

Reducción de los tiempos de prueba y mejora de la competitividad en aplicaciones de antenas y RCS

Por J. Swanstrom, S. Phommakesone y J. Puri

 **Agilent Technologies**
www.agilent.com

-John Swanstrom, ingeniero de aplicaciones de Agilent Technologies.

-Say Phommakesone, ingeniero de aplicaciones de Agilent Technologies.

-Jim Puri, especialista en aplicaciones de Agilent Technologies.

La tecnología de antenas cambia constantemente a medida que los requisitos de rendimiento se vuelven más estrictos y los sistemas más complejos. Esto tiene dos consecuencias importantes. La primera es que se requieren más pruebas, y por tanto más datos de prueba, para validar y verificar las prestaciones de un sistema. La segunda es que las pruebas deben ser realizadas en menos tiempo y a menor coste para poder garantizar su terminación a tiempo y la rentabilidad de los sistemas especificados.

Para hacer frente a esta dinámica y exigente situación, se necesitan herramientas de prueba con funciones nuevas, que ofrezcan ventajas técnicas y económicas. Una de estas herramientas es el nuevo receptor de microondas independiente, basado en el diseño de un analizador de redes de alto rendimiento. Desde el punto de vista técnico, puede acortar los tiempos de prueba, ampliar la cobertura de las pruebas, incrementar la productividad y contribuir a mejorar la calidad del sistema. Desde el punto de vista económico, la mayor rapidez de las pruebas permite disminuir el coste de dichas pruebas y acelerar los tiempos de entrega, ventajas que se traducen en una mejor posición competitiva tanto ahora como en el futuro.

Considerando lo dicho, este artículo analiza los desafíos técnicos de las antenas modernas, describe el nuevo receptor de microondas e ilustra los tiempos de medida más cortos mediante ejemplos de situaciones en campo cercano, campo lejano y sección radar (RCS – “Radar Cross-Section”).

Análisis de los desafíos técnicos

Los cambios actuales en los requisitos de prueba están determinados por las tecnologías en constante evolución usadas por los diseñadores de antenas y, por tanto, por los diseños de mayor rendimiento que

se pueden elaborar gracias a estas nuevas tecnologías. Por ejemplo, el desarrollo de módulos transmisores-receptores activos ofrece nuevas capacidades para conformar la distribución de amplitud y fase de la energía de microondas a través de la apertura de una antena. Esto ha permitido no sólo elaborar diseños de antenas de mayores prestaciones sino también modificar dinámicamente las prestaciones de la antena cambiando los estados de los módulos transmisores-receptores.

Conforme los diseñadores aplican estas tecnologías de vanguardia, los diseños de las antenas se vuelven más complejos. La mayor complejidad va acompañada de una mayor necesidad de datos de prueba para caracterizar completamente el rendimiento de la antena. Por ejemplo, la realización de pruebas exhaustivas de las características en campo cercano, meticulosas de por sí, requiere una cantidad de puntos de medida impresionante:

- Caso simple: tres puertos de prueba, una polarización, 64 estados del haz electrónico y cinco frecuencias en una matriz 100x100; en este caso los puntos de prueba suman 9,6 millones.
- Caso complejo: tres puertos de prueba, una polarización, 256 estados del haz electrónico y 62 frecuencias en una matriz 100x100; en este caso los puntos de prueba ascienden a 476,16 millones.

Las cifras son algo menos desmoralizantes en las medidas en campo lejano y RCS. En todos los casos, es evidente que un aumento en la velocidad de medida tendrá un fuerte impacto en el tiempo total de prueba. No obstante, en casos simples, la capacidad para abreviar el tiempo de prueba puede verse limitada por factores como la velocidad de la sonda y del posicionador. En los casos complejos, que constituyen la tendencia actual, las ventajas respecto a las soluciones existentes son extraordinarias. En los ejemplos se ilustrarán más detalles.

Actualización del receptor de medida

Antes de los años 80, los ingenieros de pruebas utilizaban receptores de microondas dedicados para las aplicaciones de prueba de antenas. En 1985, algunos de ellos empezaron a usar analizadores de redes de microondas como receptores. La nueva tecnología aportó mayor estabilidad, precisión, repetibilidad y fiabilidad a aquella generación de instrumentos. Lo que parecía nuevo e innovador en los 80, se ha vuelto ahora algo corriente en muchas instalaciones de prueba de antenas. En cambio, recientemente el sector parece haber vuelto al punto de partida, cambiando los analizadores de redes de alto rendimiento por receptores de microondas dedicados diseñados específicamente para medidas de antena/RCS.

Como ejemplo podemos citar el receptor de microondas N5246A de Agilent, que deriva de la reciente familia de analizadores vectoriales de redes (VNA) PNA-X de Agilent. El nuevo receptor no dispone de las fuentes, acopladores ni puertos de prueba del analizador vectorial de redes. Sin embargo, tiene cinco canales receptores simultáneos, velocidades de adquisición de datos de hasta 400.000 puntos de datos por segundo en cada uno de sus cinco canales y un búfer de datos de 500 megapuntos (Mpt). Además de la rapidez de adquisición de datos, las especificaciones clave de este tipo de receptor comprenden características como la sensibilidad de medida y la agilidad de frecuencia. Estas capacidades ofrecen numerosas ventajas, entre las que se incluye un potenciamiento de la velocidad si observamos la imponente cantidad de puntos de medida citados anteriormente.

Para evaluar receptores de microondas será útil disponer de una serie de funciones adicionales en las

aplicaciones de antenas/RCS. Una puede ser el uso de múltiples receptores simultáneos, lo que evitaría la implantación de conmutadores PIN para evaluar dispositivos multicanal tales como antenas monopulso, acortando de este modo el tiempo de prueba. Otra función puede ser un control de barrido versátil que ofrece cambios de frecuencia ascendente, descendente, arbitraria y aleatoria. Una función de barrido inverso permite efectuar barridos bidireccionales, que ayudarán a minimizar los tiempos de barrido y adquisición de datos en campo cercano. El ancho de banda seleccionable por el usuario permite compensar la sensibilidad de medida con el tiempo de adquisición de datos (p. ej., una sensibilidad más baja permite efectuar medidas con mayor rapidez), que es especialmente útil en pruebas en campo cercano. Los modos de medida con pulsos son útiles en antenas de array activo y en otras aplicaciones con pulsos.

Análisis de las mejoras en velocidad

Los datos de una serie de escenarios de prueba típicos subrayan las ventajas en velocidad del receptor de nueva generación. Las comparaciones se basan en las medidas hechas con el N5246A y el 8530A de HP/Agilent, que deriva del analizador de redes 8510A tan utilizado. Se ilustran tres ejemplos: campo cercano, campo lejano y sección radar (RCS).

Medidas de antena en campo cercano

El ejemplo es el siguiente: prueba de una antena monopulso de array activo con tres puertos de prueba (suma, acimut delta y elevación delta); medida de la respuesta copolarizada a múltiples frecuencias en la banda X en una retícula de muestreo de 100x100; y uso de típicos números de estados del haz y frecuencias. El tiempo de medida total comprende el tiempo de adquisición de datos, además de los tiempos de conmutación de frecuencia, retrazado y sobrecarga del instrumento.

Número de puertos de prueba	3	3	3	3	3	3
Polarizaciones	1	1	1	1	1	1
Estados del haz electrónico	64	256	256	256	256	256
Frecuencias	5	5	10	20	40	62
Retícula de muestreo	100x100	100x100	100x100	100x100	100x100	100x100
N.º de puntos de medida total	9,6 M	38,4 M	76,8 M	153,6 M	308,2 M	476,16 M
Nuevo tiempo de medida con sensibilidad de -81 dBm	57 s	1,33 min	2,67 min	5,35 min	10,7 min	16,6 min
Nuevo tiempo de medida con sensibilidad de -89 dBm	1,4 min	3,1 min	6,2 min	12,4 min	24,9 min	38,5 min
Tiempo medio de adquisición de datos por punto	8,8 µs	4,84 µs	4,84 µs	4,84 µs	4,85 µs	4,85 µs
Velocidad de la sonda	11,6 cm/s	4,2 cm/s	2,0 cm/s	1,0 cm/s	0,5 cm/s	0,35 cm/s
Tiempo de medida anterior con sensibilidad de -89 dBm	44 min	2,5 h	4,9 h	9,8 h	25,3 h	36 h
Tiempo medio de adquisición de datos por punto	275 µs	234 µs	230 µs	230 µs	296 µs	272 µs
Velocidad de la sonda	4,2 cm/s	1,2 cm/s	0,6 cm/s	0,3 cm/s	escalonado	escalonado

En la Tabla 1 se comparan los resultados de soluciones de generaciones anteriores y más recientes. Para poder hacer estimaciones sobre otras configuraciones de prueba, cada columna incluye tiempos medios de adquisición de datos por punto (tiempo total dividido por el número total de puntos).

Analizando detenidamente la tabla se observan algunos detalles muy significativos. Como se esperaba, el tiempo de medida total aumenta según se va complicando la configuración. No obstante, el receptor de nueva generación consigue acortar el tiempo de prueba total de 46 a 142 veces, comparado con el receptor de generación anterior.

Uno de los motivos es el mayor ancho de banda del modelo nuevo. Su sensibilidad de -89 dBm con ancho de banda de FI de 100 KHz y de -81 dBm con ancho de banda de FI de 600 KHz es apropiada para pruebas en campo cercano gracias a la gran proximidad de la sonda y la ganancia de procesamiento asociada obtenida de la transformación de campo cercano.

Observación: dada la velocidad del nuevo receptor, la velocidad de la sonda representará un factor limitador en la mayoría de las situaciones ilustradas aquí. Esto no ocurre con el receptor de generación anterior, que es más lento.

Actualmente, las medidas de antenas activas en campo cercano son cada vez más complejas y es normal tener 1.024 estados de haz electrónico y entre 60 y 100 frecuencias de prueba. Dado que esta tendencia continúa, un incremento de la velocidad de adquisición ofrecerá mayor rentabilidad a los operadores de rangos de prueba en campo cercano.

Medidas de antena en campo lejano

En un rango de prueba en campo lejano, las velocidades de medida máximas posibles estarán limitadas por dos factores: la agilidad de frecuencia de los generadores de señales remotas y la velocidad de rotación máxima del posicionador. En escenarios de prueba sencillos en campo lejano, prácticamente cualquier combinación de fuente y receptor será mucho más rápida que la velocidad máxima del posicionador (de 3 r.p.m., por lo general). Por consiguiente, pasar a un receptor más rápido sólo ofrecerá pequeñas mejoras en lo que se refiere al tiempo de prueba total.

En la Tabla 2 se ilustra una serie de situaciones de medida en campo lejano. En el caso de medidas de baja complejidad, apenas hay diferencias de tiempo de medida total entre los sistemas de prueba actuales y los

Tabla 1. Situaciones de medida en campo cercano con tiempo total de prueba y tiempo medio por punto.

Tabla 2. Situaciones de medida en campo lejano con tiempo total de prueba y tiempo medio por punto.

Número de puertos de prueba	3	3	3	3	3	3
Polarizaciones	1	1	1	1	1	2
Estados del haz electrónico	1	64	64	128	256	256
Frecuencias	5	1	5	5	10	20
Movimiento θ (±30° con incrementos de 1°)	61 pasos	61 pasos	61 pasos	61 pasos	61 pasos	61 pasos
Pasos de elevación (±30° con incrementos de 1°)	61 pasos	61 pasos	61 pasos	61 pasos	61 pasos	61 pasos
N.º de puntos de medida total	55,8 k	714 k	3,57 M	7,14 M	28,58 M	114,31 M
Nuevo tiempo de medida con sensibilidad de -113 dBm	22 s	1,4 min	7,21 min	14,2 min	56,1 min	3,73 h
Tiempo medio de adquisición de datos por punto	394 µs	119 µs	121 µs	119 µs	118 µs	118 µs
Velocidad del posicionador	3,0 RPM	3,0 RPM	1,4 RPM	0,72 RPM	0,18 RPM	escalonado
Tiempo de medida anterior con sensibilidad de -113 dBm	12 min	12 min	23 min	35 min	109 min	6,6 h
Tiempo medio de adquisición de datos por punto	120,4 ms	1,01 ms	386 µs	293 µs	229 µs	208 µs
Velocidad del posicionador	3,0 RPM	3,0 RPM	0,7 RPM	0,4 RPM	escalonado	escalonado

anteriores. Conforme aumenta la complejidad, se observa una disminución del tiempo de prueba total con la configuración más reciente. Sin embargo, esto se debe básicamente a la agilidad de frecuencia de 600 μ s de la fuente remota actualizada (aunque se utilizó el peor de los casos, de 1 ms, para calcular los valores de la tabla). Al utilizar el nuevo receptor de microondas y generadores de señal altamente versátiles, los integradores de sistemas han observado que el tiempo de prueba total se reduce de 2 a 3 veces. En medidas complejas en campo lejano que requieren más de 10 frecuencias de prueba, pasar a una fuente de señales remotas más rápida aportará la mayor reducción del tiempo de prueba total y ofrecerá la mejor ganancia en productividad.

Medidas de sección radar (RCS)


El ejemplo es una aplicación de inspección por imágenes de RCS en la que se adquirirán datos de matriz de polarización total. La adquisición transversal es ± 30 grados, el incremento angular es de 0,1 ó 0,25 grados y la resolución longitudinal varía de 801 a 16.001 puntos.

La nueva configuración de medida es comparada con dos métodos anteriores que ofrecían una sensibilidad de -89 ó -113 dBm, respectivamente. Obsérvese con atención que los receptores de generación anterior solían requerir de ingenieros de prueba para realizar una compensación entre la sensibilidad de medida y la agilidad de frecuencia (es decir, la velocidad de barrido). El nuevo receptor utiliza tecnología de conversión de bajada en frecuencia (downconversion) basada en mezcladores para ofrecer

una sensibilidad de medida excelente, manteniendo a su vez una agilidad de frecuencia muy alta.

En la Tabla 3 se ilustra la diferencia relativa entre los receptores de nueva y vieja generación. Con una sensibilidad de medida de -89 dBm, el receptor nuevo es 35 veces más rápido que en la solución anterior. Con una sensibilidad de -113 dBm, la nueva solución es 40 veces más rápida que el receptor de generación anterior. En un rango de prueba de RCS, esto se traduce en tiempos de adquisición de datos bastante más cortos y contribuye a mejorar la productividad.

Conclusión

Los números lo muestran claramente. El receptor de medida de nueva generación ofrece velocidades de medida más altas y tiempos de prueba totales más cortos, lo que ayuda a enfrentarse al reto de obtener un número mayor de datos de prueba en un tiempo total de prueba más corto. Esto puede llevar a acortar el tiempo de desarrollo, agilizar el tiempo de comercialización, incrementar la calidad y abaratar los costes de prueba, conforme los diseños y la tecnología de antena van evolucionando. Por último, esta combinación de ventajas técnicas y económicas contribuirá a mejorar la competitividad en un mercado caracterizado por un fuerte dinamismo y exigencia. 

Biografía de los autores

John Swanstrom es ingeniero de aplicaciones en Agilent Technologies. Ha participado en el diseño, desarrollo y prueba de más de 60 antenas distintas, más concretamente en antenas de satélites GPS y antenas de trans-

bordador espacial en sus 10 años de trabajo en Rockwell International. John entró en el grupo Hewlett-Packard en 1984 para trabajar en los sistemas de prueba de antenas. Actualmente, continúa dicho trabajo en Agilent (empresa procedente de HP), donde se centra en aplicaciones para antenas/RCS usando analizadores de redes y receptores de microondas de nueva generación. Obtuvo su título de Ingeniero Eléctrico en la Universidad de Illinois y cursó un Máster en Administración y Dirección de Empresas en la Universidad Fullerton del estado de California.



Say Phommakesone es ingeniero de aplicaciones en Agilent Technologies. Cuenta con más de 28 años de experiencia adquirida en el sector de las medidas de radiofrecuencia y microondas mientras trabajaba para Hewlett-Packard y Agilent. Ha prestado asistencia en pruebas de producción para la fabricación de analizadores de redes, fuentes y analizadores de espectro, además de en laboratorios de estándares de calibración eléctrica. Actualmente, ocupa el cargo de ingeniero de marketing de productos, donde se dedica a las medidas de antenas inalámbricas, en campo lejano y en campo cercano. También es miembro de la AMTA (Antenna Measurement Techniques Association).



Jim Puri es especialista en aplicaciones en Agilent Technologies y lleva más de 30 años dando soporte y diseñando subsistemas de RF para aplicaciones de prueba de antenas. También es miembro activo de la AMTA.



Tabla 3. Situaciones de medida de sección radar (matriz de polarización total) con tiempos de prueba totales y tiempos medios por punto.

	801 ptos	801 ptos	1601 ptos	1601 ptos	4000 ptos	16.001 ptos
Resolución longitudinal	0,25°	0,1°	0,25°	0,1°	0,1°	0,1°
Resolución transversal	241	601	241	601	601	601
Número de barridos longitudinales	0,77 M	1,93 M	1,54 M	3,85 M	9,62 M	38,47 M
Nuevo tiempo de medida con sensibilidad de -89 dBm	3,2 min	8,1 min	5,3 min	13,1 min	27,7 min	96 min
Tiempo medio de adquisición de datos por punto	248,7 μ s	252,4 μ s	206 μ s	204,2 μ s	172,8 μ s	149,4 μ s
Tiempo de medida anterior con sensibilidad de -89 dBm	9,5 min	24 min	—	—	—	—
Tiempo medio de adquisición de datos por punto	738 μ s	745 μ s	—	—	—	—
Nuevo tiempo de medida con sensibilidad de -113 dBm	21 min	54 min	42 min	105 min	4,3 h	16,9 h
Tiempo medio de adquisición de datos por punto	1,63 ms	1,68 ms	1,63 ms	1,64 ms	1,61 ms	1,58 ms
Tiempo de medida anterior con sensibilidad de -113 dBm	72 min	3,0 h	—	—	—	—
Tiempo medio de adquisición de datos por punto	5,59 ms	5,61 ms	—	—	—	—