

RECOMENDACIÓN UIT-R SM.1537

Automatización e integración de los sistemas de comprobación técnica del espectro con la gestión automática del espectro

(Cuestión UIT-R 68/1)

(2001)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que se dispone de sistemas automáticos de comprobación técnica del espectro para apoyar las actividades administrativas, de concesión de licencias, de análisis de ingeniería y de control de la comprobación técnica a fin de simplificar muchas de las responsabilidades de la administración del espectro radioeléctrico;
- b) que las modernas redes de ordenadores permiten la conexión de los sistemas automáticos de gestión del espectro de una administración con las estaciones de comprobación técnica del espectro de manera que un usuario situado en cualquier estación de trabajo de operador en el sistema pueda, con la adecuada autorización de seguridad, acceder a todos los recursos de los componentes de la comprobación técnica y la gestión general del espectro permitiendo una asignación de tareas e informes sobre las mismas muy flexibles e integrados;
- c) que la integración de las estaciones de comprobación técnica con el sistema de gestión permite al sistema integrado llevar a cabo la detección automática de infracciones para identificar frecuencias en las que emiten transmisores que no están incluidos en la base de datos de estaciones con licencia e identificar igualmente transmisores que no funcionan con los parámetros que figuran en la licencia;
- d) que las modernas técnicas de procesamiento de la señal digital (DSP, *digital signal processing*) permiten una automatización económica de las estaciones de comprobación técnica, realizándose las mediciones en la estación por un pequeño grupo de receptores y equipos electrónicos conexos integrados en un ordenador, lo cual reduce el coste del sistema con respecto al coste de sistemas anteriores que cumplen las Recomendaciones de la UIT en cuanto al equipo mínimo de las estaciones de comprobación técnica y tamaño y peso del sistema inferiores, y puede simplificar el mantenimiento y la capacitación del personal;
- e) que la tendencia tecnológica se dirige hacia la utilización de servidores de mediciones basados en el DSP capaces de proporcionar una anchura de banda instantánea muy amplia junto con una elevada gama dinámica, de manera que tales sistemas pueden realizar exploraciones del espectro muy rápidamente y adquirir de manera eficaz y medir de forma intermitente las señales en banda ancha y versátiles en frecuencia;
- f) que los modernos programas informáticos de ordenador sobre interfaces de usuario gráficas facilitan la utilización y el mantenimiento de los poderosos sistemas de comprobación técnica y de gestión del espectro;
- g) que muchas administraciones ya han informatizado sus bases de datos de licencias cuya información debe ponerse a disposición de los sistemas de comprobación técnica y de gestión del espectro,

observando

- a) que los sistemas integrados y automatizados pueden procesar un gran volumen de información y de mediciones y señalar a la atención de los operadores del servicio de comprobación técnica los datos que deben ser analizados más detenidamente por dichos operadores de manera que estos sistemas pueden ayudar a los mismos en sus tareas de apoyo a la gestión del espectro;

- b) que el análisis de los datos procedentes de un sistema automatizado requiere operadores capacitados y/o experimentados que puedan realizar tales análisis;
- c) que los datos de comprobación técnica obtenidos de manera automática deben ser validados por los operadores antes de su introducción en una base de datos central,

recomienda

1 que las administraciones que tengan la intención de adquirir nuevos sistemas de comprobación técnica y de gestión del espectro consideren la utilización de un sistema integrado y automático que emplee una base de datos relacional común con las siguientes funcionalidades:

- Acceso remoto a los recursos del sistema.
- Detección automática de infracción.
- Asignación de frecuencia y concesión de licencias.
- Herramientas para apoyar la ingeniería del espectro.
- Medición automática de los parámetros de la señal.
- Medición automática de la ocupación junto con mediciones opcionales de radiogoniometría.
- Calendario de mediciones para realización inmediata o futura.
- Moderna interfaz de usuario gráfica.

Estas funcionalidades se describen y explican con más detalle en el Anexo 1.

ANEXO 1

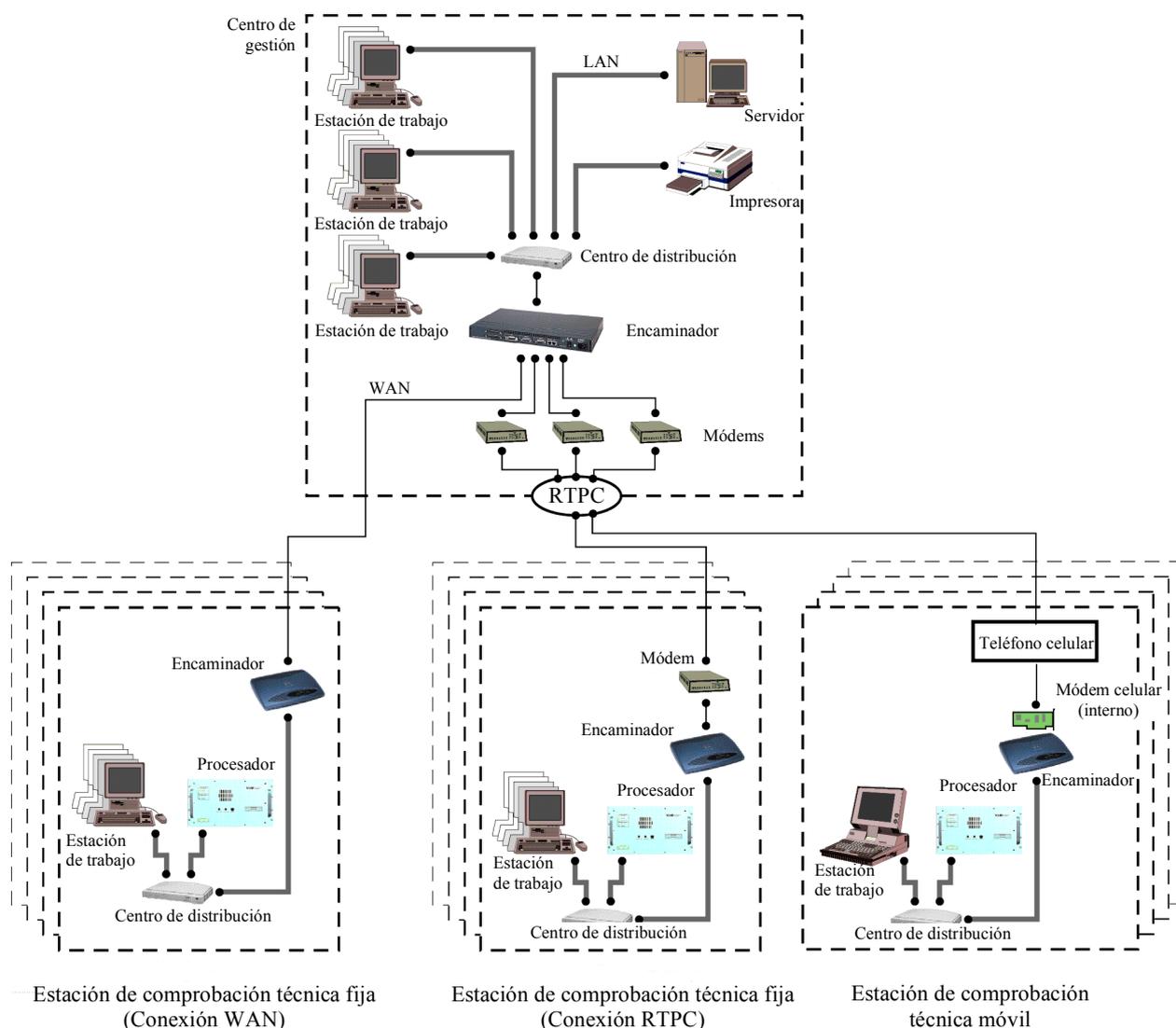
Automatización e integración de los sistemas de comprobación técnica del espectro con la gestión automática del espectro

1 Introducción

La automatización, mediante la utilización de ordenadores, modernas arquitecturas de cliente/servidor y comunicaciones a distancia, simplifica la mayoría de las tareas y responsabilidades de las administraciones del espectro radioeléctrico. Los equipos informatizados proporcionan los medios para realizar mediciones repetitivas de manera rápida y precisa, liberando al personal de servicio para que puedan efectuar tareas más exigentes. La utilización de bases de datos y la creación de modelos mediante ordenador agiliza las funciones de gestión del espectro y puede ayudar a evitar la interferencia. El acoplamiento de la gestión del espectro y la comprobación técnica del espectro hace posible el establecimiento de sistemas integrados que pueden utilizar automáticamente los datos medidos por el sistema de comprobación técnica y la información sobre licencias obtenida de la base de datos de gestión para detectar transmisiones sin licencia y otras infracciones en la concesión de licencias. En la Fig. 1 se representa un sistema integrado típico. La configuración (número de estaciones de trabajo en cada estación, número de estaciones, etc.), los métodos de comunicación protocolo de control de transmisión/Protocolo Internet (TCP/IP) u otro protocolo, utilización de la red telefónica pública con conmutación (RTPC), radiocomunicaciones o satélite) y otros detalles variarán de acuerdo con la aplicación. Una configuración de sistema alternativa incluye la adición de un centro de comprobación técnica conectado directamente a las estaciones de comprobación técnica y, a su vez, al centro de gestión.

FIGURA 1

Sistema típico integrado de gestión y de comprobación técnica del espectro



LAN: red de área local
 WAN: red de área extensa

1537-01

En este Anexo se consideran las ventajas de realizar una comprobación técnica del espectro automática así como de la integración de los sistemas de comprobación técnica del espectro y de gestión automática del espectro. En el § 2 del presente Anexo se indican las actividades de un sistema automático de gestión nacional del espectro que se beneficiarán de la integración con las estaciones de comprobación técnica del espectro. Las ventajas de automatizar las operaciones de comprobación técnica y la totalidad de las estaciones de comprobación técnica se consideran en el § 3 del Anexo.

2 Redes informatizadas de gestión y de comprobación técnica

2.1 Introducción

La gestión y la comprobación técnica del espectro incluye un conjunto de actividades administrativas y técnicas que pueden llevarse a cabo convenientemente en el marco de un sistema interconectado integrado.

Las *actividades de gestión del espectro* se traducen en definitiva en la concesión de licencias o autorizaciones. Para realizar estas tareas de gestión, es esencial contar con una base de datos informatizada. Esta base de datos, que incorpora datos administrativos y técnicos tales como frecuencias asignadas, titulares de las licencias, características de los equipos, etc., constituye el núcleo fundamental del sistema informatizado automático de gestión del espectro.

La *comprobación técnica del espectro* permite verificar que estas frecuencias se utilizan de conformidad con las disposiciones indicadas en la autorización o licencia extendidas y realiza mediciones de la ocupación del espectro mediante estaciones de comprobación técnica.

Existe una relación importante e indisoluble entre la gestión del espectro y la comprobación técnica del espectro; debe mantenerse una estrecha cooperación entre ambas actividades de manera que las tareas de comprobación técnica del espectro sean de gran utilidad para la gestión del espectro.

Las áreas principales de interacción entre la gestión y la comprobación técnica del espectro son las siguientes:

- la gestión del espectro establece la lista oficial de frecuencias asignadas para la comprobación técnica de las emisiones;
- la gestión del espectro proporciona instrucciones generales sobre las bandas que deben explorarse y sobre las tareas específicas para la comprobación técnica;
- la comprobación técnica del espectro recibe de la gestión del espectro solicitudes para la realización de tareas específicas: por ejemplo, reclamaciones de interferencia que deben comprobarse para resolver el problema y mediciones de ocupación en las frecuencias que van a asignarse;
- la comprobación técnica del espectro permite realizar mediciones de los parámetros técnicos y verificar el cumplimiento técnico de los transmisores, la identificación de transmisores sin licencias o que no cumplen lo especificado y la detección de problemas específicos.

La interacción entre los sistemas de gestión del espectro y los sistemas de comprobación técnica del espectro informatizados permite optimizar el funcionamiento tanto desde el punto de vista de la eficacia en la explotación de los sistemas como de la reducción de los costes. El sistema se organiza en torno a una base de datos informatizada asociada con la utilización de ordenadores personales. La base de datos es el núcleo de todas las funciones y de las aplicaciones asociadas: a saber, actualización de los datos, facturación, asignación de frecuencia, etc., así como actualización de los parámetros técnicos relativos a las frecuencias y a los transmisores.

2.2 Sistemas nacionales informatizados integrados

Un sistema nacional informatizado de gestión y comprobación técnica del espectro integrado se basa en uno o más servidores de datos con una red, de manera que las estaciones de trabajo o los clientes del sistema puedan acceder a la base de datos. Los servidores del sistema de gestión incluyen un servidor principal y ocasionalmente uno o más servidores para una base de datos extraída de la base de datos principal y/o una base de datos especializada en una aplicación o en un centro de control local. Cada estación de comprobación técnica, sea fija o móvil, cuenta con un servidor de medición y una o más estaciones de trabajo, como se indica más adelante en el § 3.

Cada estación utiliza una arquitectura modular basada en ordenadores de servidor y de estación de trabajo interconectados a través de una LAN Ethernet. Todas las estaciones que están conectadas constituyen una WAN. Esta red completamente integrada debe proporcionar a cualquier posición de operador un rápido acceso a cualquiera de las funciones del servidor disponibles en el sistema. Esta configuración del sistema se representa en el diagrama de bloques de la Fig. 1.

El servidor principal contiene una base de datos relacional que está cargada con los datos administrativos o técnicos de la red regional o nacional, con un contenido de datos recomendado por el Manual del UIT-R – Técnicas informatizadas para la gestión del espectro y la Recomendación UIT-R SM.1370. El servidor normalmente es un sistema basado en lenguaje de interrogación estructurado (SQL, *structured query language*) que permite al usuario el acceso adecuado para consultar fácilmente la base de datos. Las bases de datos modernas proporcionan sistemas y datos redundantes junto con un sistema de seguridad periódico. La base de datos con una red de ordenadores distribuida permite la implantación de una arquitectura cliente/servidor y un sistema informatizado distribuido:

- el servidor de la base de datos centraliza la gestión de datos facilitando de esa forma la seguridad y manteniendo un elevado nivel de integridad; contiene datos sobre aplicaciones, licencias, emplazamientos, equipos, facturación, asignación de frecuencia, etc; algunas partes de esta base de datos pueden copiarse opcionalmente a servidores locales o móviles para aplicaciones específicas;
- estaciones de trabajo de gestión, supervisión e introducción de datos: ordenadores personales que permiten cargar la base de datos con parámetros administrativos y técnicos y que son utilizadas por el personal de gestión y comprobación técnica para la gestión de frecuencias, la comprobación técnica de las emisiones, etc.

El soporte lógico de la base de datos debe proporcionar la entrada de datos electrónica a partir de una base de datos precedente, en caso de existir, de manera directa o a través de un programa de conversión de datos especialmente preparado.

2.2.1 Automatización del sistema nacional de gestión del espectro

El sistema nacional de gestión del espectro debe contar con los soportes lógico y físico necesarios para realizar una gestión eficaz del espectro radioeléctrico nacional. El sistema debe ser capaz de llevar a cabo las funciones descritas en el Manual del UIT-R – Gestión nacional del espectro, que se prestan a la automatización, incluyendo:

- *La asignación de frecuencia y concesión de licencias.* Esta función se realiza en un sistema de gestión de base de datos relacional que asegura la integridad y coherencia de los datos administrativos y protege el acceso a la base de datos mediante una protección de seguridad. Proporciona pantallas de usuario gráficas que llevan a cabo todas las tareas administrativas enumeradas en el punto siguiente.
- *Soporte de la ingeniería del espectro.* Esta función proporciona herramientas para el análisis de ingeniería a fin de asignar frecuencia a los usuarios con una interferencia mínima. También proporciona la capacidad de determinar la interferencia causada por un transmisor hacia un receptor bajo diversas condiciones.
- *Control del espectro (cumplimiento de las normas y comprobación técnica).* Esta función proporciona la interfaz a las estaciones de comprobación técnica del espectro permitiendo la asignación de tareas a distancia a estas estaciones y el informe desde las mismas, incluida la recopilación remota de los datos de comprobación técnica para apoyar la resolución de reclamaciones.

El sistema de gestión del espectro debe contener información para apoyar estas funciones; esta información incluye planes de atribución de frecuencias de la UIT y nacionales así como datos sobre mapas geográficos y topográficos nacionales.

2.2.2 Asignación de frecuencia y requisitos funcionales para la concesión de licencias

El funcionamiento del sistema de gestión del espectro debe diseñarse teniendo en cuenta los pasos que intervienen en la administración manual de licencias y debe soportar las siguientes funciones administrativas:

- *Tratamiento de la solicitud.* Esta función soporta la inserción de datos de una solicitud de licencia de radiocomunicaciones. Puede tratarse de la solicitud de una nueva licencia, la modificación de una licencia existente o la modificación de una solicitud pendiente.
- *Asignación de frecuencia.* Esta función soporta el procesamiento y análisis requeridos para aprobar una frecuencia solicitada. También puede utilizarse para investigar la disponibilidad de canales de frecuencia.
- *Procesamiento de la licencia.* Esta función soporta la renovación de una licencia existente cuando se han satisfecho todas las condiciones de renovación, el aumento de tasa para una licencia existente y la consulta de la base de datos para localizar una licencia o un grupo de licencias.
- *Tratamiento de tasas.* Esta función soporta la gestión de tareas financieras, tales como la elaboración de facturas, el registro del pago de tasas y la elaboración de estados financieros en formato estadístico o individual. También debe permitir el establecimiento y la modificación de las tasas.
- *Tratamiento de los informes.* Esta función permite la consulta de la base de datos y la elaboración de informes normalizados, facturas, correspondencia, informes en formato de texto e informes gráficos de los datos de gestión y comprobación técnica. También soporta la elaboración de los informes requeridos por la UIT y de los informes especiales especificados por el operador. Los informes gráficos a menudo son el método preferido de examinar los datos porque proporcionan una visión de los mismos que resume la información y facilita la identificación de tendencias y excepciones. Mediante la utilización del color se puede proporcionar aún más información en un solo gráfico. Un sistema moderno debe ofrecer la misma capacidad de informe automatizada desde todas las estaciones de trabajo en el sistema de gestión y comprobación técnica. La capacidad de crear a distancia un informe basado en los datos recogidos en un emplazamiento distinto también forma parte del soporte lógico de sistema típico.
- *Tratamiento de las reclamaciones por interferencia.* Esta función soporta el tratamiento de las reclamaciones por interferencia.
- *Tratamiento de funcionalidades.* Esta función soporta el examen, actualización e impresión de todos los cuadros utilizados por el sistema. La autoridad puede limitarse al director de gestión del espectro y al administrador del sistema como las únicas personas con autorización para examinar o modificar cualquier cuadro del sistema.
- *Tratamiento de la seguridad.* Esta función limita el acceso a registros de datos específicos o a ciertos tipos de transacciones a sólo aquellos operadores que poseen el nivel de acceso de seguridad apropiado.
- *Tratamiento de la transacción.* Esta función crea un registro en la base de datos, que anota la fecha, la hora y la identidad del operador que efectúa cada transacción; por ejemplo, la aprobación administrativa de una licencia.

2.2.3 Funciones del análisis de ingeniería

El sistema de gestión debe incluir un conjunto de herramientas de análisis de ingeniería. Se trata de programas informáticos para ayudar a la asignación de frecuencia de conformidad con las Recomendaciones de la UIT, así como Planes nacionales de frecuencias y políticas locales establecidas por la autoridad de gestión del espectro. Las herramientas de análisis deben incluir análisis de servicios de radiocomunicaciones, análisis de propagación de ondas decamétricas, análisis de propagación de ondas métricas y decimétricas, análisis de propagación de ondas centimétricas y microondas, análisis de intermodulación y análisis de compatibilidad electromagnética. Realizan los análisis utilizando una información sobre potencia transmitida, diagramas de antena, propagación y otros parámetros que pueden extraerse de la base de datos del sistema.

2.2.4 Funciones de comprobación técnica

En un sistema integrado, el sistema de gestión debe contar con una interfaz en las estaciones de comprobación técnica a través de una WAN para permitir la asignación de tareas a distancia y de forma local así como la realización de informes desde las estaciones de comprobación técnica. Las tareas de dichas estaciones de comprobación técnica incluyen las mediciones sistemáticas realizadas de conformidad con las Recomendaciones UIT-R, tales como la ocupación del espectro y los parámetros de la señal, así como las mediciones de radiogoniometría en una frecuencia específica que sea necesario hacer tras una reclamación. Los servidores de mediciones (descritos en el § 3.3) que se encuentran en las estaciones que realizan las tareas ejecutan automáticamente las mediciones solicitadas. El sistema puede realizar una detección automática de infracción, como se describe en el § 2.2.6, para identificar las frecuencias en las que emiten transmisores no incluidos en la base de datos de licencias, para detectar los transmisores que no funcionan con los parámetros establecidos en la licencia o para determinar que las señales medidas cumplen con lo especificado en sus licencias. Esta información se pone a disposición del personal de supervisión como informes alfanuméricos o gráficos. Los informes de comprobación técnica pueden incluir resultados de mediciones y representaciones geográficas de una zona o región de cobertura, con:

- emplazamientos de las estaciones de comprobación técnica;
- emplazamientos de transmisores conocidos;
- resultados de las marcaciones radiogoniométricas de las estaciones para localizar el transmisor.

Las estaciones de comprobación técnica pueden ser fijas o móviles y algunas de ellas son útiles en un sistema nacional informatizado. Las estaciones fijas son apropiadas para realizar comprobaciones en las bandas de ondas decamétricas, donde la propagación normalmente es de largo alcance a través de la onda ionosférica. Las estaciones fijas situadas cerca de zonas urbanas también son útiles para realizar comprobaciones técnicas en las bandas de ondas métricas y decimétricas en dichas zonas urbanas. Las estaciones móviles y transportables son adecuadas para realizar comprobaciones técnicas en las bandas de ondas métricas, decimétricas y centimétricas (y en la onda de superficie de las ondas decamétricas), puesto que en estos casos la propagación es de menor alcance y el sistema de medición normalmente debe desplazarse a la zona de interés. También son necesarias en muchos casos en que deben localizarse con precisión estaciones ilegales o fuentes de interferencia.

2.2.5 Acceso remoto a recursos del sistema

Los sistemas integrados, interconectados y multitarea con arquitectura de cliente/servidor normalmente permiten a los operadores de cualquier cliente en cualquier estación acceder a los recursos de alguno o de todos los servidores de mediciones, tanto los que están en el mismo

emplazamiento del cliente como los que se encuentran en otras estaciones, tal como ilustra la Fig. 2. Por consiguiente, todos los recursos de una red multiestación están disponibles para un operador determinado siempre que cuente con la adecuada autorización para acceder a todos estos recursos.



Las estaciones de comprobación técnica pueden controlarse a distancia desde una estación de trabajo en un centro de comprobación técnica del espectro, en el centro de gestión del espectro o en el centro de control local o pueden controlarse localmente en la propia estación y los resultados de la comprobación técnica pueden devolverse a dicha estación de trabajo. Este control remoto engloba a todos los operadores de comprobación técnica del espectro que desean trabajar desde un emplazamiento central y no desplazarse a ubicaciones de comprobación técnica distantes, siempre que la situación no exija precisamente el desplazamiento de un operador de comprobación técnica experimentado al propio lugar. Es necesario que los operadores analicen los datos medidos y validen todos los datos antes de su introducción en una base de datos central.

Los enlaces de comunicaciones sólo deben estar disponibles entre estaciones cuando un cliente solicita una tarea a servidores remotos y posteriormente cuando el cliente pide los resultados de dicha tarea; si los enlaces de comunicación están disponibles cuando se solicita la tarea, aunque posteriormente estén indisponibles, los resultados de las mediciones no se pierden sino que se mantienen en el servidor de mediciones hasta que se solicitan.

2.2.6 Detección automática de infracción

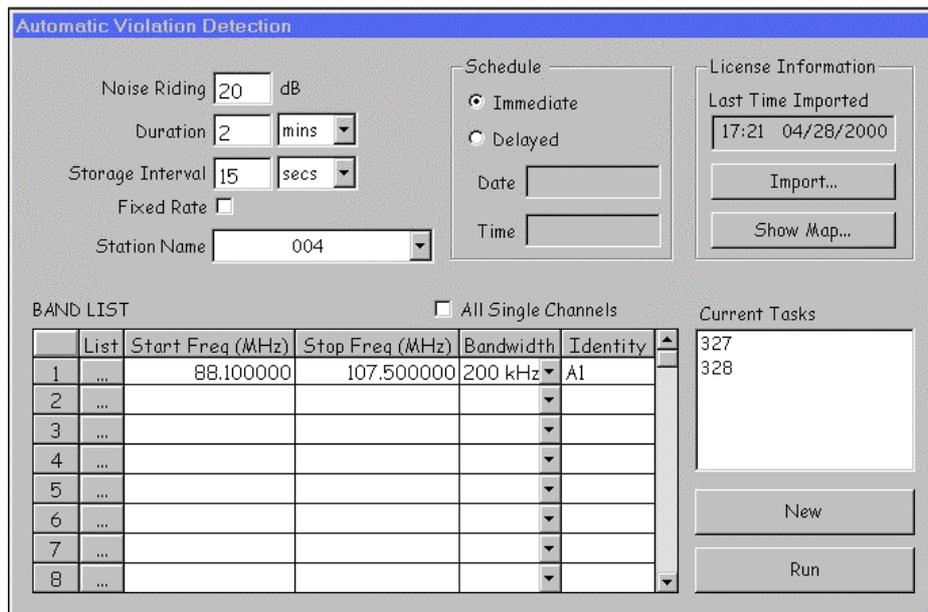
Es necesario realizar investigaciones del espectro para detectar interferencia y buscar señales que se desvían de los parámetros establecidos en la licencia y señales emitidas sin licencia. Un sistema integrado de gestión y comprobación técnica del espectro debe incluir una función de detección automática de infracción para realizar esta tarea permitiendo al operador definir una gama de

comprobación técnica especificando las frecuencias inicial y final de la banda o bandas que van a comprobarse y determinar los parámetros de comprobación, incluido el periodo de tiempo durante el cual va a realizarse. En la Fig. 3 aparece una típica ventana de control de la detección automática de infracción. El usuario debe poder identificar cualquiera de los siguientes parámetros para la activación de alarmas:

- Parámetros importantes de la señal o parámetros medidos por el sistema.
- Señales que se desvían de los parámetros indicados en su licencia.
- Señales emitidas sin licencia.

FIGURA 3

Ventana de control de la detección automática de infracción



1537-03

El sistema realiza una exploración a lo largo de la gama de frecuencias especificada y durante el periodo de tiempo especificado. El sistema utiliza las mediciones obtenidas de la exploración y utiliza la información de la base de datos de las licencias para determinar las señales en el espectro medido que no se encuentran en dicha base de datos de las licencias, proporcionando automáticamente una lista de las frecuencias utilizadas que no figuran en la base de datos. El sistema también verifica los parámetros de la señal, tales como la anchura de banda, la modulación y la frecuencia central y desencadena señales de alarma cuando encuentra infracciones. Esas alarmas alertan al operador sobre la existencia de señales no esperadas o que no cumplen con los parámetros especificados, basándose en los parámetros de búsqueda que ha especificado el propio operador, y proporciona las bases para realizar un examen más detenido por parte del mismo. Los resultados de la detección automática de infracción, incluida la información sobre emisores sin licencia o que no cumplen los parámetros establecidos por frecuencia o por canal, se muestran en una pantalla de resultados como la que aparece en la Fig. 4.

FIGURA 4

Resultados de la detección automática de infracción

Automatic Violation Detection Results

AVD Tasks Station Name: 004

Task	START		STOP		Status
	Date	Time	Date	Time	
327	05/15/00	14:28	05/15/00	14:30	Completed
328	05/15/00	14:28	05/15/00	14:30	Completed

AVD Results Task: 328 Station: 004

	Ctr Freq	Chan	Result	Freq	Dev Hz	%Occp	BW kHz
9	91.1	130	Not Found	0.000	0	0	0.0
10	91.5	140	Not Found	0.000	0	0	0.0
11	92.3	160	Compliant	92.300	130	100	138.3
12	93.3	130	Compliant	93.299	249	100	108.3
13	94.1	140	Compliant	94.099	25	100	79.9
14	94.5	150	Non Compliant (Freq)	95.500	511	100	132.8
15	94.9	160	Non Compliant (Freq)	95.899	936	100	134.2
16	95.3	170	Non Compliant (Freq)	95.299	438	100	118.0
17	95.7	190	Not Found	0.000	0	0	0.0
18	96.1	200	Not Found	0.000	0	0	0.0
19	96.5		Unlicensed (High Usage)	96.499	642	100	130.9
20	97.3	230	Not Found	0.000	0	0	0.0
21	97.7	240	Compliant	98.699	84	100	114.4

Tolerances: Freq: 350 Hz BW: 200 kHz %Occp: 0 Band#: 1

Reports: Save Preview Print

1537-04

Para facilitar el proceso de detección automática de infracción y asegurar que es operativo aun en el caso de indisponibilidad de comunicaciones entre las estaciones, cada una de ellas, fija o móvil, debe mantener su propia base de datos de estaciones con licencia en su zona de funcionamiento. Esta base de datos se obtiene a partir de la base de datos del sistema de gestión. Con la disponibilidad de esta base de datos local, cada estación fija y móvil puede continuar funcionando y realizar la detección automática de infracción aun cuando las comunicaciones no estén disponibles.

3 Automatización de las operaciones de comprobación técnica

Todas las mediciones de comprobación técnica periódicas son tareas repetitivas que se prestan fácilmente a la automatización:

- Mediciones de ocupación: La exploración de gran resolución de las bandas de frecuencias con pantallas generadas por ordenador y capacidad de almacenamiento de la ocupación del canal a lo largo de varios días se adapta bastante bien a la automatización.
- Mediciones de frecuencia: Pueden realizarse automáticamente cuando el valor de la relación señal/ruido (S/N) es suficientemente alto y en el caso de transmisiones con frecuencia portadora. En la banda de ondas decamétricas, los canales normalmente tienen una separación muy pequeña y debe proporcionarse una selectividad en frecuencia muy abrupta en el caso de que existan varias frecuencias en el mismo canal.

- Mediciones de nivel y, en caso necesario, de intensidad de campo.
- Mediciones de anchura de banda.
- Mediciones de los parámetros de modulación: Los avances experimentados en el soporte físico y en los algoritmos de procesamiento de la señal digital han desembocado en el desarrollo de sistemas de reconocimiento de la modulación que identifican los tipos de modulación en tiempo real. Estos sistemas pueden implantarse en instrumentos autónomos, tarjetas incorporadas a ordenadores y soporte lógico asociado, o pueden integrarse en otros instrumentos (tales como receptores o analizadores). Estos sistemas pueden emplearse para reconocer varios formatos de modulación (tanto digital como analógica), medir parámetros técnicos comunes y demodular o decodificar las señales.
- Análisis de la señal: No obstante, no todos los aspectos de los análisis de la señal pueden realizarse completamente de forma automática.
- Radiogoniometría.
- Identificación de estaciones, mediante el emplazamiento, o análisis automático de la señal (reconocimiento de código, número de elementos, velocidad de transmisión).

Todas estas mediciones pueden realizarse normalmente de manera automática pero algunas de ellas, tales como las de anchura de banda y la modulación, requieren señales con una buena relación S/N para lograr la suficiente precisión. Con estas mediciones se obtienen datos técnicos que pueden compararse con los parámetros técnicos inscritos en las bases de datos de la gestión del espectro o con los datos deseados. Los parámetros técnicos inscritos para un transmisor en dicha base de datos incluyen:

- frecuencia asignada;
- intensidad de campo calculada;
- clase de emisión;
- anchura de banda asignada;
- anchura de banda de la emisión;
- distintivo de llamada.

Cada estación de comprobación técnica normalmente cuenta con una lista de transmisores y los operadores comparan los parámetros del transmisor indicados con las observaciones registradas por los equipos automatizados. Los sistemas automáticos integrados pueden realizar la comparación además de la recopilación de los datos, en otras palabras, pueden efectuar la detección automática de infracción indicada en el § 2.2.6. De cualquier forma, la comparación debe realizarse utilizando tolerancias en los parámetros medidos que sean coherentes con las precisiones de medición recomendadas por la UIT a fin de minimizar la tasa de aparición de alarmas falsas. El objetivo es confirmar el cumplimiento con los procedimientos establecidos y con los datos técnicos indicados en su fichero de la base de datos. Cuando se detectan discrepancias o anomalías, normalmente incluyen:

- transmisores o frecuencias ilegales o sin licencia;
- periodos o emplazamientos de funcionamiento no autorizados;
- clases de emisión ilegales o baja calidad de modulación;
- excesivo desplazamiento de frecuencia;
- inexistencia de distintivo de llamada o distintivo de llamada incompleto;
- anchuras de banda excesivas;
- potencia excesiva (valor excesivo de la intensidad de campo).

3.1 Niveles de automatización

La automatización puede introducirse en muchos niveles en todas las operaciones de comprobación técnica. Una sola estación de trabajo puede realizar un control automático de ocupación utilizando parámetros previamente programados. Varias estaciones de trabajo en un emplazamiento pueden estar conectadas a un solo conjunto de equipos de medición para compartir estos recursos de medición. Toda una estación, o una red de estaciones, puede estar automatizada, posiblemente debido a su emplazamiento remoto, y los resultados de su comprobación técnica pueden retransmitirse a una estación más centralizada. Las posiciones individuales en diversos emplazamientos pueden interconectarse de tal forma que una posición sintonice automáticamente posiciones en otros emplazamientos para obtener múltiples mediciones simultáneas en señales de interés. La automatización puede ayudar a disminuir el tiempo necesario para localizar e identificar una señal, reducir el personal necesario para explotar las estaciones y hacer que este personal esté disponible para realizar otras funciones tales como análisis de datos, y aumentar la parte del espectro de radiofrecuencias que puede comprobar un servicio de manera efectiva. Por otro lado, la ausencia de un operador o un técnico en un emplazamiento remoto puede traducirse en largos periodos de inhabilitación de los equipos si se produce un fallo en los mismos. Además, los equipos automatizados puede que no ofrezcan la sensibilidad necesaria para sintonizar señales difíciles de recibir, lo cual podría lograr un operador mediante sintonía manual, y ese puede ser a menudo el caso en un entorno en ondas decamétricas. En cualquier circunstancia, cuando se automatiza una posición, el servicio debe incorporar la opción de pasar a funcionamiento manual, de forma local o a distancia.

3.2 Automatización de la posición

Cuando se automatiza una posición de comprobación técnica, se emplea un ordenador con un sistema operativo multitareas para controlar el equipo de medición, incluidas las antenas, la distribución de radiofrecuencia y los receptores. La automatización de equipos más antiguos normalmente exigirá utilizar un ordenador distinto y, en algunos casos, puede que sea necesario sustituir todos los equipos anteriores. Como ejemplo de automatización, un receptor controlado por ordenador puede programarse para comprobar frecuencias fijas o realizar exploraciones de bandas predeterminadas. Puede programarse para buscar ciertas características de un grupo de transmisores con licencia conocidos e inscribir todas las características de la señal que se adaptan a los parámetros programados. El ordenador puede programarse también para emitir un aviso al operador cuando detecte una señal adaptada o cuando ha detectado una señal que no se adapta. Este último método es una forma útil y automática de reconocer transmisores sin licencia o ilegales y es un ejemplo de detección automática de infracción. Esta tarea se realiza de la misma forma que la comprobación técnica normal, pero en frecuencias no contempladas por el sistema. Si el operador desea separar esta búsqueda de la comprobación técnica sistemática de estaciones conocidas, comienza una secuencia de comprobación técnica (en una banda de frecuencias o en una lista de frecuencias discretas) con instrucciones para registrar las mediciones en señales que no corresponden a un transmisor conocido.

Tal posición o grupo de posiciones permite al operador concentrarse en tareas de mayor prioridad, tales como ayudar a una estación móvil en las operaciones de radiogoniometría. Las posiciones pueden configurarse para permitir también el funcionamiento manual y pueden conectarse varias a una sola secuencia de medición. Las posiciones también pueden diseñarse para que generen informes técnicos que indiquen las características de la señal detectada y las posibles ubicaciones y usuarios. Si la estación emplea una LAN, el equipo automatizado puede enviar un informe técnico al ordenador del operador de manera que éste pueda incluir en el informe otra información que

identifique al usuario. En los casos en que se necesita seguimiento, los sistemas automáticos pueden señalar ficheros de bases de datos para tareas recurrentes de manera que el servicio pueda determinar si ha sido eliminada la interferencia.

3.3 Automatización de una estación

Las modernas técnicas DSP permiten automatizar de forma económica estaciones completas. Una estación automatizada consta de:

- un servidor de medición que consiste en un pequeño grupo de módulos de equipos de medición sofisticados que incluyen receptores digitales controlados por un ordenador cuyo soporte lógico puede mejorarse fácilmente para adaptarse a las nuevas tecnologías y servicios, y
- estaciones de trabajo de operador, o clientes, que se utilizan para interfaz del operador y que contienen programas informáticos que facilitan la utilización y mantenimiento del sistema.

La estación puede explotarse de forma local o puede controlarse a distancia desde el emplazamiento más conveniente. Los enlaces entre las estaciones de medición y las estaciones de control pueden ser radioeléctricos o terrenales. Esencialmente, la estación pasa a ser un nodo en una WAN administrado por la estación de control.

Una estación plenamente automatizada presenta la arquitectura ilustrada en la Fig. 5. Esta estación consta de antenas, un servidor de medición, que es una unidad de bus modulable a alta velocidad con procesadores, receptores y otros elementos electrónicos compactos, uno o más clientes de estaciones de trabajo comerciales de bajo coste y varios equipos periféricos que incluyen impresoras, teléfonos y módems. Una arquitectura de estación alternativa pero relacionada con la anterior incluye unidades separadas pero muy integradas con receptores digitales, radiogoniómetros y procesadores; en este caso, la parte de la Fig. 5 que contiene el bus de datos de alta velocidad de arquitectura abierta con varios módulos se sustituye por unidades separadas, incluido un receptor digital, un radiogoniómetro digital y un procesador.

Las funciones de una estación de comprobación técnica automatizada incluyen:

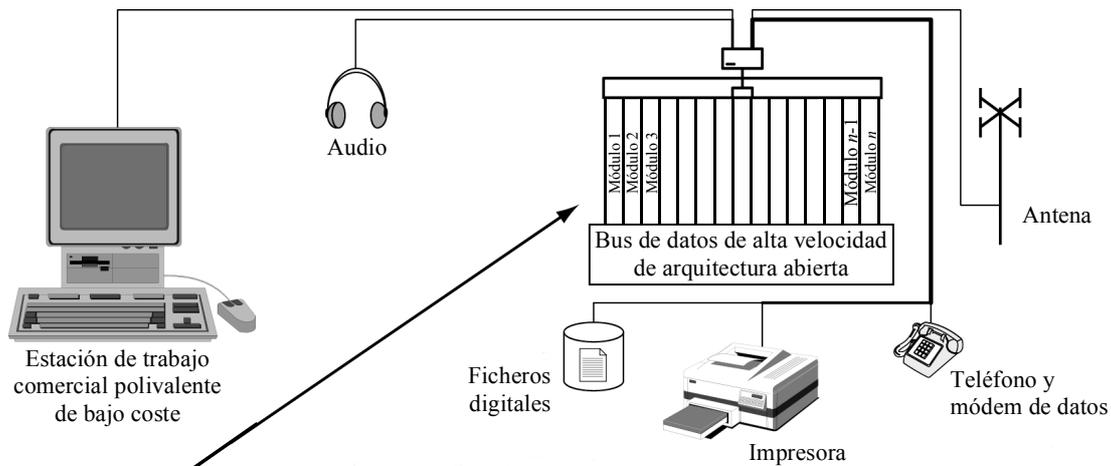
- comprobación técnica, demodulación y decodificación;
- grabación de audio;
- medición técnica y análisis, incluida la frecuencia y el desplazamiento de frecuencia, nivel/intensidad de campo, parámetros de modulación, incluida la profundidad de la modulación en amplitud y la desviación de la frecuencia modulada, anchura de banda y análisis del espectro;
- ocupación del espectro;
- radiogoniometría;
- comparación automática en tiempo real con los parámetros establecidos en la licencia;
- generación automática de alertas sobre transmisiones anormales o desconocidas.

Las estaciones automáticas de comprobación técnica normalmente tienen tres modos de funcionamiento que se utilizan para realizar las siguientes tareas:

- modo interactivo;
- modo automático o programado;
- modo básico.

FIGURA 5

Típica estación moderna de comprobación técnica del espectro radioeléctrico integrada



Funciones realizadas por soporte físico y módulos de programas de ordenador:

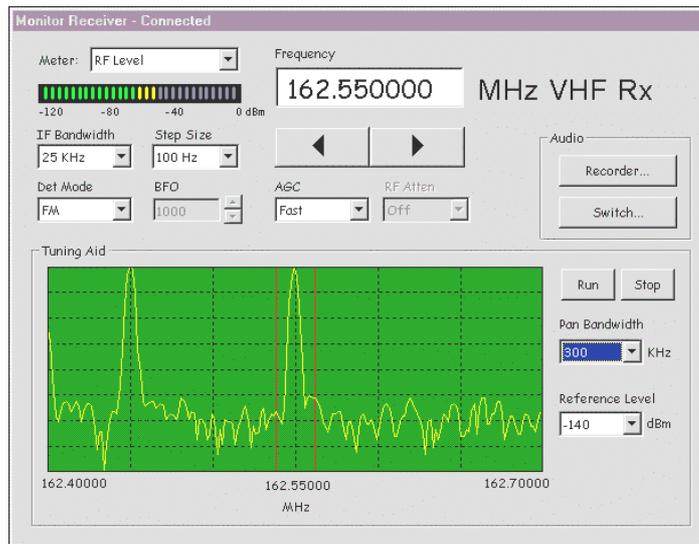
- | | |
|---|--------------------------------------|
| - Procesamiento del radiogoniómetro | - Interfaz de la estación de trabajo |
| - Conversión rápida analógica/digital | - Pantallas de espectro |
| - Procesamiento y demodulación de la señal digital | - Pantallas de tipo osciloscopio |
| - Receptor 1 | - Pantallas de actividad espectral |
| - Receptor 2 | - Matriz de audio |
| - Receptor n | - Matriz de radiofrecuencia |
| - Audio digital | - Interfaz de comunicaciones |
| - Tarjeta multimedia | - Bases de datos del emisor |
| - Receptor del sistema mundial de posicionamiento (GPS) | - Ranuras de expansión |

1537-05

El modo interactivo permite una interacción directa con varias funciones que proporcionan realimentación instantánea tales como sintonía del receptor monitor, selección de la demodulación y selección de pantalla panorámica. Estas funciones están controladas a partir de paneles de control virtual situados en la estación de trabajo del cliente, utilizando pantallas tales como la que se ilustra en la Fig. 6. Las pantallas panorámicas y de espectro sintéticas se crean en la estación de trabajo del operador e incluyen presentaciones en cascada (pantallas tridimensionales donde se representa la amplitud de la señal en función de la frecuencia y en función del tiempo) y pantallas de espectrogramas (presentaciones bidimensionales de la frecuencia de la señal en función del tiempo, indicando la amplitud de la señal mediante colores).

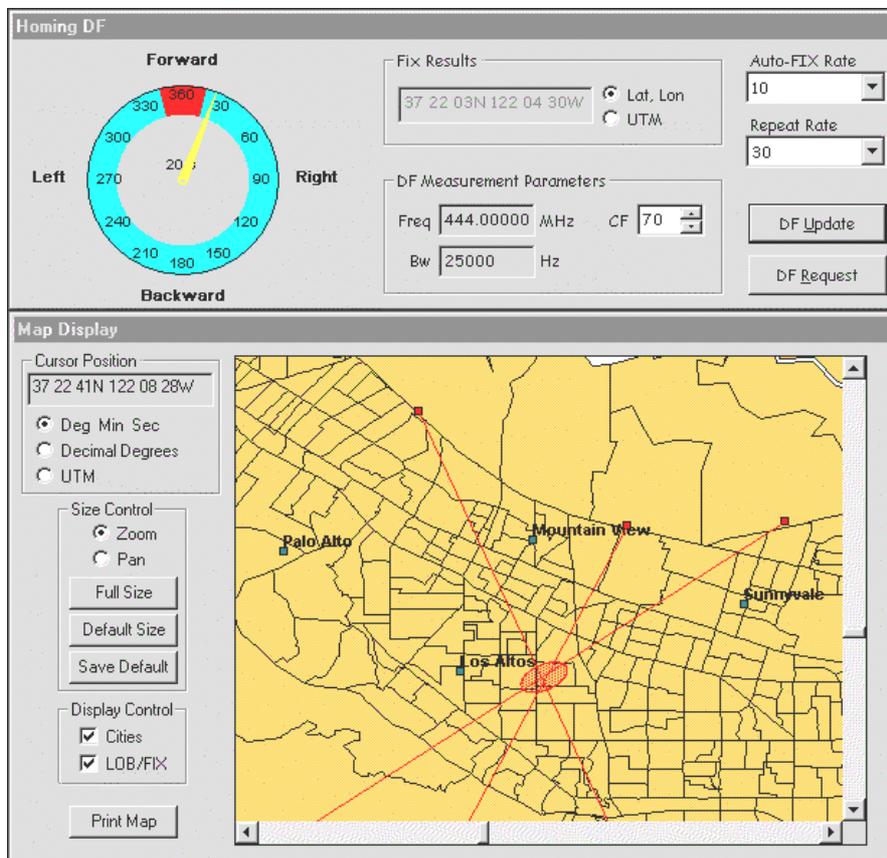
La recalada por radiogoniometría es un ejemplo importante de funcionamiento interactivo. La radiogoniometría puede controlarse en una unidad móvil cuando la unidad se encuentra en movimiento. Los resultados de la radiogoniometría se presentan con respecto a la parte delantera del vehículo, como ilustra la Fig. 7, y permiten al conductor decidir en qué dirección dirigir el vehículo para aproximarse al transmisor de la señal deseada. También se muestran los resultados de radiogoniometría procedentes de diversos emplazamientos en un mapa geográfico, lo que permite una triangulación automática por parte del sistema a fin de localizar el transmisor de la señal. El emplazamiento exacto de la unidad móvil se actualiza de forma continua mediante un receptor GPS de alta precisión y la orientación del vehículo con respecto al norte se mide con un compás electrónico.

FIGURA 6
Panel de control virtual para el receptor monitor



1537-06

FIGURA 7
Pantalla de recalada por radiogoniometría y mapa geográfico

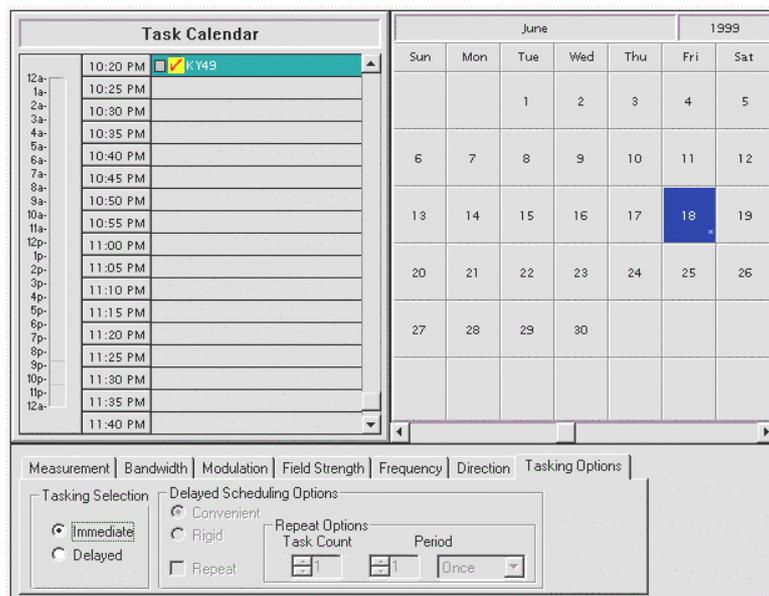


1537-07

El modo automático o programado puede establecer las tareas que deben ejecutarse inmediatamente o que van a ejecutarse en el futuro en los instantes especificados. Las funciones que se realizan en modo programado incluyen las mediciones y análisis técnicos y la radiogoniometría. Pueden especificarse los parámetros de medición, como en el método de medición y de promediado, y el instante de medición (o instantes de medición en caso de mediciones que deben repetirse), o pueden utilizarse valores por defecto proporcionados por el sistema. El operador puede utilizar una pantalla que contiene un calendario tal como el que aparece en la Fig. 8 para programar estas funciones. El cliente solicita intervalos de tiempo para las mediciones deseadas a partir del servidor de medición. El método de asignación de intervalos de tiempo permite la conexión de múltiples clientes a un solo servidor. A fin de controlar las tentativas de programación de múltiples mediciones en el mismo intervalo de tiempo, el servidor debe soportar un modo de programación conveniente. Cuando el intervalo de tiempo solicitado ya está reservado, la petición del cliente de un intervalo de tiempo del servidor se desplaza hasta el primer intervalo de tiempo disponible. El servidor puede buscar el intervalo de tiempo disponible dentro de una ventana de tiempo especificada que normalmente es de ± 5 min. El servidor de medición lleva a cabo las mediciones solicitadas utilizando la programación adecuada y los algoritmos de prioridad a fin de resolver cualquier conflicto de programación y mantiene los resultados medidos hasta que los solicita el cliente.

FIGURA 8

Pantalla de asignación de tarea en modo automático o programado



1537-08

El modo básico se utiliza para realizar las tareas de medición de ocupación del espectro y detección automática de infracciones cuando se desea recopilar datos a lo largo de grandes periodos de tiempo. La exploración de banda ancha para la ocupación, o la radiogoniometría combinada con la ocupación (denominada «exploración radiogoniométrica»), puede especificarse y puede programarse el sistema para llevar a cabo una exploración automática a lo largo de una frecuencia o gama de frecuencias particular y al detectar una señal iniciar la actividad especificada por el operador, como por ejemplo una medición radiogoniométrica o técnica. El modo básico funciona en una prioridad más baja que el modo programado de manera que las mediciones programadas específicas interrumpirán el modo básico para utilizar el servidor de medición. Una vez completadas las mediciones programadas, vuelve el control a las mediciones en modo básico que se estuvieran realizando cuando se interrumpió el proceso.

Cuando el cliente solicita los resultados de las mediciones puede consultarlos en formatos convenientes. La mayoría de la información se presenta de manera gráfica en forma de histogramas de ocupación, gráficos de la intensidad de campo en función de la frecuencia (véase la Fig. 9), mapas geográficos que muestran los resultados de determinación del emplazamiento (véase la Fig. 7) y otras presentaciones gráficas. Estos sistemas pueden realizar radiogoniometría en la mayoría de las frecuencias simultáneamente y proporcionar gráficos del acimut en función de la frecuencia (véase la Fig. 10) que son útiles para interceptar y procesar las modernas modulaciones digitales; los resultados de radiogoniometría en esa presentación para el mismo acimut con muchas frecuencias distintas son un signo evidente de la presencia de una señal con salto en frecuencia.

Pueden diseñarse sofisticados sistemas de cliente/servidor que sean más fáciles de utilizar que los sistemas con unidades de equipo separadas o autónomas tales como receptores y analizadores de espectro. Gracias a los iconos de tarea y barras de función en la pantalla del ordenador a los que puede acceder el operador apuntando y haciendo clic con un ratón, estos sistemas pueden ser muy intuitivos y fáciles de aprender. Para las administraciones que tengan dificultades en obtener operadores cualificados, la sencillez de funcionamiento de un sistema de comprobación técnica es un parámetro muy importante.

Los modernos servidores de mediciones basados en el DSP pueden proporcionar una anchura de banda instantánea muy amplia, tales como varios MHz, junto con una elevada gama dinámica, de manera que las señales de gran intensidad dentro de esta anchura de banda no impiden que las señales muy débiles en la anchura de banda sean recibidas y procesadas. Los sistemas con anchuras de banda instantáneas muy amplias pueden explorar el espectro a velocidades muy rápidas y son capaces de adquirir de forma efectiva y medir de manera intermitente las señales de banda ancha y versátiles en frecuencia. Los operadores pueden consultar una pantalla panorámica muy amplia, lo que mejora su capacidad para localizar las fuentes de interferencia e identificar los tipos de señales y de interferencia que se está comprobando.

FIGURA 9

Presentación de la intensidad de campo en función de la frecuencia

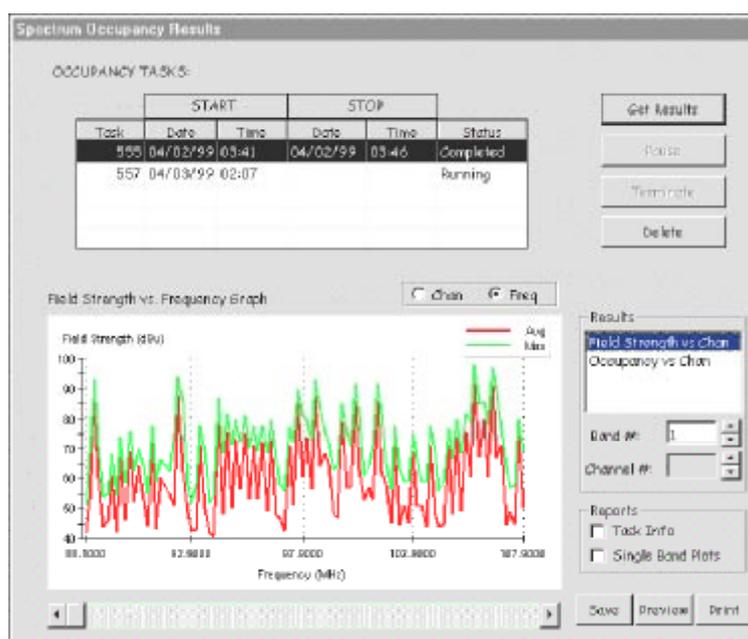
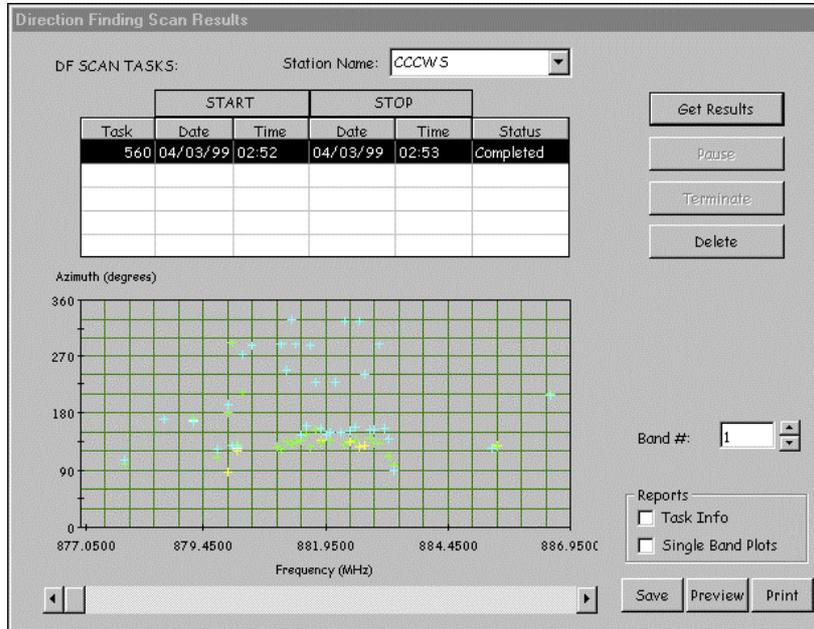


FIGURA 10
Presentación de resultados de la exploración radiogoniométrica



1537-10