



# USO INTELIGENTE DE INFORMACIÓN CONTEXTUAL PARA EL ANÁLISIS, DISEÑO Y GENERACIÓN DE POLÍTICAS CONSCIENTES DE LA ENERGÍA PARA APLICACIONES MÓVILES DE SENSADO

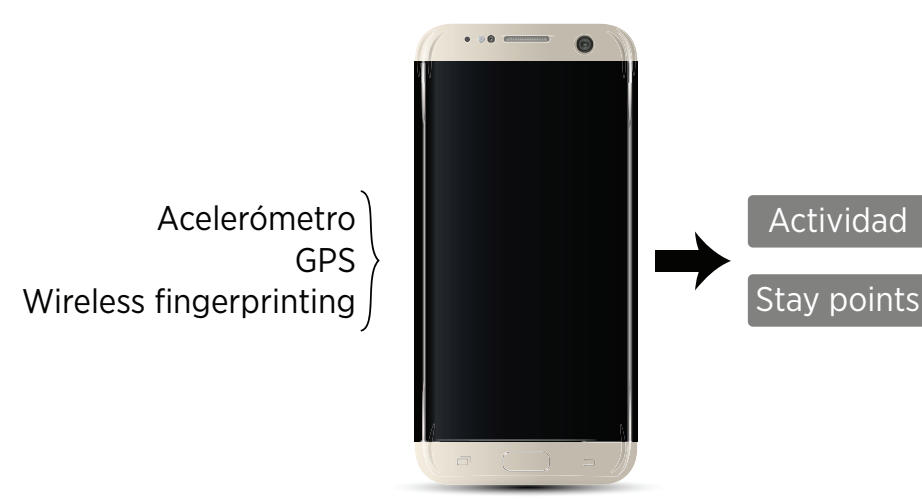
Rafael Pérez Torres, Dr. César Torres Huitzil, Hiram Galeana Zapién Phd

LTI Cinvestav Tamaulipas

## Resumen

Los servicios móviles basados en localización ejecutados por smartphones requieren actualizaciones constantes de ubicación para adaptar su funcionamiento. Sin embargo, realizar el seguimiento del usuario mediante proveedores de ubicación clásicos, como el GPS, representa un alto consumo de energía, la cual es un recurso escaso y competido en este tipo de plataformas. La presente investigación tiene como objetivo reducir el consumo de energía al realizar el seguimiento del usuario, a partir de información contextual que es extraída de datos provenientes de los sensores. Dicha información permite al dispositivo aprender sobre los patrones de movilidad del usuario y apoyarse en este conocimiento para realizar un uso adaptativo de los proveedores de ubicación.

## Antecedentes (A)



- La energía es un recurso limitado en plataformas móviles, como el smartphone [1].
- Por ello, el *sensado* constante (o indiscriminado) no resulta óptimo, descargando rápidamente la batería.
- Es posible explorar estrategias alternativas para realizar el monitoreo continuo del usuario, atendiendo al compromiso *consumo de energía-precisión* [2].
- Tal es el caso del uso de información contextual, la cual permite caracterizar la situación del usuario y emplearla para adaptar de forma dinámica el acceso al GPS.

## Problemas (B)

- Dado un conjunto  $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$  de datos obtenidos del sensor  $S$  en el intervalo de tiempo  $T \in [t_1, t_2]$ , identificar el patrón de movilidad actual  $p_S$  que representa a la actividad del usuario.

$$\text{IdentificadorPatrones}(V) \rightarrow p_S \in \text{Patrones} \quad (1)$$

- Dado el conjunto de patrones de movilidad  $\mathcal{P} = \{p_{S_1}, p_{S_2}, \dots, p_{S_n}\}$  detectados a partir de datos de los sensores  $\mathcal{S} = \{S_1, S_2, \dots, S_n\}$ , un requisito de precisión  $a$ , y el estado  $c$  de las restricciones del dispositivo móvil, encontrar una política que seleccione el conjunto adecuado de sensores  $\mathcal{S}_{nuevo}$  y su configuración asociada  $\mathcal{S}_{nuevo,conf}$  de tal forma que se cumplan los requisitos de la aplicación.

$$\text{GeneradorPolíticas}(\mathcal{P}, a, c) \rightarrow \mathcal{S}_{nuevo}, \mathcal{S}_{nuevo,conf} \quad (2)$$

## Hipótesis (C)

Es posible utilizar políticas inteligentes generadas a través de información contextual obtenida de datos de los sensores, con el fin de reducir el consumo de energía de un dispositivo móvil al realizar sensado continuo.

## Objetivos (D)

**Objetivo general:** Reducir el consumo de energía de aplicaciones móviles de sensado continuo a través de políticas auto-adaptables y conscientes de la energía generadas a partir de información contextual.

**Objetivos específicos:**

- Identificar patrones de movilidad a partir de información contextual obtenida de sensores inerciales (acelerómetro) y proveedores de ubicación (GPS, WPS)
- Generar políticas para adaptar el uso de sensores a partir de los patrones de movilidad, requisitos de precisión y energía de la aplicación móvil y el estado de las restricciones del dispositivo.
- Facilitar el desarrollo de aplicaciones móviles de sensado que requieren el seguimiento del usuario, aislando la complejidad del acceso a los sensores y el manejo eficiente de la energía.

## Fundamentos de la solución propuesta (E)

La solución propuesta se sustenta en los siguientes elementos:

### Sistemas dirigidos por eventos (Event-driven systems)

Un sistema dirigido por eventos es aquel que funciona únicamente a través del envío de notificaciones asíncronas entre sus componentes para desencadenar tareas de cómputo [3, 4].

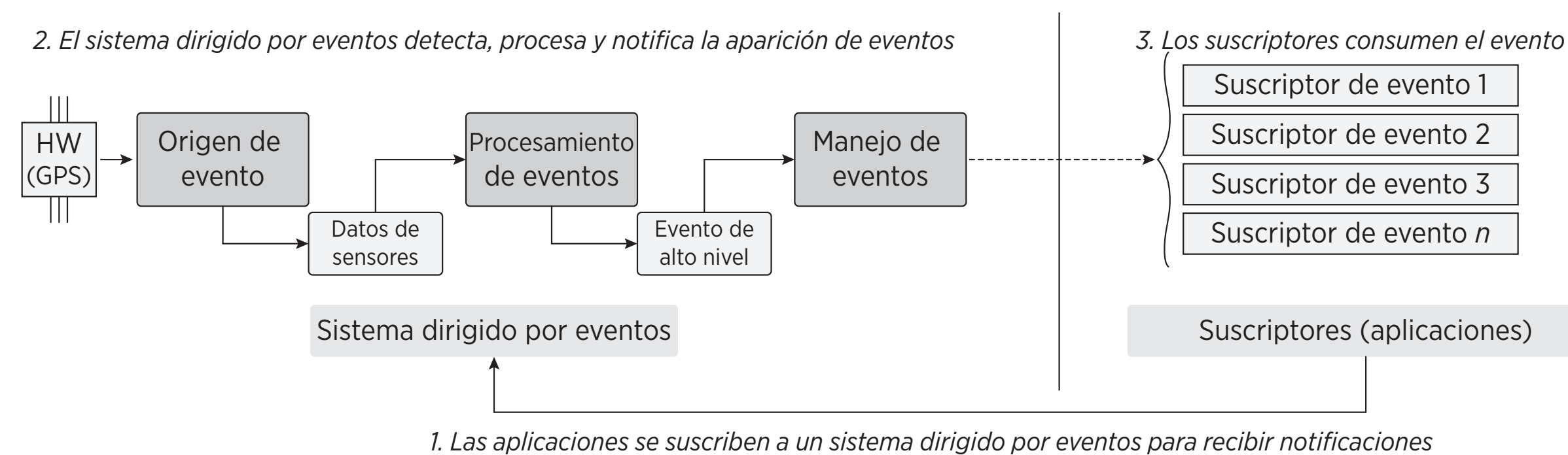


Fig. 2: Componentes de un sistema dirigido por eventos

### Aspectos físicos del movimiento

El análisis de los datos de movilidad (granularidad gruesa) permite identificar puntos de interés así como la actividad del usuario (granularidad fina) [5].

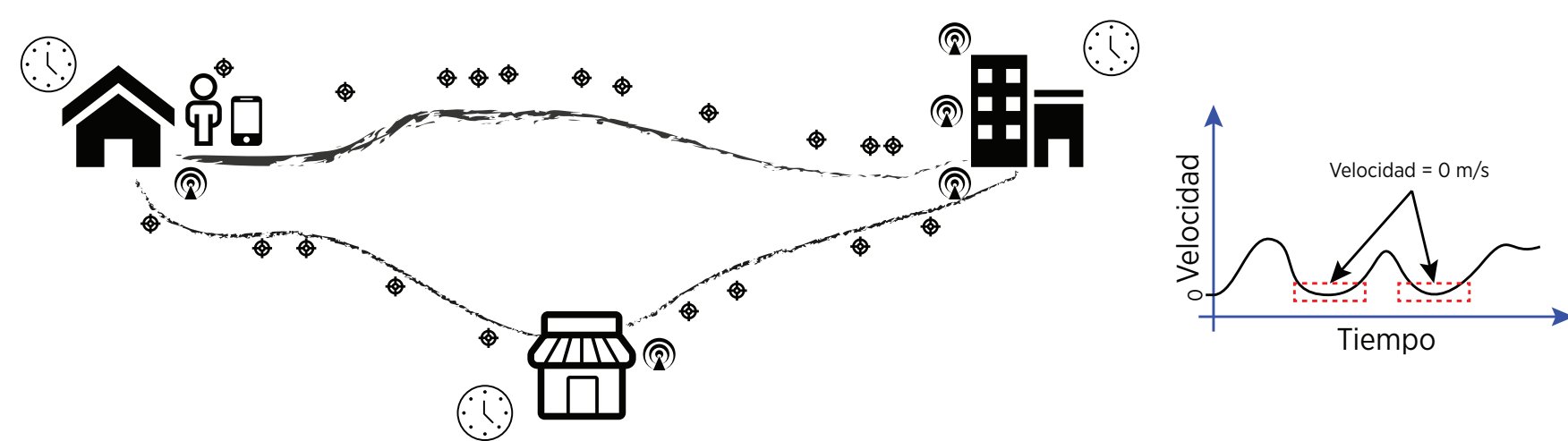


Fig. 3: Variaciones de la velocidad de acuerdo a los patrones de movilidad

### Sistemas cognitivos dinámicos

Un sistema en el que el tiempo juega un papel importante en el comportamiento de sus entradas-salidas (**dinámico**) y que es capaz de realizar las siguientes funciones fundamentales de la *cognición* humana (**cognitivo**) [6]:

- Percepción
- Memoria
- Atención
- Inteligencia

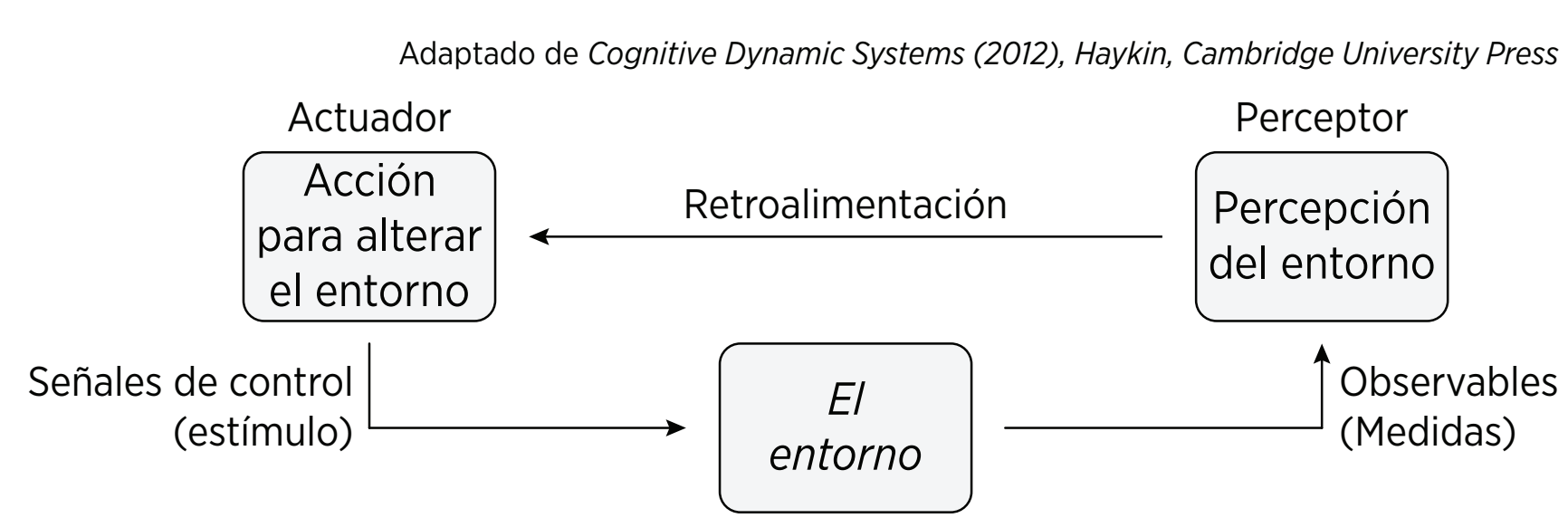


Fig. 4: Ciclo de percepción-acción de un sistema cognitivo dinámico

## Solución Propuesta (F)

- Las características de los elementos anteriores son utilizadas para el diseño de la arquitectura por capas de la solución propuesta.
- Un administrador de políticas define los cambios a realizar de forma dinámica en el uso de los sensores para realizar el seguimiento del usuario bajo los requisitos de precisión de la aplicación móvil y reduciendo el consumo de energía.

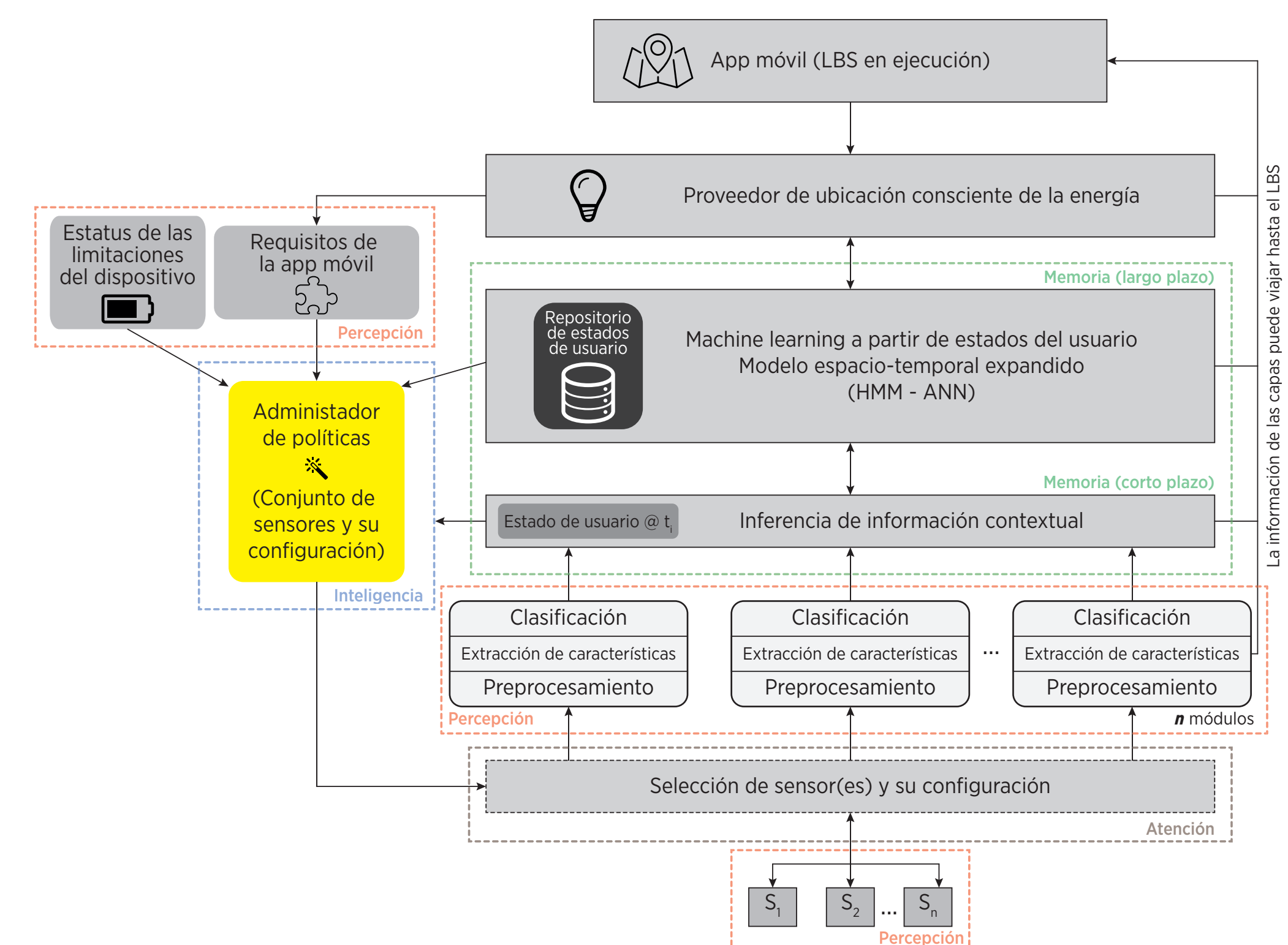


Fig. 5: Arquitectura de la solución propuesta

- Un modelo espacio-temporal expandido es la unidad de aprendizaje (memoria) de la solución.
- El modelo involucra aspectos espaciales de puntos de interés (coordenadas, huella digital de señales inalámbricas, trayectorias entre puntos y actividad asociada) así como elementos temporales (frecuencia de visita, horarios de llegada y salida).
- La información es almacenada con distinción de los días de la semana y es susceptible a actualizaciones según los cambios en los patrones de movilidad descritos por el usuario.

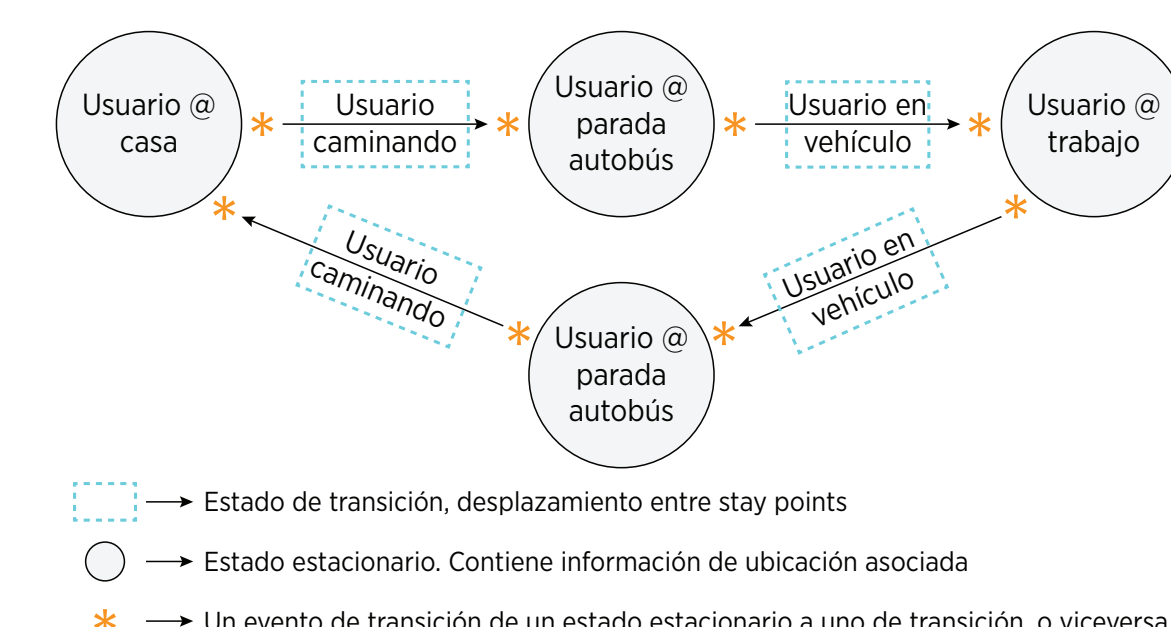


Fig. 6: Modelo espacio-temporal expandido de la solución propuesta

## Resultados preliminares (G)

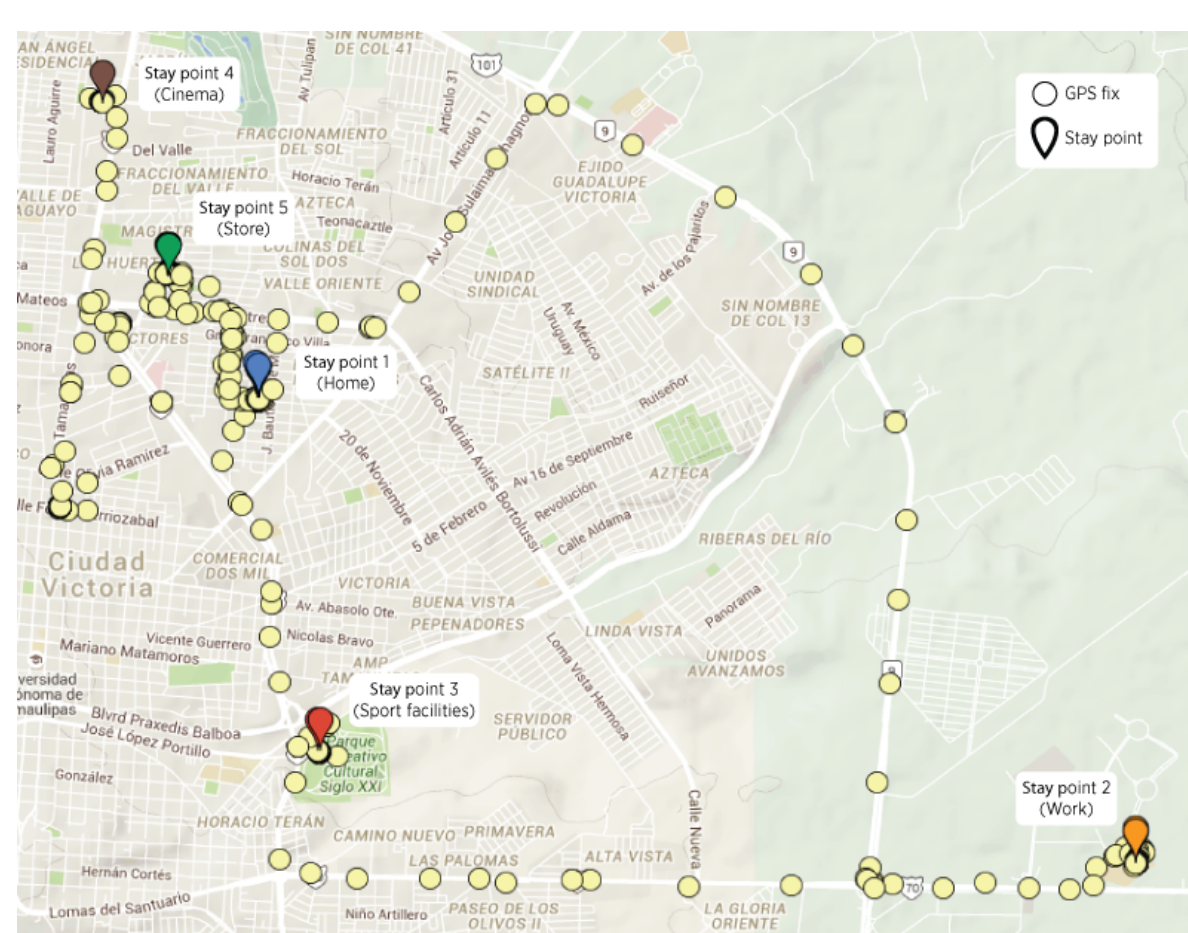


Fig. 7: Puntos de interés obtenidos de forma autónoma por el smartphone

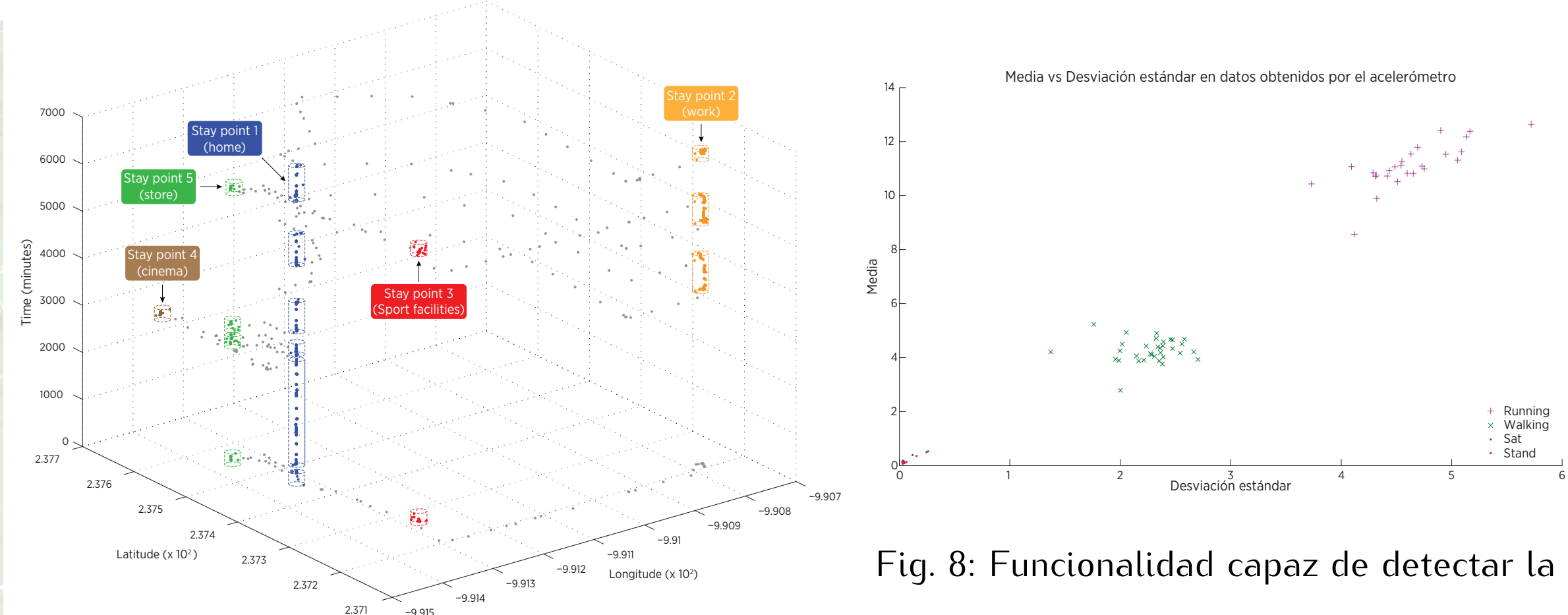


Fig. 8: Funcionalidad capaz de detectar la actividad física del usuario

## Conclusiones (H)

- La experimentación preliminar indica que es posible realizar la identificación de puntos de interés directamente en el dispositivo.
- Asimismo, también ha sido posible identificar la forma de transporte del usuario (actividad física: estático, caminar, corriendo) de forma satisfactoria.
- Ambos puntos sientan los cimientos para continuar con la investigación, en particular con el descubrimiento de más información contextual y la exploración de políticas para adaptar el uso de los sensores.

## Referencias

- [1] M. Kjaergaard, "Location-based services on mobile phones: Minimizing power consumption," *IEEE Pervasive Computing*, vol. 11, pp. 67–73, 2012.
- [2] J. Sim, Y. Lee, and O. Kwon, "Context-aware enhancement of personalization services: A method of power optimization," *Expert Systems with Applications*, vol. 41, no. 13, pp. 5702–5709, 2014.
- [3] T. Faison, *Event-Based Programming: Taking Events to the Limit*. Berkely, CA, USA: Apress, 1st ed., 2011.
- [4] O. Etzion and P. Niblett, *Event Processing in Action*. Manning Publications, 2011.
- [5] R. Pérez-Torres, C. Torres-Huitzil, and H. Galeana-Zapién, "Power management techniques in smartphone-based mobility sensing systems: A survey," *Pervasive and Mobile Computing*, pp. 1–21, feb 2016.
- [6] S. Haykin, "Cognitive Dynamic Systems," *Proceedings of the IEEE*, vol. 94, pp. 1910–1911, nov 2006.