

# *TRAPPER: a flexible environmental monitoring system designed with open software and hardware for data centers*

*Eduardo J. Pérez, Alejandro J. Del Cid, Pat H. Rodríguez*  
*Department of Telecommunications Engineering*  
*Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC), Honduras*

**Abstract**— Datacenter monitoring is necessary in order to guarantee availability, which has become crucial due to growth of information network dependency; motivation that led us to develop TRAPPER as a flexible solution aimed at data center environmental parameter monitoring. This project was developed at physical and programming levels, based only on open hardware and software. Up to 24 sensors can be connected to the central device for data collection. A web console allows for remote administration and parameter configuration, particularly those concerning Simple Network Management Protocol (SNMP). This protocol makes TRAPPER compatible with monitoring servers available in the market. Development time was diminished through application of industry standards. Trapper can be utilized as a tool in decision making and down time cost risk reduction.

**Keywords**— Datacenter, environmental monitoring, telecommunications, analog sensor, digital sensor, design prototype.

## I. INTRODUCCIÓN

Asegurar la disponibilidad en los centros de datos se ha vuelto prioridad a medida que los servicios en la red tienen mayor demanda, a tal grado que las pérdidas por tiempo de baja sobrepasan los 8mil dólares por minuto [1]. Parte de los factores que inciden en dichas bajas son prevenibles llevando a cabo un monitoreo adecuado de las condiciones ambientales (p. ej. temperatura, humedad, corriente y voltaje de líneas de distribución energética) del centro de datos.

Por lo tanto las empresas cada vez más dependen de sus centros de datos para garantizar sus servicios en la red; razón que nos llevó a desarrollar TRAPPER (Fig. 1) como una solución flexible de monitoreo ambiental diseñado a la medida para centro de datos, capaz de monitorear hasta veinticuatro (24) sensores utilizando estándar SNMPv3 [2] que permite el envío de datos a los diferentes servidores de monitoreo SNMP disponibles en el mercado.

El sistema TRAPPER es flexible ya que el administrador de red es capaz de configurar por medio de una consola web cada sensor para monitorear: Temperatura, voltaje, corriente, humedad relativa, apertura de puertas, detección de movimiento;

definiendo a su criterio umbrales a los cuales se pueden desencadenar las notificaciones tipo Trap [3]. Además es escalable ya que está diseñado para la incorporación de nuevos sensores (p. ej. intensidad luminosa, detección de nivel de gas) que se puedan desarrollar sin necesidad de hacer modificaciones en el hardware.

## II. OBJETIVOS

### A. Objetivo General

- Desarrollo de un sistema flexible para monitoreo de parámetros ambientales en un centro de datos utilizando hardware y software libre.

### B. Objetivo Específico

- Implementar estándares de la industria en telecomunicaciones para el desarrollo del sistema.
- Almacenar un historial de los datos tomados por los sensores, para la generación de gráficos.
- Generar alertas o notificaciones según umbrales definidos por el administrador de redes.

## III. METODOLOGÍA

El proyecto TRAPPER fue desarrollado en dos partes, a nivel físico y de programación. La parte física requirió del diseño del chasis, placa de circuitos y las cajas de los sensores y sus respectivos circuitos. El chasis fue elaborado con una cortadora láser y una troqueladora de precisión. Tiene las dimensiones para ser montada en una unidad de rack (48.26x4.445cm). La placa de circuitos se elaboró utilizando el método de aplicación de máscaras para la impresión y ácido muriático para suprimir el cobre excedente. Fig. 2 muestra las cajas que fueron diseñadas e impresas en 3D para algunos de los sensores desarrollados. TRAPPER fue desarrollado utilizando Raspberry Pi modelo 2 [4] y Arduino Mega [5], ambos hardware libre.

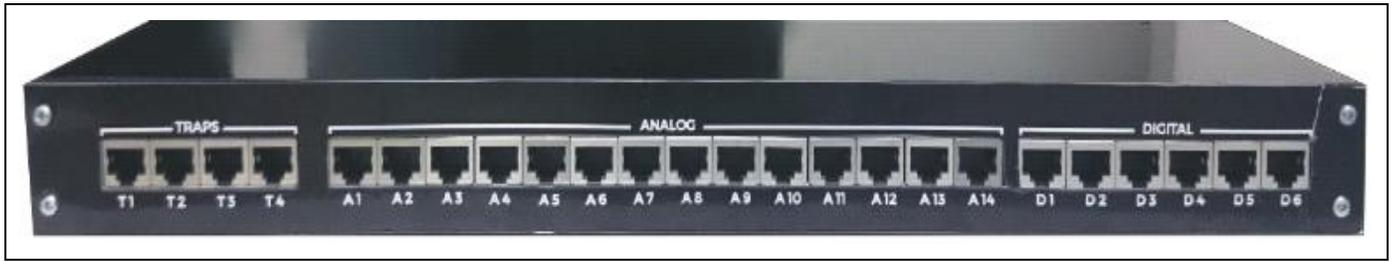


Fig. 1. Dispositivo central del sistema de monitoreo TRAPPER

TRAPPER a nivel de software se desarrolló de tal manera que pueda ser administrado remotamente, gracias a su consola de administración web que permite al usuario un entorno dinámico e intuitivo (ver Fig. 3). El frontend está desarrollado con el lenguaje de marcado HTML, hojas de estilo en cascada CSS que permite una mejor presentación de la plataforma, el lenguaje de programación interpretado de Javascript utilizando principalmente sus procesos de JQuery y Ajax permitiendo que la plataforma sea dinámica y con un aspecto de aplicación de escritorio.

El desarrollo del Backend se llevó a cabo utilizando principalmente Django que es un framework de desarrollo web escrito en Python que permite una estructura conceptual para una mejor organización y administración de los elementos web [6]. Django tiene un API robusta para utilizar con diferentes bases de datos. Para esta plataforma de administración las capacidades requeridas no son exigentes ya que su objetivo no es ser una aplicación de alta concurrencia/tráfico, por esta razón se determinó que la base de datos más apropiada es Sqlite 3, que es ligero, rápido, fácil de operar e integrar [7]. A demás es ideal para servicios como TRAPPER que deben trabajar sin mantenimiento o intervención humana.

Como servidor http, Trapper utiliza Apache2 que es altamente configurable para los requerimientos de Trapper. Para la modificación de archivos de configuración de los parámetros se utiliza PHP que es un módulo que se integra en Apache.

Para el agente SNMPD se ha implementado utilizando el software de Net-SNMP [8], basado en los estándares definidos por la IETF [9], lo que permite al sistema TRAPPER la flexibilidad de ser un cliente SNMP de los diferentes Servidores SNMP disponibles en el mercado. La integración de todos estos componentes fue desarrollado en Python que es un lenguaje de programación interpretado. Todo este desarrollo corre sobre el sistema operativo Raspbian [10] en una versión para Raspberry Pi. El microcontrolador Atmega2560 fue programado en el IDE de Arduino basado en Processing.

#### IV. DESCRIPCIÓN

El sistema TRAPPER es capaz de registrar mediante sensores conectados a un dispositivo central, valores de temperatura, humedad relativa, detección de movimiento y apertura de puertas, voltaje y corriente AC. A través de veinticuatro puertos: catorce análogos, seis digitales y cuatro de

notificación instantánea; la información recibida de los diferentes sensores será procesada, almacenada y enviada según determine el administrador de red.

Los datos tomados por los sensores son enviados a un servidor SNMP, dicho envío de datos es compatible con los sistemas de monitoreo disponibles en el mercado, ya que utiliza el estándar SNMP versión 3 que mejora características de seguridad y administración con respecto a las versiones anteriores. Ofreciendo autenticación tipo MD5 y SHA, además encriptación DES y AES. TRAPPER admite cualquiera de los anteriormente mencionados y son fácil de configurar en la consola web (ver Fig. 4). Así como otros parámetros básicos de la configuración SNMP.

El administrador de red será capaz de configurar en cada sensor, notificaciones para valores fuera de un umbral (ver Fig. 5) con el objetivo de enviar notificaciones tipo TRAP si uno de los sensores arroja valores fuera del umbral establecido.



Fig. 2. Caja de sensores impreso en 3D, (A) Temperatura, (B) Detección de Movimiento, (C) Sensor de corriente alterna, (D) Humedad Relativa.

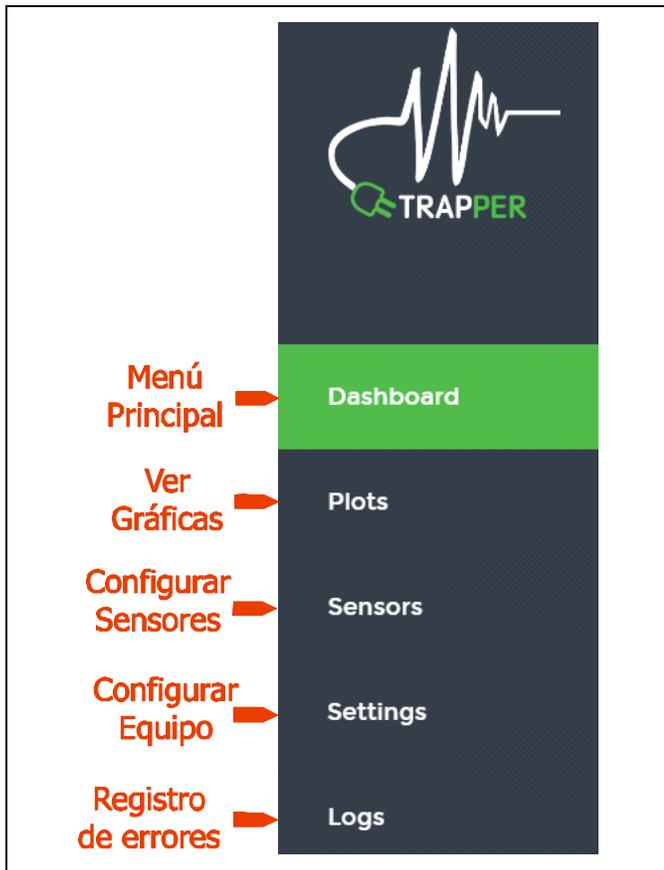


Fig. 3. Consola de administración web del sistema TRAPPER

Gracias a estas notificaciones y los valores almacenados a lo largo del tiempo, será posible definir el comportamiento esperado en los sensores y así prevenir fallas en el centro de datos, que incurren directamente en la calidad del servicio que perciben los clientes o usuarios de la red, evitando así pérdidas monetarias y reduciendo los tiempos de baja del centro de datos. Llegando a convertirse en una herramienta para toma de decisiones, usando el sensor de temperatura poder determinar si hay gastos innecesarios por sobre enfriamiento, en contraste con el sensor de corriente se podrían percibir estos cambios en el

consumo y ahorrar energía. Siguiendo así el modelo de centros de datos amigables al medio ambiente.

TRAPPER almacena los valores recolectados por los sensores con el objetivo de ser mostrados en gráficas individuales por sensor (ver Fig. 6) permitiendo filtrar los datos de acuerdo a la última media hora de datos, última hora y el último día.

## V. SENSORES

En total se han desarrollado siete sensores; siendo el sistema escalable para poder implementar otros tipos de sensores sin necesidad de hacer modificaciones en el hardware, solo se necesita unas cuantas modificaciones a nivel de código.

### A. Sensores Analógicos

El dispositivo central cuenta con la capacidad de conectar hasta 16 sensores analógicos, de los cuales se han desarrollado el sensor de Temperatura, Corriente y voltaje AC. Una característica importante de los sensores de corriente y voltaje es que son no invasivos. Haciendo que su uso sea más seguro para uso industrial.

### B. Sensores Digitales

El dispositivo central cuenta con la capacidad de conectar hasta 6 sensores digitales, se ha desarrollado solamente el sensor de humedad relativa, es decir que mide la cantidad de humedad presente en el aire en valores de porcentaje. Se planea el desarrollo de nuevo sensores de este tipo.

### C. Sensores tipo Trap

El dispositivo central cuenta con la capacidad de conectar hasta 4 sensores Trap, se han desarrollado los sensores de detección de movimiento, apertura de puertas y estado de un equipo de red (encendido/apagado). El administrador de red puede configurar los puertos de tipo Trap como active low o active high, es decir que envían una notificación dependiendo del estado (por ej. se envía una señal tipo active low cuando se detecta la apertura de una puerta).

User <b>(A)</b> AdelcidZ	Passencryp <b>(B)</b> alejandrozepeda	Passauth <b>(C)</b> snmp18929
Typeencryp <b>(D)</b> AES	Typeauth <b>(E)</b> SHA	IPServer <b>(F)</b> 192.168.0.50
<b>ACTUALIZAR</b> <b>(G)</b>		

Fig. 4. Configuración de los Parámetros SNMP del sistema TRAPPER, (A) Usuario del Servidor SNMP, (B) Contraseña de Encriptación, (C) Contraseña de Autenticación, (D) Seleccionar el tipo de encriptación (DES o AES), (E) Seleccionar el tipo de autenticación (MD5 o SHA), (F) Configurar la IP servidor SNMP

## VI. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE TRAPPER

De las principales características de diseño bajo las cuales fue desarrollado TRAPPER son:

- La conexión entre el dispositivo y el sensor es a través de cable par trenzado no blindado (cat. 5) o superior. Utilizando normativa T568A (cable directo) o normativa T568B (cable cruzado). Utilizando conectores RJ45 (8P8C).
- En base a pruebas realizadas la distancia entre el dispositivo central y el sensor tiene un alcance de hasta a 75m.
- Para evitar interferencias de ruido externo que pueden afectar la medición de los sensores análogos se desarrollaron filtros a nivel de código que permite la compatibilidad magnética para suprimir el ruido de 60Hz, que se encuentra presente principalmente en centros de datos debido a la gran cantidad de dispositivos que se alimentan de la red principal de potencia AC.
- Mecanismo de detección si un sensor está configurado como encendido en la consola de administración pero se encuentra desconectado; evitando así lecturas que puedan generar alarmas erróneas al administrador de red.
- Historial de errores de ejecución del software (ej. error de escritura en base de datos, lectura errónea de datos del sensor) con el objetivo de permitir al administrador de red ver los logs o registros de errores del sistema.
- Cada 30 segundos son tomadas las mediciones de los sensores multiplexados en división de tiempo (TDM), ofreciendo así una mayor eficiencia energética ya que los sensores permanecen encendidos solamente en su time slot para tomar la medición.

The screenshot shows a configuration form for a sensor. It has the following elements:

- Name:** A text input field containing "Global Temperature (A)".
- Sensor type:** A dropdown menu showing "Temperature (B)".
- Trap notifications:** A toggle switch currently set to "Trap (C)".
- Min/Max values:** Two input fields for "Min" (20.00) and "Max" (30.00), labeled (D).
- Save button:** A blue button labeled "GUARDAR (E)".

Fig. 5. Configuración de los sensores, (A) Asignar nombre al sensor, (B) Seleccionar el tipo de sensor que se va a conectar en el puerto, (C) Booleano si se desean enviar notificaciones tipo Trap o no, (D) Si se desea enviar notificaciones tipo Trap se debe definir un umbral al cual de medición del sensor que desate el envío del Trap, (E) Guardar los cambios de configuración del sensor.

- Los puertos Trap son una variación de los puertos digitales; con la diferencia de que estos pueden enviar notificaciones a partir de las muestras tomadas cada segundo por dichos sensores, haciéndolos ideales para detección de movimiento, apertura de puertas y estado de un equipo de red (encendido/apagado).

## VII. CONCLUSIONES

- El uso de hardware libre facilita el desarrollo de prototipos tecnológicos, en cambio el software libre reduce los tiempos de programación y el acceso a su código fuente permite modificar el software para darle un uso específico. Convirtiendo prototipos en productos para resolver problemas determinados o para mejorar soluciones existentes en el mercado.
- El uso de estándares de la industria es una buena práctica para el desarrollo y diseño de nuevos prototipos que genera tecnología de "plug and play". A demás simplifica la integración de diferentes productos. Esto implica una reducción de los costes de desarrollo e incrementa el mercado potencial para nuevos sistemas.
- TRAPPER puede ser utilizado en el centro de datos como una herramienta para tomar decisiones, ya que las gráficas generadas a partir de los datos almacenados por cada sensor pueden dar un patrón de comportamiento de los parámetros ambientales, pudiendo así prevenir eventos que desencadenen fallas en el sistema, ahorrando dinero y disminuyendo el tiempo de baja en del centro de datos.
- Con el uso del protocolo estándar SNMP, el sistema TRAPPER es compatible con los diferentes sistemas de SNMP disponibles en el mercado. Haciendo que su implementación sea más económica ya que no hay necesidad de adquirir software costoso de terceros.

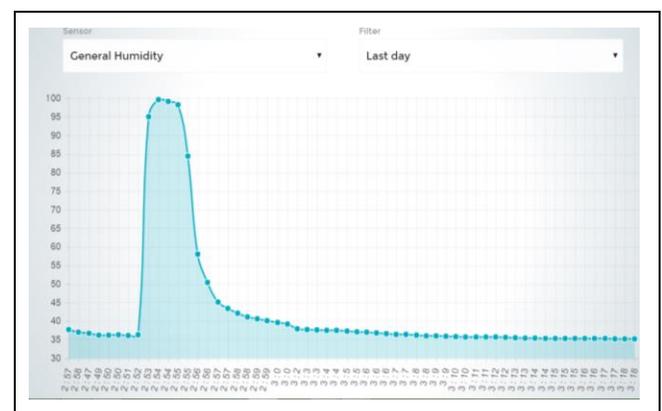


Fig. 6. Gráfico generado a partir de los datos recolectados por un sensor de humedad relativa. Dichos datos pueden ser filtrados para mostrar las mediciones de la última media hora, última hora y el último día.

## REFERENCIAS

- [1] Ponemon Institute. "Cost of Data Center Outages". [Independent Study]. USA: Sponsored by Emerson Network Power, 2016.
- [2] SNMP. "SNMPv3 White Paper" SNMPv3. [Online]. Available: <http://www.snmp.com/snmpv3/v3white.shtml>. [Accessed: May 1, 2016].
- [3] NET-SNMP. "Net-SNMP Tutorial – traps" . [Online]. Available: <http://www.net-snmp.org/tutorial/tutorial-5/commands/snmptrap.html> . [Accessed: May 1, 2016].
- [4] Raspberry. "Raspberry Pi 2 model B" Raspberry. [Online]. Available: <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-2-model-b/>. [Accessed: May 1, 2016].
- [5] Arduino. "Arduino MEGA 2560 & Genuino MEGA 2560," Arduino. [Online]. Available: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560>. [Accessed: May 1, 2016].
- [6] Django. "The web framework for perfectionists with deadlines." [Online]. Available: <https://www.djangoproject.com/>. [Accessed: May 1, 2016].
- [7] SQLite3. "DB-API 2.0 interface for SQLite databases with Python". [Online]. Available: <https://docs.python.org/2/library/sqlite3.html> .[Accessed: May 1, 2016].
- [8] NET-SNMP. "NET-SNMP". [Online]. Available: <http://www.net-snmp.org/>. [Accessed: May 1, 2016].
- [9] IETF. "Simple Network Management Protocol (SNMP) Applications". [Online]. Available: <https://tools.ietf.org/html/rfc3413>. [Accessed: May 1, 2016].
- [10] Raspbian. "INSTALLING OPERATING SYSTEM IMAGES". [Online]. Available: <https://www.raspberrypi.org/documentation/installation/installing-images/>. [Accessed: May 1, 2016].