

## Reflectividad mejorada con la doble polarización de Vaisala: ¡Los radares ven más!

### Mejor sensibilidad sin las desventajas de un transmisor más potente:

Cuando se introdujo el RADAR (Radio Detection And Ranging) rápidamente se evidenció que la tecnología era útil para el estudio de las condiciones atmosféricas. Con la doble polarización se realizó un esfuerzo significativo para mejorar el valor cuantitativo de las mediciones del radar. Son ejemplos de esta investigación los avances en la estimación de lluvias, la identificación de hidrometeoros y la supresión de objetivos no meteorológicos, la corrección de atenuación y las estimaciones autoconsistentes de calibración. Todas éstas son metodologías realmente muy útiles con una señal de alta amplitud cerca del radar, generalmente a menos de 150 kilómetros del sitio.

Este artículo presenta una nueva técnica de procesamiento de señal para aumentar la detección de reflectividad, mejorando la capacidad de vigilancia de un radar de doble polarización de recepción y transmisión simultánea (modo STAR). La técnica mejora la recepción de señales de baja amplitud, comunes a distancias mayores de 150 km desde el sitio del radar. Es una exclusividad del Radar Meteorológico Vaisala WRM200, del Radar Meteorológico Vaisala WRK200 y del Receptor y Procesador Digital de Señal Vaisala Sigmoid RVP900™.

#### Antecedentes

Para hacer radares de doble polarización económicamente

eficientes, los fabricantes eligen usar la recepción y transmisión simultánea (modo STAR) de los dos estados de polarización. El modo STAR ofrece un diseño más simple que mejora la fiabilidad y reduce los costos de ciclo de vida del sistema en comparación con otros conceptos de doble polarización. El modo STAR también tiene la ventaja técnica específica de que muestrea simultáneamente los datos horizontales y verticales. Por lo tanto el radar de modo STAR puede lograr mejores correlaciones con hidrometeoros observados que otros tipos de sistemas de doble polarización.

Una importante desventaja del modo STAR es que divide la potencia del transmisor en dos canales. Esto efectivamente recorta la potencia promedio de salida del radar a  $\frac{1}{2}$  o 3dB. La cantidad de potencia de retorno recibida por el radar es directamente proporcional a la potencia transmitida. Cuando la potencia del transmisor se reduce en la mitad, la señal mínima detectable por el radar también se reduce en la mitad, perdiéndose así algo de sensibilidad. Éste es un impacto negativo para la función de vigilancia de un radar meteorológico.

La metodología tradicional para superar esta pérdida de sensibilidad es incrementar la potencia del transmisor. Actualmente con el mercado comercial del radar de Banda C, hay disponibles transmisores de 1 MW para superar

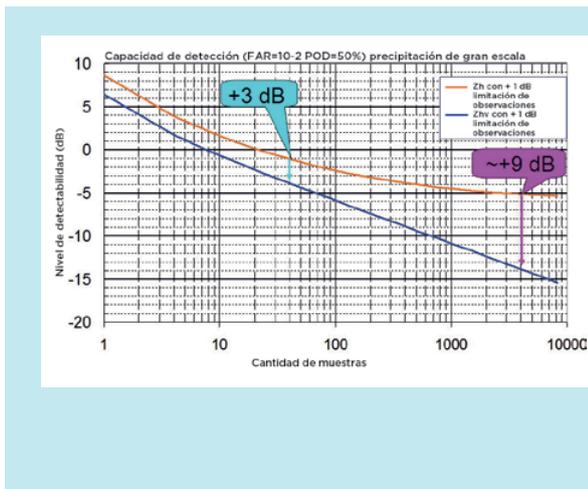
el problema. Sin embargo, la mayor potencia de transmisión tiene importantes desventajas técnicas y económicas que deben considerarse:

1. Al incrementarse la potencia de salida del transmisor también se incrementa la magnitud de la potencia de los ecos de tierra que retornan. Esto produce la necesidad de usar algoritmos de filtro de ecos de tierra más potentes. Cuando los algoritmos de filtro de ecos de tierra eliminan más datos, también impactan negativamente sobre los datos meteorológicos válidos.
2. El incremento de la potencia del transmisor incrementa la probabilidad de que el receptor se sature a distancias cercanas al sitio del radar. Con un receptor saturado resulta imposible distinguir entre los ecos de tierra y una señal meteorológica.
3. Un transmisor de mayor potencia también tiene mayores costos de ciclo de vida: repuestos, mayores especificaciones de infraestructura, como generadores de reserva y suministro continuo de energía. Los mayores costos de consumo de energía durante el ciclo de vida por sí solos pueden significar más de 50.000 USD con los costos actuales de energía. Y los precios de la energía tienen expectativas de alza.
4. Con transmisores de mayor potencia puede resultar más difícil obtener licencias de emisión.

## La solución de Vaisala incrementa la detectabilidad sin las desventajas del uso de un transmisor más potente

La amplitud de la potencia recibida está determinada por los voltajes eléctricos recibidos a través de la antena. Estos voltajes están expresados como números complejos para resolver problemas que no serían posibles sólo con números reales. En el radar meteorológico, las correlaciones de procesamiento de señal se realizan midiendo la similitud de la energía recibida consigo misma. Es una herramienta matemática para encontrar pautas, como señales enterradas bajo ruidos. Tradicionalmente los estimadores de potencia usados en radares de doble polarización comparan los voltajes de la antena horizontal consigo mismos, o comparan los voltajes de la antena vertical consigo mismos. La salida de estos estimadores de potencia se usa así para computar la reflectividad horizontal  $Z_h$ , y la reflectividad vertical  $Z_v$ , respectivamente.

La solución de Vaisala al problema de dividir la potencia es hacer uso de una nueva entrada para las técnicas de estimación de potencia de eco. Es ampliamente sabido en la comunidad del radar que las partículas en precipitación tienen una alta correlación entre los estados de polarización H y V. Es típico tener valores de correlación copolar ( $\rho_{HV}(0)$ ) mayores de 0,85 para casi cualquier tipo de hidrometeoro. En lluvias líquidas es habitual que el WRM200 mida  $\rho_{HV}(0)$  a 0,996. Por lo tanto es tan factible comparar el voltaje de la antena del canal H con el voltaje de la antena del canal V y llamar a la reflectividad mejorada resultante  $Z_{hv}$ . ¿Pero por qué da esto una mejor detectabilidad?



La figura 1 es una comparación de las capacidades de detección de los estimadores de potencia  $Z_h$  y  $Z_{hv}$  como función de las muestras cuando se usan técnicas de limitación de observaciones para eliminar ruidos residuales. La diferencia entre las dos líneas representa el incremento en la capacidad de detección del estimador de potencia H & V respecto del estimador sólo H.

La energía que retorna al radar se compone de energía del eco, la de la señal y la de los ruidos. Actualmente hay muchos algoritmos en uso para eliminar la energía del eco, dejándonos con la de la señal y la del ruido. Al obtener la energía de la señal, la metodología tradicional simplemente sustrae el valor medio estimado de ruido. La estimación de ruido viene de muestreos de rutina realizados durante la calibración o durante la operación del radar. Si podemos disminuir el valor esperado de ruido y su varianza, se pueden medir señales más débiles. El mecanismo de cancelación de ruido en descripción nos provee niveles de ruido residual más bajos y también más estrechos. Esto nos permite relajar la limitación de observaciones o los criterios de umbral utilizados para eliminar datos malos conservando una calidad equivalente de datos.

El ruido se compone de radiación de fondo de la tierra y de la atmósfera, y de ruido dentro del sistema del radar. Este ruido tiene una potencia aleatoria a cualquier frecuencia. Cuando se hace correlación cruzada de los voltajes del canal H consigo mismo, el ruido aleatorio también se

correlaciona como si fuera la misma señal. Cuando se hace correlación cruzada entre los canales H y V, el ruido no está correlacionado porque es una señal diferente. Pero la señal atmosférica de H y V están altamente correlacionadas. Entonces cuando se hace esta correlación sobre una cantidad infinita de muestreos, el valor de expectativa de ruido de la correlación de sólo H tomará algún valor mientras que en la correlación cruzada H & V el valor de expectativa de ruido se instalará en cero. Como necesitamos distinguir nuestra señal del ruido, y el ruido en el caso H & V se instala en cero, repentinamente tenemos la capacidad de detectar una señal más débil.

En realidad no tenemos un tamaño infinito de muestreo; estamos limitados a una cantidad finita de muestras. Pero con cuantas más muestras alimentemos al estimador de potencia  $Z_{hv}$ , mejores probabilidades de detección tendremos.

En estrategias típicas operacionales de escaneo, los tamaños de muestras son de ~40 pulsos. Esto nos daría un incremento de detectabilidad de ~3 dB del estimador de potencia  $Z_{hv}$  versus el  $Z_h$ , lo que es equivalente a la pérdida de 3 dB debida a la división de la potencia. A largas distancias del radar podríamos usar muestras de diferentes intervalos de rango como entradas a este nuevo estimador de potencia. Esto incrementaría significativamente el tamaño de nuestra muestra. Por ejemplo es posible realizar integración de rango de 16 intervalos contiguos cada uno con 64 muestras de pulso, lo que nos daría un total de 1024 muestras. Como muestra la Figura 1, la mejora en detectabilidad en comparación con el procedimiento general es de ~6 dB, si bien sacrificando algo de resolución de rango. Sin embargo como el haz del radar siempre se está expandiendo, en rangos lejanos ya hemos perdido resolución espacial. No es una mala compensación observar precipitaciones de gran escala con menor resolución espacial, en lugar de no tener ningún dato.

## La reflectividad mejorada también brinda mayor detectabilidad en comparación con un radar de polarización simple funcionando a plena potencia

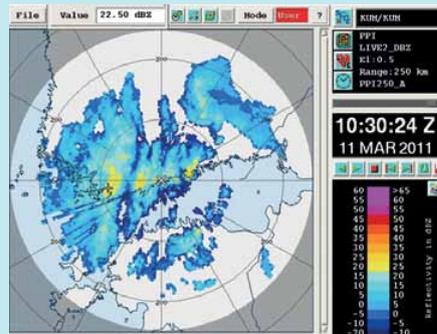


Figura 2: Datos volumétricos escaneados del radar de Vaisala en Kerava en transmisión sólo horizontal.

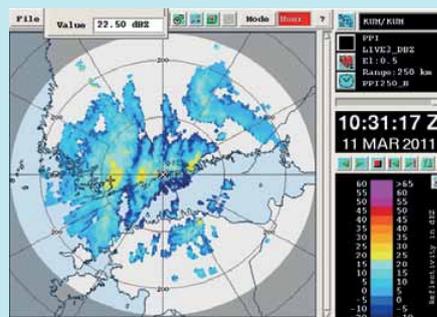


Figura 3: Datos volumétricos escaneados 53 segundos después de los datos de la Figura 2 usando el modo de transmisión STAR. Con el procesamiento tradicional se pierden 3dB de sensibilidad debido a la división de la potencia entre los canales horizontal y vertical.

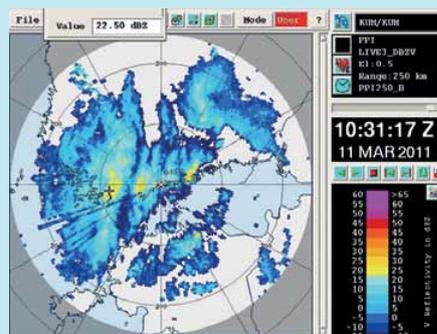


Figura 4: Los mismos datos volumétricos escaneados de la Figura 3, pero con reflectividad mejorada. Al no tener el ruido correlacionado en estimador de potencia existe la capacidad de exceder la detectabilidad posible en radares de polarización simple a plena potencia (Figura 2). La posición del cursor muestra un valor de 22,5 dB en la misma posición para todas las figuras, indicando nuevamente que no hay sesgo en las estimaciones de potencia.

## La reflectividad mejorada como una medición no sesgada y equivalente comparada con la reflectividad horizontal tradicional

Esencialmente  $Z_{hv}$  es una medida física diferente de la tradicional  $Z_h$ . Como  $Z_h$  es muy usada como factor de decisión, también debe mostrarse que  $Z_{hv}$  es una medición equivalente o no sesgada. También es importante

que  $Z_{hv}$  puede ser calibrado con correcciones de atenuación de la misma manera que  $Z_h$ . Las Figuras 5 a 7 muestran comparaciones de los valores de  $Z_h$  y  $Z_{hv}$  dentro del mismo escaneo.

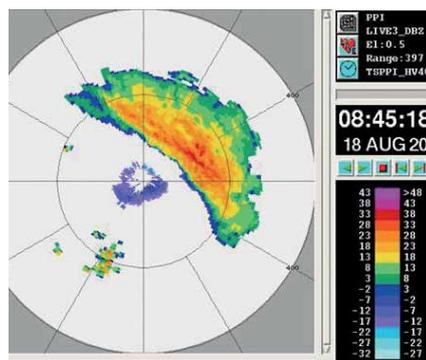


Figura 5: Reflectividad horizontal ( $Z_h$ ) obtenida durante operaciones en modo STAR con el radar de Vaisala en Kerava.

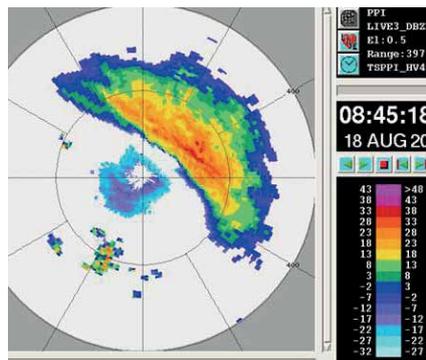


Figura 6: Reflectividad mejorada ( $Z_{hv}$ ) computada del mismo escaneo que en la figura 5. Se observa nuevamente un mayor índice de detección pero el mismo bajo nivel de detecciones falsas.

## Los radares meteorológicos Vaisala ofrecen más valor

A continuación se expone un resumen de los beneficios:

- Con las mismas configuraciones de escaneo usadas comúnmente en la doble polarización, un incremento en detectabilidad de 3 dB que teniendo un transmisor de 500 kW, como los radares de la competencia, pero con menores costos de ciclo de vida.
- Detectabilidad total incrementada en 10 dB, lo que equivale a un transmisor de 2,5 MW.
- Capacidad de vigilar un mayor rango para su uso en la toma de decisiones en aviación y meteorología.
- Menos susceptibilidad a la atenuación total debido a una mayor detectabilidad y componente V, por ejemplo menos pérdida de atenuación.
- No se requieren cambios de hardware para el sistema de radar.

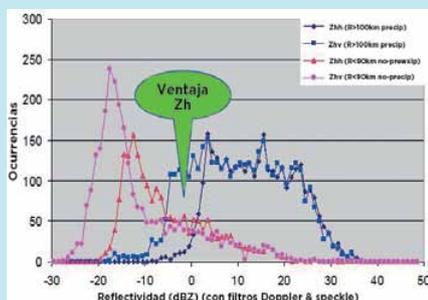


Figura 7: La cantidad de ocurrencias para un nivel específico de reflectividad  $Z_h$  y  $Z_{hv}$  para un escaneo PPI. Las líneas de color azul oscuro y claro son para reflectividad horizontal y mejorada, respectivamente, a rangos mayores de 90 km. Ésta es la zona fácilmente reconocible fuera de la zona con retornos de aire claro en las proximidades del radar las Figuras 2 y 3. Se ve en los valores mayores de amplitud, la reflectividad horizontal tradicional. La ganancia en sensibilidad también es visible donde la reflectividad horizontal crece alrededor de 0 dB.

Las líneas rojas y rosas muestran grandes sesgos pero esto es de esperar porque los objetivos son no meteorológicos y tienen baja correlación en doble polarización.

# VAISALA

Para más información visite  
[www.vaisala.com](http://www.vaisala.com) o escribanos a  
[sales@vaisala.com](mailto:sales@vaisala.com)

Ref. B211164ES-A ©Vaisala 2012

El presente material está protegido por la legislación de derechos de autor. Todos los derechos de autor son propiedad de Vaisala y de sus socios individuales. Todos los derechos reservados. Algunos logotipos y/o nombres de productos son marcas registradas de Vaisala y de sus socios individuales. Está estrictamente prohibida la reproducción, transferencia, distribución o almacenamiento de información contenida en este folleto, en cualquier forma, sin el consentimiento previo y por escrito de Vaisala. Todas las especificaciones, incluyendo las técnicas, están sujetas a modificaciones sin previo aviso. La presente es una traducción de la versión original en idioma inglés. En caso de ambigüedad, prevalecerá la versión del documento en inglés.