리뷰가 아닌 이상 크게 의미가 없다[6]. 즉 실질적으로 ‘좋아요-싫어요’ 의 이분법 평가와 크게 다를 것이 없다.

- 사용자마다 평가 기준이 다르다. 서비스의 품질이 적당한 수준만 되어도 5점 만점을 주는 사용자도 있는 반면 평가 기준이 엄격한 사용자는 좋은 서비스라는 리뷰를 남기면서도 4점을 줄 수도 있다.

본 논문에서는 이와 같은 문제를 해결하기 위한 방안으로 서비스 리뷰에 감정 분석 기법을 적용하여 서비스에 대한 사용자의 감정에 따라 평점에 보정을 가하는 방법을 제안한다.

3.2 감정 분석 프로세스

감정 분석이란 대상 (주로 텍스트) 으로부터 대상에 담겨있는 감정을 추출해내는 방법을 말하며, 텍스트 마이닝 (Text Mining) 의 하위 분야이기도 하다. 최근에는 주로 소셜 미디어에서 사용자들이 업로드하는 텍스트를 수집하여 특정 대상에 대한 여론을 조사하는 용도로 많이 사용되어 오피니언 마이닝 (Opinion Mining) 이라고도 불린다.



[그림 8] 감정 분석 프로세스

감정 분석의 일반적인 프로세스는 위 [그림 1]과 같다.

첫 번째 과정은 데이터를 수집하는 과정 (Data Acquisition) 이다. 분석 대상이 될 데이터와 학습을 위해 필요한 데이터 (Training Data) 가 필요하다. 본 연구에서는 클라우드 서비스 리뷰에 대한 감정 분석을 진행할 것이므로 클라우드 서비스 리뷰를 모은 텍스트 파일이 Training Data가 된다.

두 번째 과정은 텍스트 전처리 (Text Pre-Processing) 과정으로, 자연어 처리 (Natural Language Processing, NLP) 분야와 깊게 관련이 있는 부분이다. 첫 번째 과정에서 수집한 데이터에는 일반적으로 노이즈가 많아 그대로 학습에 사용하기에는 적절하지 않은 경우가 많다. 따라서 노이즈를 없애고 학습에 필요한 단어만을 남겨놓기 위한 전처리 과정이 필요하다. 전처리 과정에서는 문장을 단어 단위로 쪼개고 (Tokenize), 접속사, 판사, be동사 등 감정과 관계없는 단어를 삭제하고 (Remove Stopword), 단어를 원형으로 고치는 (Lemmatize) 방법 등이 사용된다.

세 번째 과정은 감정 분석 모델을 만드는 부분 (Modeling) 이다. 크게 기계 학습 기반의 방법과 사전 기반의 방법으로 나눌 수 있는데[7], 최근에는 기계 학습 기반의 방법이 많이 사용된다. 특히 기계 학습 기반의 방법은 사전에 없는 단어나 특정 도메인에서 자주 쓰이는 단어 또한 분석에 반영할 수 있기 때문에 클라우드 서비스 리뷰에 대한 감정 분석 모델을 만들기에 적합하다.

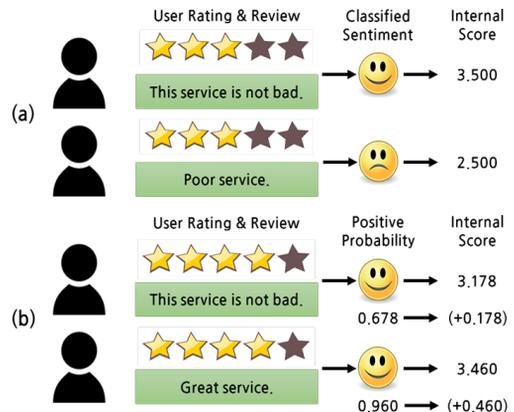
마지막 네 번째 과정은 감정 분석 모델의 성능을 검증 및 평가하는 부분 (Evaluation & Validation) 이다. 기계 학습 기반의 방법에서는 일반적으로 교차 검증 (Cross-Validation) 방법을 사용하게 되며, 평가의 척도로는 정밀도 (Accuracy), 정확도 (Precision), 재현율 (Recall), 정확도와 재현율의 조화평균인 F1 Score 등이 사용된다.

3.3 감정 분석을 적용한 사용자 피드백 평가 기법

본 논문에서 제안하는 서비스 평가 방법은 3.1절에서 제시한 기존의 평점 기반 서비스 평가에 3.2절에서 제시한 감정 분석 프로세스를 같이 적용하여 각각의 단점을

보완하는 것이다. 3.1절에서 언급하였던 기존의 평점 기반 서비스 평가 방법에서는 ‘그럭저럭 쓸만한 서비스’ 라는 의미의 3점과 ‘그다지 추천하고 싶지는 않은 서비스’ 라는 의미의 3점을 내부적으로 동일하게 3점으로 처리한다. 그러나 평점과 함께 텍스트 형식의 리뷰를 입력 받고, 감정 분석 모델을 이용한다면 두 리뷰의 점수에 대한 차별화가 가능하다. 감정 분석 모델을 적용했을 때 전자의 리뷰는 ‘긍정적’ (positive), 후자의 리뷰는 ‘부정적’ (negative) 으로 분류되었다면 사용자가 입력한 평점은 동일한 3점일지라도 CSB 내부적으로는 각각 3.5점, 2.5점이나 4점, 2점으로 처리한다는 의미이다. [그림 2]의 (a) 는 이를 그림으로 나타낸 것이다.

위와 같이 감정 분석 모델의 분류 결과 (긍정적/부정적) 에 따라 고정적인 상수를 보정 값으로 주는 방법도 있지만, 학습 알고리즘으로 확률 알고리즘을 이용한다면 보다 세부적으로 보정 값을 부여할 수 있다. 똑같이 ‘긍정적’ 으로 분류된 텍스트라고 하더라도 60% 긍정적인 리뷰보다는 99% 긍정적인 리뷰에 더 서비스에 대해 호의적인 평가가 담겨 있을 가능성이 높다. 따라서 후자의 리뷰에 더 높은 보정 값을 부여하는 방법이 있다. [그림 2]의 (b) 는 이를 그림으로 나타낸 것이다.



[그림 9] 감정 분석 결과를 적용한 평점 보정

4. 클라우드 서비스 리뷰에 대한 감정 분석 실험

4.1 실험 환경 및 방법

실제 클라우드 서비스에 대한 리뷰를 대상으로 다양한 기계 학습 알고리즘에 대한 감정 분석 실험을 진행하였다. 실험에 사용된 클라우드 서비스 리뷰 데이터는 Blue Page Dataset[8]으로, SaaS (Software as a Service) 타입의 클라우드 서비스에 대한 약 6,200개의 리뷰로 이루어져 있으며 각 리뷰는 텍스트와 평점 (1~5점 사이의 정수) 으로 구성되어 있다. 본 실험에서는 4~5점짜리 리뷰에는 '긍정적', 1~2점짜리 리뷰에는 '부정적' 레이블을 붙였으며 3점짜리 리뷰는 학습에 사용하지 않았다.

감정 분석 기법으로는 기계 학습 기반의 방법을 이용하였으며, 텍스트 전처리와 기계 학습 알고리즘을 제공하는 Python 라이브러리인 NLTK와 Graphlab Create를 이용하였다. 이를 이용하여 Dummy Text, Stopword 제거 등의 텍스트 전처리 과정을 수행하였다.

기계 학습 알고리즘으로는 지도 학습 (Supervised Learning) 기반 분류 알고리즘인 Decision Tree, Random Forest, Boosted Tree, Logistic Regression, Support Vector Machine을 사용하였다. 또한 학습에 쓰일 Feature를 결정하기 위한 메트릭으로 Term Occurrence, Binary Term Occurrence, TF-IDF를 이용하였다. Term Occurrence (TO, 또는 TF: Term Frequency) 는 각 단어 별 출현 횟수를 말하며, Binary Term Occurrence (BTO) 는 단어의 출현 유무를 말한다. TF-IDF는 TF (TO) 와 IDF의 곱이며 IDF는 D를 문서 집합, t를 단어라고 했을 때 다음 (수식 1)과 같다.

$$IDF(t,D) = \log \frac{|D|}{d \in D : t \in d} \quad (\text{수식 1})$$

위의 세 가지 메트릭 (TO, BTO, TF-IDF) 을 Unigram, Bigram에 대하여 각각 계산하여 Feature로 사용하였다. Unigram은 단어 하나를 단위로 출현 횟수를 세는 방법, Bigram은 단어 두 개를 단위로 세는 방법을 말한다.

성능 평가를 위하여 5-Fold Cross Validation으로 테스트를 진행하였으며 평가 척도로 분류 알고리즘의 평가에 많이 사용되는 F1 Score를 이용하였다. F1 Score를 계산하는 식은 아래 (수식 2)와 같다. True Positive는 실제로 Positive이면서(Actual Positive) 동시에 올바르게 Positive로 예측된(Predicted Positive) 항목을 말한다.

$$F1\ Score = 2 * \frac{Precision * Recall}{Precision + Recall} \quad (\text{수식 2})$$

$$Precision = \frac{True\ Positive}{Predicted\ Positive}$$

$$Recall = \frac{True\ Positive}{Actual\ Positive}$$

4.2 실험 결과

감정 분석 실험을 진행한 결과는 아래 [표 1]과 같다. Boosted Tree 알고리즘에 Bigram 단위로 계산한 Term Occurrence를 Feature로 사용했을 때 가장 좋은 결과를 보였으며 그 외에도 전반적으로 Decision Tree 계열의 앙상블 알고리즘인 Random Forest, Boosted Tree가 뛰어난 성능을 보여주었다.

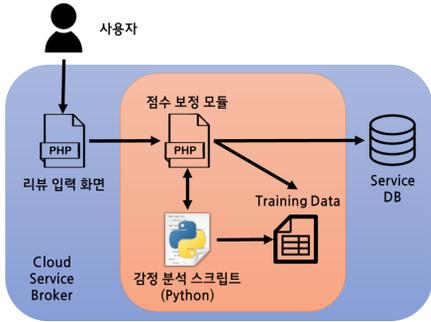
일반적으로 텍스트 분류에서 좋은 성능을 보여주는 것으로 알려진 SVM의 경우 본 실험에서는 다소 좋지 않은 결과를 보였다. 단 본 실험에서 사용한 데이터의 양이 충분히 많다고 보기 어렵고, 특히 '부정적' 으로 분류된 Training Data의 양이 적었다는 점은 감안할 필요가 있다.

[표 1] 감정 분석 실험 결과 (T-Score)

Feature Algorithm	Unigram+ TO	Unigram+ BTO	Unigram+ TF-IDF	Bigram+ TO	Bigram+ BTO	Bigram+ TF-IDF
Decision Tree	0.9818	0.9814	0.98	0.9812	0.9808	0.9812
Random Forest	0.9832	0.9826	0.9818	0.9832	0.9822	0.9828
Boosted Tree	0.9834	0.9834	0.9826	0.9844	0.9836	0.983
Logistic Regression	0.9784	0.9792	0.9796	0.9782	0.9778	0.9782
Support Vector Machine	0.9776	0.9804	0.9766	0.978	0.978	0.9758

5. 감정 분석 기반의 사용자 피드백 평가를 적용한 CSB 프로토타입 구현

3장에서 설명한 감정 분석 기반의 사용자 피드백 평가 방법을 적용한 CSB 프로토타입을 구현하였다. CSB에서 사용자 피드백 평가가 동작하는 구조는 아래 [그림 3]과 같다.



[그림 3] 사용자 피드백 평가 동작 구조

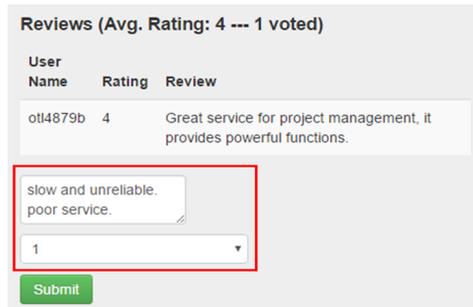
사용자가 서비스 리뷰 입력 화면에서 리뷰 텍스트와 평점을 입력하면 해당 데이터가 점수 보정 모듈에 전달되며, 점수 보정 모듈은 감정 분석을 수행할 Python 스크립트를 호출한다. 감정 분석 스크립트는 일정 주기로 Training Data를 이용해 감정 분석을 위한 기계 학습 기반 분류 모델을 생성 및 갱신하며, 점수 보정 모듈로부터 호출을 받으면 분류 모델을 이용하여 리뷰 텍스트가 긍정적인지, 부정적인지 판단한다. 분류가 완료되면 점수 보정 모듈로 결과를 돌려준다. 점수 보정 모듈은 감정 분석 결과와 사용자가 입력한 평점에 따라 최종적으로 서비스 평가 점수에 반영할 사용자 피드백 점수를 결정하게 된다. 또한 감정 분석이 완료된 리뷰 텍스트는 Training Data Set에 추가하여 학습에 필요한 데이터를 축적한다.

아래에서는 사용자의 피드백에 따라 CSB의 사용자 피드백 점수, 서비스 점수가 변동되는 시나리오를 보인다. 시나리오는 다음과 같이 구성하였다.

- 특정 클라우드 서비스에 대하여 사용자 피드백이 입력되기 전의 서비스 점수를 확인한다.
- 서비스 사용자가 새로운 리뷰를 입력한다.
- 새롭게 등록된 리뷰 텍스트가 감정 분석을 통해 긍정 또는 부정으로 분류되는 것을 확인한다.
- 분류 결과와 평점에 따라 서비스 점수가 변동된 것을 확인한다.

CSB는 서비스를 추천받으려 하는 사용자가 요구사항을 입력하면 그에 따른 서비스의 랭킹과 점수를 보여준다. [그림 4]는 사용자 피드백이 입력되기 전 서비스 점수를 보여주는 화면이다.

사용자가 'Teampage - BASIC' 이라는 클라우드 서비스를 선택하여 이용하고 있다고 가정하자. [그림 5]는 해당 서비스에 대한 리뷰를 남기는 화면이다. 해당 서비스에 대한 기존 리뷰의 개수와 평균 평점, 각 리뷰의 내용과 평점이 표시되며 아래에는 사용자가 리뷰 텍스트와 평점을 입력할 수 있는 인터페이스가 존재한다.



[그림 12] 리뷰 입력 화면

Recommended Service List		
Service ID	Service Name	Service Score
9	Twproject - enterprise server	364.64009834768
6	Teampage - BASIC	353.73664631188
5	10000ft - Up to 100	347.54461574405
8	TargetProcess - Standard	338.4105245218
1	Easy Project - PRO	334.89728756408
3	Assembla - Professional 1	324.92415803065
7	InLoox Now! - Web User 10	323.24471342444
4	AceProject - Standard	295.91545944845
2	Zoho Projects - FREE	290.79674831629
10	Smartsheet - Basic	238.78739585452

[그림 4] 사용자 피드백 입력 전 서비스 점수 표시 화면

‘Submit’ 버튼을 클릭하여 리뷰를 남기면 CSB는 해당 리뷰에 대한 감정 분석 결과를 데이터베이스에 저장한다. [그림 6]은 각 리뷰별 감정 분석 결과와 사용자 피드백 점수를 표시하고 있는 화면이다. 기존에 존재했던 리뷰는 Positive로, 새로 입력된 리뷰는 Negative로 분류된 것을 확인할 수 있다. 사용자 피드백 점수는 [그림 2]에서 설명한 방법을 적용하여 계산하였는데, 본 프로토타입에서는 기본적으로 (유저가 입력한 평점 * 10)을 기본 점수로 부여하고 감정 분석 결과에 따라 보정 점수를 추가로 부여하였다. 예를 들어 기존에 존재했던 평점 4점짜리 리뷰의 경우 기본 점수 40점에 Positive로 분류되었으므로 보정 점수 +5점을 받아 사용자 피드백 점수는 45점이 된다. 평점 1점짜리 리뷰의 경우 Negative로 분류되었지만 1점은 대부분 Negative일 것이라 일반적으로 생각할 수 있으므로 Negative일 경우의 보정 점수는 부여하지 않았다.

부정적인 리뷰가 새로 등록되었으므로 평균 사용자 피드백 점수가 감소하였고 이는 서비스 점수에 악영향을 미치게 된다. [그림 7]은 리뷰가 입력된 후 새로운 사용자가 앞의 [그림 4]와 같은 요구사항을 입력했을 때의 서비스 추천 결과를 보여준다. ‘Teampage - BASIC’ 서비스의 점수가 20점 감소하였고, 서비스 점수가 감소함에 따라 랭킹도 3단계 하락한 것을 확인할 수 있다.

6. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 CSB에서 클라우드 서비스를 평가할 수 있는 방법 중 하나로 감정 분석 기반의 사용자 피드백을 이용한 서비스 평가 방법을 제안하였다. 기존의 평점 기반 사용자 피드백의 단점을 보완하기 위해 감정 분석 결과를 이용한 보정 방법을 제시하였으며, 다양한 기계 학습 알고리즘을 적용하여 실제 클라우드 서비스 리뷰에 대한 감정 분석을 수행한 실험 결과를 제시하였다. 또한 제안한 서비스 평가 방법을 적용한 CSB 프로토타입을 구현하였으며, 사용 시나리오를 통해 실제 사용자 피드백을 이용한 서비스 평가의 사례를 제시하였다.

향후 연구로는 클라우드 서비스를 다각도에서 평가 및 추천하는 프로세스를 정립하고, 해당 프로세스를 적용하여 CSB 프로토타입을 발전시킬 계획이다.

service_id	user_id	rating	sentiment	score	context
6	otl4879b	4	positive	45	Great service for project management, it provides
6	newbie1	1	negative	10	slow and unreliable. poor service.

[그림 13] 감정 분석 결과 및 사용자 피드백 점수 확인

Service ID	Service Name	Service Score
9	Twoproject - enterprise server	364.64009834768
5	10000ft - Up to 100	347.54461574405
8	TargetProcess - Standard	338.4105245218
1	Easy Project - PRO	334.89728756408
6	Teampage - BASIC	333.73664631188
3	Assembla - Professional 1	324.92415803065
7	InLoox Now! - Web User 10	323.24471342444
4	AceProject - Standard	295.91545944845
2	Zoho Projects - FREE	290.79674831629
10	Smartsheet - Basic	238.78739585452

[그림 14] 사용자 피드백 입력 후 서비스 점수 표시 화면

참 고 문 헌

- [1] NIST Cloud Computing Standards Roadmap. https://www.nist.gov/sites/default/files/documents/itl/cloud/NIST_SP-500-291_Version-2_2013_June18_FINAL.pdf
- [2] Ja-Ryoung Choi, Jungsoo Hwang and Soon-Bum Lim, "Design of User Feedback Interface for Dynamic Updating of E-Book Content", International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering, Vol. 10, No. 11, pp. 359-368, 2015.
- [3] Emitza Guzman and Walid Maalej, "How Do Users Like This Feature? A Fine Grained Sentiment Analysis of App Review", IEEE 22nd International Requirements Engineering Conference, pp. 153-162, 2014.
- [4] 이태원, 홍태호, "Support Vector Machine을 이용한 온라인 리뷰의 용어기반 감성분류모형", Information Systems Review, 제 17권 1호, pp. 49-64, 2015.
- [5] Lie Qu, Yan Wang and Mehmet A Orgun, "Cloud Service Selection Based on the Aggregation of User Feedback and Quantitative Performance Assessment", IEEE International Conference on Services Computing, pp. 152-159, 2013.
- [6] <https://youtube.googleblog.com/2009/09/five-stars-dominate-ratings.html>
- [7] Wala Medhat, Ahmed Hassan and Hoda Korashy, "Sentiment analysis algorithms and applications: A survey", Ain Shams Engineering Journal, Vol. 5, No. 4, pp. 1093-1113, 2014.
- [8] Asma Musabah Alkalbani, Ahmed Mohamed Ghamry, Farookh Khadeer Hussain and Omar Khadeer Hussain, "Blue Pages: Software as a Service Data Set", IEEE International Conference on Broadband and Wireless Computing, Communication and Applications, pp. 269-274, 2015.



윤 동 규

2016년 부산대학교 정보컴퓨터공학부 졸업(학사) 2016년~현재 부산대학교 전기전자컴퓨터공학과 석사과정. 관심분야는 소프트웨어 개발 프로세스, 클라우드 컴퓨팅, 기계 학습 등



김 응 수

2016년 부산대학교 정보컴퓨터공학부 졸업(학사) 2016년~현재 부산대학교 전기전자컴퓨터공학과 석사과정. 관심분야는 클라우드 컴퓨팅, 소프트웨어 아키텍처 등



박 준 석

2002년 부산대학교 컴퓨터공학과 졸업(석사) 2012년 부산대학교 컴퓨터공학과 졸업(박사) 2014년~현재 부산대학교 물류혁신네트워킹연구소 연구교수. 관심분야는 소프트웨어 프로덕트 라인 공학, 소프트웨어 아키텍처 등



염 근 혁

1985년 서울대학교 계산통계학과 졸업(학사), 1992년 Univ. of Florida 컴퓨터공학과 졸업(석사), 1995년 Univ. of Florida 컴퓨터공학과 졸업(박사), 1996년~현재 부산대학교 전기컴퓨터공학부 교수. 관심분야는 소프트웨어 아키텍처, 센서 네트워크 기반 상황인식 미들웨어, 빅 데이터 등

IoT 기반의 실시간 가축 건강 및 번식 관리를 위한 모바일 어플리케이션 개발[†]

(Development of IoT-based Mobile Application for Livestock Healthcare and Breeding Management in real time)

김희진[‡] 오세은[§] 안세혁[§] 최병주[¶]
(Heejin Kim) (Seeun Oh) (Sehyeok Ahn) (Byoungju Choi)

요약 가축 질병에 빠르게 대응하고 번식 성공률을 높이는 것은 농가의 생산성 및 이윤 향상에 기여한다. 농가 노동력 감소와 인구 고령화로 인해 인력 절감형의 효율적인 가축 건강 및 번식 관리가 필요한 상황이다. 본 연구에서는 IoT 기반의 경구 투여용 센서로부터 수집된 체온 데이터를 바탕으로 가축의 건강과 번식 상태를 모니터링 하기 위한 모바일 어플리케이션을 개발한다. 가축 건강에 이상이 발생한 경우 모바일 어플리케이션 경고 메시지를 통해 사용자에게 실시간으로 알리고 또한 가축의 번식 예정일을 제공해 사용자가 가축의 번식 시기를 놓치지 않고 대응할 수 있도록 한다.

키워드 : 가축 관리, 실시간 모니터링, 가축 체온, 모바일 어플리케이션, IoT 센서

Abstract Fast response to livestock disease and raising the reproductive success rate contribute to the improvement of farm productivity and profit margins. Due to the decrease in farm workforce and aging population, efficient livestock healthcare and breeding management are needed. In this study, we developed a mobile application for livestock healthcare and breeding management based on the collected body temperature data by IoT sensors. In case of livestock health problem, users are notified immediately via a mobile application warning message. It also provides users with a livestock breeding date function, allowing them to respond without missing the breeding season.

Key words : Livestock Management, Real time Monitoring, Livestock's Temperature, Mobile Application, IoT Sensor

1. 서론

지난 2017년 2월 국내에 발병한 구제역으로 감염 가축과 인근의 사육 가축이 예방 살처분 되었고, 전국적인 구제역 긴급백신 접종이 실시되었다. 한편, 2016년 11월 발병한 AI는 살처분, 이동 제한 등의 방역 조치에도 불구하고 약 6개월간 지속되며 장기화 추세로 접어들었다. 구제역, AI와 같은 가축 고전염성 질병은 발병 시 농가와 지역 경제에 막대한 피해를 입히며 생산 및 공급 불안정으로 인한 경제 손실을 야기한다. 이에 가축 질병에 빠르게 대응하기 위한 사전 예방 방법이 연구되고 있다[1][2].

가축의 번식 관리는 농가의 생산성 및 이윤과 직결되어 있다. 번식을 위한 수정적기를 놓치면 공태가 발생하고, 송아지 생산량 감소와 추가적인 사료비용 등으로 인한 경제적 비용이 발생한다[3]. 가축의 발정 여부를 실시간으로 탐지하여 수정적기를 정확하게 판단하기 위한 노력이 이어지고 있다[4][5].

현재 국내 100두 이상의 대규모 축우 사육 농가는 증가하는 추세이며, 농가 인력의 감소 및 고령화로 인해 IT 기술을 활용한 효율적이고 정확도 높은 가축 건강 모니터링이 요구되는 상황이다[5]. 하지만 아직까지 가축의 생체 데이터 수집하여 가축 건강 및 번식 관리를 수행하는 연구가 매우 부족하며, 연구 결과를 실제 농가에 적용하여 가축 관리를 수행하는 경우 역시 드물다.

따라서 본 연구에서는 IoT 기반의 경구 투여용 센서를 이용하여 가축의 체온 데이터를 실시간으로 수집하고, 이를 바탕으로 가축의 건강 상태와 번식 예정일을 판단하는 가축 모니터링 모바일 어플리케이션을 개발하고자 한다. 2장에서는 관련 연구에 대해 살펴보고, 3장에서는 개발한 어플리케이션에 대해 설명한다. 4장에서는 결론 및 향후 연구에 대해 기술한다.

[†] 본 연구는 (주)유라이크코리아의 지원으로 수행하였습니다.

[‡] 학생회원 : 이화여자대학교 컴퓨터공학과
master@ulikekorea.com

[§] 비회원 : 이화여자대학교 컴퓨터공학과
osen@ewhain.net

[§] 비회원 : 주식회사 유라이크코리아
anse@ulikekorea.com

[¶] 종신회원 : 이화여자대학교 컴퓨터공학과 교수
bjcho@ewha.ac.kr (교신저자)

논문접수 : 2017년 4월 14일

2. 관련연구

가축의 체온은 질병 발생 혹은 발정, 분만 등의 생체 변화를 반영하는 신뢰도 높은 생물학적 지표이므로, 가축의 실시간 체온을 지속적으로 모니터링 함으로써 가축의 건강 및 번식 상태를 판단할 수 있다[6]. 일반적으로 직장 내 체온 측정 방식을 활용하는데, 가축의 직장에 체온계를 삽입하기 위해 구축하는 과정에서 가축이 스트레스를 받기 쉽고, 몸부림으로 인해 측정자가 다칠 위험이 있다. 가축의 귀, 목, 발목 등에 장착하여 체온을 측정하는 부착형 센서의 경우 외부 환경의 영향으로 데이터의 정확도가 떨어지고, 가축의 움직임으로 인해 센서가 파손되거나 이탈하기도 한다.

가축 경구 투여용 센서는 경구를 통해 가축 체내에 안정적으로 안착되도록 설계되었다[5][7]. 기존 방식과는 달리 외부 환경의 간섭을 받지 않으므로 미세한 심부 체온 변화를 감지하여 신뢰도 높은 생체 데이터를 얻을 수 있다. 또한 센서의 파손 및 유실 가능성이 적으며 단 한 번의 투여로 가축의 스트레스를 최소화 하고, 가축이 도축되기 전까지 실시간 심부 체온 데이터를 반복적으로 얻을 수 있다.

이와 같은 IoT 기반의 경구 투여용 센서를 이용하여 본 연구에서는 실시간 가축 건강과 번식 관리를 위한 모바일 어플리케이션을 개발한다.

3. IoT 기반의 가축 관리 모바일 어플리케이션

3.1 어플리케이션 설계

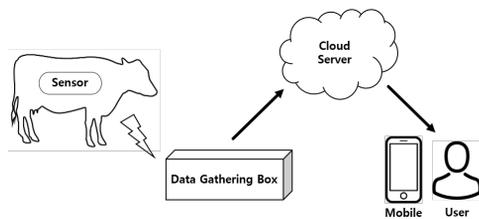


그림 1 모바일 어플리케이션 동작 개념도

그림 1은 개발한 모바일 어플리케이션 동작 개념도를 나타낸 것이다. 가축에 경구 투여된 IoT 센서는 가축 체내에서 실시간으로 체온을 측정한다. 측정된 체온 데이터는 데이터 취합 장비에 의해 수집되고, 클라우드 서버를 통해 사용자에게 전달된다.

IoT 센서를 적용한 가축 정보를 어플리케이션에 등록하면, 클라우드 서버에 저장된 가축 체온 데이터를 실시간으로 모니터링 가능하다. 또한 해당 가축의 건강 상태 변화가 감지되거나 번식 예정일이 되었을 때 어플리케이션을 통해 알람을 받아 볼 수 있다. 알람을 받은 사용자는 가축의 체온 기록을 확인하여 가축 상태를 판단하고 이에 따라 적절한 조치를 취한다.

3.2 어플리케이션 구현

본 논문의 모바일 어플리케이션은 개체의 건강 상태를 실시간으로 확인할 수 있는 개체상태와 번식 내용을 등록하고 예정일을 확인할 수 있는 번식일정, 번식현황이 주 기능으로 구성되며, 안드로이드 기반으로 개발되었다.

개체상태는 경구 투여용 IoT 센서에 의해 수집된 체온 데이터와 가축의 건강 상태로 표시되며, 어플리케이션에 등록된 전체 가축의 건강 상태를 체온 상승과 체온 하락에 대한 경고, 주의, 관심, 보통 항목으로 나타낸다.

그림 2는 가축의 건강 관리를 위한 개체상태를 구현한 UI 화면들이다. 그림 2(a)는 전체 개체들의 상태를 보여주는 UI 화면으로 현재 임신상태, 음수 횟수, 체온 상태를 보여주며, 사용자가 전체 가축 상태에 대해 직관적으로 이해할 수 있도록 건강 상태 항목을 서로 다른 색상의 아이콘으로 표시했다. 그림 2(b)는 상세 개체상태를 보여주는 UI 화면으로 실시간 수집된 체온 데이터를 그래프 형식으로 나타내 가축의 체온 변화 추이를 한눈에 파악할 수 있다. 그림 2(c)는 개체상태 알람 목록을 보여주는 UI 화면으로 체온이 일정 범위 이상 상승 또는 하락하는 경우 경고 메시지 목록을 표시한다.



그림 2 어플리케이션 건강관리 UI

번식일정은 사용자가 발정, 수정, 임신, 분만과 같은 가축의 번식 내용과 계산된 예정일을 등록하면, 이를 달력 형식과 날짜 별 리스트 형식으로 표시한다. 번식현황은 번식에 사용된 정액번호나 분만 결과와 같은 상세 번식 내용을 나타낸다.

그림 3은 가축의 번식 관리를 위한 번식일정, 번식현황을 구현한 UI 화면들이다. 그림 3(a)는 번식등록 UI 화면으로 가축의 번식 내용과 계산된 예정일을 입력할 수 있다. 그림 3(b)는 번식일정 UI 화면으로 번식 예정일을 쉽게 파악할 수 있도록 달력 형식으로 구현했다. 번식이 예정된 날짜에는 발정, 수정, 감정, 건유, 분만과 같은 번식 내용에 따라 서로 다른 색상의 아이콘이 표시된다. 이 화면에서 특정 날짜를 선택하면 그림 3(c)와 같이, 날짜 별 번식일정 UI 화면이 나타나고, 해당 일에 속하는 가축의 번식 예정 일정을 리스트 형식으로 표시한다.



(a) (b) (c)
 그림 3 어플리케이션 번식관리 UI

4. 결론

본 연구에서는 IoT 기반의 실시간 가축 건강 및 번식 관리를 위한 모바일 어플리케이션을 개발하였다. 개발한 모바일 어플리케이션을 통해 농장주 및 가축 관리자는 시간과 장소에 구애받지 않고 가축의 건강 상태를 간편하게 모니터링 할 수 있다. 뿐만 아니라, 알람을 통해 건강에 이상이 생긴 가축에 시기적절한 대응이 가능하여 경제적 피해를 절감할 수 있으며, 가축의 번식 일정을 미리 파악해 발정, 수정, 분만에 대한 준비를 할 수 있다.

현재 개발한 모바일 어플리케이션은 경구 투여용 IoT 센서와 함께 국내 축산 농가에 보급되어 실제 사용되고 있으며, 가축 질병에 대한 빠른 대처와 가축 번식을 향상에 기여하고 있다.

참 고 문 헌

[1] H. G. Kim, C. J. Yang and H. Yoe, "Design and Implementation of Livestock Disease Forecasting System," The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences, Vol. 37, No. 12, pp. 1263-1270, Dec. 2012.

[2] M. C. Park, H. C. Jung and O. K. Ha, "Development of Livestock Monitoring Device based on Biosensors for Preventing Livestock Diseases," Journal of the Korea Society of Computer and Information, Vol. 21, No. 10, pp. 91-98, Oct. 2016.

[3] S. J. Kim, S. H. Jee, H. C. Cho, C. S. Kim and H. S. Kim, "Implementation of unmanned cow estrus detection system for improving impregnation rate," Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 16, No. 9, pp. 6236-6246, Sep. 2015.

[4] K. J. In, J. U. Lee, Z. Xu, D. H. Park, Y. W. Chung and H. H. Chang, "Real-time Vocalization Acquisition and Oestrus Detection of Korean Native Cows," Journal of KIIT, Vol. 13, No. 12, pp. 123-132, Dec. 2015.

[5] H. J. Kim and S. H. Ahn, "Estrus Detection Method by Case Study for Cattle using Ingestible Sensor," Proceedings of the 2016 Korea Multimedia Society

Fall Conference, Vol. 19 No. 2, pp. 1324-1325, Oct. 2016.

[6] G. Piccione, G. Caola and R. Refinetti, "Daily and estrous rhythmicity of body temperature in domestic cattle," BMC physiology, Vol. 3, No. 1, pp. 7, Jul. 2003.

[7] LiveCare 라이브케어. <http://www.livecare.kr>



김 희 진
 이화여자대학교 컴퓨터공학과 졸업(학사, 석사, 박사) 2011년~현재 ㈜유라이크코리아 대표이사. 관심분야는 소프트웨어 공학, IoT, 빅데이터 분석.



오 세 은
 2016년 이화여자대학교 컴퓨터공학과 졸업(학사) 2016년~현재 이화여자대학교 컴퓨터공학과 석사과정. 관심분야는 소프트웨어 공학, IoT, 빅데이터 분석



안 세 혁
 2007년 부산동서대학교 멀티미디어공학과 졸업(학사) 현재 ㈜유라이크코리아 기업부설연구소 연구, 개발팀. 관심분야는 IoT, 빅데이터 분석



최 병 주
 1983년 이화여자대학교 수학과 졸업(학사) 1988년 퍼듀대학교 전산학과 졸업(석사) 1990년 퍼듀대학교 전산학과 졸업(박사) 1995년~현재 이화여자대학교 컴퓨터공학과 교수. 관심분야는 소프트웨어 공학, 소프트웨어 테스트, IoT, 빅데이터 분석



논문지 논문 모집 (Call for Papers)



한국정보과학회 소프트웨어공학 소사이어티에서는 매년 4회에 걸쳐 ‘소프트웨어공학 소사이어티 논문지’를 발간하고 있습니다. 이 논문지에는 소프트웨어공학 전반에 걸친 연구 성과 및 산업계 동향을 소개하고 있습니다. 이에 다음과 같은 소프트웨어공학 주제에 관련된 논문을 모집하고 있으니 학계와 산업계의 여러분들의 적극적인 논문투고를 바랍니다.

◆ 논문 주제

- 소프트웨어 설계, 아키텍처 및 프로덕트라인
- 요구공학
- 소프트웨어 품질 및 테스트
- 프로젝트 관리 및 프로세스
- 소프트웨어 정형 기법 및 검증
- 임베디드, 모바일, 웹기반 소프트웨어 개발
- 기타 소프트웨어 응용 (국방, 자동차, 의료, 조선, IoT, 빅데이터 등의 분야)

◆ 논문심사

- 투고된 논문은 편집위원회에서 심사 선정하며, 필요 시 외부 심사위원을 위촉하여 심사를 합니다. 제출된 논문은 반환하지 않습니다.
- 심사료 및 게재료: 없음

◆ 논문 제출

- 한국정보과학회 논문지 투고 양식(www.kiise.or.kr)을 사용하며, 논문의 분량은 10장으로 제한합니다.
- 논문지 투고규정에 따라 작성된 심사용 논문파일과 함께 논문제목, 저자, 소속, 초록을 편집위원장 또는 편집위원에게 이메일로 송부하시기 바랍니다.

◆ 문의처 (편집위원회)

- 편집위원장 : 이선아 교수 (경상대학교, 055-772-1377, saleese@gnu.ac.kr)
- 편집이사 : 배경민 교수 (POSTECH 054-279-2256, kmbae@postech.ac.kr)
- 편집이사 : 홍 신 교수 (한동대학교, 054-260-1409, hongshin@handong.edu)



1. 소프트웨어공학소사이어티 논문지에 실리는 원고는 주제 논문, 일반 논문, 산업체 기고 등으로 구분하며 다음과 같은 분야에 대하여 모집한다.
 - 가. 소프트웨어공학 및 그 응용분야에 대한 연구결과
 - 나. 강좌 및 관련 교육사항 소개 (목적, 과정, 일정, 대상, 특징)
 - 다. 소프트웨어 도구 및 방법론 소개 (가격, 특징, 종류, 적용사례)
 - 라. 소프트웨어 산업에 대한 학계, 업계의 주요 관심사
 - 마. 기타 관련 사항
2. 투고자는 원칙적으로 본 소사이어티의 회원으로 한다. 다만 공동 또는 초청 기고자는 예외로 한다.
3. 논문은 원칙적으로 한글로 작성한다.
4. 원고는 한글(hwp), 워드(MS Word), PDF 형식 중 하나를 택하여 작성하며, 그림과 표를 포함하여 10쪽 이내로 한다.
5. 논문 내용에 직접 관련이 있는 문헌에 대해서는 이들 문헌에 관련이 있는 본문 중에 참고 문헌 번호를 쓰고 그 문헌을 참고문헌 난에 인용 순서대로 기술한다. 참고문헌은 학술지의 경우 저자, 제목, 학술지명, 권, 호, 쪽수, 발행 연도의 순서로, 단행본은 저자, 서명, 쪽수, 발행처, 발행 연도의 순서로 기술한다.
6. 작성된 논문은 논문파일과 함께 논문제목, 저자, 소속, 초록을 편집위원장 또는 특집 주제 담당 편집위원에게 이메일로 제출한다.
7. 기타 자세한 사항은 한국정보과학회 논문지 투고 요령을 따른다.



2018-2019 소프트웨어공학소사이어티 논문지 편집위원회

편집위원장 이선아 교수(경상대학교)

편집위원 배경민 교수(POSTECH)

홍신 교수(한동대학교)

이정원 교수(아주대학교)

고인영 교수(KAIST)

김정아 교수(가톨릭관동대학교)

백종문 교수(KAIST)

유준범 교수(건국대학교)

김순태 교수(전북대학교)

한종대 교수(상명대학교)



소프트웨어공학소사이어티 논문지 제27권 제1호 (통권 101호)

발행일 || 2018년 9월 30일

발행인 || 이병정

편집인 || 이선아

발행처 || 사단법인 한국정보과학회 소프트웨어공학소사이어티

연락처 || 서울특별시 동대문구 서울시립대로 163(전농동) 서울시립대학교

정보기술관 컴퓨터과학부 19-311호 이병정

전화 : 02-6490-2451, 팩스 : 02-6490-2444

홈페이지 : <http://www.sigsoft.or.kr/>

Journal of Software Engineering Society

VOLUME 27, NUMBER 1, September 2018

Mobile Device Battery Consumption Analysis Techniques: Evaluation and Future Direction	Jiyoung Song Chiwoo Cho Youlim Jung Eunkyoung Jee Doo-Hwan Bae	1
Cloud Service Evaluation Techniques Using User Feedback based on Sentiment Analysis	Donggyu Yun, Ungsoo Kim, Joonseok Park, Keunhyuk Yeom	8
Development of IoT-based Mobile Application for Livestock Healthcare and Breeding Management in real time	Heejin Kim Seeun Oh Sehyeok Ahn Byoungju Choi	15

Korean Institute of Information Scientists and Engineers
Software Engineering Society