

RECOMENDACIÓN UIT-R F.1110-2

**SISTEMAS RADIOELÉCTRICOS ADAPTABLES PARA FRECUENCIAS
INFERIORES A UNOS 30 MHz**

(Cuestión UIT-R 147/9)

(1994-1995-1997)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que los enlaces en ondas decamétricas por propagación ionosférica permiten comunicaciones a larga distancia;
- b) que las variaciones naturales de la ionosfera y las interferencias provocadas por la saturación del espectro y las anomalías de propagación hacían hasta ahora difícil la explotación de los enlaces en ondas decamétricas y exigían la presencia de personal técnico altamente cualificado;
- c) que los progresos tecnológicos realizados estos últimos años han dado como fruto el desarrollo de procedimientos de adaptación que permiten automatizar los enlaces en ondas decamétricas y mejorar su calidad;
- d) que los denominados sistemas adaptables permiten:
 - ofrecer una calidad de servicio mejor, gracias a la capacidad de los equipos radioeléctricos para explotar las tecnologías modernas y al empleo de soportes lógicos perfeccionados de control en tiempo real; de esta manera se obtiene un sistema fiable, robusto, económico y de fácil utilización;
 - construir amplias redes en ondas decamétricas con una arquitectura flexible y menos jerarquizada;
 - reducir los tiempos de transmisión, lo que se traduce en:
 - una utilización más eficaz del espectro,
 - una disminución de las interferencias entre distintos usuarios,
 - la posibilidad de aumentar la densidad del tráfico;
- e) que con las investigaciones recientes se han conseguido sistemas adaptables de establecimiento automático de enlaces (EAE),

recomienda

1 que todo sistema adaptable en ondas decamétricas debería tener las características generales señaladas en el Anexo 1;

2 que la asignación de frecuencia a estos sistemas se efectúe de acuerdo con los principios señalados en el Anexo 2.

NOTA 1 – En los Anexos 3 a 9 se describen diversos sistemas adaptables.

ANEXO 1

Características generales de los sistemas adaptables en ondas decamétricas**1 Introducción**

Con independencia del tipo de servicio que deba prestarse:

- telefonía,
- telegrafía,
- transmisión de imágenes,
- transmisión de datos,

todo enlace en ondas decamétricas consta de las siguientes fases:

- escucha,
- llamada,
- establecimiento de la conexión,
- tramitación del tráfico,
- terminación de la conexión,
- retorno a la escucha.

Los sistemas adaptables automatizan este proceso, lo cual hace que la explotación no requiera la presencia de un operador especializado, y mejora la calidad de servicio y el rendimiento del enlace.

Estos sistemas pueden utilizarse:

- para enlaces punto a punto,
- para una red con procedimiento de llamada selectivo efectuado por la estación de control, llamada que, a su vez, puede ser:
 - general (todas las estaciones),
 - de grupo (ciertas estaciones),
 - individual (una sola estación con la que se establece una conexión punto a punto).

El usuario sólo debe encargarse de la explotación en el periférico correspondiente al tipo de servicio comunicado en la secuencia de llamada (teléfono, teleimpresora, equipo de transmisión de imágenes, terminal de datos), quedando totalmente exento de las tareas de establecimiento, control e interrupción de las conexiones radioeléctricas.

Los sistemas adaptables garantizan esencialmente una función triple:

- automatismo de selección de la frecuencia que debe utilizarse;
- el automatismo de las operaciones de llamada, establecimiento del enlace (con posible conmutación en el periférico, correspondiente al tipo de servicio que debe prestarse) y terminación del enlace;
- la adaptabilidad durante el enlace con objeto de optimizar permanentemente la calidad del servicio de acuerdo con las condiciones ionosféricas y la congestión del espectro.

2 Automatismo de la selección de la frecuencia que debe utilizarse

Esta selección se efectúa mediante un dispositivo de elección de frecuencias, que podría disponer de las siguientes informaciones:

- la lista de frecuencias asignadas;
- el programa memorizado de previsiones ionosféricas, que ofrece previsiones sobre la calidad de los enlaces en diferentes frecuencias, particularmente en función de la hora, la estación y el año;
- las indicaciones de calidad obtenidas de los enlaces precedentes, que permiten reducir el tiempo del EAE si el canal ionosférico es suficientemente estacionario (corto plazo) o suficientemente reproducible durante el mismo intervalo horario en días sucesivos;
- el análisis pasivo de los canales en tiempo real, que permite separar los canales libres de los canales interferidos (reduciendo la congestión espectral) (véase la Nota 1);
- en algunos casos, las informaciones facilitadas, por otros elementos (por ejemplo, sistemas de sondeo ionosférico).

Basándose en esas informaciones, podrá confeccionarse en un momento dado una clasificación preferente de las frecuencias que han de utilizarse para un determinado enlace.

NOTA 1 – Los canales que utilizan transmisiones LINCOMPEX se determinarán mediante demodulación y detección del tono de control LINCOMPEX y no pueden considerarse como canales libres.

3 Automatismo de la llamada, del establecimiento del enlace y de la terminación del mismo

3.1 Canales comunes de llamada y tráfico

Es necesario que la secuencia de llamada contenga las siguientes indicaciones proporcionadas por el usuario:

- identificación de la estación llamante,
- identificación de la estación llamada,
- tipo de servicio,
- eventualmente, modo de explotación (símplex, semidúplex y dúplex) en el caso poco frecuente de que no haya sido impuesto por el enlace o no exista correspondencia biunívoca entre el modo de explotación y el tipo de servicio.

La secuencia de llamada se efectúa en la frecuencia clasificada con el N.º 1 por el dispositivo de selección de las frecuencias.

Dicha frecuencia se conservará para el enlace, si:

- se recibe una respuesta de la estación llamada,
- esta respuesta indica que la calidad medida del enlace en el sentido que llama-llamado resulta suficiente para garantizar el servicio requerido (en efecto, la calidad podría bastar para garantizar el establecimiento del enlace, que se efectúa siempre a una velocidad binaria reducida, pero ser insuficiente para garantizar un servicio que precise una calidad superior, por ejemplo la telefonía analógica o la transmisión digital a alta velocidad),
- la calidad medida del enlace en el sentido llamado-que llama resulta suficiente para garantizar el servicio requerido.

En el caso de que uno de los tres requisitos antes enumerados no se satisfaga, se reiniciarán las llamadas en la frecuencia clasificada N.º 2.

A partir del momento en que se haya encontrado una frecuencia adecuada, se produce una conmutación automática en el periférico correspondiente al tipo de servicio que debe prestarse.

Al término de la conexión las estaciones retornan a una configuración de escucha.

NOTA 1 – Frecuencia clasificada N.º 1, 2, ... quiere decir:

- una sola frecuencia en el caso de operación símplex;
- un par de frecuencias en el caso semidúplex y en el caso dúplex.

Conviene utilizar procedimientos que permitan la selección independiente de las frecuencias para cada sentido del enlace en los casos siguientes:

- presencia de interferencias locales;
- no disponibilidad de las mismas frecuencias en ambos extremos del enlace.

3.2 Canales separados de llamada y de tráfico

En redes o sistemas donde la densidad de tráfico o el número de estaciones es elevado, puede ser conveniente la utilización de canales separados de llamada y de tráfico. En esos casos, el establecimiento de la llamada seguirá normalmente el modelo indicado en el § 3.1 salvo si el contacto inicial se realiza en uno de los canales llamantes, que son verificados por todas las estaciones cuando realizan la escucha. Después se combina la evaluación de canal pasivo y el sondeo de canal activo para determinar la frecuencia de tráfico más adecuada.

4 Adaptabilidad durante una comunicación

Gracias a su adaptabilidad, el sistema mantiene automáticamente la calidad de una transmisión en ondas decamétricas durante una comunicación haciendo variar los principales parámetros de la transmisión de acuerdo con la evolución del estado del canal.

Entre estos parámetros cabe citar:

- en los equipos radioeléctricos:
 - la potencia de emisión,
 - la frecuencia,
 - la selección de la banda lateral única (BLU) (banda superior-banda inferior);

- en el periférico telegráfico o el terminal de datos y su módem asociado:
 - la velocidad binaria,
 - el tipo de codificación,
 - la amplitud del desplazamiento,
 - el valor de la subportadora.

Para aplicar un proceso adaptable es preciso adoptar las siguientes medidas:

- determinar un criterio cuantificable para representar la calidad del enlace en un tipo de servicio determinado (por ejemplo; número de repeticiones para un enlace telegráfico con corrección de errores con canal de retorno (ARQ) – proporción de errores para una transmisión digital y medición de la relación S/N – fluctuación de fase);
- fijar el valor de este criterio por debajo del cual se estima que la calidad resulta insuficiente (umbral);
- medir continuamente durante el enlace el valor de dicho criterio;
- si durante un periodo determinado ese valor cae por debajo del umbral fijado, hacer variar uno o varios parámetros del enlace, con objeto de obtener nuevamente la calidad requerida.

Ello implica, evidentemente que tales parámetros sean programables y que los diferentes valores discretos seleccionados puedan modificarse por telemando.

Cuando se modifican los parámetros debe aplicarse una señal especial para indicar a los dos terminales interesados que se está realizando un proceso adaptable.

NOTA 1 – En telefonía analógica, el criterio representativo de la calidad del enlace sólo puede ser subjetivo, razón por la cual hay que dar al usuario la posibilidad de iniciar mediante una acción voluntaria el cambio de los parámetros: por ejemplo, con una instrucción de «reactivación» accionada por el usuario que recibe mal, para indicar al sistema que éste debe dar inicio al proceso de adaptabilidad.

ANEXO 2

Asignaciones de frecuencia

1 Consideraciones sobre la frecuencia máxima utilizable (MUF) y la frecuencia mínima utilizable (LUF)

En cualquier momento del día, se dispone de un trayecto de propagación ionosférica en canales comprendidos en una ventana situada por debajo de la MUF y por encima de la LUF. La MUF se define por la condición ionosférica prevaleciente, pero la LUF se fija por una combinación de pérdida de trayecto y parámetros de los equipos, tales como potencia del transmisor, factores de ruido y ganancia de la antena. En la práctica, muchos de los canales de esta ventana estarán bloqueados por la interferencia producida por otros usuarios.

Se puede predecir la MUF sobre la base de su valor medio a largo plazo. La MUF puede variar en $\pm 30\%$ de un día a otro y en condiciones de perturbación puede ser menor del 50% del valor previsto.

El valor típico de la LUF, para sistemas comerciales, es aproximadamente la mitad de la MUF, pero también puede variar considerablemente. En condiciones «normales» la ventana varía en forma predecible de la manera siguiente:

- la MUF diurna es mayor que la nocturna,
- en invierno la MUF varía más que en verano,
- los enlaces de trayectos cortos, menores de 1 000 km, utilizan normalmente frecuencias por debajo de 15 MHz,
- los enlaces de trayectos largos, mayores de 1 000 km, utilizan normalmente frecuencias por encima de 5 MHz,
- las MUF son más elevadas cuando el número de manchas solares es alto.

2 Asignaciones de frecuencia para un enlace

Cuando se solicitan asignaciones de frecuencia para un enlace en ondas decamétricas que deba funcionar fiablemente en todo momento, es conveniente planificar frecuencias que tengan una separación uniforme (progresión geométrica) en la banda requerida. Por ejemplo, un enlace de trayecto corto podría cubrirse teóricamente con una asignación de cuatro frecuencias de relación 1,9 veces de la siguiente manera:

2,0 3,8 7,2 13,7 MHz

Para asegurar una continuidad de servicio fiable en condiciones de perturbación, se necesitaría idealmente un conjunto de frecuencias mayor, es decir, ocho frecuencias con una relación de 1,3 veces como se indica a continuación:

2,0 2,6 3,4 4,4 5,7 7,4 9,6 12,5 MHz

Un enlace de trayecto largo podría utilizar una relación similar en la parte superior de la banda de la siguiente manera:

4,4 5,7 7,4 9,6 12,5 16,3 21,2 27,6 MHz

Con esto se logra que en la ventana usual del 50% de anchura haya tres asignaciones de canales, lo que permite compensar los estrechamientos apreciables de la ventana causados por las perturbaciones.

Las frecuencias citadas, por supuesto, sólo son ejemplos y las asignaciones reales dependerán de las circunstancias. Tiene mayor importancia la probabilidad de que las frecuencias únicas de un conjunto puedan ser inutilizables debido a interferencias, de modo tal que, para lograr la máxima disponibilidad, sería necesario poder elegir entre diversos canales en cada punto de la banda.

3 Asignaciones de frecuencia para sistemas adaptables

Un sistema adaptable podría utilizarse simplemente para explorar por barrido un conjunto de canales asignados y elegir el mejor. Si bien esto ayudaría al operador, no ofrece ninguna ventaja en la utilización del espectro.

Un medio más efectivo de utilización del espectro consistiría en agrupar las asignaciones de frecuencia de un número de circuitos y explotarlas en conjunto como una red, para lo cual se utilizaría como recurso los grupos de frecuencias así agrupadas sobre la base de una asignación por demanda.

En general, existe una relación entre dimensión de la red, densidad de tráfico y canales requeridos. Por ejemplo:

- un número determinado de canales de propagación puede admitir un nivel dado de tráfico en una red de un número determinado de estaciones; o
- una red de un número determinado de estaciones con un nivel dado de tráfico requiere un número determinado de canales en la ventana de propagación.

En términos sencillos, cuando sea necesario establecer más de una llamada al mismo tiempo (es decir, en una red) el número de canales requeridos se multiplica por la cantidad máxima de canales simultáneos. Si no se dispone de los canales suficientes, algunas llamadas deberán esperar.

Por consiguiente, cualquier restricción en el número de canales disponibles afectará a la eficacia en el manejo del tráfico del sistema.

El concepto de canales compartidos se complica por la necesidad que tienen los sistemas adaptables de utilizar un conjunto de frecuencias a través de la banda de ondas decamétricas para:

- tráfico,
- gestión de la red,
- evaluación del canal.

Si la interferencia mutua entre sistemas se debe reducir al mínimo, es necesario elaborar normas de diseño para sistemas adaptables de ondas decamétricas que utilicen grupos de canales comunes.

Sistema automático en ondas decamétricas controlado por microprocesador para tráfico vocal y télex

1 Introducción

Se ha desarrollado un sistema automático de radiocomunicaciones por ondas decamétricas controlado por microprocesador para cursar el tráfico telefónico con modulación de BLU y el tráfico telegráfico con modulación por desplazamiento de frecuencia (MDF).

El sistema proporciona las siguientes funciones automáticas:

- evaluación y selección de la frecuencia en tiempo real,
- establecimiento automático del enlace mediante llamada selectiva,
- ARQ con facilidad especial de ordenación de canales, y
- comprobación de la calidad del enlace y, en caso necesario, cambio automático de la frecuencia.

2 Atribución de la frecuencia y evaluación del canal en tiempo real (RTCE)

El sistema evalúa pasivamente los niveles de ruido y de interferencia en cada uno de los seis canales en una asignación de 3 kHz en cada banda. La banda indicada se selecciona por medio de predicciones de la propagación hechas bajo control del microprocesador. El mejor canal en la banda óptima predicha es entonces el primero que se elige para la comunicación con modulación MDF de ± 85 Hz de desplazamiento.

3 Interacción del operador

La tramitación de los mensajes corre a cargo de operadores sin calificación específica que utilizan para ello un lector de cinta de papel de control sencillo. La marcha del sistema se halla sujeta al control del microprocesador. De haber necesidad, la anchura de banda total de 3 kHz queda inmediatamente a disposición de la comunicación telefónica, interrumpiéndose pasajeramente el tráfico telegráfico.

4 Entrada de datos en la red

Los datos del sistema (frecuencias, llamadas selectivas, etc.) entran en el computador a través de un teclado o de cintas de papel, e incluso a través del radioenlace de ondas decamétricas.

5 Establecimiento del enlace

Al establecer un enlace, el sistema utiliza la mejor frecuencia disponible teniendo en cuenta las condiciones de propagación y la interferencia.

Se emplea una predicción de la propagación, que se actualiza en función de la experiencia, para clasificar las bandas, de la mejor a la peor, durante diferentes periodos del día. La comunicación se establece explorando secuencialmente los canales asignados hasta determinar la transmisión pertinente.

6 Supervisión del enlace

Se utiliza la ARQ, versión semidúplex, que transmite la información en las dos direcciones cuando no hay errores. La proporción de caracteres erróneos es mejor que 1 en 10^6 . Puede utilizarse una combinación de correcciones de errores en recepción sin canal de retorno (FEC) y ARQ.

Se cuenta con un modo de orden especial para transmitir instrucciones de radiocomunicación y datos entre las estaciones sin comprometer la integridad de la información telegráfica ordinaria. Esta importante característica permite al sistema realizar funciones de control complejas, lo que es realmente necesario en un sistema automático «inteligente».

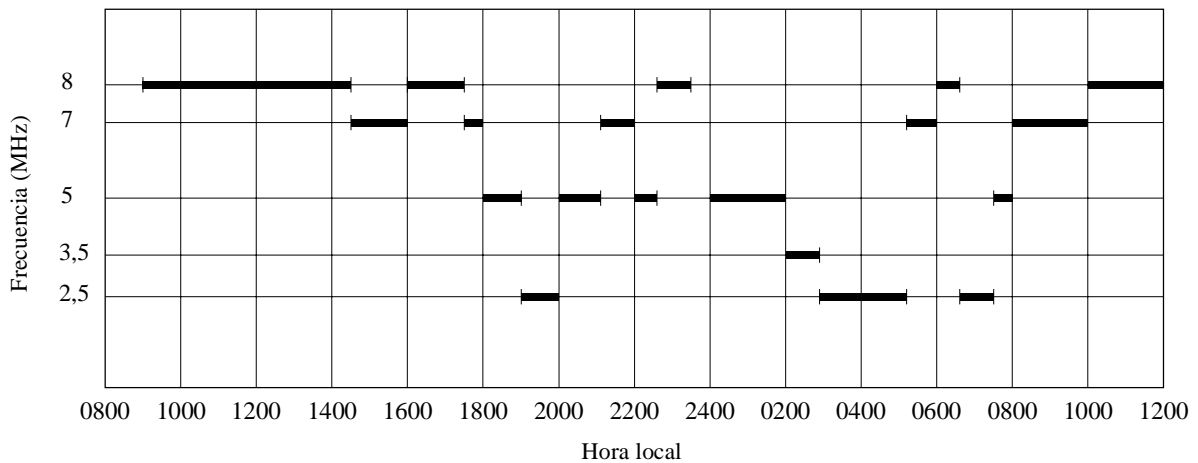
Se vigila la frecuencia de la petición automática de repetición y cuando el radioenlace es demasiado malo, el sistema trata de hallar un canal mejor, en la misma banda, en la dirección perturbada. Si lo consigue, la estación receptora pide a la estación transmisora que cambie al nuevo canal y continúa el tráfico. Si por algún motivo no hay un canal mejor, se ensaya con otras bandas hasta que se halle un canal útil o que alguna otra estación desee entrar. Todo ello es automático y simplemente retarda los mensajes sin daño alguno para la copia impresa. El sistema puede encontrar características ionosféricas de breve duración, difíciles de predecir, como son las capas E esporádicas y utilizarlas cuando sea necesario.

7 Pruebas y rendimiento

En el curso de 1984 se sometió el sistema a pruebas en un enlace transauroral de 1 000 km a partir de Estocolmo. Se utilizaron cinco bandas de seis canales. La potencia radiada aparente de transmisión fue de 100 W utilizando antenas de banda ancha.

El rendimiento se comprobó valiéndose de un computador de escritorio que reunía los datos relativos a la relación eficacia/caudal, así como a la utilización de frecuencias y a los errores en los caracteres. La Fig. 1 contiene datos típicos acerca de la utilización de la frecuencia. El radioenlace resultó muy difícil debido a que estaba considerablemente perturbado por las alteraciones ionosféricas aurales y del invierno de las altas latitudes. Pese a ello, rara vez el sistema estuvo por debajo de una capacidad de transferencia de 300 000 caracteres cada 24 h, lo que equivale a una eficacia de alrededor de 50%. La eficacia media por periodos de 24 h de este sistema osciló la mayor parte de los días entre un 70 y un 80%.

FIGURA 1
Un ejemplo de utilización de frecuencias



1110-01

8 Comentarios sobre los resultados de las pruebas

En muchas ocasiones, el sistema utilizó con buenos resultados frecuencias muy superiores a los valores de la MUF F2 predicha. Ello se debió probablemente a la ionización de la capa E esporádica. Se ha puesto así en prueba con éxito un sistema automático de radiocomunicaciones por ondas métricas que es capaz de adaptarse a condiciones ionosféricas difíciles y variables.

Un sistema radiotelefónico automático de pequeña capacidad

1 Introducción

Un sistema radiotelefónico automático en ondas decamétricas se encuentra en fase de pruebas prácticas en Canadá como alternativa de la red telefónica con conmutación. El sistema tiene una calidad de funcionamiento mejorada y las siguientes características generales:

- evaluación y selección en tiempo real de frecuencias de las bandas de ondas decamétricas,
- acceso a la red con conmutación sin intervención de operadora,
- almacenamiento y actualización de información para la selección de los canales, la facturación y la evaluación del tráfico,
- es económico para su instalación en zonas alejadas,
- fiabilidad mejorada mediante un diseño moderno.

2 Configuración del sistema

Se ha atribuido a la red de estaciones en ondas decamétricas un cierto número de frecuencias (hasta 8), que cubren todas las condiciones de propagación que se pueden presentar. Existe acceso a todos los abonados de la red de ondas decamétricas o éstos pueden tenerlo a cualquier abonado dentro o fuera de la misma. El sistema descrito funciona en el modo de activación por la voz, utilizando la misma frecuencia en ambos sentidos de transmisión (modo símplex). Ello no impide el futuro empleo de frecuencias diferentes en los dos sentidos de transmisión (modo semidúplex o dúplex).

3 Descripción del sistema

La estación automática en ondas decamétricas está compuesta por un transceptor de BLU de 100 W en ondas decamétricas de estado sólido, una antena de banda ancha, un módem a 75 bit/s y una unidad controlador/interfaz que proporciona las funciones automáticas y las características de interfaz para la compatibilidad telefónica.

En la Fig. 2 se representa un sistema de tres estaciones utilizado en Canadá. Se muestran dos tipos de estaciones distantes, una de un solo teléfono y otra interconectada a un pequeño conmutador de centralita automática privada para dar servicio a una comunidad mayor. Dado que la estación maestra se hallaría normalmente situada en una comunidad superior, se equipó también con un conmutador de centralita privada automática. Este conmutador podría eliminarse de no necesitarse para abonados al servicio en las proximidades de la estación maestra. Su presencia no es necesaria para servir de interfaz entre el radioteléfono en ondas decamétricas y la red con conmutación.

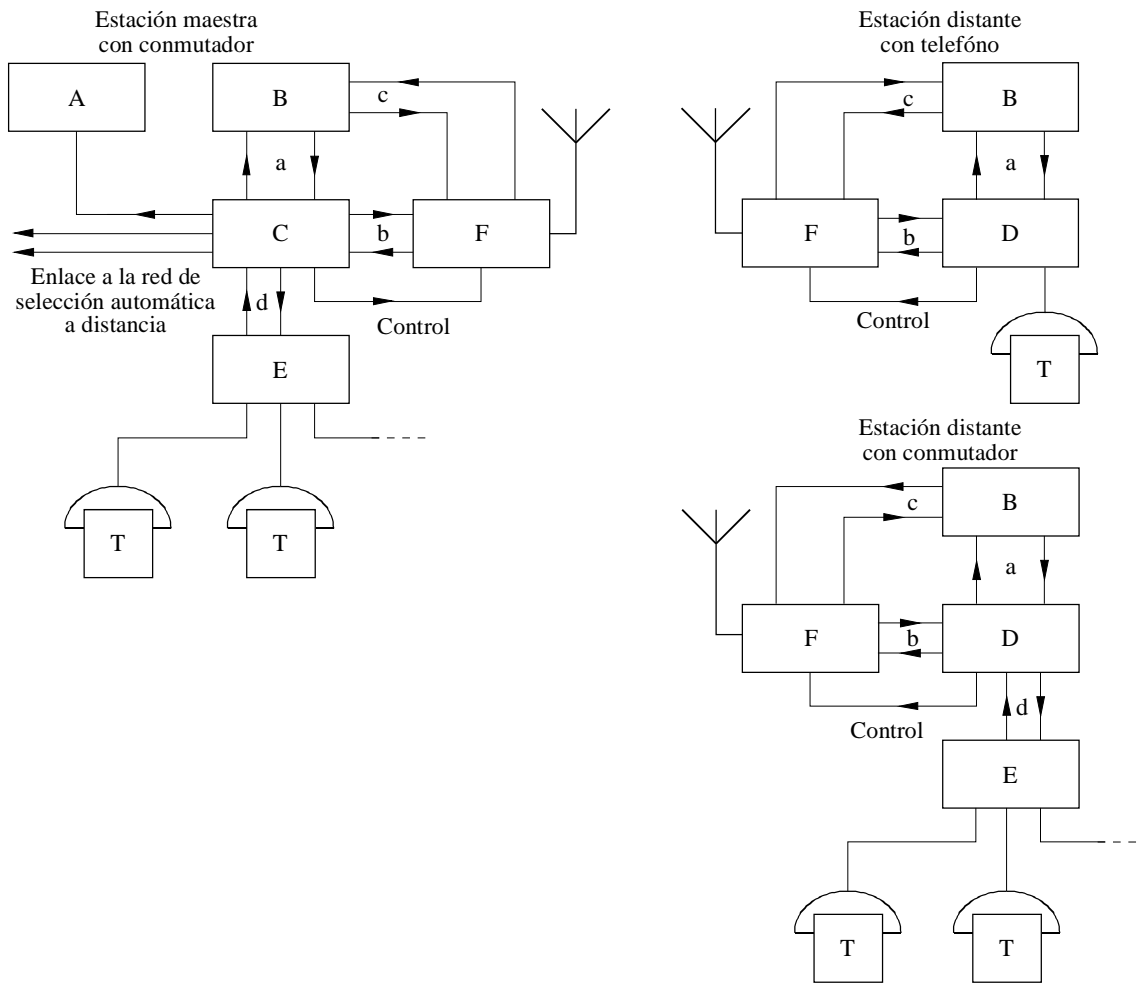
A todos los abonados del sistema se les han asignado siete cifras de acuerdo con el plan de numeración normalizado. Sin embargo, se utiliza marcación abreviada (tres cifras) para llamadas dentro de la red de ondas decamétricas. Se emplea una cifra de acceso para diferenciar estas llamadas de las destinadas a la red de selección automática a distancia.

Cuando no se producen llamadas en el sistema, la estación maestra recorre continuamente el ciclo completo de los canales asignados (ocho en el sistema experimental), transmitiendo un mensaje digital de 48 bits en cada uno. Los mensajes digitales presentan la forma de datos MDF que utilizan un módem a 75 bit/s. Para evitar los problemas del desvanecimiento selectivo, se emplea diversidad de frecuencias dentro de la banda.

Las estaciones distantes se sincronizan a la estación maestra y mantienen estadísticas a corto plazo sobre la calidad de los canales, obtenidas a partir de un examen de la integridad de los datos recibidos. La evaluación de calidad se basa en parte en la detección de errores de bits por medio de codificación de detección de errores en los datos. Además, se utiliza una técnica de medición de «seudoerrores» para perfeccionar el proceso de selección cuando varios canales tienen proporciones de error similares.

FIGURA 2

Diagrama de bloques del sistema experimental



- A: Impresor (registro del detalle de las llamadas)
- B: Módem a 75 bit/s
- C: Unidad controlador/interfaz de la estación maestra
- D: Unidad controlador/interfaz
- E: Conmutador de centralita privada automática
- F: Transceptor de ondas decamétricas
- T: Aparato telefónico

- a: Datos
- b: Transmisiones vocales
- c: Datos (modulados)
- d: Enlace de conexión

1110-02

Cuando un abonado terrestre marca un número pidiendo la red de ondas decamétricas, la estación maestra y la estación distante apropiada inician un intercambio de mensajes digitales y la transferencia al canal seleccionado por el algoritmo de evaluación de canales. Si el procedimiento tiene éxito, se establecen los trayectos vocales y se transmiten al abonado que llama los tonos normales de supervisión. Si la red de ondas decamétricas no se halla disponible o si falla por alguna razón el procedimiento de establecimiento de la llamada, se devuelve un tono rápido de ocupado al abonado que llama, como indicación de que debe intentar la llamada más tarde. Cuando un abonado cuelga al final de una llamada, la estación de ondas decamétricas a la que se halla conectado inicia la transmisión de un mensaje digital de «desconexión». Esto da lugar a otro breve intercambio de mensajes y el sistema vuelve al estado de reposo.

En el caso de una llamada de una estación distante a otra, el procedimiento comienza como antes, pero cuando la estación maestra deduce, del contenido del intercambio de mensajes, que el destino de la llamada es otra estación distante, transfiere el control temporalmente a la estación distante que inicia la llamada. El papel desempeñado por la estación maestra en el procedimiento de evaluación de canales es asumido por la estación distante que inicia la llamada durante el restablecimiento de la misma. Una vez completado el establecimiento de la llamada, la estación maestra

vuelve al estado de reposo y queda disponible para otras llamadas (el canal utilizado por la llamada pasa automáticamente a ocupado). Las estaciones distantes se comunican por tanto directamente entre sí durante la llamada lo cual libera la estación maestra de otras llamadas y evita además los problemas propios de la explotación de dos enlaces de ondas decamétricas en tándem.

Cuando un abonado cuelga, la estación maestra es informada de que ha terminado la llamada. El proceso de «desconexión» tiene lugar en la forma antes descrita.

4 Resultados y evaluación de las pruebas

Las pruebas y su evaluación se realizaron en dos fases. En la primera, se probó únicamente la parte de ondas decamétricas del sistema. En la segunda se probó el sistema de ondas decamétricas enlazado a la red telefónica con conmutación. Se efectuaron llamadas en dirección y en procedencia del sistema desde la red con conmutación sin intervención de operadora. Se eligieron los puntos de prueba de manera que se obtuviesen circuitos radioeléctricos de 60 km a 1 000 km. Se utilizaron en cada fase ocho frecuencias comprendidas entre 2,6 MHz y 21 MHz. Cada fase duró unos cuatro meses y las estaciones funcionaron en modo atendido durante periodos de varios días. En los días en que las estaciones no estaban atendidas, se activaron dispositivos de registro automático para medir continuamente la calidad de la señal en cada frecuencia.

Al analizar los datos de calidad de los canales, se distinguieron dos niveles de calidad de funcionamiento. El primero, que se designa nivel 1, se alcanza cuando la proporción de bits erróneos (BER) en el canal es tal que se reciben sin errores prácticamente todos los mensajes digitales. Un canal así permite generalmente comunicaciones telefónicas de muy buena calidad. El criterio del nivel 2, es que se reciben sin error aproximadamente un tercio o más de los mensajes. Este nivel se ha obtenido empíricamente y corresponde aproximadamente al nivel de calidad más baja en el que pueden tener lugar comunicaciones telefónicas sin dificultades importantes. Serán necesarios varios intentos de marcación cuando la calidad de los canales se halle próxima a este límite inferior.

Los resultados de las pruebas realizadas durante la transmisión fueron los siguientes: se obtuvo una calidad de nivel 1 al menos en un canal en un promedio de alrededor del 70% del periodo de prueba. La calidad de nivel 2 se dispuso en un canal por lo menos, durante el 98% del tiempo (véase la Fig. 3).

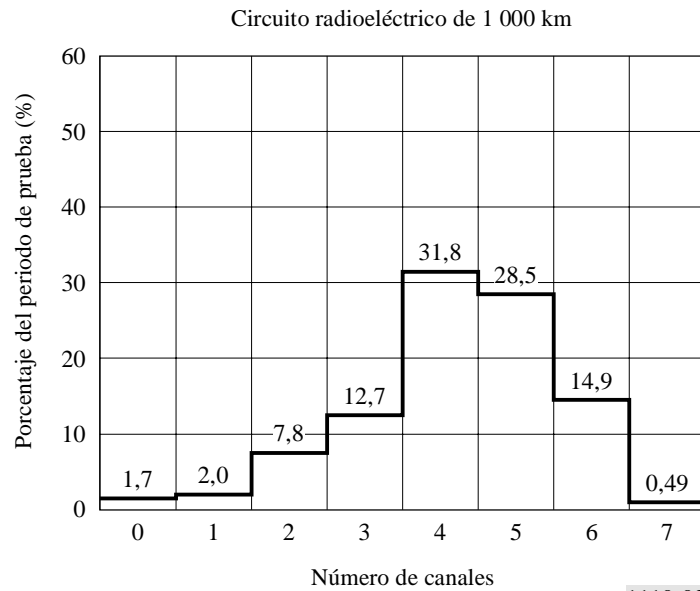
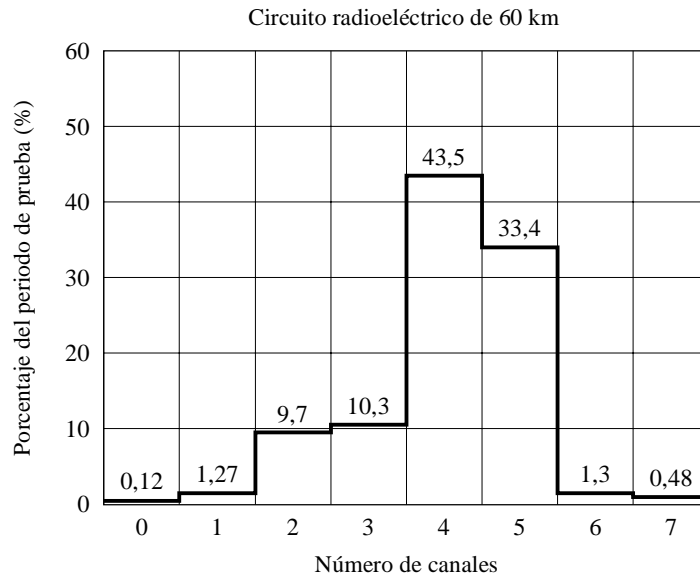
5 Comentarios sobre los resultados de las pruebas

Se observaron condiciones de propagación perturbadas varias veces durante el periodo de prueba, incluidas tormentas geomagnéticas en dos ocasiones al menos. Los efectos de estas tormentas se observaron en los registros obtenidos durante estos periodos. Estos efectos dieron lugar a dos interrupciones de unas seis horas de duración cada una. Estos periodos eran cortos comparados con el tiempo total de las pruebas, y se incluyeron en las estadísticas.

Los resultados de las pruebas revelaron que existía casi siempre más de un canal utilizable disponible para un circuito determinado; en realidad había al menos cuatro canales disponibles en la mayoría de los casos. Además, el conjunto de canales utilizables para dos circuitos diferentes en un determinado momento era a menudo bastante diferente, particularmente cuando las longitudes de circuito diferían considerablemente. Una conclusión que podría extraerse de estas observaciones es que la disponibilidad de un canal adecuado para establecer una llamada suele continuar siendo relativamente alta aun si están ocupados varios de los canales del conjunto total. Existen también indicios fundados de que con menos de ocho canales se obtendría una buena probabilidad de propagación. En efecto, aun cuando sólo hubiesen estado disponibles los cuatro mejores canales de cada circuito, habría habido un canal utilizable durante más del 98% del periodo de prueba.

Finalmente, los resultados de las pruebas efectuadas durante la transmisión demostraron claramente el valor de la RTCE. Se observaron muchos casos de propagación bastante por encima de la MUF. En el circuito de 60 km, por ejemplo, eran utilizables canales a 13,7 MHz y 20,5 MHz en algunas ocasiones cuando la MUF predicha se hallaba en la gama 5-7 MHz. Se observó también que la interferencia causada por estaciones distantes que compartían el mismo canal, que es otro elemento impredecible en las comunicaciones en ondas decamétricas, era un factor muy importante al determinar el mejor canal que podía utilizarse. Incluso en el circuito de 60 km, pudo demostrarse que los canales de frecuencias superiores eran los mejores en una proporción importante del tiempo, aun cuando esas frecuencias estaban por encima de la MUF.

FIGURA 3
Porcentaje del periodo de prueba en que el número de canales excedió el nivel 2 de calidad



Sistema de radiocomunicaciones en ondas decamétricas para transmisión digital de tráfico vocal, de datos y telegráfico, con capacidad para integrarse en la red digital de servicios integrados (RDSI)*

1 Introducción

1.1 Características del sistema

El sistema que se describe a continuación ofrece:

- RTCE que incluye análisis de canal pasivo (ACP) y análisis de canal activo (ACA),
- algoritmo de predicción integrado de la MUF,
- establecimiento automático del enlace (EAE),
- reacción adaptable a la interferencia (RA).

Sirve para transmitir:

- caracteres telegráficos,
- datos (datos de ordenador, facsímil),
- voz (analógica, digital),

con diversas facilidades de protección de datos:

- ARQ,
- FEC.

Tiene una capacidad de transmisión digital que utiliza diversas técnicas y velocidades (dependiendo del nivel de perfeccionamiento):

- velocidad máxima de 228,7 bit/s; modulación MDF-2, anchura de banda 300 Hz; desplazamiento de frecuencia de ± 85 Hz; el transceptor tiene un módem integrado;
- velocidad máxima de 720 bit/s; modulación MDF-8, anchura de banda de 3,1 kHz; el sistema tiene un módem integrado;
- velocidad máxima de 2 400 bit/s; anchura de banda de 3,1 kHz; módem externo no integrado en ondas decamétricas conectado al sistema.

El sistema se basa también en un concepto flexible del funcionamiento y del interfaz (incluye control distante) para aplicaciones fijas y móviles, puede integrarse en diversas configuraciones de red y, utilizando un computador de cabecera, puede enlazarse con diversas redes de comunicaciones, por ejemplo la RDSI.

1.2 Estructura del sistema

Se utiliza el modelo de referencia de la Organización Internacional de Normalización interconexión de sistemas abiertos (ISO/OSI) como base para la comunicación entre sistemas abiertos (un sistema se define como un sistema de comunicaciones completo con sus periféricos; abierto significa que estos sistemas pueden comunicar con el «mundo exterior» utilizando protocolos normalizados).

El sistema radioeléctrico por ondas decamétricas con control automático es un sistema abierto según la definición del modelo de referencia ISO. No existe una correspondencia unívoca entre el equipo y las capas; por ejemplo, las capas 2 a 5 se generan en el procesador de comunicaciones. Se asignan bloques funcionales a las diversas capas con una descripción más precisa de las tareas que tienen que realizarse.

* La Norma Federal de los Estados Unidos de América 1045A – HF Radio Automatic Link Establishment, proporciona información adicional.

Capa ISO	Nivel de dispositivo	Bloque funcional
7 Capa de aplicación	Terminal de datos Unidad de control Procesador del sistema	Datos de entrada y salida Control Control Tratamiento del mensaje Enlace de la red
6 Capa de presentación	Unidad de cifrado	Cifrado
5 Capa de sesión 4 Capa de transporte 3 Capa de red 2 Capa de enlace de datos	Comunicación Procesador	ACP, ACA, EAE, RA ARQ/FEC
1 Capa física	Sistema radioeléctrico	MDF, MDF-8, BLUS, MDPD

BLUS: Banda lateral única superior.

MDPD: Modulación por desplazamiento de fase diferencial.

2 Datos de entrada

Los datos siguientes se introducen en el procesador de comunicaciones a través de la unidad de control:

2.1 Datos permanentes

- Lista de direcciones con las coordenadas y las distancias a otras estaciones desde la propia estación,
- conjunto de frecuencias,
- fecha y hora,
- número de manchas solares.

Por regla general, no se modifican los datos permanentes, excepto para la reconfiguración de la red radioeléctrica o por un cambio considerable en el número de manchas solares. La fecha y la hora se almacenan en el reloj integral, y los datos restantes se almacenan en una memoria de acceso aleatorio (RAM) de seguridad debiendo reintroducirse solamente cuando se cambia la batería o se efectúan reparaciones del equipo.

2.2 Ejemplos

Lista de direcciones con coordenadas y distancias respecto de la propia estación:

<i>Dirección</i>	<i>Nombre de la estación</i>	<i>Coordenadas/Distancia</i>	<i>Código</i>
1234	ALPHA	C10.3E/40.5N	Propio
2312	BRAVO	C11.3E/42.4N	
5436	CHARLIE	D456	

(C: coordenadas en longitud/latitud; E: Este; N: Norte; W: Oeste; S: Sur; D: distancia de 1 a 999 km.)

Se envía una llamada a la estación BRAVO cuando se transmite la instrucción «call: 2312» al procesador de comunicaciones.

Las direcciones proporcionan al sistema una facilidad de llamada selectiva; sin embargo, se puede establecer contacto con todos los usuarios de la red simultáneamente mediante una dirección difundida.

2.3 Conjuntos de frecuencias

La lista de frecuencias o canales que se van a utilizar está almacenada en un conjunto de frecuencias. Esta lista debe ajustarse a las distancias de la lista de direcciones, de manera que se cubran las variaciones diarias de la MUF y de la LUF. En general, las frecuencias son asignadas por las autoridades competentes. En cada conjunto pueden introducirse un máximo de 16 frecuencias y pueden almacenarse 25 conjuntos diferentes. Sin embargo, el número total de frecuencias almacenadas no puede exceder de 100.

2.4 Fecha, hora, manchas solares

Utilizando la fecha, la hora y el número de manchas solares, el programa de predicción radioeléctrica integral calcula la MUF y por lo tanto la frecuencia óptima de trabajo (FOT) para el enlace seleccionado y elige la mejor frecuencia del conjunto de frecuencias mientras se realiza el ACP (véase el § 3.2 del presente Anexo).

2.5 Parámetros de explotación

- Protección de datos ARQ/FEC,
- modo de transmisión datos (velocidad normal, rápida, ampliada), voz.

Sólo es preciso introducir de nuevo los parámetros de explotación cuando se utiliza un modo de transmisión diferente, por ejemplo cuando se conmuta de datos a voz. Sólo es necesario introducir parámetros en la estación que llama; la estación llamada recibe los parámetros de explotación como parte de la llamada.

2.6 Protección de datos ARQ/FEC

Se ha incluido la protección de datos ARQ y FEC para enlaces punto a punto y de difusión. Cuando se utiliza ARQ, un acuse de recibo hace posible que las dos estaciones reaccionen a un cambio en la calidad del enlace (reacción adaptable). En el modo FEC se garantiza la calidad de la transmisión mediante una selección de canal automática y una FEC.

2.7 Modos de transmisión datos (velocidad normal, rápida, ampliada), voz

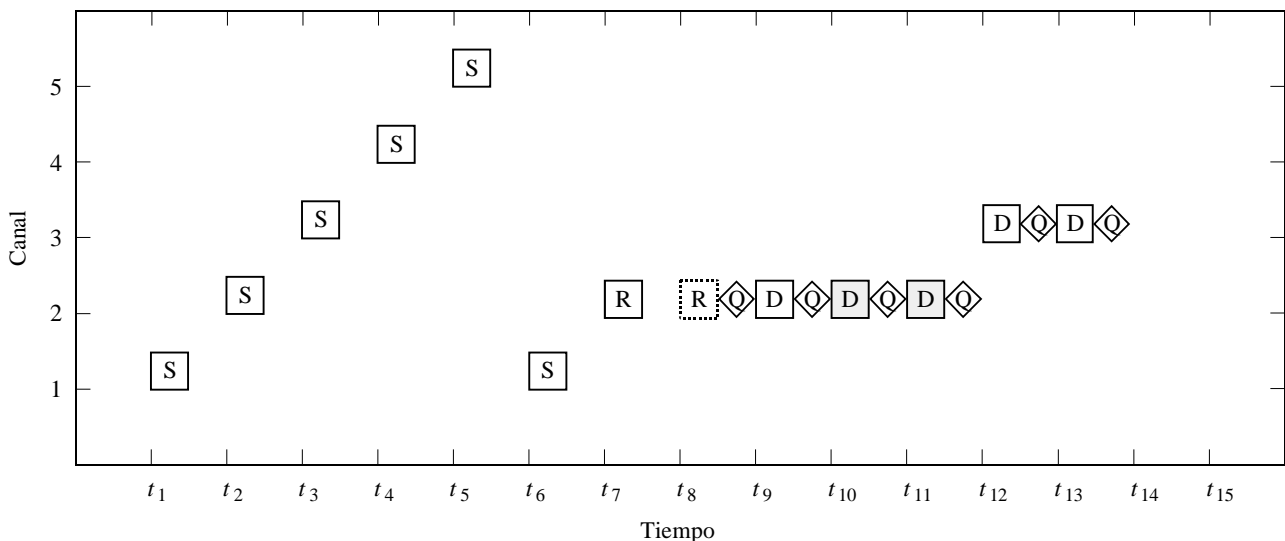
El usuario puede seleccionar el modo que desea teniendo en cuenta que las facilidades disponibles dependen del nivel de perfeccionamiento de los sistemas en la comunicación. Todos los sistemas deben utilizar el sistema de capas definido por el modelo de referencia ISO.

3 Funciones automáticas del procesador de comunicaciones

3.1 Análisis de canal pasivo en el modo exploración (véase la Fig. 4)

En el modo exploración, el procesador radioeléctrico espera la llamada de una estación y al mismo tiempo comprueba el conjunto de canales. Los canales se conectan cíclicamente, siendo el tiempo de parada en cada canal de aproximadamente un segundo. Durante este tiempo, se utiliza una técnica de correlación para buscar una señal de llamada y se determina la calidad del canal midiendo el nivel medio. El nivel de señal medido se almacena en una memoria de calidades.

FIGURA 4

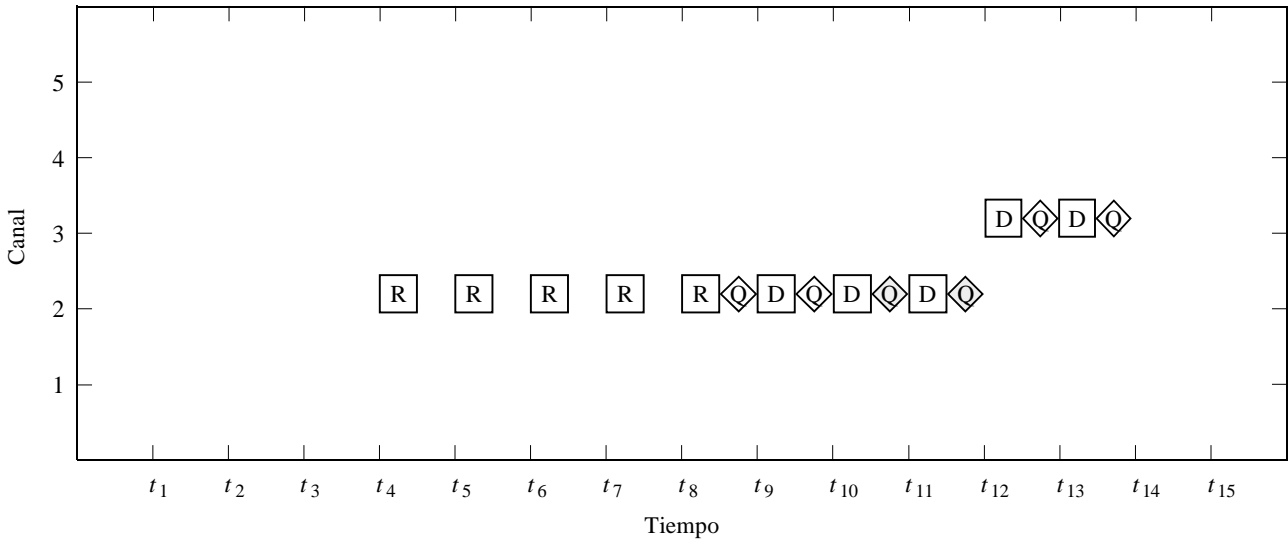


Exploración desde t_1 a t_6 ; el receptor explora los canales \boxed{S} cíclicamente hasta que recibe una llamada \boxed{R} en t_7 ; espera hasta el final de la llamada t_8 y envía un acuse recibo $\diamond Q$. Entonces tiene lugar la recepción de datos \boxed{D} y se acusa recibo de la misma manera mediante $\diamond Q$. En t_{10} aparece una perturbación en el canal 2 ($\boxed{D} \diamond Q$) y ambas estaciones conmutan al canal 3.

3.2 Procedimiento de llamada con análisis de canal activo (véase la Fig. 5)

El procedimiento de llamada se inicia mediante una instrucción CALL. Esta instrucción aborta el modo de exploración; entonces el procesador de comunicaciones determina la FOT para la estación colateral, utilizando el algoritmo integral de la MUF y selecciona la mejor frecuencia y sus parámetros en la memoria de calidades.

FIGURA 5



Llamada entre t_4 y t_8 . El transmisor envía una llamada en la frecuencia óptima y después del acuse de recibo \diamond , en t_9 comienza la transmisión de datos \square . En t_{10} aparece una perturbación en el canal 2 ($\square \diamond$) y ambas estaciones conmutan al canal 3.

1110-05

Se envía una llamada en esta frecuencia. La llamada incluye una palabra de sincronismo, una dirección, un contador de trama y una palabra de estado. La palabra de sincronismo y el contador de trama se utilizan junto con una técnica de correlación y un bit ponderado suplementario para la sincronización de bits y de trama. La dirección permite la llamada selectiva y la palabra de estado se utiliza para transferir parámetros del modo de transmisión radioeléctrica, por ejemplo voz o datos.

La llamada se envía en una frecuencia durante el tiempo necesario para que el receptor compruebe todas las frecuencias. Así se garantiza que el receptor comprueba el canal en el cual está transmitiendo la estación que llama durante por lo menos un periodo de exploración.

Por regla general, se establece el enlace para la primera llamada puesto que la selección de canal se realiza mediante el análisis de predicción del enlace y el análisis de canal pasivo.

Si no hay respuesta a la llamada en un enlace punto a punto, la estación que llama retransmite la llamada en la frecuencia siguiente. Este proceso se repite hasta que se establezca el enlace. De esta manera el análisis de canal activo se utiliza para comprobar la calidad mientras se está estableciendo el enlace.

3.3 Transmisión con análisis de canal activo

En enlaces punto a punto, los datos se transmiten utilizando ARQ. Este método necesita que cada bloque transmitido sea reconocido por la estación receptora. La estación transmisora de la información (ISS) y la estación receptora de la información (IRS) están por lo tanto en contacto mutuo continuo. Esto permite a las dos estaciones comprobar continuamente la calidad de la transmisión.

Independientemente de la proporción de errores o del tipo de degradación para determinar la eficacia sólo hace falta medir la frecuencia de repetición de los bloques. Dicha eficacia se determina utilizando una técnica de promedios variables. Si cae por debajo de un cierto umbral, tiene lugar la reacción adaptable.

3.4 Reacción adaptable

La reacción adaptable es una conmutación automática a otra frecuencia, basando su elección en la variación diaria de la MUF. Esta frecuencia se comprueba manteniendo la transmisión de datos para ver si la calidad de transmisión es adecuada. Si esto no es cierto, la frecuencia se cambia de nuevo. Si las condiciones son excepcionalmente malas, es posible tener que comprobar todas las frecuencias del conjunto, pero las más de las veces las comunicaciones se restablecen al primer o segundo intento.

3.5 Protección de los datos

El ARQ clásico funciona a 228,7 bit/s en el radioenlace. Cada bloque de datos contiene 30 bits de datos, 16 bits de comprobación de la redundancia cíclica (CRC) y 2 bits de identificación. Un bloque de acuse de recibo tiene 16 bits. Un ciclo transmisión/recepción dura 485,4 ms. Si la transmisión no tiene errores, la velocidad del terminal es de 100 Bd. La proporción de errores residuales se muestra en la Fig. 8.

Cuando se utiliza un módem de datos a 720 bit/s en el radioenlace, el procedimiento ARQ utiliza una codificación y estructura similares al ARQ clásico. La proporción de errores residuales se muestra en la Fig. 8.

En el funcionamiento ARQ pueden utilizarse 5 bits para caracteres telegráficos, 7 bits para caracteres ASCII u 8 bits para transmisiones transparentes a los bits.

Aunque se utilicen transceptores, el cambio automático de la dirección de transmisión basado en lo llena que está la memoria intermedia de entrada hace posible conseguir un funcionamiento casi dúplex.

Las técnicas FEC se han adoptado especialmente para canales en ondas decamétricas.

4 Niveles de perfeccionamiento (véase la Fig. 6)

La versión clásica del sistema tiene las funciones siguientes:

- explotación radioeléctrica convencional,
- establecimiento de enlace universal y automático como se describe en el § 3.2 para todos los niveles de perfeccionamiento,
- ARQ clásico con reacción adaptable:

velocidad del terminal	100 Bd
velocidad del enlace	228,7 bit/s
corrección de errores	16 bits CRC
para la proporción de errores residuales	véase la Fig. 7,
- conmutación de modo radiotélex/datos después del establecimiento automático del enlace,
- explotación: teleimpresor, terminal (véase el § 5 del presente Anexo).

El sistema puede ampliarse de la manera siguiente:

4.1 Características de transmisión mejoradas

- Unidad FEC integral

velocidad del terminal	50/100 Bd en código Baudot 110/130 Bd en código ASCII
velocidad del enlace	117/228,5 Bd
corrección de errores	código convolucional intercalado.
- Módem de datos integral con modulación MDF-8 con capacidad de reacción adaptable y ARQ

velocidad del terminal	390 Bd
velocidad del enlace	720 bit/s
corrección de errores	16 bits CRC
proporción de errores residuales	véase la Fig. 7.
- Unidad FEC integral

velocidad del terminal	432 Bd
velocidad del enlace	720 bit/s
corrección de errores	código Reed-Solomon (5,3,3) con 3 bits por símbolo
para la proporción de errores residuales	véase la Fig. 8.

4.2 Características mejoradas en el lado del terminal

- Un procesador de sistema permite lo siguiente:
 utilización de un sistema de tratamiento de mensajes (soporte lógico de la Recomendación UIT-T X.400),
 el sistema puede conectarse o integrarse a diversas redes, por ejemplo RDSI.

4.3 Ampliaciones del conjunto de funciones

- Módem integral a 2 400 bit/s para la transmisión de:
 imágenes por equipos facsímil,
 voz digital con vocodificador por codificación de predicción lineal (LPC),
 transmisión de datos.

FIGURA 6
Niveles de perfeccionamiento

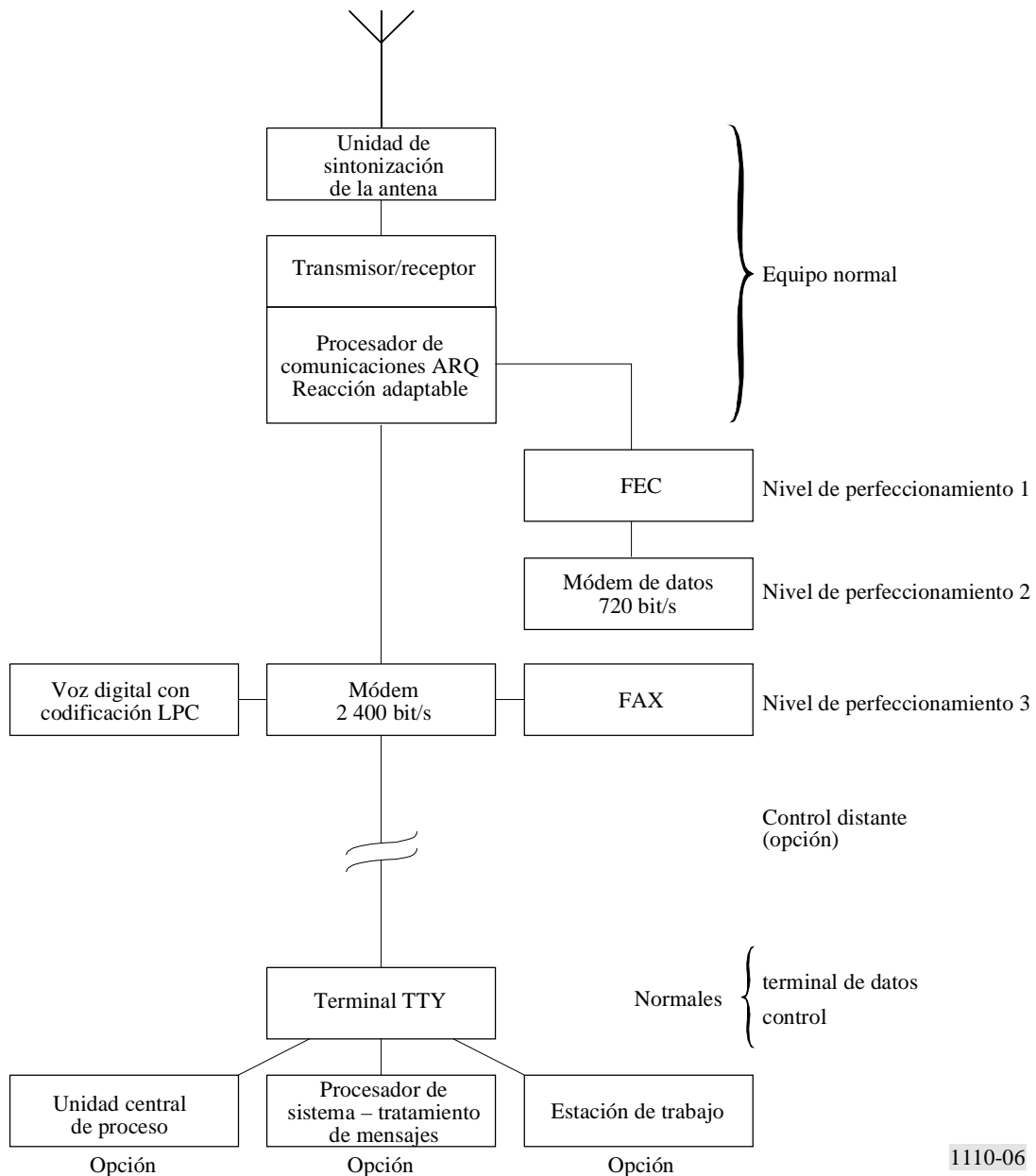
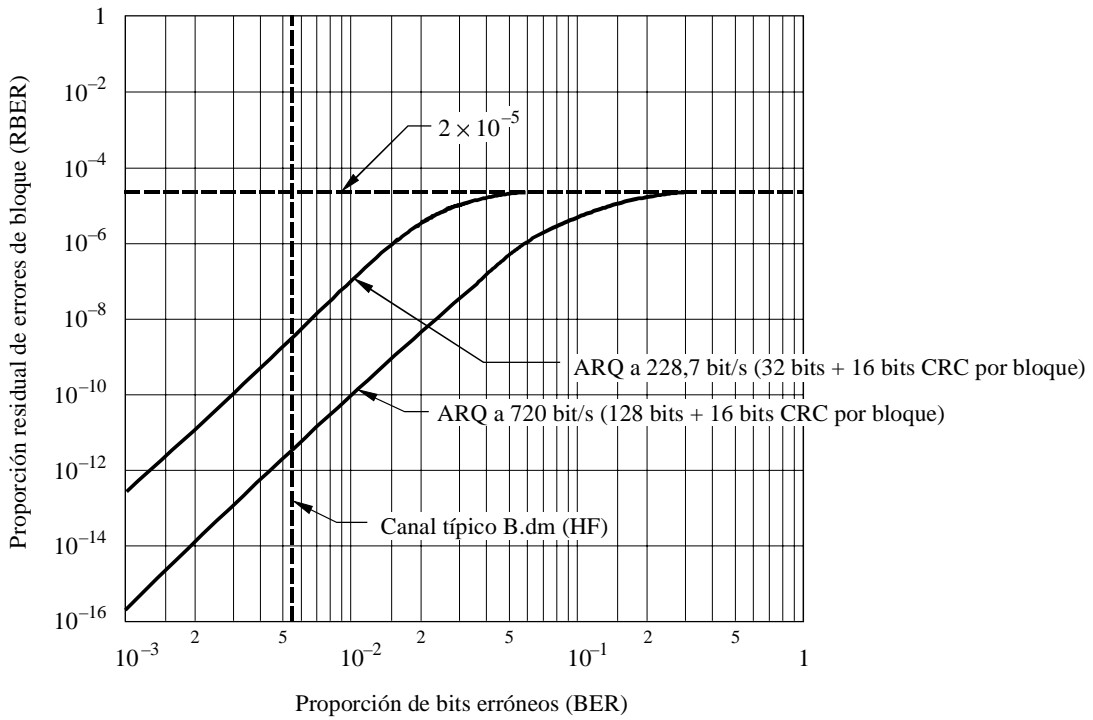


FIGURA 7

Proporción residual de errores de bloque (RBER) para codificación ARQ en función de la BER del canal

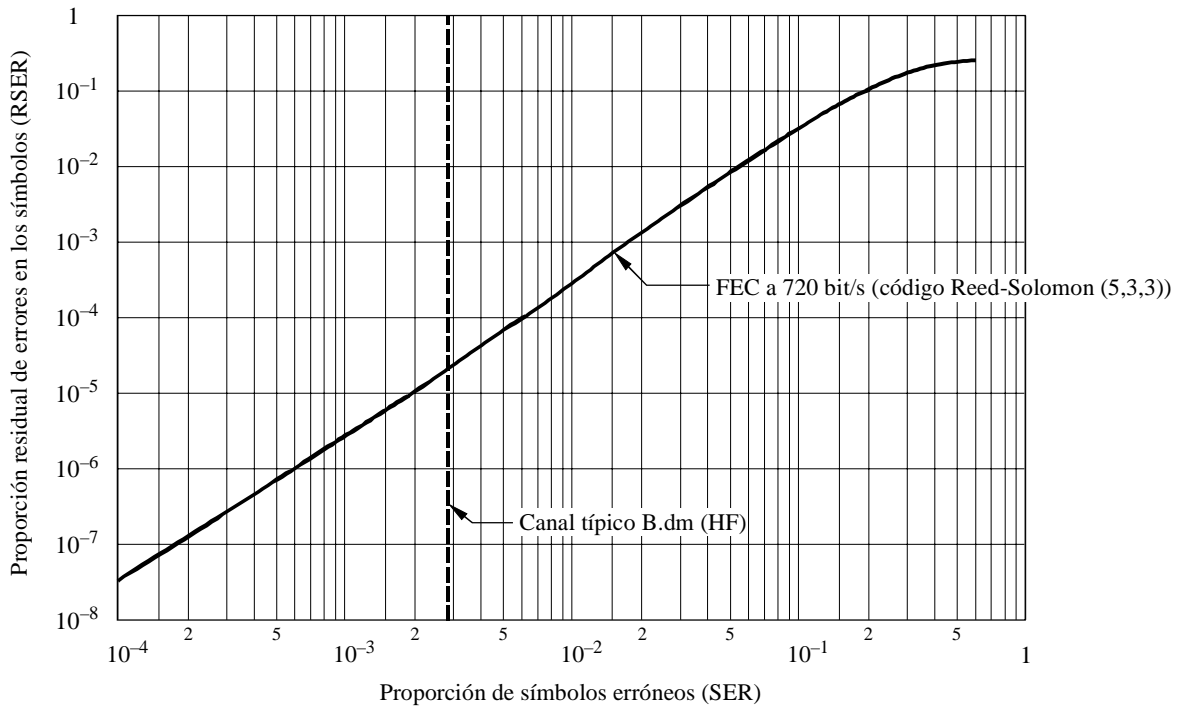


Si la BER del canal es de 10^{-3} , la probabilidad de no detectar un error en el bloque de datos es menor que 10^{-12} ó 10^{-16} .

1110-07

FIGURA 8

Proporción residual de errores en los símbolos (RSER) para codificación Reed-Solomon (5,3,3) en función de la proporción de símbolos erróneos (SER) en la unidad de FEC utilizando un módem de datos a 720 bit/s



1110-08

5 Los conceptos de explotación e interfaz

5.1 Interfaces

Las tarjetas de interfaz intercambiables son la base de un concepto de explotación flexible. El sistema se configura a través del interfaz de control.

5.1.1 Equipo de control:

TTY, terminal, procesador de sistema, ordenador central.

5.1.2 Modos de explotación:

Local

Control distante por cable, módem o enlaces en B.m y B.dm (VHF/UHF).

5.1.3 Interfaces de control:

RS-232-C, código ASCII, seleccionable bucle de corriente, códigos Baudot o ASCII.

5.1.4 Interfaces de datos:

RS-232-C, asíncronos, síncronos, 5 a 8 bits, seleccionable bucle de corriente, códigos Baudot o ASCII.

5.2 Funcionamiento

El tipo de explotación se diseña para acomodar futuras ampliaciones.

En la configuración corriente, un terminal, tal como un teleimpresor, es suficiente tanto para el control como para la entrada/salida de datos.

Como equipos de control se pueden utilizar equipos terminales, ordenadores personales, procesadores de sistema y ordenadores centrales que tengan los interfaces mencionados.

Si se sustituye la unidad de control simple por un procesador de sistema, el sistema radioeléctrico puede acomodar prácticamente cualquier configuración de red.

6 Pruebas

Desde 1983 se han llevado a cabo continuamente pruebas sobre diversos radioenlaces de este tipo. En la República Federal de Alemania y otros países se han intentado alcances que varían entre cero y algunos centenares de kilómetros.

Se utilizaron potencias de 150 W, 400 W y 1 kW en ondas decamétricas transmitidas por antenas de banda ancha o dipolos con dispositivos de sintonización.

Se han confirmado los siguientes puntos:

- la fiabilidad y la velocidad del establecimiento del enlace automático. Utilizando el análisis de canal pasivo y el programa de cálculo de la MUF, el establecimiento de la llamada se consiguió en la mayoría de los casos después del primer o segundo intento;
- la efectividad de los métodos de protección de los datos que alcanzó el límite teórico;
- la fiabilidad del dispositivo de reacción adaptable en presencia de interferencias que aumenta la disponibilidad del trayecto radioeléctrico.

Familia de equipos para transmisiones adaptables

1 Generalidades

Se han realizado transmisiones adaptables a partir de un sistema con estaciones en BLU de 20 W, 100 W y 400 W.

Los tipos de servicios que pueden ofrecerse son los siguientes:

- telefonía analógica (J3E),
- transmisiones digitales: telegrafía o transmisión de datos (F1B).

2 Características principales

Este sistema que se desarrolló en Francia permite el enlace automático de dos estaciones en llamada selectiva, o la difusión hacia un grupo de abonados.

Los procedimientos de establecimiento del enlace quedan garantizados gracias a un módem que utiliza una modulación MDF-8 a 125 Bd, asociado a una codificación correctora-detectora de errores Reed-Solomon.

El tráfico se cursa a continuación:

- en telefonía (banda 300-3 050 Hz), o
- en transmisión digital a velocidades de 100-200 bit/s, reutilizándose para ello el módem ya utilizado en la fase de establecimiento del enlace, o con velocidades binarias de 1 000-1 800 bit/s, empleando un módem serie de alta velocidad.

En modo punto a punto (alternativo símplex o semi-dúplex) los mensajes y datos se encaminan gracias a un procedimiento de acuse de recibo que activa, en caso necesario, adaptaciones de potencia, frecuencia o velocidad binaria.

En modo difusión (limitada o general) se procede simplemente a codificar y difundir los mensajes y los datos en el canal radioeléctrico.

3 Organización de las redes

Una red está constituida por un conjunto de estaciones con los mismos elementos iniciales de definición, a saber: frecuencias (16 como máximo), planes de frecuencia, modos de selección de las frecuencias y planes de direcciones (individuales o colectivas), etc.

Para establecer comunicaciones punto a punto, cada estación recibe una dirección.

El número de estaciones en la red no tiene importancia.

Con una sola dirección, una estación puede recibir los elementos iniciales de nueve redes.

4 Selección de la frecuencia de tráfico

El equipo ofrece dos modos de selección de la frecuencia de tráfico, a saber:

- a) un modo manual, con elección de la frecuencia por el operador,
- b) un modo automático, con elección de una frecuencia que garantiza la calidad de servicio requerida:
 - por el centro de control de la red para establecer una transmisión de radiodifusión, o
 - por 2 miembros cualesquiera de la red para establecer una comunicación punto a punto.

Todos los miembros de la red deben utilizar el mismo modo de selección de la frecuencia; dicho modo figura entre los elementos iniciales que definen a la red.

En modo automático, todas las estaciones de la red están en escucha cíclica de acuerdo con el plan de frecuencias seleccionado por el centro de control de la red (hay dos planes de frecuencias: un plan de día y un plan de noche); las estaciones pasan de manera asíncrona y por intervalos de tiempo limitados denominados «periodos de escucha» por las frecuencias del plan y, en consecuencia, pueden recibir a la estación que inicia un procedimiento de llamada.

4.1 Establecimiento de un enlace punto a punto

4.1.1 Cuando un miembro A de la red quiere entrar en contacto con otro miembro B, compone una secuencia de llamada que contiene, entre otros datos, las siguientes informaciones:

- motivo de la sincronización (dado que la red es asíncrona, la sincronización debe integrarse en la llamada),
- estación que llama (dirección de origen),
- estación llamada (dirección de destino),
- tipo de servicio.

Al mismo tiempo, el miembro A consulta su matriz calidad-dirección-frecuencia (CDF), que contiene en todo momento las frecuencias que van a utilizarse, de acuerdo con la calidad de los enlaces precedentes.

A continuación, transmite la llamada en la frecuencia recomendada, F_1 , y escucha la respuesta de B en dicha frecuencia.

4.1.2 Una vez que B detecta la llamada de la cual es destinatario, emite en F_1 una respuesta que contiene la nota de calidad de F_1 , utilizada en el sentido de A hacia B, nota que se elabora basándose en la calidad indicada en la salida del código corrector de errores empleado en el procedimiento, y que se complementa con una estimación del SINAD del enlace.

Esta respuesta de B permite que A elabore del mismo modo una nota de calidad sobre la F_1 utilizada en el sentido de B hacia A.

4.1.3 Si esas dos notas de calidad bastan para garantizar el tipo de servicio solicitado, se escoge F_1 como frecuencia símplex del enlace.

4.1.4 En caso contrario, o si no hay respuesta de B, A emite una nueva llamada en otra frecuencia, F_2 , y el proceso continúa hasta que se haya localizado una frecuencia (símplex) o dos frecuencias (semidúplex), que permitan garantizar el enlace en los dos sentidos con la calidad de servicio requerida por el tipo de servicio solicitado.

Conviene señalar que, como no es preciso establecer un modo de funcionamiento símplex (frecuencia de tráfico que pasa en los dos sentidos del enlace), pero se autoriza un modo de funcionamiento semidúplex el procedimiento permite resolver el problema de la asimetría de ciertas frecuencias, que si bien pasan en un sentido, son interferidas localmente en el otro, o el de atribución de frecuencias distintas en ambos extremos del enlace.

4.1.5 Si A no detecta ninguna respuesta de B o si no existe frecuencia alguna (o par de frecuencias) que permita garantizar el enlace, se detiene el procedimiento de llamada al cabo de dos ciclos de llamada y más adelante se repite tras una temporización aleatoria.

4.2 Establecimiento de un enlace de difusión

4.2.1 El centro de control de la red puede decidir en todo momento emprender un procedimiento de selección de frecuencias, emitiendo una serie de llamadas en las frecuencias de la red.

El procedimiento seguido resulta similar al utilizado para los enlaces punto a punto, con la diferencia de que, al ser varias las estaciones destinatarias, se utiliza la dirección colectiva asignada a ese grupo de abonados y de que, para permitir que cada uno de los abonados pueda responder, se multiplican por distribución en el tiempo sus respuestas y se asigna un intervalo de tiempo de respuesta a cada uno de ellos.

Evidentemente ello alarga la duración de las fases de escucha de respuesta por parte de la estación llamante; el resto de estaciones de la red puede utilizar esos intervalos de tiempo suplementarios para escuchar la respuesta en curso y asignar así en su matriz CDF una nota de calidad en recepción a la frecuencia utilizada por la estación a la que se ha asignado el intervalo de tiempo de respuesta en curso.

4.2.2 Las llamadas se transmiten sucesivamente en el orden de las frecuencias más eficaces contenidas en la matriz CDF; una vez que el centro de control de la red recibe en una frecuencia determinada una respuesta positiva de todos los abonados interesados por la llamada, los previene de esa respuesta positiva y comienza a cursar el tráfico en dicha frecuencia.

4.2.3 En caso de que no exista ninguna frecuencia que permita obtener una respuesta positiva de todos los abonados, el centro de control escogerá la frecuencia en la cual haya obtenido el máximo de respuestas positivas.

En ese caso, ciertos abonados pueden no recibir el contenido de la difusión efectuada. A fin de que el mensaje llegue a esos abonados, debe reiniciarse la difusión en una segunda frecuencia que convenga a los abonados para los que la frecuencia escogida no ha resultado satisfactoria.

4.2.4 La duración total del procedimiento puede representar varias decenas de segundos.

5 Arquitectura funcional de una estación destinada a la aplicación del procedimiento de selección automática de frecuencias

Este tipo de estaciones contienen un transmisor-receptor en ondas decamétricas, asociado a un microprocesador de gestión que encadena las diferentes fases de alternancia y cambio de frecuencias del transmisor-receptor. El microprocesador de gestión está conectado al transmisor-receptor mediante un enlace de telemando (TC) de frecuencia y alternancia y por un enlace de retorno de transmisión de las medidas del receptor (TM). En las fases de selección, el microprocesador elabora o recibe mensajes por un enlace de datos, procedentes de un módem MDF, que puede establecerse a partir de un procesador de señales (PTS).

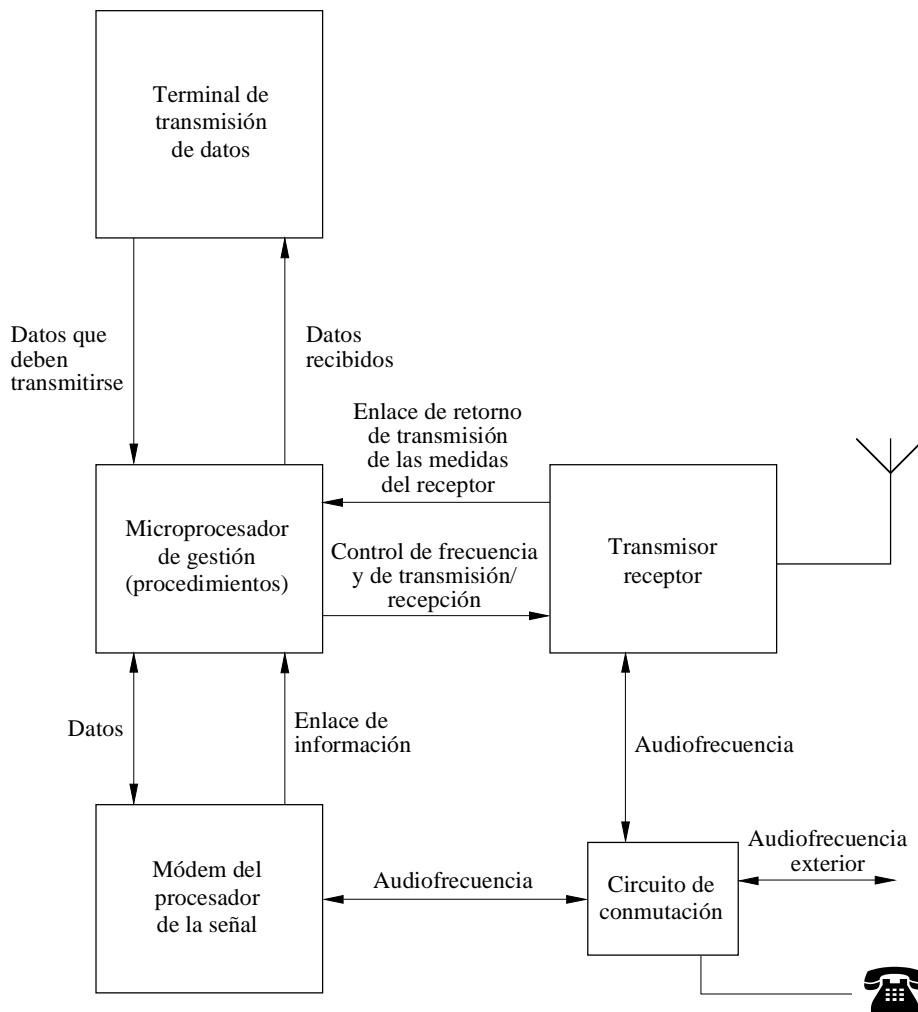
Este procesador puede incluir funciones de correlación que permiten detectar la secuencia de sincronización, así como medios de codificación y decodificación (por ejemplo, el Reed-Solomon antes citado) de los datos que deben transmitirse o recibirse. Empleando ese dispositivo, es posible calificar el enlace utilizando la capacidad de corrección o de detección de errores.

Un enlace de información (I) permite encaminar ese tipo de información hacia el microprocesador de gestión.

El módem se conecta mediante un enlace bidireccional de audiofrecuencia al transmisor-receptor, a través de un dispositivo de conmutación que permite seleccionar dicho módem MDF, o una información de AF procedente de un aparato telefónico o de cualquier otro dispositivo externo que proporcione información en la banda audio de 300 a 3 000 Hz (módem externo, línea telefónica, dispositivo LINCOMPEX, etc.).

FIGURA 9

Diagrama de bloques de una estación con selección automática de frecuencias



ANEXO 7

Sistemas de radiocomunicaciones en ondas decamétricas con control automático

1 Introducción

Se ha desarrollado en el Reino Unido un sistema de radiocomunicaciones en ondas decamétricas con control automático (ACRS – automatically controlled HF radio system) diseñado para cumplir los siguientes requisitos:

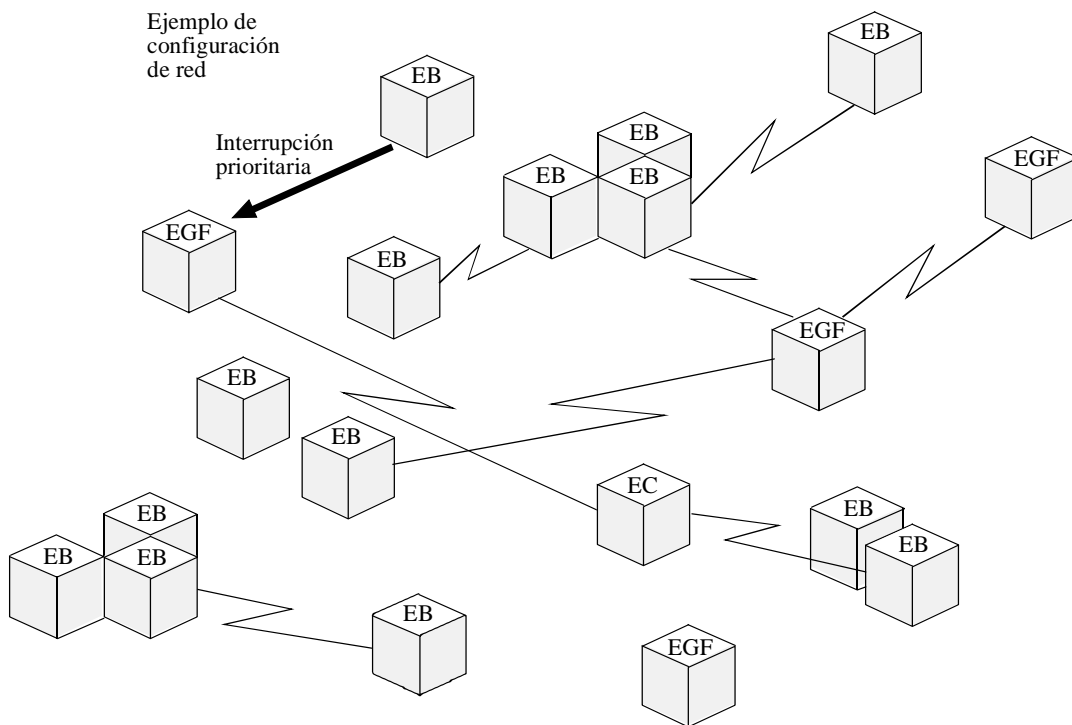
- una red de 80 estaciones distribuidas por todo el Reino Unido,
- transmisión directa por enlaces de hasta 1 000 km de longitud sin repetidores,
- posibilidad de funcionamiento en condiciones difíciles,
- recepción y transmisión automática de mensajes almacenados,
- alta densidad de tráfico, con prioridad para los mensajes urgentes,
- elevada integridad de los mensajes.

El sistema ha sido configurado para satisfacer estas necesidades, si bien las técnicas que utiliza pueden adaptarse a otros requisitos distintos.

2 Datos de explotación

Como se muestra en la Fig. 10, las estaciones de la red del sistema pueden cumplir una de las 3 funciones siguientes: estación de control (EC), estación de gestión de las frecuencias (EGF) o estación de control de apoyo (ECA), además de su cometido normal de estación básica.

FIGURA 10
Ejemplo de red



EC: Estación de control
EGF: Estación de gestión de frecuencias
EB: Estación básica

La red ACRS tiene una sola EC, que es la estación encargada de llevar a cabo las funciones de gestión de la red incluida la inicialización de la misma, la incorporación tardía y procedimientos de afiliación, la gestión de frecuencias de la red y la distribución de la información de control. Cualquier estación individual del ACRS puede desempeñar el papel de la EC, pero en ese caso su capacidad de tratamiento de tráfico se reduce considerablemente. La función de una EC se asigna normalmente a una estación con poca carga de tráfico cuando sea conveniente desde el punto de vista de la explotación. Por esa razón, la EC normalmente no se encuentra en un emplazamiento multiestación.

La EC designa hasta cuatro EGF y lleva a cabo con ellas tareas rutinarias de sondeo activo durante la inicialización de la red y a intervalos horarios durante los periodos de explotación normal. Cualquier estación individual ACRS puede actuar como EGF si su situación geográfica es la adecuada pero también en este caso se reduce su capacidad de tratamiento de tráfico. Las estaciones ACRS en los emplazamientos multiestación no se seleccionan normalmente para realizar tareas de EGF. La primera EGF designada por la EC se define automáticamente como la ECA y asumirá el control de la red si se avería la EC.

Todas las estaciones del ACRS están programadas con la siguiente información de frecuencia:

- a) asignación completa de canal (con un máximo de 1 023 canales),
- b) 20 canales de control (de los indicados en a)),
- c) 40 canales para EGF (de los indicados en a)).

Antes de su despliegue y durante la fase de inicialización, se atribuye a las estaciones ACRS los canales indicados anteriormente. Se encuentran distribuidos a lo largo de la banda de ondas decamétricas (1,6 MHz a 30 MHz).

Los canales de «control» son explorados por todas las estaciones desde que se ponen en marcha y hasta que se encuentran sincronizadas y se han incorporado a la red. Una estación que pierde la sincronización de red vuelve inmediatamente a explorar los canales de control hasta que recupera la sincronización. Estos canales de control se encuentran intercalados con los 40 canales para EGF asignados a la gestión de frecuencias. La EC y las EGF exploran secuencialmente los 60 canales cada hora como parte de la frecuencia de la red.

Tras la inicialización de la red, se seleccionan los canales «de llamada» y la EC los distribuye a todos los emplazamientos de forma horaria. Dichos canales están agrupados en conjunto de cinco, normalmente se seleccionan de los 40 canales de EGF y se utilizan para transmitir llamadas y acuses de recibo cuando la red está funcionando. También se asignan a todas las estaciones, y se almacenan en ellas, los canales de tráfico.

Se trata de canales que no han sido definidos previamente como canales de EGF o canales de llamada. Cada llamada en la red exige la selección de un canal de tráfico disponible para cursar los datos del mensaje.

Un emplazamiento del ACRS se define como un modo direccionable en la red de radiocomunicaciones en el cual pueden encontrarse una o más estaciones ACRS. La mayoría de los emplazamientos exigen únicamente una estación y se denominan emplazamientos de una sola estación. Las estaciones individuales que forman parte de un emplazamiento multiestación no se pueden direccionar por separado, en ese caso, las direcciones se refieren a los emplazamientos.

En cada estación se utilizan dos equipos de radiocomunicaciones, independientemente del cometido o clasificación de la misma. Cada equipo de radiocomunicaciones comprende un conjunto transceptor y una unidad de control que incorpora su propia unidad de alimentación por separado. Uno de los equipos se denomina «Tráfico» y se emplea para transmitir y recibir el tráfico de explotación procedente de la estación y dirigido a la misma. El segundo equipo se denomina «Monitor» y se utiliza para supervisar el espectro de frecuencias y detectar nuevas llamadas cuando el transceptor de tráfico está ocupado.

Los mensajes pueden ser mensajes de una sola dirección (SAM – single address messages) o mensajes de dirección múltiple (MAM - multi address messages). Los mensajes se formatean mediante un código de detección y corrección y utilizan un protocolo de ARQ/FEC.

3 Gestión de la red

3.1 Inicialización de la red

Tras el desarrollo de las estaciones ACRS, tiene lugar la inicialización de la red. Se seleccionan la EC y las EGF y a continuación la EC lleva a cabo el proceso en tres etapas para sincronizar la red de estaciones y prepararla para el tráfico de mensajes:

- a) En primer lugar, la EC llama a las estaciones EGF designadas por cada uno de los canales de control y a partir de las respuestas recibidas realiza una estimación de las condiciones de propagación en ese instante.
- b) A continuación, la EC lleva a cabo una llamada secuencial a todas las estaciones en un subconjunto óptimo de cinco canales de control.
- c) Finalmente, la EC distribuye la información de control y la sincronización temporal a todas las estaciones, utilizando también en esta ocasión los cinco canales de control.

3.2 Dispositivos para la incorporación tardía

La EC proporciona regularmente información de control y sincronización temporal para permitir incorporaciones tardías a la red. Una incorporación tardía puede ser una estación que no ha podido llevar a cabo la inicialización de la red o que ha perdido la sincronización con la misma. Las transmisiones de las incorporaciones tardías son idénticas a las descritas en el § 3.1c). Las condiciones de propagación variables dan lugar a que la EC revise la lista de canales utilizados en este subconjunto de canales.

3.3 Actualizaciones de control

Las actualizaciones de control contienen información sobre gestión de frecuencias, una lista de estaciones activas, una referencia temporal para la sincronización y los mensajes de control de la red. La EC los envía cada hora a todos los emplazamientos a través de un conjunto de 5 canales de llamada, elegidos por la EC la hora anterior. Una estación que no puede decodificar una actualización de control puede recopilar la información necesaria a partir de transmisiones de las incorporaciones tardías (véase el § 3.2).

3.4 Lista de emplazamientos (estaciones) activos

La EC mantiene una lista de emplazamientos que considera activos en la red ACRS. Esta lista se actualiza y distribuye cada hora a todos los emplazamientos, como parte de las actualizaciones de control (véase el § 3.3). Los emplazamientos se incorporan automáticamente a la lista durante la inicialización de la red y cuando la EC recibe llamadas de afiliación; dichos emplazamientos se mantienen en la lista cuando la EC ignora las llamadas ofrecidas a la red y se borran de la lista, ya sea manualmente por el operador de la EC o automáticamente transcurrido un determinado periodo de tiempo.

3.5 Sincronización de la red

La sincronización en el tiempo forma parte integral de los procedimientos de ofrecimiento de llamada y del protocolo de mensaje ARQ. Las estaciones ACRS pueden cursar tráfico únicamente si mantienen un reloj local sincronizado con la EC a lo largo de las referencias de tiempo incluidas en toda la transmisión de control. Las estaciones que pierden la sincronización deben asumir el estado de incorporaciones tardías.

3.6 Verificación de la estación de control

La EC verifica los canales de llamada y decodifica las transmisiones de ofrecimiento de llamada en la red, aun cuando estas transmisiones no estén dirigidas a la EC. Esta verificación tiene dos objetivos; en primer lugar, mantener la lista de estaciones activas y en segundo lugar, recopilar información sobre la carga de la red a partir de la información del tamaño de las colas de mensajes en emplazamientos individuales.

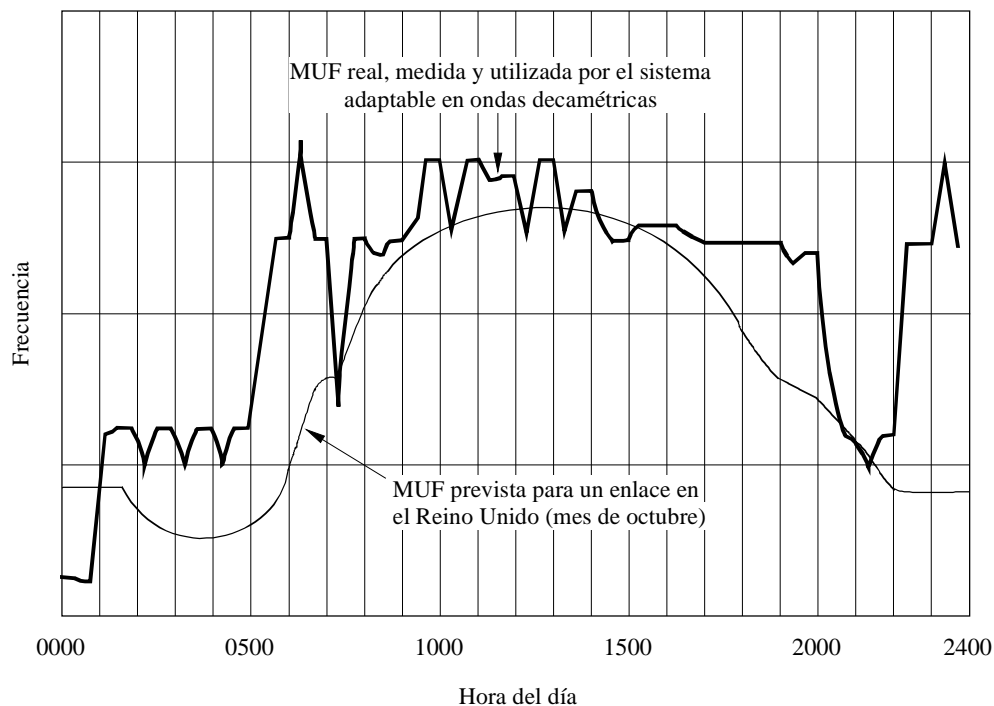
4 Gestión de frecuencias de la red

4.1 Exploración de las EGF

La EC y sus EGF designadas realizan cada hora exploraciones de los 60 canales a lo largo de la banda de ondas decamétricas para evaluar el estado de la ionosfera en ese instante. La exploración consiste en la transmisión de señales sonda por la EC y en la retransmisión de acuses de recibo de las sondas recibidas por las estaciones EGF. Si falla la ECS (primera EGF) a la que se solicita que reemplace a la EC, retransmitirá igualmente señales sonda si no recibe algunas de las sondas transmitidas por la EC.

La EC utiliza los resultados de la exploración de las EGF para realizar una estimación y distribuir a todas las estaciones factores de proporcionalidad sobre la MUF y la LUF, así como información relativa a condiciones atmosféricas anormales o con perturbación. En la Fig. 11 se muestra un ejemplo de exploración de las EGF durante 24 h. La EC utiliza también resultados de la exploración de las EGF para seleccionar el siguiente subconjunto de horas de los cinco canales de control, para elegir el siguiente subconjunto de horas de los canales de llamada y para definir los límites de banda para la siguiente hora en los canales de tráfico. Los datos sobre el canal de llamada y los límites de banda se transmiten a todas las estaciones durante las actualizaciones de control.

FIGURA 11
Ejemplo de 24 horas de exploración de EGF



1110-11

4.2 Gestión de frecuencia de nivel del enlace

Una estación ACRS que desea transmitir un mensaje debe llevar a cabo en primer lugar un procedimiento para elegir un canal de tráfico que consta de tres partes:

- Primeramente se utiliza un algoritmo complejo para seleccionar los posibles canales de tráfico. Los criterios utilizados por el algoritmo son la distancia del enlace y si se van a ofrecer SAM o MAM. Se da prioridad a un canal utilizado recientemente con éxito para enviar una llamada (si ha lugar).

- A continuación, utilizando los posibles canales seleccionados, se realiza una verificación sencilla del nivel de ruido. Se rechazan los que aparecen bloqueados debido a la interferencia cocanal (que fundamentalmente se deberá a otras transmisiones ACRS). Este procedimiento, basado únicamente en la medición del nivel de la señal recibida, se denomina «evaluación pasiva del canal de tráfico». La selección de canal y la evaluación pasiva finalizarán cuando se halle un número suficiente de canales «silenciosos» para un «sondeo activo».
- Finalmente, se lleva a cabo un «sondeo activo». Para establecer una llamada SAM, la estación de origen enviará mensajes de prueba a cada uno de los cinco canales de tráfico candidatos seleccionados como se ha indicado anteriormente. El destino responderá sobre el canal preferido e indicará su segunda y tercera elección. Para establecer una llamada MAM, el origen enviará mensajes de prueba hasta cuatro canales seleccionados y recopilará las respuestas de los destinos inmediatamente después de cada transmisión. En este caso, el sondeo activo cesará cuando se reciba un número suficiente de respuestas como para poder cursar la llamada por el canal preferido.

5 Gestión del enlace

5.1 Mensajes de una sola dirección (SAM)

La secuencia de ofrecimiento de llamada SAM comprende un solo procedimiento de toma de contacto entre el origen y el destino en un canal de llamada. La estación de origen transmite señales sonda a cada uno de los canales de llamada seleccionados a su vez hasta que se recibe una respuesta o se han probado todos los canales. La transmisión se sincroniza en los instantes en que en el destino se escuchan los respectivos canales.

Las estaciones que desean incorporarse a la red pueden efectuar un ofrecimiento de llamada SAM con un mensaje de longitud cero dirigido a la EC. Para una llamada SAM la fuente transmite paquetes largos de datos de unos 18 s de duración y el destino responde con breves acuses de recibo ARQ entre los paquetes directos. Los acuses de recibo pueden solicitar repeticiones de bloques en el paquete directo con códigos de sincronización a partir de los cuales pueden obtenerse los bits de temporización y la sincronización de trama.

Se ha previsto que las llamadas SAM puedan cambiar de canal si la comunicación se pierde. Los cambios se realizan sobre el segundo o tercer canal elegido durante el sondeo activo. El protocolo SAM permite a la fuente o al destino interrumpir una llamada para tratar otra llamada de mayor prioridad o, en caso de la EC o una EGF, llevar a cabo las funciones de gestión de frecuencias de la red.

No se acusa recibo de las llamadas SAM dirigidas a emplazamientos que se encuentran en el estado de ocupado. Existen facilidades de retrollamada que permiten al destino ponerse en contacto con el origen utilizando un canal de llamada cuando puede aceptar la llamada.

5.2 Mensajes de dirección múltiple (MAM)

En cada conjunto de cinco canales de llamadas, se transmiten sondas de ofrecimiento de llamada MAM que definen los destinos requeridos. Se utiliza una dirección de grupo para alertar a un conjunto de posibles destinos y un campo de bits en la sonda de ofrecimiento de llamada define el subconjunto requerido. Tras el sondeo activo, la llamada MAM se transmite en secciones, siendo una sección equivalente a cuatro paquetes SAM. Al final de cada sección, el origen deja libre de forma secuencial intervalos de tiempo para que cada destino responda con transmisiones ARQ. El origen mantendrá la solicitud de repetición hasta que todos los mensajes se hayan enviado una vez. Tras ello, las solicitudes de repetición se cursan dentro de los límites definidos. La mayoría de las llamadas MAM requerirán más de una transmisión para llegar a todos los destinos porque es probable que algunos estén ocupados cuando la llamada se ofrezca por primera vez.

6 Tramitación de los mensajes

Todas las estaciones del ACRS mantendrán una cola de llamadas salientes a la espera de transmisiones y llamadas entrantes que no hayan podido ser aceptadas anteriormente. Estas colas contienen información sobre el instante en que debe ofrecerse la llamada saliente y el nivel de prioridad. Las llamadas salientes no cursadas vuelven a la cola,

estableciéndose un tiempo de espera hasta realizar una nueva tentativa que viene determinado por el nivel de prioridad. Las llamadas SAM en la red recibirán un nivel de prioridad de uno a cuatro. Para las llamadas MAM puede aplicarse más de un nivel de prioridad, los niveles individuales se aplican a subgrupos de destinos como sigue:

- En primera instancia, las llamadas salientes se situarán en las colas de la estación de acuerdo con el nivel de prioridad. Si una llamada no puede alcanzar su destino cuando llegue su turno, vuelve a la cola para realizar una nueva tentativa una vez transcurrido el tiempo que determine su nivel de prioridad.
- Las ofertas de llamada SAM entrantes no completadas se situarán en la cola de recepción para realizar una retrolamada de acuerdo con el nivel de prioridad.

7 Pruebas

Desde 1988 se están llevando a cabo pruebas de este tipo de sistema. La validez de los resultados de las mismas, obtenidos utilizando un pequeño número de estaciones (6 a 20), se ha confirmado con un modelo informático del sistema. Activando el sistema simulado del modelo para el número reducido de estaciones, comparando los resultados reales de la prueba y activando a continuación el modelo para todo el sistema, ha sido posible confirmar que el ACRS cumple los objetivos de diseño.

ANEXO 8

Sistema de establecimiento automático de enlaces radioeléctricos en ondas decamétricas*

1 Introducción y visión general de los sistemas de establecimiento automático de enlaces

Los Estados Unidos de América han desarrollado una serie de normas sobre sistemas radioeléctricos en ondas decamétricas que caracterizan y especifican los protocolos y parámetros para el establecimiento automático de enlaces (EAE), interconexión de redes, protección de enlaces, módems de datos de alta velocidad y parámetros básicos de sistemas radioeléctricos en ondas decamétricas.

El EAE es un método consistente y adaptable de radiocomunicación en ondas decamétricas para el establecimiento automático de comunicaciones por enlaces de BLU en ondas decamétricas. Utilizando el EAE, un operador o una señal de control que tenga su origen en un ordenador puede iniciar automáticamente llamadas punto a punto o punto a multipunto. El controlador del EAE se puede programar de modo que explore una o más frecuencias, seleccione la mejor para el funcionamiento y conmute a funcionamiento en voz o datos tras el establecimiento del enlace. El sistema EAE inicia las llamadas por los canales seleccionados, que se clasifica por categorías mediante un algoritmo de análisis de la calidad del enlace (ACE) programado internamente. Esto permite que el proceso de establecimiento del enlace tenga la mayor probabilidad de éxito en su intento inicial utilizando las notas de calidad numéricas de los canales del ACE asignadas previamente y almacenadas en la memoria del sistema. Las estaciones que llama y llamada intercambian entre sí sus identidades junto con los designadores del signo de la llamada para distinguir a la estación llamante de la estación llamada.

Entre las características facultativas figura la protección de los enlaces, que emplea métodos de seguridad para prevenir la entrada no autorizada en la red, la transmisión y recepción de datos de usuario y la reprogramación en emisión (OTAR – over the air reprogramming).

Las funciones de EAE y gestión de enlaces se llevan a cabo transportando de manera fiable información relativa al EAE por canales de ondas decamétricas entre estaciones pares. Se obtiene un alto grado de fiabilidad mediante la transmisión con redundancia triple de los datos del EAE, el entrelazado y la corrección de errores en recepción de Golay.

* La Norma Federal de los Estados Unidos de América 1045A – HF Radio Automatic Link Establishment, proporciona información adicional.

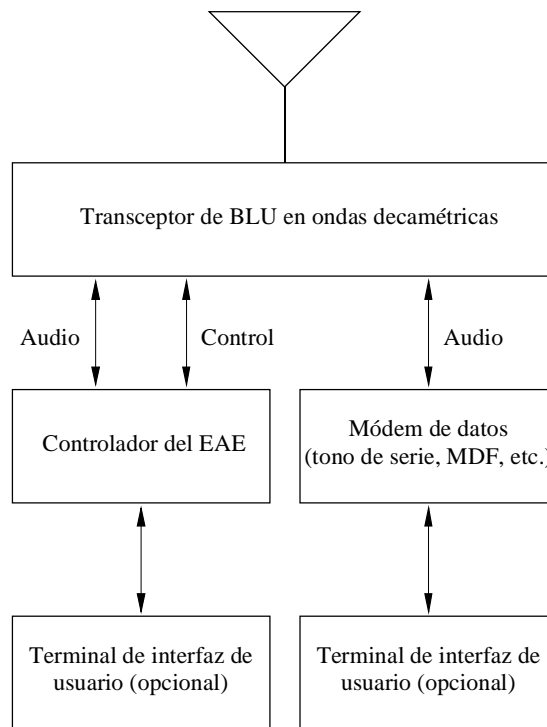
En la Fig. 12 se muestra el diagrama de bloques de un sistema radioeléctrico adaptable en ondas decamétricas. El controlador del EAE permite la automatización del proceso de establecimiento de enlaces. A dicho controlador se le pueden incorporar además las funciones de interconexión de redes en el EAE y de protección del establecimiento de enlaces. Una vez establecido el enlace, se pueden iniciar las comunicaciones de datos o voz conmutando un módem de datos de alta velocidad en el circuito.

El EAE está diseñado de modo que sea de naturaleza modular y utilice tonos de audio y señales de datos en serie para establecer la interfaz entre el controlador del EAE y los sistemas radioeléctricos de BLU en ondas decamétricas. Se puede incorporar como parte integrante, de bajo coste, de los modernos sistemas radioeléctricos de BLU en ondas decamétricas que utilizan el procesamiento de señales digitales (PSD), ya sea como módulo normalizado u opcional. También cabe añadirlo a muchos sistemas radioeléctricos existentes de BLU en ondas decamétricas a modo de adminículo externo, bien como un componente independiente o bien como un conjunto de equipo físico y soporte lógico compatible con el ordenador personal.

Se dispone además de recursos tales como las señales de calibración y prueba en discos compactos de audio, que permiten el desarrollo y la prueba de interoperabilidad de productos EAE sin costosos simuladores de canal.

FIGURA 12

Diagrama de bloques de un sistema radioeléctrico adaptable en ondas decamétricas



1110-12

2 Transmisiones EAE y formato de palabras

La forma de onda del EAE está concebida para que pase a través de la banda de paso audio de los sistemas radioeléctricos convencionales de BLU. Se trata de una MDF de octavo orden con 8 tonos ortogonales. Cada tono tiene una duración de 8 ms y su frecuencia varía de 750 Hz a 2 500 Hz con una separación de 250 Hz entre tonos adyacentes. Además, cada tono representa 3 bits de datos, lo que da lugar a una velocidad de datos en emisión de 375 bit/s.

La palabra EAE normalizada consta de 24 bits dispuestos en un campo preámbulo de tres bits al que siguen tres campos de caracteres ASCII de 7 bits. La función de cada palabra EAE transmitida, designada por el código del preámbulo, está relacionada con las capacidades EAE básicas. Hay 8 tipos de palabra: TO, THIS IS, THIS WAS, DATA, REPEAT, THRU, COMMAND y FROM. Cada uno de los campos de caracteres ASCII de 7 bits se utiliza para especificar un carácter de dirección individual o un texto ASCII, dependiendo del preámbulo.

3 Protocolos

3.1 Exploración

Toda estación EAE, que esté en funcionamiento y no tenga ningún cometido especial, explora de manera continua un conjunto preseleccionado de canales, o «conjunto de exploración», a la escucha de llamadas, preparada para responder. El tiempo mínimo de permanencia en cada canal es la inversa de la velocidad de exploración y los canales del conjunto de exploración son barridos repetidamente en el mismo orden. Los receptores EAE exploran canales a razón de 2 ó 5 canales por segundo, lo que da lugar a un tiempo de permanencia en cada uno de ellos de 200 ms o 500 ms. Cuando un transmisor desea «capturar» un receptor que está explorando, transmite una señal que será reconocida por dicho receptor. La duración de esta «llamada exploradora» debe ser suficiente como para tener la seguridad de que si el receptor está ciertamente explorando en busca de llamadas, pasará por el canal que lleva la llamada exploradora antes de que el transmisor deje de emitir.

3.2 Llamada selectiva

En un sistema EAE, la llamada selectiva conlleva el intercambio de tramas EAE entre estaciones. La capacidad de llamada selectiva hace posibles todas las funciones EAE de nivel superior, incluido el establecimiento de enlaces y la transferencia de datos. La estructura general de una trama EAE consiste en una o más direcciones de destino, una sección de mensaje facultativa y una conclusión de trama que contiene la dirección de la estación que envía la trama.

El funcionamiento EAE básico de establecimiento de un enlace entre dos estaciones se desarrolla de la siguiente manera:

- La estación llamante direcciona y envía una trama de llamada a la estación llamada.
- Si la estación llamada «oye» la llamada, envía una trama de respuesta direccionada a la estación que llama.
- Si la estación que llama recibe la respuesta, «sabe» entonces que se ha establecido un enlace bilateral con la estación llamada. Sin embargo, la estación llamada todavía no sabe eso, por lo que la estación que llama envía una trama de acuse de recibo direccionada a la estación llamada. Al concluir esta triple toma de contacto, en uno y otro sentidos, se ha establecido un enlace y las estaciones pueden comenzar las comunicaciones de voz o datos, o abandonar el enlace.

3.3 Llamada individual

Los sistemas de EAE en ondas decamétricas tienen una sucesión de protocolo tanto para el establecimiento de enlaces de un solo canal como para el de multicanales. Toda estación EAE, que no tenga ningún cometido especial, está a la escucha de llamadas de manera continua. El protocolo consta de tres partes: una llamada individual, una respuesta y un acuse de recibo.

3.4 Sondeo

Un sondeo es una emisión unidireccional de señalización EAE por una estación para ayudar a otras estaciones a medir la calidad de un canal. La emisión no está direccionada a ninguna estación o conjunto de estaciones, tan sólo lleva la identificación de la estación que envía el sondeo.

3.5 Funcionamiento de estaciones múltiples

Una llamada de red se direcciona a una sola dirección que designa implícitamente a todos los miembros de un conjunto preconfigurado de estaciones (una red). Todas las estaciones pertenecientes a la red que oyen la llamada de red envían sus tramas de respuesta en intervalos de tiempo acordados previamente. La estación que llama completa a continuación la toma de contacto enviando una trama de acuse de recibo, como de costumbre.

Una llamada de grupo funciona de manera similar, con la salvedad de que en la llamada se designa a un conjunto cualquiera de estaciones. Puesto que no se ha establecido ninguna dirección de red preconvenida, cada estación debe ser designada individualmente. Las estaciones llamadas responden en intervalos de tiempo, determinándose las posiciones de sus intervalos mediante la inversión del orden en que las estaciones fueron designadas en la llamada. La estación que llama envía un acuse de recibo, como de costumbre.

4 Mensajes de servicio

Además de establecer enlaces automáticamente, las estaciones EAE pueden transferir información dentro de la sección de servicio, o mensaje, de la trama. Son mensajes de servicio la visualización automática de mensajes (VAM), el mensaje de texto de datos (MTD) y el modo bloque de datos (MBD). Estas funciones permiten a las estaciones

comunicar breves mensajes de servicio o códigos preconvencidos a cualquier estación o estaciones seleccionadas. Así, los operadores de estaciones pueden enviar y recibir mensajes de texto ASCII sencillos utilizando solamente el equipo de la estación EAE.

5 Análisis de la calidad del enlace

Los sistemas EAE admiten el intercambio de información del ACE entre estaciones EAE. El proceso ACE mide la calidad de un canal asignándole una nota de calidad, que incorpora tres tipos de información de análisis del enlace: la proporción de bits erróneos (BER), la relación señal + ruido + distorsión/ruido + distorsión (SINAD) y, facultativamente, una medida multitrayecto. Las notas de calidad ACE se almacenan en la memoria para su utilización en el futuro. Las estaciones EAE pueden seleccionar el mejor canal para iniciar una llamada a, o buscar, una sola estación en base a los valores que figuran en la memoria de ACE, teniendo el canal con nota de calidad ACE más alta la mayor probabilidad de ser el adecuado para la comunicación.

Los sistemas radioeléctricos EAE obtienen las notas de calidad ACE recibiendo sondeos de otras estaciones, de los que se deriva una nota aplicada al trayecto de recepción de la estación sondeadora a la estación receptora. Otra manera de obtener notas de calificación ACE consiste en iniciar un sondeo bidireccional, una llamada no vinculante cuyo objetivo es la medición y transferencia de notas ACE. Los sondeos bidireccionales generan notas de calidad ACE tanto para el trayecto hacia adelante como para el trayecto hacia atrás (con respecto a la estación iniciadora). Existe un tercer método que se desarrolla durante el proceso de establecimiento del enlace.

6 Configuraciones de redes

A menudo se requieren funcionamientos de estaciones múltiples en redes de ondas decamétricas en las que se encuentran varios tipos de configuraciones en red, de enlaces individuales, redes y grupos. La configuración más sencilla es un enlace que consta de dos estaciones solamente y está formado por un solo trayecto entre las dos estaciones. Las configuraciones red en estrella y grupo en estrella constan de más de un enlace dentro de la red.

Los sistemas de EAE radioeléctricos en ondas decamétricas tienen un dispositivo de control manual de seguridad.

6.1 Red en estrella

Una red en estrella es un conjunto preconfigurado de estaciones que funcionan con una única estación central en configuración de «una a muchas». En la mayoría de los casos, la estación central desempeña la función de estación de control en estrella que gestiona y controla las funciones de la red. La red en estrella se organiza normalmente con un importante conocimiento previo de las estaciones miembros, de tal manera que se optimiza el funcionamiento de la red. Utilizando una sola dirección de red para todos los miembros de la misma se consigue un contacto eficaz con múltiples estaciones.

6.2 Grupo en estrella

Un grupo en estrella es un conjunto no preconfigurado de estaciones en donde, normalmente, se conoce poco o nada de las estaciones excepto sus direcciones individuales y frecuencias exploradas. Al igual que la red en estrella, funciona en una configuración de «una a muchas» utilizando una estación de control de red. Una llamada de grupo en estrella se efectúa a partir de una secuencia de direcciones de estaciones individuales efectivas de las estaciones llamadas. Las estaciones responden según la manera especificada por la secuencia de direcciones de llamada.

7 Direccionamiento

El sistema EAE emplea una estructura de direccionamiento digital basada en la palabra normalizada de 24 bits (3 caracteres) y en el subconjunto de caracteres basic-38. Las estaciones EAE tienen la posibilidad y la flexibilidad de enlazarse o interconectarse en red con estaciones aisladas o grupos de estaciones configurados previamente o a conveniencia.

El sistema EAE proporciona y soporta 3 conjuntos jerárquicos de caracteres: el subconjunto basic-38, el subconjunto expanded-64 y el conjunto full-128. El subconjunto basic-38 incluye todas las letras mayúsculas (A-Z) y todos los dígitos (0-9), más los símbolos de utilidad y símbolos comodín designados «@» y «?». El subconjunto expanded-64

consta de todos los caracteres ASCII cuyos 2 bits más significativos son 01 ó 10 e incluye todas las letras mayúsculas, todas las cifras (0-9), los símbolos de utilidad «@» y «?», y otros 26 símbolos utilizados normalmente. El conjunto full-128 comprende todos los caracteres, los símbolos y las funciones disponibles en el código ASCII.

7.1 Direcciones de estaciones individuales

El elemento de dirección fundamental del sistema EAE es la palabra de encaminamiento única, que contiene 3 caracteres y constituye la dirección básica de una estación particular. Esta palabra de dirección básica se puede ampliar a múltiples palabras para aumentar la capacidad de direcciones y la flexibilidad de utilización entre redes y en general. Una dirección asignada a una sola estación se denomina «dirección individual». Si consta de 3 caracteres o menos se dice que tiene un tamaño «básico», mientras que si es superior a 3 caracteres se dice que tiene un tamaño «ampliado». Los 3 caracteres de la dirección individual básica permiten una capacidad de direcciones basic-38 de 46 656, utilizando solamente los 36 caracteres alfanuméricos. Las direcciones ampliadas hacen posibles campos de dirección de más de 3 caracteres, con un límite de sistema máximo de 15 caracteres. Con 15 caracteres se dispone de la capacidad de direcciones de la RDSI.

7.2 Direcciones de estaciones múltiples

Un requisito común en las redes en ondas decamétricas consiste en direccionar e interoperar simultáneamente (o casi simultáneamente) con múltiples estaciones. A un conjunto preconfigurado de estaciones con una dirección común se le denomina «red» y la dirección común es una «dirección de red». A un conjunto no preconfigurado de estaciones, es decir, un conjunto de estaciones que carecen de dirección común preconfigurada, se le denomina «grupo».

7.2.1 Direcciones de red

En tanto que conjunto preconfigurado de estaciones, una red se organiza y gestiona con un importante conocimiento previo de las estaciones miembros, incluyendo sus identidades, capacidades, requisitos y, en la mayoría de los casos, sus ubicaciones y conectividades necesarias. El objetivo de una llamada de red es establecer contacto con múltiples estaciones preconfiguradas rápida y eficazmente utilizando una sola dirección de red, que es una dirección asignada en común a todos los miembros de la red además de sus direcciones individuales. La estructura de la dirección de red es idéntica a la de las direcciones de estaciones individuales, básica o ampliada según haga falta. En una estación de un miembro de la red, cada dirección de red asignada se asocia a un identificador de intervalo de respuesta para que cada estación pueda responder al controlador de la red de manera simétrica.

7.2.2 Direcciones de grupos

Al contrario que la red, un grupo no está preconfigurado. En muchos casos, se conoce poco o nada de las estaciones excepto sus direcciones individuales y frecuencias exploradas. El mecanismo de direccionamiento de grupo EAE proporciona una manera de crear un grupo nuevo donde no exista ninguno. Este mecanismo utiliza un protocolo normalizado que es compatible con prácticamente todas las estaciones automatizadas, con independencia de sus características individuales, de red y de otro tipo. El objetivo de una llamada de grupo es establecer contacto con múltiples estaciones no preconfiguradas rápida y eficazmente utilizando una combinación consolidada de sus propias direcciones individuales. Una dirección de grupo se forma a partir de una secuencia de direcciones de estaciones individuales efectivas de las estaciones llamadas, según la manera indicada por el protocolo normalizado específico.

7.3 Modos de direccionamiento especial

Son modos de direccionamiento especial los siguientes: Allcalls (todas las llamadas), Anycalls (cualesquiera llamadas), Wildcards (comodines), Self address (autodirección) y Null address (ninguna dirección). La estructura de dirección básica EAE se basa en palabras solas que contienen, en ellas mismas, múltiplos de tres caracteres. La cantidad de direcciones disponibles dentro del sistema, y la flexibilidad de la asignación de direcciones, aumentan notablemente utilizando caracteres de relleno de direcciones. De esta manera, las longitudes de las direcciones que no son múltiplos de tres caracteres pueden estar contenidas compatiblemente en los campos de dirección del sistema EAE «rellenando» las posiciones de cola con el símbolo de utilidad «@».

Un modo «Allcall» es una emisión general que no pide respuestas ni designa ninguna dirección específica. Este mecanismo se facilita para emergencias, intercambios de datos emitidos y el seguimiento de la propagación y la conectividad.

Un modo «Anycall» es una emisión general que pide respuestas sin designar ninguna dirección o direcciones específicas. Se necesita para emergencias, reconstitución de sistemas y creación de nuevas redes. Una estación EAE puede utilizar este modo para generar respuestas de estaciones básicamente no especificadas y, de este modo, identificar nuevas

estaciones y conectividades. El modo «Anycall» selectivo es una emisión general selectiva cuya estructura, función y protocolo son idénticos a los del «Anycall» global, con la salvedad de que especifica el último carácter simple de las direcciones del subconjunto deseado de la estación receptora (1/36 de la totalidad).

Un llamante puede utilizar el carácter comodín («?») para direccionar múltiples estaciones con una sola dirección comodín. Las respuestas a una llamada que contenga una dirección con caracteres comodín se generan en intervalos pseudoaleatorios para evitar colisiones.

A efectos de autoprueba, mantenimiento y de otro tipo, las estaciones deberán poder utilizar y responder a sus propias autodirecciones.

Para pruebas, mantenimiento, tiempos de memoria tampón y otros objetivos, las estaciones pueden utilizar una dirección nula, que no es direccionada, ni aceptada ni respondida por ninguna estación.

ANEXO 9

Redes de comunicación adaptables en ondas decamétricas con gestión de frecuencias en tiempo real para su utilización en los servicios fijos y móviles

1 Introducción

Se han elaborado redes de comunicación adaptables de voz y datos en ondas decamétricas con capacidades de gestión de frecuencias en tiempo real para utilizarlas en los servicios fijos y móviles. Su realización inicial está dirigida hacia los servicios marítimos, pero su arquitectura es coherente con aplicaciones fijas y móviles. La tecnología de las redes está concebida de modo que sea posible la transmisión electrónica continua de mensajes (correo electrónico), el facsímil y otros servicios de datos mediante facilidades terrestres, de escritorio, a través de una cabecera de red a los abonados fijos o móviles (es decir, a bordo de un barco), situados en cualquier lugar del mundo. La tecnología admite también el servicio de voz convencional.

Esta tecnología es de naturaleza adaptable y con ella se tiene acceso a un sistema de percepción de la situación existente en materia de propagación dinámica y de predicción de ésta que permite a la red superar la variabilidad del servicio de comunicación en ondas decamétricas. El sistema de gestión de frecuencias obtiene su información de una red limitada de transmisores de baja potencia que emplean una forma de onda fluctuante a base de ondas continuas moduladas en frecuencia (FMCW – frequency modulation continuous wave) ubicada en facilidades fijas (es decir, costeras), junto con receptores compatibles instalados como parte de la serie de equipos de comunicación en la ubicación del abonado (a saber, en un barco o una instalación fija). Estas unidades de abonado se complementan mediante varios receptores similares situados en instalaciones fijas controladas por la red. El componente sondeo de este sistema de gestión de frecuencias se utiliza también para la gestión de la red y funciones de radiobúsqueda urgentes y sirve, facultativamente, como un modo fiable de comunicación de baja velocidad de datos.

2 Concepto de red y aspectos de la gestión de frecuencias

La tecnología de red adaptable en ondas decamétricas utiliza sistemas radioeléctricos en ondas decamétricas para proporcionar miles de kilómetros de conectividad inalámbrica a múltiples usuarios. La gestión tradicional de las redes en ondas decamétricas de gran longitud resulta difícil debido a la variabilidad impredecible de la propagación ionosférica y, por ello, los métodos de gestión de frecuencias basados totalmente en modelos climatológicos medios son muy ineficaces cuando se tiene que especificar frecuencias de comunicaciones útiles. La red adaptable en ondas decamétricas se gestiona aplicando sondeos de incidencia oblicua a base de FMCW. Estos sondeos, utilizados durante más de 20 años por los militares para la gestión de frecuencias de enlaces fijos, están asociados a otros conjuntos de datos de entrada que proporcionan información sobre la situación ionosférica, y un modelo actualizable, tal como el VOACAP (Voice of America Coverage Analysis Program), para constituir el sistema de gestión de frecuencias dinámico que se requiere.

El sistema basado en sondeos permite una evaluación de la banda de ondas decamétricas en su totalidad (3 a 30 MHz), a parte de las frecuencias seleccionadas que se rechazan para eliminar la posibilidad de interferencia perjudicial a sistemas identificados de manera específica. Además, el sistema evalúa la calidad de canal de un conjunto preseleccionado de frecuencias que han sido autorizadas para comunicación de voz y datos. Este procedimiento dual de sondeo de banda total y evaluación de canal de comunicación constituye un método muy poderoso tanto de percepción de la situación existente como de predicción de la situación futura. El procedimiento de banda total es fundamental para la predicción

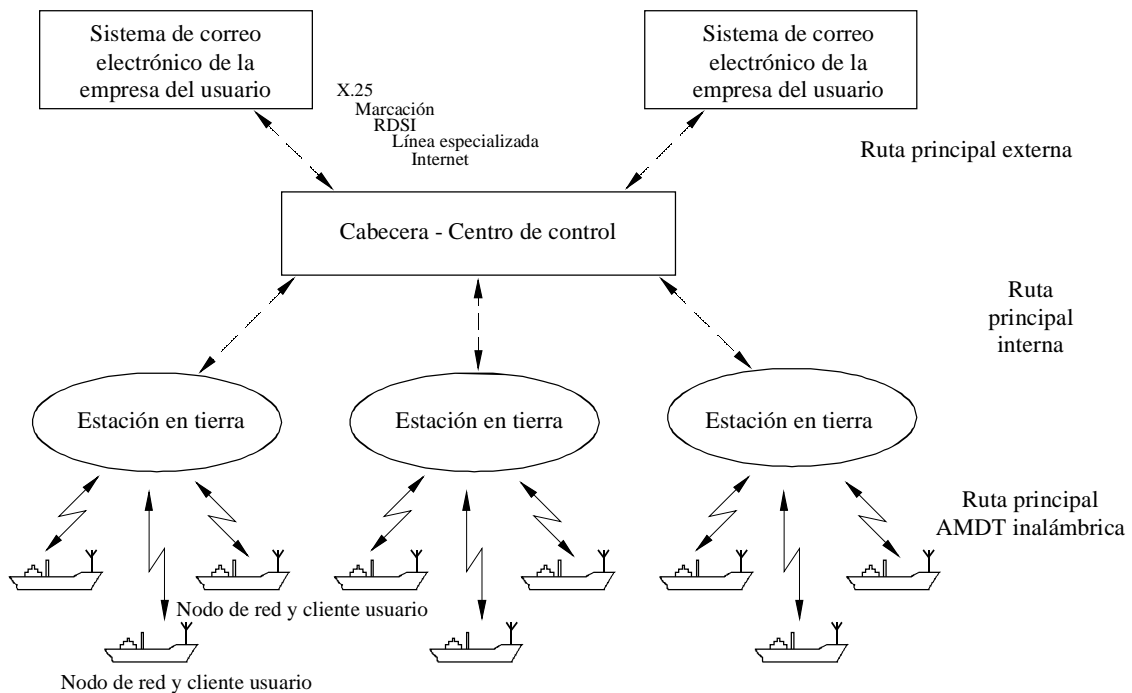
en el tiempo y la extrapolación de la información de propagación a otras ubicaciones, ya que es un proceso que requiere predicciones ionosféricas con un alto grado de precisión, y esos resultados no se consiguen sólo mediante predicciones ni se obtienen a partir de esquemas de evaluación de canales independientes. La dualidad de este procedimiento le distingue de otros sistemas adaptables en ondas decamétricas.

Entre las ventajas de la red adaptable en ondas decamétricas figuran las siguientes: su bajo coste, su fiabilidad, su facilidad de tratamiento a efectos contables, su utilidad y sus servicios de correo electrónico continuo, facsímil y de voz.

3 Topología de red

La red adaptable en ondas decamétricas tiene los siguientes componentes: un emplazamiento central de usuario, un emplazamiento de cabecera, estaciones en tierra del sistema y nodos distantes (es decir, abonados a la red). El emplazamiento central de usuario comprende un sistema de correo electrónico en las instalaciones del cliente y una cabecera de correo electrónico a la red adaptable en ondas decamétricas. (El emplazamiento central de usuario es normalmente una instalación fija.) El emplazamiento de cabecera de red es una cabecera inalámbrica que incluye conexiones a cabeceras de correo electrónico y conexiones a estaciones en tierra de sistemas. Las estaciones en tierra de sistemas comprenden conexiones con la cabecera de red, un controlador de red de sistemas radioeléctricos en ondas decamétricas y un transmisor de sondas. Los nodos distantes constan de un nodo distante de red de sistemas radioeléctricos en ondas decamétricas, un receptor de sondas, una cabecera de correo electrónico y un cliente distante o red con capacidades de correo electrónico. (Los nodos distantes del usuario pueden ser fijos o móviles, pero la arquitectura es coherente con una arquitectura móvil marítima). En la Fig. 13 se ilustra todo esto.

FIGURA 13
Topología de red



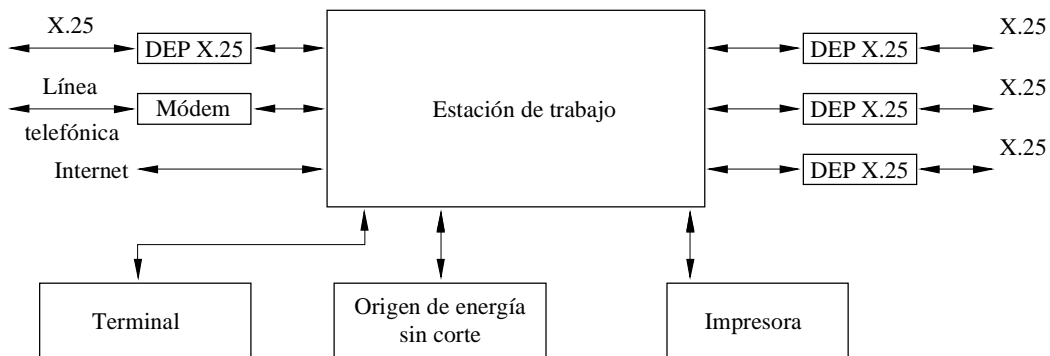
3.1 Oficina de usuario

La red adaptable en ondas decamétricas utiliza una cabecera de correo electrónico en el emplazamiento del usuario para transferir correo electrónico a la cabecera de red. El funcionamiento de la cabecera es muy similar al esquema de cabecera de Internet, en donde los mensajes se convierten a un formato común y utilizan el protocolo de control de transmisión/protocolo Internet (TCP/IP) como protocolo de transporte. La conversión de los formatos de correo electrónico originales se efectúa cuando pasan a través de la cabecera de correo electrónico antes de alcanzar el centro de control del sistema. La combinación de protocolo y el tipo de enlace que se utiliza para llegar a la cabecera de red se denomina ruta principal externa. Esta ruta principal emplea el protocolo de transferencia de correo simple (SMTP – simple mail transfert protocole MIME (Multipurpose Internet Mail Extensions) (SMTP/MIME) como formato de correo común para la totalidad del sistema y el protocolo de transporte TCP/IP por redes públicas (por ejemplo, Internet) o privadas (por ejemplo, marcación, RDSI, X.25).

3.2 Cabecera de red

Todo el correo direccionado entrante se comprueba para verificar si tiene derecho de acceso a la red en ondas decamétricas mediante su dirección IP. Una vez aceptado el correo por la cabecera del sistema, es filtrado utilizando el campo «TO:». El correo filtrado se almacena en intervalos de correo de acuerdo con la información de su campo «TO:» del mensaje. Cada usuario distante de la red tiene su propio intervalo de correo. Se soportan por lo menos dos niveles de seguridad para cada intervalo de correo. Los intervalos de correo se vacían aplicando un proceso en cadena que utiliza el protocolo TCP/IP para enviar mensajes a las estaciones en tierra apropiadas. Este segmento de la red se llama ruta principal interna. Puesto que se trata de una red interna, el direccionamiento del IP se aplica con independencia del direccionamiento Internet. En la Fig. 14 se muestra la cabecera de red.

FIGURA 14
Diagrama de bloques de cabecera



DEP: Desensamblado/ensamblado de paquetes

Nota 1 - La estación de trabajo mostrada puede ser una estación de trabajo UNIX de extremo superior o un servidor terminal de red. A través del área local se pueden conectar más de una estación de trabajo activa para soportar el volumen de tráfico y/o permitir la redundancia.

1110-14

El sistema de correo electrónico de la cabecera adaptable de comunicación en ondas decamétricas abarca características contenidas en la mayoría de los formatos de correo electrónico originales, por ejemplo, TO, FROM, adaptador binario y ficheros de texto, confirmación de entrega o estado de recepción. Entre las características adicionales figuran la de contabilidad, el control de acceso y la auditoría.

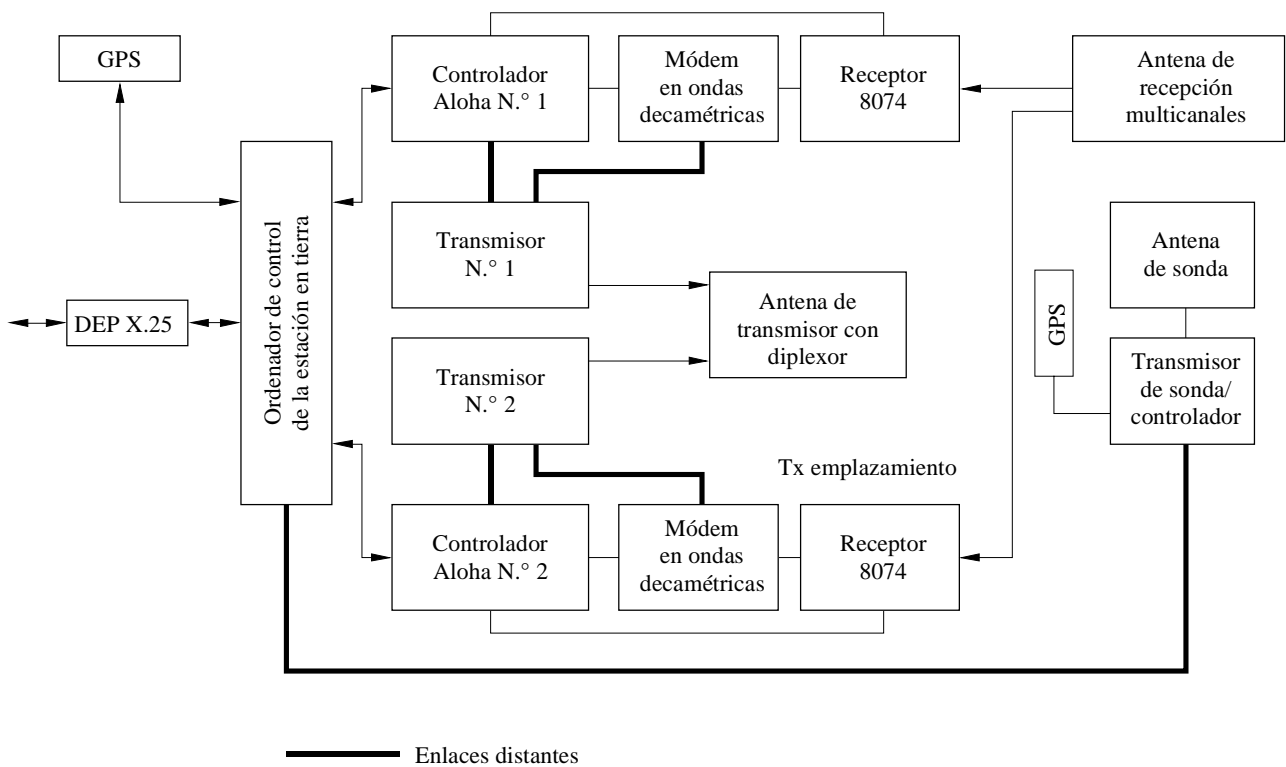
Una vez recibido el correo electrónico por la estación en tierra, se convierte a un protocolo Aloha de intervalos utilizado para el envío por el enlace en ondas decamétricas. El protocolo del radioenlace en ondas decamétricas entrega de manera fiable los paquetes TCP/IP al terminal distante.

3.3 Estación en tierra

La estación en tierra es el punto de entrada al segmento de red inalámbrico que está utilizando el medio en ondas decamétricas para transferir datos entre la estación en tierra y el controlador distante de sistema a bordo de barco. Puesto que cada estación en tierra utiliza un protocolo Aloha de intervalos, a este segmento de la red se le denomina ruta principal de acceso múltiple por división en el tiempo (AMDT). La capa física del protocolo AMDT utiliza un módem en ondas decamétricas con las velocidades binarias de 150, 300, 600, 1 200 y 1 800 bit/s, dependiendo de la calidad de la señal. En la Fig. 15 se describe la estación en tierra.

Cada estación en tierra puede funcionar con múltiples frecuencias (por ejemplo, utilizando un esquema de acceso múltiple por división de frecuencia (AMDF), y en cada una de las frecuencias se ejecuta un protocolo AMDT. Además, cada estación en tierra utiliza un transmisor de sondas mediante ondas continuas modificadas en frecuencia.

FIGURA 15
Configuración de estación en tierra



GPS: sistema mundial de determinación de posición.

Nota 1 - La estación en tierra está configurada de modo que funcione hasta con cuatro frecuencias, mientras dos frecuencias pueden ser utilizadas en una configuración provisional. Funciona con separación de emplazamientos y utiliza controladores Aloha múltiples para sustentar el funcionamiento multifrecuencia. Hay un controlador de estación global que coordina todas las actividades, incluyendo las transmisiones de sondas mediante ondas continuas modificadas en frecuencia. Todos los controladores funcionan con plataforma basada en un ordenador personal.

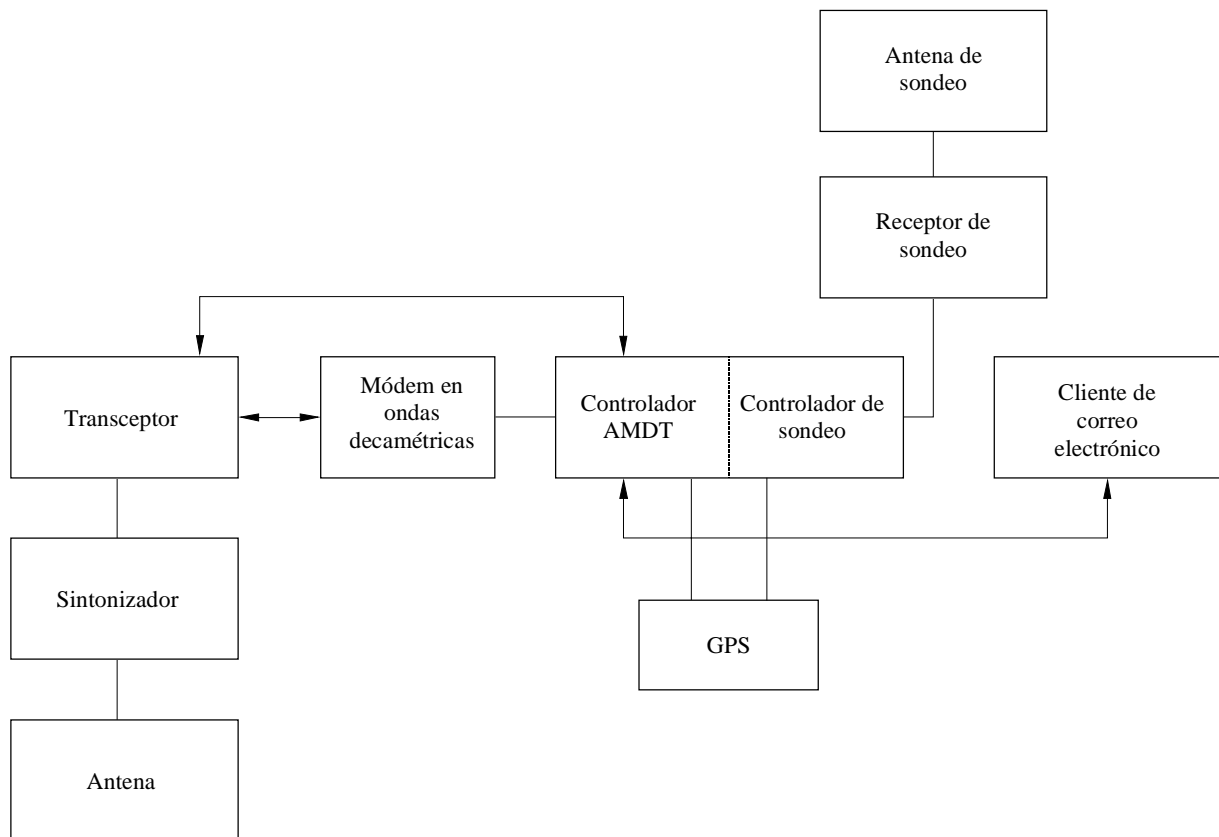
3.4 Nodos distantes

Cada nodo distante (que puede ser fijo o móvil) utiliza un receptor de sondas de barrido de frecuencias FMCW para recibir las señales de ondas continuas moduladas en frecuencia de baja potencia de hasta cuatro estaciones en tierra. Este procedimiento permite explotar en la medida que se necesite la diversidad de emplazamiento de las estaciones. En base a la calidad de la señal recibida de ondas continuas moduladas en frecuencia, el controlador del sistema elige la mejor frecuencia (de una lista de canales marítimos en ondas decamétricas) para entrar en la red. Si la «mejor» frecuencia de propagación no es utilizada activamente por las estaciones en tierra, el terminal distante trata de entrar en la «mejor» frecuencia utilizada por cualquiera de las estaciones en tierra supervisadas. Durante el proceso de entrada, el nodo distante comunica sus mejores frecuencias de propagación a la estación en tierra. Teniendo en cuenta esta información, las estaciones en tierra gestionan sus asignaciones de canales para proporcionar comunicación en ondas decamétricas fiable con los terminales distantes.

En la Fig. 16 se muestra el diagrama de bloques de un nodo distante. El objetivo del nodo distante es actuar a modo de cabecera para el sistema de correo electrónico distante a la red. En esta función, soporta el protocolo AMDT utilizado en los sistemas radioeléctricos en ondas decamétricas y el funcionamiento del sondeo mediante ondas continuas moduladas en frecuencia que forma parte integrante del subsistema de gestión de frecuencias. Además conecta con la aplicación de correo electrónico de cliente del usuario.

El soporte lógico de cliente del usuario (es decir, el correo electrónico de interfaz de aplicación de programa (API)) puede ser tan sencillo como un paquete de soporte lógico alojado en el mismo ordenador que el soporte lógico del nodo distante, o puede residir en un ordenador aparte. El servidor de correo del sistema admite que múltiples ordenadores actúen como clientes, configurados de manera independiente o como un Intranet.

FIGURA 16
Diagrama de terminal distante



Nota 1 - El terminal distante consta de un plano de apoyo dividido con dos ordenadores personales independientes. Uno de ellos ejecuta el protocolo Aloha y el otro dirige el controlador de sondeo. Tanto el controlador Aloha como el controlador del receptor de sondeo requieren GPS, que por lo general será un recurso compartido.

4 Servicios de voz, facsímil y télex

A los abonados fijos y móviles se les pueden facilitar servicios adicionales, tales como el servicio de voz. La red puede por ejemplo proporcionar tráfico de barco a costa y de costa a barco para plataformas móviles en el entorno marítimo. En el primer caso, las comunicaciones vocales de barco a costa pueden ser iniciadas mediante un proceso en el que el usuario final llama a un operador que se halla en el emplazamiento de cabecera del sistema pidiendo efectuar una llamada a un cliente particular. Si el barco está registrado en la red de datos, el operador de la cabecera del sistema envía un mensaje de correo electrónico al barco indicándole que inicie el procedimiento de llamada telefónica. En este procedimiento, el controlador de las comunicaciones del barco pedirá permiso desde su estación en tierra para utilizar de manera exclusiva una frecuencia. Una vez aprobada la petición de frecuencia exclusiva por el controlador, llamará automáticamente al operador para establecer un circuito telefónico vocal desde la estación en tierra a la cabecera. Al mismo tiempo, la estación en tierra enviará un mensaje al barco indicando que tiene acceso a la frecuencia del canal vocal y conectará provisionalmente la señal audio del barco del circuito vocal a la cabecera. Cuando el operador recibe el mensaje vocal del barco, efectúa la conexión provisional final marcando el número del usuario extremo de costa que solicitó el servicio vocal y conectándolo al enlace vocal con el barco. Una vez que el microteléfono del barco vuelva a su posición de colgado, el controlador del barco entrará de nuevo en la red de datos y su entrada se utilizará para liberar la frecuencia asignada al servicio de datos o al servicio de voz.

La llamada telefónica de barco a costa se establece de manera similar. El barco pide utilización exclusiva de la frecuencia y transmite también el número que desea que se marque. La marcación podría pasarse a un operador de la cabecera o se le puede dar curso en la estación en tierra. En cualquier caso, la marcación se producirá cuando la estación en tierra permita el uso exclusivo de la frecuencia. La terminación de la llamada telefónica es igual que en el caso de llamada de costa a barco.

Para una red fija de abonados, el procedimiento es aproximadamente el mismo. Se soportan servicios facsímil y de télex mediante una cabecera en la estación cabecera de red.
