

Reconstrucción de Mapas 2D con Escáner Láser en Navegación de Robot Móvil

Jorge López Ortega. Gabriel Eduardo García Rojas. Leslie Janet Carboney Palafox.
jlo.lopez.ortega@gmail.com, gabrielspider01@gmail.com, leslie_carboney@hotmail.com
Posgrado. Centro de Innovación y Desarrollo Tecnológico en Computación CIDETEC
Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingeniería y Tecnologías Avanzadas UPIITA

Abstract.

Uno de los campos de aplicación con gran auge en los últimos años es la exploración geográfica de territorios desconocidos, esto debido a su falta de información o en la búsqueda de personas u objetos. El presente trabajo se centra en el uso de un escáner láser montado sobre un robot móvil como herramienta de medición de distancia en el mapeo del medio, ya que el objetivo es la reconstrucción de un mapa en la tarea de exploración de un ambiente desconocido. Dicho trabajo se divide en dos etapas: por una parte la construcción de un robot móvil tanto en su parte mecánica como en la integración de dispositivos electrónicos en la formación de las etapas de comunicación, control y potencia que operen tanto al móvil como al escáner. Y por otra parte, el desarrollo de una interfaz gráfica de usuario mediante el cual se visualice de manera simultánea y en tiempo real tanto la posición estimada del móvil por el método de odometría, como la impresión de puntos y segmentación de rectas entre dichos puntos como una representación total y no parcial del ambiente que rodea al móvil.

Introducción.

En múltiples trabajos se ha utilizado el escáner láser como herramienta en la robótica móvil para la localización, reconstrucción de ambientes y evasión de obstáculos durante la navegación, esto debido a su alta velocidad de muestreo, mejor precisión, resolución, rango de medición y ángulo de reflexión. Sin embargo, son varios los tipos de escáner y su uso está en función de su robustez, seguridad y costos.

Como solución al mapeo total de una zona en particular, si el escáner es limitado en su ángulo de escaneo a un valor de $\theta_i \leq 270^\circ$, la reconstrucción total θ_T requerirá de al menos n barridos, tal que $\theta_T = \theta_i, \theta_{i+1} \dots \theta_{i+n}$. En el caso de los robots móviles, se requiere más de un movimiento rotacional para escanear una estructura en su totalidad, pasar repetidamente en pasillos estrechos, reconstrucción de mapas inconclusos o que se requiera de más de un escáner para cubrir todo el ambiente. Por tanto, la propuesta se basa en el uso del escáner láser 2D 360 grados RPLIDAR de la marca RoboPeak®, con el cual reduce el número de iteraciones en la lectura. La Tabla 1 presenta una comparativa de parámetros entre los diversos tipos de escáneres más utilizados por universidades y centros de investigación.

Tabla 1. Tipos de escáneres láser.

	Características						
	Tensi ^o n V	Frecuenci ^a Hz	Categorí ^a	Rang ^o °	Distanci ^a m	Resolució ⁿ °	Comunicació ⁿ
Láser							
SICK LMS-100	12	50	1	270	20	0.25	RS232 CAN IP
SICK LMS-291	24	75	1	180	30	0.25	RS232 RS422
SICK LMS-200	24	75	1	180	10	0.25	RS232 RS422
SICK PLS-101	24	25	1	180	50	0.5	RS232 RS422
SICK S300	24	-	1	270	8	0.5	RS232
HOKUYO URG-04LX	5	10	1	120	4	0.36	USB RS232
HOKUYO UTM-30LX	12	40	1	270	30	0.25	USB
IBEO LADAR 2D	24	8	3	150	260	0.5	RS232 RS422
RPLIDAR ROBOPEAK	5	5.5	1	360	6	1	USB RS232

El escáner es montado sobre un robot móvil para la tarea de exploración, realizando el mapeo de ambientes desconocidos en la reconstrucción de mapas 2D. La adquisición de los datos se obtuvo a partir de la decodificación de la trama de datos proporcionada por el escáner en la obtención de los valores de distancia d_i y el ángulo θ_i de cada medición i , así como en la verificación de los mismos, con respecto a los parámetros del fabricante. La Figura 1 muestra la consideración principal del escáner dentro de la robótica móvil como herramienta de escaneo del ambiente.

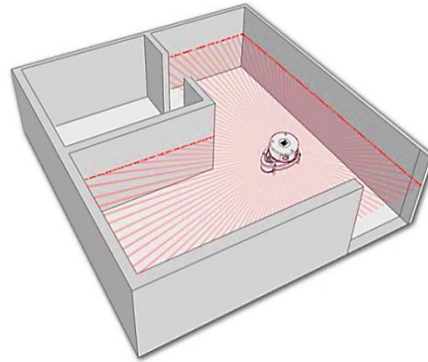


Figura. 1. Aplicación de escáner dentro de robótica móvil.

Desarrollo.

De acuerdo a las especificaciones del escáner RPLIDAR mostradas en la Tabla 1, el sistema electrónico de control permite ser controlado por un microcontrolador como lo es la tarjeta de desarrollo **Arduino MEGA** o **Stellaris LM4F120 de TI**. La Figura 2 muestra el escáner RPLIDAR 360° con sus elementos.



Figura 2. Escáner láser telemétrico 360°.

El escáner entrega los datos de ángulo y distancia codificados en una trama de 5 Bytes por lectura. La Figura 3 muestra un ejemplo de la trama de una medición.

Posición Byte	0	1	2	3	4				
	0	0	0	0	0	0	0	1	
	0	1	0	1	0	1	0	1	Ángulo [7:0]
	0	1	0	1	1	1	0	1	Ángulo [15:8]
	1	0	1	0	1	0	1	0	Distancia [7:0]
	0	0	1	0	1	0	1	1	Distancia [15:8]

Figura 3. Decodificación de ángulo y distancia por medición láser.

La Ecuación (1) y (2) realiza la decodificación de los datos en obtención del ángulo y distancia respectivamente para su almacenamiento y transmisión.

$$\theta_i = \frac{\text{Ángulo}[15 : 8] \cdot 128 + \frac{\text{Ángulo}[7 : 0] \& 254}{2}}{64} \quad (1)$$

$$d_i = \frac{\text{Distancia}[15 : 8] \cdot 256 + \text{Distancia}[7 : 0]}{4} \quad (2)$$

Posterior a la decodificación, se cotejaron dichos datos con una referencia patrón a fin de validar las mediciones y obtener el error correspondiente. Se levantó una estructura de 4 paredes a fin de analizar las 360 mediciones de ángulo y distancia. La Figura 3 muestra la estructura para la verificación de los valores decodificados.

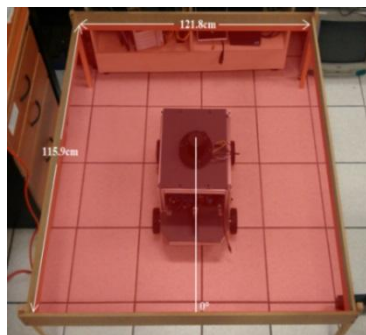


Figura 3. Verificación y obtención del error en la medición.

La estructura tiene un ancho de $A = 121.8$ cm y de largo $L = 115.9$ cm, donde el centro del área y el eje de rotación del escáner coinciden sobre la normal al plano. Dado que no se cuenta con un equipo que realice una medición directa al mismo ángulo que el escáner, la distancia real d_R es obtenida a partir de la relación pitagórica entre el ángulo θ_i y las dimensiones $A/2$ y $L/2$. La Figura 4 muestra a) mediciones del láser como de la estructura b) el error absoluto por medición de 360° que mapear el escáner en un solo barrido.

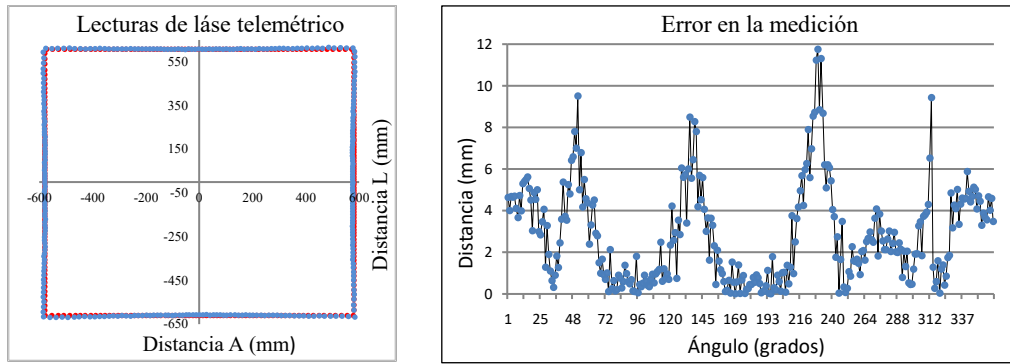


Figura 4. a) Medición láser en coordenadas rectangular b) Error de la medición.

Otro de los parámetros verificado fue el rango de distancia, realizando una prueba para determinan el máximo valor al detectar un objeto en su límite más lejano que por especificaciones cubre 6 m. Se colocó un objeto fuera del rango el cual se fue desplazando gradualmente en dirección al móvil hasta ser detectado. La Figura 5 detalla la prueba realizada con una distancia máxima obtenida de $d_T = 5956$ mm y un distanciómetro como equipo patrón de $d_p = 5966$ mm ambos a un ángulo $\theta \approx 0^\circ$, obteniendo un error de 10 mm. Al no detectarse objeto alguno el valor es de 0 mm.

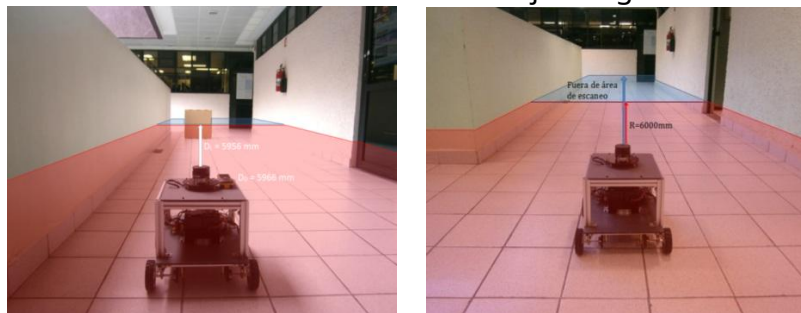


Figura 5. Prueba de cobertura de escáner láser

Para visualizar la reconstrucción de mapas con base en las mediciones del láser, se desarrolló una interfaz gráfica de usuario en Visual Studio 2012. La interfaz cuenta con una ventana gráfica para la reconstrucción con base en puntos y segmentación de rectas entre dichos puntos. La Figura 6 a) muestra dichas mediciones respecto a la posición del móvil O' referenciado a una posición global O y b) la interfaz gráfica.

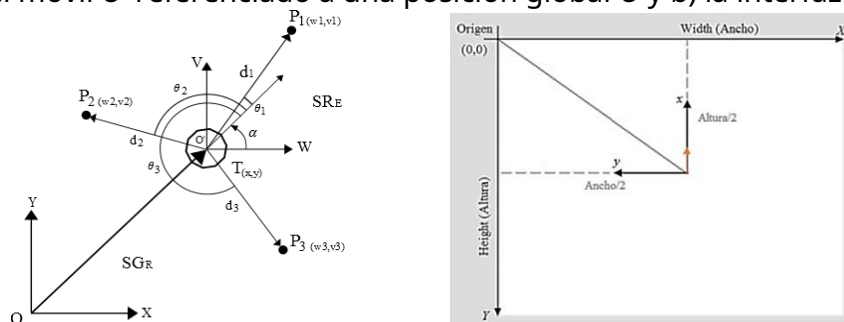


Figura 6. a) escáner en sistema de coordenadas globales b) interfaz gráfica para reconstrucción de mapas.

Experimentación

Una vez aplicadas las pruebas para la obtención y calidad de la medición del escáner láser RPLIDAR, y el desarrollo de la interfaz gráfica para la impresión de mapas como representación vectorial de la medición, se realizó la reconstrucción de un espacio conocido. La Figura 7 muestra la comparativa entre los diferentes ambientes que rodean al robot móvil y la reconstrucción de dicho ambiente a fin de contrastar la forma, dimensión y orientación de los mapas con las estructuras.

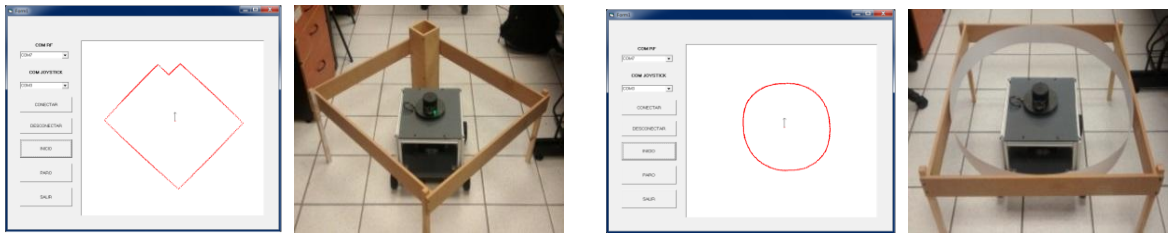


Figura 7. Prueba de cobertura de escáner láser

La prueba dentro de un ambiente real se realizó en las instalaciones del Centro de Innovación y Desarrollo Tecnológico en Cómputo del IPN. El ambiente es un espacio de 16 m de ancho por 6 m de largo. En la Figura 8 a) se observa el ambiente bajo escaneo de manera virtual a diferentes vistas y en b) la reconstrucción de dicho ambiente con los datos obtenidos por el láser, donde los puntos color rojo indican la posición del móvil con diferentes colores asociados a cada medición.

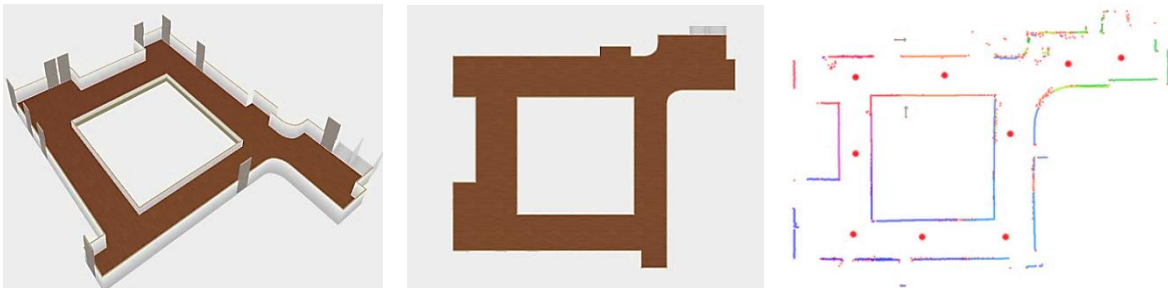


Figura 8. a) Prueba de cobertura de escáner láser. b) Reconstrucción del ambiente.

Conclusiones.

El escáner láser RPLIDAR de RoboPeak, es apto y suficiente como herramienta de medición de distancia para el mapeo de ambientes en 2D con la ventaja de poder escanear en 360°, ya que evita múltiples barridos, que el móvil realice más de un movimiento rotacional, que pase repetidamente por el mismo sitio o que requiera más de un escáner.

Al realizar distintas pruebas, se logró verificar que los datos obtenidos son idóneos para una reconstrucción más eficiente, teniendo congruencia con la dimensión, forma y orientación del ambiente respecto al móvil.

Recursos Electrónicos.

Rudan, J., Tuza, Z., & Szederkényi, G. (2010). *Using LMS-100 laser rangefinder for indoor metric map building*. In Industrial Electronics (ISIE), International Symposium on, pp. 525-530.

Okubo, Y., Ye, C., & Borenstein, J. (2009). *Characterization of the Hokuyo URG-04LX laser rangefinder for mobile robot obstacle negotiation*. SPIE Defense, Security, and Sensing. International Society for Optics and Photonics, pp. 733212-733212.

Duchon, F., Dekan, M., Jurisica, L., & Vitko, A. (2012). *Some applications of laser rangefinder in mobile robotics*. Journal of Control Engineering and Applied Informatics, 14(2), pp. 50-57.

Jianguo, Z., Junyao, G., Kejie, L., Peijie, R., & Qiang, Y. (2011). *Map Building for Indoor Tracked Autonomous Mobile Robot with Laser Rangefinder and Electronic Compass*. International Conference on Computer Science and Information Technology ICCSIT. Vol. 51.