

Avances en el desarrollo de productos del radar meteorológico automatizado

Autores: Wilfredo Pozas Pérez, Roberto Naranjo Ponce.

Introducción

Desde su fundación en 1989 el Laboratorio de Desarrollo Técnico (Ladetec) del Centro Meteorológico de Camagüey ha trabajado intensamente en la automatización de los radares meteorológicos cubanos. Diversas variantes han sido aplicadas a lo largo de los años hasta llegar a la versión de 1997 la cual constituyó el punto de partida para la versión actual.

El sistema implementado posee dos partes fundamentales: la adquisición y el procesamiento de la información meteorológica.

El procesamiento secundario del dato es una poderosa herramienta en el sentido de que se puede realizar un análisis profundo de la información y generar nuevos productos, aplicaciones y servicios [1]. Esta línea de investigación se muestra prometedora en el sentido de resolver diversos problemas presentes en nuestro sistema de radares. Entre estas dificultades podemos mencionar:

1. No disponibilidad de los productos en tiempo real en Internet de forma robusta.
2. Contaminación de la información con ecos fijos en todos los radares.
3. No disponibilidad de un mapa radárico nacional.

Todos estos problemas se pueden solucionar en gran medida a partir del procesamiento secundario de la información obtenida y ya se muestran resultados implementados en el radar de Camagüey.

Objetivos

El objetivo de este trabajo es exponer los resultados y avances alcanzados en el desarrollo de nuevos productos, aplicaciones y servicios basados en el dato obtenido con el radar.

Materiales y métodos.

Para realizar este trabajo se cuenta con toda la información recogida por los radares automatizados hasta el momento (Camagüey, Pico San Juan, Casablanca, Punta del

Este). Mucha bibliografía ha sido consultada, básicamente, los Preprints de las últimas conferencias de meteorología de radar (25th a 31th Conference on Radar Meteorology) en el sentido revisar el estado del arte y de encaminar los resultados según las tendencias actuales en el mundo, partiendo además de los mejores métodos y algoritmos publicados y desarrollados para resolver cada uno de los problemas planteados.

También se cuenta con la experiencia acumulada desde abril de 1997 hasta la fecha por los operadores del radar de Camagüey y por los que se fueron incorporando paulatinamente al sistema. En este sentido los aportes y sugerencias de meteorólogos y especialistas extranjeros también se han tenido muy en cuenta.

Resultados

Automatización de la generación de productos.

En un principio, con la automatización del radar y utilizando el procesador secundario Vesta | Proceso se dio la posibilidad de elaborar toda una serie de productos estandarizados en el mundo (CAPPI, Máximos, VIL, Topes, etc.) [4]. Todos estos productos se crean de forma interactiva por parte del operador o usuario meteorológico de modo que se necesita de forma imprescindible en el proceso la mano del hombre, aún cuando este solo vaya a generar los productos para su análisis posterior por los especialistas.

Este problema impedía la muestra en tiempo real de la información en Internet. Para resolverlo se elaboró una aplicación cliente del Vesta | Proceso, el Vesta | Distribuidor. Esta aplicación es capaz de manipular el Vesta | Proceso realizando de forma automática y programada lo que el operador haría de forma manual y además es capaz de distribuir los productos a distintos usuarios.

La implementación de este resultado ha permitido la elaboración de sitios especializados para usuarios como el IACC o la muestra de la información del radar en sitios de propósito general como el del Centro Meteorológico Cienfuegos:

<http://www.cmpcf.co.cu/productos/animada.gif>.

Supresión de ecos fijos.

Los ecos fijos, provenientes de montañas, edificaciones, torres, etc., captados en ángulos bajos principalmente, ya sean por el efecto de los lóbulos laterales o por la intersección directa del lóbulo principal, tienen como característica principal que están más correlacionados en tiempo que el eco meteorológico [6].

La eliminación de este efecto constituye hoy en día una polémica, ya que no existe un método perfecto que elimine todos los clutter provenientes de ecos fijos sin afectar la información de lluvia. Es más complicada aún la eliminación, sin que queden residuos que puedan confundir más la información. Los mejores resultados se han obtenido con la combinación de varios métodos, que están relacionados con el tipo de eco, condiciones atmosféricas y de propagación y el empleo de medios de computo avanzados.

Nuestros radares son no coherentes, es decir que no tienen la cualidad Doppler, por lo que cualquier técnica de supresión en este sentido no puede ser empleada. Esto hace que sea necesario usar técnicas de supresión relacionada solamente con la amplitud de la señal.

En radares convencionales el tratamiento de ecos fijos es hecho principalmente con la ayuda de mapas [6], el método consiste en que a partir de un mapa previamente almacenado se eliminan en la observación todas aquellas celdas marcadas como ecos fijos y luego interpolando con la información de las celdas vecinas, se rellenan los vacíos que pueden ser generados [9]. Otra posibilidad sería la sustracción a la observación original de un mapa de intensidades de los ecos fijos con diferentes umbrales.

La ventaja de este método es que es muy fácil de implementar y utiliza la observación ya procesada. Pero tiene muchas desventajas como son: que los ecos fijos pueden variar de un día a otro, situación más marcada en los casos de propagación anómala o en caso de que estén húmedos. Por tanto es posible que se eliminen zonas marcadas y en realidad no lo sean por lo que se necesitaría una constante actualización de los mapas antes las diferentes condiciones climáticas y de propagación.

Actualmente este método en radares más modernos se usa combinado con otros para reconocer las áreas contaminadas y la elección del filtro adecuado.

Otro método es el empleo de filtros estadísticos que se basan en que a partir de las fluctuaciones de la amplitud de la señal se pueden diferenciar los ecos fijos de los ecos meteorológicos. Se considera que el ancho del espectro del eco meteorológico, es mayor que el del eco fijo [5]. Es decir de un pulso a otro fluctúa más el eco meteorológico que el eco fijo. Existen varios algoritmos asociados a esta técnica, ya sea empleando filtros de clutter paso alto [2] donde se dejan pasar los componentes de alta frecuencia de la señal, suprimiendo los de baja frecuencia [6] u otros algoritmos que emplean la desviación estándar experimentada por un grupo de muestras tomadas para la misma distancia cada una nueva realización de la señal [8]. Este valor es comparado con un umbral, el cual es escogido de forma tal que suprima la mayor cantidad de ecos fijos, afectando lo menos posible los ecos meteorológicos.

Estas dos técnicas o la combinación de ambas pueden ser usadas en los radares que se han automatizado recientemente. En el caso del Radar de Camagüey debido limitaciones en el hardware de adquisición de datos y en los medios de cómputo, no puede ser empleado el filtro estadístico. Por estas limitaciones solo se empleó para la supresión de objetos locales el mapa de clutter.

Para la confección de este mapa se escogió un formato de observación usado en el servicio: 375 celdas de 1.2 Km y 9 ángulos de elevación. Se escogieron 20 observaciones en condiciones de aire claro en diferentes días y horas, que estuvieran lo menos contaminadas con interferencia y ecos meteorológicos.

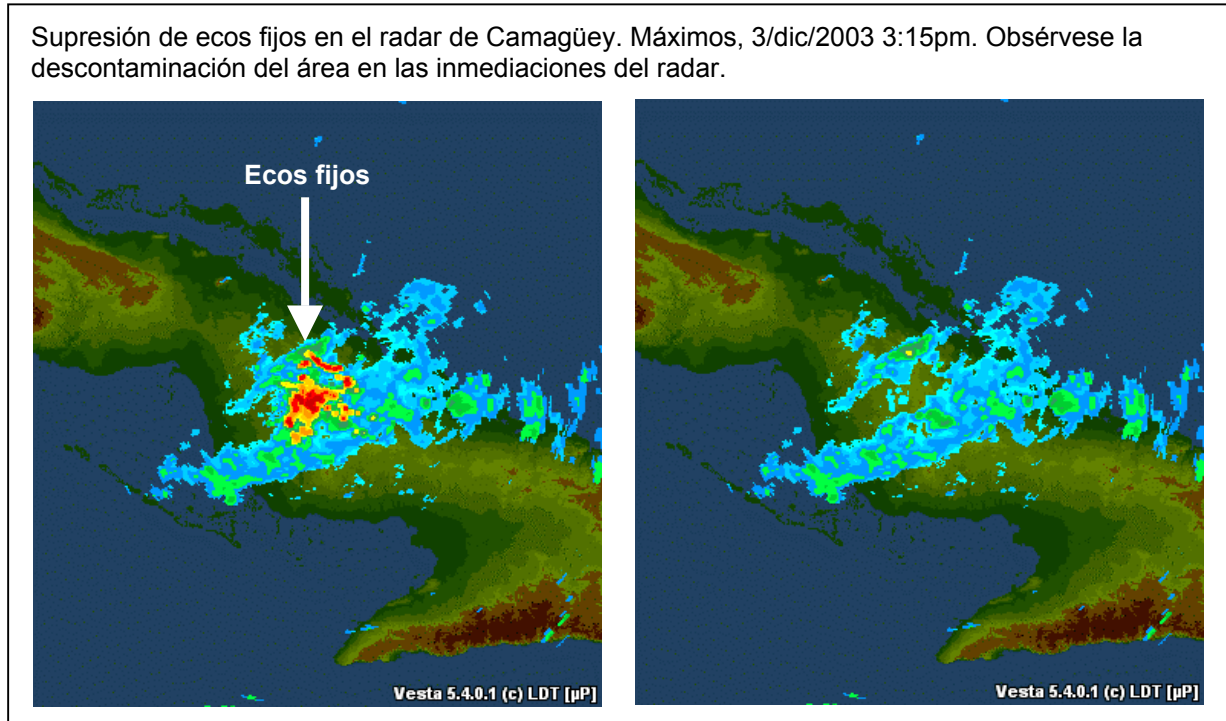
Con estas 20 observaciones se confeccionó un mapa sumando en cada celda la incidencia de eco fijo. Después se filtró con el criterio de que solo se mantengan aquellas celdas cuya incidencia sea mayor que 12, como resultado se obtiene un mapa plantilla que se empleará para eliminar toda la información contenida en cada celda que esté contaminada con eco fijo. Y a partir de este mapa plantilla se genera otro que contiene en cada celda el valor promedio de la potencia recibida en las 20 observaciones.

Este mapa se puede emplear de dos formas, una la sustracción: Con este método le sustraemos al campo lluvioso el mapa de intensidades promedio, en caso de que exista lluvia sobre el eco fijo al restar quedarán solo las intensidades correspondientes a la lluvia, por supuesto las estimaciones de lluvias serán aproximadas. La dificultad de

este método radica en que las intensidades del eco fijo pueden cambiar de acuerdo a diferentes factores y entonces al restar quedará un residuo. En este caso podemos usar el método de cancelación.

La cancelación consiste en eliminar todo el dato contenido en las celdas que están contaminadas, generando huecos en la información, por lo que es necesario llenar sustituir esos vacíos aplicando alguna técnica de sustitución [7]. De esta forma no quedan residuos en la información, pero es posible que eliminemos junto con los ecos fijos, ecos meteorológicos que con la sustitución no se puedan restablecer.

En estos momentos el método que se ha incorporado al sistema Vesta | Proceso es la sustracción, como primer paso y se está trabajando la optimización de algoritmos de sustitución para incorporar la cancelación y el empleo de filtros estadísticos.



Creación del mapa radárico nacional.

El hecho de disponer de cuatro radares automatizados de los siete con que cuenta el país permite la elaboración de productos en los que se muestre la información adquirida de forma simultánea.

En este sentido existe más de un algoritmo para la creación de un mosaico en el que participen varios radares. El primer hecho y punto de partida es que se cuenta con

archivos de observaciones y productos y se necesita decidir cual es la mejor materia prima. Las observaciones constituyen el dato obtenido directamente de la atmósfera sin ningún procesamiento y los productos constituyen matrices obtenidas luego de algún procesamiento secundario. Básicamente es más exacto realizar el mapa partiendo de las observaciones pues en el área de intercepción de dos o más radares se tienen más muestras coincidentes en el punto donde se va a realizar la interpolación, esto es una gran ventaja y más aún si se espera obtener un dato para investigación, sin embargo las observaciones son voluminosas y mucho más aun cuando hay gran cantidad de ecos y un procesamiento continuo podría implicar demoras en la salida perdiendo entonces inmediatez el producto y por lo tanto en cierta forma, exactitud. Los productos por el contrario son matrices obtenidas a partir de un procesamiento previo de la información, por ejemplo, el producto Máximos constituye el valor máximo en la columna luego de realizar todas las interpolaciones necesarias en la observación. Por esta causa, los productos son pequeños y a partir de ellos se puede muy fácilmente elaborar el mapa. Sin embargo las interpolaciones realizadas solo tienen en cuenta el radar sobre el cual se producen. Observando el mundo actual, es una práctica habitual realizar los mapas radáricos a partir de productos y no de observaciones. Por lo general es preferible para el servicio contar con un mapa de forma inmediata. Hay que añadir también que el diseño propio de los sistemas foráneos dificulta mucho el obtener un mapa múltiple a partir del dato crudo, cosa que no sucede en el nuestro.

En nuestro país hemos decidido elaborar y poner en funcionamiento un mapa nacional a partir de los productos para el servicio, y en el futuro, si es necesario para la investigación, aprovechando el hecho que los medios de cómputo se van desarrollando de forma vertiginosamente elaborar la versión a partir de las observaciones.

Otro aspecto importante es la forma de mostrar la información para un punto que es cubierto por más de un radar. Tres métodos han sido objeto de análisis. El primero es tomar la información del radar más cercano [3], la dificultad fundamental en este caso es que veces aparecen discontinuidades en los campos delimitados por las líneas que equidistan de cada uno de los radares involucrados. Estas diferencias se deben mayormente a la diferencia de la calibración. Otra dificultad es el hecho de que con este método se menosprecian los radares con posiciones privilegiadas que pueden ver

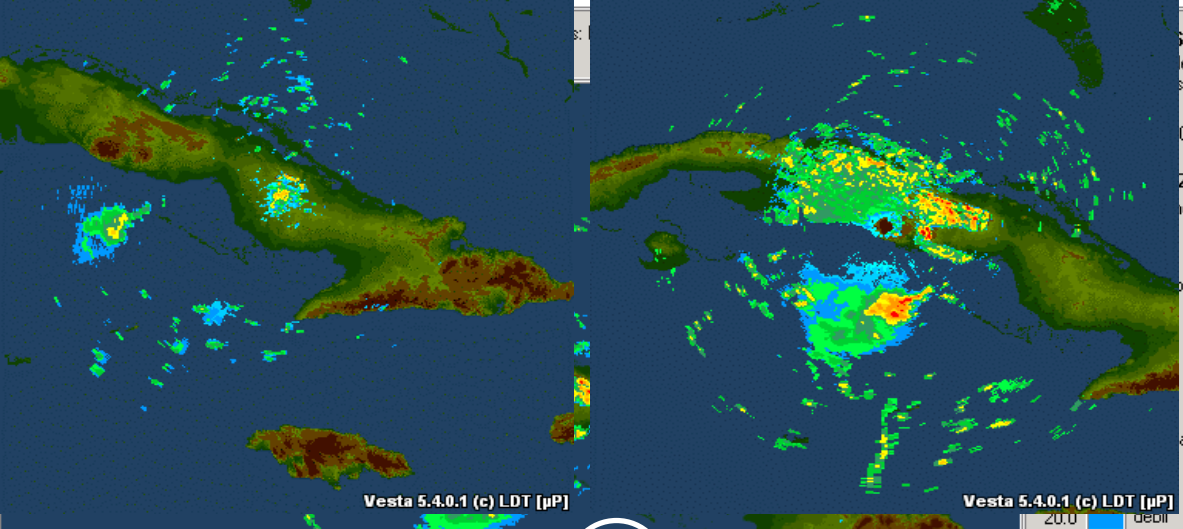
mejor a grandes distancias que otros. El segundo método consiste en tomar el valor máximo reportado por el conjunto de radares que ilumina el punto [3]. Con esto se garantiza que se muestre el eco de la forma en que mejor se pudo observar y por lo tanto se asegura que la intensidad de fenómenos fuertes sea retenida en el análisis. Este método exige también de una buena y uniforme calibración en los radares y su dificultad principal es que a veces se presentan discontinuidades en el interior de un eco. El tercer método consiste en asignar dos funciones de peso a cada punto basadas en la distancia de este a los radares que lo cubren [3], de esta forma se garantiza eliminar las discontinuidades. La primera es una función de peso Cressman con 300 km de influencia [3] resultado del análisis estadístico de las intensidades de tormentas fuertes en la cercanía de radar. Esta función garantiza la selección del radar que mejor puede ver un punto. La segunda función es una exponencial ajustada que garantiza la suavidad del mosaico, reteniendo la magnitud de intensidad observada por el radar más cercano. Este método reúne las mejores características de cada uno de los anteriores, la dificultad principal para su implementación se encuentra en que al ser un método estadístico se necesitan de muchas muestras diferentes para llegar a un resultado, pero el hecho de tener muchas muestras no garantiza que estén cubiertos todos los casos posibles y existe un margen de error.

En nuestro país hemos decidido por el momento utilizar el segundo método para el servicio en tanto se realizan los análisis estadísticos necesarios para implementar el tercero.

Es de destacar además que el aspecto calibración juega un papel fundamental a la hora de elaborar un mapa múltiple con cualquier método que se emplee; por lo tanto este es un punto en el que se necesita de un trabajo eficiente y sostenido por parte de los técnicos.

Máximos, 17/sep/2002 3:06am, Camagüey.

Máximos, 17/sep/2002, 3:06am Pico San Juan.



Vesta 5.4.0.1 (c) LDT [dBZ]

Vesta 5.4.0.1 (c) LDT [dBZ]

Mapa nacional de máximos utilizando los radares de Camagüey y Pico San Juan. Se muestra una discontinuidad casi imperceptible en un eco. (No se suprimieron ecos fijos)

Eco con discontinuidad



Conclusiones.

El procesamiento secundario de la información del radar constituye el paso fundamental para interpretar los datos obtenidos. El continuo perfeccionamiento del sistema redundante en eficiencia en la defensa meteorológica del país. El poder contar con el dato de radar en tiempo real en Internet amplía los horizontes del pronóstico a corto plazo. La supresión de ecos fijos es un tópico fundamental en la explotación de nuestros radares que no cuentan con la cualidad Doppler. El desarrollo e implementación de un mapa radárico nacional para el servicio constituye el paso fundamental para el trabajo de nuestros radares en una verdadera red nacional y a partir de allí se puede ampliar el espacio del dato obtenido permitiendo el desarrollo de algoritmos de pronóstico mediante radar a mayor escala.

Referencias

1. Albery R., Crum F. The NEXRAD program past, present and future: A 1991 perspective. Preprints 25th International Conference on Radar Meteorology. Paris, France AMS, Boston, Mass. 1991.
2. Aoyagi, J. Ground clutter rejection by MTI weather radar. 18th Conference on Radar meteorology. 1978.
3. Jian Zhang, et al. Comparison of Objective Analysis Schemes for the WSR-88D Radar Data. Preprints 31st Conference on Radar Meteorology (Volume II). Seattle, Washington. AMS, Boston, Mass. 2003.
4. Marco A. Pérez, et al. Reengineering MRL-5 for the Cuban Weather Radar Network. Preprints 29th International Conference on Radar Meteorology Montreal, Quebec, Canada. AMS, Boston, Mass. 1999.
5. Nathanson, F. E. Radar design principles. McGraw- Hill, New York, 618 pp. 1979.
6. Riedl J. Example of improvements to clutter suppression in current operational weather radar system. COST 75 weather radar systems, 114-120. 1994.
7. Sánchez-Diezma R., D. Sempere-Torres, Guy Delrieu, Isztar Zawadki. An Improved methodology for ground clutter substitution based on a pre-classification type. 30th Conference on Radar Meteorology, pp 271-273, Munich, Germany. 2001.

8. Wessels H.R.A. Stepwise procedure for suppression of anomalous clutter. COST 75 weather radar systems, 270-277. 1994.
9. Wilson D. R. The use of Doppler and polarization data to identify ground clutter and anaprop. COST 75 weather radar systems, 574-583. 1994.