



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

E.524

(05/99)

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

Calidad de servicio, gestión de la red e ingeniería de
tráfico – Ingeniería de tráfico – Determinación del número
de circuitos necesarios en explotación automática y
semiautomática

**Aproximaciones del tráfico de desbordamiento
para flujos de tráfico no aleatorios**

Recomendación UIT-T E.524

(Anteriormente Recomendación del CCITT)

RECOMENDACIONES UIT-T DE LA SERIE E

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

EXPLOTACIÓN, NUMERACIÓN, ENCAMINAMIENTO Y SERVICIO MÓVIL	
EXPLOTACIÓN DE LAS RELACIONES INTERNACIONALES	
Definiciones	E.100–E.103
Disposiciones de carácter general relativas a las Administraciones	E.104–E.119
Disposiciones de carácter general relativas a los usuarios	E.120–E.139
Explotación de las relaciones telefónicas internacionales	E.140–E.159
Plan de numeración del servicio telefónico internacional	E.160–E.169
Plan de encaminamiento internacional	E.170–E.179
Tonos utilizados en los sistemas nacionales de señalización	E.180–E.199
Servicio móvil marítimo y servicio móvil terrestre público	E.200–E.229
DISPOSICIONES OPERACIONALES RELATIVAS A LA TASACIÓN Y A LA CONTABILIDAD EN EL SERVICIO TELEFÓNICO INTERNACIONAL	
Tasación en el servicio internacional	E.230–E.249
Medidas y registro de la duración de las conferencias a efectos de la contabilidad	E.260–E.269
UTILIZACIÓN DE LA RED TELEFÓNICA INTERNACIONAL PARA APLICACIONES NO TELEFÓNICAS	
Generalidades	E.300–E.319
Telefotografía	E.320–E.329
DISPOSICIONES DE LA RDSI RELATIVAS A LOS USUARIOS	E.330–E.399
CALIDAD DE SERVICIO, GESTIÓN DE LA RED E INGENIERÍA DE TRÁFICO	
GESTIÓN DE RED	
Estadísticas relativas al servicio internacional	E.400–E.409
Gestión de la red internacional	E.410–E.419
Comprobación de la calidad del servicio telefónico internacional	E.420–E.489
INGENIERÍA DE TRÁFICO	
Medidas y registro del tráfico	E.490–E.505
Previsiones del tráfico	E.506–E.509
Determinación del número de circuitos necesarios en explotación manual	E.510–E.519
Determinación del número de circuitos necesarios en explotación automática y semiautomática	E.520–E.539
Grado de servicio	E.540–E.599
Definiciones	E.600–E.699
Ingeniería de tráfico de RDSI	E.700–E.749
Ingeniería de tráfico de redes móviles	E.750–E.799
CALIDAD DE LOS SERVICIOS DE TELECOMUNICACIÓN: CONCEPTOS, MODELOS, OBJETIVOS, PLANIFICACIÓN DE LA SEGURIDAD DE FUNCIONAMIENTO	
Términos y definiciones relativos a la calidad de los servicios de telecomunicación	E.800–E.809
Modelos para los servicios de telecomunicación	E.810–E.844
Objetivos para la calidad de servicio y conceptos conexos de los servicios de telecomunicaciones	E.845–E.859
Utilización de los objetivos de calidad de servicio para la planificación de redes de telecomunicaciones.	E.860–E.879
Recopilación y evaluación de datos reales sobre la calidad de funcionamiento de equipos, redes y servicios	E.880–E.899

**APROXIMACIONES DEL TRÁFICO DE DESBORDAMIENTO
PARA FLUJOS DE TRÁFICO NO ALEATORIOS**

Resumen

Para asegurar un diseño y una planificación de redes precisos en presencia de múltiples flujos de tráfico (procedentes, por ejemplo, de diferentes servicios en la misma red), es imperativo determinar las medias y las varianzas de los desbordamientos de los diferentes flujos de tráfico ofrecidos a una disposición de haz de circuitos común. El cálculo exacto de estos parámetros para los distintos flujos de tráfico de desbordamiento es un problema muy difícil. Por tanto, esta Recomendación introduce diferentes métodos aproximados para el cálculo de los distintos flujos de desbordamiento. Estos métodos se evalúan en términos de exactitud, tiempo de tratamiento, capacidad de memoria y programación necesarios. La presente Recomendación también proporciona ejemplos de resultados numéricos basados en cálculos exactos con los que pueden compararse los resultados basados en estos métodos.

Orígenes

La Recomendación UIT-T E.524, ha sido revisada por la Comisión de Estudio 2 (1997-2000) del UIT-T y fue aprobada por el procedimiento de la Resolución N.º 1 de la CMNT el 10 de mayo de 1999.

PREFACIO

La UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) es el organismo especializado de las Naciones Unidas en el campo de las telecomunicaciones. El UIT-T (Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT) es un órgano permanente de la UIT. Este órgano estudia los aspectos técnicos, de explotación y tarifarios y publica Recomendaciones sobre los mismos, con miras a la normalización de las telecomunicaciones en el plano mundial.

La Conferencia Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (CMNT), que se celebra cada cuatro años, establece los temas que han de estudiar las Comisiones de Estudio del UIT-T, que a su vez producen Recomendaciones sobre dichos temas.

La aprobación de Recomendaciones por los Miembros del UIT-T es el objeto del procedimiento establecido en la Resolución N.º 1 de la CMNT.

En ciertos sectores de la tecnología de la información que corresponden a la esfera de competencia del UIT-T, se preparan las normas necesarias en colaboración con la ISO y la CEI.

NOTA

En esta Recomendación, la expresión *empresa de explotación reconocida (EER)* designa a toda persona, compañía, empresa u organización gubernamental que explote un servicio de correspondencia pública. Los términos *Administración*, *EER* y *correspondencia pública* están definidos en la *Constitución de la UIT (Ginebra, 1992)*.

PROPIEDAD INTELECTUAL

La UIT señala a la atención la posibilidad de que la utilización o aplicación de la presente Recomendación suponga el empleo de un derecho de propiedad intelectual reivindicado. La UIT no adopta ninguna posición en cuanto a la demostración, validez o aplicabilidad de los derechos de propiedad intelectual reivindicados, ya sea por los miembros de la UIT o por terceros ajenos al proceso de elaboración de Recomendaciones.

En la fecha de aprobación de la presente Recomendación, la UIT no ha recibido notificación de propiedad intelectual, protegida por patente, que puede ser necesaria para aplicar esta Recomendación. Sin embargo, debe señalarse a los usuarios que puede que esta información no se encuentre totalmente actualizada al respecto, por lo que se les insta encarecidamente a consultar la base de datos sobre patentes de la TSB.

© UIT 1999

Es propiedad. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse o utilizarse, de ninguna forma o por ningún medio, sea éste electrónico o mecánico, de fotocopia o de microfilm, sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

ÍNDICE

	Página
1 Alcance.....	1
2 Referencias.....	1
3 Términos y definiciones.....	1
4 Abreviaturas.....	1
5 Introducción.....	1
6 Métodos propuestos.....	2
6.1 Método IPP.....	2
6.2 Método EC.....	3
6.3 Método AWW.....	3
6.3.1 Bloqueo del tráfico de desbordamiento.....	4
6.3.2 Fórmula de Wallström para bloqueo individual.....	4
6.3.3 Tratamiento de las varianzas de desbordamiento.....	4
6.4 Método EPS.....	5
7 Ejemplos y criterios de comparación.....	6
8 Resumen de los resultados.....	13
9 Historial.....	13

Recomendación E.524

APROXIMACIONES DEL TRÁFICO DE DESBORDAMIENTO PARA FLUJOS DE TRÁFICO NO ALEATORIOS

(revisada en 1999)

1 Alcance

Esta Recomendación presenta métodos aproximados para el cálculo de las medias y varianzas de los flujos de desbordamiento para los distintos flujos de tráfico (no aleatorios) ofrecidos a un haz de circuitos.

2 Referencias

Las siguientes Recomendaciones del UIT-T y otras referencias contienen disposiciones que, mediante su referencia en este texto, constituyen disposiciones de la presente Recomendación. Al efectuar esta publicación, estaban en vigor las ediciones indicadas. Todas las Recomendaciones y otras referencias son objeto de revisiones por lo que se preconiza que los usuarios de esta Recomendación investiguen la posibilidad de aplicar las ediciones más recientes de las Recomendaciones y otras referencias citadas a continuación. Se publica periódicamente una lista de las Recomendaciones UIT-T actualmente vigentes.

- Recomendación CCITT E.521 (1988), *Cálculo del número de circuitos de un haz utilizado para cursar el tráfico de desbordamiento.*
- Recomendación UIT-T E.600 (1993), *Términos y definiciones de ingeniería de tráfico.*

3 Términos y definiciones

Los términos generales y las definiciones se indican en la Recomendación E.600; la notación utilizada en la descripción de los métodos propuestos aparece con los propios métodos en la cláusula 6.

4 Abreviaturas

En esta Recomendación se utilizan las siguientes siglas.

AWW Wilkinson Wallstrom aproximado (*approximate Wilkinson Wallstrom*)

EC Capacidad equivalente (*equivalent capacity*)

EPS Flujo de Poisson equivalente (*equivalent Poisson stream*)

ERT Tráfico aleatorio equivalente (*equivalent random traffic*)

IPP Proceso de Poisson interrumpido (*interrupted Poisson process*)

5 Introducción

Esta Recomendación presenta métodos aproximados para el cálculo de las medias y varianzas de los flujos de desbordamiento para los distintos flujos de tráfico (no aleatorios) ofrecidos a un haz de circuitos.

Los métodos considerados son complementos necesarios de los métodos que figuran en la actual Recomendación E.521 cuando hay que tener en cuenta conceptos tales como la ingeniería de agrupación con igualación del servicio, la protección del servicio y el grado de servicio de extremo a extremo. En este caso, la Recomendación E.521 es insuficiente porque trata al grado de servicio sólo para un flujo de tráfico no aleatorio en un haz de circuitos.

Los métodos de diseño relativos a los conceptos mencionados se estudiarán ulteriormente tomando como base la presente Recomendación cuando en el futuro complementen o sustituyan a la Recomendación E.521.

Los métodos propuestos en esta Recomendación se evalúan en función de los criterios siguientes: exactitud, tiempo de tratamiento, capacidad de memoria y programación necesarios. Pueden resultar pertinentes otros criterios y añadirse en el futuro.

En la cláusula 6 se describen brevemente los métodos propuestos. En la cláusula 7 figura un conjunto de ejemplos de disposiciones de haces de circuitos para las cuales se han calculado exactamente las medias y varianzas (solución exacta de las ecuaciones de estado) que permiten comparar los resultados de los métodos. Estos resultados se resumen en el cuadro 2, donde para cada método se indican los criterios importantes. Al final de esta Recomendación figura la bibliografía de cada método, con información detallada sobre los fundamentos matemáticos de dichos métodos.

6 Métodos propuestos

Se consideran los siguientes métodos:

- a) método IPP;
- b) método EC;
- c) método AWW;
- d) método EPS.

6.1 Método IPP

El método IPP es un proceso de Poisson interrumpido por un conmutador aleatorio. La duración del ciclo de trabajo (plazos cerrado/abierto) del conmutador aleatorio tiene una distribución exponencial negativa. El tráfico que desborda de un haz de circuitos puede aproximarse con exactitud mediante un IPP, porque este proceso puede representar las características globales del tráfico de desbordamiento. El IPP está caracterizado por tres parámetros, a saber, la intensidad del tráfico durante el periodo cerrado del conmutador, y las duraciones medias del ciclo de trabajo. Para aproximar el tráfico de desbordamiento mediante el IPP se determinan estos tres parámetros, de modo que algunos momentos del tráfico de desbordamiento coinciden con los del IPP.

En esta Recomendación se examinan los dos métodos siguientes de adaptación de momentos:

- el método de adaptación de tres momentos [1], donde los parámetros del IPP se determinan de modo que los tres primeros momentos del IPP coincidan con los del tráfico de desbordamiento;
- el método de adaptación de relaciones de cuatro momentos [2], donde los parámetros del IPP se determinan de modo que el primer momento y las relaciones de los momentos binomiales segundo/tercero y séptimo/octavo del IPP coincidan con los del tráfico de desbordamiento.

Para analizar un haz de circuitos por el que se encaminan simultáneamente varios flujos de Poisson y de tráfico de desbordamiento, cada flujo de tráfico de desbordamiento se aproxima por un IPP. El método IPP es perfectamente adecuado para el cálculo por computador. Las ecuaciones de transición de estado de un haz de circuitos con flujos de entrada IPP pueden resolverse directamente sin que sea

necesario introducir modelos equivalentes. Las características del tráfico del desbordamiento pueden obtenerse resolviendo las ecuaciones de transición de estados. La principal característica del método IPP es que pueden resolverse las medias y las varianzas para cada flujo de tráfico de desbordamiento.

6.2 Método EC

El método EC [3] no utiliza los momentos del tráfico sino el comportamiento transitorio del tráfico primario, introduciendo una cierta función $\rho(n)$ de la capacidad equivalente (n) del tráfico de desbordamiento parcial, definido por el proceso recurrente:

$$\begin{cases} \rho(0) = Em(\alpha) & \text{[fórmula de las llamadas perdidas de Erlang]} \\ \frac{n}{\rho(n)} = (m + n - a) + \alpha \cdot \rho(n - 1) \end{cases} \quad (6-1)$$

si n es un número entero positivo y si no, se aproxima por interpolación lineal.

En una aproximación práctica, si se consideran sólo los estados predominantes de congestión del tráfico de desbordamiento se llega a las ecuaciones:

$$\frac{n_i}{n} = \frac{a_i \rho_i(n_i) / D_i(n_i + 1)}{\sum_{k=1}^x a_k \rho_k(n_k) / D_k(n_k + 1)} \quad (6-2)$$

con:

$$D_i(n) = 1 + a_i [\rho_i(n) - \rho_i(n - 1)] \quad (6-3)$$

que definen la capacidad equivalente (n_i) del tráfico de desbordamiento parcial denominado i , en función de la dependencia mutua entre los flujos parciales de tráfico de desbordamiento.

El valor medio del segundo flujo parcial de desbordamiento es:

$$O_i = a_i \pi \rho_i(n_i) \quad (6-4)$$

donde π es la congestión temporal del haz de desbordamiento.

La igualdad parcial del grado de servicio se cumple si:

$$\rho_i(n_i) = C \quad (6-5)$$

siendo C una constante que ha de elegirse.

6.3 Método AWW

El método AWW utiliza un modelo de tráfico aleatorio equivalente (ERT, *equivalent random traffic*) basado en una mejora de la aproximación de Rapp. El desbordamiento total de tráfico se desglosa en las partes individuales mediante una sencilla expresión [véanse las ecuaciones (6-7) y (6-9)]. Para calcular el tráfico de desbordamiento total, puede utilizarse cualquier método. En [4] se indica un cálculo aproximado por la fórmula de Erlang en el que la velocidad es independiente del tamaño del haz de circuitos calculado.

Se utilizan las siguientes notaciones:

- M es la media del tráfico ofrecido total;
- V es la varianza del tráfico ofrecido total;
- Z V/M ;
- B es el bloqueo medio del haz estudiado;

m_i, v_i, z_i, b_i son las magnitudes correspondientes de un determinado flujo de tráfico;
 \sim se utiliza para magnitudes de desbordamiento.

6.3.1 Bloqueo del tráfico de desbordamiento

Para los cálculos de desbordamiento se utiliza un modelo de ERT aproximado. Investigaciones numéricas han demostrado una considerable mejora de la aproximación clásica de Rapp para el tráfico ficticio. El error añadido por la aproximación es pequeño comparado con el error del modelo de ERT. Se sabe que el ERT subestima los pequeños bloqueos cuando se mezclan tráficos con factores de irregularidad diferentes [2]. La fórmula que se dio en [4], aunque con un error de impresión, es para $Z > 1$:

$$A^* \approx V + Z(Z - 1) (2 + \gamma^\beta)$$

donde:

$$\gamma = (2,36 Z - 2,17) \log \left\{ 1 + \frac{Z - 1}{M(Z + 1,5)} \right\}$$

y:

$$\beta = Z / (1,5 M + 2 Z - 1,3) \quad (6-6)$$

6.3.2 Fórmula de Wallström para bloqueo individual

Ha sido grande el interés por encontrar una fórmula sencilla y precisa para el tráfico con bloqueo individual \tilde{m}_i . Ya en 1967, Katz [5] propuso una fórmula del tipo

$$\tilde{m}_i = m_i B (1 - w + w z_i / Z) \quad (6-7)$$

siendo w una expresión adecuada. Wallström propuso una muy sencilla pero con resultados razonables [6] y [2]:

$$w = 1 - B \quad (6-8)$$

Un problema práctico es, sin embargo, que un pequeño subflujo con crestas irregulares podría tener un bloqueo $b_i > 1$ con esta fórmula. Para evitar estos resultados poco razonables, se aplica una modificación en este caso. Sea $z_{\text{máx}}$ la mayor z_i individual. Entonces el valor utilizado es:

$$w = \begin{cases} 1 - B & \text{si } z_{\text{máx}} < Z(1 + B) \text{ en los demás casos} \\ \frac{Z(1 - B)}{B(z_{\text{máx}} - Z)} \end{cases} \quad (6-9)$$

6.3.3 Tratamiento de las varianzas de desbordamiento

Las covarianzas no se calculan por separado en el método AWW, sino que su efecto se incluye en los distintos parámetros de desbordamiento \tilde{v}_i para que se sumen a la varianza total. Las magnitudes \tilde{v}_i se obtienen a partir de la varianza de desbordamiento total \tilde{V} mediante una sencilla fórmula de desglose.

$$\tilde{v}_i = \tilde{V} v_i / V \quad (6-10)$$

Puede demostrarse que la fórmula de desglose de Wallström (6-8) y la fórmula (6-10), en unión del modelo de ERT cumplen un cierto requisito de coherencia. Se obtendrán los mismos valores para el tráfico con bloqueo si el cálculo se hiciese primero para los $N_1 + N_2$ circuitos como si el cálculo se hiciese primero para los N_1 circuitos y luego se ofreciese el desbordamiento a los N_2 circuitos.

Como las distintas varianzas se tratan de este modo, no son comparables con los resultados recogidos en el cuadro 1.

6.4 Método EPS

El método EPS [7] consiste en transformar los distintos flujos irregulares en flujos de Poisson equivalentes (utilizando el método ERT normalizado) y determinando las condiciones en las que es válida la equivalencia (irregularidad = varianza/media).

Se utiliza la siguiente notación:

a_i	Media del tráfico del flujo de entrada i
z_i	Irregularidad del tráfico del flujo de entrada i
a	Media del tráfico ofrecido total
v	Varianza del tráfico ofrecido total
z	Irregularidad del tráfico ofrecido total
O	Media del tráfico de desbordamiento total
Z	Irregularidad del tráfico de desbordamiento total
V	Varianza del tráfico de desbordamiento total
O_i	Media del desbordamiento del flujo del tráfico i
V_i	Varianza del desbordamiento del flujo de tráfico i
Z_i	Irregularidad del desbordamiento del flujo de tráfico i
$C_{(i,j)}$	Covarianza entre los flujos de tráfico de desbordamiento i y j

Las condiciones para la validez del método EPS son:

$$z_i \ll a_i \quad (6-11a)$$

$$(z_i - 1) \ll a_i / 3 \quad (6-11b)$$

Estas condiciones se cumplen en las grandes redes de tráfico de hoy en día, en las que el tráfico es del orden de centenares de erlangs y la irregularidad es de orden unidad.

El método arroja los resultados siguientes:

$$O_i = f_i O \quad (6-12a)$$

$$V_i = (f_i)^2 V + f_i (1 - f_i) O \quad (6-12b)$$

donde las fracciones de flujo f_i son:

$$f_i = a_e(i) / \sum a_e(i) \quad (6-12c)$$

$a_e(i)$, media del tráfico de Poisson equivalente i , viene dada por:

$$a_e(i) = a_i z_i + 3 z_i (z_i - 1) \quad (6-13)$$

El flujo total medio $O = \sum O_i$ y la varianza correspondiente V son:

$$O = a_e B(s + s_e, a_e) \quad (6-14a)$$

$$V = O (1 - O + a_e / (s + s_e + 1 - a_e + O)) \quad (6-14b)$$

donde a_e y s_e vienen dadas por:

$$a_e = v + 3z(z - 1) \quad (6-15a)$$

$$s_e = a_e(a + z)/(a + z - 1) - a - 1 \quad (6-15b)$$

B designa la fórmula en erlangs B. La irregularidad Z del desbordamiento total, igual a V/O , es:

$$Z = 1 - O + a_e/(s + s_e + 1 - a_e + O) \quad (6-16)$$

La covarianza entre los flujos de desbordamiento i y j es:

$$C(i, j) = f_i f_j (V - O) \quad (6-17)$$

Análogamente,

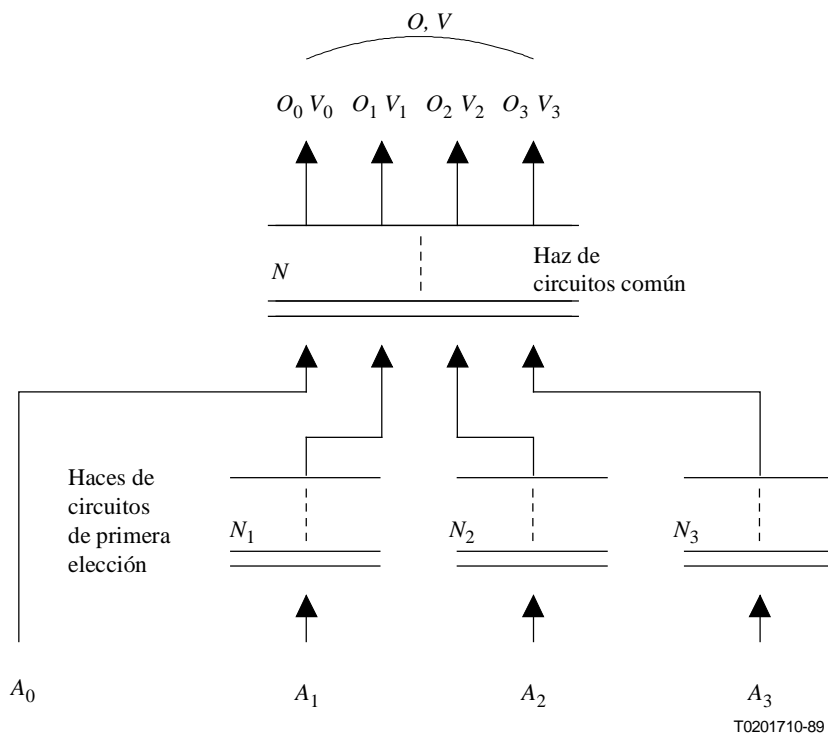
$$Z_i - 1 = f_i (Z - 1) \quad (6-18)$$

Evidentemente, como los flujos irregulares de entrada tienen un carácter aproximadamente poissoniano, $a_e(i) \rightarrow a_i$, ya que $z_i \rightarrow 1$. Como resultado, $f_i = a_i/\Sigma a_i$, y las ecuaciones anteriores se reducen aproximadamente a las de los flujos de entrada de Poisson [7]. Adviértase también que en las condiciones de las ecuaciones (6-11a) y (6-11b), la ecuación (6-12c) se reduce a $f_i \approx a_i z_i / \Sigma a_i z_i$.

7 Ejemplos y criterios de comparación

Los métodos definidos se prueban calculando los ejemplos dados en el cuadro 1.

El modelo de cálculo se muestra en la figura 1.



- A_i Volumen de tráfico de Poisson ofrecido
- N_i Número de haces de circuitos de primera elección
- N Número de haces de circuitos comunes
- O_i Media del tráfico de desbordamiento individual procedente del haz de circuitos común
- V_i Varianza del tráfico de desbordamiento individual procedente del haz de circuitos común
- O Media del tráfico de desbordamiento total procedente del haz de circuitos común
- V Varianza del tráfico de desbordamiento total procedente del haz de circuitos común

Figura 1/E.524 – Modelo de cálculo

Para hacer la comparación, se establecen los siguientes criterios:

- i) *Error en el tráfico de desbordamiento*
 - *Precisión de las medias y las varianzas de los distintos tráficos de desbordamiento*
 - *Error medio*

$$\varepsilon_O^I = \frac{\sum_{\text{todos los ejemplos}} \sum_{i=1}^M \delta_O^i}{\{\text{número de flujos}\} \{\text{número de ejemplos}\}}$$

$$\varepsilon_V^I = \frac{\sum_{\text{todos los ejemplos}} \sum_{i=1}^M \delta_V^i}{\{\text{número de flujos}\} \{\text{número de ejemplos}\}}$$

- *Desviación típica del error*

$$sd_O^I = \frac{\left\{ \sum_{\substack{\text{todos los } i=1 \\ \text{ejemplos}} \sum^M (\delta_O^i - \varepsilon_O^I)^2 \right\}^{1/2}}{\{\text{número de flujos}\} \{\text{número de ejemplos}\}}$$

$$sd_V^I = \frac{\left\{ \sum_{\substack{\text{todos los } i=1 \\ \text{ejemplos}} \sum^M (\delta_V^i - \varepsilon_V^I)^2 \right\}^{1/2}}{\{\text{número de flujos}\} \{\text{número de ejemplos}\}}$$

donde:

$$\delta_O^i = (O_i - \bar{O}_i) / \bar{O}_i$$

$$\delta_V^i = (V_i - \bar{V}_i) / \bar{V}_i$$

O_i, V_i Media y varianza individuales calculadas por el método aproximado.

\bar{O}_i, \bar{V}_i Media y varianza individuales calculadas exactamente.

M Número de flujos de entrada al haz de circuitos común.

– *Precisión de la media y la varianza del tráfico de desbordamiento total*

- *Error medio*

$$\varepsilon_O^T = \frac{\sum_{\substack{\text{todos los} \\ \text{ejemplos}} \delta_O}{\{\text{número de ejemplos}\}}$$

$$\varepsilon_V^T = \frac{\sum_{\substack{\text{todos los} \\ \text{ejemplos}} \delta_V}{\{\text{número de ejemplos}\}}$$

- *Desviación típica del error*

$$sd_O^T = \frac{\left\{ \sum_{\text{todos los ejemplos}} (\delta_O - \varepsilon_O^T)^2 \right\}^{1/2}}{\{\text{número de ejemplos}\}}$$

$$sd_V^T = \frac{\left\{ \sum_{\text{todos los ejemplos}} (\delta_V - \varepsilon_V^T)^2 \right\}^{1/2}}{\{\text{número de ejemplos}\}}$$

donde:

$$\delta_O = (O - \bar{O}) / \bar{O}$$

$$\delta_V = (V - \bar{V}) / \bar{V}$$

O, V Media y varianza totales calculadas por el método aproximado.

\bar{O}, \bar{V} Media y varianza totales calculadas con precisión.

ii) *Exigencias del cálculo*

- *Tiempo relativo del procesador*

{Tiempo total de unidad central de proceso (CPU, *central processing unit*)
para calcular todos los ejemplos mediante el método de aproximación}

$$C = \frac{\text{Tiempo total de CPU para calcular todos los ejemplos mediante el método de aproximación}}{\{\text{Tiempo total de CPU para calcular todos los ejemplos mediante la fórmula de Erlang}\}}$$

- *Requisitos de memoria*

$$M = \frac{\text{Capacidad requerida de la memoria para ejecutar el método de aproximación}}{\text{Capacidad requerida de la memoria para aplicar la fórmula Erlang}}$$

- *Tamaño del programa*

$$S = \frac{\text{Tamaño del programa fuente para el método de aproximación}}{\text{Tamaño del programa fuente para la fórmula Erlang}}$$

NOTA 1 – C, M y S , para un método de aproximación específico, deben basarse en el mismo procesador, lenguaje y algoritmos de soporte.

NOTA 2 – Según el tipo de método de aproximación (cálculo directo o recursivo) puede llegarse a diferentes compromisos entre C, M y S , por ejemplo, mayor memoria frente a menos tiempo, programa pequeño frente a más tiempo, etc.

Cuadro 1a/E.524 – Media y varianza de los distintos tráficos de desbordamiento calculadas con precisión –Tres haces de circuitos de primera elección

Caso	A_1	A_2	A_3	A_0	O_0	O_1	O_2	O_3	O
	N_1	N_2	N_3	N	V_0	V_1	V_2	V_3	V
1	7,036	26,688	64,169	–	–	0,4337	0,7490	1,091	2,274
	5	28	70	11	–	0,7656	2,111	4,441	10,51
2	7,036	26,688	64,169	–	–	0,1449	0,2758	0,4944	0,9150
	5	28	70	16	–	0,2436	0,7328	1,911	4,293
3	7,036	26,688	64,169	–	–	0,01369	0,02846	0,06628	0,1084
	5	28	70	25	–	0,02041	0,06461	0,2205	0,4464
4	7,036	10,176	13,250	–	–	0,7459	1,262	1,785	3,792
	5	6	7	14	–	1,193	2,292	3,625	11,28
5	7,036	10,176	13,250	–	–	0,2888	0,4857	0,6832	1,458
	5	6	7	19	–	0,4636	0,9089	1,460	4,754
6	7,036	10,176	13,250	–	–	0,03570	0,05915	0,08237	0,1772
	5	6	7	26	–	0,05358	0,1026	0,1621	0,5249
7	7,036	32,395	77,617	–	–	0,4516	1,176	2,344	3,972
	5	31	77	16	–	0,7434	3,466	10,39	21,41
8	7,036	32,395	77,617	–	–	0,1538	0,4294	0,9739	1,557
	5	31	77	23	–	0,2427	1,200	4,219	8,558
9	7,036	32,395	77,617	–	–	0,01303	0,03984	0,1006	0,1535
	5	31	77	35	–	0,01841	0,09378	0,3690	0,7124
10	64,169	32,395	13,250	–	–	1,157	1,455	1,320	3,933
	70	31	7	15	–	4,442	4,256	2,849	18,28
11	64,169	32,395	13,250	–	–	0,5564	0,5849	0,4749	1,616
	70	31	7	21	–	2,026	1,675	1,023	8,008
12	64,169	32,395	13,250	–	–	0,06907	0,05265	0,03848	0,1602
	70	31	7	32	–	0,2167	0,1295	0,07165	0,7075
13	7,036	26,688	64,169	3,000	0,4064	0,5038	0,8274	1,160	2,897
	5	28	70	13	0,5578	0,8566	2,243	4,574	13,16
14	7,036	26,688	64,169	3,000	0,1460	0,1840	0,3384	0,5729	1,241
	5	28	70	18	0,1992	0,3043	0,8779	2,163	5,893
15	7,036	26,688	64,169	3,000	0,01170	0,01506	0,03086	0,07035	0,1280
	5	28	70	28	0,01472	0,02218	0,06861	0,2287	0,5374
16	7,036	32,395	77,617	1,000	0,1253	0,4451	1,156	2,304	4,031
	5	31	77	17	0,1392	0,7266	3,366	10,10	21,77
17	7,036	32,395	77,617	1,000	0,04250	0,1536	0,4275	0,9674	1,591
	5	31	77	24	0,04696	0,2409	1,183	4,148	8,775
18	7,036	32,395	77,617	1,000	0,004542	0,01687	0,05106	0,1282	0,2006
	5	31	77	35	0,004891	0,02398	0,1214	0,4751	0,9548
19	64,169	32,395	13,250	9,000	1,761	1,251	1,654	1,630	6,295
	70	31	7	21	3,052	4,517	4,406	3,103	27,73
20	64,169	32,395	13,250	9,000	0,6761	0,6501	0,7389	0,6427	2,708
	70	31	7	28	1,253	2,225	1,956	1,279	13,61
21	64,169	32,395	13,250	9,000	0,06219	0,09577	0,07978	0,06069	0,2984
	70	31	7	40	0,1054	0,2884	0,1887	0,1099	1,409

Cuadro 1b/E.524 – Media y varianza de los distintos tráficos de desbordamiento calculadas con precisión – Dos haces de circuitos de primera elección

Caso	A_1	A_2	A_3	A_0	O_0	O_1	O_2	O_3	O
	N_1	N_2	N_3	N	V_0	V_1	V_2	V_3	V
22	8,200	30,000	–	–	–	0,6153	1,139	–	1,755
	5	30	–	10	–	1,179	3,473	–	6,159
23	8,200	30,000	–	–	–	1,807	2,465	–	4,272
	5	30	–	5	–	3,263	7,431	–	13,00
24	8,200	30,000	–	–	–	0,01866	0,04814	–	0,06680
	5	30	–	21	–	0,03026	0,1233	–	0,1993
25	8,200	30,000	–	–	–	0,2111	0,4629	–	0,6740
	5	30	–	14	–	0,3902	1,372	–	2,355
26	8,200	14,300	–	–	–	0,04699	0,09279	–	0,1398
	5	7	–	22	–	0,07700	0,1980	–	0,3724
27	8,200	14,300	–	–	–	0,3744	0,7547	–	1,129
	5	7	–	16	–	0,6603	1,763	–	3,322
28	8,200	14,300	–	–	–	0,9282	1,892	–	2,820
	5	7	–	12	–	1,614	4,212	–	7,774
29	8,200	14,300	–	–	–	2,002	4,095	–	6,098
	5	7	–	7	–	3,272	7,806	–	13,64
30	8,200	42,000	–	–	–	0,02324	0,09886	–	0,1221
	5	37	–	27	–	0,03602	0,3019	–	0,4197
31	8,200	42,000	–	–	–	0,2136	0,8353	–	1,049
	5	37	–	19	–	0,3682	2,945	–	4,204
32	8,200	42,000	–	–	–	1,499	4,437	–	5,935
	5	37	–	8	–	2,616	14,60	–	21,00
33	8,200	42,000	–	–	–	0,6940	2,416	–	3,110
	5	37	–	13	–	1,237	8,493	–	12,30
34	30,000	14,300	–	–	–	0,06570	0,05450	–	0,1202
	30	7	–	25	–	0,1628	0,1116	–	0,3922
35	30,000	14,300	–	–	–	0,4669	0,4662	–	0,9331
	30	7	–	18	–	1,300	1,088	–	3,461
36	30,000	14,300	–	–	–	1,374	1,739	–	3,113
	30	7	–	12	–	3,932	4,001	–	10,91
37	30,000	14,300	–	–	–	2,425	3,806	–	6,231
	30	7	–	7	–	6,994	7,628	–	18,16
38	8,200	67,900	–	–	–	0,01656	0,1007	–	0,1173
	5	65	–	30	–	0,02497	0,3667	–	0,4658
39	8,200	67,900	–	–	–	0,1835	0,9716	–	1,155
	5	65	–	20	–	0,3132	4,189	–	5,488
40	8,200	67,900	–	–	–	0,5393	2,449	–	2,986
	5	65	–	14	–	0,9685	10,73	–	14,35
41	8,200	67,900	–	–	–	1,361	4,707	–	6,068
	5	65	–	8	–	2,441	19,71	–	26,55
42	51,500	14,300	–	–	–	0,07517	0,04089	–	0,1161
	54	7	–	27	–	0,2290	0,08146	–	0,4339
43	51,500	14,300	–	–	–	0,6402	0,4689	–	1,109
	54	7	–	18	–	2,248	1,101	–	4,799

Cuadro 1c/E.524 – Media y varianza de los distintos tráficos de desbordamiento individual calculadas con precisión – Un haz de circuitos de primera elección

Caso	A_1	A_2	A_3	A_0	O_0	O_1	O_2	O_3	O
	N_1	N_2	N_3	N	V_0	V_1	V_2	V_3	V
44	51,500	14,300	–	–	–	1,403	1,362	–	2,765
	54	7	–	13	–	5,079	3,224	–	11,50
45	51,500	14,300	–	–	–	2,586	3,675	–	6,261
	54	7	–	7	–	9,612	7,513	–	21,11
46	8,200	–	–	4,000	0,03309	0,04990	–	–	0,08299
	5	–	–	16	0,04785	0,08712	–	–	0,1789
47	8,200	–	–	4,000	0,3494	0,4859	–	–	0,8354
	5	–	–	11	0,5382	0,9155	–	–	1,975
48	8,200	–	–	4,000	0,9011	1,169	–	–	2,070
	5	–	–	8	1,327	2,120	–	–	4,554
49	8,200	–	–	4,000	1,802	2,142	–	–	3,944
	5	–	–	5	2,369	3,588	–	–	7,333
50	30,000	–	–	4,000	0,01660	0,05973	–	–	0,07633
	30	–	–	20	0,02296	0,1558	–	–	0,2228
51	30,000	–	–	4,000	0,1991	0,5806	–	–	0,7796
	30	–	–	13	0,3062	1,743	–	–	2,656
52	30,000	–	–	4,000	0,5988	1,400	–	–	1,999
	30	–	–	9	0,9338	4,255	–	–	6,730
53	30,000	–	–	4,000	1,560	2,558	–	–	4,118
	30	–	–	5	2,199	7,620	–	–	12,01
54	51,500	–	–	4,000	0,01445	0,07537	–	–	0,08982
	54	–	–	22	0,01966	0,2413	–	–	0,3131
55	51,500	–	–	4,000	0,1208	0,5143	–	–	0,6351
	54	–	–	15	0,1819	1,893	–	–	2,575
56	51,500	–	–	4,000	0,4286	1,383	–	–	1,812
	54	–	–	10	0,6788	5,300	–	–	7,549
57	51,500	–	–	4,000	1,145	2,429	–	–	3,574
	54	–	–	6	1,726	9,299	–	–	13,55

8 Resumen de los resultados

En el cuadro 2 se muestran los métodos disponibles y las medidas de calidad de funcionamiento con respecto a los criterios.

Cuadro 2/E.524 – Comparación de diferentes métodos de aproximación

Funciones	Comparación		
	Exigencias de cálculo		
Método	Tiempo del procesador	Capacidad requerida	Exigencias de programación
Método IPP			
Concordancia de tres momentos	400	5	50
Razón de cuatro momentos	1000	5	50
Método EC	40	2	3
Método AWW	3	1,6	3
Método EPS	3	2	3

9 Historial

Recomendación E.524 – primera edición en 1988; revisada en 1992; segunda revisión en 1999.

Bibliografía

- [1] MATSUMOTO (J.), WATANABE (Y.): Analysis of individual traffic characteristics for queuing systems with multiple Poisson and overflow inputs, *Proc. 10th ITC*, paper 5.3.1, Montreal 1983.
- [2] RENEBY (L.): On individual and overall losses in overflow systems, *Proc. 10th ITC*, paper 5.3.5, Montreal 1983.
- [3] LE GALL (P.): Overflow traffic combination and cluster engineering, *Proc. 11th ITC*, paper 2.2B-1, Kyoto 1985.
- [4] LINDBERG (P.), NIVERT (K.), SAGERHOLM (B.): Economy and service aspects of different designs of alternate routing networks, *Proc. 11th ITC*, Kyoto 1985.
- [5] KATZ (S.): Statistical performance analysis of a switched communications network, *Proc. 5th ITC*, New York 1967.
- [6] LINDBERGER (K.): Simple approximations of overflow system quantities for additional demands in the optimization, *Proc. 10th ITC*, Montreal 1983.
- [7] BHANDARI (R.): A model for stream overflows in circuit-switched communication networks, *IEICE Transactions on Communications: Special Issue on Telecommunications Network Planning and Design*, Vol. E80-B, No. 2, pp. 324-331 (1997).

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 protocolo Internet
Serie Z	Lenguajes y aspectos generales de soporte lógico para sistemas de telecomunicación