

# Involucrando al humano en el bucle de control de sistemas auto-adaptativos

Miriam Gil, Vicente Pelechano, Joan Fons, and Manoli Albert

Centro de Investigación PROS, Universitat Politècnica de València,  
Camí de Vera s/n, 46022 Valencia, Spain  
{mgil, pele, jjfons, malbert}@pros.upv.es

**Abstract.** La auto-adaptación juega un papel clave en los sistemas software del futuro, los cuales están formados por complejos ecosistemas heterogéneos teniendo que ser capaces de adaptarse continua y autónomamente, en tiempo de ejecución, a su contexto (nuevas condiciones del entorno, situaciones impredecibles, necesidades cambiantes de los usuarios, nuevos recursos, etc.). Aunque estas adaptaciones deben gestionarse de forma autónoma, la experiencia demuestra que los humanos no pueden excluirse completamente del bucle de adaptación, ya sea para solucionar conflictos difíciles de resolver autónomamente o para mejorar las estrategias de adaptación con su realimentación. En este artículo se abre una línea de trabajo para involucrar al humano en el bucle de control de los sistemas auto-adaptativos (“human in the loop”) de forma que éstos puedan participar en la toma de decisiones de adaptación, siempre intentando maximizar la autonomía y evitar sistemas intrusivos y molestos.

**Keywords:** Auto-adaptación, Computación Autónoma, “Human in the Loop”, Interacción Persona-Ordenador, Experiencia de Usuario

## 1 Introducción

El “mundo inteligente” del futuro se está diseñando como complejos ecosistemas compuestos por una amplia variedad de dispositivos y servicios distribuidos, de naturaleza claramente móvil y ubicua, y en constante evolución tecnológica. Ante esta situación, parece clara la necesidad de desarrollar sistemas que sean capaces de adaptarse autónomamente en tiempo de ejecución a: nuevas condiciones del entorno en el que operan, situaciones impredecibles, necesidades cambiantes de los usuarios, nuevos tipos de dispositivos, interfaces de usuario o tecnologías con las que interactuar o nuevos servicios que consumir. La auto-adaptación surge como una solución para la gestión de este tipo de sistemas software que permitan hacer realidad las Ciudades Inteligentes, y los Coches Autónomos, entre otros [2].

Aunque las soluciones completamente autónomas han resultado satisfactorias en muchos dominios de aplicación, la capacidad de estos sistemas para proporcionar servicios de confianza en presencia de cambios inesperados, ya sea en su entorno (p. ej. la disponibilidad de recursos, problemas en la monitorización del contexto) o en el propio sistema (p. ej. aparición de fallos, conflictos en la satisfacción de objetivos), se ve afectada cada vez más por su creciente complejidad, así como por

la naturaleza dinámica e impredecible de los entornos en los que tienen que operar. Esto puede provocar que el sistema auto-adaptativo (SAS) sea incapaz de gestionar o dar respuesta satisfactoria a ciertas adaptaciones. Como mecanismo para dar una solución a este problema, parece interesante hacer partícipe al humano para que ayude al sistema ante situaciones de conflicto difíciles de resolver autónomamente y mejorar las estrategias de adaptación con su feedback (“human in the loop”) [4][3]. Por ejemplo, por ahora los humanos son mejores que los ordenadores en reconocer caras en multitudes o conducir en situaciones complejas o de emergencia.

Normalmente, los sistemas auto-adaptativos se basan en el uso de bucles de control, los cuales son los encargados de monitorizar, analizar, decidir y actuar sobre un sistema base para gestionar de manera continua los eventos que le ocurren al propio sistema o a su entorno, y adecuarse a estas situaciones por sí mismo [2]. En este sentido, los sistemas pueden beneficiarse de la intervención humana (la cual aporta criterio o información para poder decidir) mediante [5]: (1) el rol de *sensor* por parte del humano, aportando información imprecisa, difícil de monitorizar o de deducir (p. ej. indicando si ha ocurrido una situación anómala o ajustando algún valor), (2) la consulta al humano en el proceso de *toma de decisiones* (p. ej. para resolver un conflicto de objetivos) o (3) utilizando a los humanos como *efectores* del sistema para ejecutar adaptaciones (p. ej. cuando la adaptación implica cambios físicos que no se pueden automatizar). Aún cuando los sistemas no requieran de la intervención humana, es muy importante que éstos muestren su estado y su comportamiento a los usuarios para proporcionar *transparencia*, *comprensibilidad* y *confianza*, y evitar la apariencia de “caja negra mágica” [9].

El presente trabajo en curso pretende dar una solución, desde el ámbito de la Ingeniería del Software, que permita afrontar el reto de involucrar al humano en el bucle de control de los SAS para que participe en la toma de decisiones de adaptación cuando sea necesario, intentando interrumpirlo lo mínimo para evitar SAS intrusivos y/o molestos. Además, para involucrar adecuadamente al humano y conseguir una buena experiencia de usuario es necesario abordar un tercer aspecto muy importante: la interacción del humano con el SAS.

## 2 Los Humanos en los Sistemas Auto-adaptativos: Limitaciones Existentes

Aunque conseguir un alto grado de autonomía es una condición necesaria para el crecimiento de los SAS, es importante establecer un equilibrio entre el grado de autonomía y la intervención humana para evitar llegar a resultados no deseados o una mala experiencia de usuario [8]. Como consecuencia, la intervención humana en los SAS puede ser discutida desde dos puntos de vista: 1) **el grado de automatización** de los mecanismos de adaptación (relacionado con el nivel de autonomía conseguido), y 2) **la calidad de interacción** del sistema con los humanos.

Por una parte, desde el punto de vista del grado de autonomía, Barkhuss y Dey [1] examinaron el grado de autonomía que las aplicaciones adaptativas debían tener desde el punto de vista de los usuarios. Definieron tres niveles de interactividad: *personalización* (permiten al usuario especificar el comportamiento de la aplicación

dada una situación), *conciencia del contexto pasiva* (presentan el contexto actualizado al usuario y le permiten a éste decidir cómo cambiar el comportamiento), y *conciencia del contexto activa* (el sistema cambia de forma autónoma el comportamiento en base a la información de contexto). De este estudio observaron que los usuarios preferían las características adaptativas a la personalización, pero al mismo tiempo con los SAS experimentaron una falta de control. Por tanto señalaron la necesidad de **gestionar un equilibrio entre el control del usuario y la autonomía del sistema** en tiempo de ejecución.

Por otra parte, para incrementar la experiencia de usuario y conseguir la interacción óptima deseada, Russell et al. [8] apuntaron la necesidad de un cambio en el diseño de sistemas autónomos pensando desde el principio en la interacción con los humanos, y soportando: (a) modelos de **gestión de la atención del usuario** para evitar interrumpir y abrumar a los usuarios, (b) **transparencia y control** del sistema para el post-análisis de fallos, la comprensión, y su recuperación y (c) **mecanismos de “feedback” del comportamiento** del sistema que permitan a los usuarios entender lo que el sistema está haciendo con cierta medida de confianza.

### 3 Objetivos de la Propuesta

Para abordar las limitaciones existentes e involucrar al usuario en los SAS mediante la interacción apropiada, proponemos diseñar una solución que persiga los siguientes objetivos:

1. **Gestionar la atención del usuario y la molestia.** Una forma de gestionar la atención del usuario y desarrollar sistemas menos molestos es utilizando interacciones implícitas, aquellas que ocurren sin que el usuario sea consciente. Para ello, nos basaremos en un framework para diseñar interacciones implícitas [6] que divide el espacio de interacciones en dos dimensiones (ver ejes y punto 1 en Figura 1): la *iniciativa* (quién inicia la interacción, el usuario o el sistema) y la *atención* (grado de atención requerido).
2. **Soportar diferentes tipos de participación y una autonomía ajustable.** Los sistemas deben proporcionar mecanismos para ajustar dinámicamente el grado de control del usuario (tipo de participación) dependiendo de diferentes circunstancias (p. ej., tareas críticas, comportamiento inesperado, incertidumbre en la monitorización, etc.). En nuestra propuesta, el framework define varios tipos de participación (se podrían definir tantos niveles como se necesitare) representados por los cuadrantes (ver Fig. 1). Para soportar un ajuste de la autonomía en tiempo de ejecución definiremos transiciones entre los tipos de participación que adapten la participación en función del conflicto a resolver.
3. **Soportar la transparencia, control, y feedback.** Para soportar estas características y mantener la confianza de los usuarios es esencial proporcionarle explicaciones de lo que está pasando en el sistema [4]. Para ello, utilizaremos el modelo de explicaciones que se presenta en [7] el cual genera explicaciones a partir de los modelos de conocimiento (*que ha pasado, por qué, por qué no*, etc.). Además, el control y el feedback lo soportamos mediante el framework para el diseño de interacciones implícitas (ver punto 3 en Figura 1), diseñando la participación del usuario en los cuadrantes correspondientes.

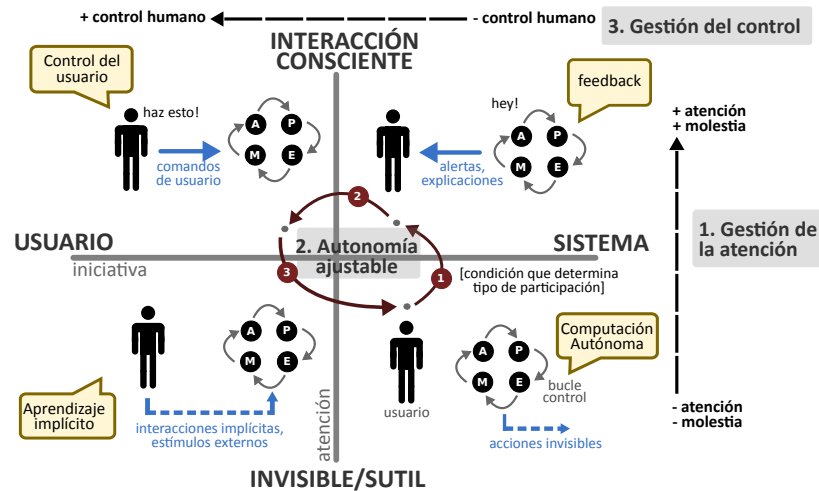


Fig. 1. Marco conceptual para el diseño de la participación del usuario.

## 4 Conclusiones

En este trabajo se ha presentado una primera aproximación para involucrar al usuario en el bucle de control de los SAS, identificando los objetivos perseguidos en nuestra propuesta. El principal objetivo de los autores consiste en fomentar la discusión sobre este reto de investigación, obtener retroalimentación para mejorar la propuesta y buscar posibles colaboraciones en las jornadas.

**Agradecimientos.** Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio Español de Economía y Competitividad bajo el proyecto SMART-ADAPT TIN2013-42981-P.

## References

1. Barkhuus, L., Dey, A.: Is context-aware computing taking control away from the user? Three levels of interactivity examined. *UbiComp 2003* (2003)
2. Brun, Y., Serugendo, G., Gacek, C., Giese, H.: Engineering self-adaptive systems through feedback loops. *Software engineering for self-adaptive systems* (2009)
3. Cámara, J., Moreno, G., Garlan, D.: Reasoning about Human Participation in Self-Adaptive Systems. In: *SEAMS 2015*. pp. 146–156 (2015)
4. Cheng, B., De Lemos, R., Giese, H., Inverardi, P.: *Software engineering for self-adaptive systems* (2009)
5. Garlan, D.: A 10-year perspective on software engineering self-adaptive systems (keynote). *SEAMS 2013* pp. 2–2 (2013)
6. Ju, W., Leifer, L.: The design of implicit interactions: Making interactive systems less obnoxious. *Design Issues* (2008)
7. Lim, B.Y., Dey, A.K.: Toolkit to support intelligibility in context-aware applications. In: *UbiComp '10*. pp. 13–22 (2010)
8. Russell, D.M., Maglio, P.P., Dordick, R., Neti, C.: Dealing with ghosts: Managing the user experience of autonomic computing. *IBM Systems Journal* 42(1), 177–188 (2003)
9. Stumpf, S., Burnett, M., Pipek, V., Wong, W.K.: End-user Interactions with Intelligent and Autonomous Systems. In: *Human Factors CHI '12*. pp. 2755–2758 (2012)