



Instituto Tecnológico de Sonora

Maestría en Ciencias de la Ingeniería.

Modelo Basado en Componentes para Procesamiento de
Datos de Sensores en Teléfonos Celulares Inteligentes.

Tesis para obtener el grado de:
Maestro en Ciencias.

Presenta:
Iván Rogelio Félix Navarrete.

Director de tesis:
Luis Adrián Castro Quiroa.

Cd. Obregón, Sonora, 25 de febrero del 2016.

Índice

1 INTRODUCCIÓN.....	3
1.1 Antecedentes.....	3
1.2 Definición del problema.....	4
1.3 Justificación.....	5
1.4 Hipótesis.....	6
1.5 Objetivos.....	6
1.6 Limitaciones.....	6
1.7 Delimitaciones.....	6
2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	7
2.1 Generalidades del sensado con teléfonos inteligentes.....	7
2.1.1 Campaña de sensado.....	7
2.1.2 Paradigma de sensado.....	7
2.1.3 Dominios de sensado.....	7
2.1.4 Escala de sensado.....	8
2.1.5 Sensores estándar en un teléfono inteligente.....	8
2.2 Propósito de las aplicaciones de sensado.....	9
2.3 Olas de desarrollo.....	10
2.3.1 Dispositivos personalizados de sensado.....	10
2.3.2 Utilización de los sensores embebidos en teléfonos inteligentes.....	10
2.3.3 Utilización de sensores comerciales.....	10
2.4 InCense [15].....	10
2.4.1 Componentes principales de InCense.....	11
2.4.2 Arquitectura de InCense.....	11
3 Metodología.....	12
3.1 Procedimiento.....	12
3.2 Materiales.....	13
3.3 Sujetos.....	Error! Bookmark not defined.
4 Resultados.....	14
5 BIBLIOGRAFÍA.....	16

1 INTRODUCCIÓN.

1.1 Antecedentes.

La obtención de datos sobre un fenómeno, es una actividad que se realiza típicamente en muchas actividades relacionadas con la investigación científica. Para esto, se han utilizado varios métodos, por ejemplo, el registro de eventos a través de la observación, retroalimentación de una persona o grupo de personas, mediante la utilización de cuestionarios, grabaciones de audio y/o video sobre algún interés en particular.

Hace algunos años, los teléfonos celulares comenzaron a integrar diferentes clases de sensores (Ej. acelerómetro, giroscopio, GPS, cámara fotográfica y de video, etc.), con el propósito de mejorar la experiencia de usuario, y de ofrecer servicios que aumentaban de manera novedosa las capacidades del dispositivo. Por ejemplo, la utilización del giroscopio para adecuar el contenido que se muestra en el teléfono de acuerdo a la posición que en que se encuentra este mismo, o la utilización de GPS para compartir la ubicación de un usuario con otras personas o marcar una fotografía que se toma con el dispositivo con el lugar donde se obtuvo.

Utilizar los teléfonos celulares como instrumentos portables de medición trae consigo varias ventajas: (1) se pueden utilizar de manera no estorbosa y discreta; (2) permiten obtener datos en el sitio donde suceden y cuando suceden de forma precisa y objetiva; (3) se pueden evitar sesgos introducidos por el participante u observador (como la memoria, o punto de vista del sujeto); (4) se tiene la capacidad de enviar los datos a repositorios remotamente, lo que permite concentrarlos fácilmente en un lugar para su análisis y se mitiga la probabilidad de pérdida de ellos por robo, extravío o daño del equipo; entre otras.

A partir del aprovechamiento de las ventajas enunciadas en el párrafo anterior emerge un área conocida como: sensado con teléfonos celulares. En esta área se busca explotar los beneficios que trae consigo el poder usar una computadora de bolsillo con la capacidad de medir el mundo y a su portador de varias maneras. A través de la utilización del teléfono celular es posible realizar la recolección de datos de manera inteligente (ej. en base a eventos detectadas por sensores) y colectiva (requiere menos esfuerzo medir a muchos participantes); esto beneficia a otras áreas de investigación como la salud, psicología, urbanidad, HCI (Interacción Humano Computadora, por sus siglas en inglés).

En la literatura, se han encontrado tres maneras de cómo se han utilizado los teléfonos celulares para apalancar los estudios que realizan algunas áreas de investigación: 1) En la primera, antes de los celulares tuvieran una gama amplia de sensores, los investigadores creaban sus dispositivos de sensado con la capacidad de conectarse con el teléfono (usualmente a través del protocolo de comunicación Bluetooth), y el teléfono fue utilizado como una plataforma para almacenar los datos colectados o para enviarlos a repositorios remotos, como es el caso de [1-4]. 2) En la segunda ola aprovecharon la aparición del teléfono inteligente, que es un dispositivo con más sensores, con más capacidad de procesar y almacenar datos, por lo que generalmente se eliminó la necesidad de otros dispositivos adicionales [5-8]. 3) Por último, la tercera ola se distingue por la adopción de dispositivos comerciales hechos con un propósito específico para, hasta ahorita, 2 tareas detectadas: como un medio para obtener la verdad base y como un dispositivo para aumentar la forma de interactuar con los teléfonos inteligentes (ver [9, 10]).

A pesar de que la utilización de teléfonos inteligentes como herramientas para recabar datos en un estudio puede facilitar en gran medida este trabajo, aunado a las características de estos dispositivos móviles ya mencionadas, existe un esfuerzo que es necesario para adaptar el teléfono como dicha herramienta, que es crear el programa que permitirá que se comporte de tal manera que colecte los datos de la forma deseada. En muchos casos, los investigadores han creado estos programas en su totalidad [6, 11, 12], lo cual puede ser tarea desgastante, ya que se requiere de conocimientos técnicos sobre la plataforma de desarrollo, tiempo, y algunas veces de personas con esos conocimientos técnicos. Debido a esto, se crearon herramientas que trataron o tratan de facilitar el proceso de creación de aplicaciones para el sensado con teléfonos móviles [13-15], aunque algunas de ellas demandan conocimiento técnico sobre la plataforma de desarrollo y de la herramienta propia.

Existe otro reto dentro del sensado con teléfonos celulares, que es importante mencionar, el cual también es un proceso que consume recursos, que es el darle sentido a los datos obtenidos durante una campaña de sensado, la cual consiste en la obtención de los datos buscados a través del teléfono de celular de acuerdo a parámetros establecidos previamente. Algunas de las herramientas que buscan facilitar el proceso de sensado con teléfonos celulares, mencionadas anteriormente, buscan abordar este problema con la integración de componentes a la arquitectura de la solución que ellos proponen. Los componentes son aplicaciones de software que permiten el procesamiento de datos proveniente de los sensores.

Aunque ha habido algunas aportaciones que buscan mejorar las condiciones para crear campañas de sensado, no se ha encontrado alguna que haya sido ampliamente adoptada por la comunidad y que además posea las características y flexibilidad para realizar campañas como las que se mencionaron atrás. Una de las principales razones de esto puede ser que existe más de una plataforma de desarrollo para los teléfonos celulares.

1.2 Definición del problema.

Como se mencionó en la sección anterior, existen múltiples esfuerzos (como [13, 14]) en donde se pretende abordar problemática sobre cómo mejorar las condiciones para desplegar campañas de sensado con un esfuerzo y tiempo mínimo, con la menor necesidad de conocimiento técnico relacionado posible.

La mayoría de estas contribuciones están preparadas para manejar con relativa facilidad situaciones frecuentes (ej. lecturas de sensores comunes como GPS, acelerómetro, giroscopio, etc., o utilización de encuestas en base a calendarios o eventos). Sin embargo, aún con la ayuda proporcionada por estas herramientas, es imprescindible que los usuarios estén capacitados sobre la plataforma donde fueron desarrolladas, que tengan conocimientos sobre el funcionamiento interno de ésta, para poder realizar adecuaciones especializadas, específicas de su campaña de sensado, especialmente sobre cómo se interpretarán los datos obtenidos por los sensores.

Hasta donde llega nuestro conocimiento, no existe ninguna herramienta que ofrezca un lugar donde terceras partes puedan contribuir sus componentes especializados a los requerimientos de su campaña de sensado, para que otras personas las puedan buscar, aprovechar y reutilizar. Creemos que es un buen nicho de mejora, pues se han visto buenos resultados en algunos proyectos de código abierto donde la comunidad participa para el bien común de un proyecto (ej. PostgreSQL).

Adicionalmente que la herramienta permita, al vuelo, descargar componentes del repositorio según se defina por la campaña, cargarlos en la aplicación y empezarlos a utilizar inmediatamente después de haberlos instalado sin que el usuario tenga que intervenir, puede facilitar el proceso de creación y despliegue de una campaña.

La solución de las situaciones que se han planteado en los párrafos anteriores sobre la plataforma particular de InCense [15], es la contribución que se busca realizar mediante este trabajo, que además complementa lo que otras personas han aportado con anterioridad.

1.3 Justificación.

Con la implementación de un modelo basado en componentes se busca lo siguiente:

1. Facilitar la contribución de componentes, a través de un esquema de diseños que abstraerá a los usuarios de la necesidad de que éstos tengan un conocimiento profundo acerca del funcionamiento interno de InCense, lo que reduce el tiempo de la curva de aprendizaje.
2. Dado que los componentes es una manera de abstraer formas de medir e interpretar situaciones leídas por los sensores encapsuladas en un programa de software, las aportaciones que los usuarios realicen de estos permitirá la reutilización, que probablemente evite que se tenga que crear componentes desde cero, con lo que se ahorra tiempo y esfuerzo en la adecuación de la herramienta para la campaña de sensado.
3. La capacidad que se adquirirá de utilizar componentes con base en la demanda, ayudará a la optimización de los recursos (ej. memoria, batería) del teléfono inteligente, pues sólo se utilizará lo necesario.

El sensado con teléfonos inteligentes tiene diferentes aplicaciones y ayuda a investigadores de diferentes áreas en varios aspectos:

- a) Facilita el trabajo de recolección de datos en estudios que tienen muchos participantes [6, 16, 17]. Dado que los teléfonos inteligentes poseen la cualidad de obtener los datos en lugar en que suceden y cuando suceden, con mejor precisión, comparado con otros métodos para obtener datos como la observación. También evitan sesgos ocasionados por factores humanos (ej. memoria).
- b) Gracias a su ubicuidad ayudan a cubrir grandes extensiones geográficas, por lo que la creación de mapas de contaminación, ruido, baches, etc. (ver [6, 17, 18]) en una ciudad es factible y exacto gracias a los sensores que tiene (ej. GPS, red celular).
- c) En cuestiones de salud, su precisión, y las múltiples interfaces que existen para medir variables del cuerpo humano (ej. presión sanguínea, calidad del sueño, calorías utilizadas en base a actividad física, etc.), pueden contribuir a encontrar factores que ocasionan ciertos padecimientos, o pueden ayudar a medir el desempeño de hábitos, dietas o medicina (ver [1, 5, 11, 19]).
- d) Ayuda al mismo origen de su existencia, mejorar la experiencia de usuario en el uso del dispositivo (ver [10, 20]), con el uso de técnicas novedosas de interacción con el mismo, mediante la utilización de cámaras o algún otro dispositivo que se pueda comunicar con el teléfono.

1.4 Hipótesis

La creación de un entorno adecuado para contribuir componentes (que consiste en desarrollar la capacidad de InCense de descargarlos y utilizarlos en tiempo de ejecución de manera transparente para el usuario, y el desarrollo de un repositorio que reciba aportaciones de terceras personas, permita búsquedas de componentes y permita su descarga), facilitará la creación de componentes y reducirá el tiempo de despliegue de campañas.

1.5 Objetivos.

Diseñar, implementar y evaluar un modelo basado en componentes de InCense para procesamiento de datos de sensores de teléfonos inteligentes.

Objetivos específicos:

1. Diseñar la arquitectura del modelo basado en componentes que defina como crear un componente, como descargarlo y cargarlo en el cliente al vuelo, y como indexarlo.
2. Implementar la arquitectura diseñada en la plataforma InCense.
3. Evaluar el diseño utilizando una campaña de sensado.

1.6 Limitaciones.

La limitación más importante que he identificado hasta ahorita es disponer de las personas adecuadas que me puedan ayudar a evaluar el proyecto. Para poder realizar la evaluación se requerirá de personas que estén capacitadas en la plataforma de Android y tengan experiencia previa con haber trabajado con interpretación de datos obtenidos de sensores, que les permita comparar las formas de crear un componente.

Otro aspecto importante es que para poder ofrecer un servicio que pueda entregar de manera remota los componentes en un teléfono celular inteligente, es contar con la infraestructura necesaria que lo permita (ej. servidor accesible desde internet).

1.7 Delimitaciones.

En este trabajo se busca mejorar la aplicación de InCense del teléfono, con la integración de una funcionalidad soportada por una herramienta de diseño de software (ej. patrones de diseño, arquitectura de software), que permitirá, de acuerdo a los parámetros especificados en la campaña de sensado, descargar y utilizar en tiempo de ejecución los componentes contribuidos por terceras personas. El proceso de descarga y utilización será transparente para el usuario. Las guías y estándares especificarán, de qué clase debe heredar el componente, qué interfaces tiene que implementar, qué funciones abstractas tiene que definir, y tiene que describir la funcionalidad de funciones ya establecidas en caso que se tengan que agregar capacidades adicionales a través de una sobrecarga o un remplazo de una función. Adicionalmente, se definirá cómo establecer los atributos que auto-describirán al componente y sus capacidades.

En el caso de los servicios que deberá prestar el repositorio, se está considerando un servicio web que tenga la capacidad de recibir aportaciones de componentes de terceros, validarlas y almacenarlas; permitirá la búsqueda de estas aportaciones, utilizando los atributos que describen al componente como criterios de la búsqueda. Por último deberá ofrecer un servicio que permita la descarga de los componentes solicitados por un cliente de InCense en un teléfono Inteligente.

En este trabajo, se desarrollarán dos componentes para las pruebas correspondientes de la aplicación del teléfono y el servicio que prestará el repositorio. En ningún momento se crearán

componentes que a través de modelos matemáticos o probabilísticos permitan predecir o inferir situaciones de los participantes y su alrededor.

En lo concerniente a la interfaz gráfica de usuario que se utiliza para diseñar las campañas de sensado, no se tiene planeado agregarle la capacidad que le permita hacer uso del repositorio de componentes.

2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.

2.1 Generalidades del sensado con teléfonos inteligentes.

A continuación se realizará una descripción sobre las formas en las que se puede realizar el sensado con teléfonos inteligentes, qué dominios son los que más comúnmente utilizan esta herramienta como colección de datos para sus investigaciones, sobre qué escalas de participantes se ha utilizado, y qué sensores normalmente trae embebido un teléfono inteligente.

2.1.1 Campaña de sensado.

La campaña de sensado consiste en definir de manera previa a un estudio qué datos se van a coleccionar, qué sensores se debe utilizar para coleccionarlos, que eventos monitorear y en base a ellos decidir las acciones que se deben tomar (ej. sensar ciertos datos, enviar los datos a un repositorio, etc.) cuando se detecte que los eventos han sido disparados, los componentes que se deben utilizar para darle sentido a la información y donde almacenar los datos coleccionados (ej. en el teléfono, un repositorio remoto).

2.1.2 Paradigma de sensado.

A través de la revisión de literatura realizada se pudo corroborar lo que un trabajo de análisis de literatura sobre sensado con teléfonos inteligentes [18] ya estableció en su momento, existen 2 paradigmas que se utilizan para abordar la forma de obtener los datos en una campaña de sensado: participativo y oportunista.

El paradigma participativo, consiste en dejarle la responsabilidad al usuario del teléfono inteligente de decidir qué, cuándo, cómo y dónde proporcionar los datos, ya sea a través de contestar cuestionarios o encuestas [3], tomar muestras de audio [17] o imágenes y video, de acuerdo a los requerimientos de la campaña de sensado.

En el paradigma oportunista, el teléfono tiene la capacidad de decidir que se tiene que coleccionar, cuándo realizarlo (ya sea por eventos (ej. el usuario se está moviendo) o en base a un calendario), cómo realizar la obtención de los datos (los sensores que se tienen que utilizar), es decir, el teléfono debe estar automatizado para cumplir con los requerimientos de la campaña de sensado (véase [16, 19]).

2.1.3 Dominios de sensado.

Existen algunas áreas de estudio que se apoyan en el sensado con teléfonos inteligentes para obtener sus datos en campañas extensivas, en las que hay muchos participantes, cubren áreas geográficas considerables y requieren que la información coleccionada sea precisa y libre de sesgos (ej. memoria del participante).

Las ciencias de la salud, es un área que dada su naturaleza se presta para aprovechar las ventajas del sensado con teléfonos inteligentes. Dado que el teléfono inteligente es un

dispositivo portable y no invasivo, es posible tomar datos de los usuarios en el momento en que suceden los hechos. Para algunos proyectos que tienen como propósito ayudar a monitorear la salud de las personas [1, 5, 11, 21] las ventajas mencionadas anteriormente empatan satisfactoriamente sus propósitos. A través de los sensores adecuados se puede medir la calidad del sueño en base las horas dormidas [11], pueden monitorear el bien estar físico de una persona en base a su actividad física [1] y sus interacciones sociales [5], su nivel de estrés [22], e inclusive enfermedades [23].

En el área de las ciencias sociales, los investigadores se apoyan en los sensores de los teléfonos móviles para detectar las redes de interacciones en un lugar de trabajo [2]. También les es posible inferir el interés sobre un artículo al momento que parejas están en busca de realizar una compra de muebles [24]. Inferir el estado de ánimo a través del tono de la voz y su actividad social [7] o el tipo de personalidad utilizando los registros de llamadas, mensajes, utilización de internet [25], puede resultar de interés para investigadores en el área de psicología.

Otra área que se ve beneficiada por el sensado móvil, es aquella que probablemente tuvo una influencia en el nacimiento del sensado con teléfonos inteligentes: interacción humano computadora para los teléfonos inteligentes. Algunos han buscado en pasar al siguiente nivel con la interacción con el teléfono al buscar métodos novedosos para interactuar con el mismo, como utilizar los ojos [20] o los pensamientos [10].

2.1.4 Escala de sensado.

Durante la revisión de literatura realizada se han identificado 3 escalas de sensado recurrentes: 1) personal, 2) grupal y 3) comunitaria. En la escala personal, normalmente es utilizada por dominios que requieren datos específicos de los participantes de la campaña de sensado; dominios como la salud, para obtener datos específicos del participante como los datos de un electrocardiograma [19], el sonido de su voz para determinar su nivel de estrés [21] o su interacción social para inferir si tienen alguna enfermedad epidemiológica [23].

La escala grupal normalmente es aprovechada por las áreas de las ciencias sociales que les interesa saber el comportamiento de redes sociales [2], modelar interacciones personales [26], o conocer el comportamiento de sistemas complejos sociales [27]. Comúnmente en esta área participan grupos pequeños de personas.

La escala comunitaria supone la participación de un número relativamente alto de personas y que además considera la cobertura de áreas geográficas considerables. Por ejemplo en [6] se crean mapas de ruido sobre diferentes zonas geográficas de una ciudad contribuidos por participantes; en [16] predicen la hora de llegada de autobuses en las paradas correspondientes en base en información que proporcionan los usuarios de los autobuses que se encuentran utilizándolos.

2.1.5 Sensores estándar en un teléfono inteligente.

A continuación se describirán los sensores que comúnmente tienen embebidos los teléfonos inteligentes modernos:

- Acelerómetro. Posiblemente unos de los sensores más utilizados por los estudios. Permite determinar el movimiento del teléfonos usualmente en los tres ejes con los que se modela el mundo real; A partir de sus mediciones se pueden inferir algunas acciones que el usuario se encuentra realizando (ej. está caminando, está detenido).

- Giroscopio. Permite determinar ciertas posiciones en las que se encuentra el teléfono; este sensor normalmente es usado para mejorar la experiencia de usuario, un ejemplo común de su uso es acomodar la forma en que se muestran las aplicaciones de acuerdo a la orientación del teléfono (horizontal o vertical).
- Micrófono. Otros de los sensores más utilizados. Se utiliza para capturar los sonidos que emite el usuario o se producen en el ambiente que rodea al usuario. A partir de su captura se realizan una variedad de inferencias sobre el mismo participante o su alrededor.
- Cámara. Este sensor permite tomar imágenes o videos del participante o de su ambiente. Como es el caso de [12], en donde se monitorea tanto al conductor de un vehículo como la carretera.
- WiFi. Este sensor normalmente es utilizado para tener acceso a redes como el internet de manera inalámbrica. Pero en el ámbito del sensado móvil, se puede utilizar para determinar de manera confiable la ubicación de un usuario, por ejemplo su casa, o su trabajo a través del SSID de la red correspondiente al lugar [28].
- Bluetooth. Puede funcionar como una interfaz de comunicación entre el teléfono inteligente y sensores especializados. También funciona en estudios sociales para inferir las personas con las que se encuentra o se cruza en su camino con el identificador único de este sensor.
- GPS. Permite determinar la ubicación geográfica del teléfono con una precisión de metros. Normalmente es utilizado para determinar el lugar donde se tomaron los datos como en [6].
- Red Celular. También permite determinar la ubicación geográfica de un usuario, aunque no tan precisa como el GPS. Usualmente se puede utilizar como un método auxiliar o adicional de posicionamiento al GPS [16].

2.2 Propósito de las aplicaciones de sensado.

Se han identificado dos propósitos generales principales para las aplicaciones creadas en el sensado con teléfonos inteligentes. En el primer propósito general se entiende que la aplicación creada tiene una meta en particular, la cual es crear una herramienta de colección de datos y/o inferencia (a partir de los datos colectados) específicamente para el estudio que se está realizando. Ejemplos de estas aplicaciones son los trabajos a los que se ha hecho referencia en la sección pasada.

El segundo propósito general, es el crear una aplicación genérica que permita a los usuarios configurarla según los requerimientos que establezca la campaña de sensado, es decir, que sin la necesidad de entender el funcionamiento interno de la herramienta o la plataforma donde fue desarrollada, el usuario tenga la capacidad de realizar adecuaciones para cubrir las metas de su campaña de sensado. Estas herramientas idóneamente deberían de poder ser usadas por personas que no tengan los conocimientos técnicos necesarios para realizar cambios en la aplicación. Algunos ejemplos son MyExperience [13] que es una plataforma que permite configurar una campaña (sensores a utilizar, eventos a monitorear, acciones a tomar en base a ciertos eventos, etc.) a través de XML; AndWellness [14] que está diseñado para crear fácilmente encuestas y lanzarlas en base a una agenda o a ciertos eventos que se detectan usando el acelerómetro; InCense [15] que a través de una interfaz gráfica el usuario puede diseñar su campaña de sensado y el teléfono realiza el sensado en base a la campaña proporcionada por el usuario.

2.2.1 Olas de desarrollo.

Durante la revisión de literatura que se realizó, se identificaron 3 olas de desarrollo que han surgido de acuerdo a la tecnología disponible en la época. Estas olas son: a) creación de dispositivos personalizados de sensado, b) utilización de los sensores embebidos en los teléfonos inteligentes, y c) utilización de sensores comerciales.

2.2.2 Dispositivos personalizados de sensado.

Los primeros estudios que utilizaron sensado con dispositivos móviles, aprovecharon la existencia de algunos sensores y de las dimensiones que poseían para crear dispositivos para sensar datos personalizados para el estudio en cuestión. Estos dispositivos podían funcionar de manera autónoma (cómo [2]) o apoyados en un teléfono inteligente (como [1]). En el caso de funcionar de manera autónoma, los dispositivos creados contaban con su propia memoria para almacenar la información recolectada. Cuando se utilizó el teléfono en conjunto con el dispositivo personalizado, el teléfono fungía como la plataforma para almacenar la información colectada, y enviarla a repositorios remotos para análisis futuros.

2.2.3 Utilización de los sensores embebidos en teléfonos inteligentes.

Conforme el paso del tiempo, los teléfonos incorporaron más sensores con el objetivo de mejorar la experiencia de usuario y ofrecer servicios novedosos (ej. compartir ubicación, fotos, sonidos). En base a esto los sensores necesarios para realizar gran variedad de estudios ya se encontraban incluidos en el teléfono, lo que permitió a los investigadores contar con un dispositivo poco invasivo para realizar su trabajo, lo que a su vez evitó la necesidad de crear dispositivos personalizados.

2.2.4 Utilización de sensores comerciales.

Los sensores comerciales aparecieron para cubrir necesidades de sensado especializadas de forma precisa y confiable. Además, éstos aprovechan la utilización de protocolos de comunicación (ej. Bluetooth) para compartir la información colectada con los teléfonos inteligentes; la utilización de los teléfonos inteligentes presenta una ventaja, puesto que permite almacenar cantidades considerable de información, posee capacidad de procesamiento (con lo que se puede calcular estadísticas o inferencias de lo colectado) y gracias a su facilidad de comunicación puede enviar la información a repositorios remotos para realizar procesamiento adicional o de alto consumo de recursos. Se ha identificado dos usos principales de los sensores comerciales con los teléfonos inteligentes: 1) como una forma de obtener la verdad base: como se mencionó anteriormente los sensores comerciales poseen la cualidad de ser más exactos, y en algunos estudios los utilizan como una base de comparación para métodos alternativos que buscan proporcionar una funcionalidad similar a la que provee el sensor comercial (véase [11]). 2) como un dispositivo que ayuda a mejorar la experiencia de usuario: algunos sensores comerciales se les pueda dar un uso novedoso diferente para el que fueron creados, por ejemplo en [10] utilizaron un dispositivo que puede obtener electroencefalogramas para controlar la interacción con el teléfono a través de pensamientos.

2.3 InCense [15].

InCense es una herramienta de sensado que que facilita la colección de datos de acuerdo a campañas definidas previamente; requiere de poco conocimiento técnico por parte del usuario para configurar una campaña con las funcionalidades que ya vienen programadas. Abajo se realizará una descripción de los componentes que lo forman y su arquitectura.

2.3.1 Componentes principales de InCense

A continuación se listan los principales componentes que componen la herramienta de InCense:

1. **Sensores.** InCense está diseñado para utilizar la mayoría de los sensores con los que cuenta un teléfono inteligente (ej. acelerómetro, giroscopio, GPS, etc.). Mediante ellos se pueden obtener datos sin procesar del mundo real (hardsensors) que rodea al usuario. También se pueden utilizar sensores que obtienen información a partir de los registros de uso del teléfono (softsensors), como registro de llamadas, mensajes, uso de internet, etc.
2. **Filtros.** Éstos tienen como finalidad darle sentido a los datos recolectados a través de los sensores (ya sea hardsensors o softsensors), es decir, pueden realizar inferencias sobre lo que se obtiene, por ejemplo, decir que un usuario está en movimiento utilizando el acelerómetro o establecer el estado de ánimo de un individuo a través del uso que le dá al teléfono.
3. **Gatillos.** Permiten monitorear datos de salida de sensores o de los filtros. En base a los datos recibidos pueden realizar acciones dependiendo si en los datos se cumplen ciertas condiciones (ej. lanzar encuestas).
4. **Encuestas.** Se pueden crear encuestas de preguntas con respuestas múltiples o abiertas; se pueden lanzar de manera calendarizada o como el resultado de la acción que toma un gatillo.
5. **Sesión.** Se define la sesión para determinar qué es lo que tiene que realizar el teléfono inteligente en la campaña de sensado. Está conformado por una serie de componentes interconectados entre sí (ej. sensores, filtros, gatillos, sumideros) que determinan que sensores utilizar y que flujo siguen los datos colectados.
6. **Sumidero.** Es el lugar donde se almacenan todos los datos recabados. Es el último lugar donde se guardan antes de que sean enviados al servidor de base de datos.

2.3.2 Arquitectura de InCense.

En esta sección se detallará como está formada la arquitectura de InCense:

1. **Interfaz gráfica.** Es una aplicación de escritorio con interfaz gráfica, y es el primer paso que se tiene que tomar para crear una campaña de sensado en InCense. El usuario puede seleccionar figuras que representan cada uno de los componentes y se pueden conectar entre ellos. Esta es la herramienta principal que ayuda a las personas que no son expertos técnicamente hablando. Una vez que se define la campaña, se genera un archivo en formato JSON el cual es desplegado en cada teléfono participante.
2. **Registro de proyectos y teléfonos.** El servidor de registro de proyectos es el encargado de entregar los archivos de configuración a los teléfonos participantes. Para poder realizar esto, antes se tienen que registrar todos los teléfonos que estarán dentro de la campaña de sensado.
3. **Base de datos de contexto.** Toda la información colectada por los dispositivos participantes en la campaña de sensado es enviada a este servidor para realizar un análisis posterior.
4. **Aplicación para dispositivo móvil.** Es la aplicación que se encarga de coleccionar los datos en base a la campaña de sensado que recibieron. También es responsable de procesar los datos y enviarlos al servidor de base de datos de contexto si así lo indica

la campaña. La aplicación se configura automáticamente una vez que recibe el archivo JSON de configuración.

3 Metodología.

En las siguientes secciones se describirán cada uno de los elementos que componen al método (procedimiento y materiale) correspondientes al trabajo de desarrollar un modelo de componentes para InCense que permita su utilización, en el cliente para el teléfono inteligente, de manera transparente y además permita su indexación automática y búsqueda en un repositorio de componentes.

3.1 Procedimiento.

A continuación se listan las tareas que se realizarán para completar los objetivos de este trabajo:

1. **Análisis del estado del arte.** Esta tarea consiste en la revisión, y análisis de las diferentes aportaciones en el área de sensado con teléfonos inteligentes que se encuentren en los medios de difusión utilizados para publicar avances, como artículos de revistas y congresos.
2. **Análisis de la arquitectura actual.** En esta tarea se realizará una revisión minuciosa sobre lo que ya se encuentra implementado en el cliente de InCense para el teléfono inteligente. El propósito es estar consciente de los módulos que componen el cliente y de las partes que tendrán que ser modificadas para poder realizar las adecuaciones necesarias para implementar la funcionalidad de los componentes que se busca.
3. **Diseño de arquitectura para componentes.** En esta tarea se deberán identificar herramientas de diseño de software (ej. patrones de diseño) que puedan ayudar a definir la arquitectura, ya sea como base o inspiración para la creación de ésta. Se deberá tomar en cuenta que los componentes deben de integrarse al cliente de InCense de manera transparente y bajo demanda, y deberá definir de manera precisa como los desarrolladores tienen que crear sus componentes para que cumplan con el funcionamiento esperado. En el caso del repositorio deberá se deberá definir un esquema que proporcione meta-información del componente que pueda ser utilizada para indexarlo y buscarlo.
4. **Implementación de la arquitectura en la plataforma InCense.** Una vez que se haya determinado lo anterior, se procederá a realizar el trabajo de desarrollo de la arquitectura diseñada para cada parte que la conforma; este desarrollo está conformado por las siguientes actividades:
 - a. **Implementación de la arquitectura en el cliente de InCense.** Se desarrollará las funcionalidades requeridas en la aplicación de InCense hecha en Android
 - b. **Implementación de la arquitectura en el repositorio.** Se desarrollará las funcionalidades requeridas en el servidor que ofrecerá los servicios de indexación, búsqueda y descarga de componentes.
5. **Realizar pruebas de funcionalidad de la solución implementada.** Se realizarán para asegurar que la arquitectura implementada está funcionando correctamente. Se crearán

dos componentes de prueba, un para sensores duros y otro para sensores blandos y éstos serán utilizados para probar la arquitectura funcionalmente.

6. **Evaluación de implementación con una campaña de sensado particular.** En esta tarea se les solicitará a desarrolladores que evalúen la arquitectura a través de su utilización, y determinen en comparación con experiencias anteriores la dificultad y la eficiencia de creación de componentes en base al tiempo que les toma desarrollarlos.

3.2 Materiales.

A continuación se describen los materiales que se utilizarán; los agrupamos en dos tipos por facilidad su descripción:

1. Materiales de software.
 - a. Android Studio (v1.5). Esta es un ambiente de desarrollo integrado que permite el desarrollo, depuración y despliegue de aplicaciones para teléfonos inteligentes basados en el sistema operativo Android.
 - b. Java SDK (v1.8). Es un marco de trabajo para desarrollo de aplicaciones de propósito general tanto de escritorio como web. Será utilizado para desarrollar la funcionalidad del repositorio de componentes.
 - c. Spring Framework (v4.2.3). Son un conjunto de librerías hechas en Java que ayudan al desarrollo de diferentes aplicaciones, de las cuales cabe mencionar las que nos son de utilidad: aplicaciones web usando MVC, desarrollo de servicios web RESTful.
 - d. IntelliJ IDEA (v15.0.1). Es un ambiente de desarrollo integrado que permite el desarrollo, depuración y despliegue de aplicaciones de escritorio y web para diferentes tecnologías de desarrollo de software (ej. Java).
 - e. Apache Tomcat (v7.x). Es un servidor de páginas web basado en tecnología Java.
 - f. MySQL (v5.x). Es un servidor de base de datos relacional.
 - g. Eclipse Mars (v4.5.0). Es un ambiente de desarrollo integrado que permite el desarrollo, depuración y despliegue de aplicaciones de escritorio y web para diferentes tecnologías de desarrollo de software (ej. java).
2. Materiales de Hardware.
 - a. Laptop Dell Inspiron 7000. Será el equipo de cómputo donde se realizará el desarrollo de la arquitectura de componentes.
 - b. Servidor Dell PowerEdge R720. Es el equipo de cómputo donde se albergarán los servicios web que ofrecerá el repositorio de componentes.
 - c. Smartphone Samsung Galaxy S4 mini. Son los teléfonos inteligentes que se utilizarán para probar la arquitectura de componentes.

4 Resultados.

4.1 Arquitectura actual.

Se realizó una revisión exhaustiva del estado actual del código que conforma el cliente de InCense, desarrollado en la plataforma de Android. Como resultado de esta revisión se encontró que está conformada por los módulos que se muestran en la figura 4.1.



Figura 4.1

4.1.1 `edu.incense.datatask.model`.

En este módulo se encuentran las clases que representan las tareas, los tipos de tareas y las relaciones que se leen desde un archivo que define la campaña de sensado que está guardado en formato json.

4.1.2 `edu.incense.ui`

En este módulo se encuentran las clases que se utilizan para la interacción con el usuario. Cada una de estas clases definen la funcionalidad de las pantallas de registro de usuario, inicio y detención de la campaña de sensado, y las notificaciones de las acciones que está realizado el cliente de InCense.

4.1.3 `edu.incense.project`

Aquí están definidas las clases que representan un proyecto y que definen como administrar un proyecto, desde su creación, el manejo de cada sesión definida en el proyecto y su finalización.

4.1.4 `edu.incense.session`

Las clases que detallan que tareas se tienen que realizar durante la campaña de sensado se encuentran en este módulo. También están las clases que se encargan de ejecutar las tareas por el tiempo que se ha definido en la campaña de sensado.

4.1.5 `edu.incense.datatask`

Este módulo busca definir la estructura básica que cada tarea debe tener. A su vez están las clases específicas para cada tipo de tarea que se puede ejecutar dentro de InCense (fuente de datos, filtro o componente, sumidero, encuesta, gatillo). Se utiliza un patrón de diseño llamado conductos y filtros para especificar la manera en que cada una de las tareas se interconectan e intercambian datos.

4.1.6 `edu.incense.sensor`

Las clases que establecen como comunicarse e interactuar con los sensores que tienen disponibles el teléfono inteligente para obtener datos, están contenidas dentro de este módulo.

Cada clase es responsable de un solo sensor y de proporcionar los datos que se obtengan a las tareas que están conectados a él.

4.1.7 [edu.incense.survey](#)

El cliente de InCense tiene la capacidad de lanzar encuestas. En el módulo de encuestas se encuentran las clases que definen una pregunta, una respuesta y la encuesta conformada de preguntas y respuestas; así mismo también se encuentra la funcionalidad que se encarga de lanzar una encuesta y de terminarla.

4.1.8 [edu.incense.results](#)

Las clases que se encuentran definidas en este módulo, se encargan de ofrecer la funcionalidad que permite guardar los resultados en archivos de resultados, así como también de asegurarse de enviar la información recolectada a un repositorio remoto.

4.1.9 [edu.incense.comm](#)

En estas clases se abstrae la funcionalidad que en realidad se encarga de ejecutar las funciones de establecer comunicación con un servidor remoto, y de realizar el envío o recepción de datos del servidor remoto.

4.1.10 [edu.incense.broadcastReceivers](#)

Aquí están definidas las clases que permiten monitorear ciertos eventos del sistema operativo. En particular se están monitoreando los siguientes eventos: (a) cuando el teléfono inteligente inicia, (b) cuando hay cambios en la conectividad y (c) cuándo se detectan cambios en la alimentación de energía del dispositivo.

5 BIBLIOGRAFÍA.

1. Consolvo, S., et al. *Activity sensing in the wild: a field trial of ubifit garden*. in *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. 2008. ACM.
2. Choudhury, T. and A. Pentland. *Sensing and modeling human networks using the sociometer*. in *2012 16th International Symposium on Wearable Computers*. 2003. IEEE Computer Society.
3. Wiese, J., T.S. Saponas, and A. Brush. *Phoneprioception: enabling mobile phones to infer where they are kept*. in *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. 2013. ACM.
4. Rahman, T., et al. *Bodybeat: A mobile system for sensing non-speech body sounds*. in *Proceedings of the 12th annual international conference on Mobile systems, applications, and services*. 2014. ACM.
5. Lane, N.D., et al., *Bewell: Sensing sleep, physical activities and social interactions to promote wellbeing*. *Mobile Networks and Applications*, 2014. **19**(3): p. 345-359.
6. Rana, R.K., et al. *Ear-phone: an end-to-end participatory urban noise mapping system*. in *Proceedings of the 9th ACM/IEEE International Conference on Information Processing in Sensor Networks*. 2010. ACM.
7. Rachuri, K.K., et al. *EmotionSense: a mobile phones based adaptive platform for experimental social psychology research*. in *Proceedings of the 12th ACM international conference on Ubiquitous computing*. 2010. ACM.
8. Chen, D., et al. *Invisible Sensing of Vehicle Steering with Smartphones*. in *Proceedings of the 13th Annual International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services*. 2015. ACM.
9. Gaggioli, A., et al., *A mobile data collection platform for mental health research*. *Personal and Ubiquitous Computing*, 2013. **17**(2): p. 241-251.
10. Campbell, A., et al. *NeuroPhone: brain-mobile phone interface using a wireless EEG headset*. in *Proceedings of the second ACM SIGCOMM workshop on Networking, systems, and applications on mobile handhelds*. 2010. ACM.
11. Chen, Z., et al. *Unobtrusive sleep monitoring using smartphones*. in *Pervasive Computing Technologies for Healthcare (PervasiveHealth), 2013 7th International Conference on*. 2013. IEEE.
12. You, C.-W., et al. *Carsafe app: Alerting drowsy and distracted drivers using dual cameras on smartphones*. in *Proceeding of the 11th annual international conference on Mobile systems, applications, and services*. 2013. ACM.
13. Froehlich, J., et al. *MyExperience: a system for in situ tracing and capturing of user feedback on mobile phones*. in *Proceedings of the 5th international conference on Mobile systems, applications and services*. 2007. ACM.
14. Hicks, J., et al. *AndWellness: an open mobile system for activity and experience sampling*. in *Wireless Health 2010*. 2010. ACM.
15. Perez, M., L. Castro, and J. Favela, *Incense: A research kit to facilitate behavioral data gathering from populations of mobile phone users*. *Proc. UCAmI, Cancun, Mexico, 2011*: p. 25-34.
16. Zhou, P., Y. Zheng, and M. Li. *How long to wait?: predicting bus arrival time with mobile phone based participatory sensing*. in *Proceedings of the 10th international conference on Mobile systems, applications, and services*. 2012. ACM.
17. Bilandzic, M., et al. *Laermometer: a mobile noise mapping application*. in *Proceedings of the 5th Nordic conference on Human-computer interaction: building bridges*. 2008. ACM.
18. Lane, N.D., et al., *A survey of mobile phone sensing*. *Communications Magazine, IEEE*, 2010. **48**(9): p. 140-150.

19. Kang, S., et al. *Sinabro: opportunistic and unobtrusive mobile electrocardiogram monitoring system*. in *Proceedings of the 15th Workshop on Mobile Computing Systems and Applications*. 2014. ACM.
20. Miluzzo, E., T. Wang, and A.T. Campbell. *EyePhone: activating mobile phones with your eyes*. in *Proceedings of the second ACM SIGCOMM workshop on Networking, systems, and applications on mobile handhelds*. 2010. ACM.
21. Lu, H., et al. *Stresssense: Detecting stress in unconstrained acoustic environments using smartphones*. in *Proceedings of the 2012 ACM Conference on Ubiquitous Computing*. 2012. ACM.
22. Bogomolov, A., et al. *Daily Stress Recognition from Mobile Phone Data, Weather Conditions and Individual Traits*. in *Proceedings of the ACM International Conference on Multimedia*. 2014. ACM.
23. Madan, A., et al. *Social sensing for epidemiological behavior change*. in *Proceedings of the 12th ACM international conference on Ubiquitous computing*. 2010. ACM.
24. Kim, T.J., et al. *Predicting shoppers' interest from social interactions using sociometric sensors*. in *CHI'09 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*. 2009. ACM.
25. Chittaranjan, G., J. Blom, and D. Gatica-Perez. *Who's who with big-five: Analyzing and classifying personality traits with smartphones*. in *Wearable Computers (ISWC), 2011 15th Annual International Symposium on*. 2011. IEEE.
26. Chronis, I., A. Madan, and A.S. Pentland. *Socialcircuits: the art of using mobile phones for modeling personal interactions*. in *Proceedings of the ICMI-MLMI'09 Workshop on Multimodal Sensor-Based Systems and Mobile Phones for Social Computing*. 2009. ACM.
27. Eagle, N. and A. Pentland, *Reality mining: sensing complex social systems*. *Personal and ubiquitous computing*, 2006. **10**(4): p. 255-268.
28. Azizyan, M., I. Constandache, and R. Roy Choudhury. *SurroundSense: mobile phone localization via ambience fingerprinting*. in *Proceedings of the 15th annual international conference on Mobile computing and networking*. 2009. ACM.