



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

CCITT

COMITÉ CONSULTIVO
INTERNACIONAL
TELEGRÁFICO Y TELEFÓNICO

E.862

(11/1988)

SERIE E: EXPLOTACIÓN GENERAL DE LA RED,
SERVICIO TELEFÓNICO, EXPLOTACIÓN DEL
SERVICIO Y FACTORES HUMANOS

Calidad de servicio; conceptos, modelos, objetivos,
planificación de la seguridad de funcionamiento –
Utilización de los objetivos de calidad de servicio para la
planificación de redes de telecomunicaciones

**PLANIFICACIÓN DE LA SEGURIDAD DE
FUNCIONAMIENTO DE LAS REDES DE
TELECOMUNICACIÓN**

Reedición de la Recomendación E.862 del CCITT
publicada en el Libro Azul, Fascículo II.3 (1988)

NOTAS

1 La Recomendación E.862 del CCITT se publicó en el Fascículo II.3 del Libro Azul. Este fichero es un extracto del Libro Azul. Aunque la presentación y disposición del texto son ligeramente diferentes de la versión del Libro Azul, el contenido del fichero es idéntico a la citada versión y los derechos de autor siguen siendo los mismos (véase a continuación).

2 Por razones de concisión, el término «Administración» se utiliza en la presente Recomendación para designar a una administración de telecomunicaciones y a una empresa de explotación reconocida.

Recomendación E.862

PLANIFICACIÓN DE LA SEGURIDAD DE FUNCIONAMIENTO DE LAS REDES DE TELECOMUNICACIÓN

Introducción

En esta Recomendación se trata de modelos y métodos para la planificación de la seguridad de funcionamiento, de la explotación y el mantenimiento de redes de telecomunicación y de la aplicación de esos métodos a diversos servicios en la red internacional.

El CCITT,

considerando

- (a) que la economía es a menudo un aspecto importante de la planificación de la seguridad de funcionamiento;
- (b) que la posibilidad de lograr cierto nivel de seguridad de funcionamiento varía entre los proveedores de redes;
- (c) que los proveedores de redes actúan a menudo en un medio competitivo;
- (d) que las Recomendaciones E.845, E.850 y E.855 establecen objetivos de servibilidad;
- (e) que los objetivos de las características de seguridad de funcionamiento pueden deducirse de las Recomendaciones Q.504, Q.514, y X.134 a X.140;
- (f) que esos objetivos se han establecido de manera intuitiva en vez de basarse en un análisis de las necesidades de los usuarios;
- (g) que no existe ningún modo inequívoco de aplicar esos objetivos en la planificación;
- (h) que es necesario establecer un método para dimensionar y distribuir la seguridad de funcionamiento en la red de telecomunicación;
- (i) que los términos y definiciones relativos a los conceptos utilizados en la seguridad de funcionamiento figuran en la Recomendación E.800,

recomienda

que las Administraciones utilicen los procedimientos definidos en esta Recomendación para planificar, diseñar, operar y mantener sus redes.

1 Generalidades

La planificación de la seguridad de funcionamiento puede realizarse utilizando esencialmente dos métodos distintos:

Método intuitivo

El nivel de seguridad de funcionamiento se determina haciendo una síntesis de los objetivos y procedimientos actualmente utilizados. Se trata de un método pragmático, a falta de un método analítico, o se aplica cuando no se dispone de los datos necesarios para un análisis minucioso.

Este método refleja la situación actual, pero no es consecuente con los objetivos reales de las Administraciones: el máximo nivel económico de seguridad de funcionamiento teniendo en cuenta las necesidades y los inconvenientes de los usuarios.

Método analítico

El método analítico se basa en principios, que definen el objeto de la planificación de la seguridad de funcionamiento. Los principios se realizan mediante un modelo cuantitativo. El nivel de seguridad de funcionamiento se deduce aplicando el modelo, teniendo en cuenta todos los factores pertinentes en cada caso de planificación.

- Principio básico: el principal objeto de la planificación de la seguridad de funcionamiento es hallar un equilibrio entre las necesidades de los clientes en cuanto a seguridad de funcionamiento y su demanda de bajo coste.
- Modelo: las consecuencias de las averías se expresan en términos monetarios, y se incluyen como factores de coste adicionales en la planificación y en la optimización del coste. El factor coste refleja la experiencia de los clientes en las averías de la red, cuantificado en términos monetarios, así como los costes para las Administraciones en cuanto a la pérdida de ingresos en concepto de tráfico y mantenimiento correctivo.
- Aplicación: a la Administración se le ofrece un método para integrar la seguridad de funcionamiento como parte natural de la planificación, teniendo en cuenta la información local partiendo de un caso de planificación real. Este método permite preparar reglas de planificación simplificadas.

La aplicación del método analítico da el nivel económicamente mejor equilibrado de seguridad de funcionamiento, desde el punto de vista de los clientes. Esto reduce el riesgo de quejas de los clientes y de pérdida de actividad para los competidores, así como el riesgo de inversiones innecesarias. Por tanto, se considera que es la mejor manera de planificar la seguridad de funcionamiento, tanto para la Administración como para los clientes.

Las Recomendaciones sobre objetivos operacionales de seguridad de funcionamiento son necesarias para descubrir degradaciones y verificar y comparar la seguridad de funcionamiento en la red nacional e internacional. La experiencia derivada de la aplicación del método analítico puede justificar la revisión de las Recomendaciones existentes.

2 Medidas genéricas para la planificación de la seguridad de funcionamiento

La seguridad de funcionamiento se describe por medidas que definen la disponibilidad, la fiabilidad y la mantenibilidad de la red y de las partes que la componen, así como la logística de mantenimiento (para mantener la red). Las medidas recomendadas son:

Disponibilidad

Tiempo medio acumulado de indisponibilidad

Fiabilidad

Intensidad media de fallos

Mantenibilidad

Tiempo medio de no detección de averías

Tiempo medio hasta el restablecimiento

Tiempo medio de reparación activa

Logística de mantenimiento

Demora media administrativa

Demora media logística

Nota – Las definiciones de estas medidas figuran en la Recomendación E.800 y en el suplemento N.º 6.

3 Características de las averías de la red

Las averías que se producen en la red de telecomunicación se caracterizan principalmente por sus repercusiones en el servicio proporcionado por la red, es decir, por la perturbación que causan al tráfico. Entre las medidas importantes que determinan la perturbación del tráfico debido a una avería figuran las siguientes:

Duración de la avería (tiempo medio de indisponibilidad), T en horas (h)

Intensidad media de tráfico afectado por la avería, A en erlangs (E)

Probabilidad media de congestión durante la avería, P

La gravedad de una avería depende también de la influencia que tenga para los clientes, así como de la pérdida de ingresos de las Administraciones. Para expresar este hecho, el valor de un volumen de unidad de tráfico (Eh) perturbado por la avería se cuantifica en términos económicos.

Medida: la evaluación económica del volumen de tráfico afectado es c (unidades monetarias por Eh)

Hay varios factores que pueden influir en esta variable, tales como:

- la categoría de clientes y los servicios afectados;
- el grado de congestión o de perturbación de la transmisión durante la avería;
- la duración de la avería;
- la accesibilidad a medios de comunicación alternativos para los clientes afectados;
- hora del día, semana o año de la avería;
- frecuencia con que se han producido averías en el pasado.

Además, el coste de mantenimiento correctivo para las Administraciones contribuye también a la evaluación de las consecuencias de las averías.

Medida: el coste de mantenimiento por avería es c_m (unidades monetarias por avería)

4 Planificación de la economía óptima

4.1 Dimensionamiento económico y método de distribución

Expresado matemáticamente, el principio esencial para planificar la seguridad de funcionamiento es hallar acciones que minimicen el coste total de la red:

$$\min \{ C_I + C_m \cdot d + C_t \cdot d + \dots \}$$

donde

C_I son los costes de inversión para lograr cierto grado de seguridad de funcionamiento,

C_m son los costes anuales previstos del mantenimiento correctivo,

C_t son los costes previstos de la perturbación anual del tráfico,

d es el factor de descuento para calcular el valor actual del coste anual a lo largo de la duración de la inversión.

C_t refleja la molestia causada por las averías, y debe considerarse como el parámetro de servicio básico para dimensionar y distribuir la seguridad de funcionamiento en la red en determinadas condiciones.

Una acción es óptima si se cumplen las dos condiciones siguientes:

- 1) El beneficio de la acción (por ejemplo, menor coste de la perturbación del tráfico) es mayor que el coste, es decir, la acción es rentable.
- 2) La acción es la mejor en el sentido de que la relación beneficio/coste es máxima. No existen acciones alternativas que proporcionen mayor beneficio.

El método apunta un beneficio desde el punto de vista del cliente, es decir, las acciones no son necesariamente rentables para la Administración, a corto plazo. Por tanto, hay que aumentar las tarifas y las tasas para financiar las acciones. Sin embargo, como política generalmente más rentable para la Administración, a la larga se recomienda satisfacer las necesidades del cliente.

Este método puede aplicarse para planificar todas las partes de la red nacional e internacional y para dimensionar la seguridad de funcionamiento de los componentes de la red y el nivel de logística de mantenimiento. Puede utilizarse en la planificación a corto plazo, así como en la optimización a largo plazo y en la planificación estratégica.

El método no pierde actualidad debido a la evolución tecnológica, a los cambios en la estructura de los costes, etc. La seguridad de funcionamiento se convierte en una media reductora (monetaria) que permite evaluar más fácilmente las acciones para fomentar esa seguridad y comparar diferentes alternativas y elegir entre ellas.

4.2 Modelo para evaluar el coste de la perturbación del tráfico

El coste anual de la perturbación del tráfico se obtiene multiplicando el volumen de tráfico perturbado (perdido, retardado o afectado por degradaciones de la transmisión) por la evaluación monetaria del volumen de tráfico perturbado, c y la intensidad media de fallos, z , lo que da:

$$C_t = PAzTc$$

donde

T es la duración del estado de mayor congestión o degradación de la transmisión debido a la avería, principalmente el tiempo de indisponibilidad. Sin embargo, podría tener que incluirse también la congestión debida a la sobrecarga de tráfico una vez reparada la avería.

A es la intensidad del tráfico ofrecido.

P es la parte del volumen de tráfico ofrecido en el tiempo T , retardado o perdido.

z es la intensidad media de fallos.

c es la evaluación monetaria del volumen de tráfico perturbado; c puede depender de un número cualquiera de factores, es decir, $c = c(P, T, A, \dots)$.

Suponiendo variaciones de tráfico, $A(t)$, y en consecuencia, variaciones de congestión, $P[A(t)] = P(t)$, A y P se calculan como sigue:

$$P = \frac{\int_0^T A(t) P(t) dt}{\int_0^T A(t) dt} \quad A = \frac{1}{T} \int_0^T A(t) dt$$

Normalmente, no es posible predecir el instante en que se producirá un fallo. En este caso, A es la media durante un largo periodo que incorpora variaciones anuales y tendencias a largo plazo. P se calcula utilizando un perfil de tráfico medio. Las Recomendaciones E.506, E.510 y E.520 a E.523 tratan los métodos para calcular el tráfico.

4.3 Evaluación económica del volumen de tráfico perturbado, c

El factor c refleja el nivel de ambición de una Administración o empresa de explotación en cuanto a la planificación de la seguridad de funcionamiento. Una elevada evaluación de c dará un alto nivel de seguridad de funcionamiento, y viceversa. Los valores utilizados por una Administración están relacionados con el grado en que la sociedad depende de las telecomunicaciones, lo cual puede depender a su vez del nivel de vida, de la economía nacional, del nivel de precios, etc. Por tanto, corresponde a cada país determinar el valor de c a nivel nacional.

Ahora bien, se recomienda que c refleje la experiencia combinada de la Administración y el cliente, es decir, que debe consistir en:

- 1) la pérdida de ingresos para la Administración debido al tráfico no recurrente después de la avería;
- 2) una evaluación de la pérdida económica media del cliente debido a una unidad de volumen de tráfico (Erlang-hora, Eh) afectado por una avería;
- 3) un precio simbólico que refleje la molestia experimentada por el cliente medio.

La suma de 2) y 3) debe reflejar el precio que el cliente medio está dispuesto a pagar para evitar un Eh de tráfico ofrecido, retardado o perdido debido a una avería. El resultado dará, pues, un nivel de seguridad de funcionamiento satisfactorio para los clientes, y que están dispuestos a pagar.

Se recomienda a las Administraciones que realicen sus propias investigaciones entre sus clientes con el fin de determinar los valores que deben utilizarse para planificación. En el anexo B figura un ejemplo de dicha investigación.

De no ser posible, pueden obtenerse estimaciones aproximadas de la información relativa a las acciones seguidas en la red actual. El coste de una acción se compara con la cantidad de tráfico que salva. Las acciones consideradas intuitivamente razonables dan un límite inferior de c , y las evidentemente no razonables, un límite superior. Los valores así obtenidos se utilizan, pues, en la optimización, partiendo del supuesto de que son también válidos para planificar la futura red.

Si no es posible en absoluto estimar c , el método puede aún utilizarse para hallar la atribución óptima de una determinada cantidad de recursos. El nivel de seguridad de funcionamiento, en este caso, no satisface, empero, necesariamente a los clientes.

4.4 Procedimiento de planificación

Los costes de la perturbación del tráfico se incluyen como factores adicionales de coste en los cálculos económicos de la planificación, integrando así la seguridad de funcionamiento como parte natural de la planificación.

El procedimiento de planificación de la seguridad de funcionamiento se realiza en cuatro etapas:

Etapa 1: Planificar una red que logre los requisitos funcionales y de capacidad.

El punto de partida es una red planificada y dimensionada de manera que se cumplan los requisitos funcionales y de capacidad, pero sin considerar especialmente la seguridad de funcionamiento (alternativa cero). La segunda etapa consiste en conocer los cambios que puedan ser necesarios para fomentar la seguridad de funcionamiento.

Etapa 2: Buscar acciones para fomentar la seguridad de funcionamiento.

Se requieren acciones para fomentar la seguridad de funcionamiento si los costes de perturbación del tráfico son elevados o si pueden emprenderse las acciones a bajo coste. A continuación figura una lista no exhaustiva que puede servir para identificar acciones:

- Protección del equipo a fin de impedir fallos
- Elección de equipo fiable y mantenible
- Modernización del equipo antiguo y reinversión en el mismo
- Redundancia
- Sobredimensionamiento
- Acrecentamiento de la logística de mantenimiento
- Acciones de gestión de red para reducir los efectos de las averías.

Etapa 3: Analizar las acciones.

Expresar mejoras en lo relativo a los cambios de la perturbación del tráfico y los costes de mantenimiento ($\Delta C_t + \Delta C_m$) para cada acción. Sólo hay que calcular los costes que difieren entre alternativas. En el anexo A se dan ejemplos de modelos de seguridad de funcionamiento para el diseño de redes, para planificar la logística de mantenimiento y para determinar los requisitos de los componentes de la red.

Comparar $\Delta C_t + \Delta C_m$ con el coste de inversión incrementado (ΔC_I) de cada acción; por ejemplo, mediante el método de valor actual.

Elegir la mejor serie de acciones, es decir, la que da el menor coste total.

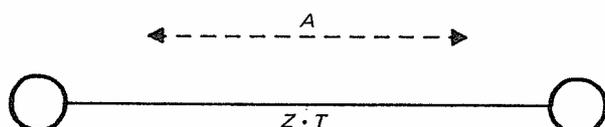
Etapa 4: Comprobar que se cumplen los requisitos mínimos.

Mediante disposiciones gubernamentales o Recomendaciones del CCITT puede estipularse un nivel de servicio mínimo, por razones comerciales u otras. Corresponde a cada país establecer los requisitos mínimos a nivel nacional. Para la planificación de la red internacional, se recomienda a las Administraciones que comprueben si se cumplen los objetivos de seguridad de funcionamiento deducibles de las Recomendaciones del CCITT vigentes. Si no, deben examinarse más detenidamente las razones. Si se justifica, debe ajustarse el nivel de seguridad de funcionamiento.

4.4.1 Ejemplo numérico

Etapa 1: Red planificada sin considerar especialmente la seguridad de funcionamiento.

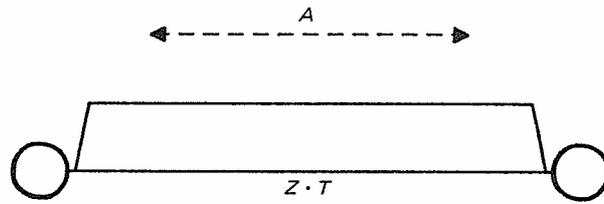
La red estudiada es el enlace entre dos centrales.



T0201480-88

Etapa 2: Buscar acciones para fomentar la seguridad de funcionamiento.

La acción considerada consiste en introducir un cable físicamente redundante. Se supone que está dimensionado para cursar toda la carga de tráfico, es decir, que un solo fallo no perturbará al tráfico.



T0201490-88

Etapa 3: Analizar la acción.

Supuestos

Intensidad de fallos	z	= 0,1 fallos/años
Tiempo medio de indisponibilidad	T	= 24 h
Tráfico medio ofrecido	A	= 100 E
Congestión	P	= 1 (sin redundancia)
	P	= 0 (con redundancia)
Evaluación monetaria del volumen de tráfico perturbado	c	= 400 unidades monetarias/Eh
Factor de descuento (duración 25 años, interés 5% anual)	d	= 14
Coste de mantenimiento por fallo	c_m	= 1000 unidades monetarias/fallo
Coste del cable redundante	C_I	= 400 000 unidades monetarias

Cálculos

Costes de la perturbación del tráfico en redes sin redundancia:

$$C_t = P \cdot A \cdot z \cdot T \cdot c = (1)(100)(0,1)(24)(400) = 96\ 000 \text{ al año}$$

$$\text{Valor actual } C_t d = (96\ 000)(14) = 1\ 344\ 000$$

Costes de la perturbación del tráfico en redes con redundancia (la posibilidad de averías simultáneas es despreciable):

$$C_t = 0$$

Modificación de los costes de perturbación del tráfico:

$$\Delta C_t d = 0 - 1\ 344\ 000 = -1\ 344\ 000$$

Costes de mantenimiento sin redundancia:

$$C_m = z c_m = (0,1)(1000) = 100 \text{ al año}$$

$$\text{Valor actual } C_m d = (100)(14) = 1400$$

Costes de mantenimiento con redundancia:

$$C_m = 2z c_m = (2)(0,1)(1000) = 200 \text{ al año}$$

$$\text{Valor actual } C_m d = (200)(14) = 2800$$

Modificación de los costes de mantenimiento:

$$\Delta C_m d = 2800 - 1400 = 1400$$

Reducción del coste:

$$\Delta C_t d + \Delta C_m d = -1\ 344\ 000 + 1400 = -1\ 342\ 600$$

Modificación del coste total:

$$\Delta C_I + \Delta C_m d + \Delta C_t d = 400\ 000 - 1\ 342\ 600 = -942\ 600$$

Conclusión

Como $\Delta C_l + \Delta C_m d + \Delta C_r d < 0$, la acción es rentable. El que sea óptima o no depende de que haya acciones alternativas más rentables.

Etapa 4: Verificar los requisitos mínimos.

Debe adoptarse toda acción adicional para atender los requisitos gubernamentales (por razones de defensa, emergencia, etc.).

5 Aplicaciones a la red internacional

5.1 Valor de c para el tráfico internacional (para ulterior estudio)

Con el fin de dimensionar y distribuir la seguridad de funcionamiento entre las diferentes partes de la red internacional, debe establecerse una manera uniforme de evaluar el tráfico afectado. Como guía para la planificación de la red internacional se recomienda utilizar los siguientes valores (c_i)

$$c_i = x_i DEG : s/Eh \quad (\text{los valores han de determinarse})$$

Los valores se refieren a un año de referencia dado. Debe tenerse en cuenta la subida de precios debida a la inflación, el que la sociedad dependa en mayor grado de las telecomunicaciones, etc.

5.2 Recomendaciones sobre la planificación (para ulterior estudio)

Una vez establecidos los valores de c , es posible efectuar análisis económicos sobre la seguridad de funcionamiento de la red internacional. Esos estudios han de realizarse en forma análoga, utilizando en parte los mismos datos que para los estudios de coste relativos a la tasación y a la contabilidad.

La finalidad de los estudios es llegar a recomendaciones de planificación, por ejemplo, sobre la cantidad de redundancia, logística de mantenimiento, etc., en diferentes partes de la red internacional.

5.3 Objetivos operacionales de la seguridad de funcionamiento (para ulterior estudio)

El resultado del análisis económico sobre seguridad de funcionamiento de la red internacional se presenta en términos de fiabilidad, mantenibilidad y logística de mantenimiento de diferentes partes de la red. Esto ayudará a las Administraciones a verificar y comprobar sus redes con el fin de descubrir degradaciones, planificaciones erróneas, etc.

ANEXO A

(a la Recomendación E.862)

Modelos simplificados para la planificación de la seguridad de funcionamiento

A.1 Generalidades

La finalidad de este anexo es mostrar ejemplos sencillos de cómo pueden utilizarse diferentes modelos de seguridad de funcionamiento para calcular los costes de perturbación del tráfico y la manera de utilizar los cálculos en la planificación. En el § 4.4 figura una lista de acciones. Las aplicaciones pueden dividirse en:

- planificación de la red (§ A.2 y A.3);
- dimensionamiento de la seguridad de funcionamiento de los componentes de la red (§ A.4);
- planificación de la logística de mantenimiento (§ A.5).

A.2 Ejemplo: redundancia

El coste de la perturbación del tráfico de una parte con redundancia formada por dos elementos independientes, según se indica en la figura A-1/E.862 es:

$$C_t = P_1 z_1 T_1 A c(P_1) + P_2 z_2 T_2 A c(P_2) + z_1 z_2 T_1 T_2 A c(1)/8760$$

donde

P_1 es la congestión media cuando el elemento 1 está averiado,

P_2 es la congestión media cuando el elemento 2 está averiado.

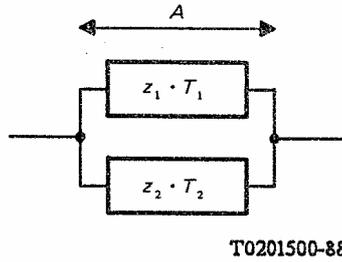


FIGURA A-1/E.862

Un caso sencillo es cuando los dos elementos son idénticos y cada uno puede transportar toda la carga de tráfico:

$$C_t = z^2 T^2 A c(1) / 8760$$

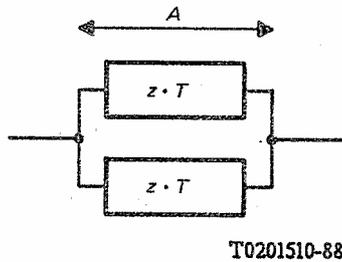


FIGURA A-2/E.862

Introduciendo un elemento redundante, los costes de la perturbación del tráfico pueden reducirse en:

$$\Delta C_t = z T A c(1) - z^2 T^2 A c(1) / 8760$$

El segundo término es con frecuencia despreciable, con lo que ΔC_t puede aproximarse por $\Delta C_t = z T A c(1)$.

A.3 Ejemplo: dimensionamiento óptimo de rutas diversificadas

El problema consiste en determinar el número óptimo de canales, N_1 y N_2 , respectivamente, para los que deben dimensionarse las dos rutas redundantes, véase la figura A-3/E.862.

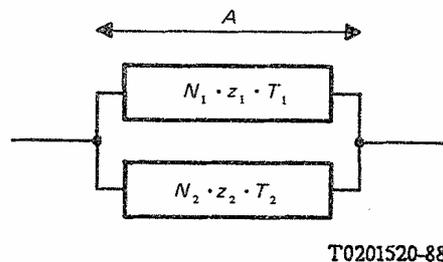


FIGURA A-3/E.862

Siendo C_N el coste por canal, la atribución óptima de canales en cada sentido se halla resolviendo

$$\min_{N_1, N_2} \left\{ (N_1 \cdot C_{N1} + N_2 \cdot C_{N2}) + (P_1 \cdot A \cdot z_1 \cdot T_1 \cdot C(P_1) + P_2 \cdot A \cdot z_2 \cdot T_2 \cdot C(P_2)) \cdot d \right\}$$

Esto implica un sobredimensionamiento en la condición sin avería. Los beneficios que supone no se incluyen en esta fórmula. El efecto de las averías simultáneas no influye en la optimización.

A.4 Ejemplo: tiempo de prueba óptimo

Suponiendo que la intensidad de fallos, $z(t)$ después de cierto tiempo de funcionamiento (t) viene dada por:

$$z(t) = z_0 + ze^{-bt}$$

donde

$z_0 + z$ es la intensidad de fallos para $t = 0$,

z_0 es la intensidad de fallos constante después del periodo de fallos inicial,

b es el factor que determina la disminución de la intensidad de fallos durante el periodo de fallos inicial.

Las averías pueden corregirse mediante pruebas, antes de que den lugar a la perturbación del tráfico y a costes de mantenimiento. Suponiendo que:

$c_m + ATc$ son los costes de mantenimiento y de perturbación del tráfico por avería,

C es el coste por año de prueba.

El tiempo de prueba óptimo (t') se obtiene resolviendo:

$$\min_t \left\{ tC + \frac{z}{b} e^{-bt} (c_m + ATc) \right\}$$

siendo

$\frac{z}{b} e^{-bt}$ el número adicional de averías que se producen en operación, en función del tiempo de prueba.

$$\text{Tiempo de prueba óptimo } t' = \frac{1}{b} \ln \frac{z(c_m + ATc)}{C}$$

A.5 Ejemplo: número óptimo de unidades de mantenimiento

La demora media $w(N)$ en función del número de hombres de mantenimiento (N) puede expresarse matemáticamente en algunos casos utilizando la teoría de colas. El caso más sencillo es aquel en que los tiempos entre fallos y los tiempos de reparación se distribuyen exponencialmente (un modelo de cola $M/M/N$); $w(N)$ se obtiene calculando:

$$w(N) = \left[\frac{(z/\mu)^N \cdot \mu}{(N-1)! (N\mu - z)^2} \right] / \left[\sum_{k=0}^{N-1} \frac{1}{k!} \left(\frac{z}{\mu} \right)^k + \frac{1}{N!} \left(\frac{z}{\mu} \right)^N \left(\frac{N}{N\mu - z} \right) \right]$$

donde

N es el número de unidades de mantenimiento,

z es la intensidad de fallos,

$w(N)$ es la demora media en función de N ,

A es la intensidad de tráfico afectada,

c es la evaluación del volumen de tráfico afectado,

μ es la tasa de reparación.

El modelo puede perfeccionarse teniendo en cuenta las clases de prioridad. También es posible interrumpir, como consecuencia de averías de mayor prioridad, asignaciones de menor prioridad.

Si C_N es el coste anual por unidad de mantenimiento, el número óptimo de unidades de mantenimiento se obtiene resolviendo:

$$\min_N \{ NC_N + zw(N)Ac \}$$

ANEXO B

(a la Recomendación E.862)

Ejemplos de investigación para la evaluación monetaria del volumen de tráfico perturbado, c

B.1 La finalidad es llegar a datos de coste para evaluar c . Se estudian diferentes grupos de clientes y su evaluación monetaria de fallos totales y parciales con respecto a las relaciones de tráfico típicas y a diferentes servicios. Las investigaciones se realizan entre clientes particulares (o residenciales) y comerciales, sobre la base de los siguientes supuestos:

- a) Los clientes resultan afectados por interrupciones de la telecomunicación principalmente en dos formas: en términos de molestia y de costes directos.
- b) Para los clientes particulares, probablemente predomine la molestia. Para los clientes comerciales, puede ser importante el coste directo.
- c) Tanto el coste como la molestia crecen con la duración de las interrupciones y la cantidad de tráfico perturbado.
- d) Como consecuencia natural de las grandes variaciones de dependencia de las telecomunicaciones, tanto los costes como la molestia varían mucho.
- e) Los clientes particulares no pueden cuantificar su molestia en términos monetarios. Las averías en los teléfonos particulares originan sobre todo enfado, y no costes directos (salvo en el caso de averías duraderas).

B.2 *Averías completas*

B.2.1 *Tráfico comercial*

Se pide a compañías elegidas al azar que respondan a la siguiente pregunta: «¿Cuál es el coste estimado aproximado de una interrupción total del teléfono o del servicio de datos en relación con tiempos de indisponibilidad de 5 minutos, 1 hora, 4 horas, 8 horas, 24 horas y 3 días?».

A las compañías que sufren una avería concreta se les pregunta: «¿Cuál es el coste estimado de la avería que acaban de experimentar?».

Puede hacerse una estimación de la intensidad del tráfico afectado en relación con las interrupciones totales, sobre la base del número de líneas de la central y el número de terminales de datos para comunicaciones de cada empresa, junto con información acerca de cómo se dimensionan los enlaces y las medidas de la intensidad de llamadas de varias clases de clientes.

Sobre la base de un coste declarado, se estima c con la siguiente fórmula:

$$c = \frac{\text{(coste declarado por el cliente)}}{\text{(intensidad de tráfico media) (tiempo de indisponibilidad)}}$$

Los valores medios de c para tráfico telefónico y de datos se calculan con respecto a diferentes gremios mediante un perfil de mercado (distribución de puestos de trabajo por gremio).

B.2.2 *Clientes particulares*

Pueden celebrarse discusiones en grupo sobre interrupciones para llegar a evaluaciones razonables. Cuando se muestra poca disposición a pagar una mayor seguridad de funcionamiento, se asigna un valor relativamente bajo a c .

B.3 *Averías parciales*

Una interrupción parcial de una relación de tráfico entraña costes para el cliente, sobre todo en forma de demoras para el comercio. Utilizando un salario por hora calculado, se estima este coste para los clientes comerciales. Sobre la base de la información sobre la cantidad de tráfico comercial y particular, se obtiene un valor medio de c para el tráfico perturbado por averías parciales.

B.4 Resultados

En el cuadro B-1/E.862 figuran algunos ejemplos de cifras obtenidas por la Administración sueca. Las cifras se han utilizado en varios casos de planificación. En ellas se incluye la pérdida de ingresos para las Administraciones. Las cifras de coste y el tipo de cambio se refieren al 1 de enero de 1986 (1 corona sueca \approx 0,1 dólares de EE.UU.).

CUADRO B-1/E.862

Evaluación económica de comunicación impedida (c)		
Campo de aplicación	Clase de fallo	
	Avería completa ($P = 1$)	Avería parcial ($P < 0,5$)
Clientes comerciales con una gran proporción de tráfico de datos	1000 cor.s./Eh	250 cor.s./Eh
Red de larga distancia	400 cor.s./Eh	100 cor.s./Eh
Clientes de una zona de población dispersa. Costes elevados de la comunicación alternativa	200 cor.s./Eh	50 cor.s./Eh
Valor medio para zonas donde la mayoría de los clientes son particulares	100 cor.s./Eh	25 cor.s./Eh
Zona residencial donde es fácil obtener servicios esenciales. Bajo coste de la comunicación alternativa	30 cor.s./Eh	10 cor.s./Eh

SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

Serie A	Organización del trabajo del UIT-T
Serie B	Medios de expresión: definiciones, símbolos, clasificación
Serie C	Estadísticas generales de telecomunicaciones
Serie D	Principios generales de tarificación
Serie E	Explotación general de la red, servicio telefónico, explotación del servicio y factores humanos
Serie F	Servicios de telecomunicación no telefónicos
Serie G	Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales
Serie H	Sistemas audiovisuales y multimedios
Serie I	Red digital de servicios integrados
Serie J	Transmisiones de señales radiofónicas, de televisión y de otras señales multimedios
Serie K	Protección contra las interferencias
Serie L	Construcción, instalación y protección de los cables y otros elementos de planta exterior
Serie M	RGT y mantenimiento de redes: sistemas de transmisión, circuitos telefónicos, telegrafía, facsímil y circuitos arrendados internacionales
Serie N	Mantenimiento: circuitos internacionales para transmisiones radiofónicas y de televisión
Serie O	Especificaciones de los aparatos de medida
Serie P	Calidad de transmisión telefónica, instalaciones telefónicas y redes locales
Serie Q	Conmutación y señalización
Serie R	Transmisión telegráfica
Serie S	Equipos terminales para servicios de telegrafía
Serie T	Terminales para servicios de telemática
Serie U	Conmutación telegráfica
Serie V	Comunicación de datos por la red telefónica
Serie X	Redes de datos y comunicación entre sistemas abiertos
Serie Y	Infraestructura mundial de la información y aspectos del protocolo Internet
Serie Z	Lenguajes y aspectos generales de soporte lógico para sistemas de telecomunicación