



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

G.107

(07/2002)

SERIE G: SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN,
SISTEMAS Y REDES DIGITALES

Conexiones y circuitos telefónicos internacionales –
Definiciones generales

**El modelo E, un modelo informático para
utilización en planificación de la transmisión**

Recomendación UIT-T G.107

RECOMENDACIONES UIT-T DE LA SERIE G
SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN, SISTEMAS Y REDES DIGITALES

CONEXIONES Y CIRCUITOS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES	G.100–G.199
Definiciones generales	G.100–G.109
Recomendaciones generales sobre la calidad de transmisión para una conexión telefónica internacional completa	G.110–G.119
Características generales de los sistemas nacionales que forman parte de conexiones internacionales	G.120–G.129
Características generales de la cadena a cuatro hilos formada por los circuitos internacionales y circuitos nacionales de prolongación	G.130–G.139
Características generales de la cadena a cuatro hilos de los circuitos internacionales; tránsito internacional	G.140–G.149
Características generales de los circuitos telefónicos internacionales y circuitos nacionales de prolongación	G.150–G.159
Dispositivos asociados a circuitos telefónicos de larga distancia	G.160–G.169
Aspectos del plan de transmisión relativos a los circuitos especiales y conexiones de la red de conexiones telefónicas internacionales	G.170–G.179
Protección y restablecimiento de sistemas de transmisión	G.180–G.189
Herramientas de soporte lógico para sistemas de transmisión	G.190–G.199
CARACTERÍSTICAS GENERALES COMUNES A TODOS LOS SISTEMAS ANALÓGICOS DE PORTADORAS	G.200–G.299
CARACTERÍSTICAS INDIVIDUALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES DE PORTADORAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.300–G.399
CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES EN RADIOENLACES O POR SATÉLITE E INTERCONEXIÓN CON LOS SISTEMAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.400–G.449
COORDINACIÓN DE LA RADIOTELEFONÍA Y LA TELEFONÍA EN LÍNEA	G.450–G.499
EQUIPOS DE PRUEBAS	G.500–G.599
CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN	G.600–G.699
EQUIPOS TERMINALES DIGITALES	G.700–G.799
REDES DIGITALES	G.800–G.899
SECCIONES DIGITALES Y SISTEMAS DIGITALES DE LÍNEA	G.900–G.999
CALIDAD DE SERVICIO Y DE DE TRANSMISIÓN	G.1000–G.1999
CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN	G.6000–G.6999
EQUIPOS TERMINALES DIGITALES	G.7000–G.7999
REDES DIGITALES	G.8000–G.8999

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

Recomendación UIT-T G.107

El modelo E, un modelo informático para utilización en planificación de la transmisión

Resumen

La presente Recomendación del UIT-T describe el algoritmo para el denominado modelo E como el modelo común del UIT-T para la determinación de índices de transmisión. Este modelo de cálculo puede resultar útil a los planificadores de sistemas de transmisión para contribuir a que los usuarios estén satisfechos de la calidad de la transmisión de extremo a extremo. El resultado primario del modelo es una cuantificación escalar de la calidad de transmisión. Una característica fundamental de este modelo es la utilización de factores de degradación de la transmisión que reflejen los efectos de los modernos dispositivos de procesamiento de señales.

En la revisión efectuada en el año 2000, se proporcionó una versión mejorada del modelo E con el fin de tener en cuenta mejor los efectos del ruido ambiente en el lado emisor y la distorsión de cuantificación. En la presente revisión se ha incluido la degradación debida a la pérdida aleatoria de paquetes en una manera paramétrica para diferentes códecs.

Orígenes

La Recomendación UIT-T G.107, revisada por la Comisión de Estudio 12 (2001-2004) del UIT-T, fue aprobada por el procedimiento de la Resolución 1 de la AMNT el 14 de julio de 2002.

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.

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 2002

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

ÍNDICE

	Página
1 Generalidades	1
1.1 Alcance	1
1.2 Referencias	1
2 Modelo E, un modelo informático para uso en la planificación de la transmisión	2
2.1 Introducción.....	2
2.2 Código fuente	2
3 Estructura y algoritmos básicos del modelo E.....	2
3.1 Cálculo del factor de determinación de índices de transmisión, R	3
3.2 Relación señal/ruido básica, R_o	4
3.3 Factor de degradaciones simultáneas, I_s	5
3.4 Factor de degradación por retardo, I_d	6
3.5 Factor de degradación del equipo, I_e	7
3.6 Factor de mejora, A	7
3.7 Valores por defecto.....	8
Anexo A – Condiciones de uso del modelo E	9
A.1 Ejemplos de condiciones que requieren precaución cuando se utiliza el modelo E.....	9
A.2 Condiciones para las que se ha mejorado el modelo E actualizando la versión anterior.....	10
Anexo B – Medidas de calidad obtenidas a partir del factor de determinación de índices de transmisión R	12
Anexo C – Código fuente para G.107_3 en BASIC	15
Apéndice I – Cálculo de R a partir de los valores de MOS	19
Bibliografía	19

Recomendación UIT-T G.107

El modelo E, un modelo informático para utilización en planificación de la transmisión

1 Generalidades

1.1 Alcance

La presente Recomendación describe un modelo informático, conocido como modelo E, que ha demostrado ser útil como herramienta de planificación de sistemas de transmisión, para evaluar los efectos combinados de las variaciones de diversos parámetros de transmisión que afectan a la calidad de la conversación¹ telefónica con microteléfono a 3,1 kHz. Este modelo informático puede ser utilizado, por ejemplo, por los planificadores de sistemas de transmisión para asegurar que los usuarios están satisfechos con las características de transmisión de extremo a extremo, a la vez que se evita el sobredimensionamiento de las redes. Hay que destacar que el resultado fundamental del modelo es el "factor de determinación de índices" R, aunque se puede transformar para obtener estimaciones de la opinión de los clientes. Estas estimaciones se hacen solamente a los efectos de la planificación de la transmisión y no para predecir la opinión real de los clientes (para lo cual no hay un modelo acordado recomendado por el UIT-T).

La presente revisión incluye la pérdida de paquetes como un nuevo parámetro.

El modelo E no ha sido verificado totalmente mediante mediciones en servicio real o pruebas de laboratorio para el gran número de posibles combinaciones de parámetros de entrada. En el caso de muchas combinaciones que son muy importantes para los planificadores de sistemas de transmisión, el modelo E se puede utilizar con confianza; pero para otras combinaciones de parámetros, las predicciones del modelo E han sido cuestionadas y se encuentran actualmente en estudio. En consecuencia, se ha de tener cuidado al utilizar el modelo E para determinadas condiciones; por ejemplo, el modelo E puede dar resultados inexactos para las combinaciones de ciertos tipos de degradaciones. El anexo A proporciona más información a este respecto.

1.2 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. En esta Recomendación, la referencia a un documento en tanto que autónomo, no le otorga el rango de una Recomendación.

- [1] Recomendación UIT-T G.100 (2001), *Definiciones utilizadas en las Recomendaciones sobre características generales de las conexiones y circuitos telefónicos internacionales*.
- [2] Recomendación UIT-T G.108 (1999), *Aplicación del modelo E: Directrices para la planificación*.

¹ En este contexto, la calidad de la conversación hace referencia a las características de transmisión, por ejemplo, tiempos de transmisión prolongados, efectos del eco para el hablante, etc. No obstante, el modelo E descrito en esta Recomendación no está destinado a modelar las degradaciones de transmisión en situaciones de conversación simultánea.

- [3] Recomendación UIT-T G.109 (1999), *Definición de las categorías de calidad de transmisión vocal*.
- [4] Recomendación UIT-T G.113 (2001), *Degradaciones de la transmisión debido al tratamiento de las señales vocales*.
- [5] Recomendación UIT-T G.113 Apéndice I (2002), *Valores provisionales de planificación para el factor de degradación de equipo, Ie, y el factor de robustez contra pérdida de paquetes, Bpl*.
- [6] Recomendación UIT-T P.833 ((2001), *Metodología para la obtención de los factores de degradación del equipo a partir de pruebas subjetivas de escucha solamente*.
- [7] Recomendación UIT-T P.834 (2002), *Metodología para el cálculo de factores de degradación de equipos a partir de modelos instrumentales*.
- [8] Recomendación UIT-T P.862 (2001), *Evaluación de la calidad vocal por percepción. Un método objetivo para la evaluación de la calidad vocal de extremo a extremo de redes telefónicas de banda estrecha y códecs vocales*.

2 Modelo E, un modelo informático para uso en planificación de la transmisión

2.1 Introducción

La complejidad de las redes modernas requiere que, para la planificación de transmisión, los numerosos parámetros de transmisión no sean considerados sólo individualmente, sino que también se tengan en cuenta sus efectos combinados. Aunque esto se puede hacer mediante "estimación basada en la experiencia" es deseable un planteamiento más sistemático, como la utilización de un modelo informático. El resultado del modelo descrito aquí es un valor escalar de determinación de índice de calidad, R, que varía linealmente con la calidad global de la conversación. La Rec. UIT-T G.113 [4] contiene orientaciones sobre las degradaciones específicas, incluidos los efectos combinados, basándose en una simplificación del modelo. Sin embargo, estos resultados pueden dar también estimaciones nominales de la reacción de los usuarios, por ejemplo en forma de porcentajes que consideran la conexión modelada "buena o mejor" o "mediocre o peor", como se describe en el anexo B. Además, en la Rec. UIT-T G.108 [2] se proporciona orientación detallada para la aplicación correcta del modelo E, descrito en la presente Recomendación, mientras que en la Rec. UIT-T G.109 [3] se definen las categorías de calidad de transmisión vocal.

2.2 Código fuente

El anexo C incluye el código fuente en BASIC del modelo E que se describe en la presente Recomendación. El objeto de este código es asegurar que los usuarios del modelo E están utilizando implementaciones coherentes de las fórmulas.

3 Estructura y algoritmos básicos del modelo E

El modelo E se basa en el método de factor de degradación del equipo, de acuerdo con modelos de determinación de índices de transmisión previos. Fue elaborado por un Grupo ad hoc del ETSI denominado "Calidad de transmisión de la voz de boca a oído".

Como se muestra en la figura 1, la conexión de referencia se divide entre un lado transmisión y un lado recepción. El modelo estima la calidad de comunicación de la conversación de boca a oído percibida por el usuario en el lado recepción, como oyente y como hablante.

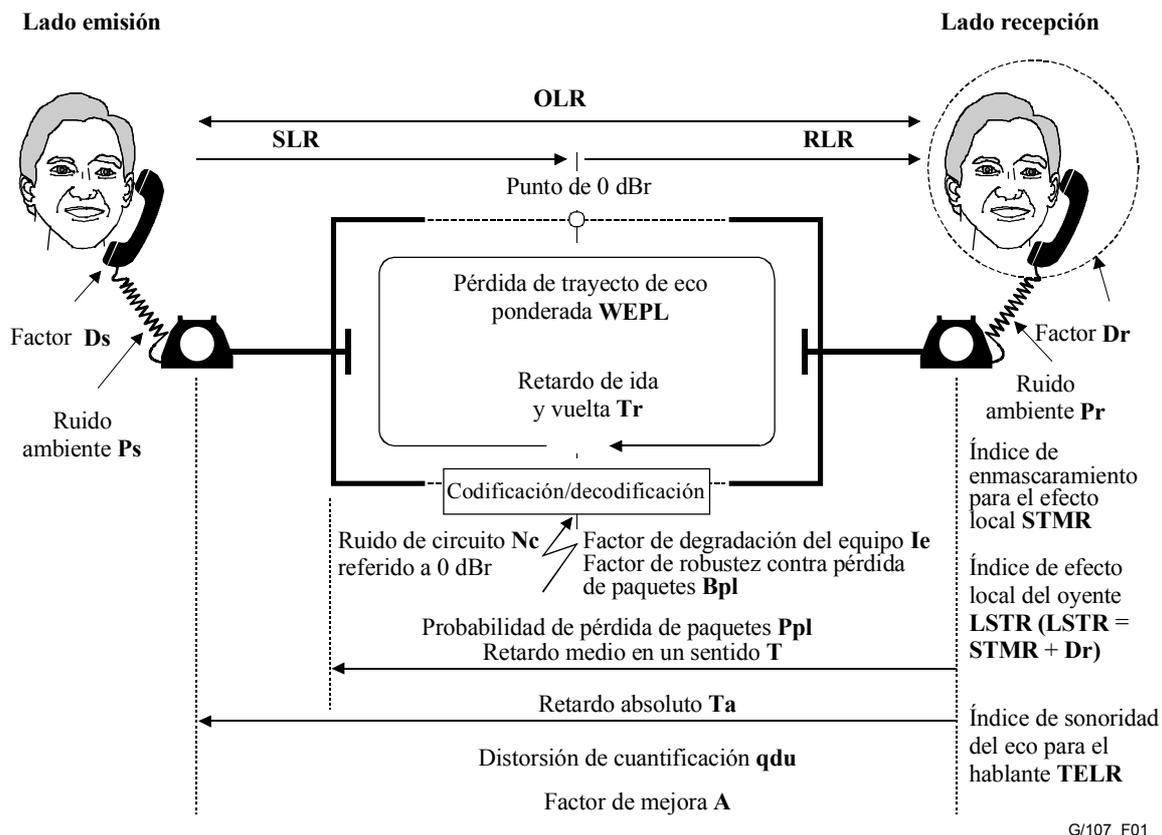


Figura 1/G.107 – Conexión de referencia del modelo E

Los parámetros de transmisión utilizados como entrada para el modelo informático se muestran en la figura 1. En el algoritmo se tratan por separado los valores de ruido ambiente y de los factores D para el lado emisión y el lado recepción y pueden tener valores diferentes. Los parámetros SLR, RLR y ruido de circuito N_c están referidos a un punto definido de 0 dBr. Los demás parámetros de entrada se consideran como valores para la conexión global, por ejemplo, OLR (en cualquier caso la suma de SLR y RLR), número de q_{du} , factores de degradación del equipo I_e y factor de mejora A , o se refieren únicamente al lado recepción, como STMR, LSTR, WEPL (para el cálculo del eco para el oyente) y TELR.

Hay tres parámetros diferentes asociados con el tiempo de transmisión. El retardo absoluto T_a representa el retardo total en un sentido entre el lado emisión y el lado recepción y se utiliza para estimar la degradación debida a retardos demasiado largos. El parámetro retardo medio en un sentido T representa el retardo entre el lado recepción (en estado hablante) y el punto de una conexión en el que aparece un acoplamiento de señales como una fuente de eco. El retardo de ida y vuelta T_r sólo representa el retardo en un bucle a 4 hilos en el que la señal "doblemente reflejada" producirá degradaciones debidas al eco para el oyente.

3.1 Cálculo del factor de determinación de índices de transmisión, R

Según el método del factor de degradación del equipo, el principio fundamental del modelo E se basa en un concepto dado en la descripción del modelo OPINE [véase la Bibliografía, Suplemento 3 a las Recomendaciones de la serie P]:

Los factores psicológicos y la escala psicológica son aditivos.

En una primera etapa, el resultado de cualquier cálculo con el modelo E es un factor de determinación de índices de transmisión R , que combina todos los parámetros de transmisión pertinentes para la conexión considerada. Este factor R está constituido por:

$$R = Ro - Is - Id - Ie,eff + A \quad (1)$$

Ro representa en principio la relación señal/ruido básica que incluye fuentes de ruido, tales como ruido de circuito y ruido ambiente. El factor Is es una combinación de todas las degradaciones que aparecen de forma más o menos simultánea con la señal vocal. El factor Id representa las degradaciones producidas por el retardo y el factor de degradación efectiva del equipo Ie,eff representa las degradaciones producidas por códecs de velocidad binaria baja. Incluye también la degradación debida a pérdidas de paquetes de distribución aleatoria. El factor de mejora A permite compensar los factores de degradación cuando existen otras ventajas de acceso para el usuario. El término Ro y los valores Is e Id se subdividen en valores de degradación específicos más detallados. Las cláusulas siguientes muestran las fórmulas utilizadas en el modelo E.

3.2 Relación señal/ruido básica, Ro

La relación señal/ruido básica Ro está definida por:

$$Ro = 15 - 1,5(SLR + No) \quad (2)$$

El término No [en dBm0p] es la suma de las potencias de diferentes fuentes de ruido:

$$No = 10 \lg \left[10^{\frac{Nc}{10}} + 10^{\frac{Nos}{10}} + 10^{\frac{Nor}{10}} + 10^{\frac{Nfo}{10}} \right] \quad (3)$$

Nc [en dBm0p] es la suma de todas las potencias de ruido de circuito, referidas al punto de 0 dBr.

Nos [en dBm0p] es el ruido de circuito equivalente en el punto de 0 dBr, producido por el ruido ambiente Ps en el lado emisión:

$$Nos = Ps - SLR - Ds - 100 + 0,004(Ps - OLR - Ds - 14)^2 \quad (4)$$

donde $OLR = SLR + RLR$. De igual manera, el ruido ambiente Pr en el lado recepción se transforma en un ruido de circuito equivalente Nor [en dBm0p] en el punto de 0 dBr.

$$Nor = RLR - 121 + Pre + 0,008(Pre - 35)^2 \quad (5)$$

El término Pre [en dBm0p] es el "ruido ambiente efectivo" producido por la amplificación de Pr en el trayecto de efecto local del oyente:

$$Pre = Pr + 10 \lg \left[1 + 10^{\frac{(10 - LSTR)}{10}} \right] \quad (6)$$

Nfo [en dBm0p] representa el "nivel de ruido" en el lado recepción,

$$Nfo = Nfor + RLR \quad (7)$$

con $Nfor$ fijado normalmente en -64 dBmp.

3.3 Factor de degradaciones simultáneas, I_s

El factor I_s es la suma de todas las degradaciones que pueden producirse de forma más o menos simultánea con la transmisión de señales vocales. El factor I_s se divide en tres factores de degradación específicos:

$$I_s = I_{olr} + I_{st} + I_q \quad (8)$$

I_{olr} representa la disminución de calidad producida por valores demasiado bajos de OLR y viene dada por:

$$I_{olr} = 20 \left[\left\{ 1 + \left(\frac{X_{olr}}{8} \right)^8 \right\}^{\frac{1}{8}} - \frac{X_{olr}}{8} \right] \quad (9)$$

donde:

$$X_{olr} = OLR + 0,2(64 + N_o - RLR) \quad (10)$$

El factor I_{st} representa la degradación producida por efectos locales no óptimos:

$$I_{st} = 10 \left[1 + \left(\frac{STMRO - 12}{5} \right)^6 \right]^{\frac{1}{6}} - 46 \left[1 + \left(\frac{STMRO}{23} \right)^{10} \right]^{\frac{1}{10}} + 36 \quad (11)$$

donde:

$$STMRO = -10 \lg \left[10^{-\frac{STM}{10}} + e^{-\frac{T}{4}} 10^{-\frac{TELR}{10}} \right] \quad (12)$$

El factor de degradación I_q representa la degradación producida por la distorsión de cuantificación:

$$I_q = 15 \lg \left[1 + 10^Y + 10^Z \right] \quad (13)$$

donde:

$$Y = \frac{R_o - 100}{15} + \frac{46}{8,4} - \frac{G}{9} \quad (14)$$

$$Z = \frac{46}{30} - \frac{G}{40} \quad (15)$$

y:

$$G = 1,07 + 0,258Q + 0,0602Q^2 \quad (16)$$

$$Q = 37 - 15 \lg(qdu) \quad (17)$$

En esta fórmula, qdu representa el número de qdu para toda la conexión entre el lado emisión y el lado recepción.

NOTA – Si se utiliza un factor de degradación I_e para una pieza del equipo, no se debe utilizar el valor qdu para esa misma pieza del mismo equipo.

3.4 Factor de degradación por retardo, Id

El factor de degradación Id , que representa todas las degradaciones debidas al retardo de las señales vocales, también se subdivide en tres factores $Idte$, $Idle$ e Idd :

$$Id = Idte + Idle + Idd \quad (18)$$

El factor $Idte$ expresa una estimación para las degradaciones debidas al eco para el hablante:

$$Idte = \left[\frac{Roe - Re}{2} + \sqrt{\frac{(Roe - Re)^2}{4} + 100} - 1 \right] (1 - e^{-T}) \quad (19)$$

donde:

$$Roe = -1,5(No - RLR) \quad (20)$$

$$Re = 80 + 2,5(TErv - 14) \quad (21)$$

$$TErv = TELR - 40 \lg \frac{1 + \frac{T}{10}}{1 + \frac{T}{150}} + 6e^{-0,3T^2} \quad (22)$$

Para valores de $T < 1$ ms, el eco para el hablante debe ser considerado como efecto local, es decir, $Idte = 0$. El algoritmo de cálculo combina además la influencia de STMR en el eco para el hablante. Teniendo en cuenta que los valores bajos de STMR pueden tener cierto efecto de enmascaramiento en el eco para el hablante y que para valores muy altos de STMR el eco para el hablante puede ser más perceptible, los términos $TErv$ e $Idte$ se ajustan como sigue:

Para $STMR < 9$ dB:

Se sustituye $TErv$ en la ecuación (21) por $TErv_s$, donde:

$$TErv_s = TErv + \frac{Ist}{2} \quad (23)$$

Para $9 \text{ dB} \leq STMR \leq 15$ dB:

se aplican las ecuaciones (19) a (22) indicadas anteriormente.

Para $STMR > 15$ dB:

En la ecuación (18), $Idte$ se sustituye por $Idtes$, donde:

$$Idtes = \sqrt{Idte^2 + Ist^2} \quad (24)$$

El factor $Idle$ representa degradaciones debidas al eco para el oyente. Las ecuaciones son:

$$Idle = \frac{Ro - Rle}{2} + \sqrt{\frac{(Ro - Rle)^2}{4} + 169} \quad (25)$$

donde:

$$Rle = 10,5(WEPL + 7)(Tr + 1)^{-0,25} \quad (26)$$

El factor Idd representa la degradación producida por retardos absolutos demasiado largos Ta , que se producen incluso con compensación perfecta del eco.

Para $Ta \leq 100$ ms:

$$Idd = 0$$

Para $Ta > 100$ ms:

$$Idd = 25 \left\{ \left(1 + X^6 \right)^{\frac{1}{6}} - 3 \left(1 + \left[\frac{X}{3} \right]^6 \right)^{\frac{1}{6}} + 2 \right\} \quad (27)$$

con:

$$X = \frac{\lg \left(\frac{Ta}{100} \right)}{\lg 2} \quad (28)$$

3.5 Factor de degradación del equipo, Ie

Los valores para el factor de degradación del equipo, Ie , de elementos que utilizan códecs de baja velocidad binaria no están relacionados con otros parámetros de entrada. Dependen de resultados de pruebas subjetivas con notas medias de opinión, así como de la experiencia de la red. Para los valores de Ie efectivamente recomendados, véase el apéndice I/G.113 [5].

Los valores específicos del factor de degradación para el funcionamiento de códecs en condiciones de pérdida de paquetes aleatoria² han sido tratados anteriormente utilizando los valores Ie tabulados, dependientes de la pérdida de paquetes. Ahora se define el factor de robustez contra pérdida de paquetes, Bpl , como un valor específico del códec. El factor de degradación efectiva del equipo que depende de la pérdida de paquetes, Ie,eff , se obtiene utilizando el valor específico del códec para el factor de degradación del equipo con pérdida de paquetes cero, Ie , y el factor de robustez contra pérdida de paquetes, Bpl , ambos enumerados en el apéndice I/G.113 para varios códecs. Con la probabilidad de pérdida de paquetes Ppl , Ie,eff se calcula usando la fórmula:

$$Ie,eff = Ie + (95 - Ie) \cdot \frac{Ppl}{Ppl + Bpl} \quad (29)$$

De acuerdo con esta fórmula, el factor de degradación efectiva del equipo en caso de $Ppl = 0$ (no hay pérdida de paquetes) es igual al valor Ie definido en el apéndice I/G.113. Las pérdidas de paquetes cuya distribución no es aleatoria no han sido integradas aún en el modelo E, porque no se dispone de una descripción paramétrica coherente de esta clase de distribuciones, que pueden ser usadas con el modelo E. Si se desea utilizar el modelo E en este caso, véase el apéndice I/G.113 [5] para actualizar los factores de degradación del equipo, Ie , y los factores de robustez contra pérdida de paquetes, Bpl , (valores tabulados para el caso no aleatorio).

El apéndice I/G.113 indica que hay variaciones importantes en las degradaciones causadas por equipos basados en paquetes (por ejemplo, debido al tamaño de paquete, ocultación de pérdida, etc.).

3.6 Factor de mejora, A

Debido al significado específico del factor de mejora A , no existe, por consiguiente, ninguna relación con los demás parámetros de transmisión. El cuadro 1 ofrece algunos valores provisionales.

² Se considera que la probabilidad de perder un paquete es independiente del estado de recepción (recibido/perdido) del paquete anterior.

Cuadro 1/G.107 – Ejemplos provisionales del factor de mejora A

Ejemplo de sistema de comunicación	Valor máximo de A
Convencional (alámbrico)	0
Movilidad mediante redes celulares en un edificio	5
Movilidad en una zona geográfica o en un vehículo en movimiento	10
Conexión con lugares de difícil acceso, por ejemplo, mediante conexiones de múltiples saltos por satélite	20

Cabe destacar que los valores del cuadro 1, tomados de la Rec. UIT-T G.113 [4], son sólo provisionales. La utilización del factor A y la selección de su valor para una aplicación específica es una decisión del planificador. No obstante, los valores del cuadro 1 se han de considerar como límites superiores absolutos para A .

3.7 Valores por defecto

El cuadro 2 enumera los valores por defecto para todos los parámetros de entrada utilizados en el algoritmo del modelo E. Se recomienda encarecidamente la utilización de estos valores por defecto para todos los parámetros que no son modificados durante el cálculo para la planificación. Si se fijan todos los parámetros a los valores por defecto, el resultado del cálculo es una calidad muy alta (factor de evaluación $R = 93,2$).

Cuadro 2/G.107 – Valores por defecto y gamas permitidas para los parámetros

Parámetro	Abreviatura	Unidad	Valor por defecto	Gama permitida	Comentarios
Índice de sonoridad en emisión (<i>send loudness rating</i>)	SLR	dB	+8	0 ... +18	(Nota 1)
Índice de sonoridad en recepción (<i>receive loudness rating</i>)	RLR	dB	+2	-5 ... +14	(Nota 1)
Índice de enmascaramiento para el efecto local (<i>sidetone masking rating</i>)	STMR	dB	15	10 ... 20	(Nota 2)
Índice de efecto local para el oyente (<i>listener sidetone rating</i>)	LSTR	dB	18	13 ... 23	(Nota 2)
Valor D del teléfono, lado emisor	Ds	-	3	-3 ... +3	(Nota 2)
Valor D del teléfono, lado recepción	Dr	-	3	-3 ... +3	(Nota 2)
Índice de sonoridad del eco para el hablante (<i>talker echo loudness rating</i>)	TELRL	dB	65	5 ... 65	
Pérdida de trayecto de eco ponderado (<i>weighted echo path loss</i>)	WEPL	dB	110	5 ... 110	
Retardo medio en un sentido del trayecto de eco	T	msec	0	0 ... 500	
Retardo de ida y vuelta en un bucle a 4 hilos	Tr	msec	0	0 ... 1000	
Retardo absoluto en conexiones sin eco	Ta	msec	0	0 ... 500	
Número de unidades de distorsión de cuantificación (<i>quantization distortion units</i>)	qdu	-	1	1 ... 14	
Factor de degradación de equipo	Ie	-	0	0 ... 40	

Cuadro 2/G.107 – Valores por defecto y gamas permitidas para los parámetros

Parámetro	Abreviatura	Unidad	Valor por defecto	Gama permitida	Comentarios
Factor de robustez contra pérdida de paquetes	Bpl	–	1	1 ... 40	(Nota 3)
Probabilidad de pérdida de paquetes aleatoria	Ppl	%	0	0 ... 20	(Nota 3)
Ruido de circuito referido al punto de 0 dBr	Nc	dBm0p	–70	–80 ... –40	
Nivel de ruido en el lado recepción	Nfor	dBmp	–64	–	(Nota 3)
Ruido ambiente en el lado emisor	Ps	dB(A)	35	35 ... 85	
Ruido ambiente en el lado recepción	Pr	dB(A)	35	35 ... 85	
Factor de mejora	A	–	0	0 ... 20	
NOTA 1 – Valores totales entre el micrófono o el receptor y el punto de 0 dBr. NOTA 2 – Relación fija: LSTR = STMR + D. NOTA 3 – Actualmente en estudio.					

La revisión de esta Recomendación efectuada en 2000 proporcionó una versión mejorada del algoritmo del modelo E (véase el anexo A).

Debido a esta revisión del año 2000, el índice R resultante, con todos los valores por defecto de los parámetros, ha variado ligeramente (de $R = 94,2$ a $R = 93,2$). No obstante, a los efectos prácticos de la planificación, esta ligera desviación debe considerarse insignificante.

Anexo A

Condiciones de uso del modelo E

NOTA –La evaluación y mejora del algoritmo del modelo E están siendo examinadas durante el Periodo de Estudios 2001-2004. Los resultados se incluirán tan pronto estén disponibles.

A.1 Ejemplos de condiciones que requieren precaución cuando se utiliza el modelo E

– *Nivel global de los factores de degradación del equipo*

Algunas investigaciones experimentales sugieren que la tendencia general de los factores de degradación del equipo es demasiado pesimista, por lo que se puede incorporar un margen de seguridad oculto.

– *Propiedad de aditividad global del modelo*

El modelo E presupone que diferentes tipos de degradaciones son aditivos en la escala del factor de determinación de índices de transmisión R . Esta característica no se ha comprobado de forma satisfactoria. En particular, se dispone de muy pocas investigaciones respecto a la interacción de códecs de baja velocidad binaria con otros tipos de degradaciones, por ejemplo, con ruido ambiente. Además, permanecen inciertos los efectos de orden de la puesta en cascada de varios códecs de baja velocidad binaria.

- *Cobertura del efecto local del hablante*
Algunos experimentos muestran que el modelo E descarta algunos efectos de enmascaramiento que se producen en el efecto local del hablante, a saber, junto con el ruido de circuito, el ruido ambiente en el lado recepción y el eco para el hablante de retardo bajo (< 10 ms).
- *Factor de mejora A*
Hasta la fecha no se ha aclarado en qué condiciones deben aplicarse los valores dados para el factor de mejora. Se supone que estos valores pueden depender, por ejemplo, del grupo de usuarios, y que los valores absolutos cambiarán a largo plazo.
- *Metodología para obtener los factores de degradación de equipos nuevos*
La Rec. UIT-T P.833 [6] contiene la nueva metodología adoptada para obtener los factores de degradación de los equipos a partir de pruebas subjetivas de calidad de escucha y la Rec. UIT-T P.834 [7] contiene la nueva metodología adoptada para obtener los factores de degradación de los equipos a partir de modelos instrumentales, tales como los descritos en la Rec. P.862 [8].
- *Predicciones para diferentes tipos de ruido ambiente y diferentes conformaciones de frecuencia en el canal de comunicación, en el trayecto de efecto local y en el trayecto de eco*
El modelo E considera el efecto del ruido ambiente solo mediante un nivel ponderado A. La opinión real sobre la calidad de la comunicación vocal puede depender incluso del tipo y de la perturbación del ruido ambiente. Las características de frecuencia del canal de comunicación, del trayecto de efecto local y del eco no se consideran explícitamente en el modelo E, sino sólo de forma implícita mediante los índices de sonoridad. Sin embargo, pueden afectar a la calidad de transmisión percibida.

A.2 Condiciones para las que se ha mejorado el modelo E actualizando la versión anterior

- *Efecto del ruido ambiente en el lado emisor*
Con el actual algoritmo del modelo E mejorado (revisión del año 2000), ahora se tiene en cuenta el efecto Lombard (es decir, el hecho de que el hablante adapta su pronunciación y nivel de voz al entorno de ruido), que se pasó por alto en la versión de 1998 y que condujo a predicciones del modelo E demasiado pesimistas para altos niveles de ruido ambiente, *Pr.*
- *Predicciones para la distorsión de cuantificación*
En el caso de la versión de 1998 del modelo E, los resultados de pruebas subjetivas para las condiciones de la unidad de referencia de ruido modulado (MNRU) muy a menudo eran más pesimistas que las predicciones del modelo E. Los gráficos de la figura A.1 se han obtenido a partir de la versión de 1998 y de la revisión del año 2000 del modelo E con los demás parámetros en sus valores por defecto.

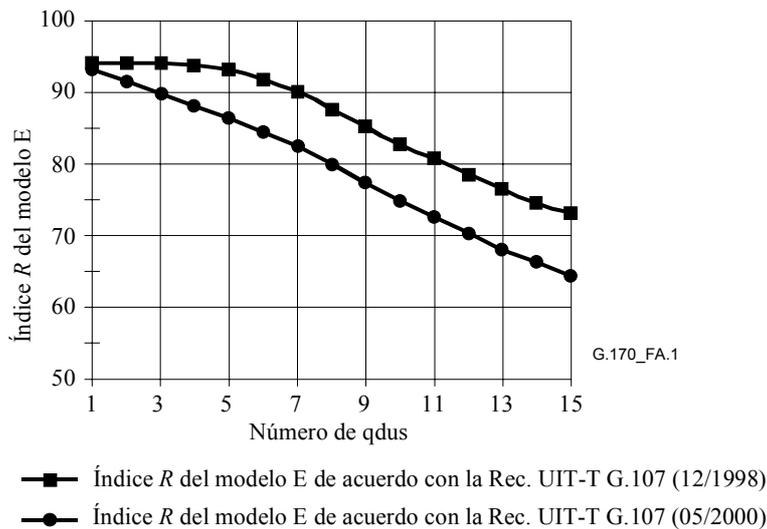


Figura A.1/G.107 – Relación entre el número de qdu y el índice R del modelo E

Con respecto al algoritmo ligeramente mejorado del modelo E que se da en la presente Recomendación, se ha cambiado la relación entre el parámetro qdu y el índice R del modelo E para alinear mejor el algoritmo con los resultados de pruebas subjetivas disponibles.

– *Predicciones para el funcionamiento del códec en condiciones de pérdida de paquetes aleatoria*

Las degradaciones debidas a los códecs en condiciones de pérdida de paquetes fueron tratadas anteriormente utilizando factores de degradación del equipo tabulados dependientes del códec para diferentes tasas de pérdidas de paquetes (en versiones anteriores del apéndice I/G.113). Como la finalidad declarada es reducir la cantidad de datos tabulados para uso con el modelo E, se ha investigado las posibilidades de sustituir los factores *Ies* tabulados para pérdida de paquetes por las correspondiente fórmulas. El método elegido produce resultados muy similares a los definidos previamente como *Ie* para todos los códecs tratados en la versión de 2001 del apéndice I/G.113.

Para esta versión del algoritmo sólo se han integrado las pérdidas aleatorias en el modelo E. Las distribuciones de pérdidas, para las cuales la probabilidad de perder un paquete, si el paquete previo se ha perdido, es diferente de las probabilidades de perder un paquete si el paquete anterior ha sido recibido, no están incluidas aún en el modelo (por ejemplo, pérdida de paquetes "en ráfaga"). En 3.5 se describe la manera de tratar este caso con el modelo E.

Anexo B

Medidas de calidad obtenidas a partir del factor de determinación de índices de transmisión R

El factor de determinación de índices de transmisión R puede variar entre 0 y 100, donde $R = 0$ representa una calidad extremadamente mala y $R = 100$ representa una calidad muy alta. El modelo E proporciona una estimación estadística de las medidas de calidad. Los porcentajes para una estimación buena o mejor (GoB, *good or better*) o mediocre o peor (PoW, *poor or worse*) se obtienen del factor R mediante la función de error Gaussiana:

$$E(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{t^2}{2}} dt \quad (\text{B-1})$$

Las ecuaciones son:

$$GoB = 100E\left(\frac{R-60}{16}\right)\% \quad (\text{B-2})$$

$$PoW = 100E\left(\frac{45-R}{16}\right)\% \quad (\text{B-3})$$

Las notas medias de opinión (MOS, *mean opinion score*) en la escala de 1 a 5 se pueden obtener a partir del factor R utilizando las fórmulas:

$$\text{Para } R < 0: \quad MOS = 1$$

$$\text{Para } 0 < R < 100: \quad MOS = 1 + 0.035R + R(R-60)(100-R)7 \cdot 10^{-6} \quad (\text{B-4})$$

$$\text{Para } R > 100: \quad MOS = 4.5$$

Esta fórmula puede ser invertida en la gama $6,5 \leq R \leq 100$ para calcular R a partir de MOS, véase el apéndice I. Las figuras B.1 y B.2 describen respectivamente GoB, PoW y MOS en función de R .

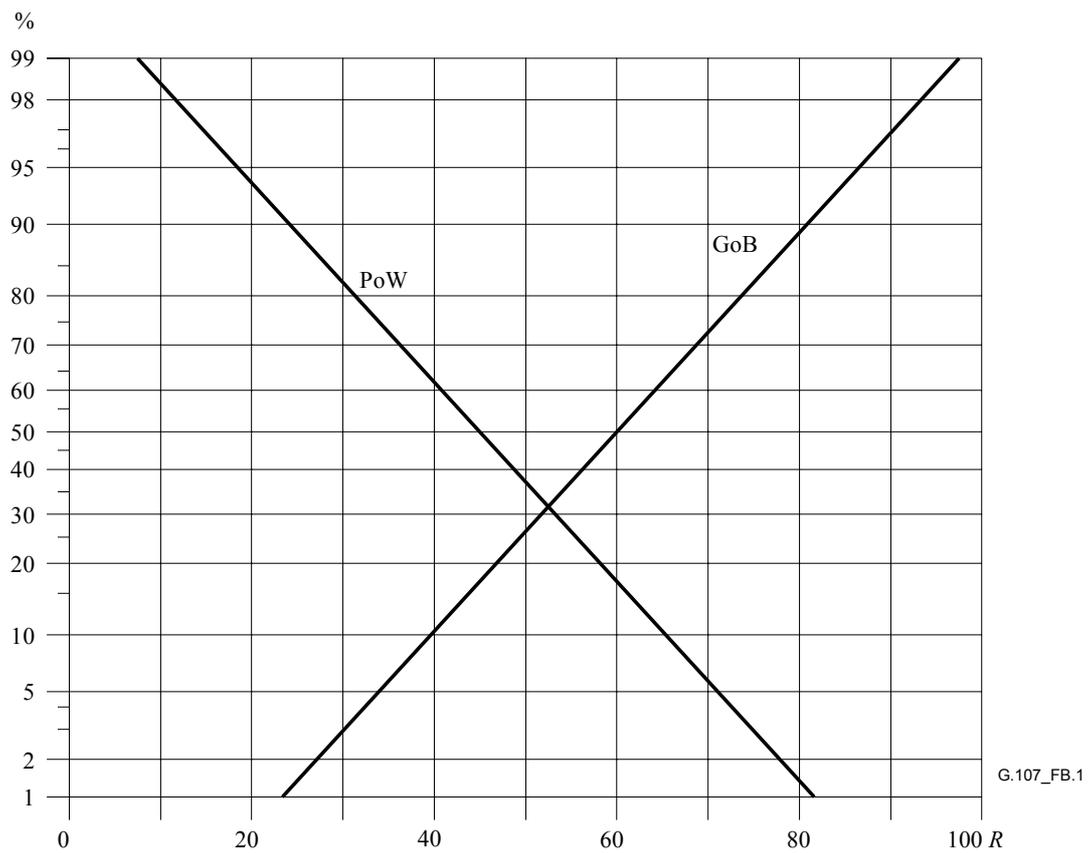


Figura B.1/G.107 – GoB (buena o mejor) y PoW (mediocre o peor) en función del factor de determinación de índices R

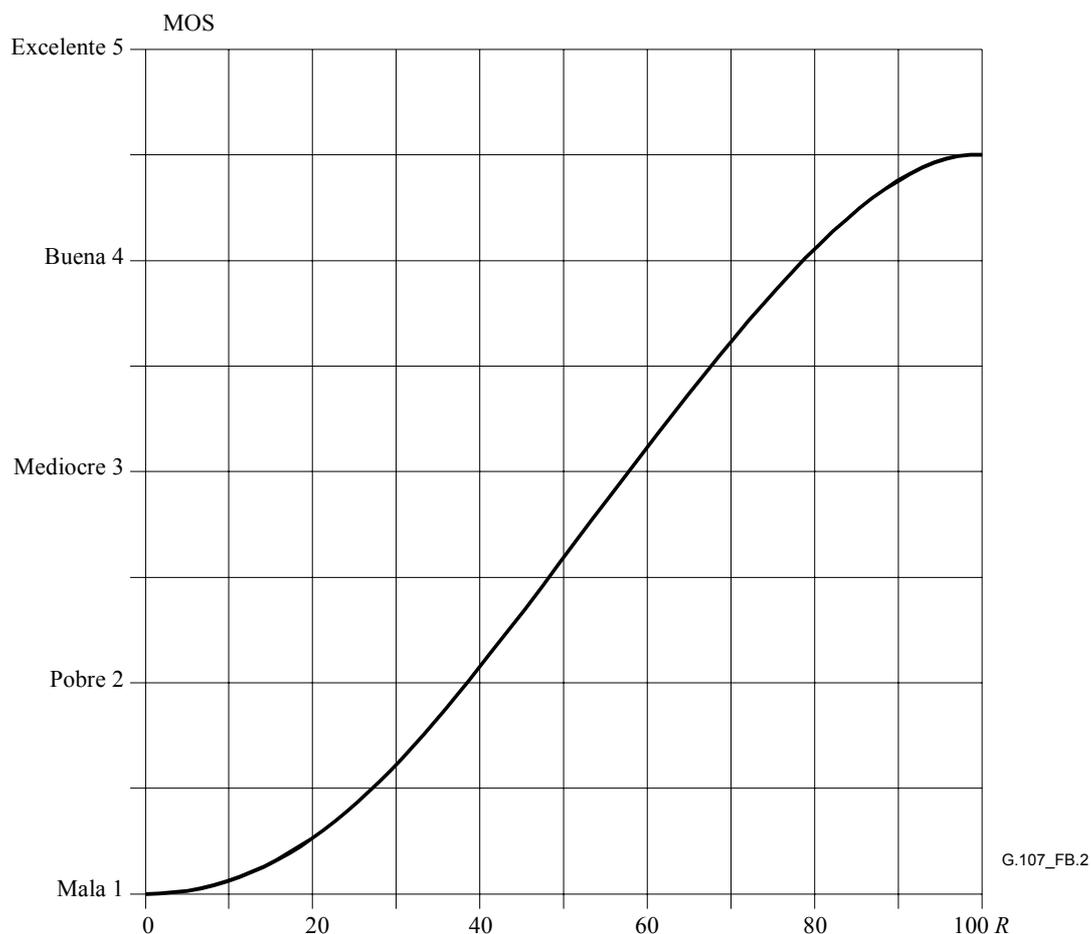


Figura B.2/G.107 – MOS en función del factor de determinación de índices R

Es probable que, en algunos casos, los planificadores de sistemas de transmisión no estén familiarizados con la utilización de medidas de calidad tales como el factor de determinación de índices R obtenido a partir de cálculos de planificación y, por este motivo, en el cuadro B.1³ figura una orientación provisional para interpretar los factores R calculados a efectos de planificación. Este cuadro contiene también valores de R equivalentes transformados en MOS, GoB y PoW.

Cuadro B.1/G.107 – Orientación provisional para la relación entre el valor R y la satisfacción del usuario

Valor R (límite inferior)	MOS (límite inferior)	GoB(%) (límite inferior)	PoW(%) (límite superior)	Satisfacción del usuario
90	4,34	97	~0	Muy satisfecho
80	4,03	89	~0	Satisfecho
70	3,60	73	6	Algunos usuarios insatisfechos
60	3,10	50	17	Muchos usuarios insatisfechos
50	2,58	27	38	Casi todos los usuarios insatisfechos

³ La fuente del cuadro B.1 es el cuadro 1/G.109 [3].

Anexo C

Código fuente para G.107_3 en BASIC

```
1 CLS
2 PRINT "PROGRAM g107_3"
3 REM THIS VERSION IS CONFORM WITH THE ALGORITHM
4 REM DESCRIBED IN REC. G.107
5 REM PROGRAM WRITTEN BY N.O. JOHANNESSON
6 REM MODIFIED BY S. MOELLER, 1999; A. RAAKE, Feb. 2002
7 PRINT
8 PRINT "E-model, algorithm according to ITU-T Rec. G.107 (07/02) Annex C,"
9 PRINT "for voice communication between side (S) and (R)."
```

```

300 IF Y1 = 3 THEN GOSUB 2000
310 IF Y1 = 4 THEN GOSUB 30
320 IF Y1 = 5 THEN GOTO 9999
330 CLS

340 IF Y1 = 4 THEN PRINT , "Parameters set at default values !"
350 GOTO 199

500 REM SUB Print current parameter values (lines 500-700)
510 PRINT , "SLR="; SLR, "RLR="; RLR, "OLR= SLR + RLR="; SLR + RLR
520 PRINT , "Side (S): Ds="; Ds
530 PRINT , "Side (R): STMR="; STMR, "Dr="; Dr, "LSTR="; STMR + Dr
540 PRINT
550 PRINT , "TELR="; TELR, "Mean One-way Delay T ms="; T
560 PRINT , "WEPL="; WEPL, "Round-trip Delay Tr ms="; Tr
570 PRINT , "One-way Absolute Delay Ta ms="; Ta
580 PRINT
590 PRINT , "Noise Floor at Side (R) Nfor dBmp="; Nfor
600 PRINT , "Circuit Noise Nc dBm0p="; Nc
610 PRINT , "Room Noise, Side (S), Ps dB(A)="; Ps
620 PRINT , "Room Noise, Side (R), Pr dB(A)="; Pr
630 PRINT
640 PRINT , "qdu="; qdu
650 PRINT
660 PRINT , "Equipment Impairment Factor Ie="; Ie
661 PRINT662 PRINT , "Packet-loss Robustness Factor Bpl="; Bpl
663 PRINT
664 PRINT , "Packet-loss Rate Ppl % ="; Ppl
665 PRINT
670 PRINT , "Advantage Factor A="; A
680 PRINT
690 INPUT C$
700 RETURN

1000 REM SUB Input Parameters (lines 1000-1270)
1020 CLS
1030 PRINT "Type designation of parameter for which the value is to be changed
!"
1031 PRINT
1032 PRINT "Note 1. New value of OLR is obtained indirectly, i.e. by new"
1033 PRINT "value of SLR or RLR. (OLR=SLR+RLR.)"
1034 PRINT
1035 PRINT "Note 2. New value of LSTR is obtained indirectly, i.e. by new"
1036 PRINT "value of STMR or Dr. (LSTR=STMR+Dr.)"
1037 PRINT
1040 INPUT "Parameter:"; A$
1050 INPUT "New Value="; Px
1060 PRINT A$; "="; Px
1070 IF ((A$ = "SLR") OR (A$ = "slr") OR (A$ = "Slr")) THEN SLR = Px
1080 IF ((A$ = "RLR") OR (A$ = "rlr") OR (A$ = "Rlr")) THEN RLR = Px
1090 IF ((A$ = "STMR") OR (A$ = "stmr") OR (A$ = "Stmr")) THEN STMR = Px
1100 IF ((A$ = "Dr") OR (A$ = "DR") OR (A$ = "dr")) THEN Dr = Px
1110 IF ((A$ = "Ds") OR (A$ = "DS") OR (A$ = "ds")) THEN Ds = Px
1120 IF ((A$ = "TELR") OR (A$ = "telr") OR (A$ = "Telr")) THEN TELR = Px
1130 IF ((A$ = "T") OR (A$ = "t")) THEN T = Px
1140 IF ((A$ = "WEPL") OR (A$ = "wepl") OR (A$ = "WepL")) THEN WEPL = Px
1150 IF ((A$ = "Tr") OR (A$ = "TR") OR (A$ = "tr")) THEN Tr = Px
1160 IF ((A$ = "Ta") OR (A$ = "TA") OR (A$ = "ta")) THEN Ta = Px
1170 IF ((A$ = "Ie") OR (A$ = "IE") OR (A$ = "ie")) THEN Ie = Px
1171 IF ((A$ = "Bpl") OR (A$ = "BPL") OR (A$ = "bpl")) THEN Bpl = Px
1172 IF ((A$ = "Ppl") OR (A$ = "PPL") OR (A$ = "ppl")) THEN Ppl = Px
1180 IF ((A$ = "A") OR (A$ = "a")) THEN A = Px
1190 IF ((A$ = "Nc") OR (A$ = "NC") OR (A$ = "nc")) THEN Nc = Px
1200 IF ((A$ = "Ps") OR (A$ = "PS") OR (A$ = "ps")) THEN Ps = Px
1210 IF ((A$ = "Pr") OR (A$ = "PR") OR (A$ = "pr")) THEN Pr = Px
1220 IF ((A$ = "qdu") OR (A$ = "QDU") OR (A$ = "Qdu")) THEN qdu = Px
1230 IF ((A$ = "Nfor") OR (A$ = "NFOR") OR (A$ = "nfor")) THEN Nfor = Px
1240 PRINT
1250 IF Y1 = 2 THEN INPUT "More parameters changed, Yes(1) or No(0)"; Ypar
1260 IF Ypar = 1 THEN GOTO 1020
1270 RETURN

2000 REM SUB Tabulate (lines 2000-3000)

```

```

2020 INPUT "Variable Parameter:"; A$
2030 PRINT "(To exit tabulation, put parameter value = 1000 !)"
2040 PRINT TAB(8); A$; TAB(18); "R"; TAB(28); "GOB %"; TAB(38); "POW %";
TAB(48); "MOS"
2050 INPUT Px
2060 IF Px = 1000 THEN GOTO 3000
2070 IF ((A$ = "SLR") OR (A$ = "slr") OR (A$ = "Slr")) THEN SLR = Px
2080 IF ((A$ = "RLR") OR (A$ = "rlr") OR (A$ = "Rlr")) THEN RLR = Px
2090 IF ((A$ = "STMR") OR (A$ = "stmr") OR (A$ = "Stmr")) THEN
2100     STMR = Px
2110     LSTR = STMR + Dr
2120 END IF
2130 IF ((A$ = "Dr") OR (A$ = "DR") OR (A$ = "dr")) THEN
2140     Dr = Px
2150     LSTR = STMR + Dr
2160 END IF
2170 IF ((A$ = "TELR") OR (A$ = "telr") OR (A$ = "Telr")) THEN TELR = Px
2180 IF ((A$ = "T") OR (A$ = "t")) THEN T = Px
2190 IF ((A$ = "WEPL") OR (A$ = "wepl") OR (A$ = "WepL")) THEN WEPL = Px
2200 IF ((A$ = "Tr") OR (A$ = "TR") OR (A$ = "tr")) THEN Tr = Px
2210 IF ((A$ = "Ta") OR (A$ = "TA") OR (A$ = "ta")) THEN Ta = Px
2220 IF ((A$ = "Ie") OR (A$ = "IE") OR (A$ = "ie")) THEN Ie = Px
2221 IF ((A$ = "Bpl") OR (A$ = "BPL") OR (A$ = "bpl")) THEN Bpl = Px
2222 IF ((A$ = "Ppl") OR (A$ = "PPL") OR (A$ = "ppl")) THEN Ppl = Px
2230 IF ((A$ = "A") OR (A$ = "a")) THEN A = Px
2240 IF ((A$ = "Nc") OR (A$ = "NC") OR (A$ = "nc")) THEN Nc = Px
2245 IF ((A$ = "Nfor") OR (A$ = "NFOR") OR (A$ = "nfor")) THEN Nfor = Px
2250 IF ((A$ = "Ps") OR (A$ = "PS") OR (A$ = "ps")) THEN Ps = Px
2260 IF ((A$ = "Pr") OR (A$ = "PR") OR (A$ = "pr")) THEN Pr = Px
2270 IF ((A$ = "qdu") OR (A$ = "QDU") OR (A$ = "Qdu")) THEN qdu = Px
2280 IF ((A$ = "Ie") OR (A$ = "IE") OR (A$ = "ie")) THEN Ie = Px
2290 IF ((A$ = "Ds") OR (A$ = "DS") OR (A$ = "ds")) THEN Ds = Px
2300 GOSUB 3500
2400 GOSUB 4000
2500 GOSUB 4100
2600 GOSUB 4200
2700 R = INT(R * 10 + .5) / 10
2800 PRINT TAB(8); Px; TAB(18); R; TAB(28); GOB; TAB(38); POW; TAB(48); MOS
2900 GOTO 2050
3000 RETURN

3500 REM Compute R (lines 3500-3880)

3509 REM Noise Summation, formulas (3) to (7)
3510 Nr1 = Ps - SLR - Ds - 100
3520 Nr1 = Nr1 + .004 * (Ps - SLR - RLR - Ds - 14) ^ 2
3530 LSTR = STMR + Dr
3540 Pro = Pr + 10 * LOG(1 + 10 ^ ((10 - LSTR) / 10)) / LOG(10)
3550 Pr1 = Pro + .008 * (Pro - 35) ^ 2
3560 Nr2 = Pr1 - 121 + RLR
3570 Nfo = Nfor + RLR
3580 No = 10 * LOG(10 ^ (Nr1 / 10) + 10 ^ (Nr2 / 10) + 10 ^ (Nc / 10) + 10 ^
(Nfo / 10)) / LOG(10)
3590 Nt = No - RLR

3599 REM Ro, formula (2)
3600 Ro = 15 - 1.5 * (SLR + No)

3609 REM Iolr, formulas (9) and (10)
3610 Xolr = SLR + RLR + .2 * (64 + Nt)
3620 Iolr = 20 * ((1 + (Xolr / 8) ^ 8) ^ (1 / 8) - Xolr / 8)

3629 REM Ist, formulas (11) and (12)
3630 STMRo = -10 * LOG(10 ^ (-STMR / 10) + 10 ^ (-TELR / 10) * EXP(-T / 4)) /
LOG(10)
3640 Ist = 10 * (1 + ((STMRo - 12) / 5) ^ 6) ^ (1 / 6) - 10
3650 Ist = Ist - 46 * (1 + (STMRo / 23) ^ 10) ^ (1 / 10) + 46

3659 REM Iq, formulas (13) to (17)
3660 IF qdu < 1 THEN qdu = 1
3670 Q = 37 - 15 * LOG(qdu) / LOG(10)
3680 G = 1.07 + .258 * Q + .0602 * Q ^ 2

```

```

3690 Iq = 15 * LOG(1 + 10 ^ ((Ro - 100) / 15) * 10 ^ (46 / 8.4 - G / 9) + 10 ^
(46 / 30 - G / 40)) / LOG(10)

3699 REM Is, formula (8)
3700 Isyn = Iolr + Ist + Iq

3709 REM TERV, formula (22)
3710 TERV = TELR + 6 * EXP(-.3 * T ^ 2) - 40 * LOG((1 + T / 10) / (1 + T / 150))
/ LOG(10)

3719 REM Modifications to satisfy formula (23)
3720 IF STMR < 9 THEN TERV = TERV + .5 * Ist

3729 REM Idte, formulas (19) to (21)
3730 Re = 80 + 2.5 * (TERV - 14)
3740 Roe = -1.5 * (No - RLR)
3750 Xdt = (Roe - Re) / 2
3760 Idte = Xdt + SQR(Xdt ^ 2 + 100)
3770 Idte = (Idte - 1) * (1 - EXP(-T))

3779 REM Modifications to satisfy formula (24)
3780 IF STMR > 15 THEN Idte = SQR(Idte ^ 2 + Ist ^ 2)

3789 REM Idle, formulas (25) and (26)
3790 Rle = 10.5 * (WEPL + 7) * (Tr + 1) ^ (-1 / 4)
3800 Xdl = (Ro - Rle) / 2
3810 Idle = Xdl + SQR(Xdl ^ 2 + 169)

3819 REM Idd, formulas (27) and (28)
3820 IF Ta < 100 THEN Idd = 0
3830 IF Ta = 100 THEN Idd = 0
3840 IF Ta > 100 THEN
    X = (LOG(Ta / 100)) / LOG(2)
    Idd = 25 * ((1 + X ^ 6) ^ (1 / 6) - 3 * (1 + (X / 3) ^ 6) ^ (1 / 6) + 2)
3850 END IF

3859 REM Id
3860 Id = Idte + Idle + Idd

3864 REM Inclusion of packet-loss: Ieef, formula (29)
3865 Ieef = Ie + (95 - Ie) * (Ppl / (Ppl + Bpl))

3869 REM R, formula (1)
3870 R = Ro - Isyn - Id - Ieef + A
3880 RETURN

4000 REM Compute GOB, formula (B.2) (lines 4000-4050)
4010 Z# = (R - 60) / 16
4020 GOSUB 5000
4030 GOB = 100 * F#
4040 GOB = INT(GOB * 10 + .5) / 10
4050 RETURN

4100 REM Compute POW, formula (B.3) (lines 4100-4150)
4110 Z# = (R - 45) / 16
4120 GOSUB 5000
4130 POW = 100 * (1 - F#)
4140 POW = INT(POW * 10 + .5) / 10
4150 RETURN

4200 REM Compute MOS, formula (B.4) (lines 4200-4260)
4210 MOS = 1 + R * .035 + R * (R - 60) * (100 - R) * 7 * 10 ^ (-6)
4220 MOS = INT(MOS * 100 + .5) / 100
4230 IF R < 0 THEN MOS = 1
4240 IF MOS < 1 THEN MOS = 1
4250 IF R > 100 THEN MOS = 4.5
4260 RETURN

5000 REM Norm Distr F(Z), formula (B.1) (lines 5000-5130)
5010 S# = 0
5020 N% = 0
5030 H# = Z#
5040 S# = S# + H#

```

```

5050 H# = H# * (-1) * (Z#) ^ 2 * (2 * N% + 1) / ((N% + 1) * 2 * (2 * N% + 3))
5060 N% = N% + 1
5070 IF ABS(H#) < 10 ^ (-6) THEN GOTO 5090
5080 GOTO 5040
5090 S# = S# / (SQR(2 * 3.14159265#))
5100 F# = .5 + S#
5110 F# = INT(F# * 10 ^ 5 + .5) / 10 ^ 5
5120 REM PRINT "Z="; Z#, "F(Z)="; F#, "N="; N%
5130 RETURN
9999 END

```

Apéndice I

Cálculo de R a partir de los valores de MOS

En la gama $6,5 \leq R \leq 100$, R puede ser calculado a partir de MOS usando la fórmula:

$$R = \frac{20}{3} \left(8 - \sqrt{226} \cos \left(h + \frac{\pi}{3} \right) \right) \quad (\text{I-1})$$

con:

$$h = \frac{1}{3} \arctan 2 \left(18566 - 6750MOS, 15 \sqrt{-903522 + 1113960MOS - 202500MOS^2} \right) \quad (\text{I-2})$$

y:

$$\arctan 2(x, y) = \begin{cases} x \geq 0 & \arctan \left(\frac{y}{x} \right) \\ x < 0 & \pi - \arctan \left(\frac{y}{-x} \right) \end{cases} \quad (\text{I-3})$$

La función $\arctan 2(x, y)$ se implementa en ANSI C como la función $\text{atan2}(y, x)$. Los usuarios deben observar que el orden de los dos parámetros difiere en este caso.

Bibliografía

- Recomendación UIT-T G.107 (1998), *El modelo E, un modelo informático para su utilización en la planificación de la transmisión.*
- Recomendación UIT-T G.107 (2000), *El modulo E, un modelo informático para utilización en planificación de la transmisión.*
- Recomendaciones UIT-T de la serie P – Suplemento 3 (1993), *Modelos de predicción de la calidad de transmisión a partir de mediciones objetivas.*

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	Redes de cable y transmisión de programas radiofónicos y televisivos, 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