

A Smart Switch to Connect and Disconnect Electrical Devices at Home by Using Internet

J. E. G. Salas, R. M. Caporal, *Senior Member, IEEE*, E. B. Huerta, *Member, IEEE*,
J. J. Rodríguez and J. J. R. Magdaleno, *Member, IEEE*

Abstract— This paper presents the development of a firmware for a Smart Switch, which can control the on-off of any electrical device at home by using internet. The Smart Switch is connected to internet via Wi-Fi™, through a computer, smartphone, tablet or any device with internet access. In order to perform this connection it is necessary to write the IP pre-programmed into the Smart Switch in a web browser (Internet Explorer, Chrome, Firefox, etc.) with the purpose to load the Smart Switch server, which will open a configuration page to write the data of the user's network. Then, the user will select in automatic mode the network, the security type, and the user must have written a passphrase. Once these information is uploaded and saved, it is necessary to restart the Smart Switch in order to get access to internet, from which the user can control the Smart Switch simply sending a number one or a number zero to switch the electrical device, this process is done in principle via the internet, but it can be done without the use of internet, i.e. by using a local network.

Keywords— Home automation, internet of things, smart switch, Wi-Fi technology.

I. INTRODUCCION

ACTUALMENTE los usuarios de la energía eléctrica a nivel residencial, no tienen modo de saber la cantidad de energía eléctrica que consume cada uno de sus dispositivos eléctricos conectados a la red por el solo hecho de estar conectados, aún sin estar operando, lo que dificulta que puedan tener control del consumo de energía de sus hogares. Por otro lado, la mayoría de los usuarios pasa demasiado tiempo fuera de casa para realizar sus diversas actividades, y tampoco tiene modo de conectar o desconectar sus aparatos eléctricos vía remota durante períodos óptimos de tiempo, dependiendo de las diversas aplicaciones de cada aparato eléctrico. Se han dado casos en el que el usuario olvida desconectar de la red algún dispositivo eléctrico de alta potencia de consumo, lo cual no es deseable e incluso peligro; y solo hasta que regrese a casa lo desconecta con consecuencias adversas. O puede ser el caso de que el usuario no está seguro de haber desconectado algún electrodoméstico que no debe permanecer conectado, y por lo regular debe regresar inmediatamente a casa con la respectiva pérdida de tiempo.

J. E. G. Salas, Estuvo con el Instituto Tecnológico de Apizaco, Tlaxcala, México, ebiral@hotmail.com

R. M. Caporal, Instituto Tecnológico de Apizaco, Tlaxcala, México, rmcaporal@ieee.org

E. B. Huerta, Instituto Tecnológico de Apizaco, Tlaxcala, México, eddbon@hotmail.com

J. J. Rodríguez, SEPI-ESIME Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México, jjrodriguezr@ipn.mx

J. J. R. Magdaleno, Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica, Puebla, México, jrangel@inaoep.mx



Figura 1. Dispositivos del hogar. a) Cableados, b) Inalámbricos.

En base a estas necesidades, en el trabajo se presenta el desarrollo de un Smart Switch (SS), que es un dispositivo capaz de conectar o desconectar vía remota cualquier aparato eléctrico que esté conectado a la toma de corriente en el hogar haciendo uso de internet. En este caso, el SS actúa como intermediario entre la energía eléctrica y el electrodoméstico. Además, el dispositivo propuesto se puede controlar incluso sin el uso de internet, es decir, si los usuarios no tienen internet pueden controlar el SS de una forma local dentro del edificio, usando el IP local del SS y haciendo uso de una computadora, un teléfono inteligente o una tableta con acceso a la red local.

Existen en el mercado otros dispositivos para la automatización del hogar, tales como los arrancadores automáticos de las bombas de agua, el control del aire acondicionado, de los sistemas de seguridad, de los sistemas de iluminación, etc. Sin embargo, la mayoría de estos sistemas de automatización necesitan de dispositivos complejos, son costosos, voluminosos y necesitan de instalaciones y operarios especializados [1]. Sin embargo, con el sistema propuesto se puede controlar cualquier electrodoméstico cableados por medio de un dispositivo inalámbrico, ver Fig.1.

Al controlar los dispositivos cableados por medio de los dispositivos inalámbricos se logra tener una mayor flexibilidad y extensibilidad, ya que su operación es más fácil, se puede aplicar a cualquier aparato eléctrico en el hogar y no se necesita personal especializado para su operación e

instalación.

Actualmente, la automatización del hogar es un área de oportunidad que ha atraído la atención tanto al sector industrial como al de investigación [2]. Últimamente, se ha estado trabajando en aplicaciones donde los diversos aparatos eléctricos se encuentren comunicados entre sí vía internet [3]. Ejemplos de aparatos conectados a la red de internet son televisores, alarmas de reloj, refrigeradores, radios, etc.

La organización del trabajo es la siguiente: en la Sección II se explica la evolución del protocolo de control de transmisión y redes inteligentes. La Sección III muestra los detalles de la implementación del Smart Switch. La Sección IV muestra el desarrollo del hardware del SS. En la sección V se encuentran algunas pruebas y los resultados obtenidos con el SS propuesto. Finalmente, se pueden encontrar las conclusiones en la Sección VI.

II. TCP Y REDES INTELIGENTES

A. Revisión del TCP

El protocolo TCP por sus siglas en inglés “Transport Control Protocol” maneja el 95% del tráfico de datos en internet actualmente y constituye el 80% del número total de fluctuaciones en Internet. La gran mayoría de las fluctuaciones del TCP son poco duraderas. La principal distinción entre las fluctuaciones de corta vida y larga vida en TCP (también llamadas mice y elephants respectivamente) es como la ventana de tráfico crece. Las fluctuaciones de corta vida TCP gastan la mayor parte de su tiempo de vida en la fase de arranque lento cuando la ventana de congestión se incrementa exponencialmente. Las fluctuaciones de larga vida TCP también inician en la fase de arranque, pero estas gastan la mayor parte de su tiempo de vida en la fase que abate a la congestión en la cual estas realizan un control de congestión de decremento multiplicativo de incremento aditivo (AIMD) [4]. Aunque el internet fue diseñado originalmente para soportar su operación sobre varios medios de transporte, la mayoría de sus componentes fueron optimizados para redes cableadas. El protocolo TCP, el cual facilita la mayor parte de los servicios de internet (Web, FTP, Telnet) es uno de esos mecanismos que son, por su diseño, inherentemente ineficientes en las redes inalámbricas. Esta es la motivación detrás de la continua investigación en este campo. Diferentes paradigmas han sido usados para crear soluciones al problema de las redes inalámbricas TCP, pero solo pocas de ellas son actualmente posibles de implementar [5], [6], [9].

El algoritmo de congestión TCP se ha remarcado exitosamente en la realización de la eficiencia de la función de internet actual. Sin embargo, en años recientes, se ha evidenciado que se puede llevar a cabo muy pobremente en redes con enlaces de producto de retraso de ancho de banda grandes (BDP). El problema radica desde el hecho que el algoritmo de control de congestión estándar TCP AIMD incrementa la ventana de congestión muy lentamente. Esto se ilustra en la Fig. 2. La cual muestra la gráfica la evolución de la ventana de congestión cwnd de un solo flujo, y se compara con tiempos medidos sobre un 1-Gb/s entre Dublin, Irlanda, y Chicago, IL. El retardo de propagación es de 100 ms, y el producto del retraso de ancho de banda es aproximadamente 8000 paquetes. [7], [9], [10]. Una solución a este problema

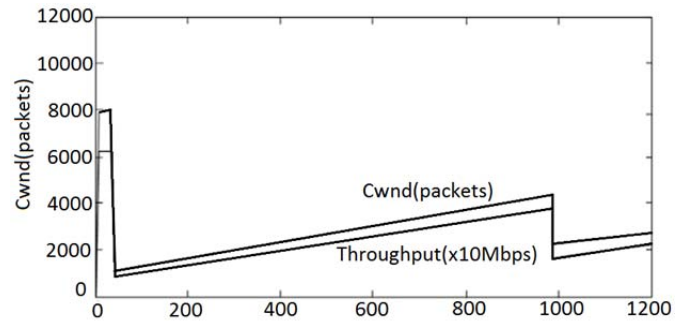


Figura 2. Medición cwnd y tiempos a través de registros sobre 1-Gb/s entre Dublin, Irlanda y Chicago, IL [7].

que se ha dado por muchos autores es el incrementar la tasa en la cual cwnd se puede incrementar y por lo tanto la congestión decrece [6], [7]. Muchos esquemas de control de congestión amigable TCP han sido propuestos para seguir el criterio de equivalencia TCP, que establecen que un flujo equivalente TCP debería tener el mismo rendimiento con TCP si experimentara condiciones de red idénticas como TCP. Además, el rendimiento debería converger tan rápido como TCP cuando las condiciones de pérdida de datos cambien.

Medios de transmisión en tiempo real, tales como video y conversaciones de audio y películas en línea, frecuentemente son transmitidos a través de Internet. Porque el ancho de banda disponible en Internet es dinámico, un mecanismo de control de congestión se requiere para prevenir que el flujo de medios sufra serias pérdidas de paquetes. Un flujo acarreado sobre TCP generalmente es sujeto a un mecanismo de control de congestión. TCP es el protocolo de transmisión mayormente usado en Internet e incrusta un mecanismo de control de congestión de decrecimiento multiplicativo e incremento aditivo (AIMD) [8], [9], [10]. TCP provee importantes características de control de flujo, confiabilidad, control de congestión y gestión de la conexión. Los medios inalámbricos están más expuestos a errores de transmisión y sufren cambios topológicos. TCP-Vegas, TCP-Tahoe, TCP-Reno, TCP-New Reno, TCP-SACK, TCP-Veno, TCP-Westwood, TCP-Westwood-New Reno y TCP-New Jersey son algunas de las variaciones más importantes de TCP [9], [10].

B. Diseño Original de los TCP

El TCP se identifica por un protocolo de capa de transporte que provee un flujo confiable y en orden de datos entre dos hosts. TCP es un protocolo defensivo altamente sensitivo a la congestión de la red. Para asegurar una comunicación confiable, TCP usa un paquete de reconocimiento (ACK) como una respuesta a un paquete entregado con éxito. Los ACK son acumulativos; cada ACK trae la secuencia numérica del siguiente octeto de datos esperado a ser recibido. En caso de pérdida de paquetes, el siguiente paquete recibido regresará el ACK del paquete recibido antes del extraviado, haciendo que el que envía reconozca dos ACK idénticos. A esto se le llama duplicación de ACK y son considerados una señal de paquetes perdidos [5].

TCP Westwood: TCP Westwood (TCPW) realiza una

estimación más agresiva del ancho de banda disponible después de un evento de pérdida ocurrido. Por lo tanto, Westwood hace énfasis en un algoritmo dinámico que infiere el estado de la red desde los ACK recibidos. Esta información se usa en una estimación estadística optimista del ancho de banda disponible. Desde que el ancho de banda cambia con cada paquete enviado, Westwood realiza estimaciones de ancho de banda hasta la recepción de cada ACK [5], [9], [21].

TCP-WestwoodNR: Se basa en TCP-New Reno. Mejora el rendimiento de la red donde los paquetes perdidos debido a errores de enlace inalámbricos y congestión de la red son más frecuentes por el manejo de un producto de retraso de ancho de banda largo. Tomando un promedio de las tasas de ACKs recibidos se estima dinámicamente el ancho de banda disponible en la red [9].

TCP-Jersey: TCP-Jersey no solo direcciona el problema de congestión de pérdidas al azar, también trata con la pérdida por congestión más eficientemente [5], [9].

TCP-New Jersey: Se propone a distinguir pérdidas de datos al azar de congestión y haciéndolos reaccionar en consecuencia. El emisor TCP estima el ancho de banda disponible usando el tiempo entre llegadas de paquetes en el receptor. Usa información del tráfico respaldada para manejar los enlaces de regreso [9].

TCP Veno: TCP Veno se enfoca en resolver el problema de pérdida sin congestión al azar. Es muy similar al TCP Vegas el cual es una mejora de TCP Reno al introducir una respuesta proactiva al comportamiento de la red. [5], [9].

TCP-Reno: Es una implementación de TCP usada por la mayoría de redes actualmente. Usa diferentes algoritmos de control de congestión. Ellos incluyen mecanismo que evitan la congestión, rápida recuperación, rápida retransmisión y lento arranque [9].

TCP-New Reno: Es una variante del Reno con una mejora un algoritmo de recuperación rápida (FR) con el fin de resolver el problema del tiempo fuera donde múltiples paquetes se perdieron desde la misma ventana [9], [21].

TCP-Vegas: El esquema de estimación del ancho de banda usado por TCP Vegas es más eficiente que otras variantes TCP. Este esquema hace la estimación del ancho de banda usando la diferencia entre la tasa de flujo esperado y la tasa de flujo actual [9], [21].

TCP-SACK: Reconocimiento selectivo (SACK) como Reno encuentra el problema de múltiples paquetes perdidos. Sin embargo en TCP-SACK el reconocimiento solo se provee por los segmentos selectivos los cuales han sido recibidos exitosamente. TCP-SACK por lo tanto requiere retransmisión de uno solo de estos segmentos que aún no ha sido reconocido [9].

TCP-Tahoe: Complementa al TCP con diferentes mecanismos de inicio lento, abatimiento de congestión y rápida recuperación. Sin embargo difiere de otras variantes TCP usando un estimador de tiempo modificado de ida y vuelta [9].

TCP-STAR: Se ha propuesto para mejorar el rendimiento sobre internet satelital. TCP-STAR es el método de control de congestión que consiste de tres mecanismos; configuración de la ventana de congestión (CWS) basado en el ancho de banda disponible, internet debido a la tasa de error del bit más significativo, y retraso largo de propagación como se explica

en [11].

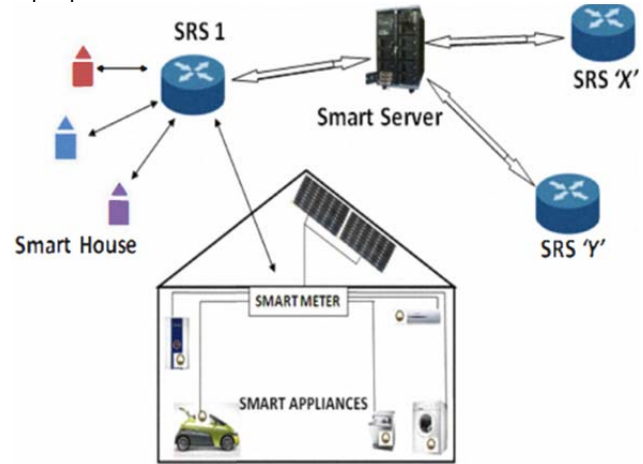


Figura 3. Topología de una red de sistemas distribuidos [13].

C. Redes Eléctricas Inteligentes

Desde un contexto global, la red eléctrica inteligente (o REI; smart grid en inglés) se puede definir como la integración dinámica de los desarrollos en ingeniería eléctrica y los avances de las tecnologías de la información y comunicación (o TICs), dentro del negocio de la energía eléctrica (generación, transmisión, distribución y comercialización, incluyendo las energías alternativas); permitiendo que las áreas de coordinación de protecciones, control, instrumentación, medida, calidad y administración de energía, etc., sean concatenadas en un solo sistema de gestión con el objetivo primordial de realizar un uso eficiente y racional de la energía eléctrica.

En esta área, existe una clase emergente de aplicación en la cual hay una necesidad de transmitir datos desde un gran número de dispositivos de medición y control, a un servidor central, [11], [14], [22]. Al anterior concepto también se podría dar la integración de otros sistemas como el de las protecciones. Así, las redes eléctricas inteligentes entran a hacer parte de un macro-concepto de dominio territorial, como lo es el de las ciudades inteligentes [14], [22].

III. DESARROLLO DEL SMART SWITCH

A. El Smart Switch

Un dispositivo inteligente es un dispositivo electrónico, generalmente conectado a otros dispositivos o redes a través de diferentes protocolos inalámbricos, tales como Bluetooth™, NFC™, Wi-Fi™, 3G, etc., que pueden operar en cierta medida de forma interactiva y autónoma (ver, Fig. 3). La opinión generalizada es que este tipo de dispositivos superarán en número a cualquier otra forma de computación inteligente y la comunicación en un tiempo muy corto, en parte, que actúa como un facilitador útil para el internet de las cosas [23]. Entre los varios tipos de dispositivos inteligentes están los iPhone™ o la mayoría de los dispositivos que ejecutan el sistema operativo Android™ de Apple™, phablets y tabletas (como el iPad™ de Apple™ o Google™ Nexus™ 7), Smart-watches, bandas inteligentes y llaveros inteligentes (como Prestigio Keys). El término también puede referirse a un dispositivo de computación ubicua: uno que exhibe algunas propiedades de la computación ubicua incluyendo aunque no necesariamente la inteligencia artificial.

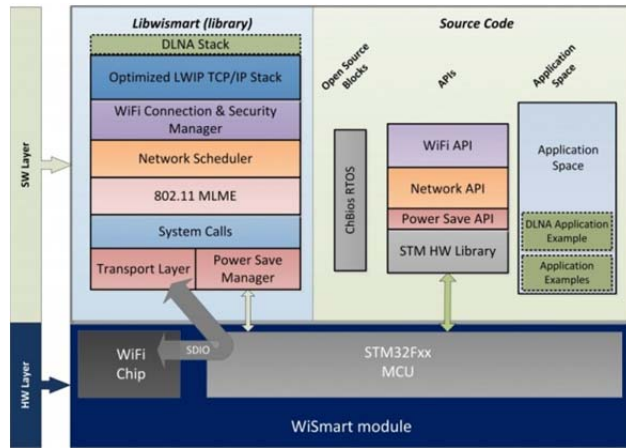


Figura 4. Solución Econais.

TABLA I. INFORMACIÓN DE LA CONFIGURACIÓN POR DEFAULT DEL PUERTO SERIAL

Velocidad de transmisión	115200
Bits de datos	8
Bit de parada	1
paridad	Ninguno
Control de flujo	Ninguno

Dispositivos inteligentes pueden ser diseñados para soportar una variedad de factores de forma, una serie de propiedades pertenecientes a la computación ubicua y que se utilizará en tres principales entornos de sistema: mundo físico, ambientes humanos y centrados en los entornos de computación distribuida.

Se estudiaron las diferentes tecnologías existentes para la automatización del hogar tales como, Zwave, Enocean, Insteon Dealer y Zigbee, se realizó el análisis de estas tecnologías incluyendo a la tecnología Wi-Fi™ y se optó por utilizar esta última para el desarrollo de este producto. Una vez entendido esto se procedió a la adquisición de un módulo Wi-Fi™ el cual fue la salida a internet, para poder monitorear y controlar el SS. Después se procedió a obtener un módulo de evaluación para el desarrollo de la aplicación entre los cuales se estudiaron diferentes tecnologías tales como: Texas Instruments, Lantronix, BlueGiga, Microchip, Econais y Murata Electronics, se optó por adquirir un módulo de Econais debido a su bajo precio y a que dispone de memoria para realizar la aplicación a diferencia de los otros en las cuales se tendría que utilizar un chip extra para el desarrollo de la aplicación. Se realizaron las pruebas de testeo del módulo de Econais, en la Fig. 4 se muestran las capas de hardware y software del dispositivo utilizado. Posteriormente se realizó la programación de la configuración del dispositivo para darle acceso a internet a través de una computadora, un teléfono inteligente o bien una tablet, o cualquier otro dispositivo con acceso a internet, tan solo proporcionando los datos de la red a la que estos otros dispositivos estén conectados (ver Tabla I). Una vez realizado el proceso de configuración se procedió a la programación dispositivo el cual consiste en la manipulación de un interruptor para dar paso a la energía eléctrica a cualquier dispositivo que esté conectado al SS. Los comandos AT son propios para la comunicación entre dispositivos Wi-Fi™ y módems, sin embargo estos comandos pueden variar según el fabricante del

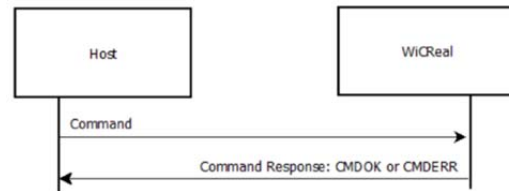


Figura 5. Comando que no genera un evento.

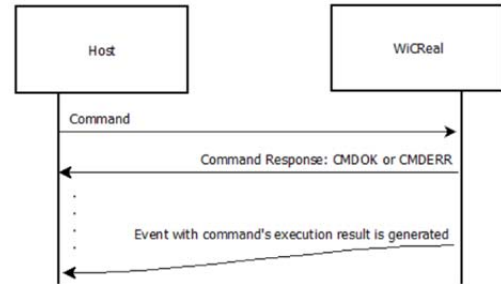


Figura 6. Comando que genera un evento de vuelta al Host.



Figura 7. Red configurada



Figura 8. Registro de usuario.

módulo Wi-Fi™. La forma en la que se envían estos comandos para que se comuniquen con un modem es a través de una comunicación serial entre la computadora y el módulo Wi-Fi™.

B. Comandos, Respuestas y Eventos

El módulo Wi-Fi™ usado para este trabajo soporta dos tipos de comandos: los cuales su resultado de ejecución está disponible inmediatamente después de la orden del comando. Para este caso, el usuario envía un comando al módulo que se ejecutará y responderá con un CMDOK si el comando fue ejecutado exitosamente o con un CMDERR si el comando falló al ser ejecutado como se muestra en la Fig. 5. Por ejemplo para una transmisión TCP se usa el comando AT60 y si la transmisión TCP fue exitosa, nos regresará un CMDOK. Por el contrario el módulo responderá con un CMDERR. Comandos de los cuales su resultado de ejecución estará disponible en algún tiempo en el futuro como se muestra en la Fig. 6. En este caso el comando se ejecuta en dos estados. El primero, examinará si el comando tiene los parámetros correctos. Si esto es correcto, entonces el módulo iniciará la ejecución del comando y responderá con un CMDOK después de que el comando termine su ejecución. De otra manera, responderá con un CMDERR. Por ejemplo el comando AT17 (el cual inicia un escaneo). El módulo iniciará el escaneo y responderá con un CMDOK al usuario. El escaneo se tomará un tiempo hasta estar completo y cuando esto pase un CMDOK será enviado, el módulo generará un evento

deb regreso al usuario para informarle en detalle de los puntos de acceso dentro del área de



Figura 9. Aplicar cambios.

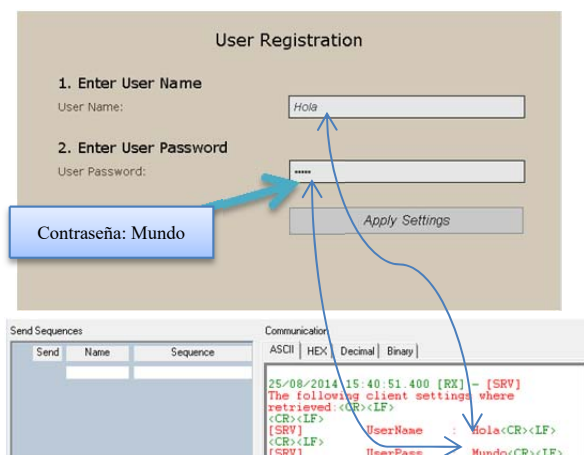


Figura 10. Envío de datos.

escaneo. Se debe tener en cuenta que ambos tipos de comandos responderán con un CMDOK o un CMDERR inmediatamente, pero algunos comandos generaran eventos futuros para actualizar al usuario acerca de los eventos asíncronos que tendrán lugar. Esto habilita tanto al usuario como al módulo Wi-Fi™ para entrar en un estado de ahorro de energía mientras el comando se está ejecutando. También hay dos clases de eventos que pueden ser generados por el módulo: eventos que son generados como resultado de una recepción de comandos. Cada vez que el módulo recibe un comando que genera un evento, otro evento será generado para informar al usuario acerca del comando en ejecución. AT17 por ejemplo siempre generara un evento de vuelta al usuario cuando el escaneo se completa. Eventos que son generados porque algunos eventos asíncronos toman lugar en el módulo, para que el usuario sea informado. Estos eventos no son generados por el comando en ejecución. Por ejemplo, el caso en que un paquete TCP fue recibido por el módulo. En este caso el módulo generará un evento de vuelta al usuario para informarle del paquete recibido. Por default cada evento es encapsulado en una cadena ASCII empezando con “\r\nTXS\r\n” y termina con “\r\nTXS\r\n”. La manera en que los eventos se envían es altamente configurable, y el usuario puede completamente redefinirlos para tener el formato deseado. A partir de lo anterior se desarrolla la aplicación para proceder a manipular el dispositivo inteligente propuesto en este trabajo. Una vez configura la red se podrán visualizar estos datos como se muestra en la Fig. 7. Ahora como se puede observar en la Fig. 8, se encuentra una pestaña disponible para la manipulación del dispositivo inteligente. Después se dirige a la ventana registro de usuario. En la Fig. 9

se muestra la ventana en la cual el usuario puede controlar el dispositivo inteligente enviando un número cero o bien un número uno para proceder a apagar

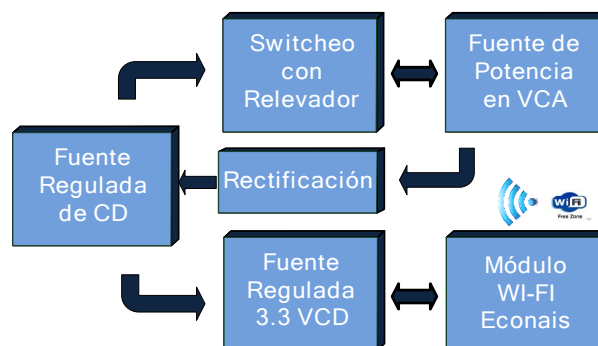


Figura 11. Diagrama a bloques del Smart Switch.

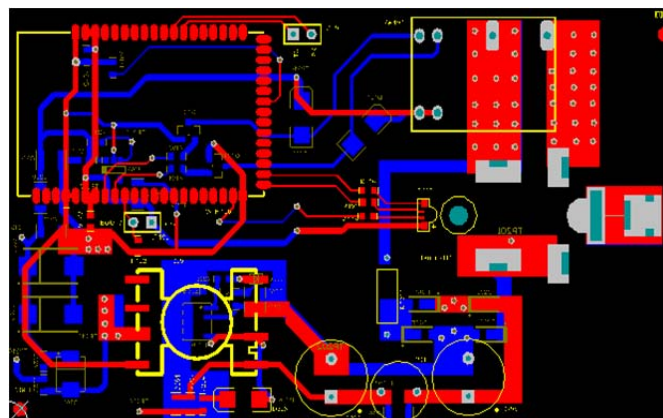


Figura 12. PCB del Smart Switch.

o encender el Smart Switch, o bien se puede enviar una cadena para realizar esta misma operación, como se muestra en la Fig. 10. Los resultados por el serial se muestra en la misma figura.

IV. DESARROLLO DEL HARDWARE

Para el desarrollo del Hardware se utilizó el software de diseño de PCB, Altium™ Designer. Se diseñaron algunas fuentes de alimentación de voltaje con el objeto de tener el voltaje regulado necesario de CD y poder alimentar al relevador del SS que está conectado al módulo Wi-Fi™. En la Fig. 11 se muestra el diagrama a bloques que se encarga de hacer el Switchero de encendido o apagado del aparato electrodoméstico y un regulador de voltaje para alimentar a bloques del SS.

La fuente tiene las siguientes características:

- Voltaje de entrada: 127V CA
- Voltaje de salida: 5V CD
- Corriente de salida: 555mA

Se llevó a cabo la investigación de un regulador de tensión de 5 V a 3.3 V para alimentar al módulo Wi-Fi™ del SS, que se alimenta de la salida de voltaje de la fuente diseñada. Se eligió un relevador de un polo un tiro con un voltaje de bobina de 5 V y una corriente de bobina de 10 A, después de la selección y prueba de componentes de prosiguió con el diseño de la tarjeta electrónica donde se integran todos los

componentes del SS con el fin de tener un tamaño reducido. En la misma tarjeta se agregó el relevador.

En la Fig. 12 se muestra un layout de la tarjeta del Smart Switch desarrollado.

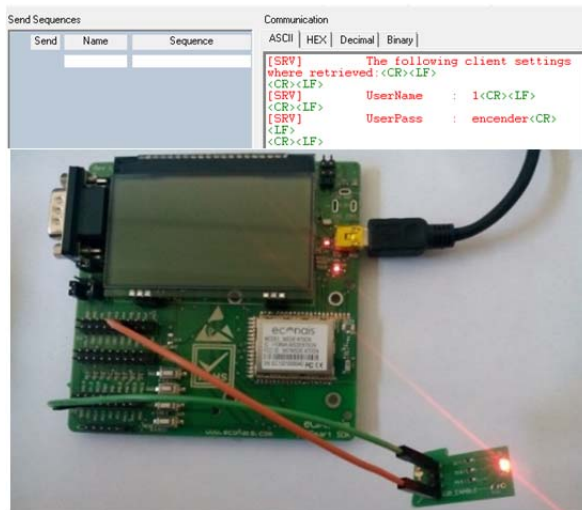


Figura 13. Encender un LED.

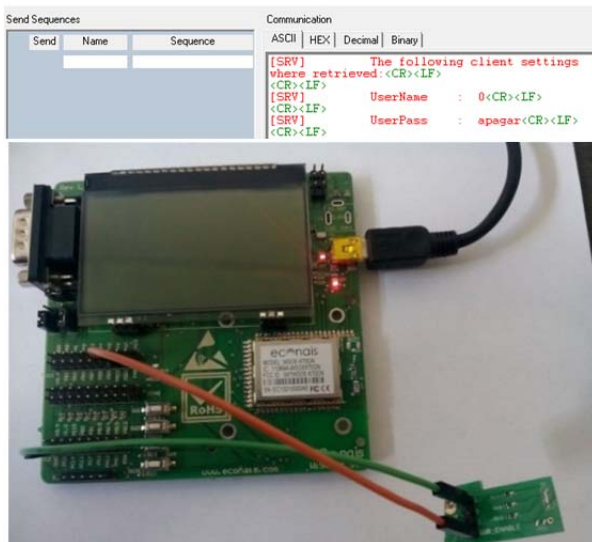


Figura 14. Apagar un LED.

V. PRUEBAS Y RESULTADOS

En la Fig. 13 se puede ver que al enviar un 1 al dispositivo inteligente este encenderá una salida que se muestra con el led RGB conectado a la tarjeta de evaluación. En la Fig. 14 se muestra como al enviar un 0 al dispositivo inteligente este apaga el led RGB conectado a la tarjeta de evaluación. Con todo lo descrito anteriormente se logró manipular el módulo Wismart para que funcione como un Smart Switch el cual pueda encender y/o apagar un dispositivo eléctrico conectado a la red doméstica.

Una vez que se logró manipular el dispositivo inteligente este se puede acceder a través de internet y manipularlo para encender cualquier aparato conectado a la red eléctrica como un foco por ejemplo. Para lo cual, se entra a la pestaña de registro de usuario, como se observa en la Fig. 15, que es donde se coloca un número uno o cero para encender o apagar el dispositivo eléctrico respectivamente. En la misma figura se puede apreciar que al enviar un número uno al SS se enciende

el foco. En la Fig. 16 se puede observar como al asignar un cero en el nombre de usuario, el dispositivo apaga el foco que se encuentra conectado a la red eléctrica.

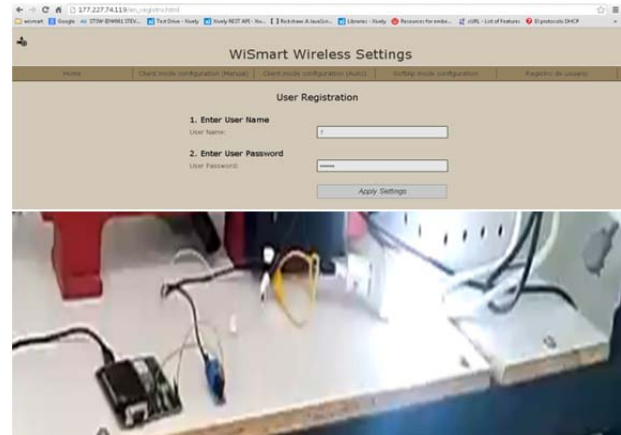


Figura 15. Encender un foco a través de internet.

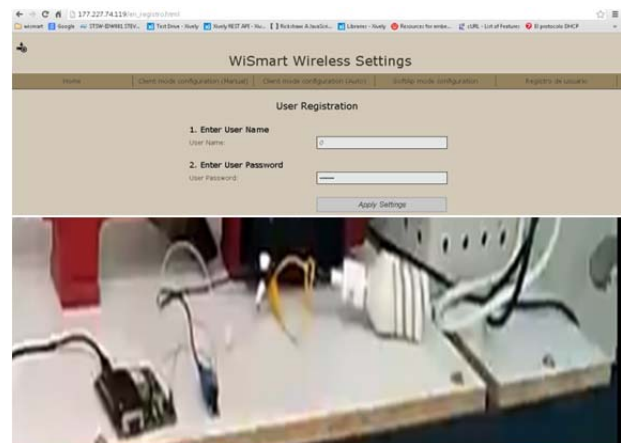


Figura 16. Apagar un foco a través de internet.

VI. CONCLUSIONES

En este trabajo se presentó el desarrollo de un contactor inteligente (Smart Switch) controlado vía internet, para el control del encendido y apagado remoto o de una manera local de dispositivos eléctricos del hogar conectados a la red. Con el propósito de cubrir una necesidad de ahorro energético y de seguridad a los usuarios de energía eléctrica a nivel residencial.

Los resultados experimentales confirman la teoría, viabilidad y confiabilidad de la tarjeta desarrollada, la cual se realizó en una etapa de prototipo y actualmente se está llevando a una etapa comercial.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento a la empresa Softek Global eDesign Services (Querétaro, México) por proporcionar asistencia técnica durante la realización de este proyecto y al CONACyT (México) por financiar parte del presente proyecto bajo la convocatoria PROINNOVA con número de solicitud: 214929. Y por la beca otorgada al alumno de posgrado.

REFERENCIAS

- [1] Y. T. Park, P. Sthapit, and J.-Y. Pyun, "Smart digital door lock for the home automation", in Proc. IEEE TENCON Conference, pp 1-6. 2009.
- [2] K. Atukorala, D. Wijekoon, M. Tharugasini, I. Perera, and C. Silva, "Smarteye - Integrated solution to home automation, security and monitoring through mobile phones". Third International Conference on

- Next Generation Mobile Applications, Services and Technologies. Sep. 15-18, pp. 64-69. 2009.
- [3] M. Merabti, P. Fergus, O. Abualma'atti, H. Yu, and C. Judice, "Managing distributed networked appliances in home networks", in *Proc., of the IEEE*, vol. 96, no. 1, pp. 166-185, 2008.
 - [4] S. Ebrahimi-Taghizadeh, A. Helmy, S. Gupta, "TCP vs. TCP: a systematic study of adverse impact of short-lived TCP flows on long-lived TCP Flows". University of Southern California, Department of Electrical Engineering. Los Angeles, USA. 2005.
 - [5] M. Todorovic, and N. López-Benitez. "Efficiency study of TCP protocols in Infrastructure wireless networks". Texas Tech University, Department of Computer Science. 2006.
 - [6] A. Kuzmanovic, and E. W. Knightly, "TCP-LP: Low-Priority service via end-point congestion control". *IEEE/ACM Transactions on Networking*, Vol. 14, No. 4, 2006.
 - [7] Y.-T. Li, D. Leith, and R. N. Shorten. "Experimental evaluation of TCP protocols for high-speed networks". *IEEE/ACM Transactions on Networking*, vol. 15, no. 5, pp. 1109-1122. 2007.
 - [8] S.-C. Tsao, Y.-C. Lai, Y.-D. Lin. "Taxonomy and evaluation of TCP-friendly congestion-control schemes on fairness, aggressiveness, and responsiveness". *IEEE Network*, vol. 21, No. 5, pp. 6-15. 2007.
 - [9] S. Henna. "A Throughput analysis of TCP variants in mobile wireless networks". Third International Conference on Next Generation Mobile Applications, Services and Technologies. Sep. 15-18., pp. 279-284. 2009.
 - [10] X. Miao, Q. Feng, D. Ping, Q. Yajuan, Z. Sidong, and Z. Hongke. "Fairness Evaluation of the Default High-Speed TCP in Common Operating Systems". *Proceedings of IC-BNMT2009.*, pp. 100-105. 2009
 - [11] H. Obata, S. Nishimoto, K. Ishida. "TCP congestion control method of improving friendliness over satellite internet". 7th International Conference on Information, Communications and Signal Processing, 2009. ICICS 2009. Dec. 8-10., pp. 1-4. 2009.
 - [12] T. Khalifa, K. Naik, M. Alsabaan, A. Nayak, and N. Goel. "Transport Protocol for Smart Grid Infrastructure" Second International Conference on Ubiquitous and Future Networks (ICUFN). Jun, 16-18., pp. 320-335. 2010.
 - [13] J.J. Jamian, M.W. Mustafa, H. Mokhlis, M.A. Baharudin. "Conceptual Data Management and Communication for Smart Distribution System". IEEE First Conference on Clean Energy and Technology CET. Jun. 27-29, pp. 364-358. 2011.
 - [14] Madrid Ahorra con energía. "Guía de Redes Inteligentes de energía y comunicación". 2011.
 - [15] X. Lu, Z. Lu, W. Wang, J. Ma. "On Network Performance Evaluation toward the Smart Grid: A Case Study of DNP3 over TCP/IP". IEEE Communication Society., pp. 1-5. 2011.
 - [16] T. Isobe, D. Ito, D. Akashi, S. Tsutsumi. "RADIC-TCP: High-Speed Protocol Applied for Virtual Private WAN". 18th International Conference on Telecommunications. May. 8-11., pp. 505-510. 2011.
 - [17] Y.-J. Kim, M. Thottan. "SGTP: Smart Grid Transport Protocol for Secure Reliable Delivery of Periodic Real Time Data". Bell Labs Technical Journal., vol. 16., no 3., Dec. 2011.
 - [18] J.J. Jamian, M.W. Mustafa, H. Mokhlis, and M.A. Baharudin. "Smart Grid Communication Concept for Frequency Control in Distribution System". The 5th International Power Engineering and Optimization (PEOCO2011). Jun. 6-7., pp 238-242. 2011.
 - [19] T. Khalifa, A. Abdrabou, K. Naik, M. Alsabaan, A. Nayak, and N. Goel. "Design and Analysis of Split- and Aggregated-Transport Control Protocol (SA-TCP) for Smart Metering Infrastructure". IEEE Third International Conference on Smart Grid Communications. Nov. 5-8., pp. 139-144. 2012.
 - [20] M. Alowaidi, F. R. Yu, A. El Saddik, and, A. Aljanah. "Improving Performance of Smart Grid Communications using Multi-homing and Multi-streaming offered by SCTP". IEEE Communication Networks for Smart Grids and Smart Metering. 2012.
 - [21] R. Pavani, and K. N. Sreenath. "Performance evaluation of TDP-Reno, TCP-Newreno and TCP-Westwood on Burstification in an OBS Network". 18th Annual International Conference on Advanced Computing and Communications (ADCOM). 2012.
 - [22] Z. Yue, Y. Ren, J. Li, and Q. Zhong. "The performance Evaluation and Comparison of TCP-based High-speed Transport Protocols". Computer Network Information Center, Chinese Academy of Sciences. 2012.
 - [23] http://es.wikipedia.org/wiki/Dispositivo_inteligente
 - [24] <http://www.econais.com/>



Jesús Ebert Giral Salas recibió el título de Ing. en Mecatrónica por el Instituto Tecnológico de Apizaco (ITA), Apizaco, Tlax. México, en 2015. El grado de Maestro en Sistemas Computacionales, también por el ITA, en 2016. Actualmente labora en la empresa "Integradores, Proyectos y Servicios Globales S.A. de C.V, México" como Ingeniero en automatización de procesos industriales. Se ha desarrollado en las áreas de programación de DSPs, programación de PLCs, programación de HMIs, Diseño eléctrico. Mantiene su interés por la investigación en el área de Control Automático de máquinas Eléctricas de CD y el Control Remoto de Dispositivos Inteligentes para la Automatización del Hogar.



Roberto Morales-Caporal (S'05–M'08–SM'14) Obtuvo el título de Ing. Electromecánico en el Instituto Tecnológico de Apizaco (ITA), Apizaco, Tlax., México, en 1999. El grado de M. en C. en Ingeniería Eléctrica por la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la ESIME del Instituto Politécnico Nacional, en la Ciudad de México. México, en el 2002. Y el grado de Dr.-Ing., en Ingeniería Eléctrica por la Universität Siegen, Siegen-Weidenau, República Federal de Alemania, en 2007, con apoyo de una beca otorgada por el DAAD. Es repatriado por el CONACyT en el ITA durante el 2008, donde actualmente labora. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores de México. Sus principales áreas de investigación incluyen: control digital de máquinas eléctricas rotatorias, control digital de convertidores estáticos de potencia para aplicaciones fotovoltaicas y aplicaciones de los sistemas digitales DSP y FPGA.



Edmundo Bonilla-Huerta (M'11) Recibe el grado de Lic., en Informática por el Instituto Tecnológico de Apizaco (ITA), Apizaco, Tlax. México, en 1996. El grado de M en C en Ciencias Computacionales en el ITA, Apizaco, Tlax. México, en 1998. Y el grado de Doctorat en Informatique por la Université d'Angers. Campus Belle Beille, Francia en 2008. Sus principales áreas de investigación incluyen: Computación Cuántica, Lógica Difusa Tipo 2, Visión Artificial, Minería de Datos y Aprendizaje Automático.



Jaime José Rodríguez-Rivas Ingeniero Electricista de la Universidad Central de Las Villas, Cuba (1980). Entrenamiento de Posgrado sobre Accionamientos Eléctricos Regulados en el Instituto Energético de Moscú, URSS (1987). Doctorado en Ciencias en Ingeniería Eléctrica en el Instituto Energético de Moscú, URSS (1991). Actualmente es Profesor Titular del Programa de Posgrado en Ingeniería Eléctrica de la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (ESIME) del Instituto Politécnico Nacional en la Ciudad de México. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores de México. Sus principales áreas de investigación son: accionamiento electrónico de máquinas de corriente alterna, electrónica de potencia, tracción eléctrica y generación eólica y fotovoltaica.



José de Jesús Rangel-Magdaleno (S'08, M'12) received the B.E. degree in electronics engineering and the M.E. degree in electrical engineering from Universidad de Guanajuato, Guanajuato, Mexico, in 2006 and 2008, respectively, and the Ph.D. degree in mechatronics from Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, Mexico, in 2011. He is currently an Associate Researcher with the Electronics Department, National Institute of Astrophysics, Optics, and Electronics, Puebla, Mexico. He is a member of the Mexican National Research System (SNI), level I. His current research interests include signal and image processing, instrumentation and mechatronics.