¡Alarma, drones a la vista!

El mercado de los minidrones está en pleno auge. Sin embargo, estos aparatos económicos y fáciles de manejar, al alcance de cualquier consumidor, acarrean también problemas de seguridad. El sistema de detección R&S®ARDRONIS ayuda a autoridades, empresas y a los encargados de infraestructuras críticas a proteger tanto a las personas como los bienes materiales.

El boom de los drones comerciales

En los medios de comunicación aparecen prácticamente a diario noticias sobre incidentes provocados por drones comerciales: drones avistados en las cercanías de aeropuertos o incluso en rumbo de colisión (p. ej. en Heathrow, Múnich, Varsovia o Taipeh), drones que sobrevuelan centrales eléctricas, edificios gubernamentales (como la sede del primer ministro japonés o el patio trasero de la Casa Blanca), mítines políticos (como durante una campaña electoral de la canciller alemana Angela Merkel en Dresde), drones volando sobre las pistas especiales para la prueba de prototipos de automóviles o atravesando el cielo de París.

En la actualidad se venden más de 300 000 drones al mes en las tiendas tradicionales o por internet en todo el mundo. Solo en EE. UU. se vendieron en el periodo prenavideño de 2015 alrededor de un millón de estos aparatos. Según las previsiones, el mercado comercial de drones alcanzará hasta el año 2025 un volumen de más de 8500 millones de euros. Este crecimiento explosivo de los drones relativamente económicos y fáciles de usar supone un nuevo desafío para la protección de espacios públicos y privados. Puesto que cualquiera puede comprar y pilotar estos aparatos, fácilmente caen también en manos de usuarios malintencionados que los utilizan con fines indebidos. Se convierten en espías voladores de difícil detección y portadores de cargas que alcanzan los kilogramos, y constituyen una amenaza en aumento para infraestructuras críticas, personalidades de la vida pública y acontecimientos multitudinarios. Por consiguiente, tanto las autoridades de seguridad como las organizaciones y entidades que requieren protección necesitan usar la tecnología para hacer frente a este peligro.

En primer lugar, lo esencial es conseguir identificar los pequeños objetos voladores, para lo cual puede recurrirse a diferentes métodos. En el siguiente paso, se trata de sopesar y decidir si procede adoptar medidas de defensa contra el intruso.

En lugar de emplear la detección óptica o la vigilancia por radar, Rohde&Schwarz apuesta con su solución por la identificación, la detección radiogoniométrica y la interceptación de las señales radioeléctricas transmitidas hacia y desde el dron. R&S®ARDRONIS (*automatic radio-controlled drone identification solution*) ha demostrado ya su eficacia en misiones con el más alto nivel de seguridad, como por ejemplo en la cumbre de los jefes de estado y de gobierno del G7 celebrada en el Castillo de Elmau en junio de 2015 y durante la visita del presidente estadounidense Obama a la feria de Hannover en 2016 (fig. 2).

Datos interesantes sobre los drones

Los drones o UAV (vehículos aéreos no tripulados) de pequeño tamaño, también denominados minidrones o microdrones, se pilotan normalmente por control remoto desde tierra, pero los modelos más sofisticados incorporan a menudo también sistemas de navegación con los que son capaces de recorrer de forma autónoma rutas preprogramadas. Los UAV en general se pueden clasificar según su aplicación en los siguientes grupos: drones para el uso privado (como juguetes o para aficionados), drones de uso comercial (para fotografías aéreas, logística, etc.), y drones militares (blancos artificiales, reconocimiento, combate). R&S®ARDRONIS está diseñado únicamente para la aplicación civil. El nivel de inteligencia cada vez mayor de los modelos empleados (p. ej. la detección automática de blancos en drones de logística), el ahorro de dinero que supone la aplicación en sí misma de los drones y el enorme interés por parte de los consumidores particulares hacen que el número de drones en el ámbito civil aumente de forma exponencial. Desde el punto de vista de su diseño se distinguen a su vez dos grupos: multirrotores y de ala fija (aviones). Estos últimos representan una pequeña fracción del total, y al ofrecer un mayor alcance y altura de vuelo, se utilizan principalmente para tareas específicas como cartografía o exploración del terreno. Por el

Sistemas de control FHSS/DHSS propietarios	WLAN/Wi-Fi	Bluetooth®
▪ Mayor propagación (> 80 %) ▪ Alcance: < 1 hasta 100 mW de potencia de transmisión 3 km con amplificadores de potencia ▪ Algunos estándares incluyen datos de telemetría en el enlace descendente (p. ej. Jeti, Graupner)	▪ Alcance: hasta 100 m (estándar) hasta 2 km con amplificadores de potencia ▪ Algunos modelos se pueden controlar por FPV (*first person view*) y/o navegación GPS	▪ Modelos de gama económica ▪ Alcance hasta 60 m

Fig. 1: Sistemas de uso frecuente para el control remoto de drones.

contrario, cuando se mencionan drones en las noticias, casi siempre se trata de multirrotores. También existen otros criterios de clasificación de los drones, como su tamaño, carga útil, velocidad, duración en vuelo, alcance, altura de vuelo, así como el tipo de control. Este último es de especial interés para R&S®ARDRONIS, ya que su funcionamiento se basa en la detección de las señales de control.

La figura 1 muestra las alternativas de control que se ofrecen en el mercado. Más del 90 % de los drones se comunican en las bandas ISM (*industrial, science, medical*) no sujetas a licencia, que no solo se utilizan en las áreas que componen su denominación, sino también en las telecomunicaciones, p. ej. para WLAN/Wi-Fi y Bluetooth®. Principalmente se utilizan las bandas de 2,4 GHz y 5,8 GHz; el uso de la banda de 433 MHz es mucho más esporádico.

Las técnicas que más se utilizan (> 80 %) para el control remoto de los drones son el espectro ensanchado por salto de frecuencia (FHSS) y el espectro ensanchado en secuencia directa (DSSS) con distintas características en función del fabricante. Para aumentar la protección contra interferencias, ambos métodos utilizan un espectro mucho más ancho de lo que en realidad se necesitaría para la transmisión de la señal útil. Para ello, FHSS cambia la frecuencia portadora en una secuencia de saltos pseudoaleatorios. Para poder mantener la conexión, el transmisor y el receptor deben estar sincronizados y, obviamente, saltar según el mismo algoritmo. En DSSS, por el contrario, se ocupa un ancho de banda fijo de gran amplitud, pero a cambio se reduce la densidad espectral de potencia hasta tal punto que la señal útil apenas sobresale del ruido de fondo y solo puede recuperarse con un demodulador perfectamente adaptado. Los dos procedimientos, que también pueden ir combinados, están predestinados para la aplicación en las bandas ISM muy frecuentadas, en las que deben coexistir muchos usuarios y tecnologías inalámbricas. Los procedimientos FHSS/DSSS se han implantado para el control de drones a modo de estándar que adoptan la mayoría de los fabricantes. El "juego del escondite" de los radioenlaces FHSS/DSSS en el espectro implica que estos sean difíciles de detectar e interceptar. R&S®ARDRONIS es capaz de hacerlo gracias a su potente análisis de saltos (online). El sistema analiza parámetros técnicos como la longitud de salto, la velocidad de símbolos o el tipo de modulación, y consigue

Fig. 2: Campos de aplicación típicos de los sistemas de detección y defensa de drones: acontecimientos de gran repercusión (R&S®ARDRONIS "vigiló" p. ej. la cumbre de los jefes de estado del G7 de 2015 en el Castillo de Elmau), pistas de prueba para prototipos secretos, infraestructuras críticas, instalaciones deportivas, manifestaciones.

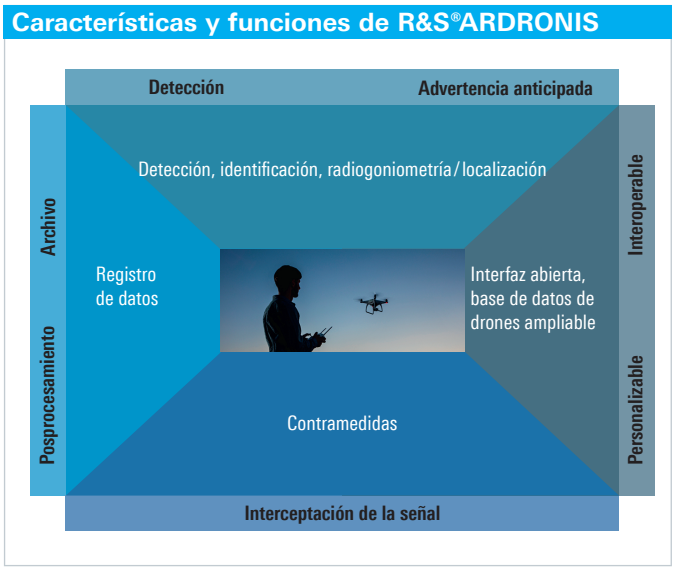


Fig. 3: R&S®ARDRONIS es una solución de sistema completa que satisface las demandas de los usuarios profesionales.

de este modo clasificar de forma inequívoca el sistema de transmisión, por ejemplo HOTT (Graupner), FASST (Futaba), M-Link (múltiplex) o DSMX (espectro) (fig. 4).

Ventajas de la solución radiomonitoreo

La detección de las señales de control de un dron presenta varias ventajas en comparación con otros métodos como el radar, la detección óptica o acústica.

Detección segura sin falsas alarmas

El sistema no se desorienta por causa de otros objetos voladores como aves, globos o cometas.

Reconocimiento muy anticipado

R&S®ARDRONIS emite ya una alarma en cuanto se inicia una actividad de control remoto, es decir, antes de que el dron emprenda el vuelo. Por lo tanto, pueden adoptarse contramedidas de forma anticipada.

Detección radiogoniométrica / localización del operador del dron

Puesto que R&S®ARDRONIS detecta tanto el propio dron por medio de sus señales de enlace descendente como también el control remoto a través de sus señales de enlace ascendente, se puede determinar inmediatamente la dirección en la que se encuentra la persona que maneja el dron. Aplicando varios radiogoniómetros es posible determinar incluso la posición exacta (en preparación).

Representación detallada

R&S®ARDRONIS no solo detecta todos los drones dentro de una área de vigilancia extensa, sino que también puede, en muchos casos, especificar incluso de qué tipo son mediante el análisis de las huellas radioeléctricas, lo que permite evaluar el potencial de amenaza. Adicionalmente se registran las actividades de enlace descendente de los drones, por ejemplo, si tiene lugar una transferencia de vídeo.

Posibilidad de interceptación de la señal

El sistema R&S®ARDRONIS se puede ampliar con el R&S®WSE que es un emisor interferente capaz de interrumpir de forma eficaz el contacto radioeléctrico con un dron para forzar el modo *fail safe*, es decir, hacer que aterrice o que retorne al punto de partida. La interferencia intencionada se realiza de forma tan selectiva que no afecta otros enlaces de comunicación. Para ello, R&S®ARDRONIS genera conjuntos de parámetros de todos los drones detectados, lo que permite intervenir en cualquier momento, p. ej. de forma automática cuando entran en una zona protegida. La velocidad de posicionamiento del *follower jammer* (R&S®WSE) es tan rápida que funciona incluso con señales FHSS de saltos de frecuencia rápidos.

Protección segura y manejo sencillo

R&S®ARDRONIS incorpora antenas, radiogoniómetros y analizadores de señal de Rohde&Schwarz. Estos componentes acreditados de alta tecnología, en combinación con un potente algoritmo de detección, permiten detectar con seguridad señales de corta duración de hasta 350 microsegundos incluso en las bandas de frecuencia ISM de densa ocupación. El alcance depende lógicamente de la potencia de transmisión de los drones y los controles remotos, así como del entorno, y abarca en condiciones óptimas desde uno hasta tres kilómetros. Para evitar alarmas innecesarias, el sistema de alarma se puede activar cuando se infringe una zona protegida (fig. 5). Los parámetros técnicos de cada transmisión se comparan con perfiles almacenados y los drones respectivos se clasifican según el resultado con una de tres clases: lista negra (p. ej. amenaza potencial), lista blanca (p. ej. drones propios) y de libre asignación (p. ej. drones desconocidos). En una interfaz del usuario claramente estructurada para el servicio operativo se relacionan los drones detectados

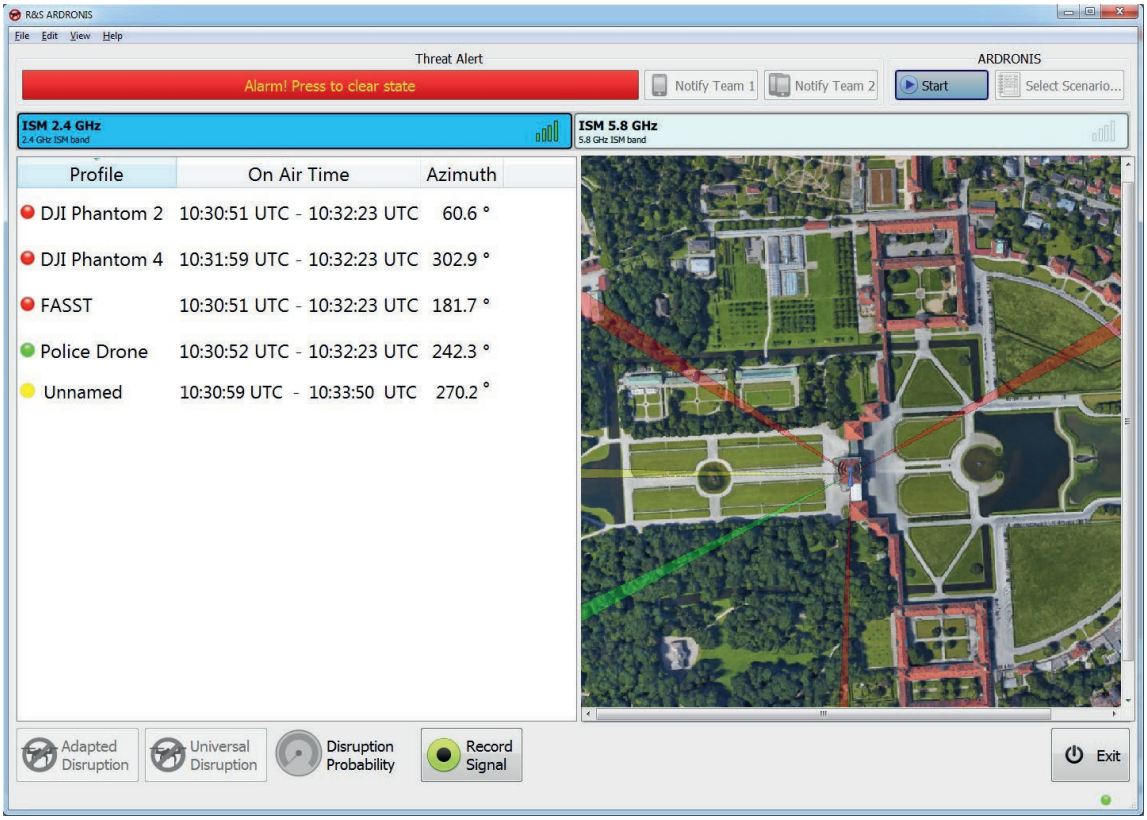


Fig. 4: En situaciones críticas hay que reaccionar con rapidez. La interfaz de usuario estándar ofrece por ello solamente la información y botones más importante para la operación.

Zona de protección y rango de detección de R&S®ARDRONIS

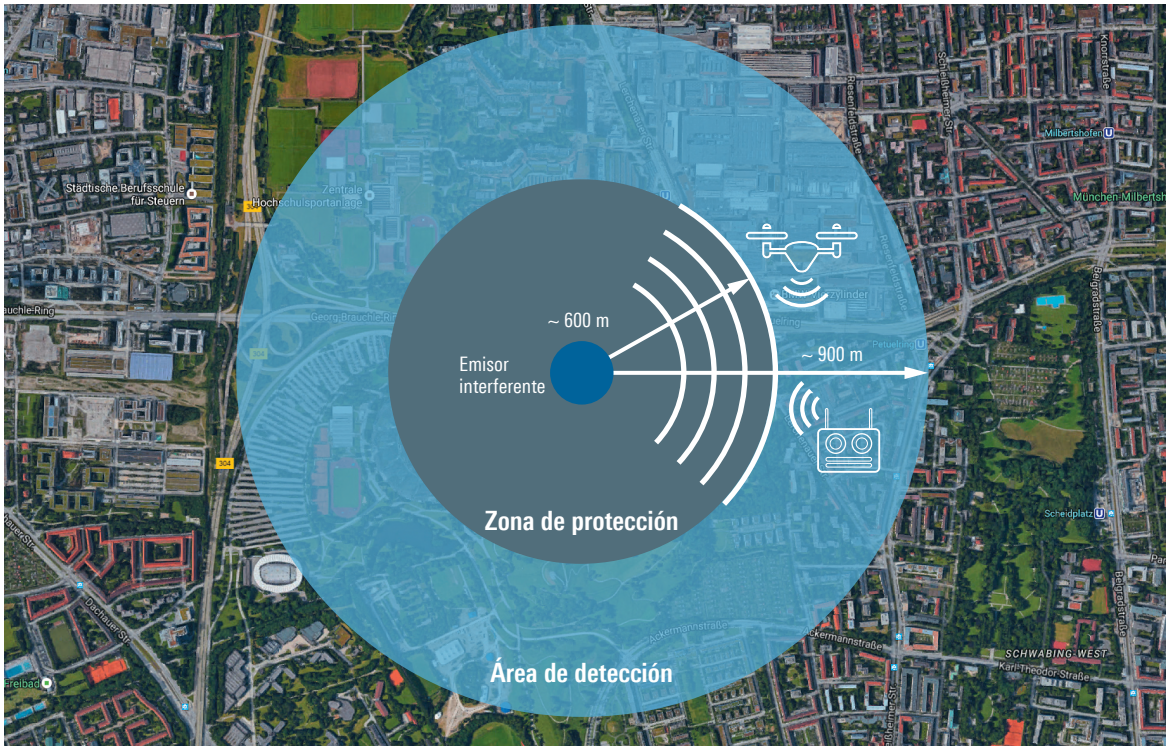


Fig. 5: R&S®ARDRONIS ofrece la posibilidad de definir zonas de protección. Si un dron entra en una zona delimitada como tal, se intercepta automáticamente el radioenlace de control remoto.

Fig. 6: La vista de experto brinda infinitas posibilidades a los usuarios avanzados. Las señales de enlace descendente y ascendente de los drones captados se pueden analizar aquí con todo detalle.

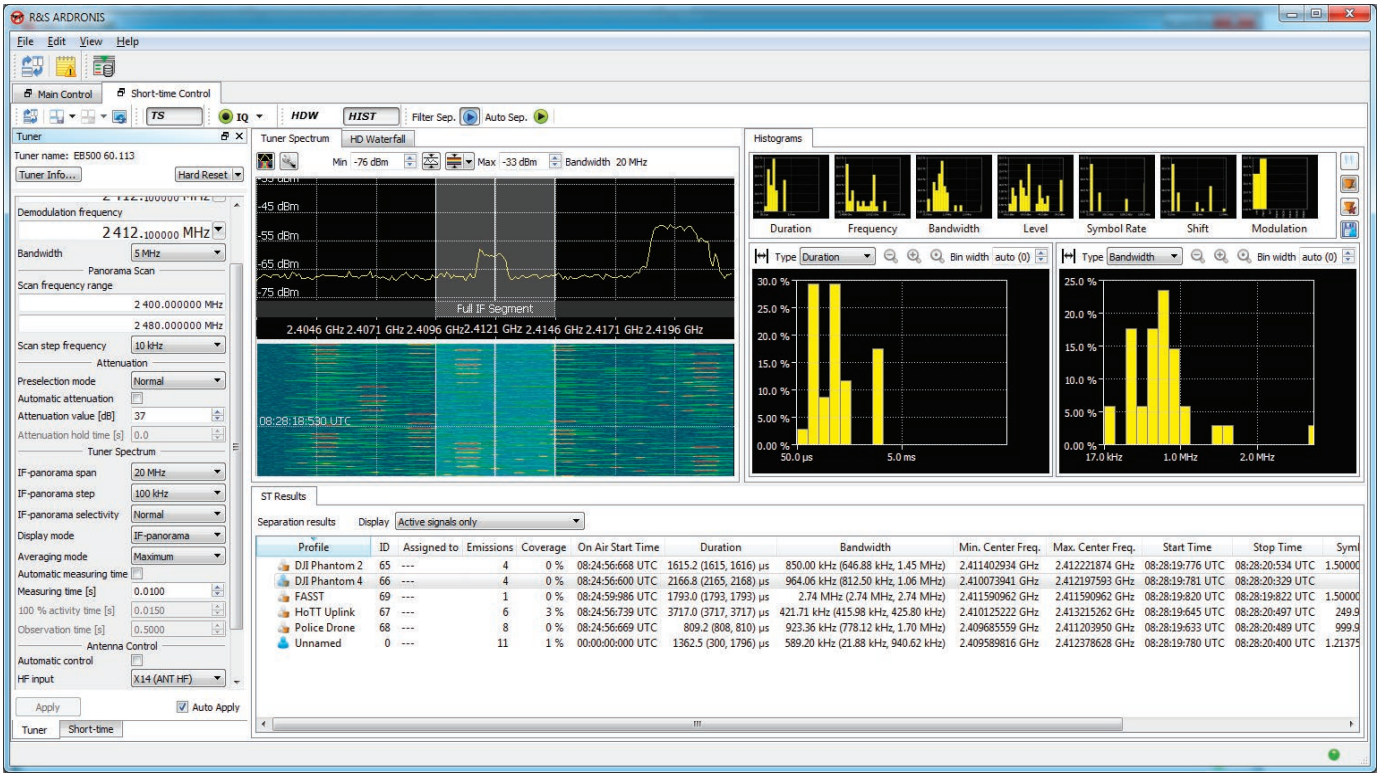
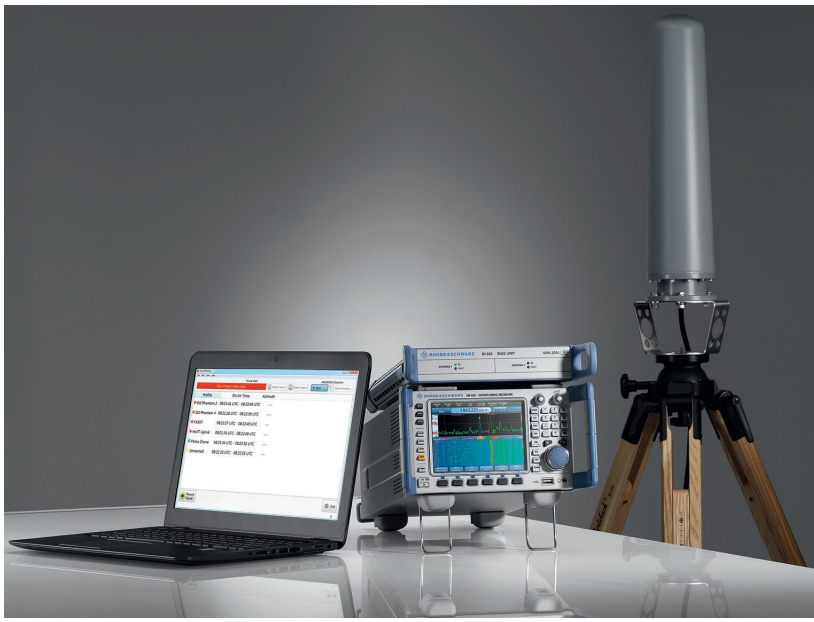


Fig. 7: R&S®ARDRONIS consta de pocos componentes y se puede trasladar con facilidad de un lugar a otro. La última figura a la derecha muestra el R&S®ARDRONIS-D, todas las demás el R&S®ARDRONIS-I.



Paquete	Denominación	Funcionalidad		
		Identificación	Radiogoniometría / localización	Contramedidas
R&S®ARDRONIS Detection	R&S®ARDRONIS-I	•	–	–
R&S®ARDRONIS Direction	R&S®ARDRONIS-D	•	•	–
R&S®ARDRONIS Disruption	R&S®ARDRONIS-R	•	–	•
R&S®ARDRONIS Protection	R&S®ARDRONIS-P	•	•	•

Fig. 8: R&S®ARDRONIS: una variante para cada necesidad (posibilidad de suministro previa solicitud).

con sus parámetros más importantes (fig. 4). Si están implementadas funciones de radiogoniometría o de localización (R&S®ARDRONIS-D/P), se visualizan en un mapa los resultados de la detección mediante haces radiogoniométricos o puntos de ubicación. Está disponible además una vista de experto en la que pueden examinarse todos los detalles de las señales captadas (fig. 6).

Al tratarse de un sistema de vigilancia automático de uso profesional, R&S®ARDRONIS ofrece naturalmente la posibilidad de registro de datos. Todo lo que "ve" el sistema se puede archivar, tanto si se trata de resultados de detección como de escenarios de RF completos.

R&S®ARDRONIS es apto tanto para la instalación estacionaria como para la aplicación móvil. Precisamente las autoridades encargadas de la seguridad necesitan a menudo proteger eventos en diferentes ubicaciones. Por ello, el sistema se suministra llave en mano y preconfigurado como solución *plug&play* de fácil transporte (fig. 7).

Diferentes variantes para las distintas necesidades

R&S®ARDRONIS está disponible en cuatro paquetes, que se diferencian por las posibilidades que ofrecen (fig. 8). R&S®ARDRONIS-I está pensado para clientes que desean comprobar si hay drones en una área determinada, por ejemplo sobre un estadio o instalaciones empresariales. R&S®ARDRONIS-R es la respuesta idónea cuando se trata de vigilar y proteger permanentemente una zona concreta, como por ejemplo un complejo gubernamental. En caso de violarse el límite de protección se adoptan automáticamente contramedidas. Si hay razones justificadas para identificar al propietario del dron o incluso arrestarlo, los paquetes R&S®ARDRONIS-D o R&S®ARDRONIS-P son la solución adecuada.

Interconexión con sistemas integrados de localización y defensa de drones

Como se ha descrito anteriormente, un sistema de identificación de drones basado en la interceptación de señales radioeléctricas presenta una serie de ventajas e incluso características exclusivas frente a otros métodos, ante todo la alarma muy anticipada, seguridad frente a falsas alarmas y el seguimiento del causante. Pero a pesar de ello, existen casos en los que el R&S®ARDRONIS es literalmente incapaz de alcanzar su objetivo. Si un dron "enmudece" y deja de emitir señales radioeléctricas, es imposible detectarlo. La interceptación del radioenlace tampoco conduce forzosamente al retorno o el aterrizaje del dron si éste estaba programado con una ruta de vuelo fija. Los clientes que necesitan una protección completa, que contemple también este tipo de situaciones, pueden integrar R&S®ARDRONIS en un sistema que incluya otros componentes de localización y protección, por ejemplo radares. Para ello, R&S®ARDRONIS ofrece una interfaz abierta. El producto en sí se sigue actualizando con nuevas funciones. Una de las medidas continuas de ampliación consiste en la actualización de la base de datos de perfiles con nuevos modelos de drones. Asimismo, está prevista como nueva función la localización por radiogoniometría cruzada.

Resumen

La rápida proliferación de los drones comerciales plantea problemas tanto para las autoridades encargadas de la seguridad como para organizaciones privadas. El repertorio de usos indebidos de los drones abarca desde la violación de la esfera privada y delitos industriales como el espionaje, hasta amenazas a personas en espacios públicos y crímenes capitales como atentados terroristas. Con R&S®ARDRONIS, Rohde&Schwarz presenta un sistema que permite identificar el peligro de forma anticipada. R&S®ARDRONIS detecta las señales de control remoto al dron, y localiza de este modo tanto el dron como su piloto, algo que no es posible con otros procedimientos. Además, la detección tiene lugar ya desde que se enciende el control remoto, y por lo tanto, antes de que el dron emprenda el vuelo, lo que permite anticipar al máximo las contramedidas. R&S®ARDRONIS se puede integrar a través de una interfaz abierta en sistemas complejos de defensa de drones que pueden incorporar otros procedimientos de localización como radares y contramedidas efectivas.

YingSin Phuan