

Eficiencia Energética y Ambientes Inteligentes. Investigación y Desarrollo Experimental en la UNaM

Eduardo Omar Sosa, Diego Alberto Godoy, Edgardo Aníbal Belloni,
Juan de Dios Benítez, Milton Eduardo Sosa

¹ Secretaría de Investigación y Posgrado (SECIP) / Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales (FCEQyN) / Universidad Nacional de Misiones (UNaM)
Félix de Azara N° 1552, 6to. piso - Posadas, Misiones, Argentina - Teléfono: +54-376-4432356

{es, dgodoy, ebelloni, juanbenitez, mesosa}@fceqyn.unam.edu.ar

Resumen

El concepto de Smart-Grid se ha convertido en un término común cuando se trata de la optimización de los recursos utilizados como fuentes de energía. El monitoreo y control en estas redes es esencial para poder asegurar el funcionamiento efectivo y eficiente. Los edificios—particularmente, los destinados a oficinas y a la educación— representan uno de los sectores de mayor consumo de energía, a nivel mundial. Una parte significativa del uso de energía en los edificios se puede atribuir a los sistemas utilizados para mantener el confort de sus ocupantes, así como también, a la iluminación artificial de los ambientes que los componen.

Actualmente, la tecnología de redes de sensores inalámbricos se considera la más promisoría, menos intrusiva, flexible, de menor costo y de mayor facilidad de implantación para el desarrollo de aplicaciones destinadas a escenarios de control y reducción inteligente del consumo energético en edificios de uso público.

En este proyecto se pretende establecer una línea de acción, como así también políticas de buen uso y costumbres, que no solamente promuevan el desarrollo,

implementación y adaptación de software y hardware; sino que se revelen como herramientas que permitan un ahorro efectivo a las arcas de la Universidad Nacional de Misiones.

Palabras clave: Ahorro Energético, Ambientes Inteligentes, Internet de las Cosas, Internet del Futuro.

Contexto

El proyecto que se introduce en este artículo, formulado para un desarrollo trienal, se encuentra actualmente en proceso de evaluación y acreditación por parte de la Secretaría de Investigación y Posgrado (SECIP) de la FCEQyN de la UNaM. Asimismo, se relaciona de forma directa con otros proyectos de I+D precedentes, oportunamente acreditados por la referida SECIP, orientados a los tópicos “Internet del Futuro” e “Internet de las Cosas”. Entre los que se incluyen: (Proy.16Q457) “Hacia la Programación de Sensores Inalámbricos en la Forma Web 2.0”, (Proy.16Q474) “Simulaciones de Sistemas Modernos de Comunicación” y (Proy.16Q519) “Ambientes Inteligentes. Una Mirada a Internet del Futuro”.

Adicionalmente, este proyecto se articula y vincula de manera intrínseca con

el de “Diseño de Arquitecturas de Soporte a la Internet del Futuro y Ambientes Inteligentes”; proyecto que ha comenzado recientemente su segundo ciclo de ejecución bienal en el CITIC de la UGD, estando acreditado formalmente (R.R.UGD 19/A/12 y 18/A/14) por la Secretaría de Investigación y Desarrollo de dicha universidad de gestión privada. Este proyecto ha captado los exitosos resultados del proyecto “Aportes a Smart Energy utilizando XBee e IEEE 802.15.4” que fuera presentado en WICC 2014.

Introducción

Diversos organismos, comprometidos con el uso eficiente de la energía y la conservación de nuestro medio ambiente, han reportado que los edificios son responsables por el consumo del 40% o más de toda la energía primaria producida a nivel mundial. De esta manera, los edificios, contribuyen con alrededor de un tercio de las emisiones causantes del efecto invernadero en nuestro planeta; cotéjense, por ej.: [1] y [2]. Además, se ha reportado que el mayor consumo de energía se da, principalmente, en edificios destinados a oficinas, comercialización y depósito de productos, y a la educación; cotéjense, por ej.: [3] y [4].

En este contexto, resulta sustancial administrar de manera racional, inteligente, la eficiencia en el consumo de energía en edificios; puesto que esto contribuye a preservar recursos finitos, atenuar el impacto ambiental, además de, reducir costos. ¿Por qué no aplicar esto en nuestro lugar de trabajo cotidiano; la facultad?

En un día soleado cualquiera, es normal encontrar algunas de las aulas iluminadas con alrededor de 30 lámparas. Esto no representaría una situación extraña sino fuera porque las aulas están desocupadas, y que los ventiladores o aires acondicionados están encendidos, siendo

además que, el horario es cercano al mediodía. Seguramente, éste escenario –u otros similares; basta con cambiar refrigeración por calefacción, y aulas por oficinas o laboratorios– a muchos les resultará conocido.

Las distintas dependencias de la FCEQyN de la UNaM han tenido, durante el año 2014, un consumo aproximado de energía eléctrica de 610,25 MWh, lo cual ha importado durante el mismo año \$549.687,30 [5]. Considerando la estructura tarifaria, cualquier ahorro energético se manifestará en la franja de tarifa más onerosa para nuestra facultad.

Ciertamente, una parte significativa del consumo de la energía en edificios se puede atribuir a los equipamientos utilizados para mantener el confort de los ocupantes –en definitiva, sus usuarios. Estos representan típicamente, el 40% del uso energético de un edificio. Mientras que, si se incluyera el consumo por iluminación artificial, dicho número podría ascender al 70% [6].

Justificadamente, entonces, resultan importantes los esfuerzos que se realicen para el desarrollo y mejora continua de sistemas informáticos destinados a la administración del confort y la energía en edificios.

Sistemas modernos de monitoreo y contralor no consideran cambios dinámicos en la interacción de los usuarios con los ambientes que ocupan [7]. Estos sistemas no funcionan de manera integrada respecto de los sub-sistemas de control individual que los componen, como tampoco, se valen en general de información del entorno (intensidad de la luz natural, la temperatura exterior, etc), Hoy día los ordenadores no se consideran equipamiento que requiera administrar –sus períodos de inactividad o suspensión en sistemas de administración del confort y la energía en edificios [6].

Sólo recientemente, se ha enfocado la investigación y el desarrollo –en el

dominio de sistemas de administración del confort y la energía en edificios– de manera de integrar también en ellos características dinámicas de actividad y comportamiento de los ocupantes. De esta manera “más inteligente”, tales sistemas podrían, automáticamente y en tiempo real, apagar luces, computadoras, equipos de refrigeración o ventilación, etc. que no están siendo utilizados realmente. En tal sentido, se ha analizado que el control basado en la ocupación de los ambientes podría permitir lograr –conceptualmente, hasta un 40 %– en el ahorro de energía consumida por los sistemas destinados al confort de los usuarios [7].

Pero, entonces, ¿Cómo debiera tenerse en cuenta la dinamicidad de los usuarios en sistemas de administración y control del confort y la energía en edificios? ¿Cuáles son las actividades y comportamientos más relevantes respecto de su impacto potencial en el ahorro de energía?

Un trabajo seminal que cubre con amplitud y profundidad el estado del arte reciente en los temas en cuestión, resulta ser el ya referido en [7]. Asimismo, propone criterios y métricas para la comparación de estudios existentes acerca del reconocimiento de la actividad de los ocupantes de edificios y los sistemas dispuestos para su confort. Analizando, además, actividades y comportamientos considerados relevantes en varios de los proyectos de I+D que el trabajo compila y reporta. Concluyéndose, en general, que por tratarse de una nueva línea de investigación y desarrollo experimental, se requieren aún más esfuerzos en este sentido.

A partir de lo expuesto, se adhiere a tal línea de I+D; proponiéndose aportar contribuciones a partir del estudio, diseño, y desarrollo experimental de sistemas y aplicaciones informáticas destinadas a escenarios de control y reducción inteligente del consumo energético en

edificios o ambientes de uso público, que funcionen de manera integrada contemplando el confort, y dinamicidad de sus usuarios.

Supuestos Básicos de Investigación y Desarrollo

Teniendo en cuenta lo introducido en la sección precedente, se definen y sintetizan los siguientes supuestos básicos:

- El criterio de éxito debiera ser dual. Es decir, se debe apuntar no sólo la optimización del consumo de energía y la realización de aplicaciones automatizadas para lograrla, sino que también, resulta necesario mantener el confort de los usuarios de los ambientes a intervenir. Este último criterio resulta esencial para que las soluciones basadas en TICs que se propongan sean consideradas aceptables por dichos usuarios.

- La dinamicidad es una propiedad esencial para alcanzar la eficiencia energética en edificios. No son suficientes suposiciones estáticas si se quiere lograr un ahorro sustancial del consumo de energía, sino que debe tenerse en cuenta, además, la presencia o ausencia, la actividad, y comportamiento de los usuarios.

- El control basado en la ocupación de los ambientes podría permitir lograr conceptualmente hasta un 40 % en el ahorro de la energía consumida por los sistemas destinados al confort de los usuarios.

- En contraste con otras aplicaciones, tales como los sistemas de monitoreo de pacientes y sistemas de seguridad, las aplicaciones en el dominio de ahorro energético pueden tolerar un pequeño grado de imprecisión en favor del costo y facilidad de uso de las soluciones que se propongan. Por ende, no se requieren mecanismos intrusivos para los usuarios de

ambientes inteligentes, respecto del consumo de la energía.

En este contexto, se considera que actualmente las redes de sensores inalámbricos, representan la tecnología más promisorio –por resultar ser la menos intrusiva, flexible, de bajo costo y de fácil implantación– para el desarrollo de sistemas y aplicaciones destinados a escenarios de control y reducción inteligente del consumo energético en edificios o ambientes de uso público.

De esta manera, la detección de actividad puede lograrse a través de sensores ubicuos y el procesamiento de datos colectados por estos sensores.

Objetivo General

El proyecto tiene definido por objetivo general, el de:

Explorar, desarrollar y difundir el conocimiento específico en el campo de la ciencia y tecnología informática, propendiendo una mejor calidad de vida de los ciudadanos en general, estableciendo para ello tecnologías, sistemas y aplicaciones particulares de ambientes inteligentes, que conlleven a una mejor relación con el medio ambiente.

Objetivos Específicos

Por objetivos específicos se señalan los siguientes:

- Determinar el consumo de energía eléctrica actual de ambientes comunes en el ámbito universitario.
- Implementar conceptos de Internet of Everything
- Establecer acciones conducentes al ahorro energético en entornos seleccionados.
- Desarrollar y/o adoptar elementos de hardware/software imprescindibles para el éxito del proyecto.

- Adquirir/Adaptar elementos de medición y actuación.

- Proponer arquitecturas de sistemas de software alternativas, y evaluarlas en función de los servicios o funcionalidad a soportar, así como también, en función de las limitaciones bajo las cuales deberán operar tales servicios, y de los atributos de calidad que se identifiquen como esenciales para los sistemas de control inteligente por desarrollar.

- Exportar una arquitectura generalizada a otros ámbitos.

- Capacitar y difundir las ventajas y beneficios del ahorro energético.

- Cuantificar beneficios reales de la implementación física.

Resultados Esperados

Entre los resultados esperados se indican los siguientes:

- Conocimiento detallado de las necesidades de los distintos ambientes demandantes de soluciones inteligentes, basado en tres pilares demanda, formación y promoción.

- Conocer las principales dificultades y posibles mejoras en los ambientes actuales a fin de establecer la mejor solución para ellos.

- Satisfacer las demandas actuales de soluciones que son pretendidas desde los distintos involucrados, comprometidos con el ahorro del consumo de energía eléctrica, y por lo tanto demandantes de tales soluciones ante situaciones cotidianas.

- Crecimiento de los niveles de sensibilización de la población en general y del público sobre el tema del proyecto.

Ser una referencia en la región, para así trabajar sinérgicamente con otros grupos de trabajo sobre el tema

- Establecimiento de una sociedad responsable, que responda a los grandes desafíos globales que se presentan con las

mejores tecnologías y capacidades de innovación.

- Generación y desarrollo de aplicaciones informáticas capaces de colaborar en desarrollar iniciativas *Smart offices*, alentando la participación ciudadana.
- Capacitación a profesionales en técnicas de desarrollo de aplicaciones para ambientes inteligentes.
- Disponer de la Infraestructura desarrollada para implementarla en entornos similares.

Actividades Previstas

A lo largo del proyecto se realizarán las siguientes actividades principales:

1.-Coordinación de tareas con autoridades de la UNaM. Considerando que una de las partes involucradas en el proyecto es la UNaM, todas las tareas serán coordinadas con la persona que sea afectada al proyecto por parte de las autoridades. Determinación de *stakeholders* institucionales para el proyecto.

2.-Relevamiento de tipos de ambientes y sus características en el edificio de la FCEQyN. Tipos y número de: oficinas, salas de lectura, reuniones y conferencias, aulas, laboratorios de informática, etc. Materiales utilizados en su construcción. Tipos, número y características de artefactos eléctricos dispuestos en tales ambientes.

3.-Selección de ambientes en los que se intervendrá y experimentará en función de disponibilidad de equipamiento y necesidades de la FCEQyN

4.-Evaluación de instalaciones y determinaciones de consumo de instalaciones en sitios actuales donde se interactuará y experimentará. En conjunto con autoridades de la UNaM, se especificará el ambiente o ambientes a utilizar como modelo. Tales ambientes deberán ser caracterizados en cuanto a

consumo energético, utilización del entorno (patrones de actividades y preferencias de los usuarios de tal entorno), y variables ambientales (iluminación, temperatura, humedad, etc.).

5.-Aplicación de procesos de ingeniería de requisitos. Determinación de alcance, captura y especificación de requisitos y atributos de calidad que deberán soportar los sistemas que se propongan desarrollar para el control inteligente de los ambientes en los que se intervendrá. Los requisitos a capturar deberán incluir, tanto servicios a instrumentar (requisitos de funcionalidad) como restricciones o limitaciones bajo las cuales deberán operar (requisitos no funcionales) tales sistemas. Mientras que los atributos de calidad que debieran observarse para su desarrollo, podrán incluir: rendimiento, precisión, confiabilidad, seguridad, etc.

6.-Diseño arquitectónico e implementación de los sistemas que se propongan desarrollar para el control inteligente de los ambientes en los que se intervendrá. Aplicación de procesos de diseño arquitectónico de sistemas de software, evaluando la aplicación de arquitecturas ad-hoc o reutilizables de acuerdo a los requisitos y atributos de calidad previamente establecidos.

Al tratarse esencialmente de sistemas de información se supone para ellos, a priori, una arquitectura de capas compuestas de componentes independientes, de bajo acoplamiento entre sí. En tal sentido, debieran existir capas distintas: de nivel físico (sensores, actuadores y mecanismos de interconexión); de repositorio de información colectada por los sensores u otras fuentes externas; a nivel de toma de decisiones de manera inteligente a partir de la información colectada -es decir, buscando el ahorro en el consumo de energía eléctrica de dispositivos dispuestos en el espacio intervenido, pero teniendo en

cuenta patrones de actividad y preferencias de los usuarios en tal espacio.

7.-Desarrollo de sistemas. Generalización de abstracciones utilizadas en los desarrollos realizados. Establecimiento de una arquitectura común, escalable, de integración e interoperabilidad para los sistemas desarrollados para el control inteligente de ambientes intervenidos.

8.-Adquisición y/o adaptación de *hard* necesario para establecimiento de consumo en los ambientes a ser intervenidos. Se deberán establecer que tipo y necesidades mínimas requeridas para equipamiento a adoptar/adquirir para el desarrollo de las tareas.

9.-Transferencia de conocimientos en relación a *smart offices* e "Internet de las Cosas", por interacción con otros grupos que trabajan en la temática. Establecimiento de contactos con instituciones de otras latitudes de manera de establecer la ubicación de nuestro proyecto en diferentes iniciativas. Contactos y relacionamiento propiciando la transferencia y apropiación del know-how y capacidades propias, respecto a hardware, software y aplicaciones, de los grupos contactados.

10.-Operación de la infraestructura. Tarea de control y actualización de equipos, software, middleware, etc.; necesaria para asegurar el adecuado funcionamiento de los elementos inherentes al proyecto.

11.-Sociabilización de los resultados a través de diferentes mecanismos de divulgación.

Recursos Humanos

Actualmente, el equipo de trabajo se encuentra conformado por un Doctor en Ciencias Informáticas, un Doctorando en Ingeniería Telemática y Magister en Ingeniería de Software, un Maestrando en Ingeniería de la Web, un Maestrando en Redes de Datos e Ingeniero en

Telecomunicaciones, y un Ingeniero Electrónico.

Referencias

- [1] United Nations Environment Programme, Buildings and Climate Change: Summary for Decision-Makers, Paris: UNEP DTIE Sustainable Consumption & Production Branch, 2009.
- [2] International Energy Agency, Promoting Energy Efficiency Investments: Case Studies in the Residential Sector, Paris: OECD / IEA & AFD, 2008.
- [3] J. C. Howe, "Overview of Green Buildings," *Environmental Law Reporter: News & Analysis*, vol. 41, no. 1, pp. 10043-10048, 2011.
- [4] J. Borggaard, J. A. Burns, A. Surana y L. Zietsman, «Control, estimation and optimization of energy efficient buildings,» de *Proceedings of the American Control Conference (ACC)*, Piscataway, 2009.
- [5] Secretaría Administrativa- Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales de la Universidad Nacional de Misiones, «Consumo de energía eléctrica en dependencias de la FCEQyN de la UNaM,» Posadas, 2015.
- [6] F. Nizamic, T. A. Nguyen, A. Lazovik and M. Aiello, "GreenMind - An Architecture and Realization for Energy Smart Buildings," in *2nd International Conference on ICT for Sustainability (ICT4S)*, Estocolmo, 2014.
- [7] T. A. Nguyen y M. Aiello, «Energy intelligent buildings based on user activity: A survey,» *Energy and buildings*, vol. 56, pp. 244-257, 2013.