

En este manual se detalla el uso de un demostrador online abierto, basado en el sistema de posicionamiento LOCATE-US, flexible y configurable de forma remota, que puede ser controlado mediante una aplicación web por un usuario cualquiera.

Demostrador online para sistemas ULPS

Manual de usuario

Francisco Ciudad Fernández

INTRODUCCIÓN

En este manual se presenta un demostrador online abierto, basado en el sistema de posicionamiento LOCATE-US, flexible y configurable de forma remota, para que pueda ser controlado mediante una aplicación web por un usuario cualquiera. Éste consta de un sistema de posicionamiento local ultrasónico (ULPS) y de un servidor central (basado en un PC) que controla dicho sistema. Este ULPS está formado por un sistema digital basado en una FPGA que controla el funcionamiento de cinco transductores ultrasónicos. El servidor central tendrá acceso al sistema ULPS mediante un enlace WiFi y a una base de datos en la que se almacenarán los usuarios que se encuentren registrados y las configuraciones que éstos hayan programado.

En la figura 1 se muestra el diagrama de bloques que representa el sistema completo. Los usuarios acceden al sistema realizando peticiones HTTP al servidor central mediante un navegador estándar. Por seguridad, todos los usuarios que quieran acceder al sistema se deberán registrar y, una vez aceptados, deben completar un formulario en el que pueden seleccionar diferentes parámetros de configuración.

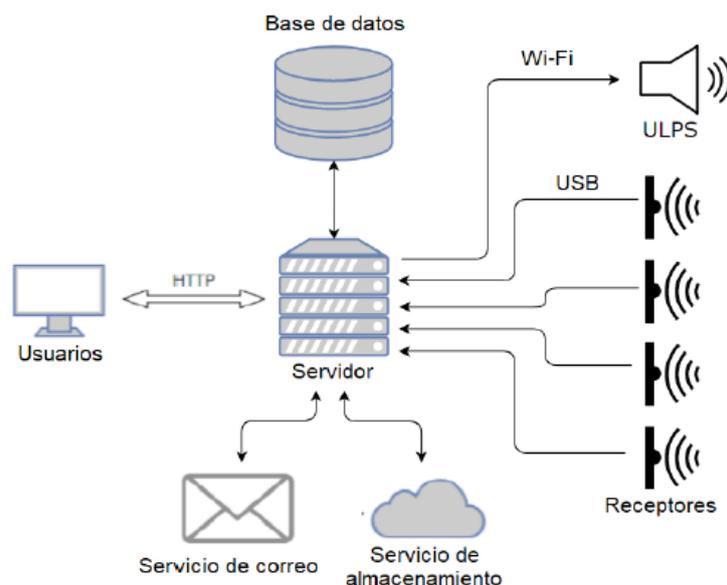


Figura 1: Diagrama de bloques del sistema global.

El servidor tiene acceso a una base de datos en la que se almacenan los parámetros de las diferentes configuraciones que seleccionen los usuarios ya registrados. Además, transmite estas configuraciones a una FPGA mediante un enlace WiFi y obtiene los datos correspondientes de cada uno de los receptores a través de un enlace USB. Otra funcionalidad de la que dispone el servidor es la de enviar correos a los usuarios, indicándoles que han finalizado las pruebas que éstos deseaban realizar, y que pueden obtener los resultados dirigiéndose a un determinado enlace en la nube donde se han insertado.

DESCRIPCIÓN SISTEMA

SISTEMA ULPS

El sistema hardware empleado en este trabajo consiste en una baliza y cuatro receptores que reciben las emisiones de éstos. Cada baliza consta de cinco transductores ultrasónicos, distribuidos geoméricamente según se muestra en la figura 2. Como transductor ultrasónico se ha empleado el dispositivo 328ST160 de Prowave, el cual dispone de un ancho de banda de 18kHz centrado alrededor de una frecuencia de 40 kHz. La baliza se instala normalmente en el techo del espacio a explorar, que en el caso de este trabajo se encuentra a una altura de $h=3.45$ m. A esta altura, la baliza proporciona en el suelo una zona de cobertura alrededor de 30 m^2 .

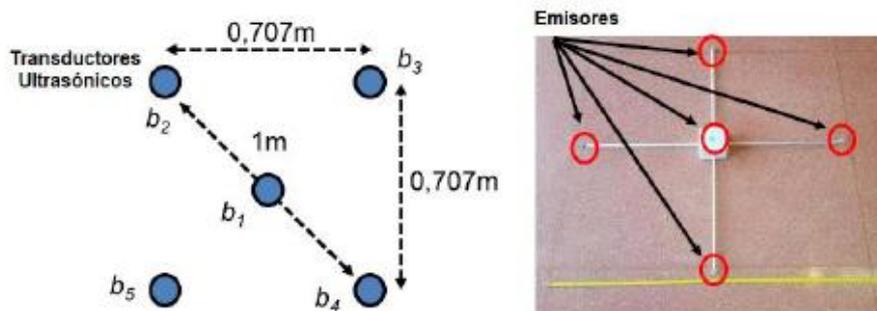


Figura 2: Distribución geométrica y vista general de la baliza instalada en el sistema ULPS.

Para gestionar las emisiones ultrasónicas por los transductores se utiliza un dispositivo FPGA. En este caso se utiliza la plataforma MicroZed basada en un dispositivo Xilinx Zynq 7000. Las muestras que se emiten en los transductores no son procesadas por la FPGA, sino que son trasladadas directamente a los convertidores DAC (*Digital-Analog Converter*) DAC121S101, configurados con una frecuencia de muestreo de 500 kHz y una resolución de 12 bits. Por este motivo, los esquemas de modulación o codificación deseados deben ser aplicados previamente. La señal analógica proporcionada por el DAC a cada uno de los transductores es amplificada con un OPA551 [14] hasta obtener un margen de $\pm 12 \text{ Vpp}$. El procesador ARM se encarga de controlar la recepción de nuevas configuraciones a través del enlace WiFi, que se establece entre el dispositivo FPGA y el servidor, y la descarga de las mismas en los registros y memorias de configuración para el control de la baliza.

SISTEMA RECEPTOR

El sistema receptor es un módulo de adquisición USB que se en un microcontrolador de Cortex M3 STM32F103 de bajo costo (véase la figura 3). Incluye un micrófono microelectromecánico (MEMS), un amplificador y un filtro de paso alto configurable internamente (SPU0414HR5H-S). Un amplificador de ganancia programable permite que el nivel de la señal recibida se ajuste dinámicamente en la entrada del convertidor analógico-digital (ADC), con una frecuencia de muestreo de 100 kHz. Este módulo de adquisición es capaz de adquirir, y transferir a través de un enlace USB, una ventana con una longitud de 100 ms, por lo que esta ventana de adquisición garantiza tener al menos una transmisión completa de los cinco transductores en cualquier trama de adquisición.

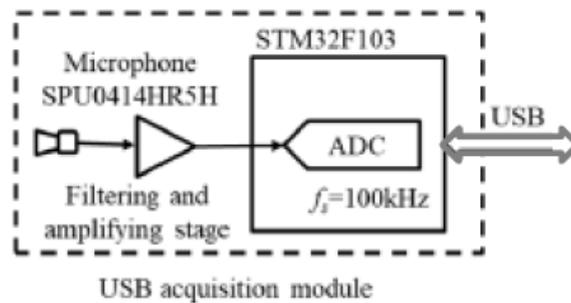


Figura 3: Diagrama de bloques del sistema receptor.

FUNCIONAMIENTO DEL SERVICIO WEB

Los usuarios acceden al demostrador ejecutando la página de presentación (véase la figura 4) desde un navegador convencional. Desde esta página pueden acceder a la página principal del sistema donde se pueden configurar las emisiones de cada baliza. Antes de acceder a esta página, los usuarios deben iniciar sesión, ya que sólo tendrán acceso aquellos que estén registrados en el sistema.

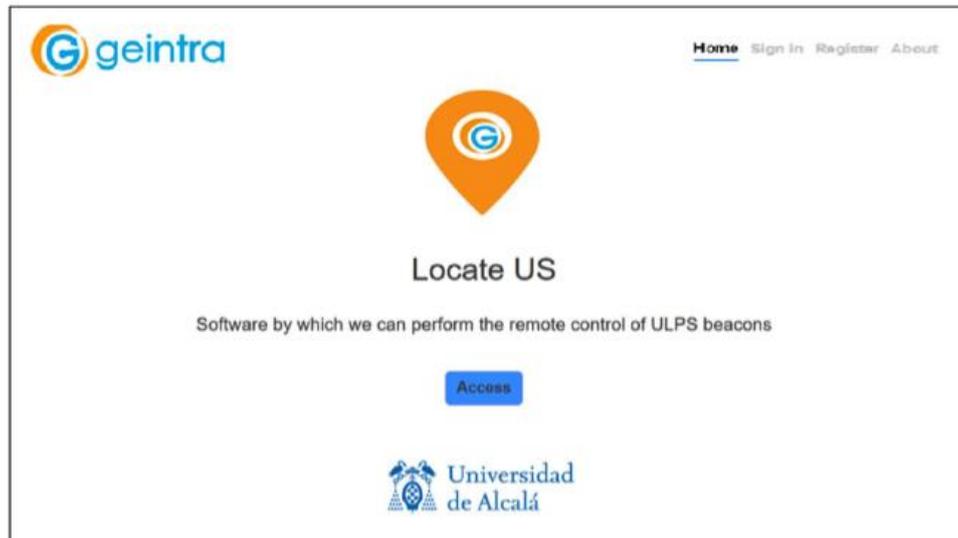


Figura 4: Página de presentación de la aplicación web.

La página de inicio de sesión (figura 5) consiste en un formulario en el que se deben completar dos campos: el correo electrónico y la contraseña con la que el usuario se haya registrado. Una vez se hayan completado estos campos debidamente, se accederá a la página de configuración o principal del sistema.



Figura 5: Página de inicio de sesión.

Para poder acceder a la página de configuración, los usuarios deben estar registrados. Para registrarse deben acceder a la página de registro (figura 6). En ésta se pide al usuario que introduzca su nombre, apellido, afiliación a la que pertenece, dirección, país de origen, correo electrónico y contraseña. Una vez registrado, se envían los datos del usuario al administrador del sistema por correo electrónico y éste acepta o deniega la inclusión del usuario en la base de datos. Después, podrá iniciar sesión en el sistema y proceder a la configuración de la baliza.

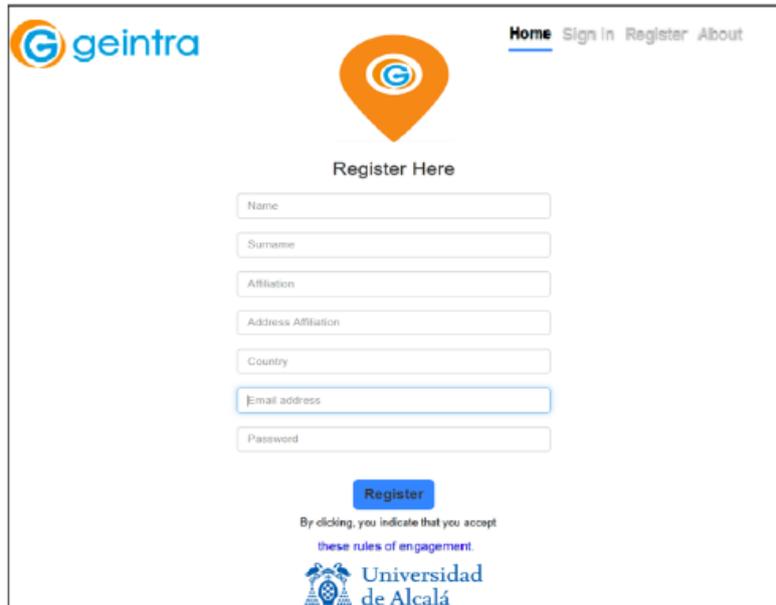


Figura 6: Página de registro.

La siguiente página a la que se accede es la de configuración (véase la figura 7). En ésta se presentan los diferentes parámetros que los usuarios pueden modificar y guardar en la base de datos. Pueden guardar tantas configuraciones como deseen mientras se mantenga la sesión abierta. Entre los datos que se deben configurar están: el periodo de repetición de transmisión (*Tx period* en la figura 7), la trama (*Code*) que se desea emitir, y el número de adquisiciones (*Number of acquisitions*) que se quieran realizar en cada uno de los receptores. El periodo de repetición de la transmisión es el intervalo con el que se emiten las tramas por cada uno de los transductores; las tramas es el conjunto de muestras a transmitir por cada transductor, donde se incluyen ya posibles técnicas de codificación con secuencias y/o modulaciones para adaptación al ancho de banda disponible; y el número de adquisiciones se refiere al número de ficheros que se desea almacenar, con un tamaño de 10.000 muestras cada uno (equivalente a 100 ms). Conviene destacar que el dispositivo FPGA no realiza ningún procesamiento adicional de la trama configurada, por lo que una adecuada definición de las muestras en dicha trama permite al usuario remoto configurar todos los parámetros de la transmisión, desde frecuencias portadoras a anchos de banda, pasando por posibles codificaciones de las transmisiones.

Las tramas que se envíen al ULPS se deben almacenar en un fichero de texto en formato .txt que posteriormente, se cargarán en la aplicación web (*Code file*). En estas tramas se encuentran las secuencias que se envían a los cinco transductores de la baliza con la siguiente configuración: en primer lugar se encuentra la primera muestra de cada una de las balizas ordenadas de manera creciente. Seguidamente, se encuentra la

segunda muestra de las balizas y así, sucesivamente hasta transmitir todas las muestras de la señal. Estas muestras están separadas por un espacio. Los valores de las secuencias deben estar comprendidos entre 0 y 4096 para utilizar todo el rango de los ADCs (12 bits) y se debe utilizar una configuración CDMA ya que existe sincronización entre los emisores y los receptores.

Una vez que se ha seleccionado la configuración deseada, se pulsa el botón "Send" y el sistema verificará que todos los valores sean correctos. Tras la verificación, los datos se almacenan en la base de datos para posteriormente enviarlos a la FPGA y proceder a su configuración. En esta misma página se encuentra otro botón, denominado "Demo", con el que se puede enviar una configuración predeterminada a la base de datos para realizar las pruebas deseadas con esta configuración, a modo de ejemplo o demostración. En ésta, las transmisiones ultrasónicas se codifican con cinco secuencias Kasami de 255 bits, y se emplea una modulación BPSK (Binary Phase Shift Keying) con una frecuencia portadora $f_c=40$ kHz para centrar la emisión en el ancho de banda proporcionado por el transductor. El periodo de repetición de la transmisión que se configura en esta opción es 70 ms, para un total de 20 adquisiciones a realizar por cada receptor.

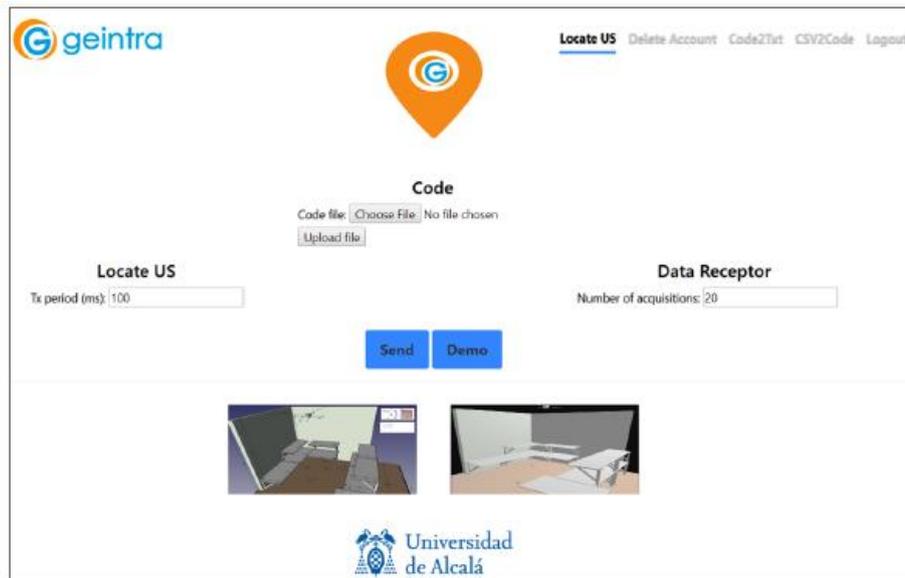


Figura 7: Página de configuración.

En la página de configuración se aportan dos enlaces denominados "Code2Txt" y "CSV2Code" a partir de los cuales se pueden obtener dos scripts desarrollados en Matlab. El primero es una función con la que pasar las secuencias de códigos que se utilizan en Matlab a un fichero de texto. Éste debe ser cargado en la aplicación web. El segundo es otra función con la que se pasan los datos que se obtienen de los diferentes receptores a ficheros .mat para posteriormente su procesamiento en Matlab.

Una vez se ha configurado la baliza, ésta comenzará a emitir las secuencias programadas y se procederá a la captura de datos por parte de los receptores. Estos datos se almacenan en archivos de texto con formata .csv que serán clasificados en función del receptor concreto, y la fecha y hora de captura. En cada archivo se almacenan 10.000 muestras y se crearán tantos archivos como número de adquisiciones se haya configurado por cada receptor. Estos archivos se envían a un servicio de

almacenamiento remoto y posteriormente, el servidor envía un correo al usuario con el enlace a dichos archivos.

FUNDAMENTO MATEMÁTICO

Este sistema está ideado para su uso en sistemas portables y móviles con capacidad de movimiento en interiores cuya característica principal es la de realizar un muestreo de señales a partir de sensores y su procesado.

La trilateración es un método matemático con el que se puede determinar la posición relativa de un sistema receptor con el uso de geometría, a partir de la recepción de tres señales (para dos dimensiones) distintas emitidas por sistemas transmisores conocidos. Para el caso de posicionamiento en tres dimensiones se aplicará otro tipo de trilateración: trilateración esférica y trilateración hiperbólica.

La trilateración hiperbólica se basa en la recepción de señales en las que se transmiten tramas conocidas desde unos emisores síncronos consiguiendo así, que el inicio de transmisión se realice en el mismo instante. Mediante la diferencia medida entre las recepciones de estas señales se consigue detectar la diferencia en tiempos de llegada y con ello, calcular la variación de distancia entre cada uno de los emisores y el receptor. En esta aplicación se utiliza este tipo de trilateración debido a que existe sincronización entre los emisores y cada uno de los receptores.

El algoritmo de trilateración esférica se basa en las distancias entre el móvil a posicionar y el sistema de balizas para poder obtener la posición de ese móvil. Conociendo la posición del sistema de referencia, las balizas y la distancia que hay entre el objeto y el sistema de balizas (medida), se puede situar el móvil con un mínimo de tres balizas para que el posicionamiento se realice en tres dimensiones.