

# Reconfiguración en arquitecturas FPGA-TBD para sistemas de visión de radio (radar, sonar) empleando procesamiento de señales basado en conocimiento

Santos Martín López Estrada  
Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica, Departamento de Ciencias Computacionales  
A.P. 51 y 216, Puebla, 72000, México  
[santosle@inaoep.mx](mailto:santosle@inaoep.mx)

## 1. Introducción

La percepción por computadora recupera la información de una escena mediante el análisis de la salida de los sensores, que pueden ser intensidades de gris o colores de píxeles, en el caso de una cámara, o bien la amplitud, frecuencia y fase de una señal, en el caso de un sistema de radio (sonar o radar).

El radar en particular, proporciona ayuda visual sobre los blancos u objetivos (buques, boyas, tierra) presentes en el escenario de navegación, mostrando información de posición y distancia de cada uno de ellos. El desempeño de la ayuda visual se ve afectado por las condiciones climatológicas existentes, las cuales dividen en 12 estados o condiciones del mar, de acuerdo a la altura de las olas, siendo esencial contar con los medios adecuados para discriminar el ruido provocado por los reflejos de la onda electromagnética en las olas del mar, permitiendo la detección adecuada de los blancos.

## 2. Problema a resolver

Diversos grupos de investigación trabajan en problemas abiertos en procesamiento de señales de radar que permitan mejorar la detectabilidad y resolución de blancos, tales problemas se enfocan principalmente a detección automática, modelado de ruido no Gaussiano, procesamiento adaptativo y fusión de sensores. Estos problemas involucran la creación o mejora de algoritmos de detección como CFAR (Constant False Alarm Rate) y arquitecturas que los soporten para operar en tiempo real.

La detección en todo sistema de visión involucra la obtención de un umbral de comparación para la separación del ruido y los blancos. Un umbral fijo causa incremento de blancos perdidos y falsas detecciones, un umbral adaptativo como en CFAR causa un incremento en la probabilidad de detección y

disminución de las falsas alarmas. El umbral adaptativo debe ser calculado asociando CFAR con un modelo de ruido que describa las condiciones existentes del mar. Bajo esta problemática se plantean las siguientes preguntas de investigación:

¿Es posible incrementar la eficiencia de los algoritmos de detección existentes asociando un modelo de ruido a cada uno de los estados del mar?

¿Se puede realizar detección automática en tiempo real mediante una arquitectura reconfigurable?

¿Es posible incorporar técnicas KBSP (knowledge based signal processing) para realizar la reconfiguración?

¿Qué información es tanto suficiente como necesaria para llevar a cabo la tarea de detección?

## 3 Motivación

Los sistemas de visión por computadora están siendo ampliamente utilizados en distintos dominios. En particular en el procesamiento de señales de radar se requiere de un sistema robusto capaz de realizar detección automática incrementando la probabilidad de detección y disminuyendo las falsas alarmas. Los sistemas empleados hasta el momento han incrementado esta probabilidad sólo en condiciones favorables del entorno, ya que al tener condiciones con ruido no gaussiano, la probabilidad de detección decrece significativamente. Por otro lado el empleo de más de un modelo de ruido permite obtener la robustez que se requiere. Los sistemas actuales de detección automática son arquitecturas software con problemas para trabajar en tiempo real. Una arquitectura reconfigurable basada en las técnicas como KBSP, permitirá desarrollar sistemas de visión para detección automática que operen en tiempo real.

## 4. Trabajo relacionado

El problema de detección ha sido atacado desde distintos puntos de vista: utilizando uno o más modelos de ruido marítimo[1]. Realizando variantes del algoritmo adaptativo CFAR (Constant False Alarm Rate)[2][3] como CA-CFAR (Cell Averaging), GO-CFAR (Greatest of), SO-CFAR(Smallest of) y OS-CFAR (Order statistic). Empleando el concepto TBD (Track before detect)[4], el cual mejora la detectabilidad de los blancos integrando información sobre el tiempo para realiza una detección temprana de los blancos antes de ser declarados como tales. Utilizando el concepto KBSP [5][6], el cual fue creado por DARPA (Defence Advanced Research Projects Agency) bajo el proyecto KASSPER (Knowledge Aided Sensor Signal Processing and Expert Reasoning), el cual involucra conceptos como conocimiento asistido, bases de datos estadísticas (conocimiento a priori del ruido) y arquitecturas de computo embebidas de alta eficiencia para procesar señales de radar. Con los resultados obtenidos en los trabajos anteriores se puede plantear una metodología de diseño de sistemas de visión para detección automática basados en reconfiguración de arquitecturas FPGA-TBD empleando técnicas KBSP.

## 5. Metodología

Para obtener un sistema de visión FPGA empleando metodología de reconfiguración basada en técnicas KBSP y TBD que mejore la eficiencia de los algoritmos de detección, se plantea desarrollar dos fases de trabajo como se muestra en la figura 1: en la primera fase llamada fuera de línea, se planea realizar una clasificación de estados del mar basada en descriptores de textura y energía, a cada clase clasificada asociarle un modelo de ruido con funciones de distribución de probabilidad, como Weibull y K con distintos parámetros de forma y simetría y con ello generar un conjunto de reglas basadas en conocimiento o un árbol de decisión para realizar la reconfiguración de una arquitectura que seleccione el mejor modelo de ruido para la clase clasificada. En la fase del diseño de la arquitectura se debe realizar la partición de módulos reconfigurables, los cuales implementaran las reglas basadas en conocimiento o el árbol de decisiones obtenido en la fase fuera de línea, y la implementación de módulos fijos de procesamiento como el algoritmo CFAR y la estructura de TBD

## 6. Resultados preliminares

En el trabajo fuera de línea se tiene desarrollado el análisis estadístico del ruido marítimo, asociando cada estado del mar con un modelo de ruido con función de distribución Weibull o K con distintos parámetros.

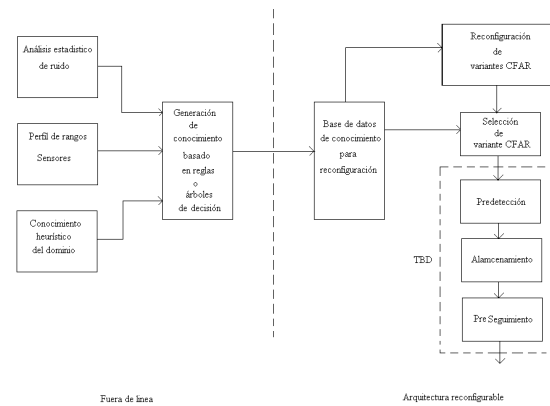


Fig. 1 Solución propuesta

En el análisis de textura de estados del mar se realizó la obtención de descriptores de textura mediante la matriz de co-ocurrencias de niveles de gris, con los cuales se realizó la clasificación de estados del mar y se obtuvieron los árboles de decisión de dicha clasificación, los resultados muestran que es posible realizar la clasificación de cada uno de los estados del mar en un 87%, sin embargo este resultado se complementará al incluir un análisis de energía para incrementar el porcentaje de clasificación correcta con lo cual podemos realizar la reconfiguración de la arquitectura. En cuanto a la arquitectura se ha realizado la implementación de algunos módulos fijos en el FPGA.

## Referencias

- [1]. Farina, Gini, Greco. "High Resolution Sea Clutter Data: A Statistical Analysis of Recorded Live Data" IEE Proceedings Radar, Sonar & Navigation. Vol 144 No. 3. 1997
- [2]. D. Drumheller, H. Lew. "A Parameter- Intensive False Alarm Rate Detection Processor". Technical Report. Defence Science & Technology Organization. Electronics and Surveillance Research Laboratory. 2001
- [3]. L. Zhao, W. Liu. "A Novel Approach for CFAR Processor Design". IEEE Radar Conference. 2001
- [4]. J. Salmond, H. Birch "A Particle filter for Track Before Detect" Proc. American Control Conference June 2001
- [5]. J.Bergin, M. Teixeira. "STAP with Knowledge Aided Data pre Whitening" Proc. IEEE Radar Conference Philadelphia 2004
- [6]. L.Melvin, A. Showman "A Knowledge Aided GMTI Detection Architecture" Proc. IEEE Radar Conference Philadelphia 2004