

# 알림 전달 최적화를 통한 스마트워치 에너지 소모 감소 기법

김하종<sup>o</sup>, 송욱, 김지홍

서울대학교 컴퓨터공학부

hjkim@davinci.snu.ac.kr, wooksong@davinci.snu.ac.kr, jihong@davinci.snu.ac.kr

## Energy Optimization Techniques for Smartwatches Using Smart Notification Deliveries

Hajong Kim<sup>o</sup>, Wook Song, Jihong Kim

Department of Computer Science and Engineering  
Seoul National University

### 요약

스마트워치는 스마트폰에서 발생하는 알림을 전달받아 더 가까이에서 사용자에게 전달하는 기능을 지닌다. 하지만 빈번한 알림은 통신과 화면 켜짐, 진동 등을 동반하여 적지 않은 에너지를 소모한다. 실제 사용자의 알림으로 인한 배터리소모를 예측한 결과, 알림이 빈번한 사용자의 경우 하루 평균 배터리 총량의 35%를 소모하였다. 이러한 알림 에너지의 최적화를 위하여 스마트워치로의 알림 전달 과정을 분석하였으며, 스마트폰의 알림 중 사용자가 곧바로 인지할 수 있는 알림이나 스마트워치에서 인지 불가능한 알림 삭제가 불필요하게 스마트워치로 전달되는 것을 발견하였다. 이에 따라 본 논문에서는, 사용자 문맥(context)을 바탕으로 이러한 불필요한 알림 전달을 줄일 수 있는 최적화 기법을 제안한다. 제안하는 기법의 시뮬레이션 평가 결과 알림으로 인한 소모 에너지의 13.4%를 감소시킬 수 있었으며, 실제 사용자 대상으로 알림 및 삭제 전달을 각각 20.5%, 22.2% 감소시킬 수 있었다.

### 1. 서론

스마트폰의 알림은 사용자가 알아야 할 중요 이벤트를 진동, 소리 또는 빛 등의 다양한 방식을 통하여 사용자에게 전달하는 기능으로써, 스마트폰을 일상 생활에 불가결한 장치로 자리 잡도록 한 핵심 기능이다. 스마트워치는 이러한 스마트폰의 알림을 사용자가 스마트폰을 통하지 않고 좀 더 빠르고 편리한 방식으로 확인할 수 있도록 한다.

하지만 불필요하거나 빈번한 알림은 사용자의 집중력을 분산시키고 스트레스를 주기 때문에 사용자 경험을 저해[1]-[2]하며, 진동이나 화면 켜짐 등을 동반하여 불필요한 전력 낭비를 야기한다. 특히 스마트워치는 스마트폰에 비해 적은 용량의 배터리를 탑재하여 이는 더욱 문제가 될 수 있다.

본 논문에서는 먼저 알림으로 인한 배터리 소모를 확인하기 위하여 사용자의 알림 트레이스를 수집하여 소모 에너지를 예측하였으며 그 결과, 적지 않은 배터리 소모가 알림으로 인하여 발생할 수 있음을 보인다. 다음으로, 이러한 알림 에너지의 최적화를 위하여 스마트워치로의 불필요한 알림 전달을 줄일 수 있는 기법을 제안한다. 제안하는 기법은 스마트폰을 통하여 인지한 알림이나 스마트워치에서 인지 불가능한 알림 삭제가 스마트워치로 전달되는 것을 지연을 통하여 효과적으로 감소시킨다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 사용자 알림 트레이스 수집 결과 및 이를 통한 알림 소모에너지 예측결과를 제시한다. 3장에서는 불필요한 알림 전달을 제시하며, 이를 줄일 수 있는 최적화 기법을 제안한다.

4장에서는 제안 기법 평가 결과를 제시하며, 마지막으로 5장에서 본 연구의 결론을 맺는다.

### 2. 실제 사용자 알림으로 인한 배터리 소모

실제 사용자의 알림 빈도 및 이로 인한 배터리 소모를 확인하기 위해 사용 정보를 수집할 수 있도록 수정된 스마트폰을 대학생 5명에게 제공하여 사용 트레이스를 수집하였다. 표 1. 은 수집한 사용자 트레이스의 하루 평균 알림 발생 횟수를 나타낸다. 사용자 하루 평균 717.6건의 알림이 발생하였으며 대부분 메신저(83%) 및 SNS(6%) 응용에 의해 발생되었다.

표 1. 사용자별 하루 평균 알림 발생

사용자	수집기간	알림 발생	알림 삭제
User 1	7	32.1	16.4
User 2	6	91.3	28.7
User 3	6	890.2	147.0
User 4	5	1229.0	61.6
User 5	6	1345.5	69.5
Average	6	717.6	64.6

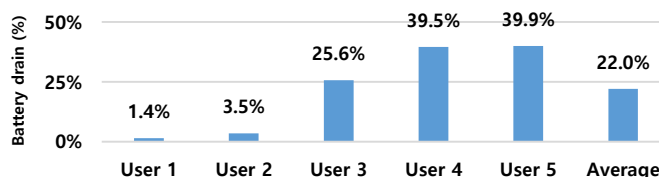


그림 1. 사용자별 알림으로 인한 하루 평균 배터리 감소

다음, 이를 바탕으로 알림으로 인한 배터리 소모량을 구하기 위해 실제 스마트워치[3]를 대상으로 알림 전력모델을 개발(오차율 10% 미만)하였으며, 그림 1은 이를 통하여 모든 알림이 1초 진동을 가진다고 할 때, 예측한 알림으로 인한 배터리 소모를 나타낸다. 알림 발생이 빈번한 사용자(User 3, 4, 5)의 경우 하루 평균 35%의 배터리가 소모되어 적지 않은 에너지가 알림에 의해 소모되는 것을 확인할 수 있다.

### 3. 스마트워치 알림 전달 최적화

#### 3.1 불필요한 알림 전달 시나리오

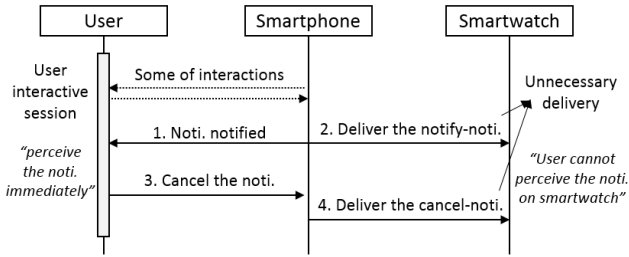


그림 2. 불필요한 알림 전달

알림으로 인한 에너지소모를 줄이기 위하여 알림의 전달 과정을 분석하였으며, 그림 2는 발견한 대표적인 불필요한 알림 전달을 나타낸다. 스마트폰은 스마트워치에 비해 큰 화면 및 편리한 UI를 제공하기 때문에 사용자는 스마트폰으로 인지한 알림을 다시 스마트워치로 확인하거나 추가적인 상호작용을 하지 않는다. 따라서 사용자가 스마트폰을 통하여 인지한 알림은 스마트워치로 전달이 불필요하며, 이로 인하여 사용자 경험을 저해하지 않는다.

스마트폰에서 알림 삭제가 발생하는 경우도 알림 삭제가 스마트워치로 전달되며, 이 경우도 본 논문에서 한 종류의 알림 전달로 간주하였다. 사용자가 스마트폰에서 알림을 삭제하는 경우, 사용자는 스마트워치의 알림 삭제를 인지하지 못하며 삭제한 알림에 대하여 다시 새 알림이 발생하는 경우 이전 알림 삭제 전달은 불필요한 경우가 된다.

#### 3.2 지연을 통한 알림 전달 최적화

본 절에서는 앞서 살펴본 불필요한 알림 전달을 3종류의 전달 지연을 통하여 줄이는 최적화 기법(SmartNotifier)을 제안한다. SmartNotifier는 스마트폰의 알림 동작은 전혀 변화시키지 않으며, new/update 알림의 경우 지연시간에 상한을 두어 사용자 경험 저하를 최소화 한다.

#### New/update 알림 전달 지연

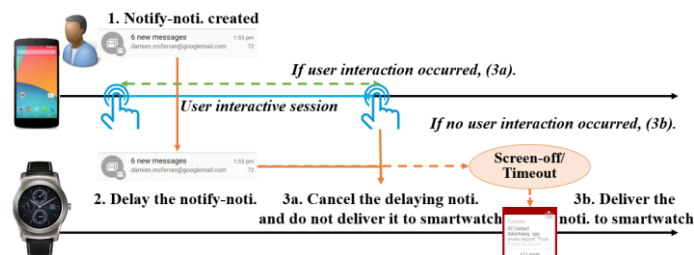


그림 3. New/update 알림 전달 지연

그림 3은 불필요한 new/update 알림 전달을 전달 지연을 통하여 사용자경험 저하를 최소화하며 줄일 수 있는 예를 보여준다. 사용자가 스마트폰을 사용하는 중일 때 발생하는 알림(그림에서 1.)은 사용자가 스마트폰을 통해 알림을 인지할 수 있는 기회가 있으므로 스마트워치로 즉시 전달하지 않고 일정시간 지연시킨다(2.). 알림 지연 중 사용자 상호작용이 발생하는 경우 알림을 사용자가 인지한 것으로 스마트워치로의 전달을 취소시킨다(3a.). 만약 알림을 지연 후 일정 시간 사용자 상호작용이 없거나 화면이 꺼지는 경우, 사용자가 인지하지 못한 것으로 판단하여 스마트워치로 전달한다(3b.). 이러한 알림 전달 지연을 통하여 인지된 알림은 이후 알림 삭제가 발생시, 알림이 실제 스마트워치로 전달되지 않았으므로 삭제 또한 전달하지 않아도 된다.

#### 알림 삭제 전달 지연

알림 삭제 전달 또한 지연을 통해 줄일 수 있다. 한가지 차이점은 알림 삭제는 알림 전달 보다 사용자에게 덜 민감하고 중요성이 낮기 때문에 더 긴 지연이 가능하다. 사용자가 스마트폰 사용 중 알림을 삭제하면 그 즉시 스마트워치로 삭제가 전달된다. 그러나 사용자는 스마트폰을 사용 중이므로 스마트워치의 삭제를 인지하지 못한다. 따라서 이러한 알림 삭제 전달을 화면이 꺼지는 시점까지 지연하여 전달한다면 사용자가 스마트폰 사용 중 발생하는 모든 알림 삭제를 모아 전달 가능하다. 이외 삭제 전달 지연중인 알림에 대하여 새 알림이 발생하는 경우에도 삭제 알림 전달을 줄일 수 있다.

#### Screen-on 알림 전달 지연

메신저 등 일부 응용은 알림을 발생시킬 때 알림 효과 및 사용자 편의를 위하여, 추가적으로 전력을 소모하여 짧은 시간 화면을 켜다. 본 연구에서는 이러한 screen-on 알림과 스마트워치의 알림을 동시에 전달하는 것은 지나치게 에너지 소모가 큰 비효율적 알림으로 보았다. 따라서, screen-on 알림의 경우 사용자가 스마트폰에서 인지하지 못한 경우에만 스마트워치로 전달하도록 하였다. 이러한 알림은 보통 10초 미만으로 화면을 켜므로, 사용자가 인지 하지 못하더라도 짧은 시간 지연 후 스마트워치로 알림이 전달된다.

#### 3.3 구현

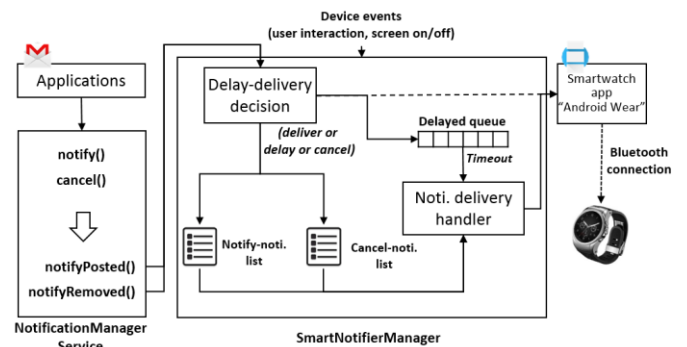


그림 4. SmartNotifier 구성 및 알림 전달 개요

SmartNotifier를 안드로이드 5.1.1이 탑재된 Google Nexus 5에서 구현하였으며, 그림 4는 그 구성 및 알림의 전달 과정을 보여준다. 실제 알림 전달 및 삭제를 중계하는 응용인 Google Android Wear는 소스코드가 공개되어 있지 않아 수정이 불가능하다. 따라서 안드로이드 프레임워크의 NotificationManager 서비스를 수정하여 알림 전달을 제어하였다. SmartNotificationManager는 알림 발생 및 삭제를 각각 리스트에 저장하여 추적하며, 조건에 따라 알림을 지연시켜 AndroidWear 응용으로 전달한다.

사용자의 스마트폰 사용을 판단하기 위하여 터치 이벤트를 이용하였다. 알림 발생 시 최근 터치 이벤트가 자동 화면 꺼짐 시간의 절반 이내의 경우 사용자가 사용 중인 것으로 판단하여, 스마트워치로의 알림 전달을 최대 해당 시간만큼 지연시킨다. 지연시킨 알림은 이후 터치 이벤트 발생시 사용자가 인지한 것으로 판단하였으며, timeout 발생시 에너지 효율성을 위해 지연 중인 알림을 모두 전달하였다.

#### 4. 제안 기법 평가

SmartNotifier의 효과를 확인하기 위해 시뮬레이션 및 실제 사용자 평가를 수행하였다. 앞서 사용자 알림 정보 수집 시 추가로 화면 on/off 및 주기적 터치 이벤트를 수집하였으며, 시뮬레이션은 이를 바탕으로 수행하였다. 단, 실제 사용자의 경우 Android Wear에서 특정 응용의 알림을 차단할 수 있으나, 이것은 외부에서 알 수 없어 모든 알림이 전달된 것을 가정하였다.

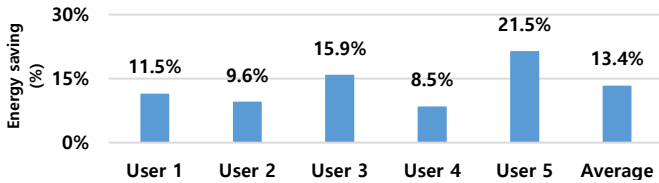


그림 5는 SmartNotifier의 시뮬레이션 결과 얻은 사용자별 알림 소모 에너지 감소를 나타내며, 평균 13.4%의 에너지 소모를 줄였다. 추가적인 분석결과 사용자의 에너지소모 감소는 하루 중 화면 켜진 시간과 상관관계를 보였으며, 이는 SmartNotifier의 동작 특성에 기인한다.

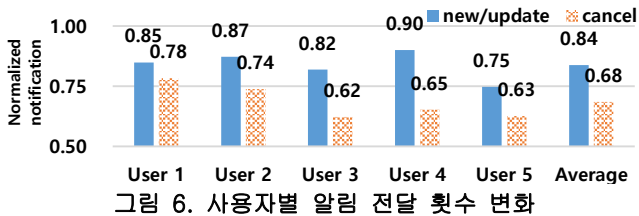


그림 6은 SmartNotifier를 적용하였을 때 스마트워치로 전달되는 알림의 변화이다. New/update 알림 전달의 경우 평균 16.3%, 알림 삭제(cancel) 전달의 경우 평균 31.6%의 전달을 감소시켰다. 알림 횟수 감소 비율에 비해 에너지 감소 비율이 더 작은 이유는, 중첩된 알림이 줄어드는 경우 에너지 감소 비율이 전달 횟수 비율에 비해 더 작기 때문이다.

표 2. 사용자별 하루 평균 알림 전달 상세

	User A	User B
<b>전체 new/update 알림 수</b>	<b>75.7</b>	<b>187.3</b>
지연시킨 알림 수	25.0 (33.0%)	32.0 (17.0%)
감소시킨 알림 수	19.0 (25.1%)	29.7 (15.8%)
Update로 인한 감소 수	3.0 (4.0%)	10.0 (5.3%)
삭제 또는 인지로 인한 감소 수	16.0 (21.1%)	19.7 (10.0%)
<b>전달된 new/update 알림 수</b>	<b>56.7 (74.9%)</b>	<b>157.7 (84.1%)</b>
<b>전체 알림 삭제 수</b>	<b>52.7</b>	<b>74.3</b>
지연시키지 못한 알림 삭제 수	0.7 (1.3%)	5.3 (7.1%)
감소시킨 알림 삭제 수	14.0 (26.6%)	13.3 (17.9%)
지연 전달된 알림 삭제 수	38.0 (72.1%)	55.7 (75.0%)
<b>전달된 알림 삭제 수</b>	<b>38.7 (73.4%)</b>	<b>61.0 (82.1%)</b>

표 2는 SmartNotifier를 구현한 Nexus 5와 스마트워치를 두 명의 사용자에게 제공하여 3일간 실험한 결과를 나타낸다. 전체 new/update 알림 전달 중 평균 25%의 알림을 지연시켰으며, 이 중 update 또는 삭제, 사용자에게 인지되어 평균 20.5%의 알림을 감소시킬 수 있었다. 삭제 알림 전달의 경우 주로 사용자에게 의해 발생하기 때문에 대부분을 지연시킬 수 있었다. 하지만, 반대로 지연 시킨 삭제 전달 중에서는 new/update 알림 전달에 비해 적은 비율을 감소시켰는데, 이는 동기화를 위해 반드시 스마트워치에 전달되어야 하는 경우가 존재하기 때문이다.

#### 5. 결론

최근 웨어러블 디바이스 중 빠르게 보급중인 스마트워치는 태생적으로 적은 배터리 용량으로 인하여 효율적인 전력관리가 중요하다. 본 논문에서는 스마트워치의 중요 기능 중 하나인 알림 기능이 적지 않은 에너지를 소모함을 보였으며, 불필요한 알림의 전달을 지연을 통해 줄이는 에너지 최적화 연구를 수행하였다. 제안 기법의 시뮬레이션 평가 결과 알림 에너지 소모의 13.4%를 감소시켰으며, 실제 사용자 평가 결과 알림 및 삭제 전달을 각각 20.5%, 22.3% 감소시킬 수 있었다. 향후 후속연구에서는 제안 기법을 확장하여 사용자별 알림 중요도와 알림별 특징을 고려하여 지연시간을 조절하는 연구를 진행할 계획이다.

#### 참고 문헌

- [1] J. Smith, A. Russo, A. Lavygina, and N. Dulay, "When did your smartphone bother you last?", in *Proc. of the ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing*, 2014.
- [2] T. Westermann, S. Moller, and I. Wechsung, "Assessing the Relationship between Technical Affinity, Stress and Notifications on Smartphones", in *Proc. of the International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services*, 2015.
- [3] LG Electronics, "LG Watch Urbane", <http://www.lg.com/us/smartwatch/urbane>, 2015.