

NECESIDADES DE CANALES EN UN SISTEMA DIGITAL DE LLAMADA SELECTIVA

(Cuestión 9/8)

(1982-1986)

1. Introducción

La escucha manual en los barcos podría finalmente sustituirse por un sistema digital de llamada selectiva (DSC-«Digital Selective Calling») que ofreciese medios de alerta automática para todas las comunicaciones de interés para los barcos, como son la telegrafía Morse, el radiotélex, la radiotelefonía, etc. Se necesitarán dos tipos de canales, a saber, internacionales y nacionales.

- *Canales internacionales.* Se utilizan en el sentido costera-barco sólo cuando una estación costera desea llamar a un barco pero no sabe las frecuencias en que el barco realiza la escucha. Se considera que estas llamadas serán relativamente escasas. Los canales internacionales se hallan a disposición de todas las estaciones costeras.
- *Canales nacionales.* Se utilizan cuando un barco desea establecer contacto con cualquier estación costera o cuando una estación costera desea hacerlo con un barco de su propia nacionalidad o con el que se comunica regularmente. Los canales nacionales están asociados a determinadas estaciones costeras. Aunque las llamadas pueden realizarse en ambos sentidos, los actuales modelos de llamada revelan que el sentido principal es el barco-costera, pero esto podría cambiar con un servicio mejor. La experiencia con el sistema INMARSAT puede dar cierta orientación sobre este tema.

Hasta ahora no se han atribuido canales nacionales del sistema DSC y el número actualmente atribuido de canales internacionales de este tipo puede no ser suficiente para obtener una información que sirva de fundamento a un sistema DSC totalmente desarrollado por lo que habrá que atribuir nuevos canales. Por lo tanto es importante esforzarse en hacer una previsión provisional del desarrollo inicial del sistema digital de llamada selectiva.

En este Informe se examina el número de canales de llamada que pueden necesitarse en definitiva para llamadas que no sean de socorro ni de seguridad. Esta información servirá de ayuda para preparar la Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones para los servicios móviles de 1987.

2. Empleo de receptores de exploración

El empleo de un receptor de exploración conduce a una probabilidad distinta de cero de que se pierda una llamada destinada a la estación receptora por hallarse el decodificador ocupado con otro canal, lo que normalmente se designa como pérdida de exploración. La pérdida de exploración es función del número de canales explorados por un solo receptor y la carga de los canales del sistema digital de llamada selectiva, pero, como se desprende de la definición, es independiente del número de llamadas destinadas a la estación receptora. En general, no debe alentarse el empleo de receptores de exploración pues la pérdida de exploración aumenta la carga de los canales y tiene por tanto un efecto acumulativo. No obstante, debe reconocerse que el empleo de receptores de exploración puede ser necesario en muchos barcos por razones económicas.

Como valor provisional para un sistema totalmente desarrollado, un solo receptor no debe explorar más de seis canales (véase el anexo I). Por tanto, el número de canales en los que se estima que una estación de barco tiene que estar a la escucha tiene repercusiones económicas importantes. Pueden considerarse dos casos:

- unas 6 frecuencias como mínimo, es decir, un canal nacional y un canal internacional en 3 bandas; ello requeriría la cooperación del personal de a bordo para la elección de las bandas más apropiadas en todo momento, y podría aumentar la carga de tráfico en los canales internacionales debido a la escucha limitada que se efectúa en los canales nacionales;
- unas 15 frecuencias como mínimo, es decir, 2 canales nacionales y 1 canal internacional en cada una de las bandas de 4, 6, 8, 12 y 16 MHz; se ofrecería así un servicio más automático al personal de a bordo, pero sería necesario más de un receptor de exploración.

3. Hipótesis para calcular los canales necesarios en ondas hectométricas

Los cálculos se basaron en los siguientes datos e hipótesis:

3.1 El tráfico en ondas hectométricas cursado por las estaciones costeras de Europa septentrional representa la densidad más elevada del tráfico en ondas hectométricas del mundo; atender las necesidades de canales en esta zona permitirá asimismo satisfacer las necesidades en ondas hectométricas de otras partes del mundo.

3.2 En el cuadro I (véase la nota) se indica el número estimado de comunicaciones en ondas hectométricas que se cursarán en cada una de las horas de un periodo típico de 24 h en 1990, basado en la combinación del tráfico de Bélgica, Dinamarca, Noruega, Países Bajos, Reino Unido, República Federal de Alemania, Suecia y el 50% del tráfico de la URSS. Se ha supuesto que estas cifras representan el tráfico mencionado en el § 3.1.

Nota. — Obsérvese que sólo se ha incluido el 20% de las llamadas previstas de radioteleimpresor barco a costera, ya que se ha supuesto que la mayor parte de los países permiten que los barcos utilicen el sistema de llamada selectiva propio del equipo de radioteleimpresor (véanse, por ejemplo, las Recomendaciones 476 y 625).

3.3 Duración de una llamada selectiva digital

3.3.1 La duración de una llamada selectiva digital desde una estación de barco a una estación costera es de 5,8 s (en el supuesto de una serie de puntos de 20 bits — véase la Recomendación 493, anexo I, § 3.4.2).

3.3.2 La duración de una llamada selectiva digital desde una estación costera a una estación de barco es de 7,8 s (en el supuesto de una serie de puntos de 2 s).

3.4 La estación llamada transmite un acuse de recibo que dura 5,8 s (en el supuesto de que no se incluya ninguna serie de puntos). La estación que llama repetirá una llamada de conformidad con la Recomendación 541, anexo II, hasta que se reciba un acuse de recibo.

3.5 La carga máxima permitida de un canal de llamada es 0,1 erlang (de acuerdo con la teoría de tráfico, la probabilidad de que dos o más llamadas coincidan y, por ende, fracasen es del 18%). Aun con esta carga de canal relativamente baja, no puede despreciarse un efecto secundario, es decir, la congestión de un canal de llamada como resultado de llamadas infructuosas repetidas. La congestión sólo puede evitarse exigiendo un intervalo de tiempo antes de repetir la transmisión de una secuencia de llamada. Una carga de canal superior afectaría también negativamente al empleo de receptores de exploración (véase el anexo I) (véase la Recomendación 541, § 2.1.8.1, 2.1.11 y 2.2.5).

3.6 Se ha supuesto que principalmente a causa de una propagación imperfecta, de señales interferentes, de coincidencia con otras llamadas, etc., es necesaria la transmisión de dos secuencias de llamada o de acuse de recibo para establecer una llamada fructuosa.

3.7 Las llamadas barco-costera y costera-barco se efectúan por parejas de canales comunes.

3.8 Los acuses de recibo barco a costera y costera a barco se efectúan utilizando las mismas parejas de canales comunes mencionados en el § 3.7.

3.9 Se utiliza una pareja de canales internacionales en cada una de las bandas de 500 kHz y 2 MHz.

3.10 La capacidad de tráfico en erlangs de los canales nacionales de llamada selectiva digital, necesarios para cada hora se ha basado en el siguiente cálculo:

3.10.1 Costera a barco

$$\text{Capacidad de cursar tráfico (erlangs)} = \frac{\text{Número de llamadas por hora} \times \text{duración de la llamada}}{2 \text{ (véase el § 3.6)} \times 7,8 \text{ s (véase el § 3.3.2)}} \times 3600 \text{ (s/h)}$$

3.10.2 Barco a costera

$$\text{Capacidad de cursar tráfico (erlangs)} = \frac{\text{Número de llamadas por hora} \times \text{duración de la llamada}}{2 \text{ (véase el § 3.6)} \times 5,8 \text{ s (véase el § 3.3.1)}} \times 3600 \text{ (s/h)}$$

CUADRO 1 – Llamadas en ondas hectométricas y canales de llamada selectiva digital necesarios (Europa septentrional)

(Basado en las estadísticas de tráfico de la República Federal de Alemania, Bélgica, Dinamarca, Noruega, Países Bajos, Reino Unido, Suecia, URSS (50%))

Hora (UTC)	Costera a barco						Barco a costera						Total costera a barco más barco a costera			
	Llamadas Morse en 500 kHz	Llamadas telefónicas en 2 MHz	Llamadas de teleimpresor en 2 MHz	Total llamadas en 2 MHz	Total erlangs		Llamadas Morse en 500 kHz	Llamadas telefónicas en 2 MHz	Llamadas de teleimpresor en 2 MHz (20%)	Total llamadas en 2 MHz	Total erlangs		Total erlangs		Total canales de llamada selectiva digital en	
					500 kHz	2 MHz					500 kHz	2 MHz	500 kHz	2 MHz	500 kHz	2 MHz
00-01	4	6	4	10	0,02	0,04	31	27	3	30	0,10	0,10	0,12	0,14	2	2
01-02	5	3	3	6	0,02	0,03	11	17	3	20	0,04	0,06	0,06	0,09	1	1
02-03	3	9	1	10	0,01	0,04	7	12	2	14	0,02	0,05	0,03	0,09	1	1
03-04	4	6	7	13	0,02	0,06	5	14	2	16	0,02	0,05	0,04	0,11	1	2
04-05	6	8	2	10	0,03	0,04	14	16	2	18	0,05	0,06	0,08	0,10	1	1
05-06	8	7	3	10	0,03	0,04	21	34	4	38	0,07	0,12	0,10	0,14	1	2
06-07	13	12	7	19	0,06	0,08	32	54	5	59	0,10	0,19	0,16	0,27	2	3
07-08	17	9	5	14	0,07	0,06	41	105	6	111	0,13	0,36	0,20	0,42	2	5
08-09	21	33	13	46	0,09	0,20	40	148	6	154	0,13	0,50	0,22	0,70	3	7
09-10	28	37	14	51	0,12	0,22	37	146	5	151	0,12	0,49	0,24	0,71	3	8
10-11	21	44	19	63	0,09	0,27	34	137	4	141	0,11	0,45	0,20	0,72	2	8
11-12	18	36	11	47	0,08	0,20	37	117	2	119	0,12	0,38	0,20	0,40	2	4
12-13	17	22	13	35	0,07	0,15	33	117	3	120	0,11	0,39	0,18	0,33	2	4
13-14	20	32	14	46	0,09	0,20	33	119	3	122	0,11	0,39	0,20	0,40	2	4

CUADRO 1 (continuación)

Hora (UTC)	Costera a barco						Barco a costera						Total costera a barco más barco a costera			
	Llamadas Morse en 500 kHz	Llamadas telefónicas en 2 MHz	Llamadas de teleimpresor en 2 MHz	Total llamadas en 2 MHz	Total erlangs		Llamadas Morse en 500 kHz	Llamadas telefónicas en 2 MHz	Llamadas de teleimpresor en 2 MHz (20%)	Total llamadas en 2 MHz	Total erlangs		Total erlangs		Total canales de llamada selectiva digital en	
					500 kHz	2 MHz					500 kHz	2 MHz	500 kHz	2 MHz	500 kHz	2 MHz
14-15	17	33	7	40	0,07	0,17	36	94	3	97	0,12	0,31	0,19	0,36	2	4
15-16	13	28	14	42	0,06	0,18	25	105	4	109	0,08	0,35	0,14	0,32	2	4
16-17	17	23	16	39	0,07	0,17	26	91	3	94	0,08	0,30	0,15	0,47	2	5
17-18	18	20	6	26	0,08	0,11	27	119	2	121	0,09	0,39	0,17	0,50	2	5
18-19	15	27	11	38	0,07	0,16	34	122	2	124	0,11	0,40	0,18	0,56	2	6
19-20	12	24	8	32	0,05	0,14	25	107	2	109	0,08	0,35	0,13	0,49	2	5
20-21	18	24	9	33	0,08	0,14	25	102	3	105	0,08	0,34	0,16	0,48	2	5
21-22	8	19	8	27	0,03	0,12	31	82	2	84	0,10	0,27	0,13	0,39	2	4
22-23	9	16	3	19	0,04	0,08	25	50	1	51	0,08	0,16	0,12	0,24	2	3
23-24	7	7	1	8	0,03	0,03	22	37	1	38	0,07	0,12	0,10	0,15	1	2
Total	319	485	199	684	—	—	652	1972	73	2045	—	—	—	—	—	—

4. Cálculo del número necesario de canales de llamada en ondas hectométricas

4.1 Los cálculos están basados en las hipótesis y datos indicados en el § 3 y dan el número de canales nacionales de llamada selectiva digital para cada hora, que figura en el cuadro I.

4.2 El número máximo de canales para cualquier hora del cuadro I es:

3 canales en la banda de 500 kHz

8 canales en la banda de 2 MHz

4.3 Durante las horas diurnas, la interferencia de los canales de llamada selectiva digital en ondas hectométricas utilizados con las estaciones costeras de Europa septentrional tiene un alcance limitado, de modo que pueden ser reutilizados en otra parte del mundo.

Aunque el alcance de la interferencia de los canales de ondas hectométricas puede ser más grande durante las horas de oscuridad, se concluyó que la reducción de la carga del canal durante esas horas compensa el aumento del alcance de la interferencia.

5. Hipótesis para calcular los canales necesarios en ondas decamétricas

Los cálculos se basaron en las hipótesis que figuran en los § 3.3 a 3.8 y 3.10:

5.1 Debido a las diferentes condiciones de propagación que afectan a las diversas bandas de ondas decamétricas, las bandas de frecuencias inferiores ofrecen una posibilidad apreciable de reutilización de la frecuencia, mientras que las frecuencias más elevadas, que en principio pueden recibirse en todo el mundo, ofrecen una posibilidad de reutilización mucho menor. Los factores de compartición indicados en el cuadro II deben seguir estudiándose, especialmente en función de la información que pudiera obtenerse del Informe 911 y de las Comisiones de Estudio 1, 5 y 6, y pueden ser modificados posteriormente.

CUADRO II

Banda (MHz)	4	6	8	12	16	22
Factores de compartición mundial	2	2	2	1	1	1

5.2 Las estadísticas del tráfico en ondas decamétricas de 31 países (véase la nota 1) válidas para 1983, junto con las previsiones del crecimiento o reducción del tráfico hacia el año 1990, representan, según se estima, el 70% del tráfico mundial en dicho año 1990. Estas estadísticas de tráfico indican el tráfico en horas punta que aparece en el cuadro III (véase la nota 2).

Nota 1. — Alemania (República Federal de), Argentina, Australia, Bélgica, Canadá, Cabo Verde, Chile, Cuba, Dinamarca, Egipto, Grecia, Irán, Iraq, Jamaica, Japón, Kiribati, Malta, Mauricio, México, Noruega, Nueva Zelandia, Países Bajos, Portugal, Reino Unido, Senegal, Singapur, Suecia, Suiza, Siria, URSS, Uruguay.

Nota 2. — Sólo se ha incluido el 20% de las llamadas de radioteleimpresor previstas barco a costa, ya que se ha supuesto que la mayor parte de los países permiten que los barcos utilicen el sistema de llamada selectiva del equipo radioteleimpresor (véanse las Recomendaciones 476 y 625).

CUADRO III – Llamadas en ondas decamétricas en horas punta (0800-0900 UTC)
y canales necesarios de llamada selectiva digital

Costera a barco

Modo	Morse						Telefonía						Teleimpresor					
	4	6	8	12	16	22	4	6	8	12	16	22	4	6	8	12	16	22
Banda de frecuencias (MHz)	4	6	8	12	16	22	4	6	8	12	16	22	4	6	8	12	16	22
Llamadas desde 31 países ⁽¹⁾	7	43	36	27	18	8	16	13	13	17	17	7	11	5	17	17	20	16
Total de llamadas desde todo el mundo ⁽²⁾	10	61	51	39	26	11	23	19	19	24	24	10	16	7	24	24	29	23
Total erlangs	0,04	0,26	0,22	0,17	0,11	0,05	0,10	0,08	0,08	0,10	0,10	0,04	0,07	0,03	0,10	0,10	0,13	0,10

Barco a costera

Modo	Morse						Telefonía						Teleimpresor					
	4	6	8	12	16	22	4	6	8	12	16	22	4	6	8	12	16	22
Banda de frecuencias (MHz)	4	6	8	12	16	22	4	6	8	12	16	22	4	6	8	12	16	22
Llamadas desde 31 países ⁽¹⁾	8	27	91	65	64	21	49	12	73	66	74	31	4	2	7	7	13	6
Total de llamadas desde todo el mundo ⁽²⁾	11	39	130	93	91	30	70	17	104	94	106	44	6	3	10	10	19	9
Total erlangs	0,04	0,13	0,42	0,30	0,29	0,10	0,23	0,05	0,34	0,30	0,34	0,14	0,02	0,01	0,03	0,03	0,06	0,03

Total costera a barco más barco a costera (todos los modos)

Banda de frecuencias (MHz)	4	6	8	12	16	22	Todas
Total erlangs	0,50	0,56	1,19	1,00	1,03	0,46	4,74
Distribución en bandas de ondas decamétricas (%)	10	12	25	21	22	10	100
Distribución para atender todas las condiciones de actividad solar ⁽³⁾ (%)	10	19	33	26	22	10	120
Total erlangs para todas las condiciones de actividad solar	0,50	0,90	1,56	1,23	1,03	0,46	5,68
Total de canales de llamada selectiva digital necesarios (sin compartición)	5	9	16	13	11	5	59
Total de canales de llamada selectiva digital necesarios (utilizando factores de compartición ⁽⁴⁾)	3	5	8	13	11	5	45

⁽¹⁾ Véase el § 5.2. Se ha incluido solamente el 20% de las llamadas de teleimpresor barco a costera.

⁽²⁾ Llamadas de todo el mundo: cifra basada en las llamadas desde 31 países que representan el 70% del total mundial.

⁽³⁾ Véase el § 5.4.

⁽⁴⁾ Véanse el § 5.2 y el cuadro II.

5.3 La distribución actual del tráfico (máximo de actividad solar) en las diversas bandas de frecuencias en ondas decamétricas es aproximadamente la siguiente:

MHz	4	6	8	12	16	22
Porcentaje del tráfico	10	12	25	21	22	10

Se ha supuesto la misma distribución para el tráfico mundial.

Durante el mínimo de actividad solar, la distribución podría ser aproximadamente la siguiente:

MHz	4	6	8	12	16	22
Porcentaje del tráfico	10	19	33	26	12	0

La distribución del número de canales de llamada debe ser suficiente para ambas situaciones. Esta distribución produce a su vez la siguiente distribución del tráfico en cada banda de frecuencia:

MHz	4	6	8	12	16	22
Porcentaje del tráfico	10	19	33	26	22	10

5.4 Sobre la base de las hipótesis y datos indicados en el § 6, los cálculos dan el número de canales nacionales de llamada selectiva digital para cada una de las horas que figuran en el cuadro III.

5.5 El número máximo de canales para cualquier hora del cuadro III es:

3 canales en la banda de 4 MHz
5 canales en la banda de 6 MHz
8 canales en la banda de 8 MHz
13 canales en la banda de 12 MHz
11 canales en la banda de 16 MHz
5 canales en la banda de 22 MHz

5.6 Sobre la base de estadísticas de tráfico con barcos no operados normalmente por una estación costera determinada, se ha calculado que aproximadamente el 13% de las llamadas selectivas digitales se harán por canales internacionales (véase el § 1). Si se aplica este porcentaje a los canales indicados en el § 5.5, resulta necesario un canal internacional en cada una de las bandas de 4, 6, 8 y 22 MHz, y 2 canales en cada una de las bandas de 12 y 16 MHz.

6. Otros factores que influyen en el número necesario de canales de llamada

En el cálculo del número de canales de llamada nacionales, se supone que en la estación costera se conoce cuáles son los canales de llamada específicos en los que el barco al que ha de llamarse está a la escucha en un determinado momento. Se supone también que se conoce la posición de barco, de manera que un operador puede seleccionar tanto la banda de frecuencias óptima como el canal correcto de la banda de frecuencias elegida y el momento óptimo de cursar la llamada.

En el cálculo del número de canales de llamada internacionales esta hipótesis se adopta al menos en un porcentaje de casos relativamente grande. El desconocimiento de la información necesaria aumentaría el número de tentativas de llamada necesarias y, por consiguiente, daría lugar a un número correspondiente mayor de canales de llamada.

El problema de obtener la información sobre los canales en los que un barco está a la escucha puede resolverse agrupándolos, por ejemplo, alfabéticamente o con arreglo a la identificación del barco. Esta disposición, sin embargo, no garantizaría una distribución uniforme del tráfico de llamada en los canales.

Un problema análogo puede presentarse en la atribución de canales de llamada nacionales a las estaciones costeras. Al ser el número de estaciones costeras demasiado grande para permitir el uso de canales de llamada exclusivos, debe recurrirse al uso compartido de un número limitado de canales de llamada comunes.

La atribución de canales de llamada nacionales deberá hacerse de forma que el tráfico de llamadas se distribuya uniformemente entre estos canales. Una distribución imperfecta del tráfico procedente de las estaciones costeras y barcos entre los canales de llamada daría lugar a unos canales relativamente sobrecargados y otros relativamente libres. Los efectos negativos de esta distribución imperfecta podrían evitarse reduciendo la carga media de los canales de llamada, es decir, aumentando el número total de esos canales.

7. Posibles modos de reducir el número de canales de llamada

7.1 Introducción de «acceso a intervalos»

«El acceso directo a intervalos» es similar al acceso directo normal hasta ahora considerado, si se exceptúa que las llamadas sólo pueden transmitirse en intervalos de tiempo fijos. Este concepto reduciría la pérdida debida a la superposición de llamadas del 18% al 9% y al mismo tiempo tendría un efecto positivo en la estabilidad de los canales. No obstante, el posible incremento de la carga del canal sería inferior a la duplicación indicada debida a la superposición de llamadas. Es necesario estudiar más detenidamente los aspectos de realización, de reducción de las necesidades de canales, y también los efectos sobre el empleo de receptores de exploración.



7.2 *Escucha de un canal antes de la transmisión*

Con ello se reduciría la probabilidad de superposición de llamadas, pero es necesario un estudio más detenido para determinar el posible factor de reducción para las transmisiones en ondas decamétricas y hectométricas. En ondas métricas, sin embargo, el equipo puede efectuar fácilmente una escucha automática a fin de establecer la presencia de llamadas selectivas digitales, y puede determinarse el factor de reducción de pérdidas dentro de límites razonables. En el § 8 se describe el caso en que se efectúa esa escucha antes de hacer llamadas que no sean de socorro y seguridad y se muestra que el uso de esa técnica conduce a que el efecto de otras llamadas sobre la probabilidad de pérdida de las llamadas de socorro sea mínima cuando todas las llamadas se hacen en un mismo canal.

7.3 *Coordinación de las transmisiones de las estaciones costeras*

Ello permitiría una carga más elevada de los canales de llamada sin causar congestión.

Para cubrir una zona en la que prestan servicio varios países, por ejemplo, el Mar del Norte, las llamadas de las administraciones interesadas en la zona podrían transmitirse a través de una estación común para todos los países considerados. Alternativamente, podrían transmitirse las llamadas a través de las estaciones costeras de cada país, tomando medidas para compaginar las horas de transmisión con las de otros países que presten servicio en la zona.

Cuando se quiera cubrir una zona más extensa que la zona de servicio de una estación, serán necesarias zonas de servicio adicionales, ya sea en la misma frecuencia sobre una base coordinada, o en una frecuencia independiente.

Esta solución tendría un importante impacto en el número de canales de llamada internacionales, pero la carga superior podría limitar el uso de receptores de exploración a bordo de los barcos (véase el anexo I).

Las estaciones costeras podrían controlar también las llamadas costera-barco de modo que la relación entre el tráfico punta y el tráfico medio se aproximara a la unidad. Este procedimiento es más fácil de aplicar a las llamadas en radiotelegrafía que a las llamadas en radiotelefonía, pero podría aplicarse en grado variable a cada tipo de servicio.

7.4 *Coordinación de las transmisiones de las estaciones de barco*

Muchas estaciones costeras suelen fijar actualmente horarios a ciertos barcos para que comuniquen con ellas cuando sus necesidades operacionales lo permiten. Este procedimiento basado en un horario redundaría particularmente en el método seguro de establecer la comunicación que procura el DSC. Cabe esperar que cuando los barcos se percaten de que pueden establecer de modo muy seguro la comunicación con la estación deseada, se reducirá el número punta de llamadas y gran número de ellas se efectuarán en «horas vacías».

Además, sería posible dar a las estaciones de barco incentivos financieros que les invitaran a establecer la comunicación con la estación costera a horas distintas de las horas punta. Por ejemplo, si la tasa de las comunicaciones establecidas durante las horas punta es más elevada, cabe suponer que algunos barcos llamarán durante los periodos en que las tasas son más reducidas. Con ello se reduciría la relación número punta/número medio de llamadas por hora que debe atender la estación costera.

8. **Cálculo del número necesario de canales de llamada en ondas métricas**

8.1 *Intensidad de señalización máxima posible en ondas métricas*

La intensidad de señalización máxima se produciría en aguas densamente pobladas, como las que rodean Dinamarca, donde están dotadas con equipos de ondas métricas más de 30 000 embarcaciones de recreo de ese país, de la República Federal de Alemania y de Suecia. En algunos lugares, una llamada DSC procedente de un barco puede ser recibida por varias estaciones costeras, pero los planes de asignación de canales impedirán la interferencia en los canales de correspondencia pública excepto en graves condiciones de propagación guiada. Así pues, el número máximo de canales de trabajo dentro del posible alcance del barco que llama es de 28, de acuerdo con el apéndice 18 del Reglamento de Radiocomunicaciones.

Se utilizarán dos secuencias DSC (llamada y acuse de recibo), para establecer una comunicación comercial por un canal de trabajo, pero las llamadas DSC no conducirán en todos los casos al establecimiento de la comunicación comercial, debido a fenómenos de propagación anormal o a congestión.

Estadísticas de la República Federal de Alemania y de Dinamarca, muestran que un canal de trabajo tiene una capacidad máxima de 0,8 erlang, y que la duración media de una comunicación comercial es de 5 min. La introducción del establecimiento automático de las comunicaciones del barco con la estación costera puede reducir el tiempo de establecimiento del enlace, si bien la experiencia recogida con los sistemas móviles terrestres automáticos muestra que la duración media de las llamadas tiende a aumentar cuando el sistema se automatiza.

El número máximo, por hora, de comunicaciones comerciales procedentes de estaciones costeras que pueden recibir simultáneamente la misma llamada DSC será por consiguiente:

$$\frac{28 \times 0,8 \times 60}{5} = 269 \text{ llamadas/h}$$

lo que exigirá:

$$2 \times 269 = 538 \text{ secuencias DSC/h}$$

Como ya se ha indicado, esto corresponde a la situación más bien hipotética en que una estación costera reciba todas las llamadas DSC necesarias para establecer comunicaciones en el número total de canales de correspondencia pública atribuidos en el apéndice 18 del Reglamento de Radiocomunicaciones.

Además de las llamadas de correspondencia comercial, el canal de llamada puede utilizarse en cierta medida para llamadas destinadas a «comunicaciones de navegación», es decir, comunicaciones que usen los canales entre barcos, de operaciones portuarias y de movimiento de barcos del apéndice 18.

En el caso absolutamente más desfavorable, el canal de llamada debe servir también para las comunicaciones que se cursen por el número total de canales de navegación del apéndice 18, que es de 27 (excluidos los canales 70 y 16), es decir:

$$27 \times 0,8 \times 2 \times 60 / 5 = 518 \text{ llamadas/h}$$

La longitud de la secuencia DSC para las llamadas comerciales y de navegación es de 640 bits, incluida una serie de puntos de 20 bits, lo que equivale a 0,533 s, y la carga total del canal será por tanto:

$$538 + 518 = 1056 \text{ llamadas/h}$$

o

$$1056 \times 0,533/3600 = 0,156 \text{ erlang}$$

Si las estaciones tienen acceso al sistema en forma directa, la probabilidad de que se genere una nueva llamada mientras otra esté en curso es:

$$p_1 = 1 - \exp(-0,156) = 0,144$$

La probabilidad de que una llamada sea mutilada por otra es, por consiguiente:

$$p_2 = 1 - \exp(-2 \times 0,156) = 0,268$$

No obstante, dado que el sistema exige que las llamadas se efectúen en forma disciplinada al prescribir la escucha del canal antes de la transmisión y retardos distribuidos aleatoriamente después de cesar la portadora ocupante, habrá una probabilidad de mutilación más baja, dado que no toda llamada en curso es oída necesariamente por todas las estaciones interferentes posibles. El alcance de las comunicaciones de barco a barco es en general considerablemente menor que el de las comunicaciones entre un barco y una estación costera.

Existe la posibilidad de que dos barcos que se encuentren en la zona de cobertura de una misma estación costera estén fuera de alcance entre sí, y puedan por tanto llamar a la estación costera en forma aleatoria. Puede suponerse que un barco determinado sólo estará en condiciones de oír al 30% aproximadamente de los otros barcos de la zona, por lo que la estación costera puede experimentar interferencias causadas por el 70% de la señalización procedente de las estaciones de barco.

Cada estación de barco podrá oír todas las llamadas de la estación costera (50% del número total de llamadas comerciales), 30% de las llamadas comerciales de estaciones de barco (15% del número total de llamadas comerciales) y 30% de las llamadas de navegación (30% del número total de llamadas de navegación).

El número total de llamadas audibles en el barco será pues:

$$269 + 81 + 155 = 505 \text{ llamadas/h}$$

y el número total de llamadas no oídas será:

$$1056 - 505 = 551 \text{ llamadas/h}$$

La probabilidad de que una llamada comercial se pierda a causa de una llamada oída en la estación costera pero no en la estación de barco es, por tanto:

$$p_3 = 1 - \exp(-2 \times 551 \times 0,533/3600) = 0,15$$

Este valor puede considerarse aceptable.

Los cálculos que anteceden se basan en la condición de que todos los canales de correspondencia pública de una estación costera y todos los canales de navegación previstos en el Reglamento de Radiocomunicaciones se utilicen al máximo dentro de la zona de cobertura de esa estación, y que todas las llamadas se establezcan por DSC.

En la práctica, el número máximo de canales del apéndice 18 utilizados por estaciones que se encuentren dentro del alcance recíproco será inferior al total de 28 canales de correspondencia pública más 27 canales de navegación. Por consiguiente, quedará margen para afrontar las situaciones de propagación guiada excepcional o de congestión de llamadas.

8.2 Canal común para llamadas DSC de socorro y ordinarias

Una llamada de socorro puede ser mutilada por otra llamada. Si no hay otra llamada de socorro en curso, la probabilidad de que una llamada comercial o de navegación esté en curso en un momento dado y pueda por tanto mutilar la llamada de socorro, es:

$$p_4 = 1 - \exp(-1056 \times 0,533/3600) = 0,14$$

Una llamada de socorro en curso no será oída por los barcos que originen las 551 llamadas/hora «no oídas», y la probabilidad de que uno de esos barcos inicie una llamada comercial o de navegación durante la primera llamada de socorro, y pueda así mutilarla es:

$$p_5 = 1 - \exp(-551 \times 0,45/3600) = 0,067$$

(Dado que la duración de una llamada de socorro es de 0,45 s, incluida una serie de puntos de 20 bits.)

La probabilidad combinada de que una llamada de socorro pueda resultar infructuosa está dada por tanto por los casos en que esté en curso una llamada comercial o de navegación, O BIEN cuando ésta sea iniciada mientras la primera esté en curso, por un barco que esté fuera de su radio de audibilidad y por consiguiente en que esa llamada comercial o de navegación NO esté previamente en curso, es decir:

$$p_6 = p_4 + p_5 \times (1 - p_4) = 0,20$$

La segunda llamada de una tentativa de llamada de socorro puede iniciarse antes de que hayan terminado todas las llamadas que estaban en curso cuando se inició la tentativa. La posibilidad de que la segunda llamada de socorro resulte infructuosa es algo menor de p_6 , según el tiempo relativo que separe las llamadas. Cuando se inicien la tercera, cuarta y quinta llamadas de socorro, sólo podrán ser infructuosas por barcos que no puedan oírlas, por lo que se aplica p_5 . La probabilidad de que la tentativa total de llamada de socorro sea infructuosa debido a otras llamadas que no sean de socorro es pues menor de:

$$p_7 = (p_6)^2 \times (p_5)^3 = 0,000012 = 1/83\ 300$$

Si sólo están presentes en el canal DSC llamadas de socorro, la probabilidad de que una tentativa de llamada de socorro sea infructuosa debido a colisión con otra tentativa de llamada de socorro en base a 2 llamadas por hora es:

$$p_8 = 1 - \exp(-2 \times 0,45/3600) = 0,00025$$

Para 10 tentativas de llamada de socorro dentro de una hora, se obtiene $p_8 = 0,00125$.

La probabilidad de mutilación de dos tentativas de llamadas de socorro debida al número máximo de llamadas comerciales y de navegación posibles en el mismo canal es pues:

$$p_9 = p_8 + p_7(1 - p_8) = 0,00026$$

Puede concluirse, por consiguiente, que cuando se utiliza un solo canal para llamadas de socorro y llamadas ordinarias, el efecto de la máxima densidad de tráfico ordinario posible representa un aumento insignificante del riesgo de que una tentativa de llamada de socorro pueda impedir otra.

8.3 *Uso de un canal de llamada especial para las llamadas de socorro*

Si se usa un canal especial para las llamadas de socorro, debe añadirse a todas las llamadas DSC (tanto de socorro como ordinarias) una serie de puntos de 200 bits, para permitir el uso de un receptor de exploración a bordo de los barcos que deban recibir ambos tipos de llamadas. Esta serie de puntos de 200 bits aumentará la longitud de todas las llamadas, y por consiguiente la probabilidad de pérdida de ambos tipos de llamada.

8.3.1 *Llamadas de socorro*

La duración de una llamada de socorro dada aumentará en 0,60 s. Por consiguiente, la probabilidad de que una tentativa de llamada de socorro sea mutilada debido a una colisión con otra tentativa de llamada de socorro será:

$$p_{10} = 1 - \exp(-2 \times 0,60/3600) = 0,00033$$

Otro factor que debe tenerse en cuenta es la pérdida de exploración, lo que aumentará aún más p_{10} .

Si se compara p_{10} con p_9 , puede verse que el uso de un canal especial para las llamadas de socorro aumenta la probabilidad de pérdida de una llamada de socorro en el 27% por lo menos.

8.3.2 *Llamadas comerciales y de navegación*

La duración de una llamada DSC comercial o de navegación aumentará en 0,683 s lo que conduce a una posibilidad de pérdida de una llamada comercial debida a una colisión con otra llamada comercial de:

$$p_{11} = 1 - \exp(-2 \times 551 \times 0,683/3600) = 0,19$$

Si se compara con p_3 , se advierte un aumento de la probabilidad de pérdida de una llamada comercial del 27% aproximadamente.

8.4 *Conclusión*

La probabilidad de pérdida de una tentativa determinada de llamada de socorro o de una llamada comercial es mayor cuando se utilizan canales de llamada separados, y se necesitarían equipos considerablemente más complejos en las estaciones de barco y las estaciones costeras. Un canal común para las llamadas comerciales y las llamadas de socorro también aseguraría automáticamente que todos los usuarios de ondas métricas, incluidas las flotas pesqueras y de recreo, estén a la escucha del canal de socorro; además, el sistema sería más confiable, dado que las averías se advierten más rápidamente cuando un canal está en uso regular, lo que aumentaría la seguridad en el mar.

Se recomienda, por consiguiente, que todas las llamadas DSC se efectúen en un solo canal de frecuencia en ondas métricas.

Nota. — La CAMR MOB-83 atribuyó el canal 70 con carácter exclusivo a las llamadas de socorro y seguridad (véase el número 2993B Mob-83 del Reglamento de Radiocomunicaciones). Se recomienda que las administraciones reexaminen esta decisión en la CAMR MOB-87.

9. **Resumen**

Las estimaciones del número de canales para llamada selectiva digital finalmente necesarios se han calculado en:

- 45 para llamada nacional en las bandas de ondas decamétricas;
- 8 para llamada internacional en las bandas de ondas decamétricas;
- 8 para llamada nacional en la banda de 2 MHz;
- 1 para llamada internacional en la banda de 2 MHz;
- 3 para llamada nacional en la banda de 500 kHz;
- 1 para llamada internacional en la banda de 500 kHz;
- 1 para todas las llamadas en la banda de ondas métricas.

Las estimaciones suponen llamadas totalmente aleatorias y suponen que un barco efectúa la observación de cierto número de canales — de 6 a 15 como mínimo. Está considerándose la posibilidad de llamada no aleatoria para reducir el número de canales, pero se necesita más trabajo antes de que puedan extraerse conclusiones.

Dado que se prevé que la llamada selectiva digital reducirá el cociente entre el número máximo y medio de llamadas por hora que actualmente experimentan las estaciones costeras y que este hecho no ha sido tenido en cuenta, se señala particularmente a la atención de las administraciones el § 7 de este Informe. Se ruega el envío de contribuciones sobre el grado en que estos medios reducirán el número de canales de llamada.

ANEXO I

LLAMADAS INFRUCTUOSAS DEBIDO A LA EXPLORACIÓN
EN ONDAS DECAMÉTRICAS Y HECTOMÉTRICAS

1. Hipótesis

Los cálculos se basaron en las hipótesis siguientes:

- el explorador sólo se detiene en un canal de llamada si se reconoce la «serie de puntos» (véase el § 2);
- en todos los otros casos, el explorador pasa inmediatamente al canal siguiente (de modo que no se necesita tiempo para reconocer otra situación);
- se necesita un tiempo t (véase el § 2), como promedio, para reconocer que una llamada está destinada a una estación diferente; después, el explorador pasa inmediatamente al canal siguiente.

2. Formato de la llamada

En la fig. 1 se muestra la información pertinente para el cálculo:

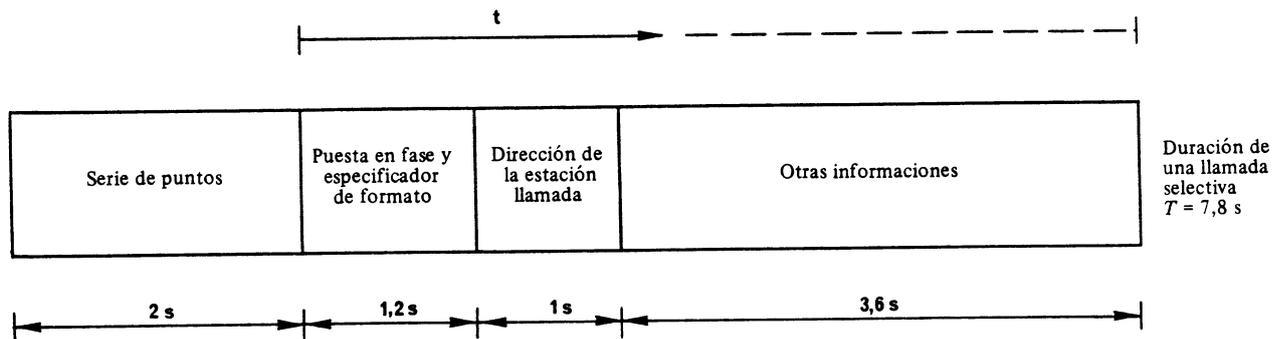


FIGURA 1

Se consideran para t tres opciones:

- $t = 1,5$ s
Cuando el procesamiento de la señal del receptor ignora las posiciones del carácter RX al no observarse en la posición DX bits erróneos.
- $t = 2,0$ s
Si el procesamiento de la señal del receptor requiere que se decodifique la posición RX y la posición DX de cada carácter.
- $t = 5,8$ s
Si el procesamiento de la señal del receptor requiere que se decodifique todo el mensaje.

3. Resultados de los cálculos

La probabilidad de que una llamada para la estación A sea infructuosa debido a la exploración es igual a la suma de 2 subprobabilidades:

- p_1 probabilidad de que el explorador esté ocupado decodificando llamadas (en otros canales) para otras estaciones mientras se transmite la «serie de puntos»;
- p_2 probabilidad de que el explorador esté ocupado decodificando llamadas (en otros canales) para la estación A mientras se transmite la «serie de puntos».

$$\begin{aligned}
 p_1 &= 1 - e^{-(n-1)\lambda t} \\
 &\approx (n-1)\lambda t \quad (\text{despreciando los efectos de segundo orden}) \\
 p_2 &= 1 - e^{-(n-1)5,8\lambda a} \\
 &\approx (n-1)5,8\lambda a \quad (\text{despreciando los efectos de segundo orden})
 \end{aligned}$$

donde:

- n : número de canales explorados por el explorador;
- λ : la frecuencia de llamada media; si la carga media de un canal de llamada es 0,1 erlang, $\lambda T = 0,1$, de modo que $\lambda = 1/78$;
- a : el porcentaje de llamadas para la estación A.
- t : véase el § 2.

Para los barcos, puede considerarse que a es 0; para las estaciones costeras que controlan los canales internacionales en ondas decamétricas se supone que $a = 3,5\%$.

El resultado de los cálculos se indica en los cuadros IVa, IVb y IVc siguientes:

CUADRO IVa – Porcentaje de llamadas perdidas como resultado de la exploración para $t = 1,5 s$

$\lambda \backslash n$	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
$\lambda = 1/78$ (0,1 erlang)	4,3	6,4	8,4	10,5	12,4	14,4	16,3	18,2	Inadmisiblemente alto				Estación costera $a = 3,5\%$
	3,8	5,6	7,4	9,2	10,9	12,6	14,3	15,9					Barcos
$\lambda = 1/117$ (0,067 erlang)	2,9	4,3	5,7	7,1	8,4	9,8	11,1	12,5	13,8	15,0	16,3	17,6	Estación costera $a = 3,5\%$
	2,5	3,8	5,0	6,2	7,4	8,6	9,8	10,9	12,0	13,2	14,3	15,4	Barcos
$\lambda = 1/156$ (0,05 erlang)	2,2	3,2	4,3	5,3	6,4	7,4	8,4	9,4	10,4	11,4	12,4	13,4	Estación costera $a = 3,5\%$
	1,9	2,8	3,8	4,7	5,6	6,5	7,4	8,3	9,2	10,0	10,9	11,7	Barcos

CUADRO IVb – Porcentaje de llamadas perdidas como resultado de la exploración para $t = 2,0 s$

$\lambda \backslash n$	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
$\lambda = 1/78$ (0,1 erlang)	5,5	8,2	10,8	13,3	15,8	18,2	Inadmisiblemente alto				Estación costera $a = 3,5\%$		
	5,0	7,4	9,7	12,0	14,3	16,4							18,5
$\lambda = 1/117$ (0,067 erlang)	3,7	5,5	7,3	9,1	10,8	12,5	14,2	15,8	17,4	Estación costera $a = 3,5\%$			
	3,4	5,0	6,6	8,2	9,8	11,3	12,8	14,3	15,7				17,1
$\lambda = 1/156$ (0,05 erlang)	2,8	4,2	5,5	6,8	8,2	9,5	10,8	12,0	13,3	14,6	15,8	17,0	Estación costera $a = 3,5\%$
	2,5	3,8	5,0	6,2	7,4	8,6	9,7	10,9	12,0	13,1	14,2	15,3	Barcos

CUADRO IVc – Porcentaje de llamadas perdidas como resultado de la exploración para $t = 5,8$ s

λ \ n	3	4	5	6	7
$\lambda = 1/78$ (0,1 erlang)	13,8	20,0	Inadmisiblemente alto		
$\lambda = 1/117$ (0,067 erlang)	9,4	13,8	18,0		
$\lambda = 1/156$ (0,05 erlang)	7,2	10,5	13,8	16,9	

Estaciones costeras y barcos

4. Conclusiones

De los cuadros anteriores se desprende que en el caso de receptores de barcos con una pérdida aceptable (< 15%):

- podrían explorarse nueve canales para una carga de canal de 0,1 erlang y un tiempo de retención del mensaje de 1,5 s;
- podrían explorarse siete canales para una carga de canal de 0,1 erlang y un tiempo de retención del mensaje de 2 s.

El número de canales que pueden explorarse varía aproximadamente en proporción inversa a la carga de canal.

También se desprende del cuadro IVc que la exploración tiene un uso limitado cuando ha de codificarse todo el mensaje para poder reanudar la exploración.

INFORME 1028

SEPARACIÓN DE 3 kHz PARA LOS CANALES DÚPLEX DE LLAMADA SELECTIVA DIGITAL EN LA BANDA DE 435-526,5 kHz

(Cuestión 53/8)

(1986)

1. Introducción

1.1 La Conferencia Administrativa Regional de Radiocomunicaciones para el servicio móvil marítimo y el servicio de radionavegación aeronáutica en ciertas partes de la banda de ondas hectométricas en la Región 1 (Ginebra, 1985), adoptó la Recomendación N.º 6 en la que se invita al CCIR:

«1. A que estudie los problemas técnicos que pueda originar la separación de 3 kHz de los canales dúplex reservados para la llamada selectiva digital en la banda 435-526,5 kHz.

2. A que revise las Recomendaciones correspondientes del CCIR.»

1.2 En este Informe se examinan las características probables de los receptores de llamada selectiva digital en lo que respecta al rechazo de interferencia, relaciones de potencias transmitidas que podrán presentarse en la práctica y sus posibles efectos si se utiliza la separación de canales de 3 kHz.