

RECOMENDACIÓN UIT-R M.1040

**SERVICIO PÚBLICO DE TELECOMUNICACIONES MÓVILES CON AERONAVES
UTILIZANDO LAS BANDAS 1670-1675 MHz Y 1800-1805 MHz**

(Cuestión UIT-R 74/8)

(1994)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que ha aparecido la demanda de un sistema de correspondencia pública automática de voz/datos a bordo de aeronaves que pueda ofrecer la capacidad necesaria en todas las regiones de explotación;
- b) que en un cierto número de países hay (o va a haber) servicios públicos de telecomunicaciones móviles, es decir, servicios para la correspondencia pública aeronáutica por medio de estaciones de radiocomunicación conectadas a la red telefónica pública con conmutación;
- c) que las bandas 1 670-1 675 MHz y 1 800-1 805 MHz están destinadas a ser utilizadas, a nivel mundial, por las administraciones que deseen introducir la correspondencia pública aeronáutica (véase el número 740A del Reglamento de Radiocomunicaciones (RR));
- d) que es fundamental que este sistema sea completamente compatible con otros sistemas utilizados a bordo de aeronaves, especialmente los servicios aeronáuticos de seguridad;
- e) que es conveniente lograr una compatibilidad/interfuncionamiento del sistema a nivel mundial para maximizar las posibilidades de explotación de los sistemas,

recomienda

1. que las características del sistema de servicio público de telecomunicaciones móviles con aeronaves a nivel mundial sean las indicadas en el anexo a la presente Recomendación;
2. que se preste la debida atención a la necesidad de que los sistemas terrenales de telecomunicación en vuelo (TFTS – Terrestrial Flight Telecommunication System) sean completamente compatibles con otros sistemas a bordo de la aeronave, especialmente los que proporcionan servicios de seguridad. Ello puede exigir la realización de pruebas de funcionamiento antes de poner en explotación dichos TFTS, para confirmar la posibilidad de funcionamiento sin interferencias.

ANEXO 1

1. Introducción

El servicio público de telecomunicaciones móviles con aeronaves lo proporcionará un sistema celular digital conocido con el nombre de Sistema terrenal de telecomunicación en vuelo.

El TFTS cumple las normas de la AEEC (Airlines Electronic Engineering Committee) y de la EAEC (European Airlines Electronics Committee) en lo que respecta al equipo de a bordo.

Este sistema permite una utilización eficaz del espectro de frecuencias, proporciona una cobertura completa de la zona de servicio basada en una red celular, facilita la máxima continuidad en la llamada y ofrece acceso, al menos, a cuatro circuitos vocales, de datos o de facsímil desde cada terminal de aeronave, manteniendo al mínimo el peso, la potencia y la generación de calor de los equipos de a bordo.

2. Servicios

2.1 Consideraciones generales

El TFTS proporciona los siguientes tipos de comunicaciones:

- telefonía aire-tierra, incluidos los procedimientos de señalización por doble tono multifrecuencia;
- facsímil, datos y radiobúsqueda;
- servicios adicionales, tales como llamadas tierra-aire mediante radiobúsqueda.

Los servicios no vocales pueden funcionar con velocidades de transmisión de datos de usuario de hasta 4,8 kbit/s.

El TFTS permite a los pasajeros de a bordo establecer comunicaciones durante todas las fases del vuelo (siempre que la red en tierra asegure la cobertura).

La tarificación se efectúa a través de tarjetas de crédito.

2.2 Acceso

El sistema proporciona comunicaciones digitales, automáticas, dúplex y de alta calidad con acceso por marcación directa a las redes públicas de datos o telefónicas existentes, incluida la red digital de servicios integrados (RDSI).

No impone más limitaciones al destino de la llamada que las que establecen las redes fijas.

El procedimiento de marcación es el mismo que para la marcación directa internacional (Recomendación UIT-T E.164). (Es decir, comenzando por el indicativo de país.)

El diseño del sistema asegura que no es necesario introducir modificación alguna en las RTPC/RDSI nacionales (es decir, la red pública a partir de la terminación de la estación en tierra).

El sistema utiliza la misma interfaz radioeléctrica aire-superficie en toda la zona de cobertura. La selección de la estación en tierra que va a utilizar una aeronave determinada se basa en criterios de eficacia del sistema y no en la utilización preferencial de una estación en tierra.

El sistema proporciona la capacidad de traspaso entre estaciones en tierra de todo tipo.

3. Descripción técnica

En el cuadro 1 figura un resumen de los principales parámetros técnicos del TFTS.

3.1 Plan de frecuencias

De acuerdo con el número 740A del RR, se han identificado las siguientes bandas de frecuencias para los sentidos indicados:

1 670-1 675 MHz, transmisiones tierra-aire;

1 800-1 805 MHz, transmisiones aire-tierra.

3.2 Tipo de acceso y estructura de trama

El sistema utiliza múltiplex por división en el tiempo (MDT) en combinación con múltiplex por división en frecuencia (MDF) para el enlace tierra-aire y acceso múltiple por división en el tiempo (AMDT) para el enlace aire-tierra.

La velocidad binaria bruta de cada portadora es de 44,2 kbit/s, lo que permite acomodar de 4 a 16 canales de tráfico en una misma portadora.

El sistema está destinado a transmitir señales vocales utilizando códecs de voz de 9,6 kbit/s. Sin embargo, en el diseño se contempla la posibilidad de acoplamiento a otros tipos de acceso para códecs de datos y de señales vocales con velocidad binaria inferior.

La estructura de trama se diseña de tal forma que permite la utilización simultánea de códecs de distintas velocidades.

CUADRO 1

Parámetros principales del TFTS

1.	Frecuencia	
1.1	Banda de transmisión de la estación en tierra	1 670-1 675 MHz
1.2	Banda de transmisión de la estación a bordo de aeronave	1 800-1 805 MHz
2.	Canalización	
2.1	Canal n transmitido por la estación en tierra	$1\ 670 + n/33$ MHz
2.2	Canal n transmitido por la estación a bordo de aeronave	$1\ 800 + n/33$ MHz
2.3	Números de canales ($n = 1$ a 164)	30,30 kHz
2.4	Anchura de canal	2 partes en 10^7
2.5	Tolerancia de frecuencia	
3.	Estación en tierra en ruta (ejemplo típico)	
3.1	Separación entre estaciones en tierra adyacentes	380 km
3.2	Cobertura de una estación	125 000 km ²
3.3	Criterio de distancia para el traspaso	240 km
4.	Alturas de funcionamiento	
4.1	Estaciones en ruta	4,5 a 13 km (15 000 a 43 000 pies)
4.2	Estaciones intermedias	0 a 4,5 km (0 a 15 000 pies)
4.3	Estaciones en aeropuerto	0 km
5.	Codificación de la señal vocal	
5.1	Velocidad del códec de salida	9,6 kbit/s
5.2	Duración de la trama del códec	20 ms
6.	Potencia de salida – p.i.r.e.	
6.1	Estaciones en ruta	-1 a 19 dBW
6.2	Estaciones intermedias	-11 a 9 dBW
6.3	Estaciones en aeropuerto	-11 a 9 dBW
6.4	Estaciones a bordo de aeronave (ganancia de antena: 1 dB)	-69 a 11 dBW
7.	Modulación	
7.1	Método: Modulación por desplazamiento de fase diferencial en cuadratura ($\pi/4$ MDPD-4)	
7.2	Anchura de banda a 3 dB del espectro de transmisión	22,1 kHz
7.3	Velocidad binaria	44,2 kbit/s
8.	Estructura de la señal	
8.1	Duración del bit	22,62 μ s
8.2	Longitud del intervalo de tiempo	208 bits
8.3	Intervalo de tiempo	4,706 ms
8.4	Longitud de trama	17 intervalos
8.5	Duración de trama	80 ms
8.6	Número de bits de tráfico/intervalo	192 bits

Las tramas están constituidas por 17 intervalos de tiempo de 4,706 ms, lo que supone una duración total de 80 ms. 16 intervalos se utilizan para el tráfico (4 para el canal de tráfico de 9,6 kbit/s) y 1 se emplea para el control. Las tramas están organizadas en supertramas de 20 tramas.

Los canales de tráfico contenidos en una trama de una portadora específica en una estación en tierra pueden atribuirse a aeronaves distintas.

La estación de aeronave explora periódicamente las portadoras de la estación en tierra y extrae la información de control mediante un receptor de exploración especializado. Ello permite a la estación de aeronave seleccionar la estación en tierra y la portadora óptimas cuando se inicia o traspasa una llamada.

3.3 Características de modulación

La portadora se modula con una velocidad de 44,2 kbit/s mediante modulación por desplazamiento de fase diferencial en cuadratura $\pi/4$ ($\pi/4$ MDPD-4).

En el cuadro 2 se indican los parámetros de la plantilla del espectro de radiofrecuencia dentro de banda.

CUADRO 2

Valores de la plantilla del espectro de radiofrecuencia dentro de banda en el TFTS

Frecuencia (kHz)	Nivel (dB)
$\pm 11,31$	+1
$\pm 14,05$	-20
$\pm 15,6$	-43
$\pm 30,0$	-45
$\pm 60,0$	-49
$\pm 120,0$	-65
$\pm 5\,000,0$	-65

Nota 1 – El espectro dentro de banda de salida debe estar comprendido dentro de la plantilla definida uniendo con líneas rectas los puntos indicados en el cuadro 2. La frecuencia se medirá a partir del valor nominal y la amplitud a partir del nivel en la frecuencia nominal.

3.4 Características de las estaciones en tierra y de aeronave

3.4.1 Estaciones en tierra

Existen tres tipos de estaciones en tierra en la red del TFTS:

– *Estaciones en tierra en ruta*

Las estaciones en tierra en ruta (ET/ER) se utilizan cuando la aeronave se encuentra en altitud de crucero; es decir, con una altura comprendida entre 4,5 y 13 km (15 000 y 43 000 pies). Se prevé que las ET/ER se instalen dentro de la zona de cobertura con intervalos de separación de unos 380 km y formando aproximadamente un polígono hexagonal.

La distancia cubierta por las ET/ER es aproximadamente de 240 km (valor nominal). Las células adyacentes se superponen entre sí para facilitar el traspaso.

En el plano horizontal, las ET/ER tienen una p.i.r.e. comprendida entre +29 y +49 dBm por canal, ajustable de forma manual.

– *Estación en tierra intermedia*

Las estaciones en tierra intermedias (ET/INT) se utilizan cuando la aeronave está en fase de despegue o aterrizaje; es decir, con una altura comprendida entre 0 y 4,5 km (0 y 15 000 pies) y distancias de hasta unos 50 km. Las ET/INT deben estar situadas en las proximidades de los aeropuertos.

En el plano horizontal, las ET/INT tienen una p.i.r.e. comprendida entre +19 y +39 dBm por canal, ajustable de forma manual.

– *Estación en tierra situada en aeropuerto*

Las estaciones en tierra situadas en aeropuertos (ET/AP) se utilizan cuando las aeronaves se encuentran en la superficie. Las ET/AP deben estar situadas en la zona del aeropuerto o en las proximidades, coubicadas con la ET/INT. La distancia cubierta por una ET/AP es de unos 5 km.

En el plano horizontal, las ET/AP tienen una p.i.r.e. comprendida entre +19 y +39 dBm por canal, ajustable de forma manual.

3.4.2 Organización y emplazamiento de las estaciones en tierra

Las estaciones en tierra se conectan a un controlador del centro de conmutación en tierra (GSC – Ground Switching Centre Controller) que proporciona el interfaz con las redes fijas y gestionan las comunicaciones de la ET. Un grupo de estaciones en tierra conectadas al mismo GSC constituye un sistema de estaciones en tierra.

3.4.3 Estaciones de aeronave

La estación de aeronave es capaz de transmitir con una p.i.r.e. máxima de +41 dBm en el plano horizontal. Dicha estación ajusta periódicamente la potencia de RF transmitida bajo el control de la estación en tierra.

3.4.4 Desplazamiento por efecto Doppler

El TFTS no realiza ninguna corrección para tener en cuenta el desplazamiento por efecto Doppler puesto que es reducido (un máximo de 1,8 kHz) en proporción con la separación entre canales.

3.5 Características de antena

La antena a bordo de aeronave es casi toroidal con una ganancia de más de 0 dBi, sin rebasar el valor de 2,5 dBi en el plano horizontal.

Las antenas de las ET/ER y ET/INT son omnidireccional en el plano acimutal y tienen una ganancia mínima de 8 dBi para ángulos de elevación de casi 0°.

No se ha definido ningún diagrama de radiación para las antenas de ET/AP puesto que deben ser directivas o tener un diagrama de radiación especial de acuerdo con su ubicación.

Se utiliza polarización vertical.

3.6 Balance del enlace

En el cuadro 3 figura un balance del enlace típico para una transmisión tierra-aire entre una aeronave situada en límite de una célula (240 km) y una estación en tierra en ruta.

CUADRO 3

Balance del enlace típico de un enlace aire-tierra en un TFTS

a)		
	Potencia de salida del transmisor de la aeronave	+44 dBm
	Pérdidas en el diplexor y en el cable	-4 dB
	Ganancia de la antena de la estación a bordo de aeronaves	+1 dBi
	Pérdidas en el trayecto (240 km)	-144 dB
	Ganancia de la antena de la estación en tierra	+8 dBi
	Pérdidas en el receptor de la estación en tierra	-4 dB
		<hr/>
	Potencia neta de la señal recibida (entrada al amplificador de bajo nivel de ruido)	-99 dBm
b)		
	Ruido por hertzio (para $T = 290\text{ K}$)	-174 dBm
	Velocidad binaria (44,2 kbit/s)	+46,4 dBm
	Factor de ruido del receptor	+3 dB
	E_b/N_0 para una BER de 10^{-3}	+11 dB
		<hr/>
	Sensibilidad del receptor necesaria	-113,6 dBm
		<hr/>
	Margen	+14,6 dB

4. **Implantación de la red de tierra en Europa**

El Instituto Europeo de Normas de Telecomunicación (ETSI) ha elaborado una norma TETS para especificar este sistema relativa a las partes de radioenlaces y red en tierra.

En Europa, se proporcionará una cobertura continua en el caso de aeronaves que vuelen en altitudes comprendidas entre 4,5 y 13 km (15 000 y 43 000 pies).

Las estaciones en tierra en ruta que proporcionan esta cobertura están ubicadas de tal forma que aseguran igualmente una cobertura a menor altitud en las proximidades de los principales aeropuertos europeos, limitando, por consiguiente, la necesidad de instalar estaciones en tierra intermedias.

El plan de frecuencias se establece de tal forma que las estaciones en tierra que funcionan en los mismos canales radioeléctricos están separadas al menos 900 km (distancia de visibilidad a la altitud de 13 km) y las estaciones en tierra que funcionan en canales adyacentes (separados 30,3 kHz), están espaciadas al menos 700 km.

Las estaciones en tierra funcionan con canales radioeléctricos separados 60,6 kHz para reducir los problemas de interferencia con las aeronaves situadas dentro de la misma célula.
