

Sistema de respuesta vocal interactiva para el acceso a una plataforma de asistencia remota a pacientes nefrológicos

D. Garduño Navarro, L.M. Roa Romero^{1,2}, I. Román Martínez^{2,3}, J. Calvillo Arbizu^{1,2}

¹ Grupo de Ingeniería Biomédica, Universidad de Sevilla, {jcalvillo, lroa}@us.es

² Centro de Investigación Biomédica en Red – Bioingeniería, Biomateriales y Nanomedicina (CIBER- BBN)

³ Dpto. Ingeniería Telemática, Universidad de Sevilla, isabel@trajano.us.es

Resumen

En este artículo se muestra el trabajo realizado para desarrollar una interfaz de acceso a eNefro, una plataforma de asistencia remota a pacientes con Enfermedad Renal Crónica. Dicha interfaz requiere únicamente de un acceso básico de telefonía y un terminal telefónico elemental. Esta económica vía de acceso alternativa aumenta la penetrabilidad del servicio, poniéndolo a disposición de un mayor número de pacientes; con diversidad funcional y/o en localizaciones geográficas de difícil acceso.

1. Introducción

Más de 70 millones de personas en todo el mundo tienen enfermedad renal crónica (ERC) y de acuerdo a las estimaciones esta prevalencia aumentará aún más, y por tanto también la necesidad de recursos para la atención a la ERC [1]. En España se estima que hay 25.000 personas con enfermedad renal crónica que están en tratamiento de diálisis. De ellas, un 15% reciben la diálisis en sus domicilios a través de la diálisis peritoneal (DP). Los pacientes que reciben este tratamiento tienen que realizar la medición de una serie de parámetros fisiológicos (peso, temperatura, tensión arterial...), y deben anotar diariamente todos estos valores para comunicárselos a su médico en las revisiones en consulta [2].

El proyecto eNefro es un esfuerzo multicéntrico entre la Universidad de Sevilla y diversos hospitales nacionales con el objetivo de desarrollar una plataforma para facilitar asistencia remota a pacientes en pre-diálisis y DP. La plataforma les permite, entre otras cosas, introducir vía web estos parámetros para que estén disponibles en el sistema inmediatamente y puedan ser consultados por los profesionales que le atienden. Por otro lado es una vía de consulta e información al paciente.

Pensando en un despliegue real del sistema es imprescindible dar cobertura a todo tipo de pacientes; sin importar su localización geográfica, nivel económico, conocimientos en nuevas tecnologías o capacidades físicas.

Las interfaces Paciente-Plataforma juegan un papel esencial en este aspecto. Los requisitos técnicos, económicos y de capacidades físicas que éstas imponen resultan determinantes para el éxito de las soluciones. Así la diversidad de perfiles de pacientes obliga a diversificar también las interfaces disponibles.

Para aquellos pacientes que no disponen de un acceso a internet, no se sienten confiados con su uso o simplemente no están capacitados para ello, la interfaz web resulta inapropiada. Es necesario ofrecer un método de acceso

alternativo, que además tenga un coste reducido, a fin de evitar la discriminación por falta de recursos económicos y asegurar la sostenibilidad dentro del sistema sanitario.

Actualmente el 99,1% de los hogares españoles dispone de teléfono (fijo o móvil) [3] y el servicio de telefonía básico es un servicio amparado en la ley de servicio universal que garantiza la prestación del servicio a todos los usuarios que lo soliciten, independientemente de su localización geográfica, con una calidad especificada y a un precio asequible e incluyendo algunas medidas específicas para usuarios con discapacidad.

Esta gran cobertura junto con el coste asequible del servicio y del terminal (que podría incluso alquilarse al proveedor con un coste reducido) garantiza la no exclusión de pacientes por sus recursos económicos o su ubicación geográfica y convierte al servicio de telefonía en una excelente alternativa para el acceso inclusivo a aplicaciones sanitarias.

En este trabajo se presenta el diseño e implementación de eNefro-Asterix, que ofrece un acceso alternativo a la plataforma eNefro sobre el servicio de telefonía. El proyecto incluye una centralita telefónica virtual de software libre que implementa un sistema de Respuesta Vocal Interactiva (Interactive Voice Response, IVR) encargado de interactuar con el usuario. La aplicación guía al paciente en los procesos de introducción, envío y almacenamiento de datos (variables fisiológicas o síntomas) y está diseñado para garantizar la accesibilidad a usuarios con limitaciones físicas sensoriales y/o cognitivas.

2. Tecnologías utilizadas

2.1. Interactive Voice Response (IVR)

El acceso sobre el servicio de telefonía se ha resuelto mediante el uso de un sistema IVR. En estos sistemas una aplicación software interactúa con una persona llamante a través de la línea telefónica. Presenta locuciones pregrabadas o dinámicamente generadas y acepta entradas de datos mediante los tonos generados al pulsar las teclas del teléfono o a través de órdenes de voz del propio usuario llamante [4].

El ahorro potencial que proporciona un sistema IVR es de muy rápido retorno sobre la inversión. Permite prescindir de un operador humano, aumenta la disponibilidad horaria, permite atender varios usuarios simultáneamente y puede ser personalizado, para ofrecer una atención ajustada a las necesidades y capacidades del paciente (capacidad

cognitiva, capacidad auditiva, velocidad de reacción a las órdenes, movilidad, etc.).

La creación de un sistema IVR es un trabajo de cierta complejidad que necesita la unión de tareas propias de una centralita telefónica (recepción y gestión de llamadas, enrutamiento, etc.), un operador (interacción con el llamante, recepción de peticiones, ejecución de pedidos, atención al usuario) y un centro de datos (recepción de datos, almacenamiento, comunicación con base de datos...). Así la creación y puesta en marcha de un sistema IVR requiere el uso de varias tecnologías que interactúan. Afortunadamente existe en el mercado una solución de software libre capaz de cubrir estos requisitos: Asterisk.

Asterisk es un entorno de trabajo que se puede utilizar para implementar una centralita telefónica virtual, un distribuidor de llamadas, una pasarela VoIP, un puente para conferencias o un sistema IVR. Abstrae la complejidad de los protocolos y tecnologías de comunicación, permitiendo al desarrollador concentrarse en la creación de productos y soluciones innovadoras [5,6].

Asterisk es gratuito, no hay derechos de licencia por puertos o por llamada concurrente. Se ejecuta en hardware básico y utiliza interfaces de Red Telefónica Conmutada de bajo coste. Otro de los beneficios de Asterisk es la naturaleza abierta de la plataforma, el código fuente está disponible y se puede personalizar para ajustarse a requisitos del escenario. Este ha sido el software utilizado para crear la centralita telefónica virtual y el sistema IVR, en su versión 1.8.32.2.

A partir de la versión 1.8 se incluye la funcionalidad de integración de calendarios según distintos formatos. Integrar Asterisk con un calendario permite utilizar los eventos registrados en el mismo para diversas tareas como decidir el enrutado de las llamadas o iniciarlas en el momento oportuno. En el proyecto se ha utilizado el servidor para uso compartido de calendarios DAViCal [7]. En las pruebas del sistema como cliente de calendarios, para su gestión por el profesional sanitario, se ha utilizado Thunderbird [8].

El envío de datos de usuario al IVR se puede apoyar en los tonos generados al presionar las teclas del teléfono o en órdenes de voz, utilizando software de reconocimiento de voz en el servidor. Éste último procedimiento es más complejo e incrementa sustancialmente el coste del sistema, por lo que no se utiliza en la solución aquí presentada.

2.2. Text-to-Speech (TTS)

Las locuciones usadas en el sistema IVR, que servirán para comunicarse con el usuario llamante (el paciente), han sido generadas usando la tecnología TTS (Text-to-Speech o Texto-a-Voz). Un proceso por el cual un ordenador convierte una representación de texto escrito en una voz sintética, construida normalmente a partir de fragmentos de voz humana grabada y modelada computacionalmente [4]. Existen numerosas alternativas de TTS entre las que se pueden elegir soluciones de software libre o propietario, y de uso gratuito o con coste.

Para el desarrollo de este proyecto se probaron varias soluciones gratuitas. La que mejores resultados dio, para la calidad de la voz en español, fue la alternativa de Google (Google TTS, a través de Google Translate) y éste ha sido el servicio elegido como motor TTS. Además ha sido necesario realizar transformaciones del formato de los archivos de audio generados, para lo que se ha utilizado SoX, Sound eXchange, [9] herramienta multiplataforma en línea de comandos que puede convertir varios formatos de archivos de audio a otros formatos.

Softphones Zoiper (versión 3.3.25608) y Twinkle (versión 3.3.8b) han sido utilizados para comprobar el funcionamiento del sistema eNefro-Asterisk con llamadas VoIP.

3. Método

La consecución de los objetivos marcados en el proyecto ha exigido la toma de requisitos del paciente, el estudio de las soluciones tecnológicas, el análisis de normativa relacionada con las TIC aplicadas al ámbito de la salud y una etapa final de desarrollo y pruebas.

En cuanto a los requisitos funcionales básicos se partía de la experiencia anterior, pero se incluyen nuevos requisitos relacionados con la interfaz de acceso. Además de las restricciones impuestas por el uso del servicio telefónico se han analizado las necesidades especiales de pacientes mayores, o con diversidad funcional, que pueden encontrar dificultades a la hora de utilizar el sistema a través del teléfono. Entre estas limitaciones se pueden citar el nivel de audición, la velocidad de reacción a las órdenes de guiado o las posibles dificultades en el manejo del teclado físico del terminal telefónico para introducir los datos.

En la fase de análisis y selección de soluciones tecnológicas disponibles se ha apostado por soluciones de software libre y una tarjeta telefónica analógica para computadora (TDM410 de Digium), compatible con el software elegido, para la conexión a la red telefónica.

Posteriormente se analizó la normativa existente en cuanto a la accesibilidad a aplicaciones y servicios en el ámbito de la salud, haciendo énfasis en los aspectos relacionados con sistemas y dispositivos para los grupos de tercera edad y con diversidad funcional, además de a las directrices sobre la personalización de aplicaciones. Estas normas [10-14] han sido consideradas en el diseño de la solución.

4. Resultados

Las principales capacidades ofrecidas a través del acceso desarrollado son:

- Proporcionar un mecanismo para que el paciente introduzca en el sistema los valores de las variables fisiológicas y los síntomas de interés.
- Almacenar los datos en la base de datos de la plataforma y por tanto integrarlos, y asimilarlos, con los obtenidos a través de otras vías de acceso.
- Proporcionar un mecanismo de gestión de alarmas con 3 niveles de prioridad que actúa en caso de que alguno de los síntomas o valores fisiológicos exceda el rango normal. Las actuaciones dependerán de la

prioridad de la alarma y van desde un simple mensaje de aviso hasta el establecimiento inmediato de una llamada con los profesionales sanitarios.

- Proporcionar un mecanismo de gestión de mensajes recordatorios o citas. El personal sanitario puede crear eventos en un calendario y estos serán enviados al paciente en forma de mensaje de voz, a través de llamada telefónica, cuando se alcance la fecha para la que fueron programados.
- Proporcionar un mecanismo que permite a los facultativos controlar su disponibilidad, permitiendo o bloqueando la recepción de llamadas.

Toda la aplicación ha sido desarrollada siguiendo la normativa existente con el fin de alcanzar el mayor grado de accesibilidad y usabilidad. La interfaz del paciente es únicamente a través del servicio telefónico, y la interacción es a través de la voz /audio o usando el teclado básico del terminal. El sistema es compatible con llamadas VoIP.

4.1. Autenticación del paciente y personalización de la aplicación

La autenticación del usuario se realiza mediante la tupla USUARIO-PIN que el paciente debe introducir para acceder al sistema. El USUARIO es el número de teléfono del paciente, el PIN un número de 4 dígitos que pueden ser modificados a través del menú opciones. En una llamada el paciente tiene 3 intentos para introducir el USUARIO y 3 para el PIN. Si se exceden se da fin a la llamada.

La primera vez que se accede al sistema el paciente debe configurar sus opciones de usuario: velocidad de reproducción de locuciones, volumen de audio y PIN de acceso. En posteriores accesos el paciente tiene disponible en el menú principal la opción de personalización. En esta opción se accede a un menú secundario donde es posible elegir si quiere reconfigurar PIN, velocidad o volumen o

bien si desea restablecer los valores por defecto de todos los parámetros (fuerza que la próxima vez que acceda el usuario tenga que realizar de nuevo la configuración inicial) o volver al menú principal.

4.2. Introducción de variables fisiológicas y síntomas.

Al elegir desde el menú principal esta opción se consulta la configuración del paciente, realizada por su médico, que indica las variables fisiológicas que debe introducir. De este modo la locución que solicita al paciente la introducción de datos a través del teclado telefónico está personalizada a los requisitos de cada paciente. eNefro-Asterisk monitoriza los valores introducidos para controlar que estén dentro de un rango seguro para la salud del paciente. En caso de no estarlo primero se solicita al paciente que confirme si el valor es correcto. Si efectivamente se confirma un valor peligroso se registra una alarma o incidencia, que puede tener tres niveles de prioridad. Una vez registrados los parámetros introducidos en la base de datos se inician las acciones requeridas por las alarmas generadas, según su prioridad:

- Baja: se transmite una locución al paciente para que hable con su médico en la próxima revisión acerca del síntoma o variable que ha generado la alarma.
- Media: la gestión depende del horario del médico (según programación en el calendario). Si está disponible cuando el paciente genera la incidencia, el sistema desvía la llamada a su localización. Si no lo está se envía una locución instando al paciente a comunicarse con su médico en horario de consulta.
- Alta: requieren la comunicación inmediata entre el paciente y el doctor. Se redirige la llamada a la consulta o al número alternativo.

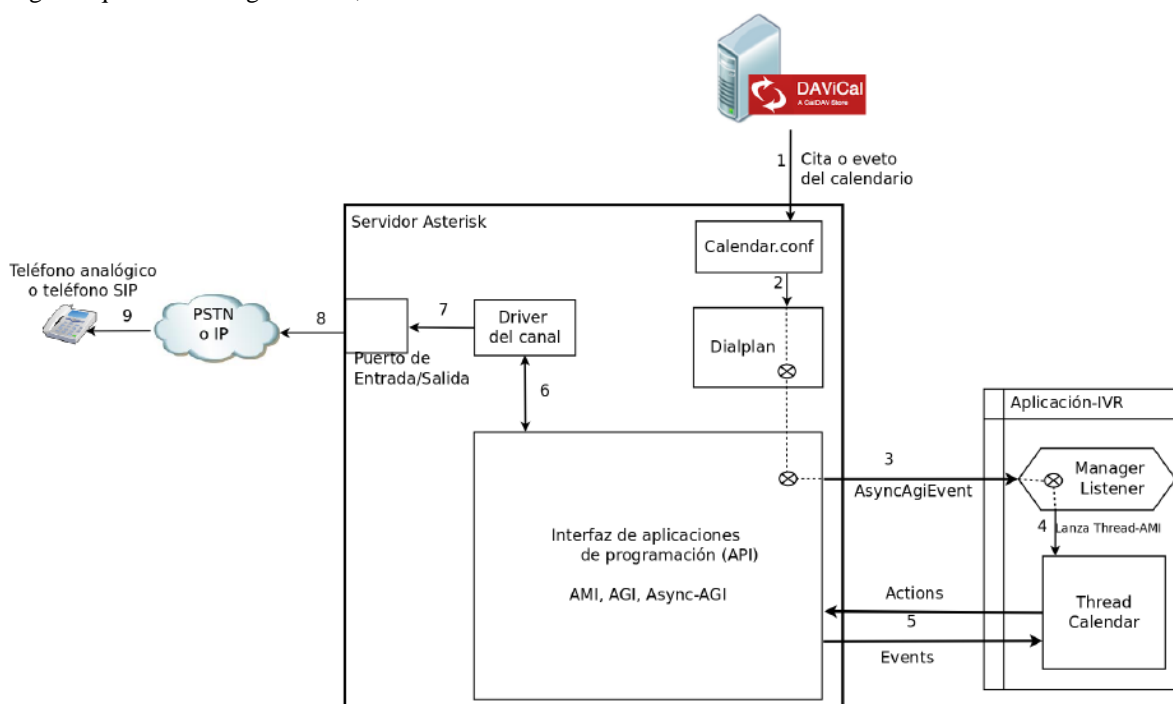


Figura 1. Arquitectura y mensajes para una llamada generada a partir de un evento del calendario

4.3. Notificaciones al paciente

El sistema envía mensajes de audio automáticamente a los pacientes (recordatorio de citas, medicamentos o mensajes en general) según eventos programados en un calendario. Como muestra la *Figura 1* cada vez que se dispara una alarma en un calendario integrado se notifica un evento a Asterisk. A partir de la información incluida en la notificación se puede acceder a los datos registrados y así se recupera el contenido del mensaje y los datos del paciente al que va dirigido, procediéndose entonces a la creación del archivo de audio utilizando TTS.

Tras la generación de la locución se modifican sus parámetros de velocidad de la reproducción y volumen de acuerdo a las opciones de usuario del paciente. Una vez se tiene el archivo de audio final se realiza la llamada al paciente y cuando éste responde se reproduce la locución. En caso de que el paciente no responda se repite la llamada 3 veces, con intervalo de espera de 10 minutos entre intentos.

Para el servicio de calendario ha sido necesario desplegar el servidor DAViCal que se apoya en una base de datos PostgreSQL, también se ha desplegado un servidor Apache2 y se han instalado los componentes necesarios para ejecutar scripts PHP.

El método utilizado para obtener las locuciones ha sido realizar las peticiones al servicio de Google Translate mediante un script y almacenar el audio en el equipo que aloja Asterisk para acceder después a ellos localmente.

Para la codificación del IVR Asterisk se ha utilizado la librería Asterisk-Java que permite la comunicación con un servidor Asterisk basada en Async-AGI.

5. Conclusiones

Los pacientes de mayor edad se muestran reacios a usar aplicaciones móviles y web de eSalud, principalmente por las dificultades que encuentran al utilizar las nuevas tecnologías debido al deterioro de la visión, el oído, la movilidad y la cognición asociados al envejecimiento. Estos pacientes están mucho más familiarizados con el manejo de terminales telefónicos tradicionales que con el uso de smartphones, tablets o PC's. Por otro lado la penetración del acceso de telefonía básico es casi del 100% y su coste es sensiblemente inferior a los accesos necesarios para el consumo de servicios vía web (normalmente ADSL o fibra). De este modo la interfaz diseñada en este trabajo es una excelente alternativa de acceso a la plataforma eNefro para garantizar las necesidades de inclusión, accesibilidad y bajo coste requeridas.

Este nuevo acceso se ha desarrollado como una alternativa, la web previamente disponible puede seguir utilizándose y el paciente elige la forma de acceso en cada momento. Aún no ha sido validado con pacientes reales ya que en la primera fase se está utilizando únicamente la interfaz web.

El sistema se ha desarrollado utilizando únicamente software gratuito, algunas de las prestaciones podrían

mejorarse sustituyendo componentes por otras soluciones más avanzadas y de mayor coste. En este sentido convendría comenzar por desligarse del servicio de Google Translate para el sistema TTS y utilizar otro más eficiente y confiable como Verbio [15].

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el CIBER-BBN, el Grupo de Ingeniería Biomédica de la Universidad de Sevilla y el Proyecto DTS15/00195 del Fondo de Investigación Sanitaria. CIBER-BBN es una iniciativa fundada por el VI Plan Nacional de I+D+i 2008-2011, la Iniciativa Ingenio 2010, el Programa Consolider, Acciones CIBER y financiado por el Instituto de Salud Carlos III con ayuda del Fondo de Desarrollo Regional Europeo.

Referencias

- [1] Diamantidis CJ, Becker S. Health information technology (IT) to improve the care of patients with chronic kidney disease (ckd). *BMC Nephrology*, vol. 15, 2014.
- [2] Proyecciones de población a corto plazo 2013-2023», Instituto Nacional de Estadística. 2013. <http://www.ine.es/jaxi/menu.do?type=pcaxis&path=/t20/p269/&file=inebase> (Consultada: Septiembre 2017)
- [3] Encuesta sobre equipamiento y uso de tecnologías de información y comunicación en los hogares. Instituto Nacional de Estadística, <http://www.ine.es/prensa/np864.pdf>
- [4] EN ISO 9241-154:2013, Ergonomía de la interacción hombre-sistema, parte 154: Aplicaciones de respuesta vocal interactiva (RVI)
- [5] Página web de Asterisk: <http://www.asterisk.org/> (Consultada: septiembre 2017)
- [6] Madsen L, Van Meggelen J, Bryant R. Asterisk: The definitive guide, 4th edition. O'Reilly Media Mayo 2013
- [7] Página web de DaviCal: <https://www.davical.org/> (Consultada: Septiembre 2017)
- [8] Página web de ThunderBird: <https://www.mozilla.org/es-ES/thunderbird/> (Consultada: septiembre 2017)
- [9] Página web de Sox -Sound eXchange: <http://sox.sourceforge.net/> (Consultada: septiembre 2017)
- [10] ETSI EG 202 116 V1.2.2, Human factors (HF); guidelines for ict products and services; design for all, 2009.
- [11] UIT-T E.161, Serie E: Explotación general de la red, servicio telefónico. Explotación del servicio y factores humanos..., 2001.
- [12] UNE 139802, Requisitos de accesibilidad del software, AENOR, 2009.
- [13] UNE-EN ISO 9241-129, Ergonomía de la interacción persona-sistema. Parte 129: Directrices sobre la individualización de software, 2011.
- [14] UNE-EN ISO 9241-20, Ergonomía de la interacción persona-sistema. Parte 20: Pautas de accesibilidad para equipo y servicios de tecnologías de información/comunicación (TIC), 2009.
- [15] Página web de Verbio: <http://verbio.com/> (Consultada septiembre 2017)