

УДК 621.395.721.5:616.853

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ В СОСТАВЕ M2M-СЕРВИСОВ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ.

Могильный Г.А., Киреев И.Ю., Скачко В.В., Киреев Д.И.

THE USE OF MOBILE DEVICES IN THE M2M SERVICE SYSTEM HEALTH MONITORING

Mogilny G., Kiryeyev I., Skachko V., Kiryeyev D.

В статье рассмотрены направления использования мобильных устройств в качестве элементов мониторинга здоровья человека в составе M2M-сервисов. Представлен алгоритм приложения под ОС Андроид для мониторинга состояния здоровья больного эпилепсией. Проведено исследование параметров измерительной системы на основе встроенного акселерометра различных моделей мобильных телефонов.

Ключевые слова: мобильное устройство, ОС Андроид, акселерометр, M2M-сервис.

Введение. Цивилизованность общества определяется уровнем социальных гарантий и отношением к группам людей, которые требуют особой заботы и постоянного контроля состояния своего здоровья. Осуществлять такой контроль призваны системы Machine-to-Machine, в которые могут входить мобильные устройства оснащенные мощными процессорами на основе схемотехнических решений фирмы ARM (Advanced RISC Machines) обладающие значительными вычислительными возможностями. Данные устройства имеют большую функциональность и оснащенные такими датчиками как акселерометр (практически на всех современных устройствах), гироскоп (крайне редко, лишь в последних моделях), цифровой компас, датчик света, датчик приближения (достаточно редки, лишь в последних моделях).

Результаты исследований. Предварительный анализ показал, что возможны три варианта использования мобильных устройств в составе M2M сервисов:

- как систем использующих для детектирования событий встроенные датчики;

- как систем для приема и анализа данных от внешних устройств и датчиков;
- как систем объединяющих две предыдущие возможности.

Первые попытки использования встроенного акселерометра мобильного устройства для детектирования эпилептического припадка принадлежат Кеннегу Остину и Роберту Длугошу.

Разработанное ими приложение для мобильного телефона фирмы HTC под операционную систему Windows Mobile под названием EpDetect позволяет отслеживать движения человека, будучи закрепленным на поясе или находясь в кармане брюк. Приложение позволяет отличать движения связанные с тонико-клоническим припадком (большие припадки) от нормального движения [1,2].

Такие припадки начинаются с поворота головы и падения больного, после чего следует тоническая фаза, которая продолжается 10-20 секунд и включает следующие друг за другом открывание глаз, сгибание, ротацию и отведение рук, разгибание шеи, тонический крик, разгибание рук, разгибание, ротацию и приведение ног. Затем напряжение начинает «мерцать», вызывая дрожание тела, переходящее в клоническую фазу, которая проявляется кратковременными сгибательными спазмами всего тела. В этот момент часто происходит прикус языка. Припадок обычно сопровождается тахикардией и артериальной гипертензией. В результате повышения давления в мочевом пузыре возникает непроизвольное мочеиспускание. При этом, обычно отмечается расширение зрачков, гипергидроз, гиперсаливация. Апноэ вызывает цианоз кожи. Общая продолжительность припадка от 20 секунд до

2 минут (в среднем около 1 мин.). Послеприпадочный период (иногда включающий послеприпадочную кому) длится от нескольких минут до нескольких часов.

Программно-аппаратный комплекс при детектировании припадка предупреждает человека, что собирается отправить SMS сообщение, в случае ложной тревоги можно отменить отправку. SMS-сообщение содержит время, координаты GPS. Когда человек восстанавливается, он нажимает кнопку, чтобы отменить сигнал тревоги, который инициирует устройство параллельно с формированием SMS сообщения.

В целом заявленные возможности данного комплекса позволяют говорить о выполнении некоторых требований мониторинга состояния здоровья больных эпилепсией, однако трудно судить об его эффективности из-за отсутствия анализа параметров измерительной системы и точности детектирования припадков.

Так же отсутствует, какой либо анализ применимости конкретных моделей мобильных устройств в качестве аппаратной основы M2M сервисов мониторинга здоровья.

Для разработки программного обеспечения M2M сервисов мониторинга здоровья больных эпилепсией необходимо решить следующие задачи:

- основываясь на медицинских исследованиях больных эпилепсией с использованием электронных акселерометров определить необходимые параметры измерительных систем мобильных устройств;
- разработать алгоритм и программное обеспечение для фиксации показателей встроенного акселерометра, дальнейшего определения факта наступления тонико-клонического припадка, формирования сообщения и его отправки;
- провести экспериментальные исследования характеристик измерительных систем на различных моделях мобильных телефонов.

Практически сразу после появления электронные MEMS акселерометры, в том числе и 3-D, начали применяться в медицине в качестве чувствительных датчиков для исследований в реабилитационной медицине [3], гериотрии [4], при изучении болезни Паркинсона [5].

В последнее время появилось большое количество работ по изучению с помощью акселерометров физической активности при ожирении [6], присутствуют работы, относящиеся к детектированию падений пожилых людей [7], в том числе и с использованием смартфона [8], появляются исследования эпилепсии [9,10].

Предварительный анализ показал, что акселерометру мобильного устройства достаточно обладать следующими характеристиками:

- диапазон измеряемых ускорений $\pm 5g$;
- чувствительность 250mB/g, 60 LSB/g;

- типовое значение смещения при нулевом ускорении 1В;
- температурный дрейф нуля $\pm 1,5 \text{ mg/}^\circ\text{C}$;
- температурная ошибка чувствительности $\pm 0,02 \% \text{FS/}^\circ\text{C}$;
- частота среза по осям XY 300 Гц;
- частота среза по оси Z 200 Гц;
- спектральная плотность мощности RMS (0,1 Гц-1 кГц) 300 мкг/Гц;
- нелинейность выходного сигнала по осям X,Y,Z -1, 0,1, 0 %FS;
- поперечная чувствительность -5, 0,5, 0 %.

Оценить характеристики встроенных датчиков мобильных устройств по представленным в литературе описаниям крайне сложно. Однако, по данным фирм производителей MEMS акселерометров, таких как Freescale Semiconductor, Analog Devices, ST Microelectronics, InvenSense, Sensortechologis можно сделать вывод о возможности применения встроенных в мобильные устройства акселерометров для диагностирования тонико-клонических припадков [11].

Следующим этапом является определение моделей мобильных телефонов, которые могут использоваться в качестве M2M сервисов. При этом необходимо учитывать особенности операционной системы, на которой необходимо реализовывать разрабатываемые приложения.

В двадцатку самых продаваемых мобильных устройств в Украине входят устройства фирм Samsung, HTC, LG, Nokia, Apple iPhone на 60% которых установлена операционная система Google Android.

К ключевым особенностям данной операционной системы относится то, что Android основана на Linux и между приложением и ядром лежит слой API и слой библиотек на нативном коде. Приложение выполняется на виртуальной машине Java (Dalvik Virtual Machine). В данной ОС можно запускать несколько приложений. Но одно из них является главным и занимает экран мобильного устройства. От текущего приложения можно перейти к предыдущему или запустить новое. Это похоже на браузер с историей просмотров. Каждый экран пользовательского интерфейса представлен классом Activity в коде. Различные Activity содержатся в процессах. Activity может даже жить дольше процесса. Activity может быть приостановлена и запущена вновь с сохранением всей нужной информации. Кроме того ОС Android использует специальный механизм описания действий основанный на Intent. Когда нужно выполнить действие (сделать звонок, послать письмо, показать окно), вызывается Intent. Также ОС Android содержит сервисы подобные демонам в Linux для выполнения различных действий в фоновом режиме (например, проигрывание музыки). Для обмена данными между приложениями используются Content providers (провайдеры содержимого) [12].

Исходя из особенностей ОС Android и задач, которые необходимо выполнять разрабатываемому приложению предложен алгоритм, представленный в виде блок схемы (рис 1).

На этапе проектирования программы было решено сделать мультиплатформенную версию под все мобильные ОС, которые поддерживают работу с акселерометром. В качестве универсальной среды было решено использовать PhoneGap. Однако, на этапе тестирования возникла проблема – дискретность считывания показаний с акселерометра оказалась недостаточно высокой, среднее время фиксирования показаний составило порядка 0,5-1 с., что для данной программы оказалось неприемлемо.

Было решено использовать нативные функции операционной системы, т.к. дискретность считывания данных будет максимальна, ограниченная особенностями архитектуры телефона и способов взаимодействия с ними ОС.

При запуске программы происходит инициализация акселерометра:

```
sensorManager = (SensorManager)
getSystemService(SENSOR_SERVICE);
```

```
sensorManager.registerListener(this,sensorManager.get
DefaultSensor(Sensor.TYPE_ACCELEROMETER),Sens
orManager.SENSOR_DELAY_NORMAL);
```

В случае успешной инициализации происходит опрос акселерометра с заданной частотой и занесение данных в массив:

```
if (event.sensor.getType() ==
Sensor.TYPE_ACCELEROMETER) {
float[] values = event.values;
float x = values[0];
float y = values[1];
float z = values[2];
long actualTime = System.currentTimeMillis();
if (actualTime - lastUpdate < 100) {
return;
} else {
i++;
lastUpdate = actualTime;
```

Далее, если колебания составляют больше 10 условных единиц в течении более 5 секунд, происходит обращение к функциям GPS для получения текущих координат, отправки в СМС сообщения с текущими координатами, запуск звукового сигнала.

Кроме того, в ходе тестирования выяснилось, что при смене ориентации экрана считывание данных акселерометра на определенный промежуток времени прекращается. Поэтому в файл манифеста был добавлен запрет на изменение ориентации экрана:

```
android:configChanges="keyboardHidden|orientat
ion"
```

Для проверки предложенного алгоритма и его программной реализации были проведены эксперименты на трех мобильных устройствах различных производителей, параметры которых представлены в таблице 1.

Эксперимент проводился с использованием услуг добровольцев следующим образом:

- добровольцы, были одеты в легкую форму одежды;
- телефон размещается во внутреннем кармане;
- добровольцы совершали движения, характерные для эпилептического припадка, имитирую 3-4 припадка;
- замеры производились в трех положениях – сидя, стоя, лежа;
- отдельно проводились эксперименты с падением и продолжением спазматических движений.

Результаты обработки экспериментальных данных представлены на рис.2. где: Ряд 1- Samsung, Ряд 2 – LG; Ряд 3 – HTC.

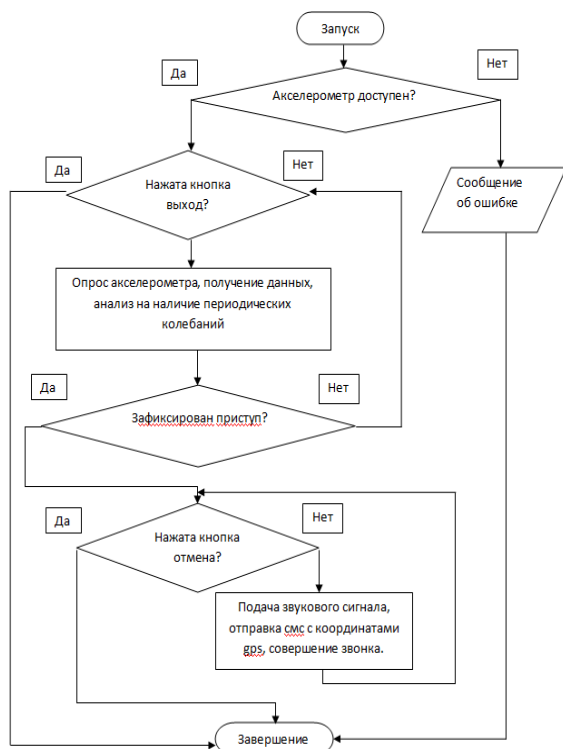


Рис. 1. Блок схема алгоритма приложения для детектирования тонико –клонического припадка

Таблиця 1
Параметри мобільних телефонів

	Samsung	LG	HTC
Процесор	Двухъядерний Samsung Exynos (1.2 ГГц)	Процесор 1 ГГц Cortex A-5	Qualcomm MSM 7227A, 1 ГГц
Дисплей	4.3", сенсорний емкостный, Super AMOLED Plus	4.3", сенсорний емкостный, Super AMOLED Plus	Сенсорный, 4" (480 x 800 точек) Super-LCD
Стандарт	GSM 850 / 900 / 1800 / 1900 МГц HSDPA 850 / 900 / 1900 / 2100 МГц	GSM 850 / 900 / 1800 / 1900 МГц HSDPA 850 / 900 / 1900 / 2100 МГц	SIM1 (900/1800/1900 МГц) SIM2 (850/900/1800/1900 МГц + 900/2100 МГц)
Спец. возможности	Акселерометр, датчик приближения, компас	Акселерометр, датчик приближения, компас	Акселерометр, датчик приближения, компас
Интернет	GPRS Класс 12 EDGE Класс 12 3G: HSDPA, 21 Мбит/с; HSUPA, 5.76 Мбит/с	GPRS Класс 12 EDGE Класс 12 3G: HSDPA, 21 Мбит/с; HSUPA, 5.76 Мбит/с	3G GPRS EDGE
Беспроводные технологии	Wi-Fi 802.11b/g/n Bluetooth 3.0	Wi-Fi 802.11b/g/n Bluetooth 3.0	Wi-Fi 802.11 b/g/n Bluetooth 4.0 GPS
Операционная система	Android	Android	Android

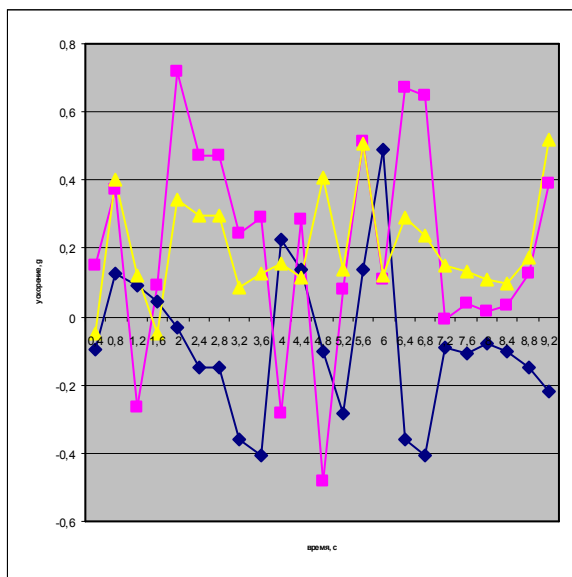


Рис 2. Результаты обработки экспериментальных данных полученных с использованием различных мобильных устройств и предложенного алгоритма

Выводы. Таким образом, установлено, что разработанное программное обеспечение в сочетании с мобильными устройствами, оснащенными встроенными акселерометрами обладает необходимыми характеристиками для детектирования тонико-клонического припадка. Однако для эффективного использования данных мобильных устройств необходимо чтобы они были закреплены непосредственно на теле больного. Размещение же устройства в карманах верхней одежды или тем более, в женской сумочке, мужском портфеле или сумке через плечо значительно уменьшает эффективность их использования. Кроме того, данная программно-аппаратная реализация не позволяет эффективно детектировать первую фазу тонико-клонического приступа.

Следовательно, для увеличения эффективности мониторинга состояния здоровья больных эпилепсией предлагается использовать мобильное устройство в составе комплекса с дополнительным браслетом, оснащенным MEMS акселерометром, магнитометром, гироскопом и приемопередатчиком. Данный браслет должен быть закреплен на запястье больного. В этом случае мобильное устройство является устройством управления второго уровня, обеспечивая активацию браслета для детектирования падения и приема данных о движении конечностей и прочих параметров больного, что позволит детектировать первую фазу тонико-клонического приступа.

Литература

1. Epdetect mobile phone application automatically detects epileptic seizures [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.epdetect.com/EpDetect_user_manual.pdf
2. Центральная экстренная и плановая медицинская сервисная служба. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.cepms.ru/toniko_klonich
3. M. de Niet. The stroke upper-limb activity monitor: Its sensitivity to measure hemiplegic upper-limb activity during daily life/ M. de Niet, J.B. Bussmann, G.M. Ribbers, and H.J. Stam // Arch Phys Med Rehabil, 88:1121–1126, 2007.
4. B. Najafi, K. Aminian. Ambulatory system for human motion analysis using a kinematic sensor: Monitoring of daily physical activity in the elderly/ B. Najafi, K. Aminian, A. Paraschiv-Ionescu, F. Loew, C. Bula, and P. Robert // IEEE Transactions on Biomedical Engineering, 50(6):711–723, 2003.
5. N.L. Keijsers. Movement parameters that distinguish between voluntary movements and levodopa-induced dyskinesia in parkinson's disease/ N.L. Keijsers, M.W. Horstink, and S.C. Gielen // Human Movement Science, 22:67–89, 2003.
6. N. Vogels, K.R. Daily physical activity counts vs structured activity counts in lean and overweight dutch children/. N. Vogels, K.R. Westerterp, D.L.A. Posthumus, F. Rutters, and M.S. Westerterp- lantenga // Physiology and Behavior, 92:611–616, 2007.

7. A.K. Bourke. Evaluation of a thresholdbased tri-axial accelerometer fall detection algorithm/ A.K. Bourke, J.V. O'Brien, and G.M. Lyons// Gait and Posture, 26:194–199, 2007.
8. Fall Detection with Three-Axis Accelerometer and Magnetometer in a Smartphone [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://onlinepresent.org/proceedings/vol6_2012/10.pdf
9. Fall Detection Using a Smartphone. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.planetanalog.com/document.asp?doc_id=528265&site=planetanalog
10. Thomas L. Sorensen. Automatic Epileptic Seizure Onset Detection Using Matching Pursuit: A Case Study / Thomas L. Sorenseny, Ulrich L. Olseny, Isa Conradseny, Jonas Henrikseny, Troels W. Kjaer, Carsten E. Thomsenz and Helge B. D. Sorenseny // 32nd Annual International Conference of the IEEE EMBS Buenos Aires, Argentina, August 31 - September 4, 2010.
11. Казакевич А. Акселерометры Analog Devices. Устройство, применение и непрерывное обновление // Компоненты и технологии. — 2007. — № 5.
12. Иво Салмре Программирование мобильных устройств на платформе .Net Compact Framework / Иво Салмре// Вильямс, — 2006 г. — 736 с. ил.

References

1. Epdetect mobile phone application automatically detects epileptic seizures [Elektronnij resurs]. – Rezhim dostupu : http://www.epdetect.com/EpDetect_user_manual.pdf
2. Central'naja jekstrennaja i planovaja medicinskaja servisnaja sluzhba. [Elektronnij resurs]. – Rezhim dostupu : http://www.cepms.ru/toniko_klonich
3. M. de Niet. The stroke upper-limb activity monitor: Its sensitivity to measure hemiplegic upper-limb activity during daily life/ M. de Niet, J.B. Bussmann, G.M. Ribbers, and H.J. Stam // Arch Phys Med Rehabil, 88:1121–1126, 2007.
4. B. Najafi, K. Aminian. Ambulatory system for human motion analysis using a kinematic sensor: Monitoring of daily physical activity in the elderly/ B. Najafi, K. Aminian, A. Paraschiv-Ionescu, F. Loew, C. Bula, and P. Robert // IEEE Transactions on Biomedical Engineering, 50(6):711–723, 2003.
5. N.L. Keijsers. Movement parameters that distinguish between voluntary movements and levodopa-induced dyskinesia in parkinson's disease/ N.L. Keijsers, M.W. Horstink, and S.C. Gielen // Human Movement Science, 22:67–89, 2003.
6. N. Vogels, K.R. Daily physical activity counts vs structured activity counts in lean and overweight dutch children/. N. Vogels, K.R. Westerterp, D.L.A. Posthumus, F. Rutters, and M.S. Westerterp- lantenga // Physiology and Behavior, 92:611–616, 2007.
7. A.K. Bourke. Evaluation of a thresholdbased tri-axial accelerometer fall detection algorithm/ A.K. Bourke, J.V. O'Brien, and G.M. Lyons// Gait and Posture, 26:194–199, 2007.
8. Fall Detection with Three-Axis Accelerometer and Magnetometer in a Smartphone [Elektronnij resurs]. – Rezhim dostupu : http://onlinepresent.org/proceedings/vol6_2012/10.pdf
9. Fall Detection Using a Smartphone. [Elektronnij resurs]. – Rezhim dostupu :

http://www.planetanalog.com/document.asp?doc_id=528265&site=planetanalog

10. Thomas L. Sorensen. Automatic Epileptic Seizure Onset Detection Using Matching Pursuit: A Case Study / Thomas L. Sorenseny, Ulrich L. Olseny, Isa Conradseny, Jonas Henrikseny, Troels W. Kjaer, Carsten E. Thomsenz and Helge B. D. Sorenseny // 32nd Annual International Conference of the IEEE EMBS Buenos Aires, Argentina, August 31 - September 4, 2010.
11. Kazakevich A. Akselerometry Analog Devices. Ustrojstvo, primenenie i nepreryvnoe obnovenie // Komponenty i tehnologii. — 2007. — № 5.
12. Ivo Salmre Programirovanie mobil'nyh ustrojstv na platforme .Net Compact Framework / Ivo Salmre// Vil'jams, — 2006 g. — 736 s. il.

Могильний Г.А., Кіреєв І.Ю., Скачко В.В., Кіреєв Д.І., Використання мобільних пристроїв у складі М2М-сервісів систем моніторингу стану здоров'я.

У статті розглянуто напрямки використання мобільних пристроїв в якості елементів моніторингу здоров'я людини в складі М2М-сервісів. Представлено алгоритм програми під ОС Андроїд для моніторингу стану здоров'я хворого на епілепсію. Проведено дослідження параметрів вимірювальної системи на основі вбудованого акселерометра різних моделей мобільних телефонів.

Ключові слова: мобільний пристрій, ОС Андроїд, акселерометр, М2М-сервіс

Mogilny G., Kiryeyev I., Skachko V., Kiryeyev D. The use of mobile devices in the M2M service system health monitoring.

The paper considers ways of using mobile devices as elements of the monitoring of human health as part of M2M services. An algorithm for applications under Android OS to monitor the health of a patient with epilepsy. A study of the parameters measurement system based on the built-in accelerometer of different models of mobile phones.

Key words: mobile, Android OS, accelerometer, M2M service.

Могильний Геннадій Анатольевич, канд. техн. наук, доцент, директор Інститута інформаційних технологій Луганського національного університету ім. Тараса Шевченка

Кіреєв Ігорь Юльевич, канд. техн. наук, доцент кафедри інформаційних технологій і систем Луганського національного університету ім. Тараса Шевченка

Скачко Валерий Валериевич, асистент кафедри інформаційних технологій і систем Луганського національного університету ім. Тараса Шевченка

Кіреєв Данил Ігоревич, студент кафедри системної інженерії ВНУ ім. Володимира Даля

Рецензент: **Ю. П. Коробецкий**, д-р техн. наук, проф. СНУ ім В. Даля г. Луганск

Стаття подана 16.05.2012