

UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

Y.1541

Enmienda 1

(06/2006)

SERIE Y: INFRAESTRUCTURA MUNDIAL DE LA
INFORMACIÓN, ASPECTOS DEL PROTOCOLO
INTERNET Y REDES DE LA PRÓXIMA GENERACIÓN

Aspectos del protocolo Internet – Calidad de servicio y
características de red

Objetivos de calidad de funcionamiento de red para
servicios basados en el protocolo Internet

**Enmienda 1: Nuevo apéndice X – Ejemplo que
muestra la forma de calcular la IPDV a lo largo
de múltiples secciones**

Recomendación UIT-T Y.1541 (2006) – Enmienda 1

RECOMENDACIONES UIT-T DE LA SERIE Y
**INFRAESTRUCTURA MUNDIAL DE LA INFORMACIÓN, ASPECTOS DEL PROTOCOLO INTERNET Y
 REDES DE LA PRÓXIMA GENERACIÓN**

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| INFRAESTRUCTURA MUNDIAL DE LA INFORMACIÓN | |
| Generalidades | Y.100–Y.199 |
| Servicios, aplicaciones y programas intermedios | Y.200–Y.299 |
| Aspectos de red | Y.300–Y.399 |
| Interfaces y protocolos | Y.400–Y.499 |
| Numeración, direccionamiento y denominación | Y.500–Y.599 |
| Operaciones, administración y mantenimiento | Y.600–Y.699 |
| Seguridad | Y.700–Y.799 |
| Características | Y.800–Y.899 |
| ASPECTOS DEL PROTOCOLO INTERNET | |
| Generalidades | Y.1000–Y.1099 |
| Servicios y aplicaciones | Y.1100–Y.1199 |
| Arquitectura, acceso, capacidades de red y gestión de recursos | Y.1200–Y.1299 |
| Transporte | Y.1300–Y.1399 |
| Interfuncionamiento | Y.1400–Y.1499 |
| Calidad de servicio y características de red | Y.1500–Y.1599 |
| Señalización | Y.1600–Y.1699 |
| Operaciones, administración y mantenimiento | Y.1700–Y.1799 |
| Tasación | Y.1800–Y.1899 |
| REDES DE LA PRÓXIMA GENERACIÓN | |
| Marcos y modelos arquitecturales funcionales | Y.2000–Y.2099 |
| Calidad de servicio y calidad de funcionamiento | Y.2100–Y.2199 |
| Aspectos relativos a los servicios: capacidades y arquitectura de servicios | Y.2200–Y.2249 |
| Aspectos relativos a los servicios: interoperabilidad de servicios y redes en las redes de próxima generación | Y.2250–Y.2299 |
| Numeración, denominación y direccionamiento | Y.2300–Y.2399 |
| Gestión de red | Y.2400–Y.2499 |
| Arquitecturas y protocolos de control de red | Y.2500–Y.2599 |
| Seguridad | Y.2700–Y.2799 |
| Movilidad generalizada | Y.2800–Y.2899 |

Para más información, véase la Lista de Recomendaciones del UIT-T.

Recomendación UIT-T Y.1541

Objetivos de calidad de funcionamiento de red para servicios basados en el protocolo Internet

Enmienda 1

Nuevo apéndice X – Ejemplo que muestra la forma de calcular la IPDV a lo largo de múltiples secciones

Resumen

Este apéndice ofrece un ejemplo sobre la forma de calcular la IPDV cuando intervienen una serie de secciones de red. Parte de la información que figura en 8.2.4/Y.1541 y ofrece también cierta información de base sobre el método.

Orígenes

La enmienda 1 a la Recomendación UIT-T Y.1541 (2006) fue aceptada el 13 de junio de 2006 por la Comisión de Estudio 12 (2005-2008) del UIT-T.

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 Asamblea Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (AMNT), 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 1 de la AMNT.

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 "Administración" se utiliza para designar, en forma abreviada, tanto una administración de telecomunicaciones como una empresa de explotación reconocida de telecomunicaciones.

La observancia de esta Recomendación es voluntaria. Ahora bien, la Recomendación puede contener ciertas disposiciones obligatorias (para asegurar, por ejemplo, la aplicabilidad o la interoperabilidad), por lo que la observancia se consigue con el cumplimiento exacto y puntual de todas las disposiciones obligatorias. La obligatoriedad de un elemento preceptivo o requisito se expresa mediante las frases "tener que, haber de, hay que + infinitivo" o el verbo principal en tiempo futuro simple de mandato, en modo afirmativo o negativo. El hecho de que se utilice esta formulación no entraña que la observancia se imponga a ninguna de las partes.

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 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 en la dirección <http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>.

© UIT 2007

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse por ningún procedimiento sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

Recomendación UIT-T Y.1541

Objetivos de calidad de funcionamiento de red para servicios basados en el protocolo internet

Enmienda 1

Nuevo apéndice X – Ejemplo que muestra la forma de calcular la IPDV a lo largo de múltiples secciones

Este apéndice ofrece un ejemplo sobre la forma de calcular la IPDV cuando intervienen una serie de secciones de red. Parte de la información que figura en 8.2.4/Y.1541 y ofrece también cierta información de base sobre el método.

La definición de la variación de retardo IP que se utiliza aquí (véase el análisis del apéndice II/Y.1541) es:

$$IPDV = IPTD_{upper} - IPTD_{min}$$

donde:

$IPTD_{upper}$ es el cuantil $1 - 10^{-3}$ (percentil 99,9^{ésimo}) de la IPTD en el intervalo de evaluación; e

$IPTD_{min}$ es la IPTD mínima en el intervalo de evaluación.

Se supone que hay una serie de secciones de red S_1, S_2, \dots, S_n para las que se dispone estimaciones de las $IPDV_1, IPDV_2, \dots, IPDV_n$. Cada una de las estimaciones individuales se debe haber efectuado en condiciones de red comparables para cualquier combinación de extremo a extremo con significado. Por ejemplo, podrían haberse todas medido durante la hora más cargada del mes en cada una de sus secciones individuales. En este caso, las combinaciones resultantes no corresponderán por lo general con ninguna medición real de extremo a extremo que pudiera efectuarse, pues no cabe prever que todas las secciones componentes experimenten sus horas más cargadas simultáneamente. No obstante, los resultados arrojarán un extremo superior que puede utilizarse para los efectos de planificación y verificación de la red.

La relación para calcular la calidad de funcionamiento de variación de retardo (IPDV) UNI-UNI a partir de los valores de las secciones de la red debe reconocer la naturaleza subaditiva de estas últimas, por lo que será difícil calcular este parámetro con precisión sin disponer de suficiente información sobre la distribución de los retardos individuales. Si, por ejemplo, se conocen o miden todas las caracterizaciones de las distribuciones de retardo independientes, pueden convolucionarse para estimar la distribución combinada. No es frecuente que esta información detallada se comparta entre los operadores, y probablemente no esté disponible en forma de distribución continua. Por consiguiente, la estimación de la IPDV UNI-UNI puede tener una precisión limitada. Habida cuenta de que existen estudios en curso sobre este tema, la relación de estimación que figura *infra* se ha especificado de manera provisional, y esta cláusula podría variar en el futuro al tomar en consideración nuevas conclusiones o experiencias operacionales reales.

X.1 Cálculo de la variación del retardo

A continuación se indica la relación provisional para combinar valores de IPDV.

Este problema se puede plantear de la siguiente manera: calcular el cuantil t del retardo UNI-UNI T definido por la condición:

$$\Pr(T < t) = p$$

Supondremos que $p = 0,999$ (percentil 99,9^{ésimo}) y por simplicidad, que todas las mediciones de retardo se han normalizado, eliminando el retardo mínimo medido. Para los ejemplos numéricos que figuran a continuación, se ha supuesto que hay tres secciones de red ($n = 3$) y que todos los retardos se expresan en ms.

Paso 1

Medir la media y la varianza de retardo en cada sección de red n . Para un conjunto de mediciones D_1, D_2, \dots, D_n correspondientes a la sección $k^{\text{ésima}}$, se calculan la media μ_k y la varianza σ_k^2 de la siguiente manera:

$$\mu_k = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_i$$

$$\sigma_k^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (D_i - \mu_k)^2$$

En nuestro ejemplo, suponemos que se ha visto que:

$$\mu_1 = 1,0 \quad \mu_2 = 2,0 \quad \mu_3 = 3,0$$

$$\sigma_1^2 = 0,5 \quad \sigma_2^2 = 1,0 \quad \sigma_3^2 = 1,5$$

Estimar la media y la varianza de retardo UNI-UNI sumando las medias y las varianzas de las distribuciones componentes.

$$\mu = \sum_{k=1}^n \mu_k = 1,0 + 2,0 + 3,0 = 6,0$$

$$\sigma^2 = \sum_{k=1}^n \sigma_k^2 = 0,5 + 1,0 + 1,5 = 3,0$$

Paso 2

Medir los cuantiles t_k para cada componente del retardo a la probabilidad de interés, $p = 0,999$. Dichos cuantiles pueden determinarse simplemente repartiendo las mediciones D_i de forma que sin perder generalidad

$$D_1 \leq D_2 \leq \dots \leq D_n$$

y seleccionando a continuación como cuantil $p^{\text{ésimo}}$ la medición $m^{\text{ésima}}$ D_m (es decir, $t_k = D_m$) siendo m el entero mínimo que satisfaga la condición $p \leq m/n$. Si $n = 1000$, $m = 999$ para $p = 0,999$. Supóngase en nuestro ejemplo que se ha visto que

$$t_1 = 4,32 \quad t_2 = 6,02 \quad t_3 = 7,55$$

Se calcula la asimetría γ_k y el tercer momento ω_k para la sección $k^{\text{ésima}}$ mediante la fórmula que figura a continuación, donde $x_{0,999} = 3,090$ es el valor que satisface $\Phi(x_{0,999}) = 0,999$ siendo Φ la función de distribución normal típica (de media 0 y varianza 1).

$$\gamma_k = 6 \cdot \frac{x_p - \frac{t_k - \mu_k}{\sigma_k}}{1 - x_p^2} \quad \omega_k = \gamma_k \cdot \sigma_k^3$$

$$\gamma_1 = 6 \cdot \frac{3,09 - \frac{4,32 - 1}{\sqrt{0,5}}}{1 - 3,090^2} = 1,126 \quad \omega_1 = 1,126 \cdot (\sqrt{0,5})^3 = 0,398$$

$$\gamma_2 = 6 \cdot \frac{3,09 - \frac{6,02 - 2}{\sqrt{1,0}}}{1 - 3,090^2} = 0,653 \quad \omega_2 = 0,653 \cdot (\sqrt{1,0})^3 = 0,653$$

$$\gamma_3 = 6 \cdot \frac{3,09 - \frac{7,55 - 3}{\sqrt{1,5}}}{1 - 3,090^2} = 0,439 \quad \omega_3 = 0,439 \cdot (\sqrt{1,5})^3 = 0,806$$

Suponiendo que las distribuciones de retardo son independientes, el tercer momento del retardo UNI-UNI es precisamente la suma de los terceros momentos de la sección de red.

$$\omega = \sum_{k=1}^n \omega_k = 0,398 + 0,653 + 0,806 = 1,856$$

La asimetría UNI-UNI se calcula dividiendo por $\sigma^{3/2}$ como se indica a continuación.

$$\gamma = \frac{\omega}{\sigma^3} = \frac{1,856}{(\sqrt{3})^3} = 0,357$$

Paso 3

El percentil 99,9^{ésimo} ($p = 0,999$) del retardo UNI-UNI t (en ms) es el siguiente:

$$t = \mu + \sigma \cdot \left\{ x_p - \frac{\gamma}{6} (1 - x_p^2) \right\} = 6 + \sqrt{3} \cdot \left\{ 3,09 - \frac{0,357}{6} (1 - 3,09^2) \right\} = 12,23$$

Como se señaló anteriormente, la naturaleza del objetivo de la IPDV es el límite superior del cuantil $1-10^{-3}$ del IPTD menos el IPTD mínimo (es decir, la distribución de las IPDV se normaliza al IPTD mínimo). En general, los valores de la IPDV se expresan en segundos, con una precisión mínima de un microsegundo. Si la precisión de un valor es inferior, los dígitos no utilizados se ponen a cero.

X.2 Base matemática

Si se conociesen con detalle las distribuciones de cada uno de los componentes T_k , podría calcularse el retardo de extremo a extremo T utilizando convoluciones. En la práctica, las convoluciones son difíciles: la mayoría de las implementaciones se basarán en técnicas de transformada de Laplace, incluyendo métodos para invertir numéricamente las transformadas, a fin de recuperar las distribuciones de probabilidad subyacente. Para utilizar este método, hay que formular hipótesis en cuanto al carácter exacto de las distribuciones de componentes.

Por el contrario, se utiliza un método alternativo que emplea la información disponible sin necesidad de hipótesis adicionales o métodos complejos.

La idea fundamental es transformar una variable aleatoria T con media μ , varianza σ^2 , y asimetría γ conocidas en una variable aleatoria simétrica Z que está normalizada (mediana 0, varianza 1) o casi. Este método, denominado aproximación de Potencia Normal (véase [1]) funciona de la siguiente manera:

- Definir la variable normalizada $X = \frac{T - \mu}{\sigma}$
- Según la aproximación de Potencia Normal, $X \approx Z + \frac{\gamma}{6}(Z^2 - 1)$ donde Z es una variable aleatoria normalizada (mediana 0, varianza 1).

Una vez fijados los detalles se obtiene la aproximación siguiente:

$$\Pr(T < t) \approx \Phi\left(\frac{1}{\gamma} \sqrt{9 + 6\gamma\left(\frac{t - \mu}{\sigma}\right) + \gamma^2} - \frac{3}{\gamma}\right)$$

donde Φ es la función de distribución normalizada acumulada

$$\Phi(x) = \int_{-\infty}^x \frac{e^{-\frac{x^2}{2}}}{\sqrt{2\pi}} dx$$

Aunque ya se dispone de los valores de esta función, puede obtenerse una relación más transparente que elimina todas las referencias a Φ y permite calcular directamente el cuantil t a partir de los cuantiles componentes t_k .

De hecho, como las probabilidades de todas las definiciones de cuantil $\Pr(T_k < t_k) = p$, $\Pr(T < t) = p$ tienen el valor común p , si por definición x_p es el valor único que satisfaga $\Phi(x_p) = p$, tenemos:

$$\frac{1}{\gamma_k} \sqrt{9 + 6\gamma_k\left(\frac{t_k - \mu}{\sigma_k}\right) + \gamma_k^2} - \frac{3}{\gamma_k} = x_p \text{ y}$$

$$\frac{1}{\gamma} \sqrt{9 + 6\gamma\left(\frac{t - \mu}{\sigma}\right) + \gamma^2} - \frac{3}{\gamma} = x_p$$

Si se multiplican las σ_k^2 y σ^2 anteriores respectivamente y se añaden todos los componentes, se deduce a partir de la suma de varianzas de distribuciones independientes que:

$$\sigma^2 \cdot \frac{\sqrt{1 + 2\delta \cdot \left(\frac{t - \mu}{\sigma}\right) + \delta^2} - 1}{\delta} = \sum_{k=1}^n \sigma_k^2 \cdot \frac{\sqrt{1 + 2\delta_k \cdot \left(\frac{t_k - \mu_k}{\sigma_k}\right) + \delta_k^2} - 1}{\delta_k}$$

en las que se ha fijado $\delta = \frac{\gamma}{3}$ y $\delta_k = \frac{\gamma_k}{3}$. Aunque esto parece complejo, sólo requiere el algebra simple para calcular el cuantil t de extremo a extremo a partir de los componentes t_k y las cantidades medidas disponibles.

X.3 Casos especiales

En la aproximación

$$\Pr(T < t) \approx \Phi\left(\frac{1}{\gamma}\sqrt{9 + 6\gamma\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right) + \gamma^2} - \frac{3}{\gamma}\right)$$

si se hace $\gamma \rightarrow 0$ se obtiene el resultado

$$\Pr(T < t) \approx \Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)$$

que corresponde al caso en que T tiene una distribución normal con mediana μ , y varianza σ^2 . Si hacemos que los términos de asimetría $\gamma \rightarrow 0$, $\gamma_k \rightarrow 0$, la expresión algebraica del punto anterior se reduce a:

$$\sigma \cdot (t - \mu) = \sum_{k=1}^n \sigma_k \cdot (t_k - \mu_k)$$

Y con una nueva manipulación se elimina las varianzas, dando:

$$(t - \mu)^2 = \sum_{k=1}^n (t_k - \mu_k)^2$$

Esto muestra que cuando los retardos componentes T_k se distribuye normalmente con mediana μ_k , y varianza σ_k^2 , los cuantiles correspondientes siguen una ley de composición similar a la de las varianzas.

Esta ley de composición para las variaciones normales también puede obtenerse directamente. La expresión algebraica del punto anterior puede considerarse como una generalización de esta ley de composición particular.

X.4 Estimación de la simetría a partir de los cuantiles

Considérese una variable aleatoria T cuya mediana μ y varianza σ^2 son conocidas y en la que el cuantil t de $\Pr(T < t) = p$ se conoce pero no así la asimetría γ . Utilizando la aproximación de Potencia Normal se obtiene:

$$\Pr(T < t) \approx \Phi\left(\frac{1}{\gamma}\sqrt{9 + 6\gamma\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right) + \gamma^2} - \frac{3}{\gamma}\right) = p$$

A partir de los valores tabulados de la función de distribución normalizada, Φ se puede obtener el valor único x_p que satisfaga $\Phi(x_p) = p$. Por tanto:

$$\frac{1}{\gamma}\sqrt{9 + 6\gamma\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right) + \gamma^2} - \frac{3}{\gamma} = x_p$$

Lo que puede resolverse para γ , dando:

$$\gamma = 6 \cdot \frac{x_p - \frac{t-\mu}{\sigma}}{1 - x_p^2}$$

X.5 Referencias

- [1] "*A Note on the Normal Power Approximation*", Colin B. Ramsey, ASTIN Bulletin, Vol. 2. N.º 1, abril de 1991.

SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

| | |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Serie A | Organización del trabajo del UIT-T |
| 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 multimedia |
| Serie I | Red digital de servicios integrados |
| Serie J | Redes de cable y transmisión de programas radiofónicos y televisivos, y de otras señales multimedia |
| Serie K | Protección contra las interferencias |
| Serie L | Construcción, instalación y protección de los cables y otros elementos de planta exterior |
| Serie M | Gestión de las telecomunicaciones, incluida la RGT y el mantenimiento de redes |
| 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, comunicaciones de sistemas abiertos y seguridad |
| Serie Y | Infraestructura mundial de la información, aspectos del protocolo Internet y Redes de la próxima generación |
| Serie Z | Lenguajes y aspectos generales de soporte lógico para sistemas de telecomunicación |