

**SISTEMAS RADIOELÉCTRICOS PRIVADOS DE MÚLTIPLES
CANALES EN EL SERVICIO MÓVIL TERRESTRE
(CON O SIN INTERCONEXIÓN CON LA RTPC*)**

(Cuestión 37/8)

(1978-1982-1986-1990)

Introducción

El espectro radioeléctrico atribuido al tráfico de despacho se está congestionando cada vez más, y muchos usuarios (redes) se ven ya obligados a compartir un canal con varios otros usuarios. Con esta forma de proceder se hace un uso más eficaz del canal, pero se ofrece a los participantes un "grado de servicio" reducido, dado que es posible que a menudo tengan que esperar algún tiempo para la liberación de un canal, y que experimenten una reducción del secreto de las comunicaciones. No sólo una mejor utilización del canal sino también un mejor grado de servicio y unas buenas condiciones de preservación del secreto de las comunicaciones son factores importantes en el diseño de sistemas de despacho.

La Parte A del presente Informe trata los aspectos generales de los sistemas móviles terrestres de canales múltiples para tráfico de despacho, tales como la configuración del sistema, las características del tráfico de despacho, el grado de servicio, la capacidad de tratamiento de tráfico, la calidad de funcionamiento de los sistemas con concentración de enlaces, la señalización y así sucesivamente.

En la Parte B se introducen algunos sistemas que están siendo instalados o verificados por algunas administraciones.

En el contexto del Informe, se entiende por "sistema de despacho" un sistema radioeléctrico utilizado para controlar la explotación de un parque de vehículos, tales como aeronaves, taxis, coches de la policía, etc. mientras que "sistema con concentración de enlaces" alude a un sistema de múltiples canales con selección automática de canal, referido especialmente a sistemas de despacho.

En este Informe no se considera, sin embargo, en detalle métodos para la interconexión de los sistemas de despacho con concentración de enlaces con las redes telefónicas conmutadas públicas o privadas. Esa interconexión requiere un estudio ulterior.

* RTPC: Red telefónica pública con conmutación.

PARTE A

ASPECTOS GENERALES RELATIVOS A LA CONSERVACIÓN
DEL ESPECTRO Y AL DISEÑO DEL SISTEMA

1. Configuración del sistema

La fig. 1 ilustra una disposición típica del equipo que cubre una sola zona radioeléctrica y consiste en los cuatro elementos principales siguientes:

- un cierto número de puestos de control (CP) (es decir, operadores o estaciones directoras), que constan de uno o varios CP, conectado cada uno de ellos a un centro de conmutación por una línea dedicada o por un enlace radioeléctrico utilizando equipo de canal (CE);
- un centro de conmutación (SC), (pueden estar interconectados varios centros de conmutación);
- cierto número de estaciones de base (BS), conteniendo cada una de ellas cierto número n de equipos de canal (CE);
- varios grupos de estaciones móviles, cada uno de los cuales comprende a_m estaciones móviles (MS) y recibe servicio de su propio CP por vía radioeléctrica.

Para que un CP pueda llamar a una de sus MS y viceversa, se considera que cada CP y cada MS tienen acceso a uno de los canales radioeléctricos, mediante un procedimiento de acceso que debe aún definirse.

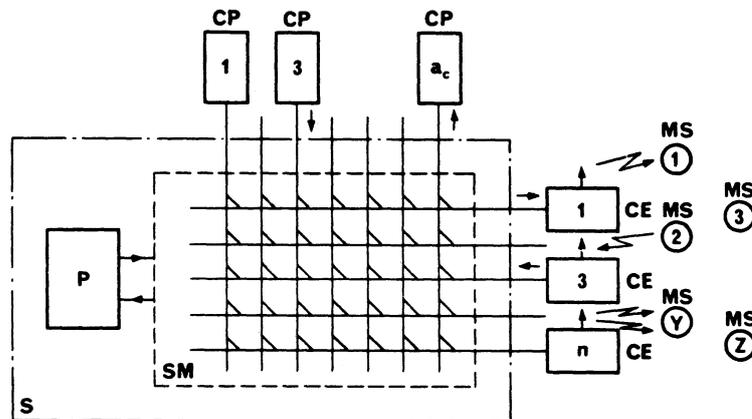


FIGURA 1 - Configuración de los equipos en un sistema de concentración de enlaces

CP: puesto de control (un operador o una estación directora)
CE: equipo de canal
MS: estación móvil

a_c : número de puestos de control

SC: centro de conmutación (pueden estar interconectados varios centros de conmutación)

BS: estación de base (algunas administraciones definen la estación de base como un equipo de canal)

$n = \sum_{k=1}^j n_k$: número total de equipos de canal.
 $k = 1$

2. Características del tráfico de despacho en sistemas radioeléctricos móviles privados

El aumento de la carga del canal que puede lograrse mediante la concentración de enlaces depende de la clase de tráfico transmitido. El tráfico de despacho de sistemas radioeléctricos móviles se diferencia del tráfico telefónico móvil público en varios aspectos:

- el tiempo medio de ocupación de llamadas es más corto (lo típico puede ser 15 segundos);
- muchos usuarios explotan un sistema de parque de vehículos en el que un solo operador controla varias estaciones móviles;
- el tamaño de los parques varía considerablemente.

2.1 Explotación del parque de vehículos

El número de usuarios del sistema equivale, en efecto, al número de operadores del CP y no al número de estaciones móviles, porque si el operador está ocupado ningún otro usuario en el parque puede establecer una nueva llamada. De este modo, todo el tráfico del parque pasa a través del operador y, por tanto, el sistema radioeléctrico móvil se caracteriza por un pequeño número de usuarios (operadores), algunos de los cuales pueden ofrecer cargas grandes y otras pequeñas. Dicho sistema se denomina «desequilibrado» (véase también el § 5).

En la explotación de un parque existen, en realidad, dos clases de colas. El operador de la estación de base sólo tiene que esperar cuando el canal está ocupado por otro parque (demora por «compartición») pero una estación móvil puede tener que esperar no sólo a que la línea quede liberada por parques sino también porque su propio operador está ocupado con una llamada a otra estación móvil (demora del «parque»). A este respecto puede argüirse que la demora del parque no debe tenerse en cuenta, porque:

- sólo la sufren las estaciones móviles, cada una de las cuales utiliza bastante poco el sistema en comparación con el operador;
- la demora puede reducirse sólo si el propietario del parque está dispuesto a emplear más operadores; factor que no depende del diseñador del sistema;
- el efecto psicológico que produce la espera mientras otros colegas hablan con la base no es el mismo que el de esperar cuando el canal está bloqueado por extraños.

2.2 Fluctuaciones aleatorias

El carácter aleatorio del tráfico de las estaciones radioeléctricas móviles hace que varíe el nivel del tráfico en las horas cargadas. Las fluctuaciones pueden ser sorprendentemente grandes y tener periodos de duración muy largos. Las fluctuaciones altas en el nivel del tráfico producirán una reducción del grado de servicio que será inaceptable para los usuarios si se produce demasiado a menudo o dura demasiado tiempo. Convendría protegerse contra esto mediante un criterio de «sobrecarga»:

- el factor de degradación del nivel de servicio normal durante las horas cargadas no deberá ser superior a 2 para periodos superiores a media hora que ocurren más de una vez cada 20 días.

2.3 Variaciones del tráfico de un día a otro

La experiencia telefónica [Hayward y Wilkinson, 1970] muestra que existirán variaciones del tráfico medio en la hora cargada de un día a otro además de las fluctuaciones aleatorias. Con un número reducido de usuarios las variaciones pueden ser grandes: el tráfico variará no sólo a causa de los cambios que se registren en la actividad de toda la comunidad sino también a causa de los cambios repentinos que se produzcan en la demanda o simplemente en unos pocos usuarios. Las variaciones de un día a otro se suman a las fluctuaciones aleatorias y, por lo tanto, en la práctica, el margen de seguridad que se requiere para la protección contra la sobrecarga puede ser mucho mayor de lo que podría indicar tan sólo el análisis de las fluctuaciones aleatorias. En la actualidad no se estudia el alcance de esas variaciones.

2.4 Procedimientos operativos

Los procedimientos operativos que pueden provocar excesivas demandas simultáneas de comunicación, procedentes de numerosas estaciones móviles, pueden sobrecargar el protocolo de acceso o el centro de conmutación de un sistema de concentración de enlaces. Por ejemplo, las transacciones en las que un puesto de control trata de atribuir el trabajo a estaciones móviles por medio de una llamada a la flota que pida ofertas para el trabajo. El diseño del sistema debería establecer disposiciones especiales para tales procedimientos (véase también el Anexo I a la Parte A, § 3.3).

3. Grado de servicio y capacidad de tráfico

El aumento en la carga del canal que puede obtenerse con un sistema de concentración de enlaces también depende del grado de servicio requerido.

3.1 Sistema de referencia

Se pueden comparar las características del sistema de concentración de enlaces, en materia de capacidad de despacho del tráfico y de eficacia del canal radioeléctrico, con las de un sistema de referencia de un solo canal que emplea técnicas automáticas de compartición con el mismo volumen de tráfico por estación móvil, el mismo número de estaciones móviles por puesto de control y el mismo grado de servicio.

Se supone que un CP está conectado a un SC por medio de una línea dedicada, y que n es menor que a_c .

3.2 Hipótesis relativas al tráfico

Además de las hipótesis usuales para la evaluación del volumen de tráfico en redes telefónicas normales, pueden formularse las siguientes:

- Es posible la comunicación en ambos sentidos en el modo simplex entre un puesto de control y cada una de sus estaciones móviles, pero no más de una a la vez.
- Se excluye cualquier otra comunicación, por ejemplo, entre estaciones móviles de la misma red o de distintas redes, o entre puestos de control de distintas redes.
- Todas las comunicaciones hacen cola y se procesan por orden de llegada.
- No se tiene en cuenta ninguna degradación debida a desvanecimientos por propagación por trayectos múltiples, interferencias y otras deficiencias inherentes a la transmisión radioeléctrica.

3.3 Criterios de demora

En vista de los tiempos medios de ocupación relativamente cortos de las redes radioeléctricas móviles de uso privado, del carácter de los mensajes y del comportamiento general de los usuarios de dichas redes, conviene que se adopte un sistema de espera, denominado también sistema con demora o de cola.

Para los cálculos del tráfico puede entonces utilizarse como medida del grado de servicio, tanto en condiciones de tráfico normal como de sobrecarga, un criterio de demora, de conformidad con las prácticas telefónicas actuales.

Son apropiados los siguientes criterios:

- *En condiciones de tráfico normal*, ha de limitarse la probabilidad de rebasamiento de la demora (P), es decir, de que se exceda un tiempo de espera determinado; si, por ejemplo, el tiempo de espera es igual al tiempo medio de ocupación, $P = P_r$. También puede ser conveniente evitar demoras ocasionalmente muy largas.
- *En condiciones de sobrecarga*, esta probabilidad de rebasamiento de la demora no debe ser superior, por ejemplo, al doble de la probabilidad en condiciones de tráfico normal (por ejemplo, P_r), en el caso de que el tráfico por estación móvil aumente en un porcentaje determinado, por ejemplo, 10%. En el § 2.2 se indica otra manera de especificar los criterios de sobrecarga.

3.4 Probabilidad de rebasamiento de la demora en el sistema de referencia de un solo canal

Se conoce y se ha publicado la distribución del tiempo de espera en el modelo teórico de una línea telefónica que sirve a un número finito de fuentes de tráfico. Puede demostrarse que el modelo de una red única de radiocomunicaciones móviles formada por un puesto de control y un número finito de estaciones móviles es equivalente al modelo telefónico anteriormente mencionado, correspondiendo el puesto de control a la línea y las estaciones móviles a las fuentes de tráfico.

Sin embargo, el sistema de referencia monocanal se compone de varias de dichas redes, cada una con un puesto de control y varias estaciones móviles. Como los puestos de control están enlazados entre sí por el hecho de tener acceso a un solo canal, será necesario también considerar los puestos de control como fuentes de tráfico. Por consiguiente, un solo canal radioeléctrico que sirva simultáneamente a varios puestos de control y a sus estaciones móviles, dará lugar a dos colas de espera de comunicaciones vinculadas entre sí.

No se ha obtenido una solución exacta de la distribución de los tiempos de espera, pero una solución aproximada mediante cálculos por ordenador indica que para un sistema de referencia monocanal formado por 10 puestos de control (CP), cada uno de los cuales sirve a 10 estaciones móviles (MS) con una carga de tráfico de 0,005 Erlangs por MS, la probabilidad P_r de que el tiempo de espera rebase el tiempo de ocupación medio (por ejemplo, 15 s) es igual a 0,3 aproximadamente.

3.5 Rendimiento del canal y capacidad de sobrecarga de un sistema de concentración de enlaces

De acuerdo con los resultados de cálculos preliminares similares realizados para un sistema de concentración de enlaces con la misma probabilidad de rebasamiento de demora, $P_r \approx 0,3$, que el sistema de referencia monocanal, se deriva la siguiente relación empírica simple entre el número de puestos de control (a_c) y el número de canales radioeléctricos (n) (siendo $n > 1$):

$$a_c = \frac{n - 0,6}{a_m \alpha_m}$$

donde

a_m : número de estaciones móviles por puesto de control,

α_m : tráfico por estación móvil en la hora cargada, expresado en Erlangs.

Al aumentar el número de canales radioeléctricos aumenta el número admisible de puestos de control, de conformidad con la fórmula anterior, y también la eficacia del canal expresada en términos de la carga de tráfico por canal. Esta última relación se ilustra en la fig. 2, en condiciones normales de tráfico, es decir, con una probabilidad de rebasamiento de la demora de 0,3 aproximadamente.

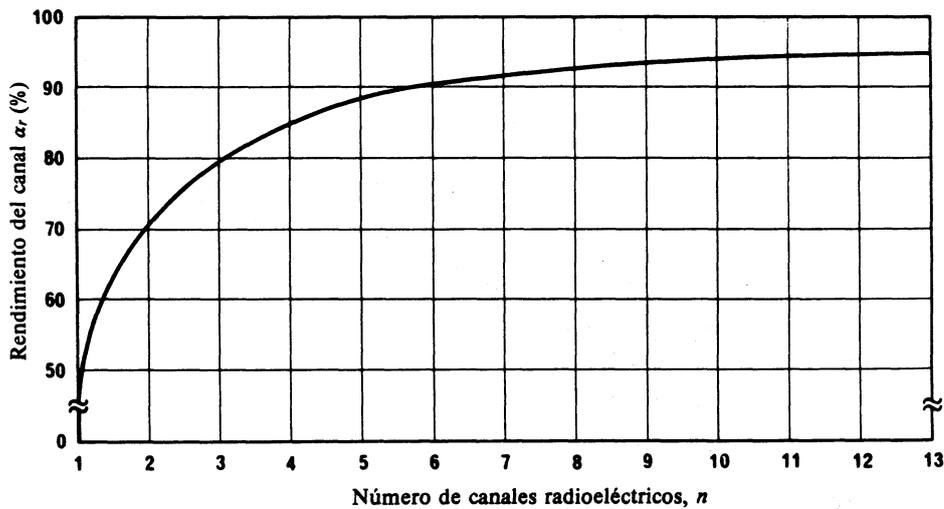


FIGURA 2 - Eficacia del canal radioeléctrico en un sistema de concentración de enlaces (para $a_m = 10$, $\alpha_m = 0,005$ E y $P_r = 0,285$)

a_m : tráfico por estación móvil

a_m : número de estaciones móviles por puesto de control

P_r : probabilidad de rebasamiento de la demora (demora igual a una vez el tiempo medio de ocupación) en condiciones normales de tráfico

Sin embargo, al aumentar el número de canales radioeléctricos el sistema se vuelve más sensible a la sobrecarga debido al aumento de la carga de tráfico por canal. En la fig. 3 se ha representado la sobrecarga admisible en función de la probabilidad de rebasamiento de demora para diferentes números de canales. Según el criterio de sobrecarga definido en el § 3.3, puede llegarse a la conclusión de que el número máximo de canales radioeléctricos en el caso considerado es de 4 ó 5, rebasándose ligeramente el criterio de sobrecarga para $n = 5$.

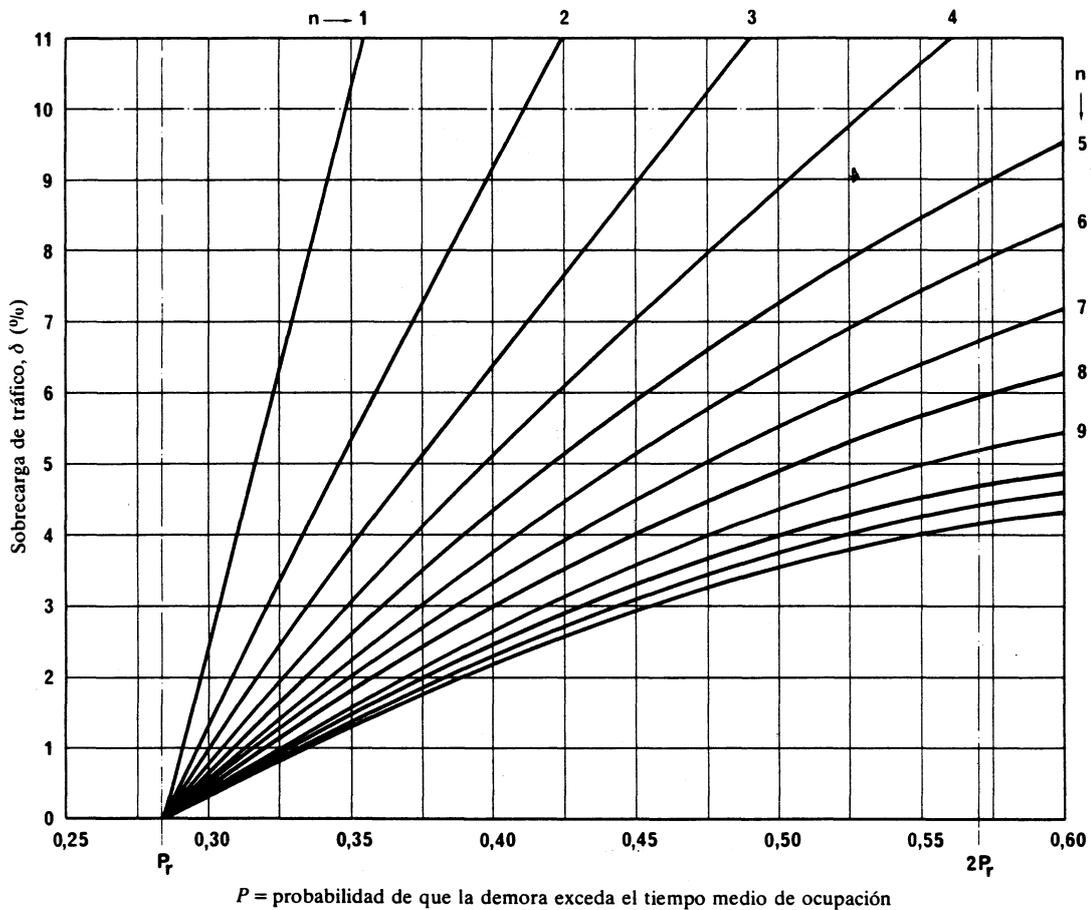


FIGURA 3 - Características de sobrecarga de tráfico en un sistema de concentración de enlaces
(para $a_m = 10$, $\alpha_m = 0,005$ E y $P_r = 0,285$)

- n : número de canales radioeléctricos
- a_m : tráfico por estación móvil
- a_m : número medio de estaciones móviles por puesto de control
- P_r : probabilidad de rebasamiento de la demora (demora igual al tiempo medio de ocupación) en condiciones normales de tráfico

3.6 Examen de los resultados

Si se suponen cinco canales radioeléctricos y 10 estaciones móviles por puesto de control, y que cada estación móvil produce 0,005 E, se deduce de la fórmula del § 3.5 que el sistema tiene capacidad para atender a 88 puestos de control y 880 estaciones móviles con un rendimiento del canal radioeléctrico del 88% (véase la fig. 2).

Un sistema de un solo canal con 10 puestos de control que emplea la compartición automática y da servicio al mismo número de estaciones móviles por puesto de control con el mismo volumen de tráfico por estación móvil, es capaz de atender a 100 estaciones móviles con el mismo grado de servicio, pero con una eficacia de canal del 50% solamente. Así pues, el aumento efectivo de la utilización del espectro obtenido mediante la concentración de enlaces es de $100(88 - 50)/50 = 76\%$.

Cuando se compara el sistema con un sistema manual correspondiente que utiliza un solo canal radioeléctrico, el aumento efectivo sólo puede estimarse y será del orden del 100%.

La fig. 3 demuestra que es posible aumentar el número de canales y, por consiguiente, obtener una mejor utilización del espectro, si se elige un valor menor de sobrecarga de tráfico admisible y/o un valor mayor de probabilidad de exceso de demora en condiciones de sobrecarga.

Es posible mejorar aún más la utilización del espectro si, contrariamente a lo supuesto en estos cálculos, sólo se seleccionan para participar en un determinado sistema de concentración de enlaces los usuarios cuyos periodos cargados no coinciden.

Se hace observar que el mejoramiento en la utilización del espectro depende también de la información recibida referente al tráfico y de las demás hipótesis formuladas, como se menciona en los § 4 a 6.

4. Datos de medición de la calidad de funcionamiento de sistemas con concentración de enlaces

A fin de evaluar la calidad de funcionamiento de sistemas con concentración de enlaces, el Departamento de Comunicaciones de Canadá recopiló datos de comprobación técnica en un sistema radioeléctrico con concentración de enlaces de 10 canales que incluía un solo canal de señalización especializado que funcionaba en la banda de 800 MHz y 12 canales convencionales (sin concentración) explotados en la banda de 400 MHz. En el sistema con concentración de enlaces los canales estaban ocupados durante el tiempo de transmisión solamente, en tanto que en los sistemas convencionales el canal está ocupado durante la totalidad del mensaje.

Basándose en condiciones de tráfico correspondientes a la hora cargada media, se obtuvieron el grado de ocupación de transmisión y la probabilidad media de espera, los resultados se indican en el cuadro I.

CUADRO I

	Probabilidad media de espera (%)	Ocupación de transmisión media en la hora cargada (%)
Sistema con concentración de enlaces	13	64
Sistema convencional	53	33

El cuadro I muestra que la utilización de la concentración de enlaces permite una reducción sustancial del tiempo de espera y un aumento en la carga del canal en comparación con sistemas convencionales que tienen clases de usuarios similares.

5. Sistemas desequilibrados

Como se ha indicado en el punto 2.1, en la explotación de un parque el número de usuarios de un sistema de estaciones radioeléctricas móviles será, por lo general, reducido, aun cuando el número de estaciones móviles sea grande. Además, la carga ofrecida por diferentes usuarios puede variar a menudo considerablemente [Davis y Mitchell, 1979]. Un sistema en el que están mezclados usuarios grandes y pequeños se dice que está «desequilibrado», y en él los usuarios grandes pueden recibir un grado mucho mayor de servicio que los usuarios pequeños [Davis y Mitchell, 1978]. Un usuario grande ofrece un gran volumen de tráfico, comparado con uno pequeño. Ello plantea el problema de qué grado de servicio debe utilizarse para determinar la carga admisible del sistema.

Como ejemplo, consideremos la utilización que puede hacerse del canal en un sistema desequilibrado cuando se aplica un criterio determinado del grado de servicio:

- únicamente a las llamadas de los usuarios más grandes, y
- únicamente a las llamadas de los usuarios más pequeños.

El criterio de grado de servicio elegido en este ejemplo es que un 15%, aproximadamente, de las llamadas pueden sufrir una espera de duración superior al tiempo medio de ocupación. Sólo se considera el tiempo que se pierde esperando un canal y no se tiene en cuenta la demora del parque.

En la fig. 4 se ofrecen los resultados para sistemas de 1, 3 y 5 canales [Davis y Mitchell, 1979]. Cuando el criterio del grado de servicio se aplica únicamente a los usuarios más grandes, el canal de utilización puede ser considerablemente mayor de lo que sería en un sistema equilibrado pero similar. En la fig. 4, esto se representa por la curva A. La probabilidad de demora para los usuarios pequeños será entonces mayor que el criterio especificado para el grado de servicio, pero, como efectúan menos llamadas, el número de veces que en realidad sufren una demora importante seguirá siendo pequeño y tal vez admisible. La curva A de la fig. 4 muestra que el desequilibrio reduce lo que puede ganarse con la concentración de enlaces en este caso, ya que permite aumentar la carga de un solo canal.

Si el criterio del grado de servicio se aplica a los usuarios pequeños en un sistema asimétrico la utilización del canal será, en general, similar a la situación en un sistema simétrico, como puede verse en la curva B de la fig. 4.

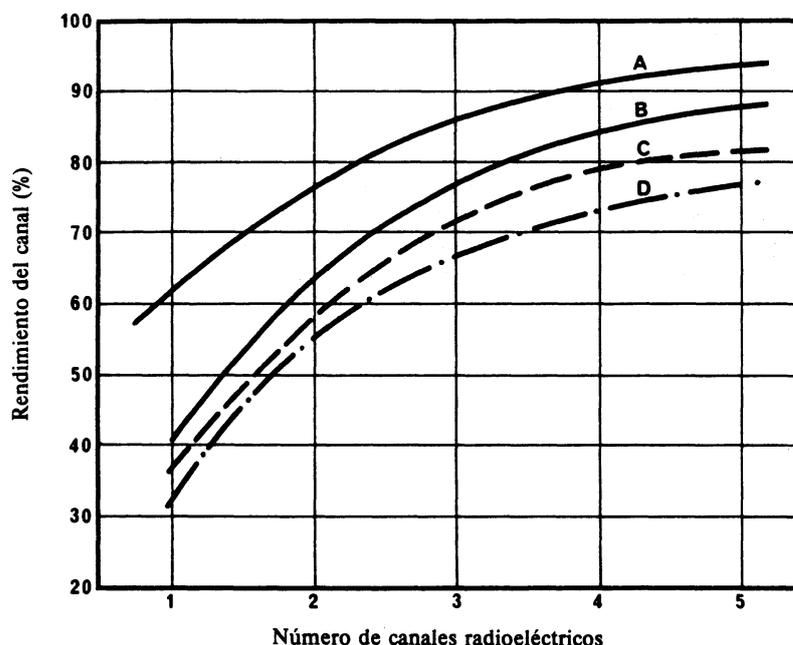


FIGURA 4 - Tráfico por canal en función del número de canales (de tal forma que la probabilidad acumulativa de una demora superior al tiempo medio de ocupación sea igual a 0,165)

- Curvas A: resulta cuando el criterio de grado de servicio se aplica únicamente a los grandes usuarios en un sistema desequilibrado
- B: resulta cuando el criterio de grado de servicio se aplica únicamente a los usuarios pequeños en un sistema desequilibrado
- C: corresponde a un sistema equilibrado en el que todos los usuarios ofrecen el mismo volumen de tráfico
- D: corresponde a la teoría clásica del tráfico telefónico

Nota. - Se supone que en el caso desequilibrado hay 1 usuario grande y 11 usuarios pequeños iguales por canal (relación de tráfico, aproximadamente, 11:1). En el caso equilibrado hay 12 usuarios por canal.

6. Señalización

En los sistemas de concentración de enlaces con colas de espera de peticiones de llamadas entrantes, el sistema de señalización utilizado para tratar estas llamadas es crucial para la explotación eficaz del sistema. Las principales consideraciones relativas al diseño son:

- el método para atribuir el canal de señalización;
- el método de acceso al canal de señalización;
- el método del control de la competencia;
- el tiempo de asignación de canales.

6.1 *Método para la asignación del canal de señalización*

El canal radioeléctrico utilizado para obtener acceso al centro de conmutación puede estar dedicado solamente a la señalización, pero también puede utilizarse cualquier canal para dicho propósito. Si, en este último caso, uno de los canales vocales está temporalmente en reposo, puede marcarse como canal de señalización y utilizarse como tal durante un periodo de tiempo limitado. En dicho caso, la estación móvil que trata de establecer una llamada debe detectar este canal, por ejemplo, explorando los canales radioeléctricos.

En ambos casos, sistemas de canal de señalización especializado y de canal de señalización no especializado, las estaciones móviles que establecen una llamada deben utilizar el mismo canal y esto puede dar lugar al problema de la competencia, que es el problema de que cada competidor tenga una oportunidad justa de obtener acceso al canal de acuerdo con una regla establecida.

6.2 *Métodos de acceso al canal de señalización*

Hay dos métodos básicos para acomodar en el tiempo las llamadas en el canal de señalización disponible:

- un método ordenado de acceso, por ejemplo, un sistema de «interrogación secuencial», en el cual a cada estación móvil se le asigna un intervalo de tiempo dado que le permite señalar si tiene un mensaje que enviar;
- el método de acceso aleatorio, por ejemplo, alguna forma de «ALOHA» [Kleinrock, 1976], en el cual las estaciones móviles reciben una señal de comienzo normalizada invitándolas a señalar si desean hacerlo.

Con la interrogación secuencial, la carga de señalización depende del número de usuarios que tienen que ser interrogados, más que del tráfico ofrecido. Esto es menos eficaz cuando hay un gran número de usuarios, cada uno de los cuales ofrece tráfico sólo ocasionalmente. Además, cualquier cambio en el número de estaciones móviles requiere cierto reajuste de la rutina de interrogación secuencial.

El tipo de sistemas ALOHA puede ser mucho más eficaz, a condición de que la probabilidad de «colisión», es decir, alteración de las llamadas transmitidas simultáneamente, sea suficientemente pequeña.

6.3 *Control de la competencia*

En los sistemas del tipo ALOHA, cada mensaje de señalización contiene bits que se utilizan para la detección de errores, permitiendo al equipo de control determinar si el mensaje ha sido alterado al tropezar con una transmisión simultánea procedente de otro SM. Si la señal se transmite correctamente se envía un acuse de recibo; en caso contrario, las estaciones móviles interesadas repiten sus mensajes pero con una demora elegida de forma aleatoria entre el primero y el segundo intentos. El proceso continúa hasta que los mensajes se transmiten o transcurre un tiempo predeterminado.

Sin embargo, dependiendo de la intensidad de los mensajes de señalización y de la disponibilidad de un canal de señalización, existe la posibilidad de que el sistema resulte inestable, es decir, que el número de peticiones de llamada pendientes (que son después repetidas y añadidas a las nuevas peticiones) se haga tan grande que finalmente el caudal del canal de señalización se reduzca a cero de modo que el tratamiento del tráfico cese por completo [Kleinrock y Lam, 1975].

En el anexo I a la parte A se examina cierta modalidad de los sistemas ALOHA y los métodos para control de la competencia a fin de mejorar la estabilidad.

6.4 *Tiempo de asignación de canales*

Para la explotación eficaz, el tiempo de asignación de canales, es decir, el tiempo que transcurre entre el momento en que un canal queda libre y el momento en que es reasignado debe ser corto comparado con el tiempo medio entre los canales que quedan libres.

El tiempo de asignación de canales depende de la velocidad de bits de señalización, del formato de señalización, del método de acceso y del sistema de control de la competencia.

7. **Otros parámetros importantes del diseño**

7.1 *Establecimiento de llamadas sin transmisión radioeléctrica*

Para reducir al mínimo el tiempo de transmisión radioeléctrica que se desperdicia cuando se establece una llamada, en la medida de lo posible la fase de establecimiento se hará antes de la transmisión. Ello será particularmente importante cuando la llamada se efectúe a través de una red telefónica, donde la fase de establecimiento puede ser bastante larga comparada con los tiempos de ocupación típicos.

7.2 *Mensaje de final de conversación*

Deberá utilizarse un mensaje de final de conversación seguro de forma que pueda liberarse el canal tan pronto como haya terminado la llamada anterior. Además, podría también requerirse alguna forma de supervisión del tiempo del canal.

8. Conclusiones

Aunque la concentración de enlaces no puede resolver todos los problemas relacionados con la escasez de frecuencias en el servicio móvil terrestre, parece ser, no obstante, un instrumento valioso para mejorar la utilización de las frecuencias.

La mejora de la utilización de los canales depende en alto grado del número de usuarios, de la manera en que el tráfico se comparte entre éstos y del grado de servicio requerido, puede por tanto preverse que la mejora en la utilización de los canales varíe considerablemente de un sistema a otro.

Teniendo en cuenta esas limitaciones debe reseñarse que los sistemas de concentración de enlaces permiten la consecución de una mejor eficacia espectral y grado de servicio con independencia del tipo de modulación, anchura de banda de canal y características similares.

Sin embargo, para pasar a un sistema de concentración de enlaces el usuario ha de realizar gastos adicionales, por necesitar un equipo radioeléctrico multicanal con circuitos de señalización más elaborados, y una explotación de la estación de base más compleja.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DAVIS, C. K. y MITCHELL, R. F. [abril de 1978] Studies of small trunking systems for mobile radio. Communications '78 Conference Proceedings.
- DAVIS, C. K. y MITCHELL, R. F. [junio de 1979] Traffic handling capacity of trunked land mobile radio systems. IEEE International Conference on Communications, Boston, Estados Unidos de América.
- HAYWARD, W. S. y WILKINSON, R. I. [1970] Human factors in telephone systems and their influence on traffic theory, especially with regard to future facilities. Proc. International Teletraffic Congress, Munich, Alemania (República Federal de).
- KLEINROCK, L. [1976] *Queueing Systems*, Vol. 2, John Wiley and Sons, Nueva York, NY., Estados Unidos de América.
- KLEINROCK, L. y LAM, S. S. [1975] Packet switching in a multi-access broadcast channel - Performance evaluation. *IEEE Trans. Comm.*, Vol. COM-23, 410-423.

ANEXO I A LA PARTE A

MÉTODOS DE CONTROL DE LAS COLISIONES

1. Introducción

En este anexo, se examinan algunas de las variantes de sistemas ALOHA, así como los métodos de contención de las colisiones para mejorar la estabilidad, distinguiendo entre sistemas con y sin realimentación.

2. Sistemas sin realimentación

Los sistemas de detección de portadora [Kleinrock y Tobagi, 1975] parecen menos adecuados, ya que no pueden utilizarse para explotación simple con dos frecuencias y además adolecen del llamado problema de terminal oculto [Tobagi y Kleinrock, 1975].

Empleando el sistema «ALOHA a intervalos», en el que los paquetes de señalización se transmiten en intervalos de tiempo sucesivos, la probabilidad de colisión se reduce a la mitad aproximadamente en comparación con el sistema ALOHA convencional sin intervalos de tiempo [Abrahamson, 1977].

La introducción de una estructura de trama adicional de modo que una estación móvil pueda transmitir señales en uno de los intervalos de una trama, únicamente si tiene preparado el paquete de señalización al comienzo de la trama («ALOHA a intervalos de trama» [Okada y otros, 1977]), permite un rendimiento del canal de señalización mejor que «ALOHA a intervalos» [Capetanakis, 1979 y Schoute, 1980].

En ambos casos, la estabilidad mejora si se produce captura, por ejemplo, con transmisiones MF en las que puede recibirse correctamente una fuerte señal de petición de llamada aun si ocupa el mismo intervalo de tiempo que las señales más débiles.

Aunque en condiciones normales de tráfico, el sistema ALOHA a intervalos de trama que emplea, por ejemplo, 3 tramas de longitud constante de 4 intervalos cada una, es improbable que resulte inestable cuando se produce captura, pudiendo ser conveniente cierta forma de control dinámico (o por realimentación) por las razones expuestas en el § 3 siguiente.

3. Sistemas con control dinámico (o por realimentación)

Entre las razones que justifican el control dinámico, pueden mencionarse las siguientes:

3.1 Se supone generalmente que el número de nuevas peticiones de llamada que llegan, es una variable aleatoria que sigue una distribución de Poisson. Esto sería correcto si el proceso de llegada es poissoniano y el tiempo entre periodos de señalización constante. Si, como suele ser el caso, el tiempo entre periodos de señalización no es constante, la hipótesis deja de ser válida. La distribución no poissoniana da lugar a un aumento de la probabilidad de que el sistema resulte inestable, particularmente en condiciones de una mayor intensidad de señalización, como las mencionadas a continuación en 3.2 y 3.3.

3.2 El sistema de señalización sufre una penalización adicional si tiene lugar algún suceso (por ejemplo, un accidente, cola de tráfico y similares) próximo al límite de la zona radioeléctrica. En este caso, cabe prever un aumento del número de peticiones de llamada con intensidad débil durante un tiempo prolongado, que se traduzcan en una probabilidad de captura reducida.

3.3 Pueden producirse ráfagas iniciales de peticiones de llamada si por alguna razón (por ejemplo, mal funcionamiento técnico del sistema o tiempos de ocupación excesivos de naturaleza ocasional), no existe posibilidad de transmitir señales, durante varios minutos, en sistemas con un canal de señalización no dedicado, y los móviles estarán ansiosos de transmitir un paquete de petición.

Los procedimientos de control dinámico han sido estudiados por diversos autores [Lam y Kleinrock, 1975; Fayolle y otros, 1977]; en [Schoute, 1980] puede verse un análisis cuantitativo de la inestabilidad cuando no existe realimentación en el caso del sistema «ALOHA a intervalos de trama».

Un ejemplo de control dinámico de acceso aleatorio, especialmente para uso en el servicio móvil marítimo por satélite, es el procedimiento de búsqueda binaria, descrito en los anexos I y II al Informe 596, que cuando se utiliza en unión del sistema «ALOHA a intervalos de trama» puede proporcionar un caudal relativamente elevado [Capetanakis, 1979].

Otro ejemplo, específicamente adaptado al servicio móvil terrestre privado, es el sistema ALOHA a intervalos con control de longitud de trama [Schoute, 1980].

Con este sistema, el número de intervalos de una trama no es constante, pero se adapta automáticamente a la demanda esperada, eliminando así, la causa de inestabilidad. El algoritmo utilizado en el sistema es aplicado por el centro de conmutación y controla el número de intervalos de tiempo disponibles en una trama, en vista de las observaciones hechas sobre la utilización de los intervalos de tiempo en una trama anterior. Cada vez que se transmite una señal de comienzo ALOHA, se informa a las estaciones móviles, por datos binarios en la señal, sobre el número disponible de intervalos. Cada estación móvil con una petición pendiente selecciona entonces al azar uno de esos intervalos de tiempo.

El proceso de actualización del número de intervalos de tiempo de la nueva trama se basa en:

- el número de intervalos de tiempo logrados, alterados y vacíos en la trama anterior,
- el número esperado de nuevas llamadas desde el comienzo de dicha trama,
- algunos datos que se computan fuera de línea a partir de información almacenada relativa a las características del sistema de modulación, las condiciones regionales de propagación radioeléctrica y la distribución geográfica de los móviles.

Es posible la actualización de la información almacenada para tener en cuenta condiciones gradualmente variables mediante un proceso automático de asimilación de información basado en observaciones a largo plazo, acorde con el soporte lógico apropiado que deba incorporarse en el centro de conmutación.

En determinadas condiciones prácticas, el número de intervalos de tiempo de una trama es igual a 1 para bajas intensidades de tráfico, y puede aumentar hasta 15, por ejemplo, durante la hora cargada.

El número variable de intervalos de tiempo también da lugar a un tiempo de señalización y un tiempo de espera, que, para bajas intensidades de tráfico, son ambos iguales a la mitad aproximadamente del necesario en el sistema ALOHA a intervalos con longitud de trama fija mencionado en el § 2 anterior.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAHAMSON, N. [1977] The throughput of packet broadcasting channels. *IEEE Trans. Comm.*, Vol. COM-25, 117-128.
- CAPETANAKIS, J. I. [1979] Three algorithms for packet broadcast channels. *IEEE Trans. Inform. Theory*, Vol. IT-25, 505-515.
- FAYOLLE, G., GELENBE, E. y LABETOULLE, J. [1977] Stability and optimal control of the packet switching broadcast channel. *J. ACM*, Vol. 24, 375-386.
- KLEINROCK, L. y TOBAGI, F. [1975] Random access techniques for data transmission over packet switched radio channels. Nat. Computer Conference 1975.
- LAM, S. S. y KLEINROCK, L. [1975] Packet switching in a multi-access broadcast channel-Dinamic control procedures. *IEEE Trans. Comm.*, Vol. COM-23, 891-904.
- OKADA, H. y otros [1977] Analysis and application of framed ALOHA channel in satellite packet switching networks - FADRA method. *Electron. and Comm. in Japan*, Vol. 60-B, 72-80.
- SCHOUTE, F. C. [julio de 1980] Control of ALOHA signalling in a mobile radio trunking system. IEE radio spectrum conservation techniques, Conference Publication No. 188, 38-42.
- TOBAGI, F. y KLEINROCK, L. [1975] Packet switching in radio channels - Part II. *IEEE Trans. Comm.*, Vol. COM-23, 12, 1417-1433.

PARTE B

SISTEMAS EN CURSO DE INSTALACIÓN O
PLANIFICADOS PARA UN FUTURO PRÓXIMO

Los sistemas a que hace referencia la parte B no cumplen necesariamente todas las indicaciones de diseño mencionadas en la parte A.

Las especificaciones básicas de los sistemas descritos se indican en el Cuadro I.

1. Ejemplo de un sistema radioeléctrico móvil de concentración de enlaces en los Estados Unidos

En los Estados Unidos se hallan en instalación sistemas radioeléctricos móviles de concentración de enlaces para el tráfico de despacho utilizando de 5 a 20 canales en la banda de 900 MHz. Un canal de cada sistema está destinado a canal de señalización por el que se transmiten todas las peticiones de servicio y las instrucciones para las estaciones móviles. — Los demás canales sirven para la comunicación telefónica bidireccional.

El canal dedicado a la señalización está organizado en una configuración de intervalos de tiempo para el control de competencia y utiliza un formato de palabras de 78 bits _____, que requiere aproximadamente 23 ms para la transmisión. Un formato de palabras de 21 bits a una velocidad de 150 baudios en el canal telefónico permite la conexión y la desconexión subaudible de la señalización a los servicios móviles. Se utilizan las técnicas de corrección y de detección de errores mediante códigos para proteger la integridad de la información.

Las peticiones de servicio forman cola de espera y las estaciones móviles se sirven sobre la base de la primera llegada, la primera servida. Por lo general, los usuarios hablan en periodos de sólo 2 a 3 segundos, con pausas de unos segundos entre ellos. La velocidad de señalización del sistema permite al procesador reconocer estas pausas en la conversación y destinar el canal de conversación en reposo a otros grupos. Cuando el grupo usuario original está dispuesto a continuar su mensaje, se le asignará un nuevo canal telefónico (o su petición se colocará en la cola de espera de usuarios de un sistema de prioridades recientes si no existen canales telefónicos disponibles).

El empleo de este sistema de concentración de enlaces para ampliar la cobertura de zona, las unidades portátiles y/o los receptores de satélite y las comunicaciones directas de estaciones móviles a unidades móviles/portátiles está todavía en curso de evaluación.

2. Características básicas de un sistema con concentración de enlaces planificado en Suecia

En Suecia se ha introducido [STA,1986] un sistema con concentración de enlaces para cobertura nacional denominado MOBITEX. Se introducirá a finales de 1986. Una estructura común dará —servicio a más de 40 000 estaciones móviles y 4000 puestos de control a lo largo del país, utilizando 150-200 emplazamientos de estaciones de base en una estructura celular de unos 1000 transmisores de equipos de canal. Se incluye la actualización automática de los transeúntes entre las estaciones de base.

En el MOBITEX pueden intercambiarse tanto mensajes de texto o de datos como conversaciones entre las estaciones móviles o entre las estaciones móviles y los puestos de control.

Los datos y el texto se envían utilizando paquetes de longitud variable, según un proceso de almacenamiento y retransmisión. MOBITEX es principalmente un protocolo de comunicación por capas, adecuado para cualquier velocidad de datos en ondas métricas o decimétricas.

Para el trayecto radioeléctrico se utiliza un protocolo que incluye la codificación con corrección de errores y el ARQ selectivo. Para la parte de línea fija (estación de base-centro de conmutación puesto de control) se utiliza la Recomendación X.21 bis del CCITT y el HDLC (control de alto nivel para enlaces de datos).

El método de control de las colisiones es fundamentalmente el descrito en el § 3 del anexo I a la parte A (ALOHA a intervalos de trama con control dinámico de la longitud de trama) con algunos aspectos adicionales. La estación de base puede cambiar dinámica e independientemente la longitud del intervalo y la longitud máxima del paquete que puede transmitirse desde la unidad móvil sin petición de acceso al canal. La estación de base transmite igualmente una señal de silencio (ocupado) en cuanto detecta una transmisión dirigida a él (comparar con el CSMA). El protocolo de control de las colisiones ofrece también la posibilidad de que transmitan sólo ciertas partes de la flota de vehículos móviles (comparar con el procedimiento de búsqueda binaria).

Los radiocanales de una estación de base pueden utilizarse de forma dinámica para diferentes fines. Uno de los canales se utiliza como canal de control maestro compartiendo la frecuencia con otras estaciones de base según un criterio de distribución en el tiempo. El resto de los canales puede utilizarse para el tráfico telefónico o de datos y como canales adicionales de acceso aleatorio dependiendo de la carga de tráfico. La estación transmite, de vez en cuando, la información sobre cómo las unidades móviles deben utilizar los canales.

Para evitar retardos excesivos se utilizan restricciones sobre los tiempos de ocupación de las llamadas telefónicas. Se incluyen conexiones a la RTPC y a las redes públicas de datos.

3. Sistema radioeléctrico de despacho con concentración de enlaces desarrollado en los Países Bajos y en el Reino Unido

El sistema de despacho con concentración de enlaces desarrollado en los Países Bajos y en el Reino Unido funciona de conformidad con el principio de espera y emplea un centro de conmutación similar al del control por programa almacenado. Puede efectuarse la comunicación en modo semidúplex entre una estación móvil y su puesto de control, y también en modo simplex de dos frecuencias, entre estaciones móviles del mismo parque. En la actualidad varios usuarios han instalado una versión del sistema en el Reino Unido [DTI, 1987; Somerville y Tridgell, 1987]. Se están instalando además otras variantes del sistema en la República Federal de Alemania y en Finlandia.

Se emplea la señalización binaria con un formato de mensaje que contiene la sincronización apropiada, bits de control de datos y de errores. El método de control de competencia es el descrito en el punto 3 del anexo a la parte A, conocido como sistema ALOHA de intervalos con control dinámico de longitud de trama.

El sistema es apropiado para uno o más radiocanales y puede ampliarse hasta el límite de la matriz del conmutador agregando un nuevo equipo de canales y actualizando los cuadros de las memorias de lectura únicamente (ROM) en el procesador central y las estaciones móviles. Para agregar estaciones móviles sólo es necesario actualizar el cuadro de usuarios válidos en la memoria del procesador central. Y lo mismo puede decirse para los puestos de control, hasta el límite de la matriz del conmutador.

El sistema utiliza la exploración de canales cuando el número de los mismos es reducido, pero, para mejorar aún más su eficacia cuando aumenta el número, puede hacerse una transición a un modo de explotación del canal de señalización exclusivo, simplemente mediante ligeras modificaciones en el soporte lógico. También puede compartirse el canal de señalización entre un cierto número de estaciones de base por división en el tiempo.

El sistema permite realizar funciones auxiliares, como conferencias de grupo, intercomunicaciones, retransmisión de llamadas, llamadas de emergencia, y un cierto conjunto de mensajes de datos. También permite el manejo de la información necesaria para la explotación de zonas múltiples (por ejemplo, estaciones transeúntes) y para la gestión de la red.

Para evaluar el efecto de la explotación con concentración de enlaces para diversas configuraciones del sistema en distintas condiciones con respecto a la carga del canal, la propagación, etc., se han realizado pruebas de simulación de tráfico utilizando un simulador y analizador de tráfico por computador [CCIR, 1978-82a] que proporciona la señalización y simula el tráfico de un número arbitrario de puestos de control y estaciones móviles virtuales, y analiza el tráfico resultante.

La distribución acumulativa de los tiempos de espera producida por la parte analizada del equipo de simulación se ha utilizado como base para comparar el rendimiento de las diversas configuraciones del sistema en distintas condiciones de utilización.

4. Características básicas de un sistema de despacho en la URSS

En la URSS, una parte del espectro comprendida en la banda de 300 a 340 MHz está reservada a los sistemas de despacho utilizando canales compartidos y selección automática. Los parámetros técnicos fundamentales del equipo se basan en las normas oficiales en vigor en la URSS, pero la configuración de la red y otros parámetros de estos sistemas no están normalizados.

A continuación se describe un sistema de despacho del servicio móvil con selección automática de canales, como el realizado en la URSS. El sistema está concebido para comunicaciones radiotelefónicas de despacho con estaciones fijas y móviles. Un aspecto diferencial del sistema es que un número de usuarios del mismo tipo se combinan formando grupos controlados por un sólo puesto de control. El tamaño de los grupos puede variar considerablemente y el número de estaciones móviles de cada uno no es fijo. Además, el sistema otorga prioridad a los usuarios que pueden llamar individualmente. En la práctica, el número de abonados al sistema viene determinado por el número de puestos de control (grupos de usuario) y por el número de estaciones móviles que tienen prioridad. Para mantener la calidad del servicio requerida, se imponen limitaciones del periodo de ocupación del canal radioeléctrico, es decir, se protege el sistema contra posibles retardos excesivamente largos del servicio. Para lograr una planificación más eficaz de las frecuencias en cada zona, el sistema trabaja en modo simplex con dos frecuencias.

Características técnicas

4.1 El equipo funciona con ocho frecuencias fijas (cuatro para recepción y cuatro para transmisión) que constituyen un grupo (enlace radioeléctrico) de cuatro canales de dos frecuencias.

4.2 Con una separación entre frecuencias de 25 kHz se obtienen, pues, 10 grupos en una banda de 1 MHz.

La separación mínima de frecuencia entre los canales adyacentes de un grupo es de 25 kHz, y la separación máxima entre los canales extremos del grupo es de 175 kHz. La separación de frecuencias dentro de un grupo no es uniforme y excluye los productos de intermodulación de tercer orden. Esta estructura de entramado de frecuencias reduce al mínimo las interferencias internas del sistema.

4.3 Dentro de un grupo son igualmente accesibles tres canales; el cuarto se utiliza para el acceso privilegiado de un número reducido de estaciones móviles con prioridad.

4.4 La toma de uno de los tres canales igualmente accesibles de un grupo se efectúa mediante un sistema automático de búsqueda del canal libre. Para la búsqueda automática del canal libre, se transmite un tono de marca por todos los canales que estén libres en un determinado momento. Así pues, la estación móvil que solicita el acceso, queda conectada automáticamente con uno de los tres canales que esté libre.

- 4.5 Las estaciones móviles con prioridad y los puestos de control tienen la opción de acceder al cuarto canal prioritario si los otros tres están ocupados.
- 4.6 Dentro de un grupo pueden establecerse simultáneamente hasta cuatro conexiones entre estaciones móviles y puede ponerse en espera una estación móvil.
- 4.7 El sistema contiene un dispositivo que libera los canales radioeléctricos después de transcurridos entre 20 y 30 s sin que aparezca ninguna señal de conversación.
- 4.8 El equipo de canal de la estación de base puede situarse a una distancia de hasta 5 km del punto central de despacho, conectándose con él mediante un cable.
- 4.9 El equipo de canal de la estación de base está concebido para un servicio permanente en recepción y transmisión. Cuando por la noche el tráfico disminuye, se mantiene un transceptor en funcionamiento. Si este canal radioeléctrico está ocupado se conectan automáticamente los otros transceptores.
- 4.10 La estación móvil — pasa automáticamente a la posición de escucha si el abonado no descuelga su microteléfono en los 10 a 20 s siguientes a la recepción del tono de llamada.

5. Sistema radioeléctrico móvil de despacho con concentración de enlaces instalado en Japón

5.1 Composición del sistema

El sistema consta de una estación de base que efectúa asimismo funciones de centro de conmutación, puestos de control y estaciones móviles. Todo usuario típico dispone de un puesto de control y de cierto número de estaciones móviles. Cada puesto de control está conectado a la estación de base mediante un canal radioeléctrico lo que significa que todo puesto de control trabaja como estación móvil situada en una posición fija. Cada estación de base utiliza un canal como canal de señalización y 15 canales para cursar las comunicaciones telefónicas. El tiempo máximo para la comunicación telefónica está limitado a 60, 120 y 180 segundos en función del grado de ocupación del sistema. Se adopta una estrategia de colas para la reserva de llamadas con un número máximo de 30 llamadas. El sistema proporciona funciones de explotación tales como comunicaciones individuales, comunicaciones de grupo o comunicaciones compartidas así como transmisiones facsímil y de datos. La normalización de sus especificaciones permite, de ser necesario, que cualquier estación móvil pueda recibir el mismo servicio radioeléctrico de concentración de enlaces en todo el territorio del país (servicio multizona).



5.2 Estado operacional

Este sistema ha sido establecido en todo el país; el primero se instaló en octubre de 1982 en Tokio, y a finales de octubre de 1987 el número de sistemas en Japón es de 59 con unos 9.100 puestos de control y 128.000 estaciones móviles terrestres. Estos 59 sistemas son explotados por ocho corporaciones en las principales ciudades de Japón.

Según las estadísticas operacionales del sistema de Tokio, para octubre de 1987, el número total de comunicaciones por sistema oscila entre 21 000 y 24 000 por día. Quiere decir que el número medio de comunicaciones por día para cada estación es inferior a uno. El periodo más cargado está entre las 13.00 y las 18.00 horas y durante el mismo, el tiempo medio de ocupación para cada estación es de aproximadamente 48 s.

6. Sistema de repetidores compartidos utilizado en Francia – RADIOCOM 200

Francia ha puesto en servicio un sistema cuyas características son las siguientes:

6.1 Características generales

Explotación del tipo «despacho» en que las estaciones de operador se conectan por canal radioeléctrico en el momento de la comunicación con una estación llamada «estación de base », que retransmite la comunicación hacia los móviles. Las comunicaciones pueden establecerse en el sentido puesto de control-estación móvil y estación móvil-puesto de control.

Se ofrecen los servicios siguientes:

- Llamada y establecimiento de comunicaciones entre dos estaciones móviles o entre una estación móvil y un grupo de estaciones móviles. Desde el punto de vista técnico, el puesto de control — es una estación móvil en situación de parada.
- Llamada desde una estación móvil a la red telefónica conmutada y viceversa.

6.2 Características de la estación móvil [CNET, 1984]

El sintetizador de la estación móvil tiene acceso a 8 canales escogidos entre el centenar aproximado disponible.

El sistema puede incluir estaciones portátiles de 2 W de potencia.

De no obtener respuesta de una estación móvil en estado activo, el número del correspondiente que llama se almacena en la memoria de la estación móvil llamada (utilización en modo «despacho»).

6.3 Características de las estaciones de base

Cada estación de base está concebida para cubrir una superficie correspondiente a las posibilidades de propagación y la estación móvil sólo recibe servicio en esta zona. Una superficie de base administra un grupo de 8 canales. Los emisores están acoplados a una antena única con poca pérdida.

6.4 Señalización

La señalización utiliza el código del apéndice 39 al Reglamento de Radiocomunicaciones. La señalización se transmite por un canal particular que emite una portadora modulada. En caso de saturación el canal de señalización puede cursar tráfico, y el primer canal que quede libre se vuelve a utilizar para señalización.

La capacidad de numeración es de 1000 códigos.

6.5 Aprovechamiento de frecuencias

Se ha previsto que, con este tipo de explotación, una red de 8 canales podrá tratar unas 500 estaciones móviles, de las cuales un centenar podrá tener acceso a la red telefónica conmutada.

6.6 Tarificación

El centro de conmutación efectúa el registro magnético de las tarifas que, a continuación, son tratadas con facturación detallada.

6.7 Número de abonados; entrada en servicio

Desde la entrada inicial en servicio (diciembre 1982) el número de abonados asciende en París a unos 3000 (mayo 1985).

La capacidad del sistema en París es de alrededor de 6000.

También se han establecido instalaciones en Marsella (noviembre de 1984) y en Lyon (marzo de 1985).

6.8 Particularidades del servicio

Dentro de un grupo de estaciones móviles, es posible crear hasta 9 subgrupos. Una estación móvil puede pertenecer a varios subgrupos.

La ——— conexión con la red es individual y se hace por una línea de abonado hacia una central privada o hacia la red pública conmutada.

Dentro de un grupo, ciertos abonados ciertas estaciones móviles pueden tener acceso a la red, pero no las demás

7. Sistemas de despacho móviles con concentración de enlaces, en Australia

Los sistemas radioeléctricos móviles con concentración de enlaces han estado en explotación en Australia desde 1983, en la banda de 800 MHz, y desde 1987 en la banda de 400 MHz. Se están elaborando planes para sustentar sistemas con concentración de enlaces tanto en la banda de 80 MHz como en la de 160 MHz utilizando distribución de canales a 12,5 kHz.

A los sistemas que utilizan una única localización de base se les permite inicialmente emplear 5 canales, asignándoles canales adicionales solamente si soportan 350 móviles, es decir, 70 móviles por canal. Los sistemas para zonas extensas (tanto simulcast como no simulcast) pueden utilizar hasta 4 localizaciones de base en cualquier zona de 100 km x 100 km con 20 canales radioeléctricos iniciales. La ampliación por encima de los 20 canales se permite solamente si se soportan 2.000 móviles, es decir, 100 móviles por canal.

Los operadores con concentración de enlaces pueden utilizar cualquier formato de señalización para controlar el sistema; por ejemplo, algunos usuarios emplean un canal de señalización especializado mientras que otros emplean canales utilizados en comunicaciones telefónicas.

Está en estudio la posibilidad de sistemas de gran escala para proporcionar cobertura nacional.

Estos sistemas están pensados para permitir la interconexión con la RDSI.

CUADRO I
Especificaciones generales del sistema

Sistema	Estados Unidos	Suecia 3	Países Bajos y Reino Unido	URSS	Japón	Francia	Australia
Clase de emisión	F3E, F2D	F3E, F2D	F3E	F3E	F3E, F2D	G3E	F3E, F2D
Banda de frecuencias de transmisión (MHz)				300-340			
- estación de base	a) 935-940 b) 851-866	76-77,5	201-207 ¹		850-860	200,5-201,3	a) 865-870 b) 415,55-418,05
- puesto de control	896-901 806-821	-	193-199		905-915	-	820-825 406,10-408,60
- estación móvil	896-901 806-821	81-82,5	193-199		905-915	192,5-193,3	820-825 406,10-408,60
Modo de comunicación	Semi-dúplex y dúplex completo	Semi-dúplex	Semi-dúplex ²	Semi-dúplex	Semi-dúplex	Dúplex	Símplex de dos frecuencias o dúplex completo
Separación entre canales(kHz)	a) 12,5 b) 25	25	12,5	25	12,5	12,5	a) 25 b) 12,5
Número total de canales disponibles para asignación	a) 400 b) 600	-	408 ¹	-	799	72	200
Potencia de transmisión, p.r.a. (W)							
- equipo de canal	1.000 máxima	25 típica	25 o menor	-	40 típica	18 ±1 dB	50
- puesto de control	25 típica	-	5 o menor	-	10 o menor	-	1
- estación móvil	25 típica	15 típica	25 o menor	-	30 o menor	10 ±1 dB	25
Zona de servicio típica (radio en km)	50	40	15-30	5-15	20-30	15	localiz. de base única = 30 sist. de zona extensa = 100
Señales telefónicas							
- tipo de modulación	MF	MF	MF	MF	MF	MF	MF
- excursión de cresta (kHz)	a) ±2,5 b) ±5	±5	±2,5		±2,5	±2,5	a) ±5,0 b) ±2,5
Señales de control							
- tipo de modulación	MDF	MDM-MF	MDFR	-	MDM-MF	multifrec.	a) MDF b) secuencial multifrec.
- excursión de cresta (kHz)	a) ±1,5 b) ±3	±3,5	±2,5	-	±2,5	-	±2,5 ±2,0
- tipo de código	Varios	código NRZ	código NRZ	-	código NRZ	-	Varios -
- velocidad de transmisión (bit/s)	Varias	1.200	1.200	-	1.200	-	Hasta 9.600 -
Error correction code	Varios	63,48	CRC	-	Hagelbarger	-	Varios -

Notas al Cuadro I:

- ¹ Aplicable al Reino Unido únicamente. En la República Federal de Alemania y en los Países Bajos las estaciones base funcionan en la banda de frecuencias de 420 - 430 MHz y los puestos de control y las estaciones móviles en la banda de 410 - 420 MHz. En Finlandia, las bandas son de 446,5 a 449 MHz y de 440 a 442,5 MHz, con posibilidad de hasta 200 canales.
- ² El modo dúplex está disponible en Finlandia.
- ³ Un ejemplo de realización MOBITEK en Suecia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CNET [1984] CENTRE NATIONAL D'ÉTUDES DES TÉLÉCOMMUNICATIONS. Spécification technique ST.PAA/TPA/982. Spécifications des postes mobiles raccordés au système RADIOCOM 200 dans la bande 191-207 MHz.

DTI [1987] MPT 1327. A signalling standard for trunked private land mobile radio systems. Department of Trade and Industry, Radiocommunications Division, Londres, Reino Unido.

SOMERVILLE, A.N. y TRIDGELL, R.H. [diciembre de 1987] The derivation of specifications MPT 1343, MPT 1347 y MPT 1352 from signalling standard MPT 1327, IERE 4th International Conference on Land Mobile Radio, Warwick, Reino Unido.

STA [1987] MOBITEK terminal specification, LZBA 703 1001, octubre, 1987. Swedish Telecommunication Administration, Radio Services.

Documentos del CCIR

[1978-82]: a. 8/491 (Philips Telecommunicatie Industrie).

INFORME 901-2.

MÉTODOS DE ASIGNACIÓN DE FRECUENCIAS PARA SISTEMAS DE
CONCENTRACIÓN DE ENLACES DEL SERVICIO MÓVIL

(Cuestión 37/8)

(1982-1986-1990)

1. Introducción

Este Informe trata de las proposiciones formuladas por diversas administraciones relativas a la asignación de canales a los sistemas de concentración de enlaces con objeto de, entre otras razones, reducir la interferencia debida a productos de intermodulación entre sistemas y dentro del propio sistema de concentración de enlaces.

2. Agrupación de canales con separaciones fijas entre canales

Según este método utilizado en Canadá en la banda de 400 MHz y en los Estados Unidos de América y en Canadá en la banda de 800 MHz, los canales se agrupan en bloques, estando separado cada canal de los restantes de su bloque mediante un número fijo de canales con una separación nominal (generalmente 25 kHz). En consecuencia, cada bloque de canales sucesivos queda desplazado en un canal. También cabe identificar los subbloques para dotar la flexibilidad al número de canales atribuibles a cada sistema individual. Las separaciones mínimas entre los canales asignados dentro de un sistema de concentración de enlaces son de 250 kHz y 100 kHz en las bandas de 800 MHz y 400 MHz, respectivamente.

El cuadro I proporciona un ejemplo de plan utilizado en los Estados Unidos de América en la banda de 800 MHz para asignación de 200 canales. Esta asignación total de 200 canales, puede dividirse en 10 ó 20 bloques de canales con una separación de 10 canales entre las frecuencias del bloque. Esta disposición subdivide además cada bloque de 20 canales en grupos de 5 canales con una separación de 40 canales entre las sucesivas frecuencias de cada grupo de 5 canales. Además, estos grupos de 5 canales están organizados en 4 bloques con dos separaciones de 20 canales y una separación de 10 canales entre grupos de 5 canales. En esta disposición también se desplazan en un canal los sucesivos bloques de 20 canales para formar 10 bloques de 20 canales.