

Clasificación del artículo:
REFLEXIÓN

PROTOTIPO TELEOPERADO: UNA ALTERNATIVA EN SISTEMAS DE BÚSQUEDA DE PERSONAS

PROTOTYPE TELEOPERATED: AN ALTERNATIVE IN SYSTEMS OF SEARCH OF PEOPLE

Andrés Escobar[1]
Johan Calderón Acero[2]
Ivonne Vanesa Parra Garzón[3]

Resumen

La búsqueda de personas en aguas poco profundas, es, actualmente, objeto de continuos estudios motivados por la ausencia de alternativas tecnológicas que garanticen atención oportuna en situaciones de inundación que, en general, son emergencias frecuentes. Este documento presenta las etapas en el desarrollo de un sistema de posicionamiento y detección implementados en un piloto teleoperado para una lancha, en particular el diseño de un software desarrollado en eMbedded Visual Basic 3.®, para la ubicación, en un mapa digital, de la posición inicial de lancha y trazado de su ruta de navegación, activación del sistema de posicionamiento, programación y ejecución del algoritmo de navegación con respecto a dos puntos conocidos, y la detección de obstáculos.

Palabras clave
Piloto teleoperado, ubicación global (GPS), detección de obstáculos, coordenadas geográficas.

Summary
This document presents the development of a pilot teleoperated for a boat, as first step to carry out a system of people's search in not very deep waters. They show up the different stages that understand the development of the system, as the design of the software in eMbedded Visual Basic 3.0® for the location in a digital map of the initial position of boat and layout of the sailing route, positioning system, programming and execution of the sailing algorithm with regard to two points known, and detection of obstacles.

Key words
Pilot teleoperated, global location (GPS), detection of obstacles, geographical coordinated.

Introducción

Para garantizar la atención oportuna de personas en emergencia dentro del agua y la integridad del cuerpo

1 Ingeniero Electrónico de la Universidad Distrital Francisco José de caldas, Msc. En Automatización de la Universidad de los Andes. Docente de planta adscrito a la Facultad Tecnológica de la Universidad Distrital, director del grupo de investigación en Control ORCA. andresescobar@gmail.com.

2 Tecnólogo en electrónica. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Estudiante de Ingeniería en control. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. SELCOMP INGENIERIA nahhoj@hotmail.com nahhoj@gmail.com.

3 Tecnóloga en electrónica. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Estudiante de Ingeniería en control. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. vanjoh_18@hotmai.com, vanesa_p@etb.net.co.

de rescate en situaciones causadas por las inundaciones; los organismos competentes requieren un sistema de búsqueda de personas en este medio[4]. Esta necesidad debe asumirse incorporando recursos tecnológicos que permitan realizar la tarea con seguridad y eficiencia, de manera que la alternativa propuesta tenga como parámetros orientadores el posicionamiento y la detección. En el caso que nos ocupa, se ha decidido diseñar e implementar un sistema de búsqueda de personas en aguas poco profundas para una lancha (cuyas dimensiones son 0.6 m de largo x 0.22 m de ancho); procediendo a dividir su desarrollo en dos fases. La primera aborda el diseño de un piloto teleoperado, la instalación de un piloto manual con sistema de posicionamiento global y el sistema de detección de obstáculos. La segunda, que no se aborda en este artículo, implica la ubicación de la victima por medio de sensores y la navegación hasta ella por cámara.

1. Descripción del sistema

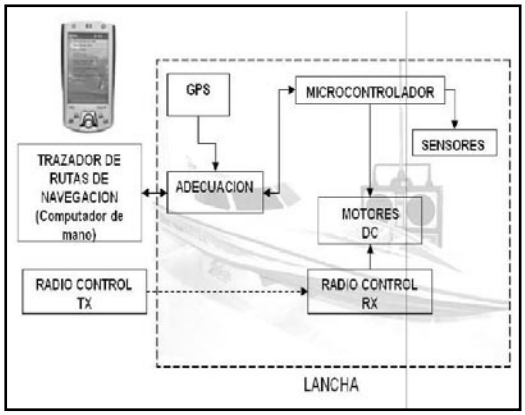
El sistema cuenta con un piloto manual, manejado por un radiocontrol, y un piloto teleoperado que consta de los siguientes bloques:

- Trazador de rutas de navegación. En donde se utilizó un computador de mano IPAQ Pocket PC para realizar el trabajo de visualización del mapa, la ubicación actual de la lancha (antes que empiece el recorrido) y permitir trazar el recorrido del piloto teleoperado.
- Conversor: donde se realiza la conversión de la señal NRZ a niveles RZ o viceversa según sea el caso, a través del circuito integrado MAX232; utilizándose además un multiplexor (74lLS153) para escoger qué entrada necesita, Pocket PC o el GPS.
- Posicionador: El bloque GPS entrega la información de posición global en el protocolo EverMore binary mode@4800/9600 baud, 8N1,NMEA-0183 v2.20@4800/9600 baud, 8N1, NMEA Messages: GGA, GSA, GSV, RMC (standard output).
- Microcontrolador : que realiza las funciones de manejo de motores DC, lectura del sensor, comunicación RS-232 con GPS y Pocket PC y el algoritmo de ruta.
- Sensores: encargados de detectar los posibles obstáculos que se puedan presentarse en la trayectoria de la lancha, por último Los motores DC o sistema de locomoción realizan la función de turbinas.

En la figura 1, observamos que los bloques GPS, adecuación, microcontrolador, sensores, motores DC y radiocontrol Rx se encuentran dentro de la lancha que cuenta con: propulsor profesional de gran torsión, batería recargable, sistema de radio control, Largo: 700mm, Ancho: 252mm, Peso: 1220 g.

Dado que se enfatiza el estudio del prototipo en el trazador de rutas de navegación, el GPS, el microcontrolador y el sistema sensórico; se explican con detalle a continuación.

Figura 1. Diagrama de bloques del sistema



4 Tovar Segura, William. Departamento de atención de emergencias–DPAE. Coordinación de emergencias.

1.1 Trazador de rutas de navegación

Se desarrolló un software para un computador de mano IPAQ Pocket PC, con especificaciones mínimas: procesador ARM de 200 MHz, 32M RAM, sistema Pocket PC 2002 y puerto serial.

En él se realiza el trabajo de visualización del mapa, ubicación actual de la lancha (antes que empiece el recorrido) y permite trazar los puntos por donde se desea que llegue la lancha.

1.1.1 Ubicación de la lancha en el mapa

Para la ubicación de la lancha en el mapa, se desarrolló un software en eMbedded Visual Basic 3.0® para Pocket PC. El mapa es calibrado en el software Global Mapper 6.0® para PC, el cual entrega el mapa de la zona a navegar en archivo de imagen BMP de 640X480 píxeles a 256 colores junto a un archivo de calibración CAL. Estos archivos son utilizados en eVB 3.0® para obtener el mapa digital con coordenadas geográficas exactas del sector a navegar, las coordenadas entregadas por el GPS son leídas por el puerto serial de la Pocket PC.

Con los datos de latitud y longitud se realiza la ubicación de un punto en el mapa correspondiente al lugar en donde se encuentra la lancha, esto se realiza con un algoritmo que convierte las coordenadas geográficas, en coordenadas (x, y), a píxeles.

En la figura 2 podemos observar el punto que nos indica la ubicación de la lancha en el mapa.

1.1.2 Trazo de la ruta de exploración.

La ruta se traza por medio de puntos ubicados en el mapa mostrado en la figura 3. Cada punto se toma como una coordenada en píxeles (x, y) y se ejecuta una conversión a coordenadas geográficas correspondientes a la ubicación del punto, cuando los puntos son ubicados el programa los une formando el recorrido figura 4, éstos son transmitidos al microcontrolador y se almacenan en la memoria de eeprom del PIC.

1.2 GPS

El GPS funciona mediante una red de 24 satélites (21 operativos y 3 de respaldo) en órbita sobre el globo a 20.200 Km. con

Figura 2. Ubicación de la lancha

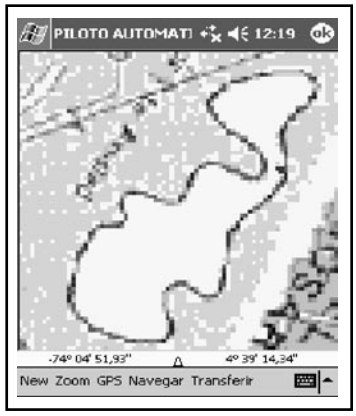


Figura 3. Puntos marcados

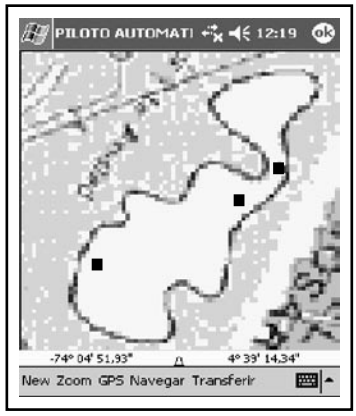
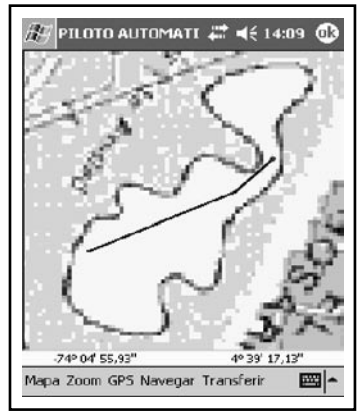


Figura 4. Ruta trazada



trayectorias sincronizadas para cubrir toda la superficie de la tierra. Cuando se desea determinar la posición, el aparato que se utiliza para ello localiza automáticamente como mínimo cuatro satélites de la red, de los que recibe señales indicando la posición y el reloj de cada uno de ellos. En base a estas señales, el aparato sincroniza el reloj del GPS y calcula el retraso de las señales, es decir, la distancia al satélite.

Por "triangulación" calcula la posición en que éste se encuentra. La triangulación en el caso del GPS, se basa en determinar la distancia de cada satélite respecto al punto de medición. Conocidas las distancias, se determina fácilmente la propia posición relativa respecto a los tres satélites. Conociendo además las coordenadas o posición de cada uno de ellos por la señal que emiten, se obtiene la posición absoluta o coordenada real del punto de medición. (Puch, 2001, p 15)

Las especificaciones técnicas del GPS utilizado GM-305 son:

General: L1 1575.42MHz, C/A code, 12-channel, Carrier-Aided with HWTrack,,
Sensitivity: -165 dBW Minimum
Update Rate: 1Hz
Accuracy:
Position: 15m CEP without S/A
Velocity: 0.1m/sec without S/A
Time: ± 1ms
Acquisition:
Cold start: < 120sec typical
Warm start: < 45sec
Hot start: < 15sec
Reacquisition: < 100millisecond
Dynamics:
Altitude: -1000m to + 18,000m
Velocity: 500m/sec
Acceleration: ±4g

Primary Power: 3.8V~8V dc
Input Current: 125mA@5V
Serial Ports: RS232 Level
1PPS: CMOS LVTTL Level
Dimensions:2.29" L x 1.57" W x 0.84" H (58.2mm x 39.9 mm x 21.5 mm)
Weight: 3.88oz (110g)

Protocols: EverMore @ 4800/9600baud, 8N1
NMEA-0183 v2.20 @ 4800 baud, 8N1
NMEA Messages: GGA, GLL, GSA, GSV, RMC, and VTG

DB9 (Female): TX, RX, 1PPS
PS/2(Male): VCC input 3.8V~8V

El GPS GM-305 efectúa el envío de datos a través del protocolo NMEA con una velocidad de 4800 baudios. Las secuencias de caracteres NMEA envía secuencias similares a las siguientes:

$GPGGA,203726.000,0443.0271,N,07403.2815,W,0,00,,,M,,M,,*5A

$GPGSA,A,1,,,,,,,,,,,,,,*1E
$GPGSV,2,1,05,05,21,209,,30,20,238,,29,57,030,,25,47,262,*72
$GPGSV,2,2,05,24,20,127,*4C

$GPRMC,203726.000,V,0443.0271,N,07403.2815,W,,,030306,,*0B

Esta información es enviada al microcontrolador donde se escogen las sentencias $GPGGA y $GPRMC y se toman los datos de relevancia para el programa. Los datos de las sentencias corresponden a:

GGA = Datos del Fijo del Sistema Global de Posicionamiento
$GPGGA,hhmmss.ss,llll.ll,a,yyyyy.yy,a,x,xx,x.x,x.x,M,x.x,M,x.x,xxxx*hh
hhmmss.ss = UTC de Posición

llll.ll = Latitud
a = N o S
yyyyy.yy = Longitud
a = E u O
x = Indicador de la Calidad de GPS (0=no Válido; 1=Fijo de GPS; 2=Fijo de GPS dif.)
xx = Número de Satélites en uso (aquellos que no se ven)
x.x = Dilución Horizontal de la Posición
x.x = Altitud de la Antena Sobre/Bajo Nivel del Mar Intermedio (geoide)
M = Metros (Unidad de la altura de la antena)
x.x = Separación Geoidal (Diferencia entre elipsoide terrestre WGS-84 y nivel del mar intermedio. -=el geoide está bajo el elipsoide WGS-84)
M = Metros (Unidad de la separación geoidal)
x.x = Intervalo en Segundos desde la última actualización de una Estación de Referencia diferencial.
xxxx = Estación de Referencia ID# dif.
*hh = Suma de Verificación

RMC = Mínimo de Datos GPS/TRANSIT Específicos Recomendados.

1. = UTC de Fijo de Posición
2. = Estado de los Datos (V= Advertencia del Recibidor de Navegación)
3. = Latitud del Fijo
4. = N o S
5. = Longitud del Fijo
6. = E u O
7. = Velocidad Sobre fondo en Nudos
8. = Track Bien Hecho en Grados Verdaderos
9. = Fecha de UT
10. =Grados Magnéticos de Variación (Var. este se resta del curso verdadero)
11. =E u O
12. =Suma de verificación

1.3 Microcontrolador

El microcontrolador utilizado fue un PIC 18F452, programado en CCS Compiler PICC.

1.3.1. Comunicación RS-232

La comunicación serial se realizó utilizando el módulo USART del microcontrolador. Como se dispone de un solo módulo RS-232, se utilizó un multiplexor para poder realizar la comunicación con los dos dispositivos, Pocket PC y GPS.

De la trama enviada por el GPS, el microcontrolador selecciona la información correspondiente a latitud, longitud, altitud, estado del GPS y velocidad. Los datos latitud, longitud y estado del GPS son almacenados en el microcontrolador para la visualización y son utilizados en el algoritmo de ruta, además son enviados a la Pocket PC junto con la velocidad y altitud si ésta está conectada.

La Pocket PC envía al microcontrolador la información de las rutas trazadas previamente, estos valores son almacenados en la memoria eeprom del microcontrolador y son utilizados para el algoritmo de ruta.

1.3.2. Algoritmo de ruta

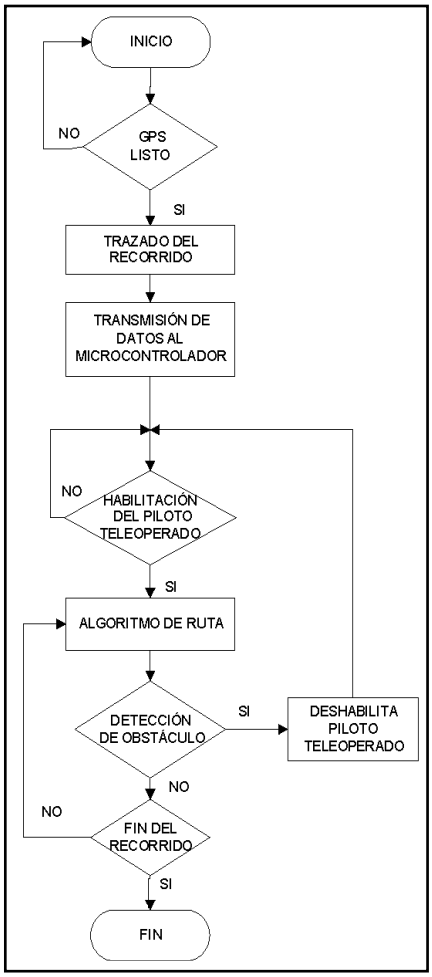
El algoritmo de ruta se desarrolló disponiendo el lago en un plano cartesiano siendo el eje x la longitud y el eje y la latitud, en donde se tienen los puntos de posición actual de la lancha, un punto anterior y puntos de destino final.

Se resta el punto final Pf con el punto anterior (o punto inicial) Pa_1 en su componente en x y en y, estos resultados se guardan en variables Ax y Ay respectivamente. Con estos datos se puede determinar hacia a

dónde se debe dirigir la lancha. Para determinar en qué dirección se movió la lancha inicialmente se efectúa la operación punto actual Pa menos el punto anterior Pa_1 y este resultado se almacena en las variables Bx y By. Además es necesario restar el punto final Pf con el punto actual Pa y el resultado se almacena en las variables Cx y Cy.

Luego de realizar las operaciones correspondientes se procede a hacer comparaciones con el fin de saber si la lancha se dirige hacia la dirección correcta o no y hacia qué dirección se debe mover. Para determinar si se dirige a la dirección correcta o incorrecta se compara A<0 y B<0 en sus respectivas componentes, si en alguna componente A y B son iguales sea verdadero o falso quiere decir que se dirige por el camino correcto al menos en algún eje. Para establecer hacia qué dirección se debe desplazar se realiza otra comparación A<0 y C<0 pero en la componente en la que se desplazó incorrectamente. Con este resultado se define hacia qué dirección se debe girar la lancha. Cuando la lancha llega aproximadamente a un radio de 7 metros alrededor del punto final, se toma como terminado el recorrido y se procede a seguir con la siguiente ruta, de la misma forma que la primera.

Figura 5. Diagrama de flujo del sistema



1.4 Sistema Sensórico

El sensor ultrasónico, tiene la ventaja de medir distancias mayores a otros sensores de proximidad como el capacitivo o el inductivo. El sensor ultrasónico emplea las propiedades de las ondas mecánicas como el sonido para su medición. En él, un transmisor ultrasónico emite una onda a determinada frecuencia, y un receptor convierte la onda sonora a una señal eléctrica.

Al medir el tiempo que tarda la onda desde su emisión hasta su recepción se puede determinar la distancia a la cual se encuentra un objeto, teniendo en cuenta que el sonido viaja a 340m/s a temperatura ambiente. El receptor ultrasónico envía una señal eléctrica al circuito y éste a su vez la envía al microcontrolador. El microcontrolador convierte la señal a digital y la mide durante un tiempo aproximado de 12ms, lo que equivale a 4 metros de distancia recorrida para determinar si detiene el temporizador debido al eco reflejado.

Si se obtiene un eco, el microcontrolador procede a generar una señal PWM como respuesta, por un tiempo cercano a 200ms, que lleva dentro de su ciclo útil el valor de la distancia medida para ese rango definido de 2 metros. La tarjeta tiene

como respuesta una señal PWM, ésta pasa por un filtro sencillo RC que la convierte en una señal DC entre 0 y 2.5V, finalmente es enviada al microcontrolador para su uso. En la figura 5 se muestra el diagrama de flujo del sistema en general.

Figura 6. a. Recorrido alrededor de una cuadra b. Información entregada por el GPS

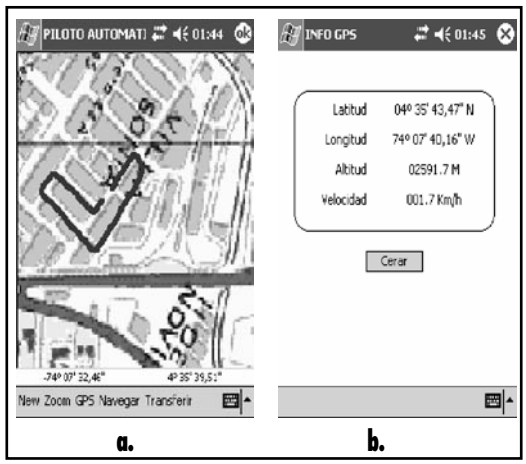
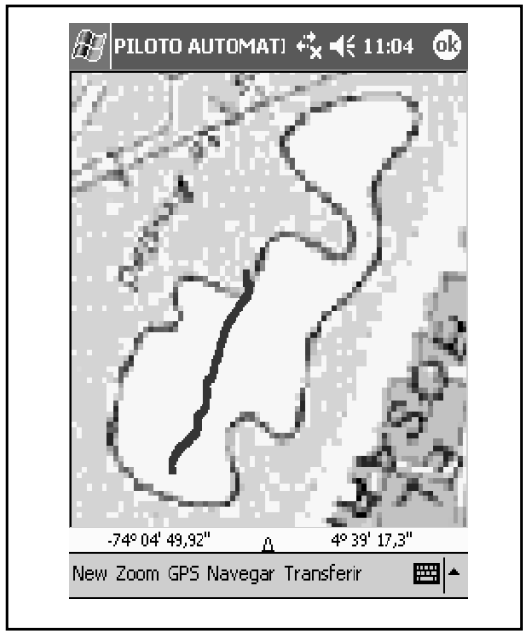


Figura 7. Recorrido libre en el lago del Parque de los Novios Bogotá. D.C.



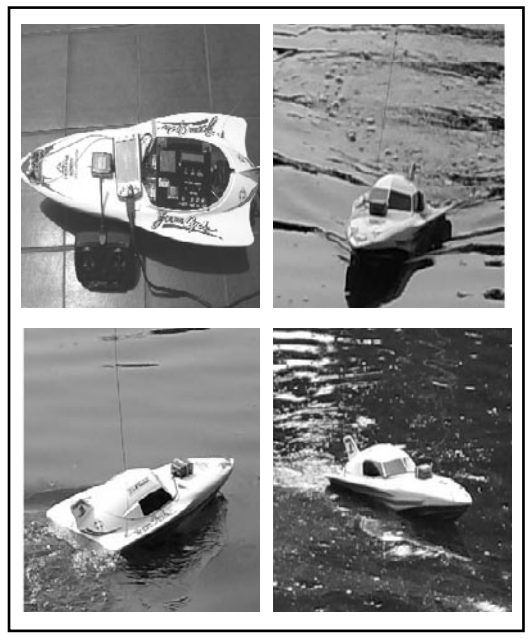
2. Experimentación y resultados

Se realizaron pruebas de calibración y precisión del mapa. Para calibrarlo inicialmente se realizó la comparación con el software llamado Global Mapper®, tomando un punto de referencia y determinando si coincidían las coordenadas.

La prueba con el GPS, se hizo recorriendo un barrio Bogotano alrededor de una cuadra. Se comprobó que efectivamente correspondieran las coordenadas entregadas por el GPS con las del mapa cargado en el software (figura 6).

La siguiente prueba de calibración se efectuó en un Lago de la ciudad. Ésta consistió en realizar un recorrido libre por el lago con ayuda de una lancha de pedal, obteniéndose la ubicación en el mapa (figura 7), observándose claramente el recorrido realizado.

Figura 8. Sistema completo



La prueba de ultrasonido se realizó instalando el módulo en la lancha de un Parque, figura 8. Acercándose a las orillas del lago, se obtuvo que el módulo ultrasonido detecta las orillas aproximadamente a 1.5m de distancia pero en algunas partes esa distancia se reduce a 1.2m debido a la densidad de pasto en las orillas.

Conclusiones

El recorrido de un punto a otro no se puede lograr en línea recta debido a la poca precisión del algoritmo de ruta utilizado y al medio en que se moviliza el sistema.

Las PDA brindan la versatilidad de ejecutar pequeñas aplicaciones teniendo una gran ventaja en cuanto a movilidad con respecto a los computadores personales o portátiles.

En la realización de este prototipo se observó la posibilidad de extender su uso en diferentes entornos, tales como monitoreo y ubicación de autos en la ciudad, por ejemplo.

En general, el sistema desarrollado cumple con los objetivos propuestos a pesar que el algoritmo de ruta utilizado para cumplir el recorrido de un punto a otro no es de gran precisión comparado con otros algoritmos; una opción que puede explorarse es utilizar mapas métricos basados en autómatas celulares.

Referencias bibliográficas

[1] Kuc R. Y Siegel M. W. (1987) Physically based simulation model for acoustic sensor robot navigation. IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence.

[2] Puch, R.C. (2001). Manual de GPS Introducción al Sistema de Posicionamiento Global. Madrid – España. Ediciones Desnivel.

[3] Semiathowska B. (2000) A Highly Parallel Method for Mapping and Navigation of An Autonomous Mobile Robot. IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation. pp 2796-2891.

[4] Tacke C. y Bassett T. (2001) eMbedded Visual Basic: Windows CE and Pocket Pc Mobile applications. Indianapolis, USA. Sams Publishing.

[5] Wilkes D, Dudek G.y Jenkin M. (1992). Modelling sonar range sensors. Advance in Machne Vision: Strategies and Applications. Singapore .World Scientific Press