

RECOMENDACIÓN UIT-R F.1192

**CAPACIDAD DE TRÁFICO DE LOS SISTEMAS RADIOELÉCTRICOS
CONTROLADOS AUTOMÁTICAMENTE Y DE LAS REDES
DEL SERVICIO FIJO POR ONDAS DECAMÉTRICAS**

(Cuestión UIT-R 147/9)

(1995)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) las mejoras que ofrece la utilización de sistemas radioeléctricos controlados automáticamente;
- b) la cantidad limitada de espectro en ondas decamétricas disponible para los servicios fijos;
- c) la demanda de una elevada fiabilidad por parte del servicio fijo en ondas decamétricas;
- d) la demanda de caudales de tráfico elevados;
- e) la demanda de funcionamiento de redes en el servicio fijo en ondas decamétricas;
- f) que los sistemas automáticos deben poder atender una amplia diversidad de requisitos de tráfico y de dimensiones de la red,

recomienda

1 que en las redes radioeléctricas en ondas decamétricas controladas automáticamente se utilicen los métodos descritos en el Anexo 1 a fin de:

- determinar la capacidad de caudal de tráfico;
- estimar las necesidades de frecuencia con respecto al caudal de tráfico deseado;
- realizar una planificación general de los sistemas;
- comparar los diversos tipos de sistemas con respecto al caudal de tráfico y a las necesidades de frecuencia.

ANEXO 1

**Capacidad de tráfico de los sistemas radioeléctricos controlados
automáticamente y de las redes del servicio fijo
por ondas decamétricas****1 Introducción**

Existen tres sistemas radioeléctricos básicos controlados automáticamente, identificados por las siguientes siglas:

ACC: canales comunes asíncronos (asynchronous common channels)

SCC: canales comunes síncronos (synchronous common channels)

SSCT: canales de tráfico/de llamada separados síncronos (synchronous separate calling/traffic channels)

El sistema ACC explora de forma asíncrona un conjunto de canales previamente asignados para encontrar un canal utilizable. Una vez determinado dicho canal se envía el tráfico por el mismo; es decir, los canales de llamada y de tráfico son comunes.

El sistema SCC realiza una exploración síncrona de un conjunto de canales previamente asignados para encontrar un canal utilizable. Una vez hallado, se envía el tráfico por dicho canal; es decir, los canales de llamada y de tráfico son comunes.

El sistema SSCT realiza una exploración síncrona de un conjunto de canales «de llamada» previamente asignados para establecer el contacto inicial. La llamada ofrece un cierto número de canales «de tráfico» candidatos. Una vez establecida la llamada, ambas estaciones conmutan a los canales de tráfico candidatos y seleccionan el más adecuado.

Existen dos tipos básicos de redes que pueden utilizar los anteriores sistemas: redes multipunto y redes en estrella.

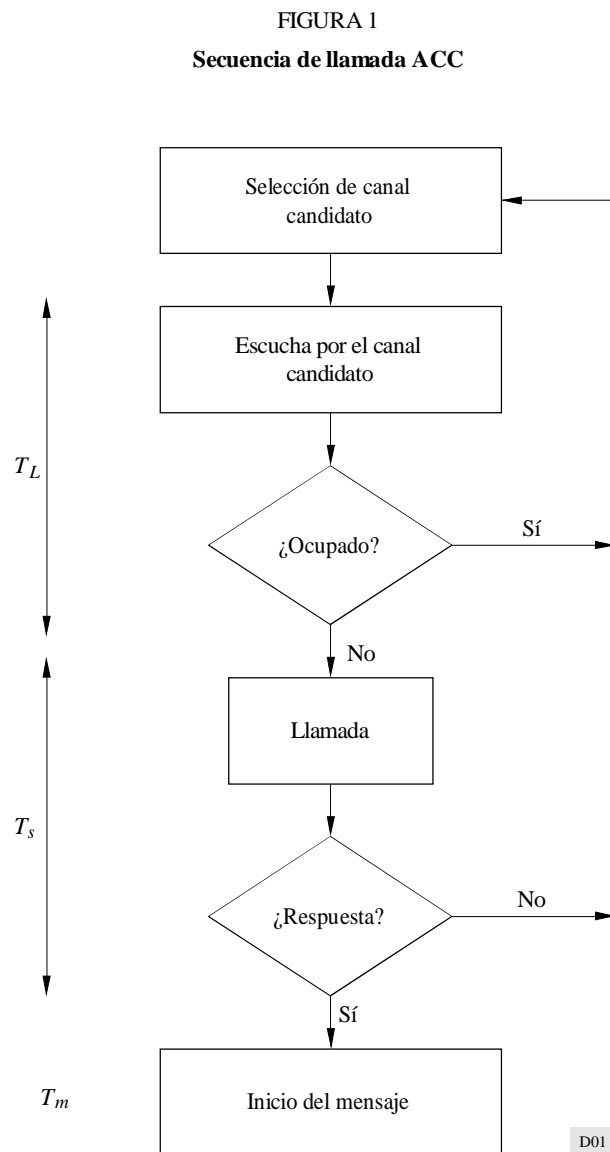
2 Redes multipunto

El análisis realizado a continuación se refiere a una red multipunto en la que cada estación tiene la misma carga de tráfico.

2.1 Sistema ACC

2.1.1 Secuencia de llamada

En la Fig. 1 se representa la secuencia de llamada ACC.



En la secuencia de escucha inicial, la estación selecciona un canal candidato y comprueba que no está ocupado. Hay una probabilidad P_1 de que el canal esté libre. Si está ocupado, la estación seleccionará un segundo canal candidato y hará una nueva tentativa. Por término medio, el número de tentativas será de $1/P_1$.

Cuando la estación transmite la llamada por el canal seleccionado (libre), hay que considerar tres probabilidades de que la llamada tenga éxito:

- la probabilidad, P_2 , de que otra estación no esté transmitiendo por el mismo canal,
- la probabilidad, P_3 , de que la estación de destino no esté ya ocupada,
- la probabilidad, P_4 , de que las condiciones de propagación sean lo suficientemente buenas.

En el Apéndice 1 aparecen las expresiones para P_1 , P_2 y P_3 .

Por término medio, el número de tentativas de llamada, es decir de transmisiones, es:

$$\frac{1}{(P_2 P_3 P_4)}$$

2.1.2 Capacidad de tráfico

Sea C : número de canales explorados

N : número de canales de propagación

S : número de estaciones

E : capacidad de tráfico (E), relativa a una red de N canales y S estaciones

T_m : longitud del mensaje (s)

T_s : tiempo de exploración (o de llamadas) (s)

El número de mensajes/hora/estación, M , es:

$$M = \frac{3600 \times E}{S (T_s / (P_2 P_3 P_4) + 2 T_m)} \quad (1)$$

Cada estación transmitirá M mensajes y recibirá M mensajes en 1 h.

Existe un límite sobre el número de mensajes que puede manejar una estación individual. Teniendo en cuenta el tiempo que permanece una estación «a la escucha» para verificar que el canal seleccionado está libre, y suponiendo que la capacidad máxima de una estación individual es de $E_{m\acute{a}x}$ (E), el número máximo de mensajes por hora y por estación es:

$$M_{m\acute{a}x} = \frac{3600 \times E_{m\acute{a}x}}{(T_L / (P_1 P_2 P_3 P_4) + T_s / (P_2 P_3 P_4) + 2 T_m)} \quad (2)$$

siendo T_L el tiempo de escucha (s).

NOTA 1 – $2T_m$ es un término que tiene en cuenta los mensajes recibidos y transmitidos.

NOTA 2 – Se exigen otros estudios para determinar un valor adecuado de $E_{m\acute{a}x}$.

2.2 Sistema SCC

2.2.1 Secuencia de llamada

En la Fig. 2 se representa la secuencia de llamada SCC.

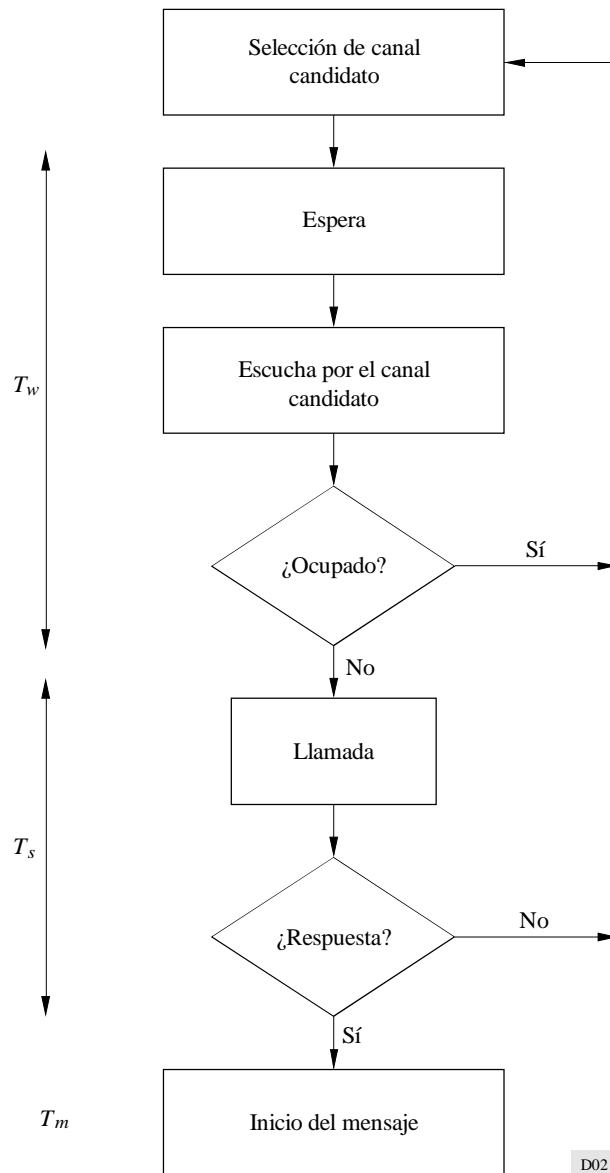
Se supone que el sistema SCC dispone un orden distinto de frecuencias de escucha para cada estación (utilizando un algoritmo basado en la dirección de la estación).

La estación selecciona el canal candidato y a continuación debe esperar (T_w) hasta que la estación de destino seleccione ese canal. Inmediatamente antes de que ello ocurra, la estación llamante debe permanecer a la escucha para asegurar que el canal está libre. En consecuencia, la estación debe esperar, por término medio, un tiempo de T_w/P_1 (s).

La secuencia de llamada es similar a la de la estación ACC salvo que en este caso T_s , tiempo de exploración, es mucho más breve puesto que sólo «se explora» un canal.

Si el sistema descrito para ACC está simplemente sincronizado, los canales explorados sincronizados se convierten efectivamente en un solo canal y las estaciones compiten para obtener dicho canal en el mismo tiempo. Ello provoca un bloqueo del sistema en un instante determinado y, por consiguiente, es preferible utilizar el sistema SCC.

FIGURA 2
Secuencia de llamada SCC



2.2.2 Capacidad de tráfico

El número de mensajes/hora/estación, M , es el mismo que en el caso de un sistema ACC (ecuación (1)).

Para un sistema SCC:

$$M_{m\acute{a}x} = \frac{3\,600 \times E_{m\acute{a}x}}{(T_w / (P_1 P_2 P_3 P_4) + T_s / (P_2 P_3 P_4) + 2 T_m)} \quad (3)$$

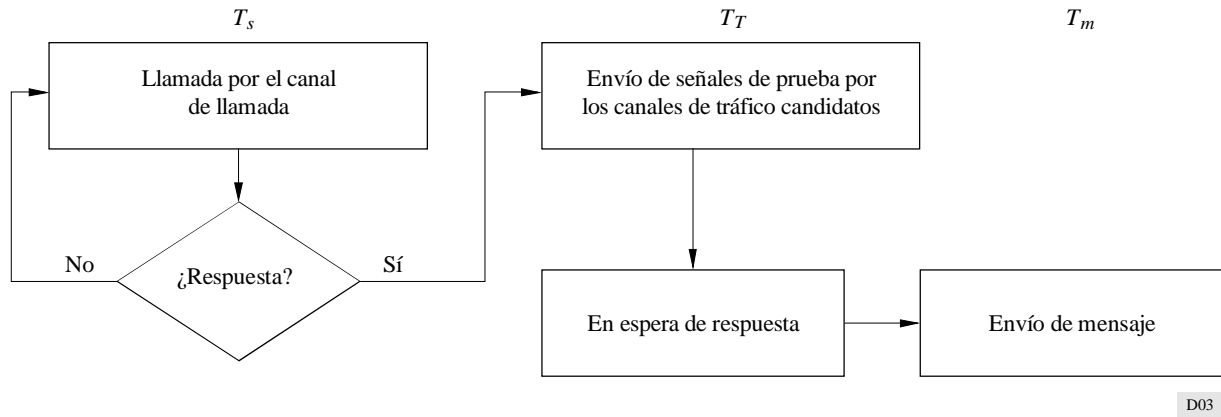
2.3 Sistema SSCT

2.3.1 Secuencia de llamada

En la Fig. 3 se representa la secuencia de llamada SSCT. El conjunto de canales de llamada explorados de forma síncrona es equivalente a un canal «Aloha ranurado» con una capacidad de 0,37 E. De esta forma se tienen en cuenta las probabilidades P_1 y P_2 . Sin embargo debe considerarse la probabilidad P_3 .

Cuando la estación de destino responde por el canal de llamada, ambas estaciones conmutan a los canales de tráfico. La estación de llamada envía una señal de prueba por cada uno de los canales de tráfico ofrecidos y a continuación queda a la espera de una respuesta por el canal preferido. Esta secuencia durará T_T s.

FIGURA 3
Secuencia de llamada SSCT



D03

2.3.2 Capacidad de tráfico

El número de mensajes/hora/estación, M , es:

$$M = \frac{3\,600 \times 0,37}{S T_s / P_3} \tag{4}$$

y

$$M_{m\acute{a}x} = \frac{3\,600 \times E_{m\acute{a}x}}{T_s / P_3 + 2 (T_T + T_m)} \tag{5}$$

3 Redes en estrella

Una red en estrella consta de una estación central y de un cierto número de estaciones periféricas.

3.1 Estaciones periféricas

Por lo que se refiere a una estación periférica, el análisis y los valores para M y $M_{m\acute{a}x}$ son los mismos que en el caso de una red multipunto (siendo S el número de estaciones periféricas).

3.2 Estación central

Si existen S estaciones periféricas, la estación central deberá tratar $2 M S$ mensajes en total. Para ello deberá ser capaz de manejar simultáneamente un cierto número de radiocanales. Si las estaciones periféricas están funcionando a plena capacidad, $M_{m\acute{a}x}$, se necesitarán S radiocanales simultáneamente en la estación central para obtener el caudal completo de la red.

Si las estaciones periféricas no trabajan a plena capacidad, M , será suficiente un número menor de radiocanales simultáneos. El número de canales necesario en la estación central, R , viene dado por la expresión:

$$R = \frac{M S}{M_{m\acute{a}x}} \tag{6}$$

Para los sistemas ACC y SCC:

$$M = \frac{3\,600 \times E}{S T'_m} \quad (7)$$

siendo:

T'_m : tiempo que dura la transmisión de un mensaje

$$T'_m = T_s / (P_2 P_3 P_4) + T_m$$

Para la estación que funciona a plena capacidad:

$$M_{m\acute{a}x} = \frac{3\,600 \times E_{m\acute{a}x}}{T_{tot}} \quad (8)$$

siendo T_{tot} el tiempo total en que está ocupada la estación.

Para los sistemas ACC:

$$T_{tot} = T_L / (P_1 P_2 P_3 P_4) + T_s / (P_2 P_3 P_4) + 2 T_m \quad (9)$$

Para los sistemas SCC:

$$T_{tot} = T_w / (P_1 P_2 P_3 P_4) + T_s / (P_2 P_3 P_4) + 2 T_m \quad (10)$$

En consecuencia:

$$R = \frac{E}{E_{max}} \times \frac{T_{tot}}{T'_m} \quad (11)$$

Cabe señalar que esta fórmula no es totalmente exacta puesto que la estación periférica tendrá valores inferiores de P_1 , P_2 y P_3 debido a que establecen comunicación con una estación central que está funcionando a plena capacidad. Por lo tanto, el resultado obtenido por la fórmula anterior es de tipo práctico.

Para un sistema SSCT:

$$R = \frac{0,37}{E_{m\acute{a}x}} \times \frac{(T_s / P_3 + 2 (T_t + T_m))}{T_s / P_3} \quad (12)$$

4 Hipótesis básicas

Para evaluar la capacidad de tráfico y la calidad de funcionamiento del sistema conviene realizar las siguientes hipótesis.

4.1 Mensaje

Puede suponerse una página normalizada de 20 líneas y 69 caracteres por línea (1 380 caracteres).

La duración del mensaje, T_m , puede calcularse suponiendo 7 bits/carácter, una FEC del 50% y un 10% de repeticiones (es decir, $1\,380 \times 7 \times \frac{1}{0,5} \times 1,1 = 21\,252$ bits/mensaje).

Puede suponerse igualmente que todas las estaciones en la red transmiten y reciben el mismo número de mensajes por hora, M .

4.2 Probabilidad de propagación, P_4

Se trata de una medida del éxito del sistema al seleccionar el canal candidato en los sistemas ACC y SCC. En los sistemas de pruebas se ha obtenido una cifra del 63% que se ha utilizado como valor de P_4 .

4.3 Tiempo de exploración, T_s , ACC

Puede suponerse un tiempo de exploración T_s :

$$T_s = t(2C + 9) \quad (13)$$

siendo:

$$t = 0,392 \text{ s}$$

C : número de canales explorados.

4.4 Tiempo de escucha, T_L , ACC

Puede suponerse que una estación ACC escucha por un tiempo igual al de exploración de canal para verificar que un canal está libre.

4.5 Tiempo de espera, T_w , SCC

Si la red tiene C canales asignados, el tiempo de espera será, por término medio, de:

$$T_w = C/2 \times T_s \quad \text{s} \quad (14)$$

siendo T_s el tiempo de exploración síncrona.

4.6 Tiempo de establecimiento del canal de tráfico, T_T , SSCT

Para un sistema SSCT que ofrece cinco canales de tráfico en su llamada inicial puede suponerse el siguiente procedimiento. Las llamadas se envían de forma secuencial por la estación que llama la cual, a continuación, pasa a la escucha a su vez de cada uno de los canales a la espera de una respuesta. La estación llamada responde por el «mejor» canal pero su algoritmo queda predispuesto a seleccionar el primer canal ofrecido, que es el canal más favorable de acuerdo con la estación que llama. El tiempo medio de espera para la respuesta de la estación que llama será de $2,5 \times T_s$ (s), pero en la práctica este sesgo del algoritmo hace que sea de $1,5 \times T_s$.

Por consiguiente:

$$T_T = (2,5 \times 2 + 1,5) T_s = 6,5 \times T_s \quad \text{s}$$

5 Resultados de los cálculos de tráfico

A partir de los resultados de los cálculos donde se consideró la gama completa de variaciones diurnas, estacionales y del ciclo solar de las condiciones de propagación, así como una amplia gama en cuanto a velocidades de transmisión de datos y tamaños de la red, se extrajeron las siguientes conclusiones.

5.1 ACC

A medida que el número de canales de propagación aumenta, la calidad del funcionamiento de la red no mejora necesariamente. Por ejemplo, para una velocidad de transmisión de datos de 1 200 bit/s, con 6 canales se logra un mejor comportamiento que con 14 canales si la red consta de menos de 30 estaciones. Hasta 100 estaciones, 10 canales proporcionan un mejor comportamiento que 14 canales. Este efecto tiende a ser más pronunciado cuanto mayor sea la velocidad de transmisión de datos.

Para redes pequeñas, de hasta 10 estaciones, la elección del número de canales asignados es bastante complicada, pero la asignación de demasiados canales no aporta ninguna ventaja.

Aumentando la longitud del mensaje hasta dos páginas no se modifica la calidad del funcionamiento relativa de la red con respecto a los canales. El sistema es algo más eficaz con los mensajes de mayor duración puesto que por cada estación se transmiten y reciben algo más de la mitad del número de mensajes en comparación con la longitud del mensaje de una página.

5.2 SCC

Al igual que sucede en el sistema ACC, también con el sistema SCC la calidad de funcionamiento es mejor con 10 canales que con 14 canales y con 6 canales el sistema se comporta mejor que con 14. Igualmente, para redes de 10 o menos estaciones es un derroche innecesario asignar demasiados canales puesto que la calidad de funcionamiento no mejora con respecto a la que se obtiene asignando un número menor de canales.

Si se aumenta la longitud del mensaje hasta dos páginas no se modifica la calidad de funcionamiento relativa de la red con respecto a los canales. El sistema es algo más eficaz con los mensajes de mayor duración puesto que por cada estación se transmiten y reciben algo más de la mitad del número de mensajes en comparación con la longitud del mensaje de una página.

5.3 SSCT

La calidad de funcionamiento del sistema SSCT mejora a medida que aumenta la velocidad de transmisión de datos, la longitud del mensaje y el número de conjuntos de canales de exploración.

El efecto de los mensajes de mayor longitud es particularmente interesante debido a que el sistema es capaz de establecer un número particular de llamadas, determinado únicamente por la velocidad de exploración, con lo que el número de mensajes/hora/estación, M , es casi el mismo para mensajes de una y de dos páginas.

El efecto de dos conjuntos de canales de llamada es el de duplicar el caudal.

5.4 Discusión

Para redes de unas pocas estaciones, como máximo 15, ninguno de los sistemas presenta ventajas sobre los demás. A medida que la red aumenta de tamaño, los sistemas SCC y SSCT muestran un comportamiento notablemente mejor que el del sistema ACC.

A las velocidades de transmisión de datos más bajas, el sistema SSCT presenta un mejor comportamiento que el sistema SCC pero ambos tienen una calidad de funcionamiento similar con las velocidades de transmisión de datos más elevadas (sistema SCC con 10 canales de propagación). El sistema SSCT es totalmente superior a medida que aumenta la longitud del mensaje o si se utilizan dos conjuntos de canales de llamada.

Ambos sistemas, ACC y SCC, deben planificarse cuidadosamente puesto que el número de canales explorados reviste una importancia fundamental. La gestión de frecuencias es muy necesaria ya que si se exploran demasiados canales la calidad de funcionamiento puede degradarse. Al planificar sistemas basados en SCC y en ACC deben considerarse detenidamente las posibilidades de futuras ampliaciones. Un aumento en el número de estaciones podría modificar el número de canales de frecuencia necesarios para lograr un comportamiento óptimo.

6 Conclusión

Las fórmulas y resultados indicados en este Anexo pueden utilizarse a efectos de planificación. Es posible predecir la calidad de funcionamiento esperada de un sistema radioeléctrico controlado automáticamente y también determinar las limitaciones de tal sistema.

APÉNDICE 1

AL ANEXO 1

Cálculo de las probabilidades relativas a canales con colisión y ocupados

1 Probabilidad P_1 de que el canal seleccionado se encuentre libre – Sistemas ACC y SCC

En 1 h el número total de mensajes/canal/s es:

$$m = \frac{M S}{3\,600 N} \quad (15)$$

siendo:

M : mensajes/hora/estación

S : número de estaciones

N : número de canales.

El tiempo durante el cual un mensaje ocupa un canal es de T'_m (s).

La probabilidad de que aparezcan K nuevos mensajes durante el intervalo de tiempo t viene dada por la distribución de Poisson.

$$P(K) = (mt)^K e^{-mt} / K! \quad K \geq 0 \quad (16)$$

siendo m la velocidad media de transmisión de los mensajes.

Un canal se encuentra libre siempre que ninguna otra estación inicie un mensaje T'_m (s) antes o comience la transmisión de otro en los próximos T'_m (s). En consecuencia la probabilidad de que no haya mensajes ($K = 0$) en un tiempo $2T'_m$ es la probabilidad de que el canal esté libre.

A partir de la ecuación (16):

$$\begin{aligned} P(0) &= \exp(-2 m T'_m) \\ &= \exp\left(-\frac{2 M S T'_m}{3600 N}\right) \end{aligned} \quad (17)$$

Siendo:

$$M = \frac{3600 \times E}{S \times T'_m} \quad (18)$$

donde E (E) es la capacidad del tráfico total de la red.

Por consiguiente:

$$P_1(0) = \exp(-2 E/N) \quad (19)$$

1.1 Caso de una estación ACC

Cuando una estación de un sistema ACC se encuentra a plena capacidad:

$$M_{m\acute{a}x} = \frac{3600 \times E_{m\acute{a}x}}{t_1 + t_s + 2 T_m} \quad (20)$$

siendo:

t_1 : tiempo total de escucha ($T_s/(P_1 P_2 P_3 P_4)$)

t_s : tiempo total de exploración:

$$t_s = \frac{T_s (2 C + 9)}{(P_2 P_3 P_4)} \quad (21)$$

C : número de canales

T_m : tiempo que dura el mensaje.

Siendo:

$$T'_m = t_s + T_m$$

y

$$P_1 = \exp\left(-\frac{2 \times E_{m\acute{a}x} (t_s + T_m) S}{N (t_w + t_s + 2 T_m)}\right) \quad (22)$$

1.2 Caso de una estación SCC

Cuando una estación de un sistema SCC se encuentra a plena capacidad:

$$M_{m\acute{a}x} = \frac{3\,600 \times E_{m\acute{a}x}}{t_w + T_s + 2 T_m} \quad (23)$$

siendo:

t_w : tiempo total de espera ($T_s/(P_1 P_2 P_3 P_4)$)

y

$$P_1 = \exp\left(-\frac{2 \times E_{m\acute{a}x} (T_s + T_m) S}{N (t_w + T_s + 2 T_m)}\right) \quad (24)$$

2 Probabilidad P_2 de que no se produzca colisión en un canal seleccionado – ACC/SCC

La estación pasa a la escucha antes de intentar transmitir por el canal seleccionado. En consecuencia, un canal se encuentra libre siempre que ninguna otra estación genere un mensaje en el tiempo T_m .

Por lo tanto, de forma similar a la ecuación (19):

$$P_2(0) = \exp(-E/N) \quad (25)$$

e igualmente, para la condición en que la estación se encuentra a plena capacidad:

Para una estación ACC:

$$P_2 = \exp\left(-\frac{2 \times E_{m\acute{a}x} (t_s + T_m) S}{N (t_1 + t_s + 2 T_m)}\right) \quad (26)$$

Para una estación SCC:

$$P_2 = \exp\left(-\frac{2 \times E_{m\acute{a}x} (t_s + T_m) S}{N (t_w + t_s + 2 T_m)}\right) \quad (27)$$

3 Probabilidad P_3 de que la estación de destino esté libre

Cada estación tiene $2M$ mensajes por hora (M transmitidos y M recibidos).

Cada estación trata $2M/3\,600$ mensajes/s.

Una estación está libre si no se transmite ni recibe ningún mensaje durante los T'_m s previos o en los siguientes T'_m s, siendo T'_m el tiempo total que una estación está ocupada con un mensaje.

En consecuencia, la probabilidad de que esté libre $P_3(0)$ es:

$$P_3 = \exp\left(-\frac{2 M 2 T'_m}{3\,600}\right) \quad (28)$$

3.1 Para una estación ACC

Un mensaje transmitido ocupa un tiempo $t_1 + t_s + T_m$

Por consiguiente, el tiempo ocupado total es:

$$2 T'_m = t_1 + t_s + 2 T_{m1} \quad (29)$$

En este caso:

$$M = \frac{3\,600 \times E}{s(t_s + T_m)} \quad (30)$$

y

$$P_3 = \exp\left(-\frac{2 \times E(t_1 + t_s + 2 T_m)}{N(t_s + T_m)}\right) \quad (31)$$

A plena capacidad:

$$\begin{aligned} M &= \frac{3\,600 \times E_{m\acute{a}x}}{(t_1 + t_s + 2 T_m)} \\ &= \frac{3\,600 \times E_{m\acute{a}x}}{2 T'_m} \end{aligned} \quad (32)$$

y

$$P_3 = \exp(-2 \times E_{m\acute{a}x}) \quad (33)$$

3.2 Para una estación SCC

Un mensaje transmitido ocupa un tiempo $t_w + t_s + T_m$ y un mensaje recibido ocupa un tiempo T_m .

Por consiguiente, el tiempo ocupado total es:

$$2 T'_m = t_w + t_s + 2 T_m \quad (34)$$

En este caso:

$$M = \frac{3\,600 \times E}{s(t_s + T_m)} \quad (35)$$

y

$$P_3 = \exp\left(-\frac{2 \times E(t_w + t_s + 2 T_m)}{N(t_s + T_m)}\right) \quad (36)$$

Actuando a plena capacidad:

$$\begin{aligned} M &= \frac{3\,600 \times E_{m\acute{a}x}}{(t_w + t_s + 2 T_m)} \\ &= \frac{3\,600 \times E_{m\acute{a}x}}{2 T'_m} \end{aligned} \quad (37)$$

y

$$P_3 = \exp(-2 \times E_{m\acute{a}x}) \quad (38)$$

3.3 Para una estación SSCT

$$M = \frac{3600 \times 0,37 \times C_s}{S T_s / P_3} \quad (39)$$

siendo C_s el número de conjuntos de canales de llamada

y

$$P_3 = \exp\left(-\frac{4 T'_m \times 0,37 \times C_s \times P_3}{S T_s}\right) \quad (40)$$

siendo $T'_m = (6,5T_s + T_m)$

es decir:

$$P = e^{-KP}$$

y, por consiguiente, de forma aproximada: $P' = 1 - KP'$

En consecuencia:

$$P' = 1 / (1 + K) \quad (41)$$

siendo:

$$K = \frac{4 T'_m \times 0,37}{S T_s}$$

y

$$P_3 = \exp\left(-\frac{4 T'_m \times 0,37 \times P_3}{S T_s}\right) \quad (42)$$

$$P_3 = \exp\left(-\frac{4 T'_m \times 0,37 \times C_s}{S T_s + 4 T'_m \times 0,37}\right) \quad (43)$$

Cuando la estación funciona a plena capacidad:

$$M_{m\acute{a}x} = \frac{3600 \times E_{m\acute{a}x}}{2 T'_m} \quad (44)$$

y

$$P_3 = \exp(-2 \times E_{m\acute{a}x}) \quad (45)$$

4 Cálculos prácticos

Las expresiones para P_1 , P_2 y P_3 obtenidas anteriormente contienen valores tales como t_1 , t_w y t_s que contienen en sí mismos a P_1 , P_2 y P_3 . Al calcular los valores de t_1 , t_w y t_s , se suponen los valores nominales de P_1 , P_2 y P_3 . Los valores calculados para P_1 , P_2 y P_3 no resultan afectados relativamente por las variaciones en los valores supuestos utilizados al calcular t_1 , t_w y t_s . Por consiguiente, los valores de P_1 , P_2 y P_3 varían hasta alcanzar un cierto grado de compatibilidad.