

BMT-Model Based Evaluation of Power Consumption of Mobile Context-Aware Application

Jaehong Jeon[†] · Dusan Baek^{††} · Kyung-Ah Kim^{†††} · Jung-Won Lee^{††††}

ABSTRACT

Context-aware application has a lot of power consumption because it creates context by using a number of smartphone's sensors. Furthermore, only few kinds of researches have been conducted that provide information for the evaluation result of power consumption in the aspect of applications. In addition, evaluation of power consumption do not consider user's usage pattern or provide only total amount of power consumption, and inform developers power consumption of sensors undistinguishable. It makes developers hard to develop a power consumption-considered application. If developers could get information for power consumption of context-aware application in detail, a development of power-considered context-aware applications would be possible. Consequently, this paper proposes a BMT(Bench Mark Test) model which is able to inform developers useful evaluation criteria and result about power consumption of smartphone's components and sensors with usage pattern considered.

Keywords : Context-Aware Application, Power Consumption, BMT, Testing, Mobile Context

BMT 모델 기반 모바일 상황인지 어플리케이션의 전력 소비 평가

전 제 흥[†] · 백 두 산^{††} · 김 경 아^{†††} · 이 정 원^{††††}

요 약

상황인지 어플리케이션은 다양한 센서를 이용하여 상황을 추론하므로 전력 소비가 크고 이에 대한 상세한 평가 결과를 제공하는 연구는 미비하였다. 또한 기존의 전력 소비에 대한 정보는 사용자의 사용 패턴을 고려하지 못하고 전체적인 소비량만을 제공하거나, 센서가 사용하는 전력에 대한 정보를 구분하여 제공하지 못하였다. 그렇기 때문에 개발자들에게 전력 소비를 고려하여 어플리케이션을 개발하는 데 유의미한 정보가 제공되지 않았다는 문제점이 있다. 개발자들에게 상황인지 어플리케이션이 사용하는 모바일 디바이스의 컴포넌트가 소비하는 전력에 대한 상세한 평가 정보가 제공된다면, 전력 소비를 고려하여 상황인지 어플리케이션의 개발이 가능해 질 것이다. 본 논문에서는 사용자의 사용 패턴을 고려하여 상황인지 어플리케이션의 작동 시 사용되는 다양한 컴포넌트가 소비하는 전력을 평가할 수 있는 BMT(Bench Mark Test) 모델을 제안하고, 이를 통한 상세한 평가 결과를 개발자들에게 제공하고자 한다.

키워드 : 상황인지 어플리케이션, 전력 소비, BMT, 테스트, 모바일 상황인지

1. 서 론

최근 스마트폰을 비롯하여 다양한 모바일 디바이스의 보

급이 활성화되고 있다. 이와 함께 보급된 다양한 상황인지 어플리케이션은 스마트폰의 다양한 센서(GPS, 가속도 센서, 회전 센서, 조도 센서 등)를 이용하여 사용자의 상황(위치 등)을 인지한다. 하지만 이러한 상황인지 어플리케이션은 사용자의 상황 추론을 위하여 앞서 언급한 다양한 센서를 사용하기 때문에 일반적인 어플리케이션에 비해 전력 사용량이 증가할 수 밖에 없다.

따라서 상황인지 어플리케이션의 전력 소비를 고려할 방법 및 구체적인 수단이 없다면 아래와 같은 문제점이 발생할 수 있다.

첫째, 상황인지 어플리케이션은 다양한 센서를 이용한다. 상황인지 어플리케이션은 일반적인 어플리케이션과 달리 다

※ 이 논문은 2016년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2016R1A2B1014376).

※ 이 논문은 2016년도 한국정보처리학회 춘계학술발표대회에서 'BMT' 기반 상황인지 어플리케이션 전력소비 평가 연구'의 제목으로 발표된 논문을 확장한 것임.

† 비 회 원 : 아주대학교 전자공학과 석사

†† 준 회 원 : 아주대학교 전자공학과 석·박사 통합과정

††† 정 회 원 : 명지전문대학 컴퓨터정보과 교수

†††† 종신회원 : 아주대학교 전자공학과 교수

Manuscript Received : July 4, 2016

First Revision : September 1, 2016

Accepted : September 7, 2016

* Corresponding Author : Jung-Won Lee(jungwony@ajou.ac.kr)

양한 센서를 이용하므로 전력 소비가 크다. 즉, 전력 소비 측면에서 효율적인 상황인지 어플리케이션을 개발하기 위해서는 상황인지 어플리케이션이 사용하는 다양한 컴포넌트가 소비하는 전력에 대한 평가 정보가 필요하다. 이에 대한 평가 정보를 고려하지 않는다면 어플리케이션이 소비하는 전력에 대한 정확한 평가가 불가능하다.

둘째, 상황인지 어플리케이션의 전력 소비에 대한 평가 정보 제공에 대한 연구는 미비하다. 상황인지 어플리케이션의 전력 소비는 어떠한 기기에서 동작하는지, 어떠한 센서를 어떤 주기로 사용하는지, 그리고 사용자가 어떠한 사용 패턴으로 사용하는지에 따라 차이가 발생한다. 상황인지 어플리케이션은 다양한 센서를 이용한다는 점에서 하드웨어가 소비하는 전력에 대한 고려가 필요하고 이러한 센서를 이용하여 사용자의 상황을 추론한다는 점에서 소프트웨어가 소비하는 전력에 대한 고려 또한 필요하다. 때문에, 개발자들이 전력 소비를 고려하여 상황인지 어플리케이션을 개발하기 위해서는 다양한 기기와 센서의 사용을 고려하여 평가할 수 있는 방법이 필요하다. 비록 어플리케이션을 평가하는 여러 방법이 있지만 이는 기능에 대한 평가 위주이므로, 상황인지 어플리케이션의 전력 소비 평가에 적용하기 어렵다.

셋째, 스마트폰은 배터리라는 제한된 전력을 이용한다. 게다가 상황인지 어플리케이션은 사용자의 상황 추론을 위하여 앞서 언급한 다양한 센서를 이용하기 때문에 일반적인 어플리케이션에 비해 전력 사용량이 증가할 수밖에 없다. 따라서 상황인지 어플리케이션의 전력 소비가 많아진다면, 서비스의 지속시간이 현저하게 감소할 수 있다[1].

이처럼 전력 소비를 고려하여 상황인지 어플리케이션을 개발하기 위해 도움이 될 수 있는 평가 정보를 제공하기 위해서는 정량화된 수치를 근거로 평가하는 BMT(Bench Mark Test)가 필수적이다. 소프트웨어 BMT 현황[2]에 따르면, 여러 나라에서 소프트웨어에 대한 벤치마크테스트가 활발하게 진행되고 있다.

따라서 본 논문에서는 전력 소비를 고려한 상황인지 어플리케이션의 개발을 위해 벤치마크 테스트를 통한 상황인지 어플리케이션이 소비하는 전력에 대한 정보를 개발자에게 제공하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 앞서 언급했던 전력 소비 및 정보 제공에 대해 살펴보고 3장에서는 전력 소비 평가를 위한 BMT 모델을 제안한다. 4장에서는 BMT 모델을 통해 실제 어플리케이션을 평가한다. 마지막으로 5장에서 BMT 모델의 특징을 정리하고 향후 연구를 제시한다.

2. 관련 연구

2.1 모바일 디바이스의 전력 소비

모바일 디바이스의 전력 소비에 대한 관심이 증대됨에 따라, 모바일 디바이스가 소비하는 전력에 대한 연구가 진행되었다. 모바일 디바이스가 소비하는 전력에 대한 연구로는, 모바일 디바이스에서 발생하는 오 동작이 전력 낭비를 크게

일으킨다는 연구가 존재한다[3]. 그리고 ‘No-sleep bugs’에 의해 전력이 낭비된다는 연구가 진행되었다[4]. 이는 어플리케이션 내에서 각종 ‘Wakelock’으로 인해 모바일 디바이스의 다양한 컴포넌트가 계속 작동되고 이로 인한 추가적인 전력 소비만을 고려하였다. 그러나 위의 두 논문은 하드웨어 및 소프트웨어적으로 발생할 수 있는 문제점으로 인한 전력 소비에 대한 연구이다. 그렇기 때문에 일반적인 상황에서 상황인지 어플리케이션의 전력 소비평가에 대한 정보를 제공하기에는 적절하지 않다. 그리고 스마트폰을 구성하고 있는 다양한 컴포넌트의 전력 소비에 대한 연구가 진행되었다[5]. 마지막으로, PowerTutor를 이용하여 여러 분야에서 대표성이 높은 6개의 어플리케이션이 소비하는 전력을 측정하는 연구가 진행되었다[6]. 그러나 위의 두 논문은 상황인지 어플리케이션이 사용하는 다양한 센서에 대한 고려를 하지 않았다는 점에서 전력 소비를 평가하기에는 적절하지 않다.

2.2 모바일 디바이스의 전력 소비 정보 제공

또한 모바일 디바이스에서 소비되는 전력에 대한 정보를 제공하는 연구가 존재한다. 임의의 이벤트 스트림을 이용하여 어플리케이션의 전력 소비량을 측정하고 이에 대한 정보를 안드로이드 마켓에 제공하는 연구가 진행되었다[7]. 그러나 이 연구에서는 임의의 이벤트를 기반으로 사용 패턴을 고려할 뿐 실제 사용자의 사용 패턴을 고려하지 않았다. 또한 스마트폰에서 소비한 전력을 측정하여 서버에 전송하고, 소비 전력이 필요한 경우 서버에서 전력 소비량을 전송 받아 확인하는 연구가 진행되었다[8]. 그러나 상황인지 어플리케이션은 동작하는 모바일 디바이스에 따라 전력 소비가 달라질 수 있다. 따라서 단순한 모델을 바탕으로 전력 소비에 대한 결과를 제공하는 것은 문제점이 있다. 또한 스마트폰의 배터리에 대한 정보를 제공하는 데 있어 인터페이스가 중요하다는 연구가 진행되었다[9]. 이와 같은 정보는 개발자들이 전력 소비를 고려하여 상황인지 어플리케이션을 개발하기에는 미흡하다.

2.3 소프트웨어에 대한 평가

전력 소비에 대한 연구 외에 스마트폰 및 어플리케이션을 평가하는 방법에 대한 연구와 스마트폰의 기본적인 기능에 대한 성능 평가에 대한 연구가 존재한다[10]. 그리고 기존의 ‘ISO/IEC 9126 Software Product Quality Model[11]’ 표준에서 소프트웨어의 품질을 평가하기 위한 품질 특성을 제시하였다. 이 ISO/IEC 9126 표준은 소프트웨어 품질을 크게 6가지로 구분하여 소프트웨어의 품질을 평가하기 위한 기준을 제시한다. 또한 위의 ISO/IEC 9126 표준이 개선된 ‘ISO/IEC 25000 Systems and software Quality Requirements and Evaluation(SQuaRE)[12]’ 표준이 존재한다. 이 표준은 소프트웨어의 품질을 8개의 특성으로 구분하여 소프트웨어의 품질을 평가하기 위한 기준으로 제시하고 있다. 하지만 이러한 연구와 표준은 단순히 소프트웨어의 품질을 평가하기 위

한 것이기 때문에 상황인지 어플리케이션의 전력 소비를 평가하기에는 적절하지 않다.

위의 연구들은 상황인지 어플리케이션의 전력 소비에 대한 정보를 제공하기에는 적절하지 않다.

첫째, 모바일 디바이스를 구성하고 있는 컴포넌트가 소비하는 전력에 대한 연구들은 진행되어 왔다. 그러나 상황인지 어플리케이션은 모바일 디바이스의 기본 컴포넌트들뿐 아니라 다양한 센서를 이용하지만 기존의 연구들은 이에 대한 복합적인 고려를 하고 있지 않다.

둘째, 모바일 디바이스가 소비하는 전력에 대한 정보를 사용자에게 제공하고자 하는 연구 또한 진행되었다. 그러나 이는 사용자에게만 유의미한 정보일 뿐 아니라 상황인지 어플리케이션을 실제로 사용할 때의 경우를 고려하지 못한다.

셋째, 소프트웨어의 품질을 평가하는 표준 혹은 연구들도 진행되었다. 그러나 상황인지 어플리케이션은 다양한 센서를 이용하기 때문에 이러한 센서가 사용하는 전력에 대한 정보가 개발자들에게 제공되어야 한다. 즉, 사용자의 사용 패턴을 고려하여 상황인지 어플리케이션이 사용하는 다양한 컴포넌트 및 센서를 고려하여 상황인지 어플리케이션의 전력 소비에 대한 평가 결과를 제공할 수 있는 연구가 필요하다.

3. BMT 모델 개발

본 논문에서는 다양한 모바일 디바이스와 컨텍스트, 사용 패턴을 고려하여 전력 소비를 평가하기 위한 BMT 모델을 제안한다.

3.1 BMT 모델 정의

앞서 관련연구에서 언급하였던 ISO/IEC 9126, ISO/IEC 25000 시리즈에서 소프트웨어의 효율성을 평가하지만 상황인지 어플리케이션의 전력 소비 평가에는 적합하지 않다. 왜냐하면 위 표준에서 제시하고 있는 효율성에 대한 평가 항목은 응답시간, 대기시간, 최대 메모리 사용량 등과 같이 상황인지 어플리케이션의 전력 소비와는 직접적으로 연관되지 않는 많은 평가 항목이기 때문이다. 상황인지 어플리케이션이 소비하는 전력은 사용하는 모바일 디바이스와 센서의 데이터 수집 주기 그리고 사용자가 어떻게 사용하는지에 따라 달라진다. 즉, 상황인지 어플리케이션의 전력 소비를 평가하기 위해서는 이에 대한 반영이 필요하다.

위에서 언급한 내용을 반영하여 상황인지 어플리케이션의 전력 소비 평가를 위해서 다음과 같이 분류하였다. 첫째, 하드웨어에 대한 고려로써 디바이스 특성을 정의하였다. 둘째, 소프트웨어에 대한 고려로써, 어떠한 컨텍스트를 제공하는지에 대하여 정의하였다. 마지막으로 사용자가 사용하는 패턴에 따라 전력 소비가 달라질 수 있기 때문에 이를 사용 패턴[13]으로 분류하였다. Fig. 1의 평가 기준 분류를 토대로 Table 1, Table 2, Table 4의 평가 모델을 제안한다.

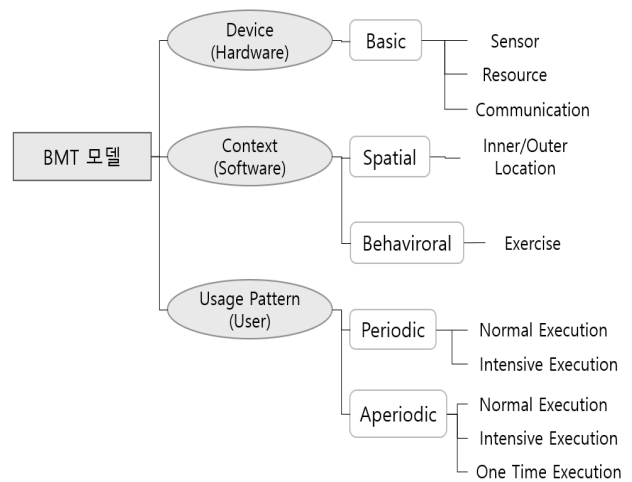


Fig. 1. Criteria of BMT Model

모바일 디바이스에서 사용할 수 있는 다양한 컴포넌트와 이를 사용할 때의 다양한 동작이 존재한다. 그러나 [5]에 따르면 실제 모바일 디바이스를 사용할 때 전체적인 전력 소비에 영향을 미칠 수 있는 요인은 CPU와 화면 밝기라고 한다. 이 외에도 모바일 디바이스에서는 GPS를 비롯하여 온도, 습도 센서, 지자기 센서 등 다양한 센서를 사용할 수 있다. 그러나 이와 같이 다양한 센서들 중 본 논문에서 고려하고 있는 센서는 GPS, 가속도 센서와 회전 센서이다. 본 논문의 BMT 모델에서 제시한 컨텍스트에서 사용할 수 있는 10개의 어플리케이션을 분석한 결과 주로 사용하는 센서가 GPS, 가속도 센서, 회전 센서이기 때문에 BMT 모델에 이를 반영하였다.

또한 일반적으로 상황인지 어플리케이션 사용 시 모바일 디바이스는 Cellular 혹은 WiFi에 연결이 되어 있다. 그렇기 때문에 평가 항목에서는 이에 대한 고려가 필요하다. 또한 다른 기기와 Bluetooth를 이용하여 연결된 상태로 사용될 수 있기 때문에 이에 대한 고려 또한 필요하다.

위에서 언급한 요소들 이외에도 상황인지 어플리케이션의 전력 소비를 평가하는 데 있어 사용자의 사용 패턴 또한 고려해야 한다. 왜냐하면 같은 상황인지 어플리케이션일 지라도 사용자가 이를 자주 사용하지 않을 때와 자주 사용할 때의 전력 소비에는 차이가 있기 때문이다.

이와 같은 요인들을 고려하여 상황인지 어플리케이션이 소비하는 전력을 평가할 수 있다. 그러나 개발자가 전력 소비를 고려하여 상황인지 어플리케이션을 개발하는 데 유의미한 평가 결과를 제공하기 위해서는 동일한 컨텍스트에서 사용할 수 있는 상황인지 어플리케이션간의 평가가 이루어져야 한다. 만약 서로 다른 컨텍스트에서 사용하는 상황인지 어플리케이션의 경우 사용하는 센서가 다를 수 있기 때문에 평가 결과에 대한 직접적인 비교가 어렵기 때문이다.

Table 1. BMT Basic Model for Evaluating Power Consumption

Category	Factor	Evaluation Item	Evaluation Criteria	Evaluation Description
Basic	Sensor	GPS	Cycle of Data Gathering	① Modify Android OS ② Open 'LocationManager.Java' ③ Extract 'minTime' in 'requestLocationUpdate()' method as the cycle of data gathering ④ Confirm the cycle by inserting 'Log.i("", "");' ⑤ Measure the power consumption corresponding to the cycle using PPAM(Portable Power Analysis and Measurement Tool)
		Accelerometer		① Modify Android OS ② Open 'SensorManager.Java' ③ Decide the sensor in 'registerListener() method' and the sampling cycle in 'PeriodUs' ④ Confirm the cycle by inserting 'Log.i("", "");' ⑤ Measure the power consumption corresponding to the cycle using PPAM
		Rotation		① Stop the unnecessary processes on Android OS ② Confirm the brightness using Test applications ③ Measure the power consumption corresponding to the level of brightness(min. & max.) using PPAM
	Resources	Display Brightness	Brightness	① Execute the dummy application ② Execute a task enable to increase the CPU load (Ex.: 10000 X 10000 matrix computation) ③ Confirm the CPU load using Google instruction (adb top) ④ Define the math formulation from the CPU load
		CPU	CPU Load	① Stop the unnecessary processes on Android OS ② Set the Airplane Mode and measure the default power consumption ③ Measure the power consumption corresponding to the communication modules(Cellular, WiFi, Bluetooth) by turning on them using PPAM ④ (the result of ③ - ②) = Power consumption of 'Cellular' module per unit time
	Communication	Cellular	Power Consumption per Unit Time	① Stop the unnecessary processes on Android OS ② Set the Airplane Mode and measure the default power consumption ③ Measure the power consumption corresponding to the communication modules(Cellular, WiFi, Bluetooth) by turning on them using PPAM ④ (the result of ③ - ②) = Power consumption of 'Cellular' module per unit time
		WiFi		① Stop the unnecessary processes on Android OS ② Set the Airplane Mode and measure the default power consumption ③ Measure the power consumption corresponding to the communication modules(Cellular, WiFi, Bluetooth) by turning on them using PPAM ④ (the result of ③ - ②) = Power consumption of 'Cellular' module per unit time
		Bluetooth		① Stop the unnecessary processes on Android OS ② Set the Airplane Mode and measure the default power consumption ③ Measure the power consumption corresponding to the communication modules(Cellular, WiFi, Bluetooth) by turning on them using PPAM ④ (the result of ③ - ②) = Power consumption of 'Cellular' module per unit time

Table 2. BMT Context Model

Category	Meaning	Detail Context	Factor	Evaluation Item	Evaluation Criteria	
Context	Spatial	Inner/Outer Location	Sensor	GPS	Cycle of Data Gathering	
				Accelerometer	Cycle of Data Gathering	
				Rotation	Cycle of Data Gathering	
			Resources	Display Brightness	Brightness	
				CPU	CPU Load	
	Behavioral	Exercise	Communication	Communication	Cellular / WiFi / Bluetooth	
				Sensor	GPS	Cycle of Data Gathering
					Accelerometer	Cycle of Data Gathering
					Display	Brightness
				Resources	CPU	CPU Load
Communication	Communication	Cellular / WiFi / Bluetooth				

Table 3. BMT Usage Pattern Model

Category	Periodic	Execution Time	Evaluation Item	Evaluation Criteria	
Usage Pattern	Periodic	Normal Execution	the Number of Use	4~ 3 2	H M L
			Execution Time	5 ~ 10 min ~ 5 min	H M
		Intensive Execution	the Number of Use	4~ 3 2	H M L
			Execution Time	10 min~	H
	Non-Periodic	Normal Execution	the Number of Use	4~ 3 2	H M L
			Execution Time	5 ~ 10 min ~ 5 min	H M
		Intensive Execution	the Number of Use	4~ 3 2	H M L
			Execution Time	10 min~	H
		One-Time Execution	the Number of Use	1	L
			Execution Time	~ 5 min 5 ~ 10 min 10 min~	H M L

Criteria of Evaluation Item can be modified and parameterized as the experimental conditions (the number of use, execution time and so on).

3.2 BMT 모델 평가 항목 정의

- 상황인지 어플리케이션 기본(Basic) 항목**
 상황인지 어플리케이션의 전력을 평가하기 위해 기본적으로 측정 및 평가해야 하는 항목이 Table 1의 기본(Basic) 항목이다. 이 기본 항목을 측정하고 평가한 것을 토대로 상황인지 어플리케이션의 전력 소비 평가가 이루어진다.
- 상황인지 어플리케이션 컨텍스트(Context) 항목**
 표 2를 통하여 각 상황 별로 어플리케이션의 전력 소비를 평가할 수 있다. 컨텍스트를 추론하기 위하여 사용되는 항목을 선택하여 상황인지 어플리케이션의 전력 소비 평가를 할 수 있다. 이때 각각의 컨텍스트를 구성하고 있는 평가 항목의 평가 방법은 Basic의 Evaluation Description을 참조하면 된다.
- 상황인지 어플리케이션 사용패턴(Usage Pattern) 항목**
 Fig. 2의 사용자 패턴은 어플리케이션의 주기적/비주기적, 실행 빈도, 실행 지속 시간 등에 따라 사용패턴을 재분류할 수 있다. Table 3은 이러한 카테고리를 기준으로 현실적으로 일어날 수 있는 패턴을 재구조화 한 것이다.

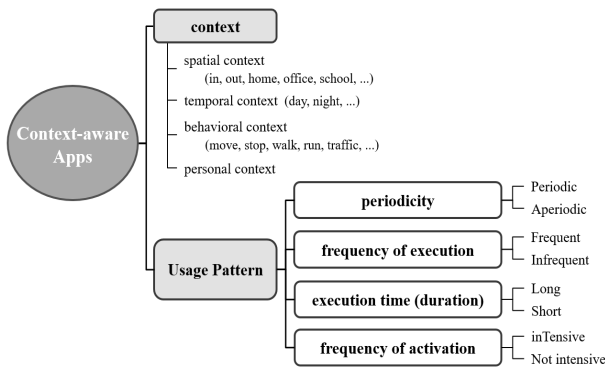


Fig. 2. Categories of Context and Usage Pattern

4. BMT 모델 적용 및 평가

본 논문에서는 앞서 언급한 BMT 모델을 토대로 Nexus4를 이용하여 상황인지 어플리케이션의 전력 소비 평가를 진행하고자 한다. 상황인지 어플리케이션의 전력 소비 평가는 다음 Fig. 3과 같은 흐름으로 진행된다.

4.1 평가 항목 기준치 추출

앞서 BMT 모델의 평가 항목에 대해 실제 평가를 위한 가중치를 구하기 위해 소비 전력을 근거로 했다. 전력 측정을 위해서 Google의 레퍼런스 기기인 Nexus4를 이용했다. 또한 OS는 Google의 순정 안드로이드 5.1 롤리팝 버전을 이용했다. CPU 점유율과 Network 통신 등은 전력 사용에 영향을 주기 때문에 실험에 필요한 프로세스 이외에는 모든

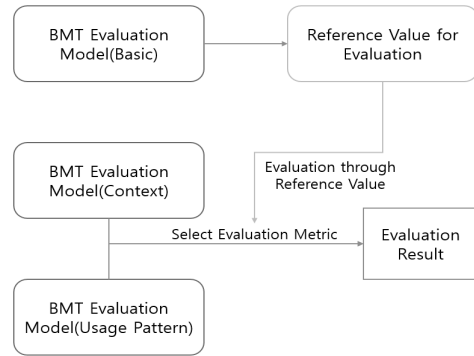


Fig. 3. BMT Process

프로세스를 종료하였다.

또한 기본적으로 Table 1에 제시된 컴포넌트만의 소비 전력을 확인하기 위해 Default 전력(화면만 켜두고 모든 프로세스를 종료한 전력)을 측정하였다. 또한 각 항목당 5분씩 5회 측정값의 평균치를 사용하였다. GPS의 경우 대부분의 네비게이션이 수집주기 1초로 사용하고 있기 때문에 1초를 기준으로 측정하였다. 평가 항목에 대한 기준치(센서, 통신)를 추출하기 위해 다음 Equation (1)을 이용하였다.

$$V_{Reference} = V_{Target} - V_{Default} \tag{1}$$

Table 4. Reference Values of Sensor, Communication module, and CPU

Measurement Values	Description	
$V_{Reference}$	Reference value corresponding to the evaluation criteria	
V_{Target}	GPS	Power consumption corresponding to the cycle of data gathering
	Accelerometer	
	Rotation	
	Cellular	Power consumption when use only one module
	WiFi	
	Bluetooth	
CPU	Power consumption as the level of CPU load	
$V_{Default}$	Default value of power consumption	

화면 밝기에 따른 기준치를 추출하기 위하여 다음 Equation (2)를 이용하였다.

$$V_{Reference} = (V_{BRIGHTNESS_255} - V_{BRIGHTNESS_1}) / 255 \tag{2}$$

Table 5. Reference Value of Brightness

측정값	설명
$V_{Reference}$	Reference value corresponding to the evaluation criteria
$V_{BRIGHTNESS_255}$	Power consumption when the brightness is high
$V_{BRIGHTNESS_1}$	Power consumption when the brightness is low

아래의 Table 6은 위에 기술한 방법으로 Nexus4에 대한 전력 평가 기준치를 만든 것이다.

Table 6. Reference Values of Power Consumption (Nexus4)

Accelerometer				
	Normal	UI	Game	Fastest
Power (mW)	40	43	76	145
Cycle (ms)	200	67	20	5
Rotation				
	Normal	UI	Game	Fastest
Power (mW)	47	76	131	316
Cycle (ms)	200	67	20	5
Network				
	Cellular	Bluetooth	WiFi	
Power (mW)	17	5	47	
CPU				
CPU (%)	11	43	56	69
Power (mW)	123.91	689.88	1038.23	1527.52
$P = 0.2628x^2 + 3.122x + 59.69$				
Display Brightness				
Level (mW)	2.23	%당(mW)	5.7	
GPS				
Power (mW)	247mW			

4.2 평가 환경

앞절에서 기술하였던 동일한 기종과 환경에서 평가를 진행하였다. 테스트할 상황인지 어플리케이션을 실행하고, CPU 점유율을 측정하기 위한 터미널 어플리케이션을 실행하였다. 그 외 다른 모든 프로세스는 종료하였다. 센서의 데이터 수집 주기는 로그를 이용하여 확인하였고, CPU 점유율은 구글에서 제공하는 명령어를 통해 그 결과를 수집하였다.

4.3 상황인지 어플리케이션 평가

앞서 언급한 BMT 모델과 추출한 기준치를 통하여 Outer Location과 Exercise 컨텍스트, 일반 어플리케이션에 대한 평가를 수행한다. 이 때 각각의 어플리케이션은 단발적 실행(1회 5분)을 기준으로 한다.

1) 사례 1 : Outer Location

평가 조건은 다음과 같다. Network는 WiFi만 연결하였고, 화면 밝기는 가장 어두운 1단계로 설정하였다. Outer Location에서 사용할 수 있는 상황인지 어플리케이션 총 4개를 선택하여 전력 소비 평가를 진행하였다. 평가 결과는 아래 Table 7과 같다.

Table 7. Evaluation of Power Consumption for Applications Using "Outer Location"

	MapA	MapB	MapC	Navigation D
GPS	247	247	247	247
Accelerometer	76	76	76	X
Rotation	47	X	60	76
Brightness	2.23	2.23	2.23	2.23
WiFi	47	47	47	47
CPU	186.61	134.74	136.72	104.75
Total	605.84	506.97	568.95	476.98

2) 사례 2 : Exercise

평가 조건은 다음과 같다. Network는 WiFi만 연결하였고, 화면 밝기는 가장 어두운 상태로 진행하였다. Run/Walk 에서 사용할 수 있는 상황인지 어플리케이션 총 5개를 선택하여 전력 소비 평가를 진행하였다. 평가 결과는 아래 Table 8과 같다.

Table 8. Evaluation for "Exercise" Applications

	Ex. A	Ex. B	Ex. C	Ex. D	Ex. E
GPS	247	247	247	247	247
Accelerometer	X	X	X	76	76
Rotation	X	X	43	131	X
Brightness	2.23	2.23	2.23	2.23	2.23
WiFi	47	47	47	47	47
CPU	85.02	92.95	119.70	123.45	81.87
Total	381.25	389.18	458.93	626.68	454.1

3) 사례 3 : 일반 어플리케이션

평가 조건은 다음과 같다. WiFi만 연결 한 후 다른 모든 불필요한 프로세스는 종료한 후에 측정하였다. 또한 화면 밝기는 가장 어두운 1단계로 설정하였다. 이때, 실행한 동영상은 용량이 1.37GB이며, 동영상 포맷은 MP4이다. 동영상 재생 어플리케이션이기 때문에 Network와 CPU를선택한 경우의 평가를 진행하였다. 일반적인 동영상 어플리케이션 3개를 선택하여 전력 소비 평가를 진행하였다. 평가 결과는 다음 Table 9와 같다.

Table 9. Evaluation for "Video Player" Applications

	Video App. A	Video App. B	Video App. C
WiFi	47	47	47
CPU	294.96	190.28	355.46
합계	341.96	237.28	402.46

4.4 결과 분석

앞서 4.3절에서 다양한 상황인지 어플리케이션의 전력 소비에 대한 평가를 진행하였다. 이를 분석해 보면 다음과 같다.

- Fig. 4에서 보면, 지도 A의 전력 소비가 가장 높은 것을 볼 수 있다. 왜냐하면, 지도 A의 CPU 점유율이 가장 높기 때문이다.
- Fig. 5에서 보면 운동 D의 전력 소비가 가장 높은 것을 볼 수 있는데, 다른 어플리케이션보다 많은 센서를 사용하기 때문이다.
- Fig. 6에서 보면 CPU 점유율에 따라 전력 소비 차이가 큰 것을 볼 수 있다. 동영상 플레이어 C의 경우에 다른 동영상 플레이어보다 CPU 점유율이 월등히 높기 때문에 이러한 전력 소비를 보인다.

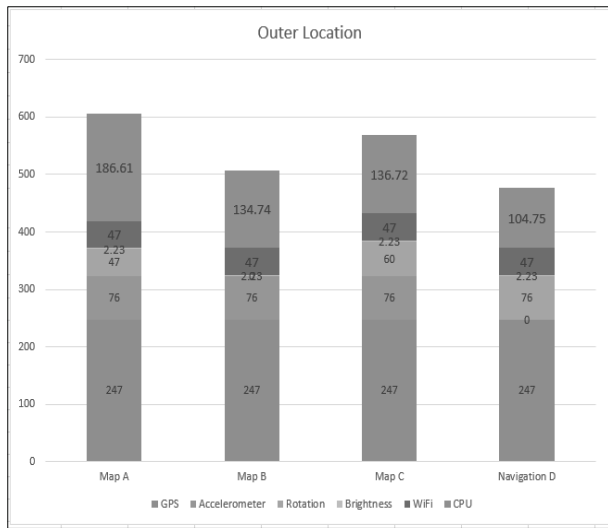


Fig. 4. Comparative Result of Power Consumption Among Applications Using "Outer Location"

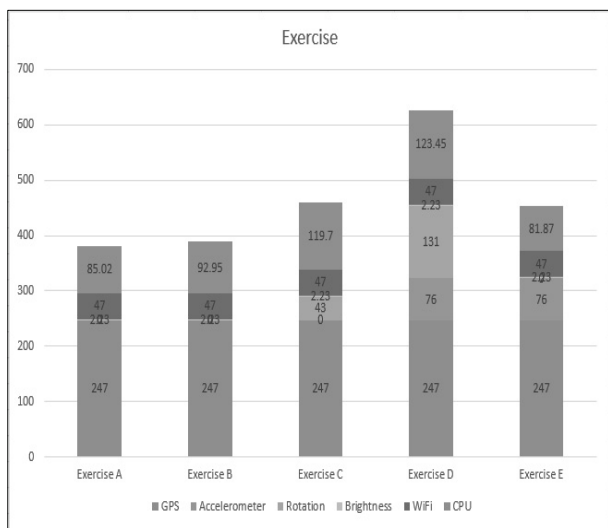


Fig. 5. Comparative Result of "Exercise" Applications

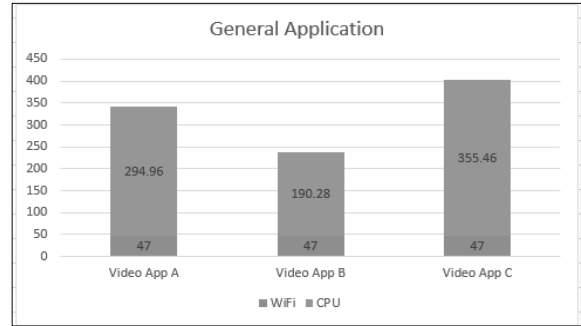


Fig. 6. Comparative Result of "Video Player" Applications

5. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 상황인지 어플리케이션이 사용하는 다양한 센서와 사용자의 사용 패턴을 고려하여 전력 소비를 평가할 수 있는 BMT 모델을 제안한다. 개발한 BMT 모델은 다음과 같은 특징이 있다.

첫째, BMT 평가모델(Basic)을 통하여 다양한 기종의 모바일 디바이스에 적용하여 상황인지 어플리케이션을 평가할 수 있다.

둘째, 다양한 BMT 평가모델(Context)를 통하여 상황인지 어플리케이션이 사용하는 센서 별로 평가 항목을 선택하여 평가를 수행할 수 있다.

셋째, 상황인지 어플리케이션은 이를 사용하는 사용자의 사용 패턴에 따라 그 전력 소비가 천차만별이다. 본 논문에서 제안한 BMT 평가모델(Usage Pattern)을 통하여 사용패턴을 고려한 상황인지 어플리케이션의 전력 소비를 평가하고 그 결과를 개발자에게 제공할 수 있다.

본 논문에서 평가한 컨텍스트 외에도 다양한 컨텍스트가 존재한다. 향후 연구에서는 다양한 컨텍스트에서 사용하는 어플리케이션에 대한 평가와 일반적인 어플리케이션의 전력 소비 평가가 가능하도록 보다 상세한 평가 항목을 정의할 것이다.

References

[1] Qualcomm, Designing Mobile Devices for Low Power and Thermal Efficiency, Qualcomm Technologies Report 1-13 (2013) [Internet], <https://www.qualcomm.com/media/documents/files/designing-mobile-devices-for-low-power-and-thermal-efficiency.pdf>.

[2] J. Kim and S. Sim. "Present Status of Software Bench Mark Test(BMT)," *Journal of KIISE*, Vol.23, No.3, pp.33-38, 2005.

[3] Pathak, Abhinav, Y. Charlie Hu, and Ming Zhang, "Bootstrapping energy debugging on smartphones: a first look at energy bugs in mobile devices," *Proceedings of the 10th ACM Workshop on Hot Topics in Networks*, ACM, 2011.

- [4] Pathak, Abhinav et al., "What is keeping my phone awake?: characterizing and detecting no-sleep energy bugs in smartphone apps," *Proceedings of the 10th international conference on Mobile systems, applications, and services*, ACM, 2012.
- [5] Carroll, Aaron and Gernot Heiser, "An Analysis of Power Consumption in a Smartphone," *USENIX Annual Technical Conference*, Vol.14, 2010.
- [6] J. Lee, H. Cho, and H. Kim, "Power Consumption Analysis of Smartphone Application," *Proc. of the KIISE Fall Conference*, Vol.39, No.2, pp.39-42, 2011.
- [7] T. Yang et al., "Service of Providing Power Consumption Information of Mobile Applications," *Proc. of the 40th KIISE Fall Conference*, pp.457-459, 2013.
- [8] Jemin Lee and Hyungshin Kim, "Framework for automated power estimation of android applications," *Proceeding of the 11th annual international conference on Mobile systems, applications, and services*, ACM, 2013.
- [9] Wonwoo Jung et al., "Powerlet: an active battery interface for smartphones," *Proceedings of the 2014 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing*, ACM, 2014.
- [10] Hye-Jung Jung, "Software Test Model for Mobile Device Management," *The Journal of Korea Information And Communications Society*, Vol.37D, No.3, pp.122-127. 2012.
- [11] ISO/IEC, "ISO/IEC 9126-2 Software engineering -Product quality- part2: External metrics," 2002.
- [12] ISO/IEC, "ISO/IEC 25000 Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE)," 2014.
- [13] Meeyeon Lee, Deok-Ki Kim, and Jung-Won Lee, "Analysis of Characteristics of Power Consumption for Context-Aware Mobile Applications," *Information*, Vol.5, No.4, pp.612-621, 2014.



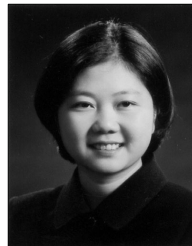
전 제 흥

e-mail : jjhong0920@gamil.com
 2014년 아주대학교 전자공학과(학사)
 2016년 아주대학교 전자공학과(석사)
 2016년~현 재 ㈜SEC 주임연구원
 관심분야: 모바일 상황인지, 테스트, 전력 소비



백 두 산

e-mail : whitedusan@gmail.com
 2012년 아주대학교 전자공학부(학사)
 2012년~현 재 아주대학교 전자공학과 석.박사 통합과정
 관심분야: 모바일 상황인지, 모바일 저전력, 소프트웨어 공학



김 경 아

e-mail : kakim@mjc.ac.kr
 1990년 이화여자대학교 전자계산학과(학사)
 1992년 이화여자대학교 전자계산학과(석사)
 2001년 이화여자대학교 컴퓨터학과(박사)
 2001년~2002년 이화여자대학교 대우전임강사
 2002년~현 재 명지전문대학 컴퓨터정보과 교수
 관심분야: 프로그래밍 언어, 컴퓨터 교육, 모바일 프로그래밍 등



이 정 원

e-mail : jungwony@ajou.ac.kr
 1993년 이화여자대학교 전자계산학과(학사)
 1995년 이화여자대학교 전자계산학과(석사)
 1995년~1997년 LG종합기술원 주임연구원
 2003년 이화여자대학교 컴퓨터학과(박사)
 2003년~2006년 이화여자대학교 컴퓨터 학과 BK교수, 전임강사(대우)
 2006년~현 재 아주대학교 전자공학과 교수
 관심분야: 자동차 소프트웨어, 생물의학 데이터 모델링, 임베디드 소프트웨어