



Umbral Científico

ISSN: 1692-3375

umbralcientifico@umb.edu.co

Universidad Manuela Beltrán

Colombia

Velásquez M., Jaime Andrés  
Diseño de un escaner laser 3D a partir de un sistema de medición laser 2D sick LMS 200  
Umbral Científico, núm. 6, junio, 2005, pp. 83-90  
Universidad Manuela Beltrán  
Bogotá, Colombia

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30400611>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

---

# DISEÑO DE UN ESCANER LASER 3D A PARTIR DE UN SISTEMA DE MEDICION LASER 2D SICK LMS 200

MSc. Jaime Andrés Velásquez M<sup>1</sup>

## RESUMEN

Este artículo presenta el diseño de un escáner 3D empleando un escáner 2D LMS 200 de la marca SICK y un servo como actuador mecánico. Con este diseño se busca obtener mejores tiempos y área de sensado que la mayoría de los escáneres láser 3D comerciales. Se presentan diferentes métodos de escaneo, la caracterización de sus distribuciones de densidades de mediciones y una idea para corregir errores sistemáticos. Por último se plantean mejoras al diseño que permitan emplearlo para el sensado de ambientes dinámicos.

**Palabras Claves:** *escáner láser, sistemas de medición láser, Sick LMS 200, servo.*

## ABSTRACT

This article presents the design of a scanner 3D using a scanner 2D LMS 200 of SICK and a servo as a mechanical actuator. This design pretends improve scanning time and area as regards the average scanners. Some scan methods, their measurement density distributions and an idea for correcting systematic errors examined. The last part presents design improvements in order to use the scanner in dynamic environments and not only for static modelling.

**Keywords:** *laser scanner, laser measurement system, Sick LMS 200, servo.*

## INTRODUCCION

Hay varias formas de adquirir información de tres dimensiones (3D) de un ambiente, los métodos existentes se pueden dividir en tres grupos principales: visión stereo (con aplicaciones en robótica, Lacroix, 2002), triangulación activa (empleada en control de calidad, Perceptron 2003) y sistemas de

medición láser basados en el principio de medición de tiempo de vuelo.

Cada método tiene sus ventajas y desventajas y es empleado para diferentes aplicaciones.

El método que emplea el sistema de medición láser, tratado en este artículo, es robusto y puede proveer un rango de distancias de hasta 50 m con precisiones del orden de

---

<sup>1</sup> Ingeniero Electrónico, Magister en Ingeniería Electrónica, Director Investigación Formativa en Ingenierías, Grupo de Investigación en Automatización y Control



centímetros.

Dado que el láser empleado en estos sistemas de medición es puntual, los fabricantes emplean espejos rotatorios para tomar datos en dos (2D) o tres dimensiones (3D). Se presentan inconvenientes al emplear los escáner láser 3D comerciales, utilizados por ejemplo en vigilancia (Riegl, 2001), en aplicaciones de modelamiento de ambientes dinámicos en automatización y robótica, dadas sus características de mayor peso, mayor costo y tiempo de muestreo muy largo, del orden de minutos.

Una solución a este problema es lograr un escaneo 3D empleando un scanner 2D estándar y un actuador mecánico que recree la tercera dimensión.

El actuador en este caso es un servo al que está sujetado el scanner 2D permitiéndole realizar giros de hasta 360° grados.

La combinación de un scanner 2D y el servo permite obtener diferentes arreglos de plano escaneado y eje de rotación, además de una alta densidad de mediciones cerca del eje de rotación. Dependiendo del método de escaneo, esta distribución de densidad puede concentrarse en un área de interés o llevar a un mal empleo de las capacidades del scanner.

El tiempo de escaneo para esta clase de arreglos es cercano a 10 segundos, lo que está bastante bien para aplicaciones de modelamiento de objetos estáticos, pero dadas las aplicaciones de modelamiento de ambientes dinámicos planteadas en el Grupo de Investigación en Automatización y Control

de la UMB (GIAC) este debe ser reducido lo más posible.

Este artículo muestra métodos que permiten una rápida adquisición de datos de un escaneo 3D a través del uso eficiente del hardware. En la parte 2 se muestra la caracterización de sus distribuciones de densidades de mediciones, aspecto importante a considerar a la hora de realizar el procesamiento de la nube de puntos y al escoger que método se emplea en una aplicación dada. En la 3 se plantea una

## MÉTODOS DE ESCANEO

Tomando un scanner láser 2D con cobertura de 180° y un servo resulta un número posible de combinaciones de planos a escanear y ejes de rotación que permiten obtener un escaneo 3D. Este apartado describe cuatro de estas combinaciones.

Los métodos acá presentados se han denominado escaneo horizontal-vertical, escaneo horizontal-lateral, escaneo vertical-lateral, y escaneo vertical-lateral-acostado, siendo relacionado con la posición del plano de escaneo y la dirección de giro. El escaneo horizontal-vertical (Figura 1a) consta de un plano de escaneo horizontal que es rotado verticalmente hacia arriba o abajo. Un ejemplo de este método es empleado por Surmann (2001) y Hahnel y Burgard (2002).

El escaneo horizontal-lateral (Figura 1b) en este método el plano de escaneo horizontal es rotado lateralmente hacia la izquierda o derecha alrededor del centro de su plano de

---

escaneo, esto permite contar con un punto focal en frente de sensor.

En el escaneo vertical-lateral (Figura 1c) el plano de escaneo está dispuesto en posición vertical con su posición inicial a  $90^\circ$  y es rotado alrededor del eje z, en el escaneo vertical-lateral-acostado (Figura 1d) el plano de escaneo esta dispuesto en posición vertical con su posición inicial a  $0^\circ$  y es rotado alrededor del eje z, este método es empleado en Riegl (2001).

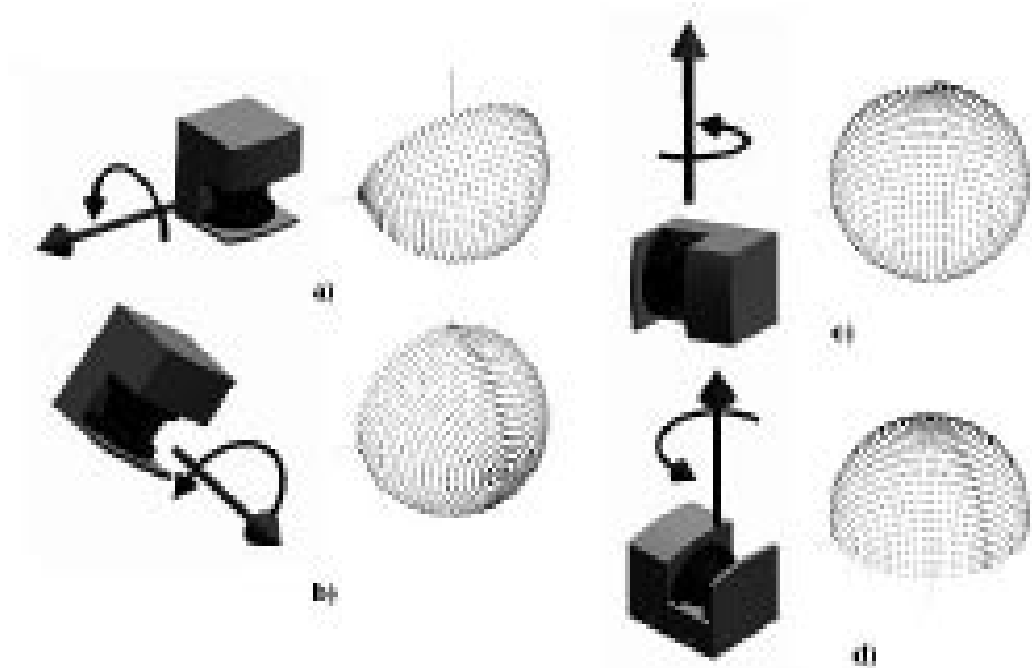


Figura 1. Métodos de escaneo y distribuciones de densidades de mediciones:

- a) escaneo horizontal-vertical
- b) escaneo horizontal-lateral,
- c) escaneo vertical-lateral,
- d) escaneo vertical-lateral-acostado



## DENSIDAD DE MEDICIONES

Se han descrito los arreglos de eje de rotación y alineación del escáner 2D que permiten obtener diferentes patrones de escaneo, estos patrones difieren en sus distribuciones de densidad de mediciones.

Comparados por ejemplo con una cámara los puntos medidos no están dispuestos en una grilla regular, la rotación del sensor 2D causa una acumulación de puntos escaneados alrededor del eje de rotación causando a su vez una distribución de densidad no homogénea de mediciones.

La densidad de mediciones es mínima en las áreas donde los disparos de sensado son ortogonales al eje de rotación y máxima en las que los disparos son paralelos al eje.

Es posible ilustrar la distribución de densidad de mediciones mostrando los puntos de medición en una esfera virtual alrededor del escáner 3D. En la figura 1 se muestra este método aplicado a los patrones de escaneo descritos.

Puede verse, por ejemplo, que el escaneo horizontal-vertical (Figura 1a) presenta dos regiones de alta densidad de mediciones a ambos lados del escáner y el escaneo horizontal-lateral (Figura 1b) una región de alta densidad al frente del sensor.

Estas gráficas pueden ser empleadas para una comparación cualitativa entre los diferentes patrones de sensado.

Dada una aplicación, el método de escaneo

debe ser escogido de tal manera que el área de mayor densidad de mediciones cubra la parte del objeto en que se necesite obtener mayor detalle, aprovechando la cantidad de información entregada por la mayor concentración de puntos de sensado.

Un ejemplo de cómo la distribución de densidades se ve reflejada a través del método de escaneo seleccionado se observa en la figura 2 (gráfica tomada de la base de datos del Instituto de Ingeniería de Sistemas de la Universidad de Hannover, Alemania).

## ERRORES DE MEDICION SISTEMATICOS

El análisis de errores de medición sistemáticos y la compensación de sus efectos juega un papel importante en un escaneo 3D.

La sincronización del sensor láser 2D y el servo que lo mueve tienen gran influencia en la ubicación espacial del extremo del láser como se menciona en Herbert y Krotkov (1991). Por ejemplo: un escaneo 3D con el comúnmente empleado escáner 2D Sick LMS 200 y un grado de resolución requiere una velocidad de rotación de  $\dot{\alpha}_s = 75^\circ/\text{s}$  por parte del servo.

El máximo error sistemático  $e$  dada una pérdida de sincronización de  $\Delta t = 100\text{ms}$  y un objeto a una distancia de  $d = 10\text{m}$  puede ser estimado por:

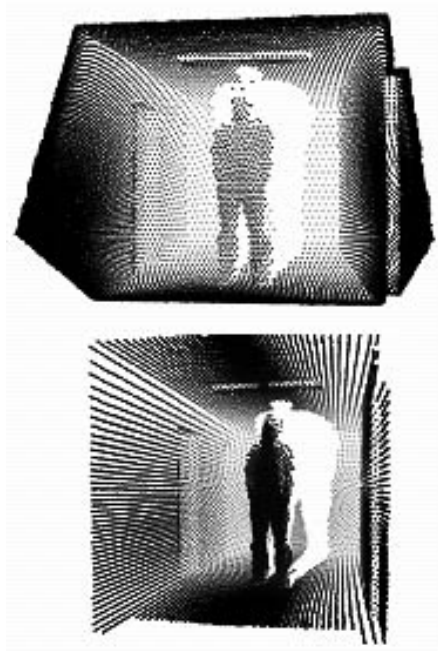


Figura 2.  
Escaneo de una persona en un corredor.  
Empleando:

- a) *escaneo horizontal-vertical*
- b) *escaneo horizontal-lateral*

## CONJUNTO DE DATOS CONSISTENTE EN TIEMPO

Este apartado describe una implementación en tiempo real y un método para obtener un conjunto de datos consistentes en tiempo, a continuación de este se describe como obtener una resolución de  $0,5^\circ$  empleando el Sick LMS 200. La aplicación de este método permite obtener un mejor tiempo de correlación y por ende mejorar la precisión.

Una forma común de representar mediciones 3D es graficarlas como una nube de puntos 3D en un sistema de coordenadas cartesianas. Para graficar esta nube de puntos 3D y obtener un conjunto de datos consistente en tiempo es necesario emplear una transformación, cuyas entradas sean el patrón de escaneo 2D y la posición del sensor en el momento de la toma de este. Una forma de tomar este conjunto de datos es un procedimiento de captura secuencial que una vez realizado un escaneo 2D, lea la posición del servo. El problema con este procedimiento es que los datos adquiridos no son consistentes en el tiempo, ya que la posición del servo no corresponde a la posición del sensor en el momento del escaneo, sino a su posición un corto tiempo después. Este “corto” tiempo depende del sistema y puede estar sobre los 100ms, debido a que el servo responde en tiempos discretos o a los retardos causados por el empleo de un sistema operativo que no opera en tiempo real. Se plantea como posibilidad para solucionar este inconveniente un procedimiento de captura de datos para un sistema operativo en tiempo real. Este sistema de adquisición de datos consiste en tres tareas, dos toman continuamente datos del escáner láser y del servo, estas no deben estar sincronizadas o tener la misma frecuencia de muestreo (Figura 3). La correlación es hecha luego empleando los datos de tiempo en el que se realizaron los muestreos. La tercera tarea conecta este conjunto de datos consistente en tiempo y calcula la transformación a coordenadas cartesianas. Como este cálculo está basado solamente en los datos de tiempo, esta tarea no es crítica y se le puede asignar una prioridad

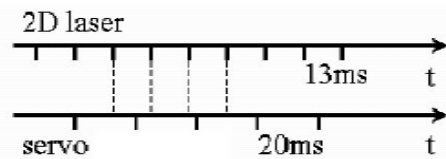


Figura 3.  
Sincronización del sensor láser y el servo

Dada la precisión de los datos de tiempo, se facilita el proceso de ensamblaje. La tercera tarea toma un valor de tiempo de un escaneo 2D y chequea su posición correspondiente en la lista de tiempos en los que se midió la posición del servo.

Los valores de tiempo en que se revisaron las posiciones del servo no coinciden con los valores de tiempo en que se realizaron los escaneos, debido a la condición de asincronismo planteada anteriormente (no tengan la misma frecuencia de muestreo y no estar sincronizadas), esto y la precisión de movimiento obtenida con un actuador tipo servo, permite que la posición de un escaneo 2D pueda ser calculada empleando una interpolación lineal de entre dos posiciones del servo medidas que sean próximas al tiempo del escaneo (Figura 3). Para los valores del ejemplo mostrados en la figura 3, se tiene que el máximo error de sincronización de esta implementación es de  $\Delta t = 3,5\text{ms}$ , observándose una mejora con respecto a la anterior forma de tomar datos.

También se observa su independencia a la velocidad y frecuencia con que se realicen

los escaneos.

### **MODO DE CAPTURA DE DATOS DEL SICK LMS 200**

Para asignar etiquetas de tiempo y compensar los errores sistemáticos, es necesario conocer el principio de medida y la forma como esta implementado el sensor. En este artículo se toma como ejemplo el sensor LMS 200 de la compañía alemana Sick, este es un escáner láser industrial estándar y es ampliamente usado en robótica. El escáner 2D de Sick, al igual que otros sensores, consiste de un sensor láser lineal (1D) medidor de distancia y un espejo que rota continuamente.

El tiempo de recorrido de los primeros  $180^\circ$  de rotación es empleado para capturar distancia y el de los siguientes  $180^\circ$  para transmisión de datos a través de alguno de sus puertos. La resolución angular  $\Delta\phi$  puede ser calculada a partir de la rata de muestreo  $f_L$  y la velocidad

$$\Delta\phi = \frac{\omega_m}{f_L}$$

Resultando en  $1^\circ$  de resolución para el escáner con  $f_L = 27\text{KHz}$  de rata de muestreo y una velocidad de rotación de  $\dot{\omega}_m = 75,2\delta/s$  (tiempo de rotación de  $13,3\text{ms}$ ). Si se requiere una resolución angular máxima de  $0,5^\circ$  o de  $0,25^\circ$ , existen dos formas de obtenerlas, una es aumentando la velocidad de rotación del espejo de acuerdo a la ecuación anterior, resultando en un tiempo de rotación de  $26,6\text{ms}$  para  $0,5^\circ$  y de  $53,3\text{ms}$  para  $0,25^\circ$  de resolución angular. La segunda posibilidad

es realizar dos escaneos de  $1^\circ$  de resolución desfasados  $0,5^\circ$  entre si para el caso de  $0,5^\circ$  de resolución (Figura 4); y cuatro escaneos con desfases de  $0,0^\circ$ ,  $0,25^\circ$ ,  $0,5^\circ$  y  $0,75^\circ$  para el

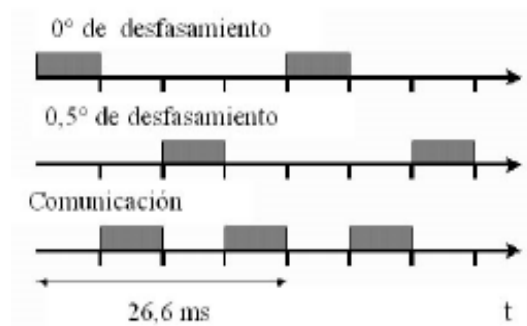


Figura 4.  
Sick LMS en modo de medición continua.

Este método no afecta el tiempo de escaneo o la precisión del escaneo estático, pero si un escaneo rápido al no poder asignar etiquetas de tiempo de manera exacta. Para este caso la solución es emplear el modo de escaneo continuo del Sick. Este modo de medición usa el mismo patrón de escaneo empleado para una resolución de  $0,5^\circ$  pero a diferencia del modo estándar, el cual sensa dos giros y transmite el paquete de datos con una resolución de  $0,5^\circ$ , el modo de escaneo continuo transmite dos paquetes de datos con una precisión de  $1^\circ$  inmediatamente después de ser sensados. Esto permite más precisión en las etiquetas de tiempo asignadas y por consiguiente una mejor compensación de los

errores sistémicos.

## TRABAJOS FUTUROS

En los métodos de escaneo aquí mostrados el servo está limitado a girar el escáner 2D de manera alternada de izquierda a derecha o de arriba abajo, debido a que los cables de alimentación y transferencia de datos le impiden realizar una rotación continua. Esta limitación hace que la velocidad de escaneo no sea continua ya que al partir de un extremo de la alternancia el servo es acelerado para alcanzar el valor de velocidad y al llegar desacelerado para poder frenar y cambiar de dirección, estos cambios de aceleración causan problemas mecánicos, sobre todo en escaneos de alta velocidad, afectan la estabilidad mecánica, el tiempo de vida útil del sensor y llevan a un mayor consumo de energía, con respecto a un escaneo continuo, debido al aumento de torque requerido para el cambio de dirección.

Una solución que se plantea para esta limitación, es construir un sistema de escaneo con el mismo principio mecánico del acá expuesto, pero donde la alimentación y transmisión de datos se haga a través de un sistema de anillos deslizantes, permitiendo una rotación continua del escáner.

## CONCLUSIONES

Este artículo describe un sistema de medición láser capaz de adquirir información geométrica 3D del entorno. Este sistema consiste de un escáner láser 2D, cuyo principio de





funcionamiento es la medición de tiempo de vuelo, sujetado a un servo como actuador mecánico y una unidad de procesamiento que recolecta los valores de las mediciones y calcula la nube de puntos correspondiente en un espacio cartesiano. Se muestran en este artículo aspectos a considerar en la distribución de densidad de mediciones, útiles para mejorar la precisión de la transformación de la nube de puntos a un sistema cartesiano.

Con el sistema acá descrito se plantea una alternativa de menor costo, mejor tiempo de sensado, mejores características mecánicas y mayor cobertura de área de sensado que la mayoría de los escáneres 3D comerciales.

También se plantean en este artículo mejoras para obtener una mayor velocidad de escaneo

#### BIBLIOGRAFIA

HÄHNEL, D. AND W. BURGARD (2002). Map Building with Mobile Robots in Populated Environments, In: *Proceedings of the International conference on Intelligent Robots and Systems*, Lausanne, Switzerland

HERBERT, M. AND E. KROTKOV (1991). 3-D Measurements from Imaging Laser Radars: How good are they?, In: *Proceedings of the International Workshop on Intelligent Robots and Systems*, Osaka, Japan

Lacroix, S., A. Mallet, D. Bonnafous, G. Bauzil, S. Fleury, M. Herrb and R. Chatila (2002). Autonomous Rover Navigation on Uneven Terrains: Functions and Integration, *International Journal of Robotics Research*, Volume No 21, pp. 917 – 942

Perceptron (2003). ScanWorks 3D product Brochure, [www.perceptron.com](http://www.perceptron.com)

Sick AG (2000). Data sheet, LMS 200, [www.sick.com](http://www.sick.com).

Surmann, H., K. Lingemann, A. Nüchter and J. Hertzberg (2001). A 3D Laser Range Finder for Autonomous Mobile Robots, In: *Proceedings of the International Symposium on Robotics*, Zurich, Switzerland