

Arquitectura de componentes para la plataforma de sensado oportunista y participativo InCense

Roberto Martínez-Velázquez¹, Moisés Pérez¹, Marcela D. Rodríguez², Luis A. Castro³, Jesus Favela¹

¹ Departamento de Ciencias de la Computación, CICESE, Ensenada, México

² Escuela de Ingeniería en Computación, Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali, México

³ Instituto Tecnológico de Sonora, Ciudad Obregón, México

{rmartine, perezg}@cicese.edu.mx, marcerod@uabc.edu.mx, luis.castro@acm.org, jfavela@cicese.edu.mx

(Paper received on June 30, 2013, accepted on August 15, 2013)

Resumen. El sensado con teléfonos móviles abrió la posibilidad de recolectar datos sobre las personas que se generan de manera cotidiana y durante el transcurso de sus actividades diarias, datos que difícilmente podrían ser recolectados de otra manera. Esto ha despertado el interés de la comunidad académica por el sensado con teléfonos móviles. En este documento se presenta la arquitectura extendida de InCense, una plataforma para el sensado oportunista y participativo con celulares. Las modificaciones hechas a la arquitectura permiten que investigadores con poca habilidad técnica en programación puedan aprovechar esta plataforma de sensado para el desarrollo de su trabajo de investigación.

Palabras clave: Sensado con teléfonos móviles, sensado oportunista, sensado participativo, InCense, android, diseño de componentes.

1 Introducción

En octubre de 2011 existían alrededor de 708 millones de usuarios de teléfonos inteligentes, un año después, la cifra rebasó los 1000 millones de usuarios en todo el mundo [1]. Claramente estos dispositivos lograron permear ampliamente en la sociedad.

De forma convencional un teléfono inteligente se utiliza como un dispositivo de comunicación, además de contar con aplicaciones que nos permiten revisar nuestra bandeja de correo electrónico, actualizar nuestras redes sociales entre otras muchas actividades relacionadas con la vida cotidiana. Sin embargo, los teléfonos inteligentes más nuevos cuentan también con sensores integrados, como acelerómetro, brújula digital, GPS y micrófono [2].

Es de suponerse que el objetivo original de incluir sensores en los teléfonos móviles no era otro que el de mejorar la experiencia de usuario. Por ejemplo, el acelerómetro se incluyó para re-orientar la pantalla del teléfono de acuerdo a la posición del mismo. Sin embargo, desde hace algunos años existe un creciente interés

por explorar la posibilidad de utilizar los teléfonos inteligentes como sensores inmersos en la sociedad. Esto es gracias a que los teléfonos inteligentes han aumentado sus capacidades de cómputo y sensado de manera considerable. Por supuesto que también ha influido el hecho de que estos dispositivos ganaron mucha popularidad entre usuarios de todos los estratos y edades. Todos estos factores en conjunto propiciaron la creación de un campo de investigación: sensado con teléfonos móviles. Se trata de un campo de investigación en ascenso que aprovecha la proliferación de los teléfonos inteligentes y los sensores integrados en ellos para capturar datos sobre los individuos (usuarios) y su contexto con el propósito de estudiarlos y entenderlos mejor.

Desde la perspectiva del nivel de participación del usuario en la recolección de datos, existen dos paradigmas de sensado: oportunista y participativo [2]. En el sensado participativo es el usuario quien decide qué datos recolectar y enviar de manera explícita, por ejemplo a través de cuestionarios en el mismo dispositivo. El sensado oportunista es cuando el usuario se convierte en un portador pasivo del dispositivo y este recolecta los datos de manera transparente para el usuario. Por ejemplo un podómetro que utiliza el acelerómetro para determinar los pasos que dio el usuario sin que este tenga que ingresar en el dispositivo información alguna.

La aplicación del sensado con teléfonos móviles es muy amplia, ya que puede contribuir lo mismo en la medicina que en las ciencias sociales o en la planeación urbana como en [3], [4] y [5]. También existen plataformas que aprovechan la conectividad del teléfono para obtener datos desde sensores externos que luego son transmitidos inalámbricamente al teléfono (convirtiendo al Bluetooth y/o Wi-Fi en un sensor más) [6] [7].

En este trabajo se presenta una extensión a la arquitectura de la plataforma de sensado con teléfonos móviles InCense [8]. Dichas modificaciones tienen el propósito de facilitar la adición de componentes que permitan extender las capacidades de la misma.

2 La plataforma de sensado InCense

InCense es una plataforma de recolección de datos para el estudio de poblaciones de usuarios de teléfonos móviles. El diseño de esta plataforma permite la adición de módulos de pre-procesamiento de los datos, mismos que deben ser diseñados e implementados por el investigador. InCense fue diseñado siguiendo estos cuatro principios:

- 1) Diseño centrado en el usuario. InCense se diseñó pensando en investigadores con un nivel bajo de habilidad técnica (en la programación o desarrollo con teléfonos inteligentes) y con orientación hacia la investigación [8][9].
- 2) Móvil. Porque desde su diseño se concibió para que se ejecutara en un teléfono inteligente [8].
- 3) Flexible. El sistema soporta la participación de cualquier cantidad de dispositivos en una campaña de sensado, además de ser escalable en lo que respecta a la adición de componentes generados por el usuario [8][9].

- 4) **Eventos programables.** Posee la capacidad de iniciar campañas de sensado una vez que se cumplen condiciones preestablecidas, por ejemplo la cercanía con otro individuo [8][9].

Una campaña de sensado en InCense está representada por una sesión, misma que se construye principalmente por cinco elementos (tabla 1), que a continuación se describen.

Sensor. Este elemento representa un origen de datos crudos, recolectados desde algunos de los sensores integrados al teléfono. Entre estos sensores se encuentran el acelerómetro, micrófono, Bluetooth, GPS y Wi-Fi.


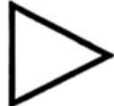



Disparador de evento (*Trigger*). Este objeto permite iniciar eventos de sensado dadas ciertas condiciones establecidas en el mismo. Incluso es posible iniciar campañas de sensado secundarias. Por ejemplo, cuando el usuario del teléfono comienza una actividad como caminar, puede iniciarse la captura de datos. De la misma manera cuando finalice la actividad, es posible comenzar un cuestionario.

Cuestionario. Se trata de una lista de preguntas de opción múltiple o de preguntas abiertas que el usuario contesta en el mismo dispositivo.

Componente. Este es probablemente el elemento más sofisticado en la arquitectura de InCense. Un Componente recibe los datos en crudo (directo de los sensores) o desde otros componentes para realizar un procesamiento de estos y enviarlos al siguiente elemento que puede ser un componente, un disparador o un elemento de almacenamiento. Otra característica muy importante de los componentes es que se diseñaron con el propósito de que el investigador pueda crear sus propios componentes de acuerdo a las necesidades de sus campañas de sensado.

Almacenamiento (*sink*). Este elemento es responsable de almacenar en la tarjeta de memoria del teléfono los datos recolectados durante la sesión.

Tabla 1. Elementos que conforman una sesión en InCense.

<i>Figura</i>	<i>Nombre</i>
	<i>Sensor</i>
	Disparador de evento (<i>Trigger</i>)
	Cuestionario
	Componente
	Almacenamiento (<i>sink</i>)

Con los elementos mencionados, un investigador puede construir cualquier campaña de sensado de acuerdo a las capacidades del dispositivo móvil. Sin embargo es necesario entender la manera en que se relacionan todos estos elementos. A continuación se presenta una ontología diseñada para este propósito y que además habilita al investigador para extender las capacidades de InCense.

2 Caso de estudio: Estimación de actividad física

Existe un amplio interés académico por estimar el nivel de actividad de un individuo. De acuerdo a [10], la falta de actividad física está asociada con riesgos de salud como hipertensión y diabetes tipo 2, por lo que se requieren métodos no intrusivos, válidos y precisos para entender cómo la intensidad, frecuencia y duración de la actividad física influye en la salud. Suponga que un investigador del área médica desea recolectar datos sobre el nivel de actividad de un grupo de pacientes en riesgo de contraer diabetes.

Una forma de estimar el nivel de actividad física de un individuo es mediante el "Equivalente Metabólico de Tarea" (MET) [10][11][12]. Si se utilizan *activity counts* (AC), de acuerdo a [13, 14] la mejor técnica es *Proportional Integral Mode* (PIM). Para calcular el nivel de actividad física en METs es necesario sumar las lecturas obtenidas desde el acelerómetro (los valores deben estar en G y no en $\frac{m}{s^2}$), cada minuto se evalúa el rango en que se encuentra el acumulado de las lecturas: 1-3 es una actividad ligera, 3-6 significa actividad moderada y sobre 6 es una actividad vigorosa. A continuación se muestra la implementación del algoritmo para calcular el valor en METs del nivel de actividad de un individuo a partir de una serie de lecturas almacenadas en un vector. InCense está escrito en android por lo que se asume que los valores se encuentran expresados en metros sobre segundo al cuadrado ($\frac{m}{s^2}$) y se hace una conversión.

```
private Data processData(Data data){
    VMagData vMagData = (VMagData) data;
    double[][] vMag = vMagData.getVmag();
    int windowSize = 45 * 60;
    double acumulador = 0.0;
    String[][] activityLevel=new String[vMag.length()][2];
    int i = 0;
    for (i = 0; i < vMag.length(); i++){
        acumulador += vMag[i][1] / 9.8;
        if (i % windowSize == 0){
            activityLevel[i][0] = Double.toString(vMag[i][0]);
            if (acumulador > scale[1]){
                activityLevel[i][1] = "Vigorosa";
            } else if (acumulador > scale[0]){
                activityLevel[i][1] = "Moderada";
            } else{
                activityLevel[i][1] = "Ligera";
            }
        }
    }
}
```

```

    }
    acumulador = 0.0;
  }
}
METData newData = new METData (activityLevel);
return newData;
}

```

Hasta este punto el investigador tiene el diseño de un componente con el que extenderá las capacidades de InCense. Incluso conoce el algoritmo para realizar el cálculo. Su reto ahora es integrar este algoritmo como un componente de InCense para que pueda ser utilizado en una campaña de sensado. En las siguientes secciones se presenta una arquitectura de InCense extendida, con el objetivo de facilitar la adición de componentes a la plataforma.

3 OntoInCense

El mayor reto con el que un investigador se enfrentaría al utilizar InCense, es entender su arquitectura y estudiar el código fuente. Ambas actividades necesarias si desea extender las capacidades de la plataforma al crear sus propios componentes. Es por ello que en [9] se diseñó una ontología para conceptualizar el dominio de conocimiento de InCense, reduciendo a la vez la intervención del usuario al crear componentes. Una ontología es la representación de conocimiento sobre un dominio mediante los conceptos y relaciones que lo conceptualizan. Esta conceptualización es una visión abstracta y simplificada del dominio que se desea representar y [15].

La ontología desarrollada lleva por nombre OntoInCense. La Figura 1 es la representación gráfica de OntoInCense, en ella se aprecian los objetos que forman el dominio de conocimiento de un proyecto de sensado y la relación entre ellos.

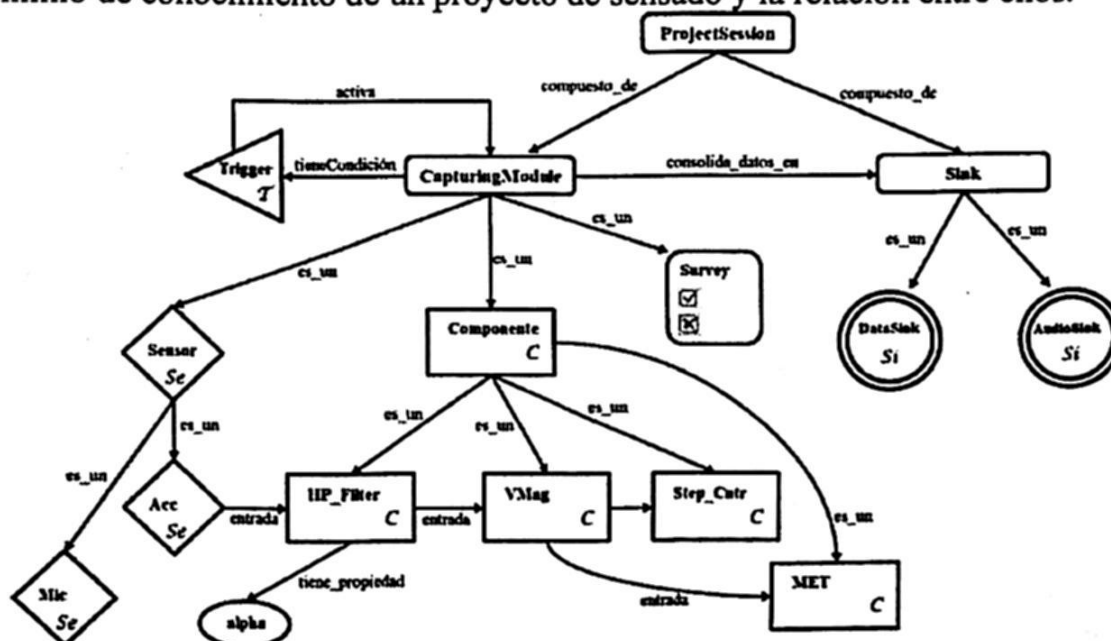


Figura 1. Representación gráfica de OntoInCense

El objeto *Componente* es un componente genérico que permite al usuario incrementar las capacidades de la plataforma de sensado mediante la extensión de este, tal y como se observa en la Figura 1. Por ejemplo *Step_Cntr* es un tipo de *Componente* que sólo recibe datos de *VMag* pero no transmite datos a otro componente. Este tipo de relaciones y la definición de cada componente se almacenan en *OntoInCense*.

Retomando el reto al que un usuario de *InCense* (Investigador) se enfrenta cuando decide usar la plataforma para realizar sus campañas de sensado, *OntoInCense* logra resolver la parte de facilitar el aprendizaje sobre la arquitectura de la plataforma, sus elementos y las relaciones existentes entre ellos. La segunda parte es entender el código fuente de la plataforma para luego editarlo e implementar los componentes que se han agregado a *OntoInCense*. Para ello se desarrolló *InCense Manager*, un *plugin* que se instala en el ambiente de desarrollo y permite implementar un componente de manera relativamente sencilla.

4 Proceso de creación de un nuevo componente

Retomando el caso de estudio que se planteó en la sección dos, el investigador deberá seguir una serie de pasos para llegar a la implementación de su nuevo componente:

- 1) Estudio y análisis de *OntoInCense*. En esta etapa el usuario deberá estudiar la ontología incluida con el código fuente de la plataforma de sensado para entender la relación que hay entre sus elementos.
- 2) Diseño del nuevo componente. El investigador deberá crear un algoritmo en android que procese los datos; de forma similar a como se muestra en la sección dos.
- 3) Registro del componente en *OntoInCense*. Utilizando el programa de edición de ontologías *Protege*, el usuario deberá crear una subclase de "Componente" en *OntoInCense* (como se muestra en [9]).
- 4) Edición e implementación. Es necesario editar el código fuente de la plataforma, en la siguiente sección se muestra cómo se realiza esta tarea.
- 5) Actualizar la aplicación móvil. Consiste en generar el archivo "apk" que es la aplicación android que se instalará en el dispositivo móvil.

4.1 InCense Manager

InCense Manager forma parte de la propuesta para extender la arquitectura original de *InCense* y cuyo objetivo final es el de facilitar el diseño e implementación de nuevos componentes. El rol de *InCense Manager* no es otro que el de vincular *OntoInCense* con la plataforma de sensado que se ejecuta en los dispositivos móviles (*InCense*). El código fuente de la plataforma móvil de sensado está desarrollado para Android de manera que se utiliza el editor *Eclipse*. Por esto es que se decidió extender la arquitectura de *InCense* con *InCense Manager* (IM), un *plugin* que se integra a *Eclipse* a manera de *Wizard* y permite generar un nuevo componente de manera automatizada. Es decir que, dado el algoritmo para procesar los datos y llenando unos cuantos campos más, el *wizard* genera el resto del código escribiéndolo directamente sobre *InCense*. Esto se logra gracias a que IM es capaz de generar nuevas clases de

código de manera automática haciendo uso de la tecnología Java Emitter Templates (JET). Gracias a esto el usuario no requiere conocer a fondo el código fuente de InCense, sino que sólo debe estar consciente de algunas reglas y proveer un algoritmo para procesar los datos, mismo que debe estar implementado en android.

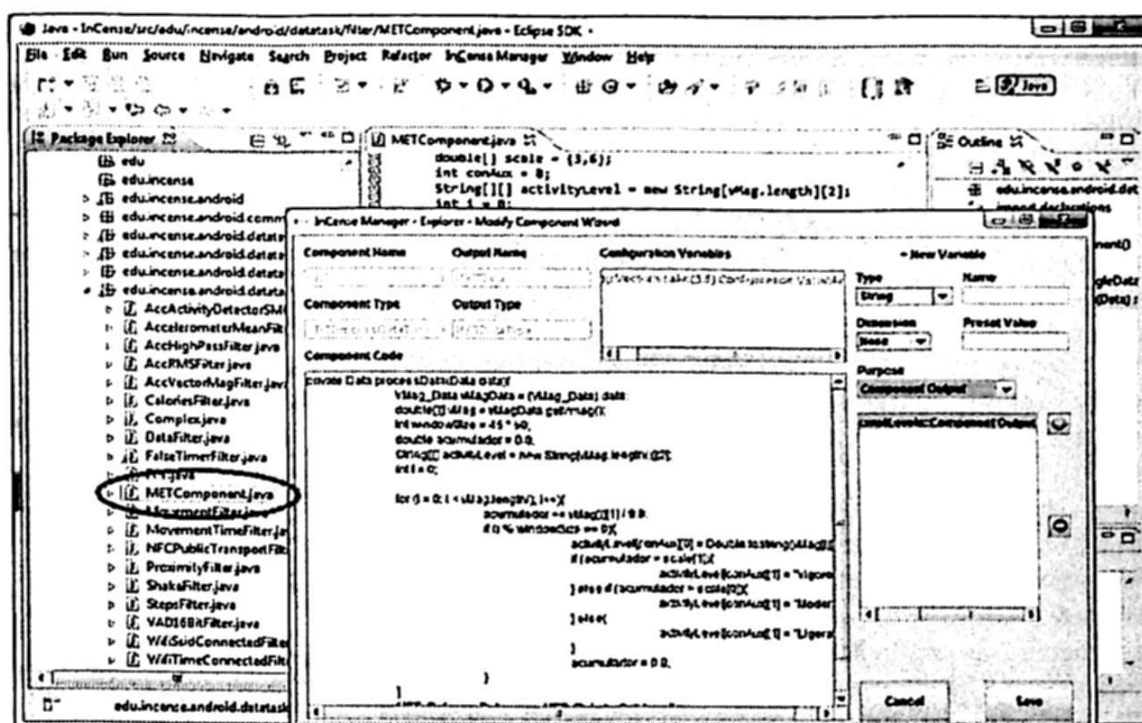


Figura 2. InCense Manager integrado a eclipse.

La Figura 2 muestra InCense Manager ejecutándose como un *plugin* integrado al ambiente de desarrollo eclipse. IM lee desde la ontología que se incluye en el código fuente de eclipse los componentes que han sido agregados por el investigador. Si estos componentes no han sido implementados, el wizard le permite al usuario seleccionarlos para editarlos. Como se puede observar de la Figura 2, implementar el componente es tan simple como llenar un formulario utilizando el diseño que se hizo previamente. Enseguida sólo es necesario dar unos clics más y el wizard se encarga de generar el código fuente correspondiente en el código fuente de la aplicación móvil.

5 Conclusiones

La plataforma extendida de InCense permite reducir notablemente el esfuerzo que debe realizar un investigador para adaptar la plataforma a una nueva campaña de sensado para la cual los componentes disponibles en la distribución original no son suficientes. Esto permite además crear una comunidad de desarrolladores de componentes para InCense que permitirá incluir por ejemplo módulos que infieran las actividades y comportamientos de los usuarios del dispositivo móvil.

Referencias

1. Dover, S.: Study : Number of smartphone users tops 1 billion, http://www.cbsnews.com/8301-205_162-57534583/study-number-of-smartphone-users-tops-1-billion/.
2. Lane, N., Miluzzo, E., Lu, H., Peebles, D., Choudhury, T., Campbell, A.: A survey of mobile phone sensing. *IEEE Communications Magazine*. 48, 140–150 (2010).
3. Lane, N., Mohammad, M., Lin, M., Yang, X., Lu, H., Ali, S., Doryab, A., Berke, E., Choudhury, T., Campbell, A.: BeWell: A Smartphone Application to Monitor, Model and Promote Wellbeing. *Proceedings of the 5th International ICST Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare*. IEEE (2011).
4. Madan, A., Cebrian, M., Lazer, D., Pentland, A.: Social sensing for epidemiological behavior change. *Proceedings of the 12th ACM international conference on Ubiquitous computing - UbiComp '10*. p. 291. ACM Press, New York, New York, USA (2010).
5. Miluzzo, E., Lane, N.D., Fodor, K., Peterson, R., Lu, H., Musolesi, M., Eisenman, S.B., Zheng, X., Campbell, A.T.: Sensing Meets Mobile Social Networks: The Design, Implementation and Evaluation of the CenceMe Application. *Proceedings of the 6th ACM conference on Embedded network sensor systems - SenSys '08*. pp. 337–350. ACM Press, New York, New York, USA (2008).
6. Ortmann, S., Maaser, M.: Enabling secure and privacy-aware mobile sensing and e-health applications on everybodys smartphone. *2011 IEEE International Conference on Consumer Electronics -Berlin (ICCE-Berlin)*. pp. 181–185. IEEE (2011).
7. Postolache, O., Girao, P.S., Ribeiro, M., Guerra, M., Pincho, J., Santiago, F., Pena, A.: Enabling telecare assessment with pervasive sensing and Android OS smartphone. *2011 IEEE International Symposium on Medical Measurements and Applications*. pp. 288–293. IEEE (2011).
8. Perez, M., Castro, L.A., Favela, J.: InCense: A Research Kit to Facilitate Behavioral Data Gathering from Populations of Mobile Phone Users. *5th International Symposium of Ubiquitous Computing and Ambient Intelligence (UCAmI)*. pp. 1–8. , Mérida, México (2011).
9. Rodríguez, M.D., Martínez, R., Pérez, M., Castro, L. a., Favela, J.: Using ontologies to reduce user intervention to deploy sensing campaigns with the InCense toolkit. *Proceedings of the 2012 ACM Conference on Ubiquitous Computing - UbiComp '12*. pp. 741–744. ACM Press, New York, New York, USA (2012).
10. Puyau, M.R., Adolph, A.L., Vohra, F.A., Zakeri, I., Butte, N.F.: Prediction of activity energy expenditure using accelerometers in children. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 36, 1625–1631 (2004).
11. Crouter, S.E., Churilla, J.R., Bassett, D.R.: Estimating energy expenditure using accelerometers. *European journal of applied physiology*. 98, 601–12 (2006).
12. Crouter, S.E., Clowers, K.G., Bassett, D.R.: A novel method for using accelerometer data to predict energy expenditure. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*. 100, 1324–31 (2006).
13. Moran, D.S., Heled, Y., Gonzalez, R.R.: Metabolic rate monitoring and energy expenditure prediction using a novel actigraphy method. *Medical science monitor : international medical journal of experimental and clinical research*. 10, MT117–20 (2004).
14. Sorber, J.M., Shin, M., Peterson, R., Kotz, D.: Plug-n-trust: practical trusted sensing for mhealth. *Proceedings of the 10th international conference on Mobile systems, applications, and services - MobiSys '12*. pp. 309–322. ACM Press, New York, New York, USA (2012).
15. Gruber, T.R.: Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing? *International Journal of Human-Computer Studies*. 43, 907–928 (1995).