

Arquitectura de gestión de redes para entornos heterogéneos y su aplicación a las redes EHAS: Sistema de gestión de redes EHAS



Eva Juliana Maya Ortiz

Arnau Sánchez Sala

Emigdio Lara

Magister del Universidad – Cauca en Ingeniería, Área Telemática, Colombia

Ingeniero Fundación EHAS – Proyecto EHAS (Enlace Hispanoamericano de Salud) de Telecomunicaciones, España

Magister del Universidad – Cauca en Ingeniería Eléctrica, Énfasis en Comunicaciones, Colombia

Resumen

Hispanic-American Health Link (EHAS) proporciona redes de comunicaciones y ofrece servicios de información a través de esas redes para contribuir a mejorar los servicios de salud en zonas rurales de países de América Latina, por tanto, una vez se empezaron a instalar las redes EHAS se hizo evidente la necesidad de un sistema de gestión que permitiera monitorear y controlar esas redes de forma adecuada, es decir, que tuviera en cuenta que las redes EHAS utilizan las tecnologías Wi-Fi, VHF y HF, poseen bajo ancho de banda, incluso los enlaces Wi-Fi debido a que son de larga distancia, y además que los equipos no están conectados todo el tiempo a la red, sobre todo las estaciones VHF y HF debido al gran consumo de energía que habría. En este artículo se describe el camino que se recorrió para establecer una arquitectura de gestión para las redes EHAS teniendo en cuenta que es un entorno heterogéneo y finalmente se describen las características y usos del sistema de gestión de redes obtenido.

Palabras clave: Redes de Comunicación de Computadores; Tecnología Biomédica; Servicios de Salud; Servicios de Información; Gestión de Ciencia, Tecnología e Innovación en Salud; Internet; Correo Electrónico; Wi-Fi; VHF; HF.

Abstract

Architecture in network administration for heterogeneous environments and its application in EHAS networks
Enlace Hispanoamericano de Salud (EHAS) Foundation provides communication networks and offers information services through those networks to contribute to improve health services in rural zones of Latin American countries, therefore, when it was started implementing EHAS networks it was evident the necessity to have a management system to monitor and control those networks in an adequate way, it means, a system that takes into account that EHAS networks use Wi-Fi, VHF and HF technologies, have low bandwidth, even Wi-Fi links that cover long distances, and additionally that HF and VHF stations do not have connectivity all the time because of the high energy consumption that it implies. This article describes the path that was walked to establish a management architecture for EHAS networks which are a heterogeneous environment, and finally describes the characteristics and uses of the EHAS network management system.

Key words: Computer Communication Networks; Biomedical Technology; Information Services; Health Services; Health Sciences, Technology and Innovation Management; Internet; Electronic Mail; Wi-Fi; VHF; HF.

Resumo

Arquitetura de administração em rede para ambientes heterogêneos e a sua aplicação nas redes EHAS
A Fundação Enlace Hispano Americano de Saúde (EHAS) fornece redes de comunicação e oferece serviços de informação, que contribuem para melhorar os serviços de saúde em zonas rurais dos países latino-americanos; contudo, quando foi iniciada a implantação das redes EHAS ficou evidente a necessidade de se ter um sistema de gestão para monitorar e controlar essas redes de uma forma adequada. Isso significa um sistema que leva em conta que EHAS usa redes Wi-Fi, VHF e HF, têm baixa largura de banda mesmo com links Wi-Fi pois cobrem grandes distâncias, e adicionalmente as estações VHF e HF não têm ligação o tempo todo por causa do elevado consumo de energia que isso implica. Este artigo descreve o percurso utilizado para estabelecer uma gestão de arquitetura da rede EHAS em um ambiente heterogêneo e, finalmente, descreve as características e utilizações do sistema de gestão da rede EHAS.

Palavras-chave: Redes de Comunicação de Computadores; Tecnologias Biomédica; Serviços de Informação; Serviços de Saúde; Gestão de Ciência, Tecnologia e Inovação em Saúde; Internet; Correo Eletrônico; Wi-Fi; VHF; HF.

INTRODUCCIÓN

La Fundación Enlace Hispanoamericano de Salud (EHAS) es una organización sin ánimo de lucro que busca mejorar los servicios de salud en zonas rurales aisladas de países de América Latina mediante el uso de tecnologías adecuadas de información y comunicación, es decir, de bajo costo, de bajo consumo y preferiblemente inalámbricas.

EHAS trabaja con tecnologías como Wi-Fi, VHF y HF para lograr la comunicación de los puestos de salud con su centro de salud de referencia, hospital y Internet, y escoge la tecnología dependiendo de las características de propagación de las zonas a comunicar. Teniendo en cuenta esto, se puede decir que las redes EHAS contienen una mezcla de tecnologías, o en otras palabras, son entornos heterogéneos.

La fundación EHAS ha trabajado en transmisión de datos a través de VHF y HF, y en comunicaciones Wi-Fi sobre largas distancias, en ambos casos, buscando proporcionar una buena calidad de comunicación a sus usuarios. Sobre estas redes de comunicaciones se ofrecen servicios de información que se basan en correo electrónico, ya que este servicio se proporciona tanto a través de las redes Wi-Fi como VHF y HF.

Teniendo en cuenta el objetivo de la Fundación EHAS, es necesario que las redes EHAS funcionen adecuadamente la mayor parte del tiempo, pero una vez que se instalaban no se conocía su configuración, desempeño ni sus fallas, no se podían detectar sus problemas en sus causas oportunamente y por tanto no se podían resolver eficientemente. Esto hizo evidente la necesidad de un sistema de gestión de redes EHAS que permitiera realizar tareas de monitoreo y control sobre los enrutadores Wi-Fi y las estaciones VHF y HF considerando las características de las redes EHAS.

MÉTODOS

En primer lugar se estudiaron las tecnologías de gestión actuales como: IPMI (Intelligent Platform Management Interface), un estándar de Intel¹; HPI (Hardware Platform Interface) y AIS (Application Interface Specification), especificaciones del SAF (Service Availability Forum)²; WBEM (Web Based Enterprise Management), CIM (Common Model Information) y WS-Management, estándares del DMTF (Desktop Management Task For-

ce)³; SMASH (Systems Management Architecture for Server Hardware) y DASH (Desktop and mobile Architecture for System Hardware), iniciativas del DMTF; WSDM (Web Services Distributed Management), un estándar de OASIS (Organization for the Advancement of Structured Information Standards)⁴.

En segundo lugar se estudiaron las posibilidades de integración de estas tecnologías de gestión y se encontró que es posible mapear IPMI a CIM, y HPI y AIS a SNMP, y que además existe un adaptador SNMP a WBEM y un proveedor SNMP para WBEM, y que es posible mapear HPI y AIS a CIM.

En seguida, teniendo en cuenta las tecnologías de gestión y sus posibilidades de integración, y además que en las redes EHAS se utiliza el sistema operativo Linux Debian que cumple con los requerimientos de CGL (Carrier Grade Linux)⁵ de OSDL (Open Source Development Lab) se estableció la arquitectura de gestión de redes para entornos heterogéneos que se muestra en la Figura 1.



Figura 1 - Arquitectura de gestión de redes para entornos heterogéneos.

A continuación se adaptó esta arquitectura a los estándares de gestión de redes a nivel de aplicaciones más importantes actualmente.

SNMP. SNMP es uno de los estándares de gestión más utilizado debido a su simplicidad. En este caso, se podría tener agentes SNMP que soportaran las MIBs SNMP para HPI y AIS, y se comunicarían con el gestor mediante SNMP.

SNMP-AgentX. Se podría tener subagentes SNMP que soportaran las MIBs SNMP para HPI y AIS, los cuales se comunicarían con el agente maestro mediante AgentX, el cual se comunicaría con el gestor a través de SNMP.

WBEM. WBEM es uno de los estándares de gestión más importante actualmente debido a que se basa en Web y utiliza CIM que es un modelo de información orientado a objetos. En este caso, se podría tener proveedores CIM que incorporaran funcionalidades AIS y HPI, los cuales se comunicarían con el CIMOM (CIM Object Manager), el cual a su vez se comunicaría con el gestor mediante HTTP.

WBEM-SNMP. Se podría tener un proveedor SNMP que soportara las MIBs SNMP para HPI y AIS, el cual se comunicaría con el CIMOM, el cual a su vez se comunicaría con el gestor mediante HTTP.

WBEM-SMASH. SMASH permite la gestión de servidores heterogéneos. SMASH utiliza CIM y CLP (Command Line Protocol), un protocolo comando/respuesta que viaja sobre un protocolo de transporte basado en mensajes de texto.

WBEM-DASH. DASH permite la gestión de sistemas de escritorio y móviles independientemente del vendedor. DASH utiliza CIM y WS-Management. WBEM se integra con SMASH y DASH como la infraestructura de servicios de gestión.

RESULTADOS

Al analizar estas arquitecturas se determinó que ninguna de ellas es adecuada para las redes EHAS porque todas requieren conectividad permanente entre el gestor y los equipos gestionados, y además, para el caso de SNMP, en este momento no existen todas las MIBs para la información de gestión requerida y WBEM consume mucho ancho de banda, un recurso limitado en las redes EHAS.

Por otro lado, SMASH utiliza CLP, un protocolo que puede ser importante para las redes EHAS porque se basa en comandos, pero lastimosamente las implementaciones de esta iniciativa aún están en desarrollo. DASH también puede ser interesante para las redes EHAS debido a que los enrutadores inalámbricos requieren un sistema de gestión liviano, pero todavía no existen implementaciones de esta iniciativa.

Tanto SMASH como DASH permiten la gestión fuera de banda y fuera de servicio que se refieren a la gestión que se puede realizar independientemente del estado de la máquina y del sistema operativo, y aunque no tienen ninguna relación con la gestión en ausencia de conectividad entre el gestor y el equipo gestionado, son características interesantes para cualquier solución de gestión.

Finalmente, los estándares basados en servicios Web tampoco son la mejor alternativa para la gestión de las redes EHAS ya que su uso también conlleva a un elevado consumo de ancho de banda.

Teniendo en cuenta esto y que la arquitectura de gestión de redes para entornos heterogéneos, así como los estándares utilizados en ella poseen características muy interesantes se realizaron las siguientes abstracciones:

- IPMI define un subsistema hardware inteligente que permite monitorear y controlar el hardware del sistema principal. Generalmente se utiliza para monitorear temperatura, niveles de voltajes, etc.
- HPI representa las características del hardware en un modelo y permite realizar llamadas a funciones para monitorear y controlar el hardware. HPI proporciona servicios a aplicaciones independientemente del hardware.
- AIS define una interfaz a aplicaciones de alta disponibilidad. AIS representa las características de alta disponibilidad del sistema en un modelo y permite realizar llamadas a funciones que soportan ese modelo.

Finalmente, para las redes EHAS se decidió realizar los siguientes desarrollos:

- Hardware y firmware de la placa de interfaz, que además de permitir la comunicación de datos a través de VHF y HF, permite monitorear temperatura, voltaje, etc. de los equipos gestionados.
- Un paquete que realiza una abstracción del hardware, la placa de interfaz, y permite realizar llamadas a funciones para manejarla y obtener información de gestión. En las estaciones HF y VHF este paquete se llama ehas-board y en los enrutadores Wi-Fi se llama erouterboard.
- Un paquete que permite realizar el monitoreo y control de estaciones HF y VHF y enrutadores Wi-Fi, y que se llama ehas-netman. Este paquete utiliza ehas-board y erouterboard en las estaciones y enrutadores respectivamente.
- Un paquete que permite la configuración y el adecuado funcionamiento de los equipos EHAS, tanto estaciones HF y VHF como enrutadores Wi-Fi, y que utiliza los paquetes mencionados anteriormente y muchos otros necesarios para este fin. En las estaciones este paquete se llama ehas-station y en los enrutadores se llama ehas-router.
- Zabbix⁶ es una herramienta de gestión de redes de fuente abierta que permite realizar el monitoreo de redes de una forma muy completa y tiene un arquitectura flexible y modular.

Analizando las abstracciones de IPMI, HPI y AIS, y los desarrollos para el sistema de gestión de redes EHAS mencionados anteriormente se puede realizar la correspondencia que se muestra en la Tabla 1.

Tabla1 - Correspondencia entre estándares de gestión y desarrollos EHAS.

Standard of administration	EHAS Development
IPMI	Hardware y firmware de la placa de interfaz
HPI	ehas-board/erouterboard
AIS	4 ehas-netman
Aplicaciones	Equipo gestionado: ehas-station/ehas-router Equipo gestor: adiciones y mejoras a Zabbix

Es de resaltar que antes de tomar la decisión de utilizar Zabbix⁶ se emplearon las MIBs 802.11 que proporciona Avantcom⁷ para el agente Net-SNMP⁸, se exploraron herramientas SNMP de fuente abierta como MRTG⁹, Cricket¹⁰, Cacti¹¹ e incluso se realizaron desarrollos propios utilizando RRDTOol¹², pero finalmente se determinó que Zabbix⁶ ofrece muchas funcionalidades, y lo más importante, se puede adaptar para realizar la gestión de las redes EHAS debido a su arquitectura.

Una vez se establecieron los niveles de la arquitectura de gestión para las redes EHAS fue necesario determinar la forma en la que el gestor y el equipo gestionado se comunican, ya que las redes EHAS además de ser entornos heterogéneos y tener un reducido ancho de banda, tienen una característica muy particular, y es que por naturaleza son desconectadas. Las estaciones VHF y HF solamente tienen conectividad durante ciertos instantes de tiempo, y los enrutadores Wi-Fi también pueden tener períodos de desconexión ya que utilizan la tecnología IEEE 802.11 en largas distancias.

En primer lugar se estableció que en el sistema de gestión de redes EHAS, el gestor no debe depender de la conectividad permanente con los equipos gestionados para poder realizar sus tareas de monitoreo y control, y en segundo lugar, que los equipos gestionados deben recolectar su propia información de gestión y enviarla en el momento en el que tengan conexión. Estos dos aspectos determinaron que la mejor alternativa para lograr la comunicación entre el gestor y los equipos gestionados de las redes EHAS es el correo electrónico¹³ como se muestra en la Figura 2.

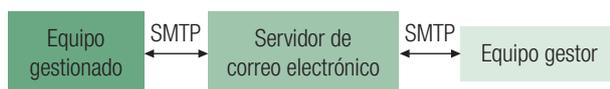


Figura 2 - Componentes de la arquitectura de gestión para las redes EHAS.

Finalmente, teniendo en cuenta los niveles de la arquitectura de gestión para las redes EHAS y que la comunicación entre el gestor y el equipo gestionado se realiza a través de correo electrónico, se obtuvo la arquitectura de gestión para las redes EHAS que se muestra en la Figura 3.

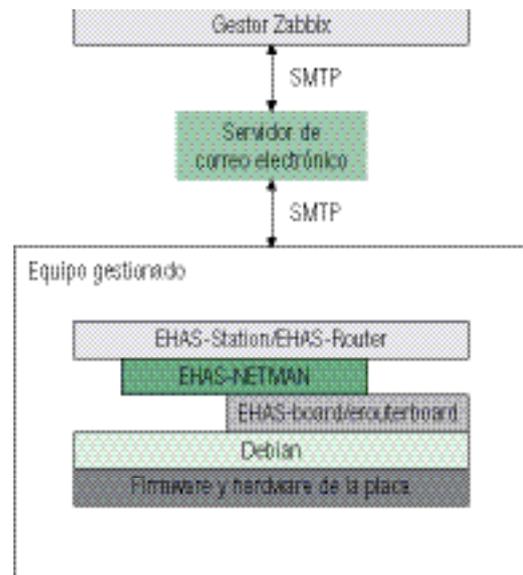


Figura 3 - Arquitectura de gestión para las redes EHAS.

Es importante mencionar que actualmente en el equipo gestionado las funcionalidades de ehas-board y erouterboard se encuentran integradas a ehas-station, y que se comprobó que ehas-station funciona correctamente en los enrutadores lo que hace posible mantener un solo paquete.

En el equipo gestionado, ehas-netman se encarga de realizar las tareas de monitoreo y control en el equipo gestionado, en otras palabras, es el agente de gestión.

En el gestor se aprovechó el hecho de que Zabbix⁶ se basa en el paradigma Modelo-Vista-Control MVC (Model-View-Controller) que permite separar la lógica de control, de la visualización y de los datos, lo cual hace más fácil la inclusión del mecanismo de comunicación basado en correo electrónico entre el gestor y los equipos gestionados. En la Figura 4 se muestran los componentes del gestor.

En la Figura 4 se muestra que Zabbix no solamente tiene sus componentes modelo, vista y control sino que junto a cada uno de ellos se encuentra un componente modelo, vista y control del sistema de gestión de redes EHAS, SGRE (Sistema de Gestión de Redes EHAS), ya que fue necesario realizar adiciones y mejoras a Zabbix para conseguir el sistema de gestión que permita realizar las tareas de monitoreo y control deseadas sobre las redes EHAS.

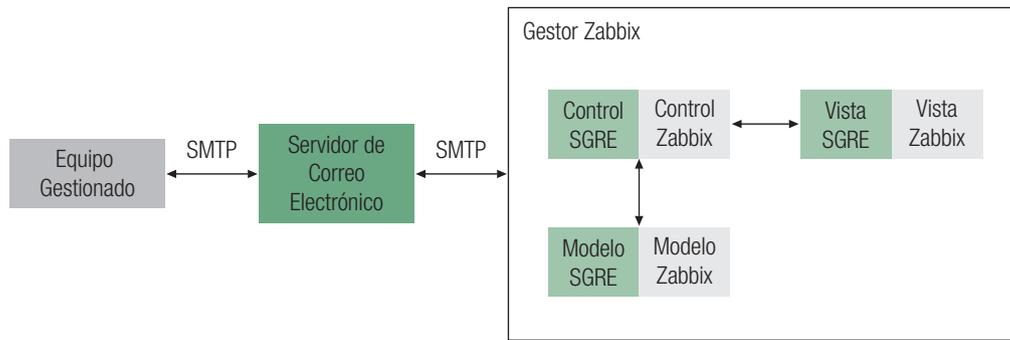


Figura 4 - Componentes del gestor del sistema de gestión de redes EHAS.

El sistema de gestión de redes EHAS le permite a los equipos gestionados recolectar y enviar información de gestión en correos electrónicos, y al gestor adicionar equipos gestionados en forma automática, además, adicionar variables, disparadores de eventos, acciones por eventos y gráficos para cada equipo gestionado, así como obtener datos de gestión enviados en los correos electrónicos e insertarlos en la base de datos. El sistema de gestión de redes EHAS también permite desplegar información de gestión adicional a la que despliega Zabbix como la jerarquía de las redes EHAS, logs, e información de los equipos gestionados. Finalmente, el sistema de gestión de redes EHAS además de permitir monitorear las redes EHAS permite controlarlas, ya que hace posible ejecutar comandos sobre uno o varios equipos gestionados en forma segura.

A continuación se menciona la información de gestión que se encuentra en cada uno de los logs que el equipo gestionado envía por correo electrónico al gestor, y que obtiene a partir de la ejecución de comandos, y logs y archivos del sistema. Estos logs permiten tener una visión de las variables monitoreadas en el sistema de gestión de redes EHAS.

Log con información del sistema

- Nombre del equipo
- Paquetes instalados
- Tabla de particiones
- Memoria
- Sistema de archivos
- Buses
- Impresoras
- Información de configuración del equipo
- Este log se envía cada 15 días.

Log con información de cada 5 minutos

- Temperatura y estado de la CPU.
- Tiempo de encendido.
- Interfaces, incluidas las interfaces inalámbricas y sus clientes.

Log de "alive"

- Log que envía un equipo gestionado cada cierto tiempo para indicar que está funcionando. Este tiempo se configura en el equipo gestionado, y es inferior a un día, la información de gestión de las interfaces monitoreadas se envía en este correo electrónico, sino esa información se envía junto con la información de gestión diaria.

Log diario

- Información de configuración de gestión.
- Estado de discos duros.
- Espacio total, usado y disponible de almacenamiento.
- Estado de la CPU según la temperatura.
- Reiniciaciones no adecuadas del sistema.
- Tiempo de encendido.
- Información sobre correo electrónico, placa de interfaz y conexiones por módem.
- Información sobre telefonía.
- Información sobre la cola de correo.
- Información sobre la cola de correo UUCP.
- Información sobre conexiones por radio.
- Información sobre impresoras.
- Información sobre comunicaciones UUCP.
- Información sobre usuarios.

DISCUSION

El sistema de gestión de redes EHAS obtenido es adecuado para realizar tareas de monitoreo y control sobre las redes EHAS ya que se tuvo en cuenta que estas redes utilizan diferentes tecnologías como Wi-Fi, VHF y HF, tienen un ancho de banda reducido y sus equipos no están conectados todo el tiempo a la red.

La anterior conclusión se obtiene porque el sistema de gestión de redes EHAS permite monitorear, en total, más de 120 variables de estaciones HF y VHF, y enrutadores Wi-Fi, además, disparar eventos debidos a la caída de un equipo o cuando variables como voltaje de la batería, temperatura de la placa, temperatura de la CPU, reiniciaciones no adecuadas, espacio de almacenamiento libre, nivel de señal de una interfaz inalámbrica o de un cliente se encuentran por encima o por debajo de un umbral, también porque el sistema de gestión de redes EHAS permite alertar sobre estos eventos a través de correos electrónicos que envía cuando se presenta la alarma y cuando se supera, y además porque permite desplegar gráficos que muestran velocidad de transmisión y recepción de estaciones HF y VHF, y paquetes transmitidos y recibidos, señal y ruido de enrutadores Wi-Fi, entre otros. En el sistema de gestión de redes EHAS, los equipos gestionados, así como las variables, disparadores por eventos, acciones y gráficos de un equipo se adicionan de forma automática pero también se pueden adicionar, modificar o eliminar a través de la interfaz de administrador de Zabbix.

Como se mencionó anteriormente, el sistema de gestión de redes EHAS además de permitir desplegar la información de gestión obtenida en tablas, gráficos y mapas,

permite desplegar la jerarquía de las redes EHAS, logs, la información de cada equipo gestionado, y además ejecutar comandos sobre un equipo o un grupo de equipos de forma segura.

Gracias al sistema de gestión de redes EHAS se ha podido determinar parámetros como el uso de las redes, por ejemplo a través del tráfico de los enlaces, correos enviados, llamadas realizadas, etc., se ha contribuido a detectar y a diagnosticar problemas debido condiciones climáticas, el mismo hombre, etc. que afectan el buen funcionamiento de la red, por ejemplo, reducción del nivel de señal, problemas en los sistemas de alimentación etc., y se han conocido aspectos que afectan los servicios ofrecidos sobre las redes, por ejemplo, las interferencias de otras redes, entre otros.

El sistema de gestión de redes EHAS está funcionando desde hace varios meses en más de 60 estaciones HF, VHF y enrutadores Wi-Fi en las redes EHAS de Perú y Colombia mostrando muy buenos resultados. Algunas de las redes que se están gestionando a través del sistema de gestión de redes EHAS obtenido son: red de Cusco, Alto Amazonas, Pastanza, Morona, Napo e Iquitos.

A continuación se muestran dos imágenes obtenidas del sistema de gestión de redes EHAS. En la Figura 5 se observan los niveles de señal y ruido en interfaces inalámbricas de un enrutador Wi-Fi y en la Figura 6 se muestra la información de un servidor.

El sistema de gestión de redes EHAS fue el resultado de un trabajo conjunto entre EHAS-Colombia, EHAS-España y de EHAS-Perú que estuvo a cargo de la placa interfaz, y es un sistema que contribuye a que la fundación EHAS cumpla con su objetivo de llevar telemedicina a zonas rurales aisladas de países de América Latina.

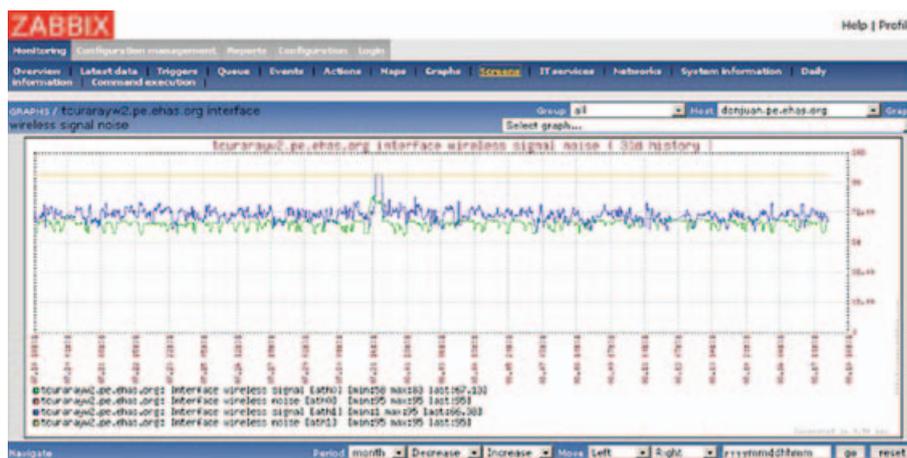


Figura 5 - Gráfico de múltiples variables en Zabbix.

Hardware (Last update: 2007-08-08-7:45 am)

Partition table

Disk /dev/hda: 4865 cylinders, 255 heads, 63 sectors/track
Units = cylinders of 8225280 bytes, blocks of 1024 bytes, counting from 0

Partition	Bootable	Start	End	# Cylinders	# Blocks	ID	System
/dev/hda1	0*	2431	2432-		19535008+	83	Linux
/dev/hda2		2432	4802	2371	19045057+	83	Linux
/dev/hda3		4803	4864	62	498015	5	Extended
/dev/hda4		0	-	0	0	0	Empty
/dev/hda5		4803+	4864	62-	497993+	02	Linux

Memory

Type	Total
Physical	515168 kB
Swap	497972 kB

File system

File system	Type	Size	Used	Available	Used percentage	Mounted on
/dev/hda1	ext3	19G	7.8G	9.7G	45%	/
tmpfs	tmpfs	252M	0	252M	0%	/dev/shm
/dev/hda2	ext3	19G	306M	17G	2%	/home
/dev	unknown	19G	7.8G	9.7G	45%	/dev

Figura 6 - Tabla con información del sistema en Zabbix.

REFERENCIAS

1. Intel [homepage en Internet]. Intel, Inc. [Citado en 2007 enero 8]. Disponible en: <http://www.intel.com>
2. Service Availability Forum [homepage en Internet]. Service Availability Forum (TM); c2008 [Citado en 2007 enero 30]. Disponible en: <http://www.saforum.org/home>
3. Distributed Managenet Task Force [homepage en Internet]. Distributed Managenet Task Force, Inc.; c2008 [Citado en 2007 febrero 15]. Disponible en: <http://www.dmtf.org/home>.
4. Organization for the Advancement of Structured Information Standards [homepage en Internet]. OASIS; c1993-2008 [Citado en 2007 marzo 1]. Disponible en: <http://www.oasis-open.org/home/index.php>.
5. The Linux Foundation [homepage en Internet]. Carrier Grade Linux; c2008 [Citado en 2007 marzo 11]. Disponible en: http://www.linux-foundation.org/en/Carrier_Grade_Linux
6. Zabbix [homepage en Internet]. Zabbix SIA; c2001-2008 [Citado 2007 marzo 20]. Disponible en: <http://www.zabbix.com>.
7. Avantcom [homepage en Internet]. Avantcom Corporation; c1996-2007 [actualizado 2007 febrero 12; Citado 2007 febrero 24]. Disponible en: <http://www.avantcom.com>.
8. SourceForge [homepage en Internet]. Net-SNMP; [actualizado 2007 marzo 1; Citado 2007 febrero 9]. Disponible en: <http://net-snmp.sourceforge.net>
9. Tobi Oetiker [homepage en Internet]. MRTG, Multi Router Traffic Grapher ; [actualizado 2008 enero 2; Citado 2005 febrero 12]. Disponible en : <http://oss.oetiker.ch/mrtg>.
10. SourceForge [homepage en Internet]. Cricket Home; [actualizado 2003 abril 21; citado 2005 marzo 2]. Disponible en: <http://cricket.sourceforge.net>
11. The Cacti Group [homepage en Internet]. Cacti; c2004-2007 [Citado 2005 abril 7]. Disponible en: <http://cacti.net>
12. Tobias Oetiker [homepage en Internet]. RRDtool; [actualizado 2008 agosto 2; Citado 2005 mayo 2]. Disponible en: <http://oss.oetiker.ch/rrdtool>
13. Sánchez A, Ramos O, Maya E. Sistema de gestión de redes EHAS. In: Chávez D, editor. Memorias del I Foro Iberoamericano de Telemedicina Rural; 2006 febrero 27-28, marzo 1. Cusco, Perú; 2006. p.144-53.