

Estado del arte para el desarrollo de un robot reproductor de mensajes con efectos gesticulares

Por:

- Andrés David Mazo Bossio
- Federico Alberto Cuartas Zuluaga
- Kevin Arley Parra Henao
- Miguel Ángel Sarmiento Aguiar
- Sebastián Rojas Ortiz

INTRODUCCION

La interacción de los seres humanos con dispositivos tecnológicos ha ido incrementando en los últimos años. El uso de dispositivos móviles por parte de un usuario promedio abarca cerca de las 4 horas al día [1].

Con el desarrollo de sistemas de asistentes virtuales, las personas han afianzado esta interacción aún más y las posibilidades de aplicación han incrementado aún más. Actualmente productos sistemas permiten la conexión con sistemas de compra online, lo que permite al usuario comprar sin salir de casa e incluso programar envíos a su residencia. Todo esto a través de comandos de voz y de interacción con una interfaz virtual. Dichos sistemas proveen información útil a sus usuarios a través de mensajes de audio, mediante los cuales pueden hacer saber a las personas información con el pronóstico del clima para el día de hoy, los últimos hechos destacados por la prensa mundial y la próxima cita en la agenda.

Sin embargo, esta interacción resulta ser todavía poco amigable, con interfaces que tiene una voz robótica y que solo se limitan a reproducir un mensaje sin el uso de elementos que son fundamentales en la comunicación humana, como los gestos y el lenguaje corporal.

En esta página se presenta un compendio de las diferentes tecnologías y herramientas que podrían ser considerados para el desarrollo de un sistema electromecánico con capacidad para comunicar un mensaje y realizar la gesticulación de este. Así mismo, se presenta un análisis de diferentes alternativas encontradas en el mercado actual.

Descripción de la necesidad

El laboratorio de control digital de la Universidad Eafit requiere un robot capaz de reproducir mensajes y realizar gestos para usarlo como equipo didáctico para las clases y para eventos que se realicen en la universidad.

Objetivo General

Diseñar e implementar un robot capaz de reproducir y gesticular mensajes para el laboratorio de control digital de la Universidad Eafit.

Objetivos Específicos

Implementar un sistema que permita recibir un mensaje en texto mediante algún medio inalámbrico para procesarlo y reproducirlo en audio.

- Diseñar el sistema electromecánico para la estructura y movimiento del robot.
- Modelar e implementar los componentes mecánicos.
- Diseñar e implementar los circuitos electrónicos para el sistema, teniendo en cuenta los actuadores y sensores a utilizar.
- Programar la lógica del sistema, integrando la comunicación con el movimiento para los gestos del robot.
- Desarrollar un modelo blando funcional para pruebas.

ESTADO DEL ARTE

Para el desarrollo de un sistema como el propuesto, se necesita utilizar ciertas tecnologías y herramientas que permitan recibir un mensaje a través de un medio, como puede ser Bluetooth, Wi-Fi, entre otros; realizar el procesamiento de dicho mensaje, sintetizar el mensaje desde un formato a otro, en este caso text-to-speech (TTS); y finalmente reproducir el mensaje en audio, realizando la gesticulación de este.

Procesamiento de datos

Generalmente los sistemas electromecánicos requieren una unidad de control que se encargue del procesamiento de la información y la comunicación entre los diferentes actuadores y sensores que componen el sistema. En el caso del proyecto que se propone, se requiere que este sistema reciba el mensaje tipo texto, lo procese y realice la interpretación y reproducción de dicho mensaje mediante audio, acompañado de gestos acordes al mismo.

En el mercado actual, dentro del nicho del prototipado rápido, es claro que las principales alternativas es Arduino y Raspberry Pi. Por un lado, Arduino es una plataforma electrónica de código abierto basada en hardware y software fáciles de usar [2]. Permite un desarrollo rápido de pequeños prototipos y su costo es bastante económico. Sin embargo, su capacidad de computo es bastante limitada. Raspberry Pi, por su parte, es considerada es una computadora de bajo costo que permite escribir programas en lenguajes como Python para controlar entradas y salidas, así como funciones propias de un computador de escritorio [3]. Entre sus principales características están sus periféricos con los que se puede conectar teclados, pantallas y mouses, entre otros dispositivos. Además de su conectividad Bluetooth y WI-FI, con la cual se puede enviar información y señales de forma inalámbrica. Además de soportar un sistema operativo para tareas básicas como navegar en internet. Cuenta además con pines para conectar componentes y circuitos electrónicos funcionando a 3.3V [2].

Análisis de emociones

Para dar una gesticulación a un mensaje, el uso de gestos es necesario y se relaciona con las emociones asociado a dicho mensaje. Las emociones del ser humano suelen categorizarse en 6: felicidad, enojo, tristeza, sorpresa, asco y miedo. En el proceso de comunicación, estas emociones suelen marcar los gestos que se realizan mientras se expresa una idea o mensaje. Una emoción se produce cuando una información sensorial llega a los centros emocionales del cerebro, produciendo una respuesta neurofisiológica que es interpretada por el neocórtex [4]. Se podría resumir el proceso de vivencia emocional de la siguiente forma:

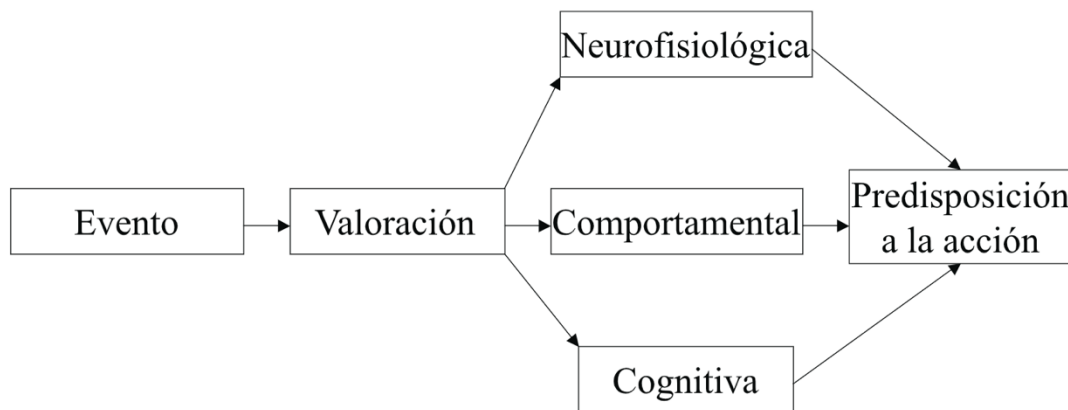


Figura 1: Proceso de vivencia emocional.
Fuente: [4].

Dentro del campo del procesamiento del lenguaje natural (NLP por sus siglas en inglés), algunas tareas comunes tienen que ver con el análisis de sentimientos y emociones, que consiste con clasificar opiniones en un mensaje, detectar emociones y definir la orientación del sentimiento expresado [5].

Algunas empresas como Google y AWS ofrecen servicios en la nube para este y otro tipo de trabajos. La principal ventaja es la velocidad de implementación y la tercerización de estas tareas a servidores externos, pues las mismas suelen requerir gran capacidad de procesamiento.

Aunque para el proyecto no se requiere gran fidelidad en la interpretación, sería interesante contar con un mínimo de esta, para facilitar el proceso de gesticulación. Algunas alternativas que se podrían considerar serían paquetes de software para esta tarea. En particular, se resaltan algunos paquetes de Python. El primero de ellos sería text2emotion, que es un paquete que permite procesar mensajes textuales y reconocer 5 categorías de emociones: felicidad, enojo, tristeza, sorpresa y miedo [6]. Una desventaja de este paquete es que solo admite el lenguaje inglés como entrada para los mensajes a procesar.

Una tarea canónica en NLP es clasificar un mensaje u opinión en positivo o negativo. Para esto, se puede utilizar TextBlob, el cual provee una API simple para tareas de NLP como part-of-speech tagging, noun phrase extraction y análisis de sentimiento. Esta última clasifica un mensaje de acuerdo a una polaridad, negativa o positiva [7]. Esto resulta un poco limitado en términos de fidelidad a la interpretación, pero podría considerarse para el proyecto por su facilidad de uso.

Síntesis de voz

Es la producción artificial del habla utilizando un sistema computarizado. Estos sistemas pueden ser implementados mediante hardware o software. Los sistemas TTS convierten el lenguaje de texto normal en habla [8].

En esta área grandes empresas tecnológicas han desarrollado herramientas para ofrecer a las personas interfaces sencillas para realizar TSS en sus aplicaciones. Es el caso de AWS, con Amazon Polly, el cual es un servicio de texto a voz (TTS) que utiliza tecnologías de aprendizaje profundo avanzadas para sintetizar habla que se asemeja a una voz humana. Gracias a las decenas de voces realistas en varios idiomas, se pueden crear aplicaciones con habla aptas para distintos países [9].

Otra empresa que también ofrece una herramienta interesante es Google, mediante una API para TTS, con la cual se puede convertir texto en voz con sonido natural, combinando tecnología IA. Esta API es utilizada en aplicaciones de traducciones y bot de voz en centros de contacto [10].

Adicionalmente, se dispone de una biblioteca que permite utilizar de manera sencilla esta API en aplicaciones desarrolladas con Python. Esta librería es gTTS, la cual es una biblioteca de Python y una herramienta CLI para interactuar con la API de texto a voz de Google Translate. Permite generar salidas en formato mp3 de los archivos procesados [11].

Rostros faciales en displays de robots

Una alternativa que se suele tomar en este tipo de proyectos para dibujar el rostro de los robots es usar pantallas leds. Es el caso de Xiaodan, un robot inteligente desarrollado por Xiaomi. Este robot se concibe como un robot interactivo para niños y esta equipado con una pantalla táctil de 7 pulgadas [12]. Para el proyecto a desarrollar se podría utilizar una pantalla de dimensiones similares, aunque no necesariamente tiene que ser táctil, ya que el objetivo no es proveer ese tipo de interacción al usuario. La pantalla mostraría un rostro robótico, que tendría gestos al reproducir el mensaje.



Figura 2: El robot Xiaodan de Xiaomi.
Fuente: [12].

Sobre el uso de rostros en pantalla para robots se han desarrollado diversas que arrojan algunos puntos interesantes. De acuerdo con la teoría del Valle Inquietante, las personas tienden a sentir una reacción negativa frente a robots con apariencia extremadamente humana. Este termino fue acuñado por Masahiro Miro en 1970 y establece que cuando un robot tiene apariencia humana, se convierte emocionalmente más atractivo para un observador humano, sin embargo, cuando es extremadamente humano, la experiencia suele ser menos cómoda. He aquí el Valle inquietante, que se encuentra en el punto de transición entre robots con apariencia humana y robots humanoides realistas. La figura 3 ilustra como se va dando esta relación a medida que aumenta la similitud con los humanos.

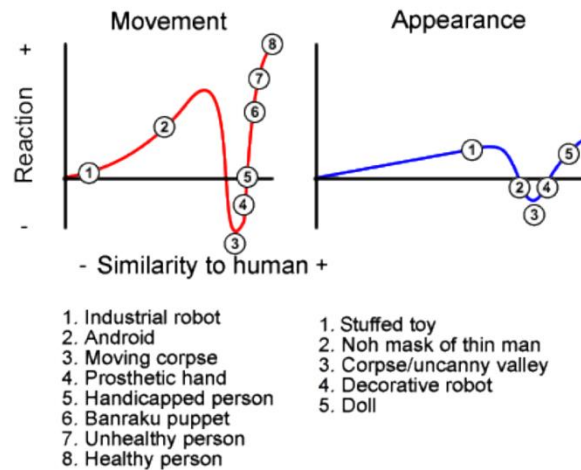


Figura 3: Respuesta emocional a la similitud humana de los robots.
Fuente: [13].

El punto importante es, entonces, crear un robot que sea humano, pero sin llegar a “inquietar” a los usuarios. Según financiado por la universidad de Auckland, los robots con caras parecidas a las humanas en sus displays son percibidos con más inteligencia y personalidad. En este estudio se utilizó un robot para medir la presión sanguínea de un grupo de pacientes. Se utilizaron tres tipos diferentes de rostros en los robots: rostro humano, rostro humano plateado y sin rostro. En la figura 4 se pueden ver los dos rostros que se usaron en el estudio. Los participantes calificaron a los robots con rostros humanos como más inteligentes y con mayor personalidad, además de sentirse más cómodos con ellos. La figura 5 resume los resultados del experimento.

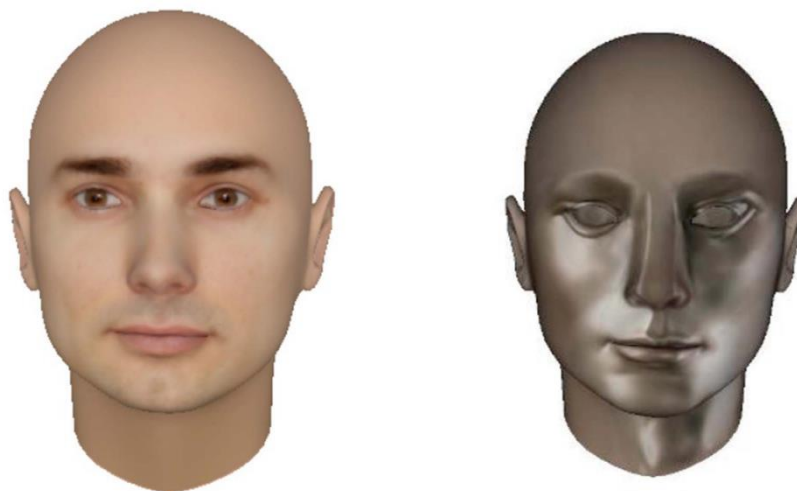


Figura 4: rostros usados en el estudio.
Fuente: [14].

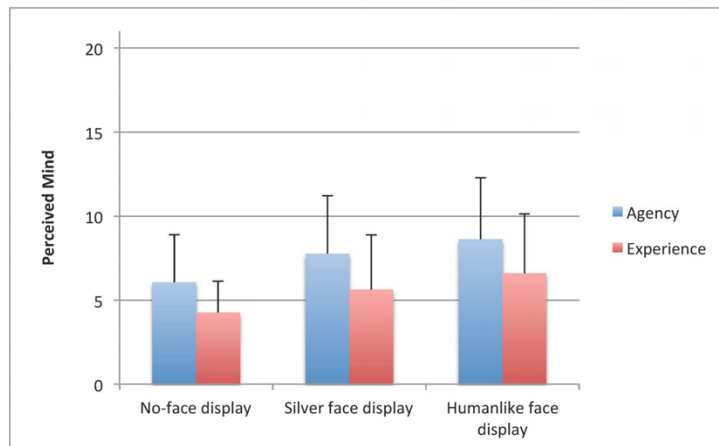


Figura 5: Diferencias en la percepción y experiencia percibidas entre diferentes condiciones faciales.
Fuente: [14].

Se puede concluir del estudio que los robots con rostros *humanlike* son percibidos como más inteligentes y sociables que los robots sin rostros, y como más amigables que los robots con rostro no humano o sin rostro. Queda claro pues, que los desarrolladores de robots deben ser conscientes de que el rostro que se emplee en la pantalla de un robot afectará la experiencia del usuario [14].

Vector

Es el asistente personal que siempre has soñado, fue fabricado por la startup Digital Dreams Labs y lleva más de 2 años en el mercado; este puede: ver, escuchar, sentir el tacto, mostrar emociones, comunicarse con el usuario y muchas más gracias a que cuenta con una: cámara HD, 4 micrófonos para la audición direccional, WIFI, un sensor táctil e inteligencia artificial que le permite procesar toda esta información y responder con cientos de sonidos y movimientos [15].



Figura 5: Robot asistente Vector.
Fuente: [15].

Información a destacar

- Tiene un micrófono para oír, escuchar comandos y censar la actividad en el ambiente.
- Tiene una voz única echa de cientos de sonidos sintetizados y cuando se le hace una pregunta utiliza una voz de texto a voz personalizada, además está integrado con Alexa de Amazon que potencia su capacidad de reproducir mensajes de voz y por ende la atención al usuario.

- Utiliza una pantalla OLED para su cara y sus ojos igual que su predecesor Cozmo.
- Cuenta con 70 conductas diferentes y más de mil animaciones.



Figure 6: Cozmo, predecesor de Vector
Fuente: [15]

- Una gran parte del software de vector está enfocado a la comunicación y está la compone software en una parte Linux, otra Qualcomm y la mayor parte de Anki.

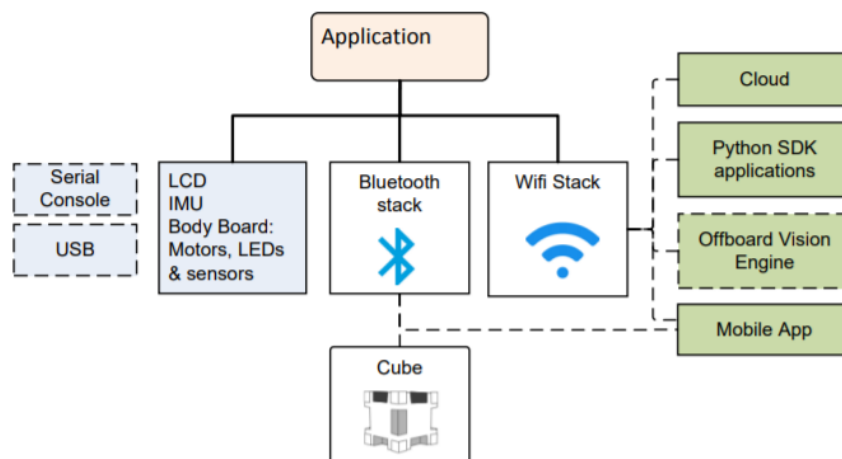


Figura 7: Diagrama de comunicación.
Fuente: [16].

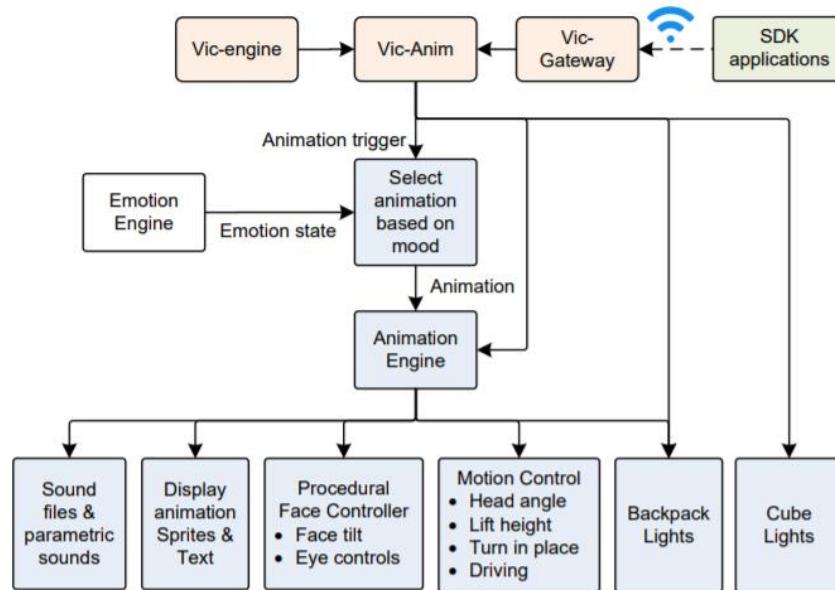


Figura 8: Diagrama de comportamiento de animaciones.
Fuente: [16].

CloudMinds XR1

Es el primer robot humanoide comercial diseñado como un robot de servicio de la empresa CloudMinds.

Este funciona gracias a dos revolucionarias tecnologías:

- Smart Compliant Actuator (SCA)

Las juntas inteligentes, son piezas biomiméticas de alto rendimiento que también son costo efectivas ayudan a los robots de servicio a realizar movimientos articulares similares a los humanos y completar tareas complejas. Cada articulación inteligente está equipada con un reductor integrado, un motor, chips de control electrónico integrados con inteligencia artificial, algoritmos de control y sensores generando funciones de comunicación para permitir movimientos de robot flexibles, suaves, precisos y seguros. Usando diferentes tamaños de articulaciones inteligentes, los robots pueden realizar movimientos de múltiples ejes separados por brazos y dedos para realizar movimientos pequeños y precisos, como agarrar y enhebrar una aguja. Con estas articulaciones inteligentes, cuando un robot encuentra un obstáculo, puede pausar su movimiento y reanudarlo cuando sea seguro hacerlo [17].

Estas juntas poseen una dirección IP el cual puede ser controlada por la *Cloud Brain via red 5G*. El robot posee 34 juntas inteligentes, se logra ser costos eficientes gracias a la estandarización de las juntas.

- Human Augmented Robotics Intelligence with eXtreme Reality (HARIX)

Este es un sistema de inteligencia artificial en la nube de CloudMinds con monitoreo por parte de los empleados de la organización. Este sistema posee diversas capacidades como visión inteligente, voz y movimientos inteligentes. La nube va aprendiendo por medio de sus experiencias y va evolucionando

en sus habilidades a tal punto de recibir visitantes en una reunión, agarran objetos y abrir puertas [17].

PATENTES

A continuación, se muestran algunas patentes relacionadas con el proyecto de investigación.

ROBOT HUMAN TORSO

Patente de robot que tiene la como fin simular movimientos finos y precisos tales como los de un ser humano, se le da espacio y superficies de montaje al torso para poder ubicar, prensas hidráulicas, circuitos, válvulas y dispositivos de audio, esto le permite al torso tener 9 grados de libertad.

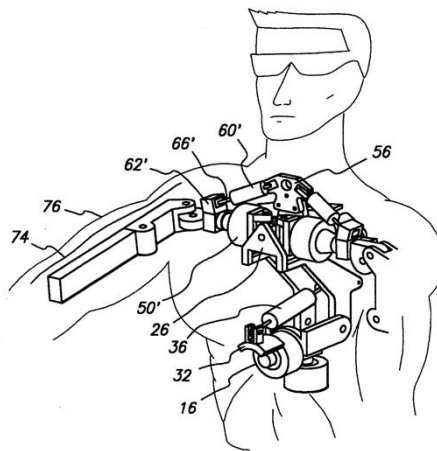


Figura 9: Patente *ROBOT HUMAN TORSO*.
Fuente: [18].

ROBOT CHATING SYSTEM

Patente de un servicio de chat por robots, este consiste de una interface que permite escribir un mensaje junto a una emoción o acción, estas se enviarán a otra persona la cual tiene un robot el cual leerá el mensaje y realizará la acción o el gesto correspondiente a la emoción.

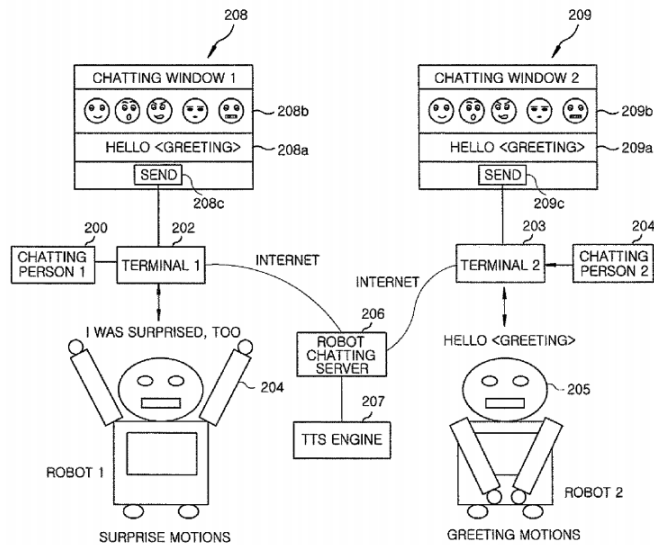


Figura 10: Patente *ROBOT CHATING SYSTEM*.
Fuente: [19].

COMUNICATION ROBOT SYSTEM

Patente de un robot que al recibir un estímulo determinado reacciona de acuerdo a su programación y realiza el gesto correspondiente.

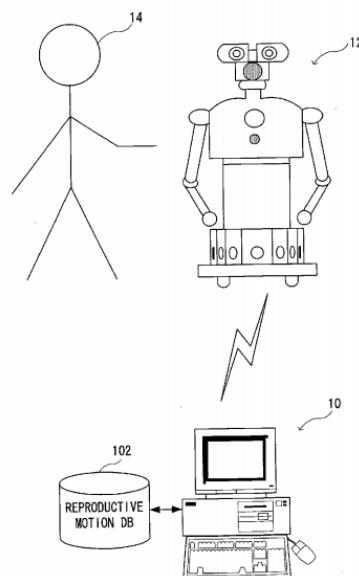


Figura 11: Patente *COMMUNICATION ROBOT SYSTEM*.
Fuente: [20].

DEVICE AND METHOD FOR EXPRESSING ROBOT AUTONOMOUSEMOTIONS

Patente de un dispositivo y método que, recolecta información sobre el estado emocional del usuario y luego calcula los pesos emocionales basados en el estado actual del usuario; una unidad de generación de emociones basadas en las emociones del usuario.

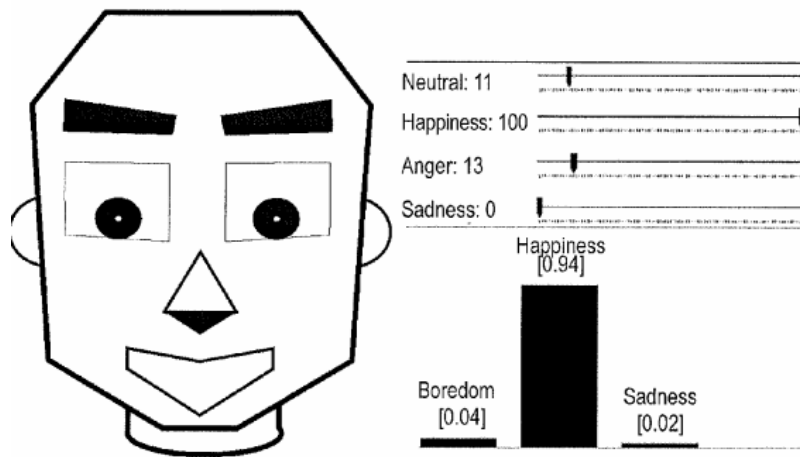


Figura 12: Patente DEVICE AND METHOD FOR EXPRESSING ROBOT AUTONOMOUSEMOTIONS.
Fuente: [21].

ROBOT AND CONTROL METHOD FOR CONTROLLING THE ROBOTS EMOTIONS

Patente de un robot y sistema de control de un robot que dependiendo si un objeto determinado cumple ciertas condiciones este realizara una serie de acciones predeterminadas basados en el análisis del objeto.

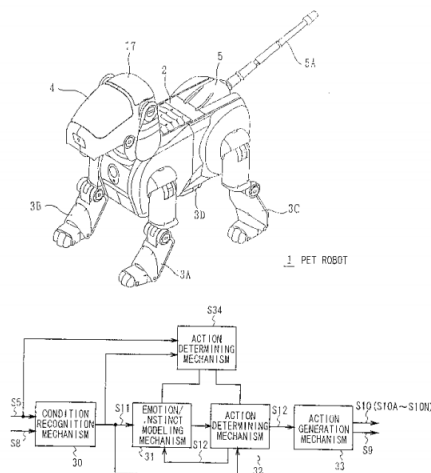


Figura 13: Patente ROBOT AND CONTROL METHOD FOR CONTROLLING THE ROBOTS EMOTIONS.
Fuente: [22].

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ROSTRO ROBÓTICO DE APARIENCIA HUMANA, CON CAPACIDAD DE EJECUTAR GESTOS Y EMOCIONES

Se desarrolla el diseño del rostro de un robot que tiene apariencia humana, cuya dinámica simula el comportamiento de una serie de músculos, órganos y tendones del ser humano que al contraerse o relajarse provocan el movimiento del cuerpo. Para cumplir las funciones de movimiento, comunicación, reconocimiento y reproducción de voz, el robot utiliza servomotores, módulo de reconocimiento de voz, módulo de decodificación de audio y modulo bluetooth, estos controlados por un Arduino. El Arduino se conecta por vía bluetooth con un smartphone gracias a una aplicación móvil para Android. Una de las entradas al sistema aparte de las enviadas desde el smartphone es la voz, el

robot es programado para reconocer tipos de voz específicos que son enviados en forma de comando AT al Arduino, permitiendo grabar el comando en el chip del reconocimiento de voz como un patrón [23].

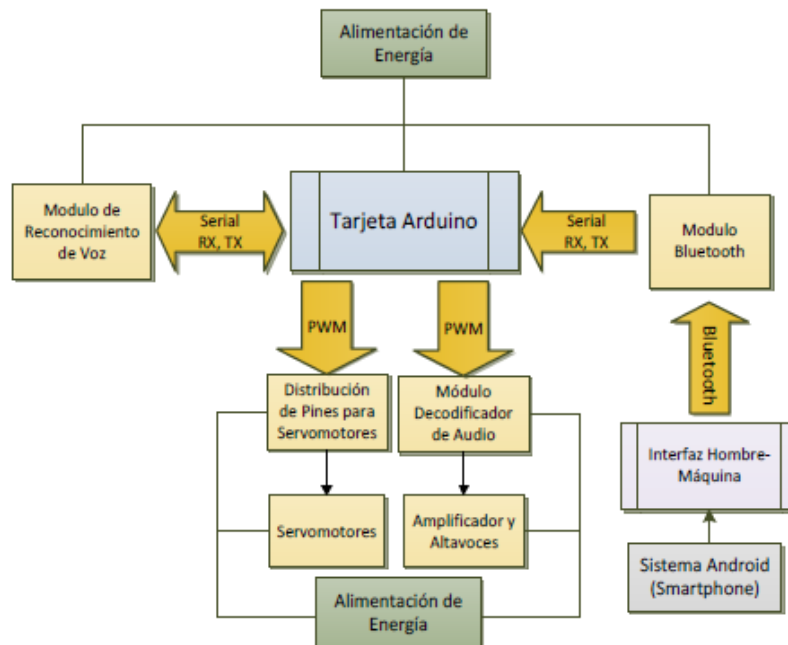


Figura 14: Arquitectura del proyecto.
Fuente: [23].



Figura 15: Imagen de la implementación
Fuente: [23].

ENSAMBLAJE Y CONTROL DE UN ROSTRO ROBÓTICO QUE SIMULE LOS MOVIMIENTOS DEL ROSTRO HUMANO

El control del rostro robótico comprende el control de servomotores, acondicionamiento y manejo de sensores que recogen información del medio en donde se encuentre el robot, reproducción y reconocimiento de comandos de voz preestablecidos. Se ha implementado el algoritmo de control en una red serial maestro-esclavo compuesta por dos microcontroladores ATmega 644PA [24].

En modo manual el rostro robótico puede ser controlado a través de una interfaz gráfica desde el computador en forma inalámbrica, consiguiendo simular expresiones humanas previamente

definidas, así como el control de cualquier parte de su rostro. En modo automático se tiene un comportamiento basado en condiciones ambientales específicamente: temperatura, ruido e intensidad luminosa, así como la capacidad de responder ante comandos de voz previamente asignados, siempre y cuando existan espectadores frontales al mismo, todo lo mencionado se logra gracias al apoyo de varios sensores y actuadores [24].

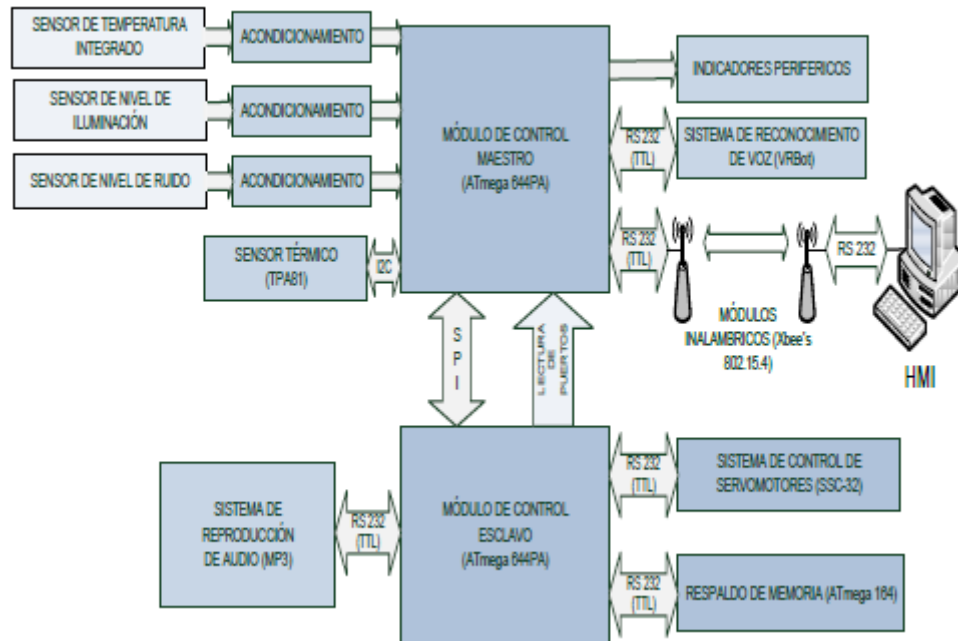


Figura 16: Arquitectura de la solución.
Fuente: [24].



Figura 17: Imagen de la implementación.
Fuente: [24].

CONCLUSIONES

A partir de la información reunida y la investigación realizada, se pueden concluir varios aspectos para tener en cuenta en el proyecto. Por una parte, el uso de rostros con parecido humano en robótica ha sido una practica usual y estudiada por diferentes instituciones, mostrando resultados favorables en

cuanto a experiencia de usuario. Se debe tener cuidado, sin embargo, de los gestos hechos por el robot; los mismos no deben ser agresivos o poco amigables con el usuario para evitar incomodidad en la experiencia. También se encontraron herramientas de software que pueden ser de utilidad para la parte de reproducción de síntesis de audio a partir de texto y para el análisis de los mensajes. Eso podría tener muchos usos, pero por ahora se utilizará para identificar el mayor sentimiento en un mensaje y hacer gestos acordes a este.

Por otro lado, en la industria y en la academia se han desarrollado proyectos similares como los que se proponen. Algunos utilizan rostros mecánicos mientras otros menos utilizan pantallas para mostrar rostros a los usuarios. Esta última opción resulta más atractiva para el caso de aplicación del proyecto, pues se busca un desarrollo rápido y efectivo del producto, lo que podría lograrse con el uso de estas pantallas. De forma similar, la plataforma Raspberry Pi ofrece características atractivas para el desarrollo, como facilidad de conexión con pantallas y altavoces, el soporte wifi y los pines para conexión electrónica.

De las entrevistas con los clientes y el análisis de sus necesidades, se concluye que se requiere un robot con aspecto similar a un humano, al menos en cuanto a altura, con capacidad para reproducir mensajes y hacer la gesticulación de estos, que se pueda mover fácilmente y con comunicación inalámbrica para el envío de los mensajes a reproducir.

Observando los actuadores de todos los robots investigados se concluye que los servomotores son los más usados en este campo, esto por la gran precisión que tienen en términos de velocidad, par motor y posición gracias al sistema de control integrado. Estas características hacen viable que los movimientos del robot logren alcanzar gran similitud a los movimientos naturales de un humano.

REFERENCIAS

- [1] Y. Shum Xie, "Situación Global Mobile 2020 - 5.190 millones de usuarios únicos", www.yiminshum.com, 2020. [Online]. Disponible en: <https://yiminshum.com/mobile-movil-app-2020/>. [Consultado: 06- Feb- 2021].
- [2] "What is Arduino?", www.arduino.cc. [Online]. Disponible en: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>. [Consultado: 06- Feb- 2021].
- [3] "What is a Raspberry Pi?", www.raspberrypi.org. [Online]. Disponible en: <https://www.raspberrypi.org/help/what-%20is-a-raspberry-pi/>. [Consultado: 06- Feb- 2021].
- [4] R. Bisquerra Alzina, "Educación emocional y competencias básicas para la vida", *Revista De Investigación Educativa*, pp. 12-13, 2003. Disponible en: <https://revistas.um.es/rie/article/view/99071>. [Consultado: 06- Feb- 2021].
- [5] J. Saura, A. Reyes Menendez and P. Palos Sanchez, "Un Análisis de Sentimiento en Twitter con Machine Learning: Identificando el sentimiento sobre las ofertas de #BlackFriday", www.revistaespacios.com, 2018. [Online]. Disponible en: <http://www.revistaespacios.com/a18v39n42/18394216.html>. [Consultado: 06- Feb- 2021].
- [6] "text2emotion", pypi.org. [Online]. Disponible en: <https://pypi.org/project/text2emotion/>. [Consultado: 06- Feb- 2021].
- [7] "TextBlob: Simplified Text Processing — TextBlob 0.16.0 documentation", www.textblob.readthedocs.io. [Online]. Disponible en: <https://textblob.readthedocs.io/en/dev/>. [Consultado: 06- Feb- 2021].
- [8] J. Allen, M. Hunnicutt, D. Klatt and R. Armstrong, *From text to speech*. Cambridge: Cambridge University Press, 1987, pp. 7-8.
- [9] "Amazon Polly", *Amazon Web Services, Inc.* [Online]. Disponible en: <https://aws.amazon.com/es/polly/>. [Consultado: 06- Feb- 2021].

- [10] "Text-to-Speech: Lifelike Speech Synthesis | Google Cloud", *Google Cloud*. [Online]. Disponible en: <https://cloud.google.com/text-to-speech>. [Consultado: 06- Feb- 2021].
- [11] "gTTS", *pypi.org*. [Online]. Disponible en: <https://pypi.org/project/gTTS/>. [Consultado: 06- Feb- 2021].
- [12] A. García, "Xiaomi lanza un robot inteligente para niños con asistente de voz", *www.adslzone.net*, 2018. [Online]. Disponible en: <https://www.adslzone.net/2018/06/12/xiaomi-robot-inteligente-ninos/>. [Consultado: 06- Feb- 2021].
- [13] H. Brenton, M. Gillies, D. Ballin and D. Chatting, "The Uncanny Valley: does it exist?", *www.citeseerx.ist.psu.edu*, 2005. [Online]. Disponible en: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.160.6952&rep=rep1&type=pdf>. [Consultado: 06- Feb- 2021].
- [14] E. Broadbent et al., "Robots with Display Screens: A Robot with a More Humanlike Face Display Is Perceived To Have More Mind and a Better Personality", *journals.plos.org*, 2013. [Online]. Disponible en: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0072589>. [Consultado: 06- Feb- 2021].
- [15] D. Hardawar, "Engadget is now a part of Verizon Media", *www.engadget.com*, 2018. [Online]. Disponible: <https://www.engadget.com/2018-08-08-anki-vector-robot.html>. [Consultado: 12- Feb- 2021].
- [16] R. MAAS, "Anki Vector", *www.randym32.github.io*, 2020. [Online]. Disponible: <https://randym32.github.io/Vector-TRM.pdf>. [Consultado: 12- Feb- 2021].
- [17] "XR-1 Service Robot", *www.en.cloudminds.com*. [Online]. Disponible: <https://www.en.cloudminds.com/home-new/cloud-robots/xr-1/>. [Consultado: 12- Feb- 2021].
- [19] Disney Enterprises Inc, "ROBOTIC HUMAN TORSO", US5394766, 1993. Disponible: <https://patentimages.storage.googleapis.com/95/20/6f/c7bfbdb7b14ad9/US5394766.pdf>
- [20] National Chaotung University of Taiwan, "DEVICE AND METHOD FOR EXPRESSING ROBOT AUTONOMOUSEMOTIONS", US20110144804A1, 2010. Disponible: <https://patentimages.storage.googleapis.com/02/00/1b/a6bf5c864d1b6b/US20110144804A1.pdf>
- [21] Electronics and Telecommunications Institute, Daejeon (KR), "ROBOT CHATTING SYSTEMAND METHOD", US20090157223A1, 2008. Disponible: <https://patentimages.storage.googleapis.com/4a/1b/27/0ad00e530c58f5/US20090157223A1.pdf>
- [22] Advanced Telecommunications Research Institute Int, Kyoto (JP), "COMMUNICATION ROBOT CONTROL SYSTEM", US20060293787A1, 2004. Disponible: <https://patentimages.storage.googleapis.com/ce/f0/0d/5fa4dc74da05cf/US20060293787A1.pdf>
- [23] Sony Corporation, Tokyo (JP), "ROBOT AND CONTROL METHOD FOR CONTROLLING THE ROBOTS EMOTIONS", US6519506, 2002. Disponible: <https://patentimages.storage.googleapis.com/20/21/70/0b5c07ea21aa4b/US6519506.pdf>
- [24] C. Ruales Cortés, "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ROSTRO ROBÓTICO DE APARIENCIA HUMANA, CON CAPACIDAD DE EJECUTAR GESTOS Y EMOCIONES, PARA LA ESPE EXTENSIÓN LATACUNGA", *www.repositorio.espe.edu.ec*. [Online]. Disponible: <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/9340/1/AC-ESPEL-MEC-0039.pdf>. [Consultado: 12- Feb- 2021].
- [25] C. Astudillo, "Ensamblaje y control de un rostro robótico que simule los movimientos del rostro humano", *www.bibdigital.epn.edu.ec*. [Online]. Disponible: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4899/1/Ensamblaje%20y%20control%20de%20un%20roostro%20rob%C3%B3tico.pdf>. [Consultado: 12- Feb- 2021].