

Original Research / Artículo Original - Tipo 1

Video on demand service based on the inference of emotions user

Luis Alejandro Solarte Moncayo / lasolartem@unicauca.edu.co

Mauricio Sánchez Barragán / mauriciosanchez@unicauca.edu.co

Gabriel Elías Chanchí Golondrino / gabrielc@unicauca.edu.co

Diego Fabián Durán Dorado / dduran@unicauca.edu.co

José Luis Arciniegas Herrera / jlarci@unicauca.edu.co

Universidad del Cauca, Popayán-Colombia.

ABSTRACT Video traffic on networks increases exponentially, and thus the amount of time that should be used browsing content catalogs. Therefore, systems are needed video on demand [VoD] taking into account the emotions as a parameter for fast access to content. This paper presents the design and implementation of a VoD service based on emotions, whose main components are: the musical content catalog forming and hardware-software system that allows you to set the level of mental stress and inference of emotions of the consumer, while it interacts with the system. The final product was tested for efficiency and stress, with satisfactory results: the time spent by the web server with 200 sequential connections, ranged from 0.050 to 0.675 seconds and between 0.030 and 0.675 seconds when they are simultaneous. It also managed to respond adequately to 20,000 sequential connections, with response times of less than 1 to 36 seconds, and withstand, without collapsing, 18,000 concurrent connections, with response times between 7 and 62 seconds. The project provides an open source service that raises the groundwork for future projects.

KEYWORDS Arousal; VoD; hardware-software system; valence; wearable.

Servicio de video bajo demanda basado en la inferencia de emociones de usuario

RESUMEN El tráfico de video en las redes aumenta de forma exponencial, y con ello la cantidad de tiempo que se debe emplear navegando por catálogos de contenidos. Por ello, son necesarios sistemas de video bajo demanda [VoD] que tengan en cuenta las emociones como parámetro para agilizar el acceso a los contenidos. Este artículo presenta el diseño e implementación de un servicio de VoD basado en emociones, cuyos componentes principales son: el catálogo de contenidos musicales conformado y el sistema hardware-software que permite establecer el nivel de estrés mental y la inferencia de emociones del consumidor, mientras éste interactúa con el sistema. El producto final fue sometido a pruebas de eficiencia y estrés, con resultados satisfactorios: el tiempo empleado por el servidor web con 200 conexiones secuenciales, osciló entre 0,050 y 0,675 segundos, y entre 0,030 y 0,675 segundos, cuando son simultáneas. Logró además responder adecuadamente ante 20.000 conexiones secuenciales, con tiempos de respuesta de menos de 1 a 36 segundos, y soportar, sin colapsar, 18.000 conexiones concurrentes, con tiempos de respuesta entre 7 y 62 segundos. El proyecto proporciona un servicio open source que plantea las bases para futuros proyectos.

PALABRAS CLAVE Arousal; VoD; sistemas hardware-software; valence; wearable.

Serviço de vídeo sob demanda com base na inferência de emoções de usuário

RESUMO O tráfego de vídeo em redes aumenta exponencialmente, e, assim, a quantidade de tempo que deve ser usado para navegar por catálogos de conteúdos. Portanto, são necessários sistemas de vídeo sob demanda [VoD] que possam ter em conta as emoções como parâmetro para acelerar o acesso aos conteúdos. Este artigo apresenta o desenho e implementação de um serviço de VoD baseado em emoções, cujos principais componentes são: o catálogo de conteúdos musicais conformado e o sistema hardware-software que permite definir o nível de estresse mental e a inferência de emoções do consumidor enquanto este interage com o sistema. O produto final foi submetido a testes de eficiência e stress, com resultados satisfatórios: o tempo utilizado pelo servidor web com 200 conexões sequenciais variou entre 0,050 e 0,675 segundos, e entre 0,030 e 0,675 segundos quando simultâneas. Também conseguiu responder adequadamente perante 20.000 conexões sequenciais, com tempos de resposta de menos de 1 a 36 segundos e suportar sem entrar em colapso, 18.000 conexões simultâneas, com tempos de resposta entre 7 e 62 segundos. O projeto oferece um serviço open source que fornece as bases para futuros projetos.

PALAVRAS-CHAVE Arousal; VoD; sistema hardware-software; valência; wearable.

I. Introduction

The Video on Demand [VoD] service is widespread on the Internet (Pripuzic et al., 2013), since it enables the user to order video *a la carte* and access to high-quality multimedia content. The most representative providers of this service are: Netflix and YouTube.

Despite the benefits of VoD service, a set of problems that hinders the user experience, is the case of the growth of multimedia catalogs, time browsing through them and limited input methods to navigate through multimedia content. Thus one of the main challenges VoD service is quick access to multimedia content, which is necessary for the design and implementation of systems to better characterize how the user profile.

An alternative to the better characterization of the profile of a user is the concept of Internet of Things [IoT] (Evans, 2011; Buyya & Dastjerdi, 2016). This trend seeks to improve the Internet model by connecting web between different electronic devices called “things or objects,” which belong to contexts such as education, health, agriculture, etc., as well as commercially, it has appeared a set of devices that allow information from user context, called: wearable devices (Mukhopadhyay, 2015). These can help in the development of daily activities and monitoring of biomedical signals, and make better use of user data and so a better characterization of their profile.

The obtained information from wearable devices can be regarded as user context information; the context can be understood as information that can be used to determine the status of an entity—that is, a person, place or object—, relevant to the interactions between the user and the application or service (Moreno, Segrera, Lopez Muñoz & Sanchez, 2016), which enriches the user profile. Since the context of a person is large, it is necessary to set variables allow proper interpretation of user data. Therefore, it is necessary to provide solutions that help characterize the profile of a user, in order to achieve a more appropriate control for your environment and, at the same time, present recommendation strategies multimedia content according to the tastes of each individual.

Physiological signals can provide important information and accurate, allowing evaluates the behavior of an individual and infers emotions, from the reactions present his body against a particular stimulus. Examples of these signals include: breathing rate, blood circulation and galvanic skin response, among others (Gonzalez, Lopez, & De la Rosa,

I. Introducción

El servicio de video bajo demanda [VoD] está ampliamente difundido en Internet (Pripuzic et al., 2013), puesto que posibilita al usuario el pedido de videos “a la carta” y el acceso a contenidos multimedia de alta calidad. Los proveedores más representativos de éste servicio son: Netflix y YouTube.

A pesar de los beneficios del servicio de VoD, existe un conjunto de problemas que dificulta la experiencia del usuario, es el caso del crecimiento de los catálogos multimedia, el tiempo de navegación a través de ellos y los limitados métodos de entrada para navegar a través de contenidos multimedia. Así, uno de los principales retos del servicio de VoD es agilizar el acceso al contenido multimedia, para lo cual es necesario el diseño y la implementación de sistemas que permitan caracterizar de mejor forma el perfil de usuario.

Una alternativa para la mejor caracterización del perfil de un usuario es el concepto de Internet de las cosas [IoT] (Evans, 2011; Buyya & Dastjerdi, 2016). Ésta tendencia busca mejorar el modelo de Internet mediante la conexión en la Web entre diferentes dispositivos electrónicos, denominados “cosas u objetos”, los cuales pueden pertenecer a contextos como educación, salud, agricultura, etc., es así como, a nivel comercial, ha aparecido un conjunto de dispositivos que permiten obtener información del contexto de usuario, los denominados: dispositivos *wearables* (Mukhopadhyay, 2015). Estos pueden ayudar en el desarrollo de actividades diarias y en el monitoreo de señales biomédicas, y lograr un mejor aprovechamiento de los datos de usuario y así una mejor caracterización de su perfil.

La información obtenida a partir de los dispositivos *wearables* puede ser considerada como información del contexto del usuario; el contexto puede ser entendido como información que puede usarse para determinar el estado de una entidad—esto es, una persona, lugar u objeto—, relevante para las interacciones entre el usuario y la aplicación o el servicio (Moreno, Segrera, López, Muñoz & Sánchez, 2016), lo que permite enriquecer el perfil de usuario. Dado que el contexto de una persona es amplio, se hace necesario establecer las variables que permitan una adecuada interpretación de los datos de usuario. Por lo anterior, es necesario aportar soluciones que ayuden a la caracterización del perfil de un usuario, con el fin de lograr un control más adecuado de su entorno y, a su vez, presentar estrategias de recomendación de contenidos multimedia según los gustos de cada individuo.

Las señales fisiológicas pueden aportar información importante y precisa, ya que permiten evaluar el comportamiento de un individuo e inferir sus emociones, a partir de las reacciones que presente su organismo frente a un determinado estímulo. Ejemplos de estas señales son: la tasa de respiración, la circulación sanguínea y la respuesta galvánica de la piel, entre otros (González, López, & De la Rosa, 2004); dichas señales pueden aportar al reto de agilizar el acceso al contenido multimedia en el servicio de VoD, considerando que cada mes aumenta de forma exponencial el tráfico en las redes, según Cisco (2016), una persona necesitaría más de cinco millones de años para observar la cantidad de video que circulará por la red en 2019.

En este artículo se propone un servicio de VoD basado en emociones, compuesto por: un catálogo de contenidos de video, que ha sido previamente clasificado por emociones; y un sistema hardware-software que permite la captura de variables del contexto de usuario, tales como la variabilidad de frecuencia cardíaca [HRV], la respuesta galvánica de la piel [GPR] y las señales ElectroMioGráficas [EMG], las cuales fueron usadas para establecer niveles de estrés mental y de positividad emocional asociados a estados de ánimo, información que puede ayudar a categorizar mejor las preferencias de los usuarios. Asimismo, se presenta la adaptación de un método para la inferencia de emociones a partir de las variables mencionadas, el cual permite obtener una emoción de entrada al servicio de VoD, que puede ser asociada al catálogo de contenido multimedia previamente clasificado.

Así, en resumen, los aportes de este trabajo son: el diseño e implementación de un servicio de VoD basado en emociones, un *dataset* de contenidos multimedia, un sistema hardware-software para la captura de señales fisiológicas en los usuarios, que permite, a través de dispositivos *wearables* e IoT, la continua monitorización de los cambios emocionales, la adaptación de un método para la inferencia y reconocimiento de emociones, lo cual permita una mejor caracterización de las preferencias de usuario en el servicio de VoD.

El resto del artículo está organizado de la siguiente forma: en la sección 2 se presenta un conjunto de trabajos relacionados con la presente investigación; la sección 3 abarca algunos conceptos relevantes que permiten una mayor comprensión de la temática del documento; en la sección 4 se muestra la metodología usada en el diseño e implementación del servicio de VoD; en la sección 5 se presenta el desarrollo del sistema propuesto y la aplicación de la metodología; en la sección 6 se expone los resultados producto de la investigación realizada; y finalmente, en la sección 7 se plantean las conclusiones y trabajo futuro que se derivan de la presente investigación.

II. Trabajos relacionados

Este artículo tiene como temática principal el estudio de los sistemas de análisis de señales fisiológicas como parámetros de entrada a servicios de VoD. La literatura que se muestra a continuación, con relación a dicho tema, aporta la teoría acerca del cálculo del estrés mental y la inferencia de emociones.

Sharma y Kapoor (2014) explican cómo las variables fisiológicas se relacionan con el estado de ánimo del usuario, cuando este realiza una determinada actividad; su propuesta plantea el desarrollo de un sistema portátil para medir parámetros del sistema nervioso autónomo de una persona y mostrarlo en cualquiera de los dispositivos de salida, empleando un algoritmo para el reconocimiento del estrés; en el mismo, se realizan medidas experimentales, a partir de variables fisiológicas: GSR, HRV, EMG y temperatura, entre otras.

En el trabajo de Patil, Singh, Singh, Anjali, y Sharma (2015) se aprecian las técnicas para la evaluación del estrés mental a partir de la HRV en el dominio del tiempo y la frecuencia,

2004); these signals can bring the challenge of fast access to multimedia content VoD service, considering that each month increases exponentially traffic on networks, according to Cisco (2016), a person would need more than five million years to watch the amount of video that will flow through the network in 2019.

This article VoD service based on emotions, formed by: a catalog of video content that has been previously classified by emotions; and hardware-software system that allows the capture of variables user context, such as Heart Rate Variability [HRV], Galvanic Skin Response [GSR] and Electromyography [EMG] signals, which were used to establish levels of mental stress and associated with positive emotional moods, information that can help better categorize user preferences. Likewise, the adaptation of a method for inference of emotions comes from the aforementioned variables is presented, which allows a thrill entry VoD service, which can be associated with the catalog of multimedia contents previously classified.

So, in summary, the contributions of this work are: the design and implementation of a VoD service based on emotions, a dataset of multimedia content, hardware-software system for capturing physiological signals in users, which allows, through wearable devices and IoT, continuous monitoring of emotional changes, adaptation of a method for inference and recognition of emotions, which allows a better characterization of user preferences in the VoD service.

The rest of the article is organized as follows: section 2 a set of related to this research work is presented; section 3 covers some important concepts that allow a greater understanding of the subject matter of the document; in section 4 the methodology used in the design and implementation of VoD service is shown; in section 5 the development of the proposed system and the application of the methodology is presented; in section 6 the results of the research product is exposed; and finally, in section 7 conclusions and future work resulting from this research are raised.

II. Related works

This article has as main theme the study of systems analysis of physiological signals as input parameters to VoD services. The literature shown below, in relation to this subject, it provides the theory about mental stress calculation and inference of emotions.

Sharma and Kapoor (2014) explain how physiological variables relate to the mood of the user, when it is performed a specific activity; their proposal proposes the development of

a portable system for measuring parameters of the autonomic nervous system of a person and display it on any of the output devices, using an algorithm for recognition of stress; in this, experimental measurements are performed, from physiological variables: GSR, HRV, EMG and temperature, among others.

In the work of Patil, Singh, Singh, Anjali, and Sharma (2015) techniques for assessing mental stress are seen from the HRV in the time domain and frequency, which allows observing the importance of this as in the evaluation of mental stress and its relationship to mood.

Choi and Gutierrez (2009) describe a method for detection of mental stress techniques using wearable and sensors for measuring the activation of the two regional branches: sympathetic and parasympathetic; researchers conducted two experimental studies associated with mental tasks, the other one with relaxation exercises, which allow us to observe how the heart rate is a physiological variable that is related to mood.

Mohana (2015), meanwhile, proposes the use of free hardware platforms –such as Arduino– to capture physiological variables, enabling the use of open sensors for measuring heart rate code. In the same sense, Robayo, Neira, and Vásquez (2015) get measurement of anthropometric variables (weight, by means of a digital scale, and height, by means of an ultrasonic sensor HC-SR04) and use an Arduino Nano card to capture the data and send it, through a Bluetooth module, to an Android device, where, based in the data, relevant nutritional indicators are built and stored to be able to show trends related to nutritional health of patients.

So, from that found literature, it was raised as a research gap using physiological signals in the inference of emotions as a possible method of entry to VoD services, taking advantage of the devices of IoT in characterizing the user context.

III. Conceptual framework

This section the concepts considered relevant in this investigation are presented:

- VoD (*Video on Demand*): Based on a client-server application that allows users to select content architecture systems; it deliver video content to the viewer, via Internet Protocol [IP] broadband (Altgeld & John, 2006).
- Wearable: Electronic device in the personal space, which allows obtaining and processing information associated with the user, such as taking biomedical signals, and processing in the cloud (Mukhopadhyay & Nag, 2015).

lo que permite observar la importancia que tiene esta medida en la evaluación del estrés mental y su relación con el estado de ánimo.

Choi y Gutiérrez (2009) describen un método para la detección del estrés mental que usa sensores *wearables* y técnicas para la medición de las activación de las dos ramas autonómicas: simpática y parasimpática; los investigadores realizan dos estudios experimentales, uno asociado con tareas mentales, el otro con ejercicios de relajación, los cuales permiten observar cómo la frecuencia cardíaca es una variable fisiológica que está relacionada con el estado de ánimo.

Mohana (2015), por su parte, propone el uso de plataformas de hardware libre –como Arduino– para la captura de variables fisiológicas, lo que posibilita el uso de sensores de código abierto para la medición de la frecuencia cardíaca. En ese mismo sentido, Robayo, Neira, y Vásquez (2015), miden, en tiempo real, variables antropométricas (peso, por medio de una báscula digital, y estatura, por medio de un sensor ultrasónico HC-SR04) y utilizan una tarjeta Arduino Nano para leer los datos obtenidos y enviarlos, vía bluetooth, a un dispositivo Android encargado de procesar los datos, producir algunos indicadores relevantes y almacenarlos para luego poder mostrar tendencias asociadas con la evolución de la salud del paciente (sobrepeso, delgadez extrema, etc.).

Así, a partir de la literatura encontrada, se planteó como brecha investigativa el uso de señales fisiológicas en la inferencia de emociones como posible método de entrada a servicios de VoD, aprovechando las ventajas de los dispositivos de IoT en la caracterización del contexto de usuario.

III. Marco conceptual

En este apartado se presentan los conceptos relevantes considerados en la presente investigación:

- VoD (*Video on Demand*): sistemas basados en una arquitectura cliente-servidor que permiten a los usuarios seleccionar contenido; entregan el contenido de video al espectador, a través del protocolo de Internet [IP] de banda ancha (Altgeld & John, 2006).
- Wearable: dispositivo electrónico incorporado en el espacio personal, que permite obtener y procesar información asociada al usuario, como la toma de señales biomédicas, y su procesamiento en la nube (Mukhopadhyay & Nag, 2015).
- Señales fisiológicas: el objetivo de la fisiología humana es brindar una explicación acerca de las características y mecanismos específicos del cuerpo humano, que hacen que sea un ser vivo; el hecho de mantenerse vivo es el resultado de sistemas de control complejos, que regulan actividades como: la respiración, la circulación, los sentidos, el metabolismo, la temperatura, entre otros (Guyton & Hall, 2011); dichas actividades se controlan directamente por el sistema nervioso autónomo [SNA] y constituyen las variables o señales fisiológicas, las cuales pueden ser medidas y monitorizadas con ayuda de distintos tipos de sensores.

- Arousal: activación general fisiológica y psicológica del organismo. Se presenta continuamente, en forma de intensidades variables de estados de ánimo (desde el sueño profundo hasta el frenesí, el pánico o la cólera intensa). En el sistema nervioso central, el arousal excitación, por lo general, se refiere al estado de excitación de las neuronas o al aumento del flujo sanguíneo en el ser humano (Heilman, 1997).
- Valence: percepción o experiencia del grado de positividad de las emociones en el organismo, la dimensión de la experiencia se refiere a la nota hedónica –es decir, placer y desagrado– que percibe el ser humano ante diferentes condiciones emocionales (Heilman, 1997).

IV. Método

Para el diseño, implementación y evaluación del servicio de VoD basado en emociones se desarrollaron cuatro fases: La primera fase, propuesta del servicio de VoD basado en emociones, fue modelada a través de un diagrama funcional del servicio y cada uno de sus componentes; en la segunda fase se describieron y seleccionaron las tecnologías utilizadas para el desarrollo del servicio de VoD; en la tercera, se diseñó la arquitectura funcional del servicio, y se llevó a cabo su implementación, con el fin de obtener un producto y poder ser evaluado; y en la cuarta se evaluó el servicio de VoD, a través de pruebas de carga y estrés, con el fin de valorar la capacidad de respuesta del servicio (ver FIGURA 1).



Figure 1. Methodology for the design and implementation of VoD service / Metodología para el diseño e implementación del servicio de VoD

V. Propuesta del servicio de VoD y selección de tecnologías

En la FIGURA 2 se muestra el diagrama funcional que modela el servicio de VoD propuesto, el cual está conformado por los siguientes componentes: un usuario, encargado del registro, la validación y la ejecución del servicio, y punto de entrada para él; un servidor de contexto; un servidor principal o de lógica, compuesto por una base de datos; y un servidor de contenidos, compuesto por un catálogo de contenidos previamente clasificado, producto de un *dataset* afectivo musical que ha sido conformado. Los tres servidores se describen a continuación.

A. Servidor de contexto

Encargado de la obtención, procesamiento e inferencia de las emociones del usuario, lo cual permite el despliegue de contenidos multimedia de acuerdo con ellas. Este servidor está

- Physiological signals: The goal of human physiology is to provide an explanation of the characteristics and specific mechanisms of the human body, which make it a living being; the fact of staying alive is the result of complex control systems that regulate activities such as respiration, circulation, senses, metabolism, temperature, among others (Guyton & Hall, 2011); these activities are directly controlled by the autonomic nervous system [SNA] and constitute variables or physiological signals, which can be measured and monitored using various types of sensors.
- Arousal: Physiological and psychological general activation of the body. It is continually present in the form of varying intensities of moods (from deep sleep into a frenzy, panic or intense anger). In the central nervous system, the arousal excitation generally refers to the state of neurons excitation or increased blood flow in humans (Heilman, 1997).
- Valence: Perception or experience of the degree of positive emotions in the body, the dimension of experience refers to the hedonic note –that is, pleasure and displeasure– perceived by the human being to different emotional conditions (Heilman, 1997).

IV. Method

For the design, implementation and evaluation of VoD service based on emotions four phases were developed: The first phase, proposal VoD service based on emotions, was modeled through a functional diagram of the service and each of its components; in the second phase it was described and selected the technologies used for the development of VoD service; in the third, the functional service architecture was designed and conducted implementation, in order to obtain a product to be evaluated; and the fourth VoD service was evaluated through load testing and stress, in order to assess the responsiveness of the service (see FIGURE 1).

V. Proposal VoD service and selection of technologies

FIGURE 2 shows the functional diagram modeling proposed VoD service, which is comprised of the following components shown: a user; as registrar, validation and implementation of the service, and entry point for him; server context; a primary or logical server, comprising a database; and a content server, comprising a catalog of previously classified content, product of a musical affective dataset that has been formed. The three servers are described below.

A. Context server

Responsible for obtaining, processing and inference of emotions user; which allows the deployment of multimedia content accordingly. This server consists of two modules: a hardware-software system, responsible for the capture of physiological signals; and a computational method for inferring emotions.

Hardware-software system

The hardware-software system is a module for personal use charge capture and processing of physiological signals user; it consists of a set of wearable or biomedical sensors, which allows information from user context more accurately and safely, and an external card for connection and data processing. For the selection of wearable, card and programming languages to be used for hardware-software system, it was necessary first to address the theoretical basis that would allow physiological signals related to emotions in people.

Selected development tools –sensors, Arduino card, programming languages, among others– are free hardware, allow the use of several sensors, are useful for implementing web services and have facility to generate high-level developments. As mentioned, one of the contributions of this work is a hardware-software system for capturing physiolo-

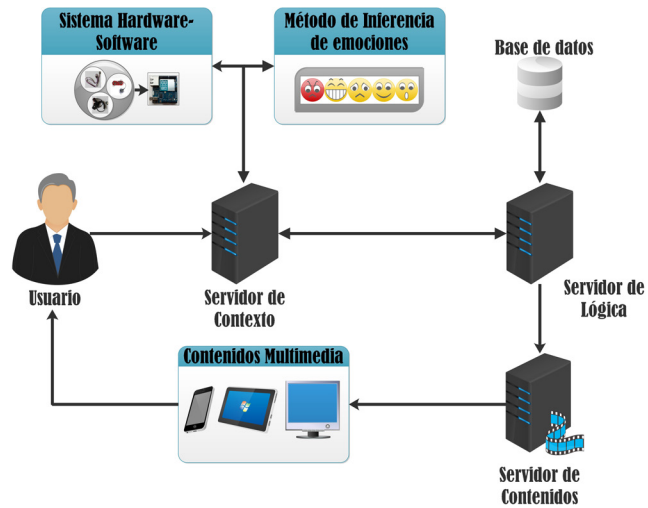


FIGURE 2. Functional diagram of VoD service, source: own / Diagrama funcional del servicio de VoD

conformado por dos módulos: un sistema hardware-software, encargado de la captura de señales fisiológicas; y un método computacional para la inferencia de emociones.

Sistema hardware-software

El sistema hardware-software es un módulo de uso personal encargado de la captura y procesamiento de señales fisiológicas de usuario, se compone de un conjunto de *wearables* o sensores biomédicos, que permite obtener información del contexto de usuario de forma más precisa y segura, y una tarjeta externa para la conexión y el procesamiento de los datos. Para la selec-

Sensor device

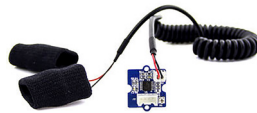
Heartbeat sensor

The press sensor for arduino is a sensor that allows measurement of the heart rate signal [HR] and its variability [HRV], data necessary to calculate an index of mental stress associated to three moods: relaxed, normal and stressed; depending on the level of excitement, high or low in a user arousal.



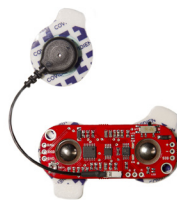
Sensor galvanic skin response

The Grove Sensor [GSR] to arduino is a sensor that allows measurement of the electrical conductance of the skin, which varies according to the humidity level. This measure is used in calculating the value of emotional arousal intensity using the index as mental stress.



Electromyographic sensor

The MyoWare sensor [EMG] to measure the electrical activity of muscles and nerve cells. This measure is used in calculating the value of positive emotional valence, and can be positive or negative, depending on the muscle excitation (corrugator supercilli and el zygomaticus mayor).



Dispositivo sensor

Sensor de pulso cardiaco

El pulso sensor para arduino es un sensor que permite la medición de la señal de frecuencia cardíaca [FC] y su variabilidad [VFC], datos necesarios para el cálculo de un índice de estrés mental asociado a tres estados de ánimo: relajado, normal y estresado; según el nivel de excitación, alto o bajo arousal en un usuario.

Sensor de respuesta galvánica de la piel

El grove sensor [GSR] para arduino es un sensor que permite la medición de la conductancia eléctrica de la piel, la cual varía de acuerdo con el nivel de humedad. Esta medida se usa en el cálculo del valor de intensidad emocional arousal con ayuda de la medida de índice de estrés mental.

Sensor electromiográfico

El MyoWare sensor [EMG] permite medir la actividad eléctrica de los músculos y las células nerviosas. Ésta medida se usa en el cálculo del valor de positividad emocional valence, y puede ser positiva o negativa, según el músculo de excitación (corrugator supercilli y el zygomaticus mayor).

Tabla 1. Sensors for making physiological signals / Sensores utilizados en la toma de señales fisiológicas

ción de los *wearables*, la tarjeta y los lenguajes de programación a utilizar para el sistema hardware-software, fue necesario primero abordar las bases teóricas que permitiesen relacionar las señales fisiológicas con las emociones en las personas.

Las herramientas de desarrollo seleccionadas –sensores, tarjeta Arduino, lenguajes de programación, entre otros– son hardware libre, permiten el uso de varios sensores, son útiles para la implementación de servicios web y tienen facilidad para generar desarrollos de alto nivel. Como se mencionó, uno de los aportes de este trabajo es un sistema hardware-software para la captura de señales fisiológicas, con base en la revisión de la literatura se optó por trabajar con señales de HRV, GSR y EMG, las cuales posibilitan la obtención de un estado de ánimo asociado a un nivel de estrés mental. En la actualidad existe un gran número de dispositivos que permiten la captura de las variables fisiológicas, que se ha venido utilizando, en su mayor parte, por deportistas y grupos científicos. En este caso, para el sistema hardware-software se determinó trabajar con los sensores: Pulse sensor cardíaco-Arduino, Galvanic Skin Response sensor y MyoWare sensor, todos ellos hardware libre (ver **Tabla 1**).

Además, se utilizó la tarjeta Arduino Yún (ver **FIGURA 3**) encargada de interconectar los sensores con el usuario, debido a que permite la captura y el procesamiento de las medidas a través de IoT. Esta tarjeta tiene la capacidad de conectar varios sensores a Internet por medio de su módulo Wi-Fi para la web y usa lenguaje C++.



FIGURE 3. Card Arduino Yun to capture physiological signals / Tarjeta Arduino Yún para captura de señales fisiológicas

El diseño del sistema hardware-software se compone de tres bloques funcionales, los módulos de: captura de señales, análisis de señales e inferencia (ver **FIGURA 4**).

Inicialmente el módulo de captura de señales obtiene cada uno de los datos de las variables HRV, GSR y EMG a través de los sensores conectados a la tarjeta Arduino Yún, y los envía al módulo de análisis, el cual se encarga de obtener los niveles de estrés mental y el nivel de positividad de la emoción, y de asociarlos a un estado de ánimo. Posteriormente, el módulo de inferencia se encarga de calcular los valores de estrés mental, arousal, valence y estado de ánimo, datos que van a servir como parámetros de entrada al servicio de VoD para proveer contenidos multimedia al usuario. En la **FIGURA 5** se presenta el sistema hardware-software final conectado a un usuario.

gical signals, based on the literature review we chose to work with HRV, GSR and EMG signals, which enable obtaining a mood associated with a level of mental stress. There is currently a large number of devices that capture the physiological variables, which has been used, mostly by athletes and scientific groups. In this case, for the hardware-software system was determined to work with the sensors: sensor Press heart-Arduino, Galvanic Skin Response sensor and MyoWare sensor; all free hardware (see **TABLE 1**).

In addition, the Arduino Yún card was used (see **FIGURE 3**) responsible for interfacing the sensors with the user; because it allows the capture and processing of the measures through IoT. This card has the ability to connect multiple sensors to the Internet via its Wi-Fi module for the web and uses C++ language.

The design of the hardware-software system consists of three functional blocks, modules: signal acquisition, signal analysis and inference (see **FIGURE 4**).

Initially the signal acquisition module obtains each variable data HRV, GSR and EMG via sensors connected to the Arduino Yún card, and sends them to the analysis module, which is responsible for obtaining the levels of mental stress and the level of positive emotion, and related them with a mood. Subsequently, the inference module is responsible for calculating the values of mental stress, arousal, valence and mood data to serve as input parameters to the VoD service to provide multimedia content to the user. In **Figure 5** the hardware-software system end connected to a user is presented.

Method for inferring emotions

The method for inferring emotions from physiological signals is a mathematical method to infer the mood in accordance with arousal and affective valence properties. This method is an adaptation algorithm Bayevsky and linear regression method for analyzing physiological signals.

The Bayevsky algorithm arises throughout the work developed by the Soviet Union in the HRV analysis for space medicine, and is based on geometric methods using a curve cardio-histogram distribution drawn from the study of variations pulse or heart rate, and identifies features such as mode [Mo], amplitude of fashion [AMo] and range of variation or variance [M * DMn] (Bayevsky et al, 2002), as shown in equation 1, It is corresponding to the formula for calculating the rate of mental stress.

$$SI = \frac{AMo}{2Mo \cdot (M \cdot DMn)} \quad (1)$$

Where:

- Mo is mode or presumable level that is working the cardiovascular system; in a slightly more mathematical view, it refers to the value of RR that presents the user with greater regularity in the whole of analyzed measures.
- Amo is the amplitude of mode, as in physiological terms, the nominal rate of activity of the sympathetic chain regulation and, in mathematical terms the percentage of intervals corresponding to the value of mode in the sample taken.
- $M * DMn$ is the variance or variance range, the difference between the maximum and minimum values of the cardio-intervals.
- SI is stress index or index system voltage regulation, that is, the voltage level control systems (prevalence level of activity over central regulation of autonomic mechanisms). In **TABLE 2** it can see the stress index ranges that the user can present, which are associated to three moods: stressed, relaxed and normal.

From the above it can be concluded that the rate of stress can be associated with these three emotional states and that can be set ranges arousal level according to the relationship of this with the level of excitement.

After obtaining the parameter emotional arousal, it is proceeded to obtain the value of valence, from the electrical activation of facial muscles (*corrugator supercilli and zygomaticus mayor*). The linear regression method can help in this task, as it allows the variation in the data and obtain their behavior over time. Equation 2 (the traditional formula for calculating the linear regression) models the behavior data as a straight line.

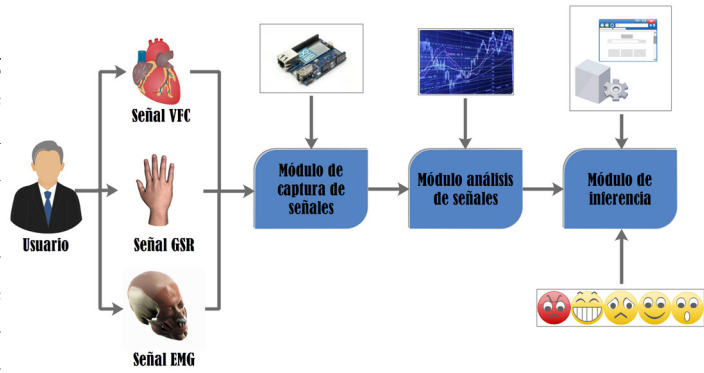


FIGURE 4. Hardware-software module proposed / Módulo hardware-software propuesto

Método para la inferencia de emociones

El método para la inferencia de emociones a partir de señales fisiológicas es un método matemático que permite inferir el estado de ánimo de acuerdo con las propiedades afectivas arousal y valence. Este método es una adaptación del algoritmo de Bayesky y el método de regresión lineal para el análisis de las señales fisiológicas.

El algoritmo de Bayesky surge a lo largo del trabajo desarrollado por la Unión Soviética en el análisis de la HRV para la medicina espacial, y se basa en métodos geométricos que usan una curva de distribución cardio-histograma dibujada a partir del estudio de las variaciones del pulso o ritmo cardíaco, e identifica características como: moda [Mo], amplitud de la moda [Amo] y rango de variación o varianza [$M * DMn$] (Bayesky et al., 2002), como se aprecia en la ecuación 1, que corresponde a la Fórmula para cálculo del índice de estrés mental.

$$SI = \frac{Amo}{2Mo * (M * DMn)} \quad (1)$$

Dónde:

- Mo es la moda o el nivel presumible en el que se encuentra trabajando el sistema cardiovascular; en una vista un poco más matemática, hace referencia al valor de RR que presenta el usuario con mayor regularidad en el conjunto de medidas analizado.



Figure 5. System hardware-software for capturing physiological signals / Sistema hardware-software para captura de señales fisiológicas

- AMo es la amplitud de la moda, puesto en términos fisiológicos, el índice nominal de actividad de la cadena de regulación simpática y, en términos matemáticos el porcentaje de los intervalos que corresponde con el valor de la moda en la muestra tomada.
- $M*DMn$ es el rango de varianza o varianza, la diferencia entre los valores máximo y mínimo de los cardio-intervalos.
- SI es el índice de estrés o índice del sistema de regulación de tensión, esto es, el nivel de tensión de los sistemas de regulación (nivel de prevalencia de la actividad de regulación central por encima de los mecanismos autonómicos). En la **Tabla 2** se pueden observar los rangos de índice de estrés que el usuario puede presentar; los que se encuentran asociados a tres estados anímicos: estresado, relajado y normal.

A partir de lo anterior se puede concluir que el índice de estrés se puede asociar a estos tres estados emocionales y que se pueden establecer rangos del nivel de *arousal* de acuerdo con la relación que existe de esta con el nivel de excitación.

Una vez obtenido el parámetro afectivo *arousal*, se procede a obtener el valor de *valence*, a partir de la activación eléctrica de los músculos faciales (*corrugator supercilli* y *zygomaticus mayor*). El método de regresión lineal puede ayudar en esta tarea, ya que permite obtener la variación de los datos y obtener así su comportamiento en el tiempo. La Ecuación 2 (la tradicional fórmula para el cálculo de la regresión lineal) modela el comportamiento de datos como una línea recta.

Donde:

Y es la variable dependiente, en este caso sería cada uno de

$$Y = a + bX \quad (2)$$

los valores electromiográficos;

- X es la variable independiente, cada uno de los valores incrementales en el tiempo;
- a es la ordenada al origen del modelo (punto de corte con el eje Y); y
- b es la pendiente, que puede interpretarse como el incremento de la variable dependiente por cada incremento en una unidad de la variable independiente;
- La **FIGURA 6** presenta un diagrama de flujo que modela el algoritmo para la inferencia de emociones, el cual se desarrolló en Python, lenguaje seleccionado por sus grandes potencialidades en el procesamiento de datos.

Inicialmente se capturan las medidas fisiológicas del usuario a través de los sensores mencionados en la descripción del sistema hardware-software; luego se llevan a cabo dos procesos

Table 2. Ranges SI associated with each state / Rangos SI asociados a cada estado

SI ranges / rangos SI	Related state / estado relacionado	Arousal level / nivel arousal
>150	Stressed / estresado	>0.5
≥40 y ≤150	Normal	≥0.14 y ≤0.5
<40	Relax / relajado	<0.14

$$Y = a + bX \quad (2)$$

Where:

- Y is the dependent variable, in this case would each electromyography values;
- X is the independent variable, each of the incremental values over time;
- a is the intercept of the model (point of intersection with the Y axis); and
- b is the slope, which can be interpreted as the increase in the dependent variable for each unit increase in the independent variable.

FIGURE 6 shows a flowchart modeling algorithm for inference of emotions, which was developed in Python, selected for its great potential in the data processing language.

Initially physiological measures user are captured by said sensors in the description of the hardware-software system; then carry out two processes with measurements obtained from each sensor, calculate the rate of mental stress with data variability of heart rate and set the value of arousal, according to the calculation of the level of mental stress and excitement obtained through GSR signal; parallel to this, the level of positive emotion, which allows you to set the valence, according to the stimulation of facial muscles and eldest *-corrugator supercilli* and *zygomaticus mayor-*.

Having determined the values of arousal and valence, it proceeds to infer the emotion of the user. Finally, the hardware-software and method for inference of emotions, set up the context server that provides the excitement as an input parameter to the VoD service. The above modules are part of the architecture of the service, which will be presented later.

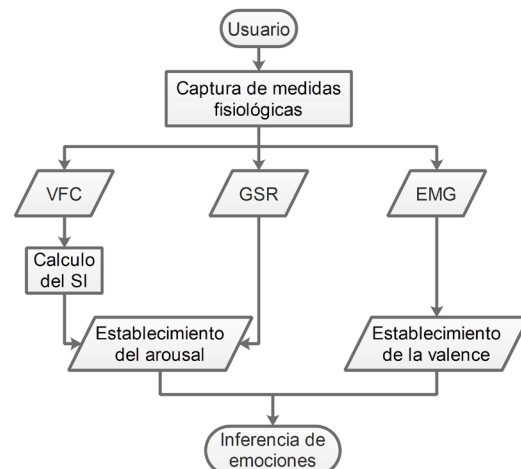


Figure 6. Flowchart inference method / Diagrama de flujo del método de inferencia

B. Server logic

It is the main server; it is going to implement the logic of VoD service, and it is in charge of receiving the excitement user as an input parameter server context and consults the database to obtain the video catalog server content.

C. Content server

It is responsible for providing video content to VoD service, through a catalog previously classified. To form the catalog was necessary to build a dataset that allowed affective musical associate songs with emotions, then get each of the video content associated with the songs of the dataset. To form the dataset, it was chosen to work with API of EchoNest –smart platform charge of musical data analysis– for Python, due to its simplicity of implementation and its great potential for the analysis of music tracks. The contents dataset was formed taking into account the five emotions considered by the API Echonest, based on the model of two-dimensional emotions (arousal-valence). Moods considered in the model representation are: excited, happy, relaxed, sad and angry.

In addition, it was chosen to work with the arousal-valence model, because it is a framework that facilitates its use and adaptation to new designs, due to its simplicity of two coordinates to identify the emotion associated with the content. The new model proposed in this article is an adaptation of arousal-valence, also considered by other researchers, such as: Jones, Fay and Popper (2010), Yang and Chen (2011), Posner & Russell (2005), and Meyers (2007). In **FIGURE 7** the emotions proposed model is presented.

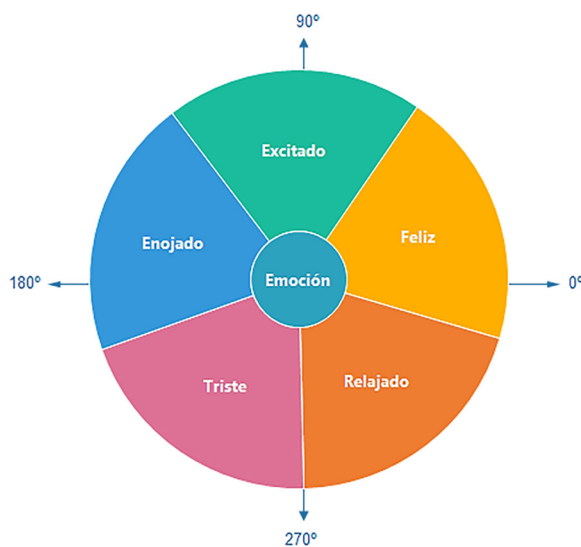


Figure 7. Model adapted arousal-valence five emotions / Modelo de arousal-valence adaptado a cinco emociones

con las medidas obtenidas de cada sensor, calcular el índice de estrés mental con los datos de variabilidad de frecuencia cardíaca y establecer el valor del *arousal*, de acuerdo con el cálculo del nivel de estrés mental y de excitación obtenidos por medio de la señal de GSR; paralelo a ello, se calcula el nivel de positividad de la emoción, el cual permite establecer la valence, de acuerdo con la estimulación de los músculos faciales –*corrugator supercilli* y *zygomaticus mayor*–.

Una vez determinados los valores de arousal y valence, se procede a inferir la emoción del usuario. Finalmente, el sistema hardware-software y el método para la inferencia de emociones, conforman el servidor de contexto que provee la emoción como parámetro de entrada al servicio de VoD. Los módulos anteriores hacen parte de la arquitectura del servicio, que se va a presentar más adelante.

B. Servidor de lógica

Es el servidor principal, en él se va a implementar la lógica del servicio de VoD, es el encargado de recibir la emoción de usuario como parámetro de entrada del servidor de contexto y consultar a la base de datos para obtener el catálogo de videos del servidor de contenidos.

C. Servidor de contenidos

Es el encargado de proporcionar los contenidos de video al servicio de VoD, a través de un catálogo previamente clasificado. Para la conformación del catálogo fue necesario construir un *dataset* afectivo musical que permitiese asociar las canciones con emociones, para posteriormente obtener cada uno de los contenidos de video asociados a las canciones del *dataset*. Para la conformación del *dataset*, se eligió trabajar con la API de EchoNest –plataforma inteligente encargada del análisis de datos musicales– para Python, debido a su simplicidad de aplicar y a su gran potencial para el análisis de pistas musicales. El *dataset* de contenidos fue conformado teniendo en cuenta las cinco emociones consideradas por la API de EchoNest, tomando como base el modelo de emociones de dos dimensiones (arousal-valence). Los estados de ánimo considerados en la representación del modelo son: excitado, feliz, relajado, triste y enojado.

Además, se eligió trabajar con el modelo *arousal-valence*, porque es un marco de referencia que facilita su uso y la adaptación a nuevos diseños, debido a su simplicidad de dos coordenadas para la identificación de la emoción asociada al contenido. El nuevo modelo que se plantea en este artículo es una adaptación de *arousal-valence*, considerado también por otros investigadores, como: Jones, Fay, y Popper (2010), Yang y Chen (2011), Posner & Russell (2005), y Meyers (2007). En la **FIGURA 7** se presenta el modelo de emociones propuesto.

Cada una de las emociones descritas en la **FIGURA 7** tiene una amplitud de 72°. El rango en el plano cartesiano para el que está determinado cada estado de ánimo se puede observar en la **TABLA 3**.

En la **FIGURA 8** se propone el diagrama de flujo que modela la conformación del *dataset*, en él se llevan a cabo seis pasos: ge-

Table 3. States of emotion as the range of angles / Estados de emoción según el rango de ángulo

Angle range / Rango de ángulos	Related emotion / Emoción relacionada
$>54^\circ$ y $\geq 342^\circ$	Happy / <i>Feliz</i>
$\geq 54^\circ$ y $<126^\circ$	Excited / <i>Exitado</i>
$\geq 126^\circ$ y $<198^\circ$	Angry / <i>Enojado</i>
$\geq 198^\circ$ y $<270^\circ$	Sad / <i>Triste</i>
$\geq 270^\circ$ y $<342^\circ$	Relaxed / <i>Relajado</i>

neración de listado de contenidos populares, obtención de parámetros musicales, asociación de contenidos por emociones, obtención de la URL, consolidación del catálogo y descarga de contenidos.

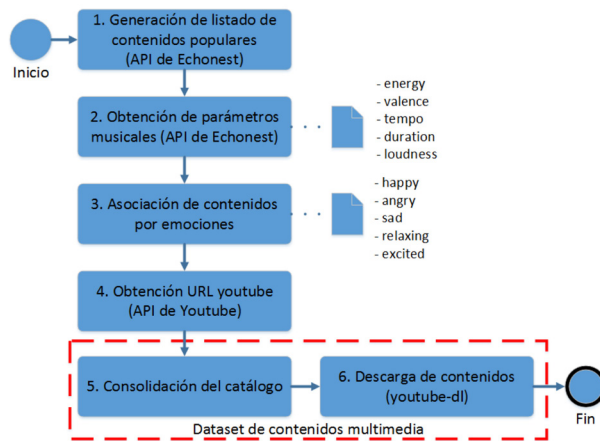


Figure 8. Flowchart dataset multimedia content / Diagrama de flujo del dataset de contenidos multimedia

Para la generación del *dataset* de contenidos multimedia de video se usó la librería *pyechonest* de Python. Además, se utilizaron librerías adicionales de Python, necesarias para la conformación del *dataset* como: *math*, *youtube_dl*, *urllib*, *cookieclib*, *sys*, *time*, entre otras. Finalmente, el *dataset* de contenidos permitió obtener el listado de videos asociados a emociones.

D. Descripción y selección de tecnologías para la construcción del servicio de VoD

En esta sección se presentan las tecnologías (servidores, gestores de base datos, lenguajes de programación, entre otros), utilizados en la construcción del servicio de VoD basado en emociones.

El servidor de contexto es el módulo encargado de la captura y procesamiento de las señales fisiológicas e inferencia de emociones, para lo cual se usaron tecnologías como: RESTful, JSON, C++, Python. Para su aplicación se creó un servicio RESTful del lado de la tarjeta Arduino Yún, el cual permitiría el consumo adecuado de los datos a través de peticiones HTTP, mediante el formato JSON; el algoritmo de captura y envío de datos de los sensores es una adaptación del lenguaje de programación C++; la lógica principal del método para la inferencia de emociones y servidor de contexto, se realizó a través del lenguaje de programación Python, por medio del framework Flask, que permite la creación de servicios locales REST.

Each of the emotions described in **Figure 7** has an amplitude of 72° . The range in the Cartesian plane that is determined for every mood can be seen in **TABLE 3**.

It is proposed the flowchart modeling the formation of the dataset in **FIGURE 8**, it carried out six steps: generation list of popular content, obtaining musical parameters, content partnerships by emotions, obtaining the URL, catalog consolidation and downloading content.

For the generation of multimedia content dataset psycho-nerst video the Python library was used. In addition, Python additional libraries necessary for the formation of the dataset used as: *math*, *youtube_dl*, *urllib*, *cookieclib*, *sys*, *time*, among others. Finally, the dataset content allowed to obtain the list of videos associated with emotions.

D. Description and selection of technologies for the construction of VoD service

This section technologies are presented (servers, database managers, programming languages, etc.), used in construction VoD service based on emotions.

The context server module is responsible for the capture and processing of physiological signals and inference of emotions, for which technologies were used as: RESTful, JSON, C++, Python. For its implementation a RESTful service side of the Arduino Yun card, which would allow adequate consumption data via HTTP requests, using the JSON format was created; the algorithm capturing and sending data from the sensors is an adaptation of the programming language C++; the main logic of the method for inference of emotions and server context, was made through the Python programming language, through the framework Flask, which allows the creation of local services REST.

The server logic is the manager VoD service module; there the user may consume video content via the web; for it was made use of server-side technologies such as PHP and MySQL database manager; responsible for managing and storing user information and the dataset. For consumer or client were used technologies such as: HTML5, JavaScript and framework Bootstrap, for the design, interface logic and reproduction of content. Service for consumption requires a browser with support for JavaScript and HTML5, such as Google Chrome, Firefox or Opera, among others.

The media server is the module responsible for providing video content to VoD service through the Apache server via HTTP protocol; is where the associated multimedia content staying the dataset.

VI. Results and discussion

Then the construction of VoD service through architecture and end user interface is displayed. In addition, assessments are observed to the web server, based on load and stress tests performed.

A. Construction VoD service

In **FIGURE 9** architecture VoD service proposed is shown, which comprises, as has been emphasized throughout the document, the following functional blocks: the web server, the server logic, server context, content server and database server.

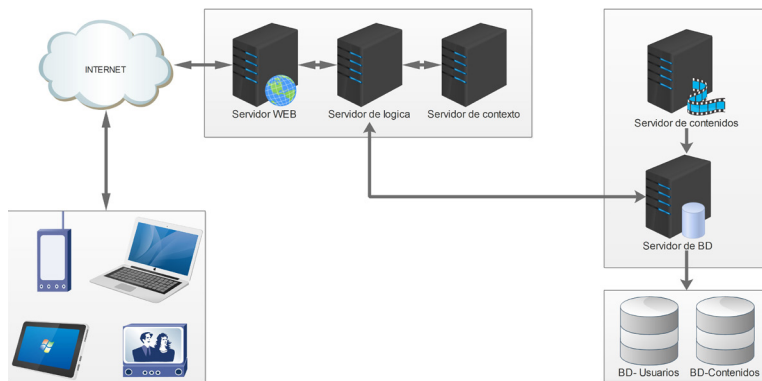


Figure 9. VoD service architecture based on emotions / Arquitectura del servicio de VoD basado en emociones

The final results of the research include: hardware-software system for capturing physiological signals connected to the IoT through the Arduino Yún card and a computational method for inferring emotions that provides the excitement user as an input parameter to the service VoD. A and b sections in **FIGURE 10** the interfaces are presented –Validation and mainly– VoD service interfaces based on emotions, which will be updating the catalog of multimedia content every 60 seconds, the time needed to calculate the user determined emotion presented time state.



Figure 10. Interface VoD service based on emotions / Interfaz del servicio de VoD basado en emociones

El servidor de lógica es el módulo gestor del servicio de VoD, allí el usuario puede consumir los contenidos de video a través de la web; para ello se hizo uso de tecnologías del lado del servidor como: PHP y el gestor base de datos MySQL, encargado de la gestión y almacenamiento de información de usuarios y del *dataset*. Para el módulo consumidor o cliente se usaron tecnologías como: HTML5, JavaScript y el framework Bootstrap, para el diseño, la lógica de la interfaz y la reproducción del contenido. Para el consumo del servicio se requiere un navegador con soporte para JavaScript y HTML5, como es el caso de Google Chrome, Firefox u Opera, entre otros.

El servidor de contenidos multimedia es el módulo encargado de proporcionar los contenidos de videos al servicio de VoD, a través del servidor Apache vía protocolo HTTP; es allí donde se alojan los contenidos multimedia asociados al *dataset*.

IV. Resultados y discusión

A continuación se muestra la construcción del servicio de VoD a través de la arquitectura e interfaz final de usuario. Además, se observan las evaluaciones realizadas al servidor web, con base en pruebas de carga y estrés realizadas.

A. Construcción del servicio de VoD

En la **FIGURA 9** se muestra la arquitectura del servicio de VoD propuesto, la cual comprende, cómo se ha venido enfatizando a lo largo del documento, de los siguientes bloques funcionales: el servidor web, el servidor de lógica, el servidor de contexto, el servidor de contenidos y el servidor de base de datos.

Los resultados finales de la investigación incluyen: un sistema hardware-software para la captura de señales fisiológicas conectado al IoT a través de la tarjeta Arduino Yún y un método computacional para la inferencia de emociones que provee la emoción de usuario como parámetro de entrada al servicio de VoD. En las secciones a y b de la **FIGURA 10** se presentan las interfaces –validación y principal– del servicio de VoD basado en emociones, el cual va a estar actualizando el catálogo de contenidos multimedia cada 60 segundos, tiempo necesario para calcular la emoción de usuario en determinado estado de tiempo.

En la sección a de la **FIGURA 10** –interfaz de validación–: en “1” se muestra el menú de validación de usuario donde este puede ingresar sus credenciales e ingresar al servicio de VoD, para ello es necesario como acción inicial que se inicie la captura de las señales fisiológicas a través del sistema hardware-software; en “2”, al presionar el botón “obtener valores” se comienza la captura de la HRV, GSR y EMG para establecer el nivel de *arousal* y *valence*, que permiten determinar la emoción de entrada del usuario; en “3” el usuario visualiza gráficamente la medida de la frecuencia cardíaca en tiempo real. Una vez obtenidos los valores, el usuario puede validarse e iniciar sesión, si no se encuentra registrado tendrá la opción de hacerlo. Al realizar dicha acción de validación, como segundo paso el usuario ingresa a la interfaz principal del servicio de VoD (ver sección b de la **FIGURA 10**). En esta imagen: “1” al igual que en la interfaz de validación, el usuario puede ver el monitoreo continuo de las variables fisiológicas de HRV, GSR y EMG, y además el nivel de estrés y la emoción de usuario que se presente en el momento; “2” es el campo donde se reproduce el video y donde además se encuentra el panel de control de reproducción; en “3” se presenta el catálogo de contenidos multimedia asociados a emociones del servicio de VoD; y finalmente, “4” es el botón que permite ingresar a la interfaz web de monitoreo y ver el comportamiento de las señales fisiológicas y la emoción de usuario.

En la **FIGURA 11** se muestra la interfaz web del sistema que se implementó para el monitoreo continuo de señales fisiológicas, el cual captura las señales del sistema hardware-software y obtiene la emoción de usuario cada cierto tiempo; a este sistema se puede acceder mediante el botón de “Visualizar señales fisiológicas” en la interfaz principal del servicio de VoD.

B. Evaluación del servicio de VoD

Con el fin de evaluar la capacidad de respuesta ante múltiples conexiones al servicio, se realizaron pruebas de carga y estrés, haciendo uso de la herramienta libre apache benchmarking, una herramienta para el análisis del rendimiento de servidores. En la **FIGURA 12** se muestra la representación de los datos y la interpretación de las pruebas de carga al servidor web. Se realizaron 200 conexiones de manera secuencial y simultánea.

En la **FIGURA 12** se muestra el tiempo empleado en segundos para 200 conexiones, secuenciales en color azul, simultáneas en color rojo. Según la representación de los datos, el tiempo empleado por el servidor web con 200 conexiones secuenciales, osciló entre 0,050

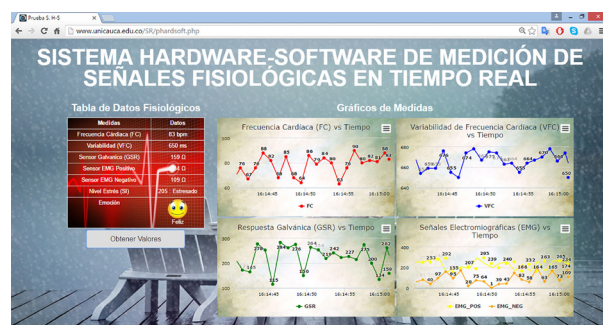


Figure 11. Web interface for monitoring physiological variables and user emotion / Interfaz web para monitoreo de variables fisiológicas y emoción de usuario

In the a section of **FIGURE 10** –validation interface–: “1” menu where the user validation can enter your credentials and enter the VoD service is shown, for this is necessary as initial start action capturing physiological signals through the hardware-software system; “2”, pressing the button “get values” capture HRV, GSR and EMG begins to establish the level of arousal and valence, which determine the excitement of user input; “3” user graphically displays the measurement of heart rate in real time. After obtaining the values, the user can log on and log, if not registered will have the option to do so. When performing validation such action as a second step the user enters the main VoD service interface (see section b of **Figure 10**). In this picture: “1” as in the validation interface, the user can see the continuous monitoring of physiological variables of HRV, GSR and EMG, and also the level of stress and excitement user is present in the moment; “2” is the field where the video is playing and further wherein the playback control panel is located; “3” catalog presents multimedia content associated to emotions VoD service; and finally, “4” is the button to enter the web interface and see the behavior monitoring of physiological signals and excitement user.

In **FIGURE 11** the web interface system that was implemented for continuous monitoring of physiological signals, which captures signals from hardware-software system and user gets the emotion shown from time to time; this system can be accessed via the button “Display physiological signals” on the main interface VoD service.

B. VoD service evaluation

In order to evaluate the responsiveness to multiple service connections, load testing and stress were performed, using the free tool apache benchmarking, a tool for analyzing the performance of servers. In **FIGURE 12** the representation of data and interpretation of load testing the web server is displayed. 200 connections sequentially and simultaneously performed.

FIGURE 12 shows the time taken in seconds for 200 connections, sequential in blue, simultaneous color red. According to the representation of the data, the time spent by the web server 200 sequential connections, 0.050 and ranged from 0.675 seconds, and exhibits a gradual increase as the load increases by means of connections; meanwhile, the time spent by the web server 200 simultaneous connections, ranged from 0.030 and 0.675 seconds, performs well in the first 130 connection, then a significant increase in the response time due to the load connections.

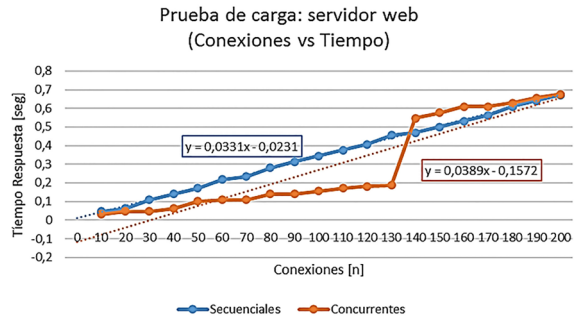


Figure 12. Testing load web server / Pruebas de carga servidor web

Stress testing to web server was conducted with 20,000 sequential and simultaneous connections, to achieve the system collapse. In **FIGURE 13** the representation of the data shown with respect to the stress tests to the web server.

In **FIGURE 13** the stress tests, carried out to the web server, for that time spent in seconds to 20,000 sequential connections shown in blue and red simultaneously observed. According to the representation of the data the time taken by the web server to respond to 20,000 sequential connections between 0 and 36 seconds, showing greater consumption of resources between 10,000 and 20,000 sequential connections, even so, the system does not collapse. The time spent by the web server to respond to 20,000 simultaneous or concurrent connections, between 7 and 62 seconds after the 18,000 connections the system collapses due to excessive number of connections to the server.

It can be concluded that the web server has a very good processability based on load and stress tests that were conducted: supports more than 20,000 sequential connections and a little less if they are simultaneous. In addition, the estimated response time to the first 200 connections does not exceed a second.

IV. Conclusions and future work

User context variables, such as physiological signals, to assess the behavior of an individual or infer emotions from your body functioning and provide information that makes it possible to determine patterns of behavior of the person.

HRV variable becomes a fundamental part of the system constructed as it makes possible to calculate the stress index and set the level of arousal user input, along with the RGP, which may be associated with the model designed five emotions.

EMG variable is of great importance for the built system, since it is a measure which enables the calculation of the valence considered in the model presented five emotions. This

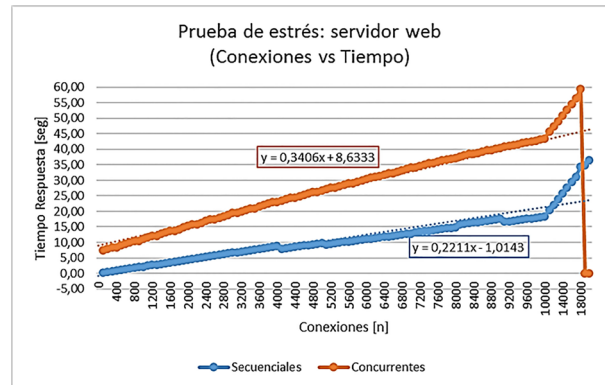


Figure 13. Testing web server stress / Pruebas de estrés servidor web

and 0,675 seconds, and presents a gradual growth as the load increases; on the other hand, the time employed by the web server with 200 simultaneous connections, oscillated between 0,030 and 0,675 seconds, presents a good performance in the first 130 connections, and then a significant increase in the response time due to the load of the connections.

The stress tests to the web server were carried out with 20,000 sequential and simultaneous connections, until the system collapses. In **FIGURE 13** the representation of the data with respect to the stress tests to the web server.

In **FIGURE 13** the stress tests, carried out to the web server, for that time spent in seconds to 20,000 sequential connections shown in blue and red simultaneously observed. According to the representation of the data the time taken by the web server to respond to 20,000 sequential connections between 0 and 36 seconds, showing greater consumption of resources between 10,000 and 20,000 sequential connections, even so, the system does not collapse. The time spent by the web server to respond to 20,000 simultaneous or concurrent connections, between 7 and 62 seconds after the 18,000 connections the system collapses due to excessive number of connections to the server.

It can be concluded that the web server has a very good processability based on load and stress tests that were conducted: supports more than 20,000 sequential connections and a little less if they are simultaneous. In addition, the estimated response time to the first 200 connections does not exceed a second.

IV. Conclusiones y trabajo futuro

Variables of the user context, such as physiological signals, allow evaluating the behavior of an individual or inferring emotions from the functioning of their organism, and provide information that makes it possible to determine patterns of behavior of the person.

The HRV variable becomes a fundamental part of the system constructed, as it makes possible to calculate the stress index and establish the level of arousal of the user, along with the RGP, which can be associated with the model of five emotions designed.

La variable EMG es de gran importancia para el sistema construido, puesto que es la medida que posibilita el cálculo de la *valence* considerada en el modelo de cinco emociones presentado. Esta variable, junto con la HRV y el RGP, permite establecer la emoción que el usuario presenta mientras hace uso del sistema hardware-software.

La plataforma Arduino Yún permitió capturar de manera adecuada las señales de los sensores: pulse sensor, GSR y MyoWare, los cuales proporcionan los datos fisiológicos del usuario, necesarios para el cálculo del índice de estrés y la obtención de los parámetros: *arousal* y *valence*.

El servicio de VoD basado en emociones, sistema hardware-software y método para la inferencia de emociones desarrollados, hacen uso de herramientas hardware y software libre (*open source*), lo que permite y facilita la escalabilidad y asequibilidad, y establece las bases para futuros proyectos de investigación que representen mejoras al sistema y hagan posible llevarlo al mercado.

Como trabajo a futuro, se pretende vincular el sistema hardware-software desarrollado en un sistema de recomendaciones de contenido multimedia, buscando agilizar el acceso al contenido y que este sea relevante a las preferencias del usuario. Además, como el contenido de video tiene una gran variedad de tipos, es propicio considerar como trabajo futuro el empleo y análisis emocional de todos estos contenidos, y así permitir diversidad de temáticas para ofrecer, en el servicio de VoD, al usuario.

Agradecimientos

Este trabajo de investigación se realizó en la Universidad del Cauca, contó con financiación parcial del proyecto UsabiliTV, financiado por Colciencias y el Ministerio de Educación Nacional (ID 1103 521 28462) y del programa de doctorados nacionales de Colciencias, Convocatoria 528 de 2011. *ST*

variable, along with the HRV and the RGP, allows to set the emotion that the user presents while using the hardware-software system.

The platform Arduino Yún allowed to capture properly the sensor signals: pulse sensor, GSR and MyoWare, which provide physiological user data necessary for calculating the stress index and obtaining parameters: arousal and valence.

The VoD service based on emotions, hardware-software system and method for inferring developed emotions, make use of hardware tools and free software (open source), which allows and facilitates scalability and affordability, and lays the foundation for future research projects that represent improvements to the system and make it possible to bring it to market.

As future work, it is intended to link the hardware-software system developed into a system of multimedia content recommendations, seeking faster access to content and this is relevant to the user's preferences. Moreover, as the video content has a wide variety of types, is considered suitable employment future work and emotional analysis of all these contents, and allow diversity of themes to offer VoD service, the user.

Acknowledges

This research was conducted at the Universidad del Cauca, it counted on partial funding from UsabiliTV project, funded by Colciencias and the Ministry of National Education (ID 1103 521 28462) and the program of national doctorates from Colciencias (*Convocatoria* 528 - 2011). *ST*

References / Referencias

- Altgeld, J. & John, D. (2006). The IPTV/VoD Challenge: Upcoming business models. In: *Achieving the triple play: Technologies and business models for success* (pp. 3-15). Chicago, IL: IEC.
- Bayevsky, R., Ivanov, G., Chireykin, L., Gavrilushkin, A., Dovgalevsky, P., Kukushkin, U., & Fleishmann, A. (2002). *HRV analysis under the usage of different electrocardiography systems (Methodical recommendations)*. Moscow, Russia: Committee of New Medical Techniques of Ministry of Health of Russia. Retrieved from: [http://www.drkucera.eu/upload_doc/hrv_analysis_\(methodical_recommendations\).pdf](http://www.drkucera.eu/upload_doc/hrv_analysis_(methodical_recommendations).pdf)
- Buyya, R. & Dastjerdi, A. [Eds]. (2016). *Internet of Things: Principles and paradigms*. Cambridge, MA: Morgan Kaufmann.
- Evans, D. (2011). *The internet of things: How the next evolution of the Internet is changing everything* [white paper]. Retrieved from: https://www.cisco.com/c/dam/en_us/about/ac79/docs/innov/IoT_IBSG_0411FINAL.pdf
- Cisco (2016, June 1). *Cisco VNI, forecast and methodology, 2015-2020* [white paper]. Retrieved from: <http://www.cisco.com/c/dam/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/complete-white-paper-c11-481360.pdf>
- González, G., López, B., & De la Rosa, J. (2004). Managing emotions in smart user models for recommender systems. *ICEIS* (5), 187-194.
- Hall, J. & Guyton, A. (2011). *Tratado de fisiología médica*. Madrid, España: Elsevier.
- Heilman, K. (1997). The neurobiology of emotional experience. *Journal of Neuropsychiatry*, 9(3), 439-448.
- Jones, R., Fay, M., & Popper, A [Eds.] (2010). *Music Perception*. New York, NY: Springer.

- Choi, J. & Gutierrez, R. (2009). Using heart rate monitors to detect mental stress. In: *Proceeding 09 Proceedings of the 2009 Sixth International Workshop on Wearable and Implantable Body Sensor Networks* (pp. 219-223). New York, NY: ACM.
- Meyers, O. (2007). *A Mood-Based music classification and exploration system* [tesis]. Massachusetts Institute of Technology: Cambridge, MA.
- Mohana, S. & Ravish, H. (2015). Remote monitoring of heart rate and music to tune the heart rate. In: *Communication Technologies (GCCT)*. IEEE.
- Mohana, S. R., & Aradhya, H. R. (2015, April). Remote monitoring of heart rate and music to tune the heart rate. In *2015 Global Conference on Communication Technologies (GCCT)*, (pp. 678-681). IEEE.
- Moreno, M., Segrera, S., López, V., Muñoz, M., & Sánchez, L. (2016). Web mining based framework for solving usual problems in recommender systems: A case study for movies' recommendation. *Neurocomputing*, 176(2), 72-80.
- Mukhopadhyay, S. (Ed.). (2015). *Wearable electronics sensors*. Palmerston North, New Zealand: Springer.
- Patil, K., Singh, M., Singh, G., Anjali., & Sharma, N. (2015). Mental stress evaluation using heart rate variability analysis: A review. *International Journal of Public Mental Health and Neurosciences*, 2(1), 10-16.
- Posner, J., Russell, J., & Peterson, B. (2005). The circumplex model of affect: An integrative approach to affective neuroscience, cognitive development, and psychopathology. *Development and psychopathology*, 17(03), 715-734.
- Pripuzic, K., Zarko, I., Podobnik, V., Lovrek, I., Cavka, M., Petkovic, I., Stulic, P., & Gojceta, M. (2013). Building an IPTV VoD recommender system: An experience report. In: *12th International Conference on Telecommunications (ConTEL), 2013* (pp.155-162). IEEE.
- Robayo, F., Neira, J., & Vásquez, M. (2015). Android mobile application for monitoring and recording human nutritional status implemented in a free hardware platform. *Sistemas & Telemática*, 13(32), 75-88. doi:10.18046/syt.v13i32.2029
- Sharma, T. & Kapoor, B. (2014). Intelligent data analysis algorithms on biofeedback signals for estimating emotions. In: *2014 International Conference on Optimization, Reliability, and Information Technology (ICROIT)*, (pp. 335-340). IEEE.
- Yang, Y. & Chen, H. (2011). *Music emotion recognition*. Boca Ratón, FL: CRC .

CURRICULUM VITAE

Luis Alejandro Solarte Moncayo Electronics and Telecommunications Engineer from Universidad del Cauca (Colombia) / Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad del Cauca.

Mauricio Sánchez Barragán Electronics and Telecommunications Engineer from Universidad del Cauca (Colombia) / Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad del Cauca.

Gabriel Elías Chanchí Golondrino Electronics and Telecommunications Engineer, Master in Telematics Engineering, and Ph.D (c) in Telematics Engineering / Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones, Magister en Ingeniería Telemática y candidato a Doctor en Ingeniería Telemática.

Diego Fabián Durán Dorado Electronics and Telecommunications Engineer, Master in Engineering (emphasis in Telematics), and Ph.D (c) in Telematics Engineering / Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones, Magister en Ingeniería Telemática y candidato a Doctor en Ingeniería Telemática.

José Luis Arciniegas Herrera Electronics and Telecommunications Engineer and Specialist in Networks and Telematics Services from Universidad del Cauca (Colombia); and Doctor-Engineer in Telecommunications from Universidad Politécnica de Madrid (España). Full professor at the Universidad del Cauca (Department of Telematics) / Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones y Especialista en Redes y Servicios Telemáticos de la Universidad del Cauca; y Doctor Ingeniero de Telecomunicación de la Universidad Politécnica de Madrid. Profesor titular del Departamento de Telemática de la Universidad del Cauca.