



DETECCIÓN DE DISPAROS DE ARMAS DE FUEGO EN AMBIENTES SELVÁTICOS

De Almeida Gonzalo^a
gonzalodealmeida@gmail.com

Kelm Marcelo^a
marcelomw21@gmail.com

Moya Sergio^a
sergio.e.moya@gmail.com

Korpys Ricardo^a
korpys@fio.unam.edu.ar

^a Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones, ARGENTINA

RESUMEN. En este trabajo se analiza, en ambiente de simulación, un sistema de detección autónoma de disparos de armas de fuego procedentes de actividad ilegal de caza. El objetivo del sistema de detección es generar una alerta ante disparos utilizando micrófonos dispuestos en distintos lugares de la selva, en zonas distantes o de difícil acceso para el personal guardaparque. El algoritmo desarrollado consiste en una etapa de filtrado de la señal de audio registrada por los micrófonos, diezmado, y finalmente una umbralización dinámica basada en un valor medio móvil y ponderado de la señal acústica recibida. Utilizando grabaciones de distintas armas de fuego en diversos ambientes selváticos, los resultados de simulaciones indican que una correcta selección de frecuencias en la etapa de filtrado elimina gran parte de los ruidos que puedan generar falsas detecciones, y la etapa de umbralización realiza una detección acertada en un elevado porcentaje de los casos simulados.

Palabras-clave: Umbralización. Caza ilegal. Ecología.

1. INTRODUCCIÓN

Para poder complementar el recurso humano de vigilancia en reservas naturales, en este trabajo se propone utilizar un sistema como el ideado en (A. C. Rodríguez, 2008. [1]), pero en base a un umbral dinámico basado en (S. Moya, et al., 2013. [3]), y modificado para el tipo de señal de audio proveniente de un disparo de arma de fuego. Los resultados de simulación fueron realizados de acuerdo al esquema mostrado en la Fig. 1 y utilizando grabaciones de distintas armas de fuego provenientes de (N. Hernández et al., 2006. [2]) y ambientes selváticos de la provincia de Misiones.

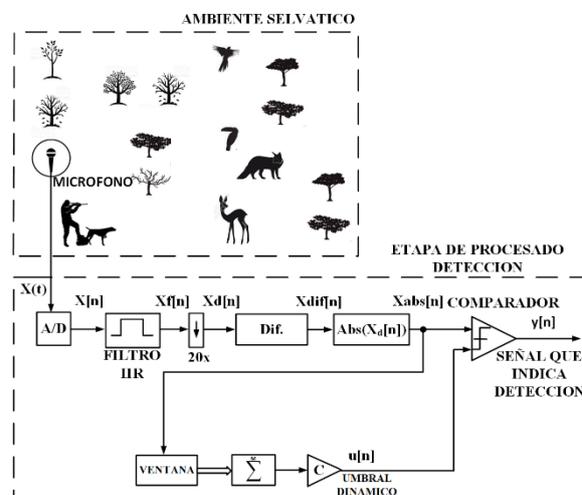


Fig. 1. Esquema del sistema general.

2. DESARROLLO EXPERIMENTAL

2.1 DETECCIÓN

La característica principal de un disparo está dada por la naturaleza impulsiva del mismo, y por lo tanto se debe considerar un método que permita detectar la impulsividad en la señal sonora. Una de las técnicas más simples de detectar impulsos inmersos en señales digitales es el uso de un umbral estático, es decir, un valor fijo y predeterminado que define a partir de qué valor la señal es considerada un impulso o simplemente ruido.

El principal inconveniente de esta técnica es que, en la mayoría de los casos, las señales pueden presentar variaciones de amplitud aleatorias (y no necesariamente impulsivas) que deban hacer que el valor de umbral se modifique manualmente. Esto puede solucionarse utilizando umbrales dinámicos, es decir, un valor de umbral que se modifica constante y automáticamente de acuerdo a las características de la señal.

2.2 MÉTODO DEL VALOR ABSOLUTO

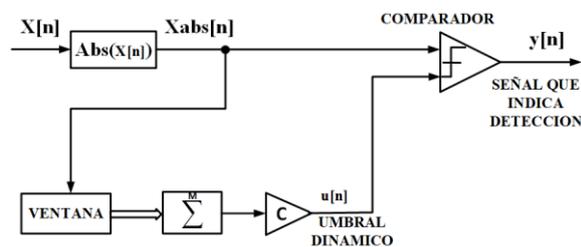


Fig. 2. Diagrama de bloques para el método del valor absoluto.

En el trabajo del autor Ref. [1], se evalúan distintas técnicas de detección de disparos de armas de fuego. En este trabajo se concluye que el método basado en el valor absoluto de la señal es uno de los más efectivos, y por sobre todo, más simple de implementar; factor importante en sistemas que requieren muy bajo consumo energético, esto nos lleva a implementar el algoritmo del valor absoluto y comparación contra umbral adaptativo calculado en función a una ventana de muestras. Este método plantea el cálculo del valor absoluto de una señal digital y una posterior detección utilizando un umbral adaptativo. (Ver Fig. 2).

Matemáticamente, se puede definir al umbral adaptativo resultante según la Ec. (1). Donde $u[n]$ es el umbral calculado para la muestra actual, C es la constante experimental, $x[k]$ señal a umbralizar y M es el tamaño de la ventana. La señal de salida que indica la detección se define como se expresa en la Ec. (2) y se genera luego de la etapa de comparación de la Fig. 2.

$$u[n] = \pm C \sum_{k=\frac{M}{2}}^{k+\frac{M}{2}} |x[k]| \quad \text{Ec. (1)}$$

$$y[n] = \begin{cases} 1 & \text{Detecta} \\ 0 & \text{No detecta} \end{cases} \quad \text{Ec. (2)}$$

2.3 ACONDICIONAMIENTO DE LA SEÑAL

En la etapa de acondicionamiento nos centramos en un análisis en frecuencia de las señales de disparo de armas de fuego. El objetivo es definir un ancho de banda donde la señal de disparo de un arma de fuego concentre mayor cantidad de energía, esto permitirá seleccionar e implementar una etapa de filtrado digital para minimizar los efectos de señales provenientes del ambiente natural (ruido) y llevar a cabo la implementación del algoritmo de detección. Debido a que el filtrado produce cierta atenuación en los impulsos provenientes de los disparos, se utiliza una diferenciación de la señal filtrada para tratar de acentuar dichos impulsos. La etapa de acondicionamiento, y el sistema general, se puede ver en la Fig. 1.

3. RESULTADOS

3.1 SEÑALES DE AUDIO

Para evaluar el método de detección, se debe contar con grabaciones de armas de fuego realizadas en la selva. La colección de audios utilizada proviene de Ref. [2], y se detallan en la Tabla 1. Todas las señales se encuentran muestreadas a 44,1 kHz y normalizadas a 130 dB_{SPL}, por ser la máxima presión sonora que puede captar el micrófono utilizado.

Tabla 1. Señales de audio de disparos

Tipo de arma	Distancia de disparo (metros)
Pistola 9mm	30, 90, 600
Revólver calibre .32	30, 90, 600
Revólver calibre .38	30, 90, 250, 600
Escopeta calibre .12	30, 250, 600
Carabina calibre .22	30, 90, 600

Además, la colección también contiene sonidos que pueden encontrarse en un ambiente selvático como aves, viento, curso de agua, voces y un avión que sobrevuela la zona. Las mismas se tomaron como referencia para adaptar grabaciones de sonidos de la región.

Se realizaron mezclas de audio donde la amplitud del sonido ambiente utilizado se considera como un caso bastante adverso, para poder asegurar que la detección funcione con seguridad en condiciones promedio.

3.2. FILTRADO Y DIEZMADO

Para poder observar la distribución espectral de las señales de disparos, se recurre a la transformada rápida de Fourier (FFT), como se puede ver un ejemplo en la Fig. 3. El espectro en frecuencia de las señales de disparos se distribuye, en su mayoría, hasta aproximadamente los 3 kHz. Mediante pruebas experimentales, buscando una banda con mayor concentración de potencia para todas las armas, se logró obtener un filtro que presenta buenos resultados, atenuando las señales de fondo del ambiente (ruido) sin disminuir considerablemente la amplitud de los disparos. El filtro digital es del tipo IIR (*Infinite Impulse Response*), pasa banda Butterworth de orden 10. Las frecuencias de corte se definen entre 200 Hz y 1000 Hz.

Las señales analizadas presentan una frecuencia de muestreo original de 44,1 kHz, pero las mismas son diezmadas por un factor de 20 luego del filtrado. Esto se realiza con la finalidad de disminuir el costo computacional de la umbralización, y la memoria necesaria para la ventana utilizada. Entonces, la frecuencia de muestreo resulta según la Ec. (3).

$$f_s = \frac{F_s}{20} = \frac{44100 \text{ Hz}}{20} = 2205 \text{ Hz} \quad \text{Ec. (3)}$$

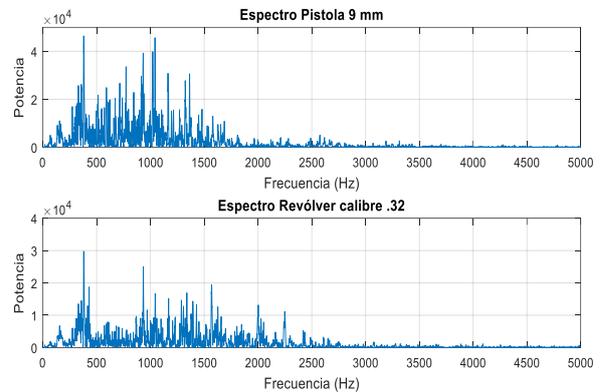


Fig. 3. Espectro de las señales de disparo. Arriba: pistola 9mm. Abajo: revólver calibre .32.

4. SIMULACIÓN DEL ALGORITMO

Siguiendo el esquema de la Fig. 1, la señal de audio usada para evaluar el método ($X[n]$) sin procesamiento previo se muestra en la Fig. 4, donde se puede apreciar el arma y distancia a la cual se realizó el disparo. Una vez filtrada, diezmada y diferenciada la señal, la misma pierde aquellas componentes de ruido que pueden generar falsos positivos. Dicha señal ($X_{dif}[n]$) se observa en la Fig. 5, donde se puede ver que gran parte del ruido fue eliminado y los disparos pueden verse con mayor facilidad. El caso más difícil se considera el de la carabina calibre .22 a 600 metros de distancia, siendo el sonido más débil de todos.

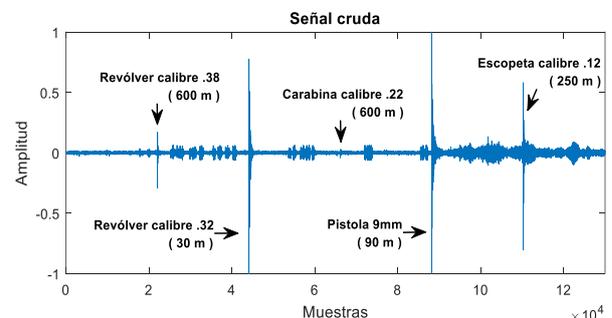


Fig. 4. Señal $x[n]$ con distintos sonidos de armas a diferentes distancias.

Finalmente, la señal de la Fig. 5 se umbraliza para determinar si el método es capaz de detectar automáticamente disparos a

distintas distancias y de distintos calibres de armas. El método de umbralización está basado en el valor absoluto (ver Fig. 2 y Ec. (1)), donde el valor del ancho de la ventana M y la constante C se determinaron experimentalmente, quedando definidas según las Ec. (4) y (5).

En la Fig. 6, se puede apreciar que el método funciona adecuadamente para todos los tipos de armas y distancias de hasta 600 metros, incluso para la carabina calibre 22.

$$M = 1800 \quad \text{Ec. (4)}$$

$$C = \frac{15}{M} = \frac{15}{1800} = \frac{1}{120} \quad \text{Ec. (5)}$$

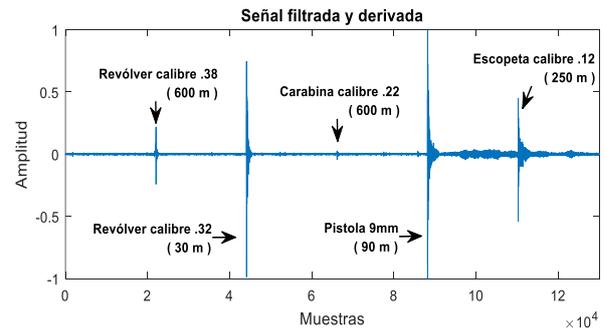


Fig. 5. Señal diezmada, filtrada y diferenciada.

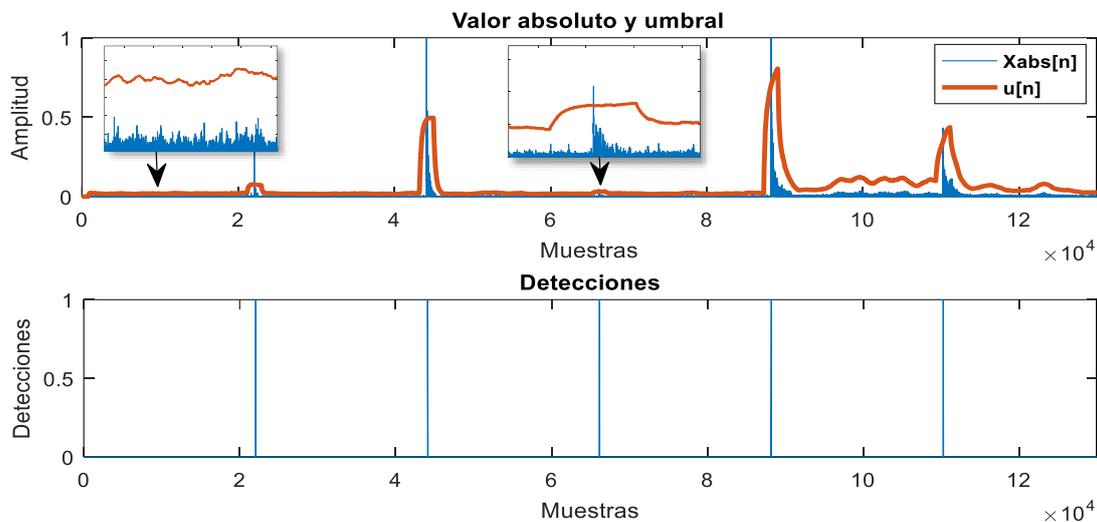


Fig. 6. Arriba: Señal (azul) y umbral (rojo). Abajo: Detecciones realizadas

5. CONCLUSIONES

En este trabajo se presentó una propuesta para la detección de disparos de arma de fuego en ambientes selváticos. Utilizando grabaciones de audio de distintos tipos de armas obtenidas en la selva, se pudo determinar que, utilizando un preprocesamiento y filtrado digital, es posible detectar disparos a distancias que, en caso de algunos calibres de armas, pueden exceder los 600 metros. El caso más difícil fue para una carabina calibre 22 que, al ser de calibre chico y caño largo, genera un estruendo mucho menor al de otras armas. Los resultados mostrados demuestran que, mediante la colocación de equipos detectores basados en la técnica presentada en este trabajo, se puede implementar un control de caza ilegal en reservas naturales mucho más efectivo que el realizado en la actualidad.

6. REFERENCIAS

- [1] A. C. Rodríguez, "Circuitos integrados de bajo consumo para detección y localización de disparos de arma de fuego", Phd thesis, Universidad Nacional de Mar del Plata, Mar del Plata, 2008.
- [2] N. Hernández, *et al.*, "Collection of gun and chainsaw sounds in a tropical forest", ed: Escuela de Ingeniería Electrónica, Instituto Tecnológico de Costa Rica, 2006.
- [3] S. Moya, *et al.*, "Detección de señales codificadas con Secuencias Complementarias mediante redes neuronales", presented at the XV Reunión de Trabajo en Procesamiento de la Información y Control - RPIC 2013.