

RADAR Basado en Radio Definido por Software

Antonio Flores
DETRI
Escuela Politécnica Nacional
Quito- Ecuador
luis.flores04@epn.edu.ec

Pablo Lupera
DETRI
Escuela Politécnica Nacional
Quito- Ecuador
pablo.lupera@epn.edu.ec

Robin Álvarez
DETRI
Escuela Politécnica Nacional
Quito- Ecuador
robin.alvarez@epn.edu.ec

Resumen—En este documento se realiza un análisis de los efectos de reflexión de las ondas electromagnéticas, se mencionan los conceptos detrás de un RAnge Detection And Range (RADAR) para ensayos experimentales, esto como parte de la investigación doctoral sobre las aplicaciones de RADAR. Para esto se utilizan equipos de bajo costo como es el radio definido por software (SDR), se realizan pruebas de transmisión y recepción en ambientes rurales y urbanos, el objetivo de estas pruebas es comprobar la funcionalidad y obtener señales que puedan ser procesadas de manera digital por medio de herramientas computacionales. La investigación se encuentra en desarrollo y mediante este documento se realiza la divulgación de los avances.

Keywords—Ondas electromagnéticas, procesamiento de datos, RADAR.

I. INTRODUCCIÓN

Las ondas electromagnéticas están presentes en nuestras vidas cotidianas, desde el momento en que sintonizamos una radio de frecuencia modulada (FM) estamos recibiendo una onda electromagnética en el rango 88 - 108 MHz dentro de radiofrecuencias, la luz que percibimos como colores están en el rango de 430 - 770 THz, ver Tabla 1. Las ondas electromagnéticas pueden viajar por un medio de transmisión el cual puede ser el aire o guías de ondas. Durante su viaje las ondas electromagnéticas están sujetas a fenómenos como la reflexión, tal como se muestra en la Fig. 1, el cual es un proceso en que la onda electromagnética cambia su dirección dependiendo del ángulo de incidencia y refracción parte de la onda logra traspasar el objeto incidente y continua su trayecto atravesando el material.

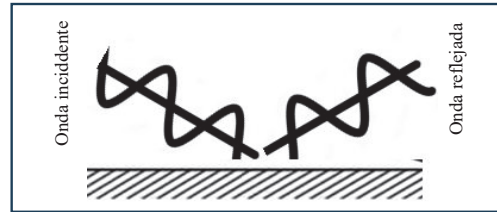


Figura 1. Reflexión de ondas electromagnéticas

Los sistemas que utilizan la tecnología de RADAR usan el principio de reflexión de las ondas electromagnéticas y se encuentran en varias aplicaciones como sistemas de detección de aeronaves en aeropuertos, detección de objetos en altamar, control de velocidad en autopistas [1], por mencionar algunas, en todas ellas el costo de implementación es elevado y por ello el acceso a este tipo de tecnología suele ser reservada. Desde hace algunos años, la tecnología de SDR [2] ha permitido la reducción de complejidad en la implementación de sistemas de radiofrecuencia, en el mercado podemos encontrar varias opciones de SDR, la escogida en esta investigación por su costo y sus funcionalidades a nivel de compatibilidad con sistemas operativos como Linux y Windows, así como su rango de operación es el SDR Adalm-Pluto, ver Tabla 2. En [3] se realiza la construcción de un radar de onda continua (CW) utilizando el efecto Doppler en base a equipos SDR Adalm-Pluto, en este trabajo se adquiere la frecuencia Doppler de vehículos en movimiento y se realiza un procesamiento en tiempo diferido de la data adquirida.

TABLA 1: ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO Y SUS APLICACIONES

Regiones	Frecuencia [Hz]
Rayos Gamma	$10 \times 10^{18} - 10^{22}$
Rayos X	$30 \times 10^{15} - 10 \times 10^{18}$
Ultravioleta	$770 \times 10^{12} - 30 \times 10^{15}$
Espectro visible	$(430 - 750) \times 10^{12}$
Infrarrojo	$300 \times 10^6 - 430 \times 10^{12}$
Microondas de alta frecuencia	$30 \times 10^6 - 300 \times 10^6$
Microondas	$300 \times 10^3 - 30 \times 10^6$
Radiofrecuencias	$3 \times 10^3 - 300 \times 10^3$
Frecuencias bajas / mediana	$300 - 3 \times 10^3$
Frecuencias extra bajas	$30 - 300$

TABLA 2: ESPECIFICACIONES EQUIPO SDR

Descripción	Valor
Rango de frecuencia	70 - 6000 MHz
Ancho de Banda del canal	200 kHz - 20 MHz
Potencia de salida Tx	7 dBm
Figura de ruido Rx	< 3.5 dB
Velocidad de muestreo	65.2 kSPS a 61.44 MSPS
Precisión en la frecuencia	±25 ppm

El RADAR CW permite detectar objetivos en movimiento dentro de un entorno con múltiples objetos estáticos. La medición de la velocidad y alcance se realiza utilizando un conjunto de dos antenas que puede rastrear múltiples objetivos con una gran precisión [4][5].

En [6], se utiliza un conjunto de 3 antenas para realizar la localización 3-D de corto alcance solo basada en el RADAR CW Doppler, asumiendo que la trayectoria del objetivo es ortogonal al vector de apuntamiento de las antenas. En [7], se implementa un RADAR Doppler CW comercial utilizando dos módulos sensores diferentes, para comparar cuál es mejor para estimar la velocidad relativa del objeto. En [8] se implementa un método para la determinación de la velocidad de objetivos múltiples en base a un RADAR Doppler CW

La hipótesis planteada es comprobar que el uso de tecnología de bajo costo como son los SDR nos permitirá obtener aplicaciones de tipo RADAR confiables.

El presente trabajo se compone de las siguientes secciones: en la sección 2 se detalla la metodología implementada en el diseño del RADAR, en la sección 3 se presenta los resultados obtenidos, en la sección 4 se presentan la discusión y en la sección 5 se realiza las conclusiones.

II. METODOLOGÍA

Como primer paso se realiza la investigación de las tecnologías de RADAR presente para poder realizar la implementación de un equipo que nos permita adquirir las señales correspondientes y procesarlas.

A. Tipos de RADAR

El RADAR se clasifica según varios criterios por ejemplo si hablamos de la cantidad de antenas tenemos los radares monoestáticos aquellos que utilizan una sola antena para la transmisión y recepción de las señales, los radares biestáticos son aquellos en los que se utiliza una antena para transmisión y otra para recepción y también tenemos los radares multiestáticos aquellos que combinan varias señales de recepción.

Según la forma de onda tenemos la siguiente clasificación:

- Radares de onda continua (CW) utilizan una señal continua y debido al efecto Doppler las ondas reflejadas poseen una diferencia en su frecuencia que puede ser adquirida para el procesamiento de los datos.

- Radares de onda continua con modulación, estos radares además de enviar una señal CW realizan la modulación de frecuencia (FMCW) o modulación de pase (PMCW), por medio de la modulación sea en fase o frecuencia se estima distancias de los objetivos encontrados.

- Radar de onda pulsada, estos radares envían pulsos de señal en diferentes intervalos de tiempo. Se envía el pulso y se espera su retorno para el procesamiento de la data.

Según la funcionalidad tenemos la siguiente clasificación:

- Radares de búsqueda son aquellos que realizan un barrido de todo el sector para determinar objetos móviles o fijos. Un ejemplo de este tipo de radar es la detección de objetos en sistemas de prevención de colisiones utilizados en sistemas aéreos y marítimos como sistemas de vigilancia.

- Radares de seguimiento permite verificar el desplazamiento de un objetivo y realizar sistemas de aproximación, estos suelen ser utilizados en sistemas de guía de misiles en el ámbito militar.

B. Frecuencia de funcionamiento de RADAR

La tecnología RADAR utiliza una sección del espectro electromagnético que va de 3 MHz hasta los 300GHz, cabe mencionar que las bandas utilizadas, así como la frecuencia en Hertz se expresan en la Tabla 3.

TABLA 3: BANDAS Y FRECUENCIAS DE USO DE RADAR

Banda	Frecuencia [Hz]
Frecuencia Alta (HF)	3 – 30 M
Muy alta frecuencia (VHF)	30-300 M
Ultra alta frecuencia (UHF)	300M – 1G
L	1 - 2G
S	2 – 4G
C	4 – 8G
X	8 – 12G
Ku	12 – 18G
K	18 – 27G
Ka	27 – 40G
V	40 – 75G
W	75 – 110G
mm	100 – 300G

C. Funcionamiento de RADAR CW

El funcionamiento de un RADAR se define en etapas tal como se muestra en la Fig. 2. Las etapas de transmisión, recepción se localizan dentro del SDR, los parámetros de configuración permiten ingresar la frecuencia de portadora y la frecuencia modula desde el seteo de datos en el programa computacional. Los datos recibidos se procesan por medio de mezcladores digitales, estimadores espectral como Welch, nos permite procesar la data con la cual se procesa la velocidad de los objetos que atraviesen el RADAR.

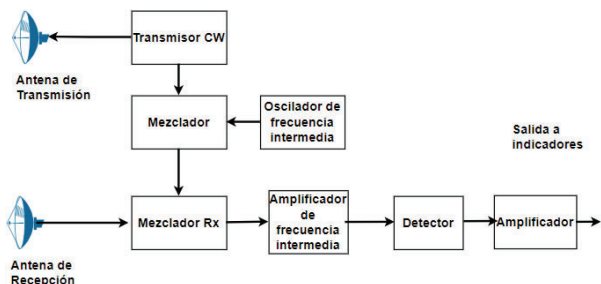


Figura 2. Esquema de un RADAR CW

III. RESULTADOS

El montaje de los equipos se puede ver en la Fig. 3, y se realiza utilizando un soporte tipo trípode el cual permite conectar las 2 antenas al SDR, para realizar la adquisición se utiliza un computador portátil que tenga conexión a USB.

Los datos relevantes que se pueden obtener dentro de esta investigación es la adquisición de la información en tiempo real, y su almacenamiento para luego procesar la información,

mediante un RADAR CW implementado con tecnología SDR.

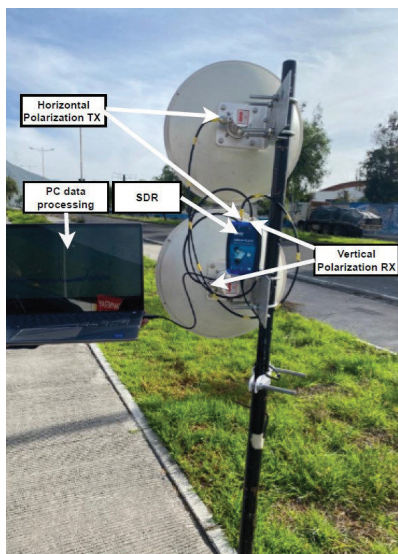


Figura 3. RADAR implementado usando SDR

La investigación realizada es de manera cuantitativa, utilizando la recolección de datos, procesamiento e interpretación [9]. Podemos obtener resultados para el análisis y futuras realizaciones de modelos matemáticos.

IV. DISCUSIÓN

Mediante del uso de Radar CW implementado con SDR y el procesamiento de la información, nos permiten seguir investigando nuevas aplicaciones que pueden solventar problemáticas como temas de contaminantes presentes en líquidos o sólidos, seguir analizando el comportamiento y el efecto que tanto la reflexión como la refracción ocasionan en los componentes que inciden.

V. CONCLUSIONES

La tecnología de RADAR nos permite tener aplicaciones prácticas como son la detección de objetos en movimiento utilizado en aeropuertos para controlar el tráfico, en autopistas para realizar un control preventivo mediante medidores de velocidad, también los tenemos presente en la detección de minas personales utilizadas en zonas de conflictos.

El RADAR implementado nos permite obtener datos para ambientes de experimentación los cuales se vuelven amplios y la investigación se proyecta a determinar variaciones en diferente materiales líquidos y sólidos para de esta modelar matemáticamente las características y proyectar futuros escenarios.

AGRADECIMIENTOS

Al Departamento de Electrónica, Telecomunicaciones y Redes de la Información (DETRI) por brindar espacios de discusión y divulgación de temas de investigación.

REFERENCIAS

- [1] W. Melvin and J. Scheer, Principles of modern RADAR – RADAR Applications. The Institution of Engineering and Technology, 2012.
- [2] J. Mitola III, "Software Radios. Survey, Critical Evaluation and Future Directions", IEEE National Telesystems Conference, pp. 13-15,1992.
- [3] A. Vargas, R. Álvarez and F. Grijalva. "SDR-based Speed Measurement with Continuous-Wave Doppler RADAR", Escuela Politécnica Nacional, Thesis, 2021.
- [4] S. C. K. Herath, C. V. D. Nagahawatte and P. N. Pathirana, "Tracking multiple mobile agents with single frequency Continuous Wave RADAR", International Conference on Intelligent Sensors, Sensor Networks and Information Processing (ISSNIP), Melbourne, VIC, pp. 163-167, 2009.
- [5] P. K. Gogoi, M. K. Mandal, A. Kumar and T. Chakravarty, "A Compact Multi-mode Integrated Doppler radar at 2.4 GHz for Multipurpose Applications", IEEE Wireless Antenna and Microwave Symposium (WAMS), Rourkela, India, pp. 1-4, 2022.
- [6] C. Villien, V. Fleck, E. Ostertag and P. Raymond, "3-D short-range localization device by low-cost CW-Doppler RADAR," IEEE International RADAR Conference, Arlington, VA, pp. 557-561, 2005.
- [7] M. Reznicek and P. Bezousek, "Commercial CW Doppler RADAR design and application", 27th International Conference Radioelektronika (RADIOELEKTRONIKA), Brno, pp. 1-5, 2017.
- [8] T. K. Ishii, "Analysis of Target-Speed Determination with Doppler RADAR," in IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, vol. 19, no. 2, pp. 86-91, May 1970.
- [9] G. Ortega, "Cómo se genera una investigación científica que luego sea motivo de publicación". Journal of the Selva Andina Research Society, 8(2), 155-156. Julio 2017.