



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

G.723.1

Anexo A
(11/96)

SERIE G: SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN

Sistemas de transmisión digital – Equipos terminales –
Codificación de señales analógicas mediante métodos
diferentes de la MIC

Codificador de voz de doble velocidad para
transmisión en comunicaciones multimedios
a 5,3 y 6,3 kbit/s

Anexo A: Esquema de compresión de silencios

Recomendación UIT-T G.723.1 – Anexo A

(Anteriormente Recomendación del CCITT)

RECOMENDACIONES DE LA SERIE G DEL UIT-T

SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN

CONEXIONES Y CIRCUITOS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES	G.100–G.199
SISTEMAS INTERNACIONALES ANALÓGICOS DE PORTADORAS	
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 SATELITE 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
CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN	
SISTEMAS DE TRANSMISIÓN DIGITAL	
EQUIPOS TERMINALES	G.700–G.799
Generalidades	G.700–G.709
Codificación de señales analógicas mediante modulación por impulsos codificados (MIC)	G.710–G.719
Codificación de señales analógicas mediante métodos diferentes de la MIC	G.720–G.729
Características principales de los equipos multiplex primarios	G.730–G.739
Características principales de los equipos multiplex de segundo orden	G.740–G.749
Características principales de los equipos multiplex de orden superior	G.750–G.759
Características principales de los transcodificadores y de los equipos de multiplicación de circuitos digitales	G.760–G.769
Características de operación, administración y mantenimiento de los equipos de transmisión	G.770–G.779
Características principales de los equipos multiplex de la jerarquía digital síncrona	G.780–G.789
Otros equipos terminales	G.790–G.799
REDES DIGITALES	G.800–G.899
Generalidades	G.800–G.809
Objetivos de diseño para las redes digitales	G.810–G.819
Objetivos de calidad y disponibilidad	G.820–G.829
Funciones y capacidades de la red	G.830–G.839
Características de las redes con jerarquía digital síncrona	G.840–G.899
SECCIONES DIGITALES Y SISTEMAS DIGITALES DE LÍNEA	G.900–G.999
Generalidades	G.900–G.909
Parámetros para sistemas en cables de fibra óptica	G.910–G.919
Secciones digitales a velocidades binarias jerárquicas basadas en una velocidad de 2048 kbit/s	G.920–G.929
Sistemas digitales de transmisión en línea por cable a velocidades binarias no jerárquicas	G.930–G.939
Sistemas de línea digital proporcionados por soportes de transmisión MDF	G.940–G.949
Sistemas de línea digital	G.950–G.959
Sección digital y sistemas de transmisión digital para el acceso del cliente a la RDSI	G.960–G.969
Sistemas en cables submarinos de fibra óptica	G.970–G.979
Sistemas de línea óptica para redes de acceso y redes locales	G.980–G.999

RECOMENDACIÓN UIT-T G.723.1 – Anexo A

ESQUEMA DE COMPRESIÓN DE SILENCIOS

Orígenes

La Recomendación UIT-T G.723.1, Anexo A, ha sido preparado por la Comisión de Estudio 15 (1993-1996) del UIT-T y fue aprobada por el procedimiento de la Resolución N.º 1 de la CMNT el 8 de noviembre de 1996.

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 (Helsinki, 1 al 12 de marzo de 1993).

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.

© UIT 1997

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
A.1	Introducción..... 1
A.2	Descripción del VAD..... 2
A.2.1	Cálculo de la bandera de habilitación de adaptación..... 2
A.2.2	Filtrado inverso..... 3
A.2.3	Cálculo de la energía filtrada..... 3
A.2.4	Cálculo del nivel de ruido..... 3
A.2.5	Cálculo del umbral..... 4
A.2.6	Decisión del VAD 4
A.2.7	Adición de tiempo de mantenimiento del VAD 4
A.2.8	Inicialización del VAD..... 4
A.3	Descripción general del CNG..... 4
A.4	Descripción de la parte codificador del CNG..... 6
A.4.1	Cálculo de la función de autocorrelación de trama..... 6
A.4.2	Cálculo del tipo de la trama en curso F_{typ0} 7
A.4.3	Cuantificación de la energía media..... 8
A.4.4	Cálculo y codificación de los parámetros SID..... 9
A.4.5	Cálculo de la excitación del CNG 10
A.4.6	Interpolación de los LSP y actualización..... 11
A.4.7	Inicialización de COD-CNG..... 11
A.5	Descripción de la parte decodificador..... 11
A.5.1	Descripción de DEC-CNG 12
A.5.2	Ocultación de borrados de trama en relación con el CNG 13
A.5.3	Inicialización de DEC-CNG 14
A.6	Empaquetamiento del tren de bits..... 14
A.7	Glosario..... 14
A.8	Código origen C de coma fija y número exacto de bits..... 15

ESQUEMA DE COMPRESIÓN DE SILENCIOS

(Ginebra, 1996)

A.1 Introducción

Este anexo describe el esquema de compresión de silencios diseñado para el codificador de voz de la Recomendación UIT-T G.723.1. Las técnicas de compresión de silencios se utilizan para reducir la velocidad binaria transmitida durante los intervalos de silencio de las señales vocales. Los sistemas que permiten la transmisión discontinua se basan en un algoritmo detector de actividad vocal (VAD, *voice activity detection*) y un algoritmo generador de ruido de confort (CNG, *comfort noise generator*) que permite la inserción de un ruido artificial durante los periodos de silencio. Esta función se necesita para evitar la modulación del ruido introducida cuando se interrumpe la transmisión: si el ruido acústico de fondo presente durante los periodos activos desaparece súbitamente, esta modulación de ruido muy desagradable puede incluso reducir la inteligibilidad de las palabras.

La finalidad del VAD es detectar de manera fiable la presencia o ausencia de señales vocales y llevar esa información al algoritmo CNG. Normalmente, los algoritmos VAD basen sus decisiones en varias tramas sucesivas de información, para hacerlas más fiables y evitar que se tomen decisiones de manera intermitente. El VAD está forzado a actuar en las mismas tramas de voz de 30 ms que a continuación serán codificadas por el codificador vocal o rellenadas con ruido de confort por el generador de ruido de confort. La salida del algoritmo VAD se pasa al algoritmo CNG.

La mayor dificultad con que se tropieza en la detección de señales vocales es la presencia de cualquiera de las condiciones de ruido de fondo de las que existe una amplia gama. El VAD ha de poder detectar señales vocales incluso en condiciones de relación señal/ruido muy baja. Es imposible distinguir entre voz y ruido utilizando técnicas sencillas de detección de nivel cuando partes de la expresión vocal quedan ocultas por el ruido. La distinción entre estas condiciones sólo puede hacerse teniendo en cuenta las características espectrales de la señal de entrada. Para ello, el VAD incorpora un filtro inverso cuyos coeficientes son obtenidos por el CNG durante los periodos de sólo ruido. La subcláusula A.2 contiene todos los demás detalles del VAD.

La finalidad del algoritmo CNG es crear un ruido equivalente al ruido de fondo real con un coste, en cuanto a transmisión global, lo más bajo posible. En el extremo transmisor, el algoritmo CNG utiliza la información de actividad dada por el VAD para cada trama y calcula los parámetros codificados necesarios para sintetizar el ruido artificial en el extremo receptor. Los parámetros codificados componen las tramas del descriptor de inserción de silencios (SID, *silence insertion descriptor*), que requieren menos bits que las tramas de voz activas y se transmiten durante periodos inactivos.

La característica principal del algoritmo CNG es que la transmisión de las tramas SID no es periódica: por cada trama inactiva, el algoritmo decide si envía o no una trama SID, en base a una comparación entre la trama inactiva en curso y la trama SID precedente. De esta manera, la transmisión de las tramas SID se limita a aquellas tramas en las que el espectro de potencia de ruido ha cambiado.

Durante las tramas inactivas, se sintetiza el ruido de confort en el decodificador introduciendo una excitación pseudoblanca en el filtro de síntesis de corto plazo. Los parámetros utilizados para caracterizar el ruido de confort son los coeficientes del filtro de síntesis del codificador de predicción lineal (LPC, *linear prediction coder*) y la energía de la señal de excitación. En el codificador, el algoritmo calcula para cada trama SID un conjunto de parámetros LPC y cuantifica los pares

espectrales de línea (LSP, *line spectral pair*) correspondientes utilizando el cuantificador LSP del codificador en 24 bits. Además, evalúa la energía de excitación y la cuantifica con 6 bits. De esta manera se obtienen tramas SID codificadas de 4 bytes que incluyen los 2 bits para información de velocidad binaria y DTX.

Una característica importante del algoritmo CNG es el método utilizado para evaluar el espectro del ruido ambiente para cada trama SID, que tiene en cuenta el carácter estacionario o no local de la señal de entrada.

Por último, la excitación corresponde a la excitación de velocidad binaria superior del códec de la presente Recomendación G.723.1. Puesto que la excitación fija tiene un espectro de escasa calidad, se utiliza también la excitación de largo plazo para obtener una mejor excitación de tipo ruido blanco. El algoritmo elige de manera aleatoria los códigos de los parámetros de largo plazo (retardos y ganancias) y los parámetros de la tabla de códigos fijos (retícula, posiciones de impulsos y signos). Por cada dos subtramas, calcula la ganancia de la excitación fija para obtener la energía global derivada de la energía SID transmitida.

El cálculo de la excitación se ha de efectuar tanto en el codificador como en el decodificador para mantener ambas partes sincronizadas.

En el receptor, para simplificar el procedimiento, se desconecta el postfiltro de armónicos mientras se genera el ruido de confort, ya que el ruido generado no es una señal con voz.

Los resultados de las pruebas del esquema VAD/DTX/CNG que se describe en este anexo se publicarán ulteriormente en un apéndice al Anexo A/G.723.1¹.

A.2 Descripción del VAD

En esta subcláusula se describe el detector de actividad vocal (VAD) utilizado en el codificador de voz G.723.1. La función del VAD consiste en indicar si cada trama de 30 ms producida por el codificador de voz contiene o no señales vocales. La decisión del VAD respecto a la trama t se indica por Vad_t y es la entrada al bloque COD-CNG que calcula $Ftyp_t$, como se describe en A.3 y en la Figura A.1 El funcionamiento del algoritmo VAD se caracteriza por el grado de mutilación de las señales vocales audibles y el porcentaje de actividad vocal que indica.

El VAD es básicamente un detector de energía. La energía de la señal filtrada inversamente se compara con un umbral. Cuando se supera el umbral se indica señal vocal. El umbral se calcula mediante un procedimiento de dos etapas. En primer lugar, se actualiza el nivel de ruido en base a su valor anterior y a la energía de la señal filtrada. En segundo lugar, se calcula el umbral a partir del nivel de ruido mediante una aproximación logarítmica.

Por "tiempo de mantenimiento" se entiende la práctica consistente en declarar que las primeras tramas de silencio después de una ráfaga vocal siguen siendo señales vocales. Se utiliza para eliminar la mutilación de las señales vocales de bajo nivel. Sólo se añade tiempo de mantenimiento a las ráfagas de señales vocales cuya duración excede de un valor determinado, para evitar la ampliación de los picos de ruido.

A.2.1 Cálculo de la bandera de habilitación de adaptación

Se utiliza una bandera de habilitación de adaptación, Aen_t para la trama t vigente con el fin de asegurar que el nivel de ruido VAD se adapta solamente cuando la señal vocal no está presente. Se

¹ Cabe señalar que las condiciones de prueba no fueron suficientemente rigurosas para las condiciones móviles.

basa en el hecho de que el ruido de fondo o el silencio no son una señal con voz ni una onda sinusoidal:

– Detección de voz/ausencia de voz:

Los retardos de tono de bucle abierto de la trama precedente y de la trama en curso se utilizan para probar la voz. Sea $L_{OL}^j, j = 0,1,2,3$ estos 4 valores. El retardo mínimo, $L_{OL}^{\min} = \text{Mín}(L_{OL}^j, j = 0,1,2,3)$ se calcula primero. Se evalúa el contador $pc \in [1,2,3,4]$ que indica cuántos retardos L_{OL}^j están en la proximidad de un múltiplo de $L_{OL}^{\min} (\pm 3)$. Si pc es igual a 4, se considera que la señal tiene voz.

– Detección de onda sinusoidal: (ya figura en la Contribución COM 15-255)

Se incluye el siguiente detector de onda sinusoidal en el análisis de LPC del codificador G.723.1:

Sea $k_i^t[2]$ el segundo coeficiente de reflexión calculado por la recursión de Durbin para cada subtrama $i = 0, \dots, 3$ de la trama t .

Si $k_i^t[2] \geq 0,95$ por lo menos para 14 de los 15 últimos valores, la onda sinusoidal es detectada ($SinD = 1$). En el otro caso, $SinD = 0$.

– Calcúlese la bandera de habilitación de adaptación:

$$\begin{cases} Aen_t = Aen_{t-1} + 2 & \text{si } pc = 4 \text{ o } SinD = 1 \\ Aen_t = Aen_{t-1} - 1 & \text{en los demás casos} \end{cases}$$

Aen_t está comprendida en $[0,6]$.

A.2.2 Filtrado inverso

La trama de la señal de entrada, $\{s[n]\}_{n=60..239}$, es sometida a un proceso de filtrado inverso por un filtro FIR $A_{no}(z)$ con los coeficientes $\{a_{no}[j]\}_{j=1..10}$. Este filtro es calculado por el bloque CNG y proporciona una estimación del filtro LPC asociado con el ruido de fondo existente.

$$e_t'[n] = s[n] + \sum_{j=1}^{10} a_{no}[j] \cdot s[n-j] \quad n = 60 \rightarrow 239 \quad (\text{A-1})$$

donde $e_t'[n]$ es la señal sometida a un proceso de filtrado inverso.

A.2.3 Cálculo de la energía filtrada

La energía, Enr_t , se calcula a partir de la señal filtrada inversamente de la trama en curso mediante la siguiente fórmula:

$$Enr_t = \frac{1}{80} \sum_{n=60}^{239} e_t'^2[n] \quad (\text{A-2})$$

A.2.4 Cálculo del nivel de ruido

El nivel de ruido en la trama t , $Nlev_t$, se actualiza en base a su valor anterior y a la energía previa, Enr_{t-1} y a la bandera de habilitación de adaptación, Aen_t . El procedimiento de actualización se caracteriza por el lento establecimiento y la rápida caída. La gama dinámica del nivel de ruido en la trama t está limitada al conjunto de valores $[Nlev_{\min}, Nlev_{\max}]$.

1) Si, $Nlev_{t-1} > Enr_{t-1}$ se recorta el nivel de ruido primero:

$$Nlev_t = \begin{cases} 0,25 \cdot Nlev_{t-1} + 0,75 \cdot Enr_{t-1} & \text{si } Nlev_{t-1} > Enr_{t-1} \\ Nlev_{t-1} & \text{en los demás casos} \end{cases} \quad (\text{A-3})$$

2) Después se aumenta $Nlev_t$ si está habilitada la adaptación, en los demás casos se disminuye por una pequeña cantidad:

$$Nlev_t = \begin{cases} 1,03125 \times Nlev_t & \text{si } Aen_t = 0 \\ 0,9995 \times Nlev_t & \text{en los demás casos} \end{cases} \quad (\text{A-4})$$

con $\begin{cases} Nlev_{\text{mín}} = 128 \\ Nlev_{\text{máx}} = 131071 \end{cases}$

A.2.5 Cálculo del umbral

La relación entre el nivel de ruido en la trama t , $Nlev_t$, y el umbral, Thr , se define mediante la siguiente aproximación logarítmica y se define la siguiente formula:

$$Thr = \begin{cases} 5,012 & \text{si } Nlev = 128, \\ 10^{0,7-0,05 \log_2 \frac{Nlev}{128}} & \text{si } 128 < Nlev < 16384 \\ 2,239 & \text{si } Nlev \geq 16384 \end{cases} \quad (\text{A-5})$$

A.2.6 Decisión del VAD

La decisión del VAD se basa en la comparación entre el umbral, Thr , y la energía actual, Enr_t .

$$Vad_t = \begin{cases} 1 & \text{si } Enr_t \geq Thr \\ 0 & \text{si } Enr_t < Thr \end{cases} \quad (\text{A-6})$$

A.2.7 Adición de tiempo de mantenimiento del VAD

Se añade un tiempo de mantenimiento de 6 tramas sólo en el caso de ráfagas vocales ($Vad_t = 1$) superiores o iguales a dos tramas.

A.2.8 Inicialización del VAD

Todas las variables estáticas del algoritmo VAD se inicializan a cero, excepto las siguientes:

$$\begin{aligned} Nlev_{-1} &= 1024 \\ Enr_{-1} &= 1024 \\ L_{OL}^j &= 1 & j = 0,1 \\ L_{Ol}^j &= 60 & j = 2,3 \end{aligned} \quad (\text{A-7})$$

A.3 Descripción general del CNG

El algoritmo se divide en dos bloques, situados en el codificador y el decodificador, a los que se llamarán respectivamente COD-CNG y DEC-CNG. En el codificador (véase la Figura A.1), el bloque COD-CNG utiliza la función de autocorrelación de la señal vocal calculada para cada subtrama de 60 muestras, las muestras de excitación pasada y los LSP de la trama precedente.

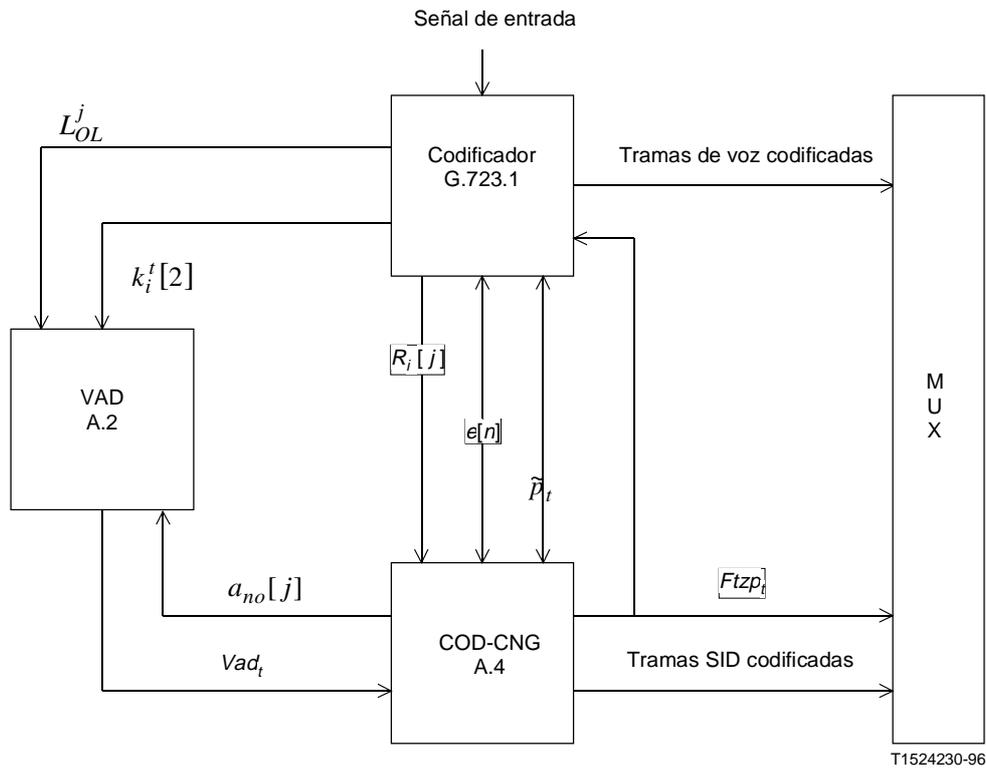


FIGURA A.1/G.723.1

Diagrama de bloques del codificador con VAD/CNG

En el caso de tramas inactivas, COD-CNG calcula las muestras de excitación del CNG para sincronizar el decodificador local del codificador con el decodificador distante.

Debido a la codificación predictiva de los LSP del esquema de la Recomendación G.723.1, se efectúa una actualización similar de entrada/salida de los parámetros LSP durante las tramas inactivas.

El bloque COD-CNG produce como salida las tramas SID codificadas y la decisión final $Ftyp_t$ (tipo de trama de la trama t) en forma de uno de los tres valores, 0, 1 ó 2, correspondientes a trama no transmitida, trama de voz activa o trama SID, respectivamente.

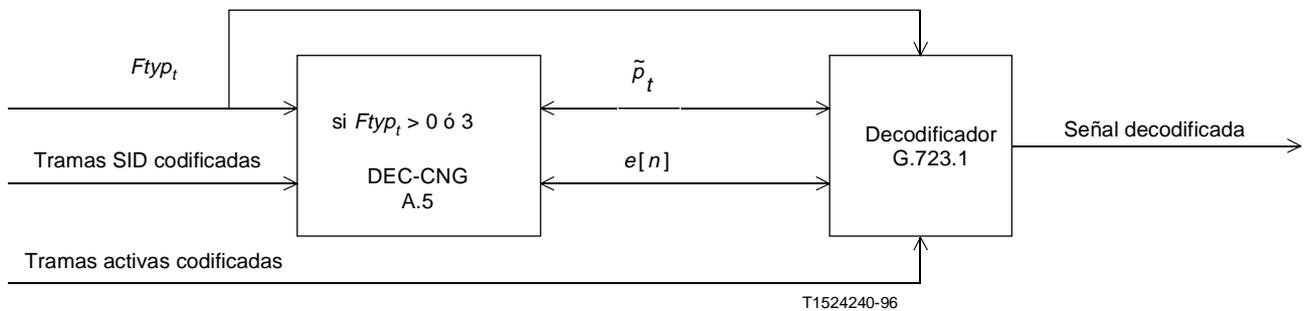


FIGURA A.2/G.723.1

Diagrama de bloques del decodificador con VAD/DTX

En el receptor (véase la Figura A.2) el bloque DEC-CNG procesa sólo tramas de voz inactivas, para las cuales la información de entrada $Ftyp_t$ es igual a 0 ó 2 (no transmitidas/SID). El bloque DEC-CNG decodifica las tramas SID y para las tramas SID y no transmitidas, calcula los LSP y la excitación actuales utilizando el mismo método que el bloque COD-CNG.

A continuación el decodificador de G.723.1 sintetiza el ruido de confort empleando la excitación del CNG y los LSP.

A.4 Descripción de la parte codificador del CNG

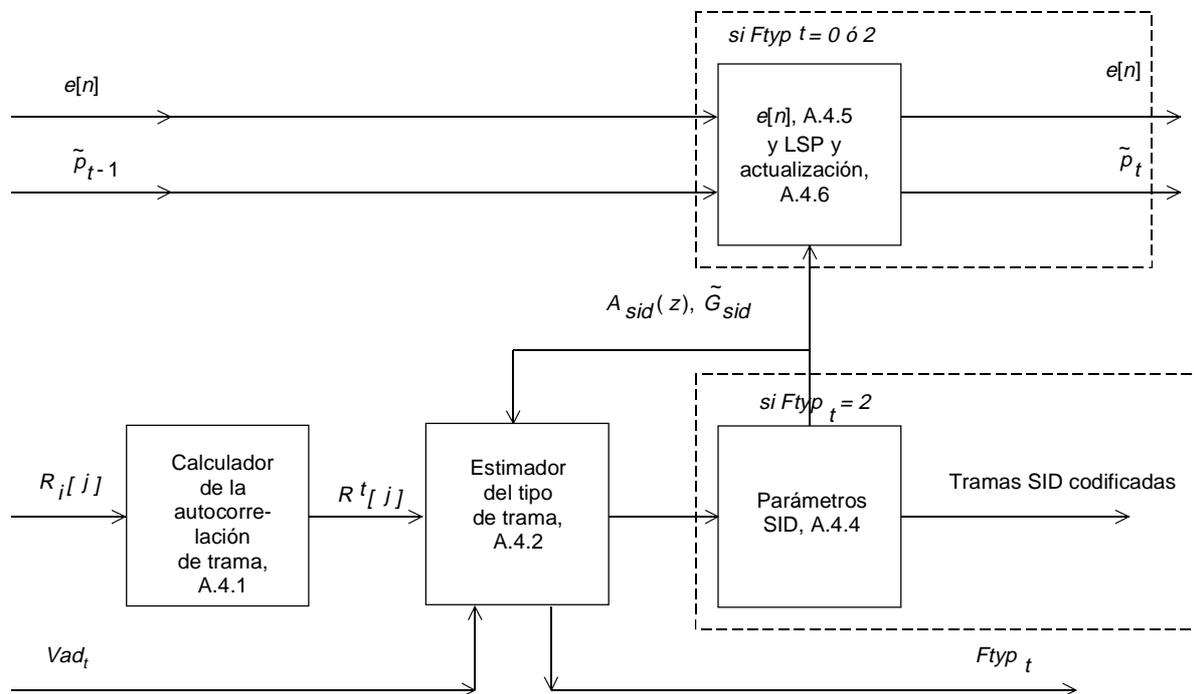
Para cada trama de 240 muestras (activa o inactiva), el bloque COD-CNG procesa los datos procedentes del VAD y del codificador y produce la información $Ftyp_t$ y la trama SID codificada de acuerdo con el procedimiento expuesto en la Figura A.3 y detallado en A.4.1 a A.4.7.

A.4.1 Cálculo de la función de autocorrelación de trama

File: COD_CNG.C	Procedure: Update_Acf()	Actualizar función de autocorrelación
-----------------	-------------------------	---------------------------------------

Para cada trama t (activa o inactiva) se suman los coeficientes de autocorrelación (calculados en el codificador como se describe en 2.4/G.723.1 $R_i[j]$, para $j = 0$ a 10, de las 4 subtramas indexadas por $i = 0$ a 3. La función de autocorrelación acumulada de la trama en curso t viene dada por:

$$R^t[j] = \sum_{i=0}^3 R_i[j], \text{ para } j = 0 \text{ a } 10 \quad (\text{A-8})$$



T1524250-96

FIGURA A.3/G.723.1

Diagrama de bloques del CNG en la parte codificador

A.4.2 Cálculo del tipo de la trama en curso $Ftyp_0$

File: COD_CNG.C	Procedure: Cod_Cng()	Cuerpo principal de COD_CNG
File: COD_CNG.C	Procedure: LpcDiff()	Comparación de distancias de Itakura
File: LPC.C	Procedure: Durbin()	Recursión de Levinson-Durbin

Si la trama en curso t es una trama de voz activa ($Vad_t=1$), $Ftyp_t = 1$ y no se efectúa ningún otro procesamiento.

En el otro caso, la decisión trama SID/trama no transmitida se toma de acuerdo con el siguiente procedimiento:

El filtro LPC $A_t(z)$ de la trama t en curso se calcula por el procedimiento de Durbin (véase 2.4/G.723.1) utilizando $R^t[j]$ como entrada. Los coeficientes de $A_t(z)$ se designan por $a_t[j]$, para $j = 1$ a 10. Con el procedimiento de Durbin se obtiene la energía residual E_t , que se utilizará como una estimación de la energía de excitación de trama.

A continuación se determina el tipo de la trama en curso $Ftyp_t$ de la siguiente manera:

- Si la trama en curso es la primera trama inactiva de la zona inactiva, la trama se selecciona como trama SID, la variable \bar{E} que refleja la suma de energías se hace igual a E_t , y el número de tramas que intervienen en la suma, k_E , se inicializa a 1:

$$(Vad_{t-1} = 1) \Rightarrow \begin{cases} Ftyp_t = 2 \\ \bar{E} = E \\ k_E = 1 \end{cases} \quad (A-9)$$

- Si el filtro actual difiere notablemente del filtro SID precedente, o si la energía de excitación actual difiere mucho de la energía SID precedente, la trama se selecciona como SID ($Ftyp_t = 2$).
- De otro modo, si la trama en curso no es la primera de un periodo inactivo y si el filtro LPC actual y la energía de excitación son similares a los de SID, no se transmite la trama ($Ftyp_t = 0$).

Los filtros LPC y las energías se comparan de acuerdo con los métodos siguientes:

Comparación de los filtros LPC

Los filtros LPC y SID actuales se consideran notablemente diferentes si la distancia de Itakura entre ellos dos rebasa el umbral dado, que viene expresado por:

$$\sum_{j=0}^{10} R_a[j] \times R^t[j] \geq E_t \times thr1 \quad (A-10)$$

donde $R_a[j]$, para $j = 0$ a 10, es una función derivada de la autocorrelación de los coeficientes del filtro SID, dada por:

$$\begin{cases} R_a[j] = 2 \sum_{k=0}^{10-j} a_{sid}[k] \times a_{sid}[k+j] & \text{si } j \neq 0 \\ R_a(0) = \sum_{k=0}^{10} a_{sid}[k]^2 \end{cases} \quad (A-11)$$

con $a_{sid}[0] = 1$

Para $thr1$ se utiliza un valor de 1,2136.

Comparación de las energías

Primero se aumenta k_E hasta el valor máximo de 3 y se calcula la suma de energías de trama

$$\bar{E} = \sum_{i=t-k_E+1}^t E_t.$$

A continuación se cuantifica \bar{E} utilizando el cuantificador pseudologarítmico de 6 bits descrito en A.4.3. El índice de ganancia codificada $GInd_t$ se compara con el índice de ganancia de SID codificada $GInd_{sid}$ anterior. Si la diferencia rebasa el umbral $thr2=3$, se considera que las dos energías son notablemente diferentes.

A.4.3 Cuantificación de la energía media

File: UTIL_CNG.C	Procedure: Qua_SidGain()	Cuantificar ganancia de SID
File: UTIL_CNG.C	Procedure: Dec_SidGain()	Decodificar ganancia de SID

El procedimiento de cuantificación actúa con la suma de energías \bar{E} y la decodificación proporciona una ganancia que corresponde al valor decodificado de la raíz cuadrada de la energía media.

Se introduce un factor de escalamiento $\alpha_w = 2,70375$ para tener en cuenta el efecto de ventana y las expansiones de la anchura de banda presentes en las funciones de autocorrelación de subtramas $R_i[j]$.

El valor utilizado a la entrada del cuantificador de ganancia es:

$$G = \alpha_w \times \sqrt{\frac{1}{k_E \times 240} \bar{E}}, \text{ comprendido entre } [0, 352]$$

El cuantificador es pseudologarítmico y divide $[0, 352]$ en tres segmentos indexados $isg = 0$ a 2 de longitud $N[isg] = 16, 16, 32$ con las resoluciones asociadas de 2, 4 y 8.

Sean $G_{isg}[j]$, para $j = 0$ a $N[isg]-1$, los valores decodificados del segmento isg . Esos valores vienen dados por:

$$G_{isg}[j] = G_{isg}[0] + j \times 2^{(isg+1)} \quad (A-12)$$

El procedimiento utiliza G^2 para calcular el índice isg del segmento que contiene G y el índice i_s de $G_{isg}(i_s)$ más próximo a G .

El índice de cuantificación actual viene dado por:

$$GInd_t = 16 \times isg + i_s \quad (A-13)$$

La decodificación se efectúa utilizando la siguiente fórmula:

$$Q^{-1}(GInd_t) = G_{isg}[0] + (GInd_t - \lfloor isg / 16 \rfloor) \times 2^{isg+1} \quad (A-14)$$

donde $\lfloor x \rfloor$ indica el entero más elevado $\leq x$.

A.4.4 Cálculo y codificación de los parámetros SID

File: COD_CNG.C	Procedure: Cod_Cng()	Cuerpo principal de COD_CNG
File: COD_CNG.C	Procedure: ComputePastAvFilter()	Calcula filtro promedio pasado
File: COD_CNG.C	Procedure: LpcDiff()	Comparación de distancias de Itakura
File: COD_CNG.C	Procedure: CalcRc()	Calcular la función RC a partir de LPC
File: LPC.C	Procedure: Durbin()	Recurción de Levinson-Durbin
File: LSP.C	Procedure: AtoLsp()	Convierte los coeficientes LPC en LSP
File: LSP.C	Procedure: Lsp_Qnt()	Cuantificación de LSP
File: LSP.C	Procedure: Lsp_Inq()	Cuantificación inversa de LSP

Cuando la trama en curso es una trama SID, se calculan y cuantifican los parámetros SID. Adviértase que estos parámetros servirán para tomar la decisión respecto a SID en las siguientes tramas inactivas hasta la próxima trama SID.

Cálculo del filtro LPC de SID [$A_{sid}(z)$] y actualización del filtro LPC de VAD [$A_{no}(z)$]

Primero se estima el filtro LPC de paso medio $\bar{A}_p(z)$, creado a partir de las tres tramas que preceden a la actual, utilizando el procedimiento de Durbin con la siguiente función de autocorrelación como entrada:

$$\bar{R}_p[j] = \sum_{k=t-3}^{t-1} R^k[j], \text{ para } j = 0 \text{ a } 10 \quad (\text{A-15})$$

las funciones de autocorrelación $R^k[j]$ son las acumuladas calculadas por (A-8).

Los coeficientes del filtro LPC medio pasado se designan por $\bar{a}_p[j]$, para $j = 1$ a 10.

Se actualiza el filtro LPC de ruido de VAD utilizado en A.2 con $\bar{a}_p[j]$ pero sólo cuando lo permite la bandera de habilitación de adaptación, Aen_t :

$$\text{si } Aen_t = 0 \text{ entonces } a_{no}[j] = \bar{a}_p[j], j = 1, 2, \dots, 10 \quad (\text{A-16})$$

A continuación se hace

$$A_{sid}(z) = \begin{cases} A_t(z) & \text{si la distancia entre } A_t(z) \text{ y } \bar{A}_p(z) \text{ es } \geq thr1 \\ \bar{A}_p(z) & \text{si es de otro modo véase la ecuación (A - 10)} \end{cases}$$

La distancia entre el filtro LPC actual $A_t(z)$ y el filtro LPC de paso medio $\bar{A}_p(z)$ se calcula de la misma manera que en A.4.2.

Los coeficientes $a_{sid}[j]$, para $j = 1 \rightarrow 10$, del nuevo filtro LPC de SID se convierten en coeficientes LSP y los LSP se cuantifican utilizando el procedimiento de cuantificación con 24 bits del codificador LSP (véase 2.5/G.723.1). El valor decodificado se designará por \tilde{p}_{sid} .

Ganancia de SID

El valor cuantificado de la ganancia de SID viene dado por:

$$GInd_{sid} = GInd_t \quad (\text{A-17})$$

y el valor decodificado se designa por \tilde{G}_{sid} .

A.4.5 Cálculo de la excitación del CNG

File: UTIL_CNG.C	Procedure: Calc_Exc_Rand()	Cálculo de la excitación
File: UTIL_CNG.C	Procedure: random_number()	Generación de números aleatorios
File: UTIL_CNG.C	Procedure: distG()	Utilizado para seleccionar la ganancia de excitación
File: UTIL_LBC.C	Procedure: Sqrt_lbc()	Raíz cuadrada
File: UTIL_LBC.C	Procedure: Rand_lbc()	Secuencia pseudoaleatoria

La actualización de la señal de excitación se efectúa tanto para tramas SID como para tramas no transmitidas.

Primero se define la ganancia de excitación objetivo \tilde{G}_t como la raíz cuadrada de la energía media que se debe obtener para la excitación sintética de la trama t en curso. \tilde{G}_t se calcula utilizando el siguiente procedimiento suavizador:

$$\tilde{G}_t = \begin{cases} \tilde{G}_{sid} & \text{si } Vad_{t-1} = 1 \\ \frac{7}{8}\tilde{G}_{t-1} + \frac{1}{8}\tilde{G}_{sid} & \text{en los demás casos} \end{cases} \quad (\text{A-18})$$

Las 240 muestras de la trama se dividen en dos bloques de 120 muestras, cada uno de los cuales consta de dos subtramas de 60 muestras.

Para cada bloque se sintetizan las muestras de excitación del CNG utilizando el siguiente algoritmo:

Primero se seleccionan los parámetros LTP de las dos subtramas:

- El retardo de tono de la primera subtrama se elige de manera aleatoria en el intervalo [123, 143].
- Los índices del vector de ganancia de las dos subtramas se eligen de manera aleatoria en el intervalo [0, 49], que corresponde a los 50 primeros vectores de la tabla de códigos de ganancia de 170 entradas.
- El desplazamiento del retardo de la segunda subtrama se hace igual a 0 para el primer bloque e igual a 3 para el segundo bloque.

Seguidamente se constituyen los vectores de la tabla de códigos fijos de las dos subtramas mediante selección aleatoria de la retícula, los signos de los impulsos y las posiciones de los mismos, en correspondencia con el esquema de excitación fija de velocidad más alta.

A continuación se calcula una ganancia de excitación fija única para las dos subtramas del bloque.

El vector de excitación adaptativa del bloque actual se designa por $u[n]$, para $n = 0$ a 119, y la excitación fija por $v[n]$, para $n = 0$ a 119.

La ganancia de excitación fija se obtiene calculando el valor Gf que genera la energía media de bloque más próxima a la energía objetivo \tilde{G}_t^2 :

$$\text{seleccionar } Gf \text{ de tal manera que } \left| \frac{1}{20} \sum_{n=0}^{119} (u[n] + Gf \times v[n])^2 - \tilde{G}_t^2 \right| \text{ sea mínimo} \quad (\text{A-19})$$

Adviértase que Gf puede tomar un valor negativo.

Se define $C(X) = aX^2 + 2bX + c$, de modo que:

$$a = \left(\sum_{n=0}^{119} v[n]^2 \right), b = \left(\sum_{n=0}^{119} u[n]v[n] \right), c = \left(\sum_{n=0}^{119} u[n]^2 - 120\tilde{G}_t^2 \right)$$

Seguidamente se analiza la ecuación $C(X) = 0$:

Si el discriminante es ≤ 0 se selecciona $Gf = -\frac{b}{a}$; en otro caso, se calculan las dos raíces y se toma aquella que tenga el valor absoluto más bajo.

A continuación se limita Gf : $Gf \leq 5000$

Por último se obtiene la excitación del CNG de bloque utilizando la siguiente fórmula:

$$e[n] = u[n] + Gf \times v[n], \text{ para } n = 0 \text{ a } 119 \quad (\text{A-20})$$

A.4.6 Interpolación de los LSP y actualización

File: COD_CNG.C	Procedure: Cod_Cng()	Cuerpo principal de COD_CNG
File: LSP.C	Procedure: Lsp_Int()	Interpolador LSP

Tanto para las tramas SID como para las tramas no transmitidas, los conjuntos interpolados de coeficientes LPC se calculan utilizando \tilde{p}_{sid} y el vector LSP anterior \tilde{p}_{t-1} proporcionado a COD-CNG.

También se efectúa la actualización de LSP: $\tilde{p}_t = \tilde{p}_{sid}$.

A.4.7 Inicialización de COD-CNG

Se debe efectuar la siguiente inicialización en las funciones de autocorrelación de trama, la ganancia de excitación objetivo, la información VAD y la semilla del generador aleatorio utilizado para calcular la excitación del CNG:

$$\begin{cases} R^k[j] = 0 \text{ para } j = 0, \dots, 10 \text{ y } k = -1, -2, -3 \\ \tilde{G}_{-1} = 0 \\ Vad_{-1} = 1 \\ rseed = 12345 \end{cases}$$

No se necesita inicialización para las demás variables estáticas de COD-CNG.

A.5 Descripción de la parte decodificador

En el extremo receptor, DEC-CNG procesa tramas SID y tramas no transmitidas para producir el ruido de confort sintetizado.

Más adelante se describen los procedimientos desarrollados para tratar los borrados de trama.

A.5.1 Descripción de DEC-CNG

File: DEC_CNG.C	Procedure: Dec_Cng()	Cuerpo principal de DEC_CNG
File: UTIL_CNG.C	Procedure: Calc_Exc_Rand()	Cálculo de la excitación
File: UTIL_CNG.C	Procedure: random_number()	Generación de números aleatorios
File: UTIL_CNG.C	Procedure: distG()	Utilizado para seleccionar ganancia de excitación
File: UTIL_LBC.C	Procedure: Sqrt_lbc()	Raíz cuadrada
File: UTIL_LBC.C	Procedure: Rand_lbc()	Secuencia pseudoaleatoria
File: LSP.C	Procedure: Lsp-Inq()	Cuantificación inversa de LSP
File: LSP.C	Procedure: Lsp_Int()	Interpolador LSP
File: UTIL_CNG.C	Procedure: Qua_SidGain()	Cuantificar ganancia de SID
File: UTIL_CNG.C	Procedure: Dec_SidGain()	Decodificar ganancia de SID

La Figura A.4 muestra una descripción general de la generación del ruido de confort en la parte decodificador.

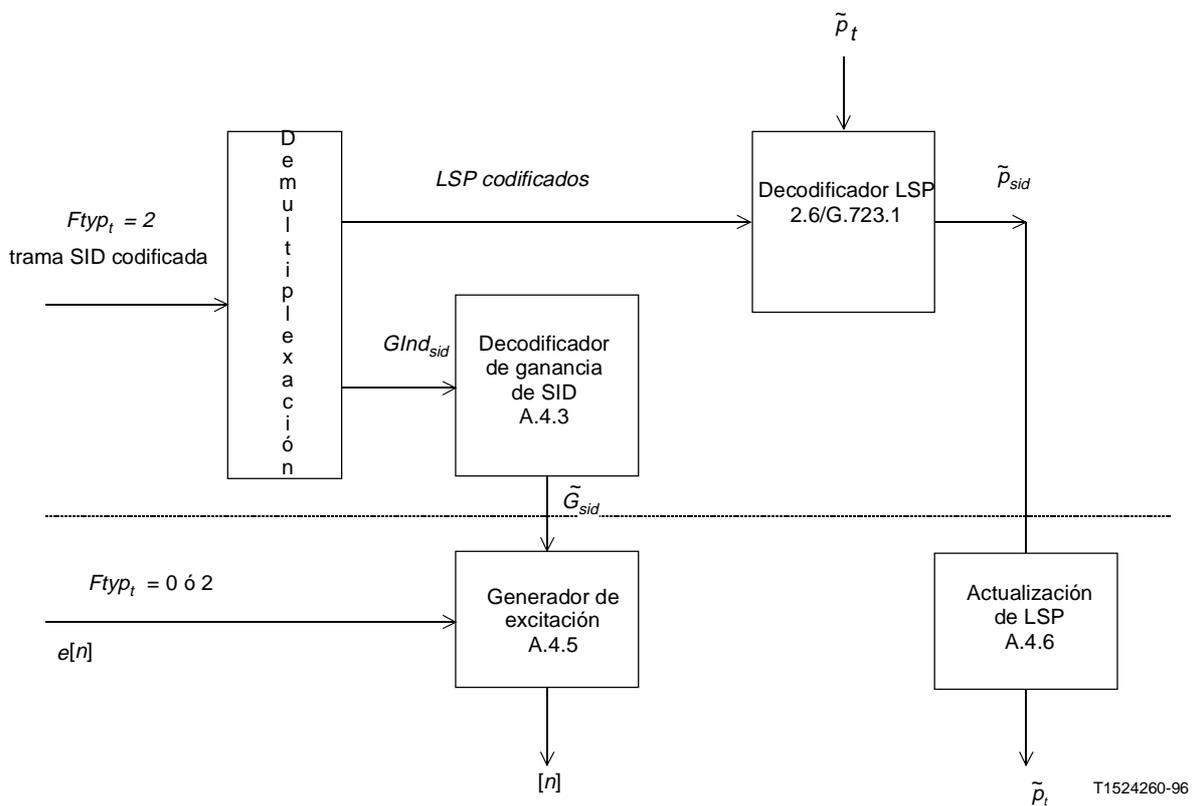


FIGURA A.4/G.723.1

Diagrama de bloques del CNG en la parte decodificador

Cuando el decodificador recibe una trama SID, DEC-CNG decodifica los parámetros SID.

Tanto en el caso de tramas SID como en el de tramas no transmitidas, el módulo DEC-CNG utiliza los parámetros SID decodificados para calcular los LSP y la excitación del ruido de confort, que será sintetizado por el módulo de síntesis del decodificador.

El tipo CNG de información de trama $Ftyp_t$ (para la trama t) proporcionado en el receptor es el mismo que el valor calculado por COD-CNG en el decodificador.

- Cuando $Ftyp_t = 2$ se decodifican los parámetros de la trama SID: \tilde{p}_{sid} para los LSP y \tilde{G}_{sid} para la ganancia decodificada.
- Cuando $Ftyp_t = 0$ se prueba $Ftyp_{t-1}$ para verificar que la información SID no ha sido borrada (véase A.5.2). Si $Ftyp_{t-1}$, un término de energía Enr , calculado por el decodificador G.723.1 durante el procesamiento de la última trama válida, se cuantifica y decodifica utilizando el mismo procedimiento que el de la energía media de 3.1/G.723.1, con la salvedad de que no hay factor de escalamiento α_w . El valor decodificado es la \tilde{G}_{sid} restablecida.

A continuación se calcula, en ambos casos, la excitación del CNG de acuerdo con el procedimiento descrito en A.4.5 a propósito de COD-CNG. El nuevo vector LSP, \tilde{p}_{sid} , se utiliza para calcular los coeficientes LPC interpolados y se efectúa la actualización de LSP: $\tilde{p}_t = \tilde{p}_{sid}$.

A.5.2 Ocultación de borrados de trama en relación con el CNG

File: DECO.C	Procedure: Decod()	Decodificación de trama
--------------	--------------------	-------------------------

Cuando el decodificador detecta un borrado de trama, el tipo de trama borrada depende del tipo de trama precedente:

- si la trama precedente estaba activa, se considera que la trama borrada en curso está activa,
- si la trama precedente era una trama SID o una trama no transmitida, la trama borrada en curso se considera no transmitida:

$$\left. \begin{array}{l} Ftyp_{t-1} = 1 \\ Ftyp_{t-1} = 0 \text{ ó } 2 \end{array} \right\} \Rightarrow \begin{array}{l} Ftyp_t = 1 \\ Ftyp_t = 0 \end{array} \quad (\text{A-21})$$

Si una trama no transmitida ha sido borrada, no se introduce error.

Si se borra una trama SID, hay dos posibilidades:

- Si no es la primera trama SID del periodo inactivo actual, se mantienen los parámetros SID previos.
- Si es la primera trama SID de un periodo inactivo, se ha llevado a cabo una protección especial.

Como se indica en A.5.1, este caso se detecta debido a que $Ftyp_{t-1} = 1$ y $Ftyp_t = 0$.

Esta combinación de eventos no significa que la trama precedente fuese una trama activa buena: es posible que se hayan borrado varias tramas hasta la precedente. Lo que es cierto es que la última trama buena fue una trama activa, que la trama presente no ha sido borrada y que la trama SID, que supuestamente debería proporcionar información para la trama no transmitida en curso, se ha perdido.

Para recuperar la información SID, el bloque DCE-CNG utiliza parámetros proporcionados por la parte principal del decodificador G.723.1:

- Los LSP de la última trama activa válida se utilizan para \tilde{p}_{sid} .
- El término energía de Enr calculado por el decodificador durante el procedimiento de interpolación residual (véase 3.10.2/G.723.1) con las últimas 120 muestras de excitación de la última trama activa válida se utiliza para recuperar \tilde{G}_{sid} , de acuerdo con el método descrito en la subcláusula A.5.1.

Por último, para evitar la desincronización del generador aleatorio utilizado para calcular la excitación, se lleva a cabo la reposición de la secuencia pseudoaleatoria en cada trama activa, tanto en la parte codificador como en la parte códec: $rseed = 12345$.

A.5.3 Inicialización de DEC-CNG

Sólo se han de inicializar las siguientes variables:

$$\begin{cases} \tilde{G}_{sid} = 0 \\ \tilde{P}_{sid} = LSP \ DC \ vector \ P_{DC} \\ Vad_{-1} = 1 \\ rseed = 12345 \end{cases}$$

A.6 Empaquetamiento del tren de bits

El Cuadro A.1 muestra el tren de bits de las tramas SID de acuerdo con las notaciones utilizadas en la cláusula 4/G.723.1.

CUADRO A.1/G.723.1

Empaquetamiento de bits para tramas SID

Octetos transmitidos	PARx_By, ...
1	LPC_B5 ... LPC_B0, VADFLAG_B0, RATEFLAG_B0
2	LPC_B13 ... LPC_B6
3	LPC_B21 ... LPC_B14
4	GAIN_B5 ... GAIN_B0, LPC_B23, LPC_B22

A.7 Glosario

$a_{no}[j]$	coeficientes del filtro LPC de ruido
L_{OL}^j	retardos de tono de bucle abierto de trama precedente y de trama en curso
pc	contador de retardos de tono para estimación de sonorización de voz
Aen_t	bandera de habilitación de adaptación
$e'_t[n]$	señal de entrada filtrada de ruido inverso para la trama t
Enr_t	energía de la señal de entrada filtrada de ruido inverso para la trama t
$Nlev_t$	nivel de ruido en la trama t
$Nlev_{mín}$	límite mínimo a $Nlev_t$

$Nlev_{m\acute{a}x}$	límite máximo a $Nlev_t$
Thr	umbral adaptado para decisión VAD
$k_i^t [2]$	segundo coeficiente de reflexión para la subtrama i de la trama t
$SinD$	bandera de detección de onda sinusoidal (1: detectada onda sinusoidal, 0: en otro caso)
$e[n]$	vector de excitación combinado decodificado
$R_i [j]$	función de autocorrelación para la subtrama $i, j = 0, 1, \dots, 10$
thr_2	umbral de distancia de energías
$R_a[j]$	autocorrelación modificada de los coeficientes LPC
$GInd_{sid}$	índice de ganancia de SID
\tilde{G}_{sid}	ganancia de SID decodificada
G	ganancia de excitación utilizada a la entrada del cuantificador SID
$GInd_t$	índice de ganancia de la trama t
isg	índice del segmento cuantificador de ganancia de SID
$N[isg]$	longitud del segmento cuantificador de ganancia de SID
$G_{isg}[j]$	valores decodificados de ganancia del segmento $isg, j = 0, 1, \dots, N[isg]-1$
i_s	índice de ganancia en relación con el segmento
α_w	factor de escalamiento de energía
a_{sid}	vector de coeficientes LPC de SID
\bar{a}_p	coeficientes del filtro LPC medio pasado
$\bar{R}_p [j]$	suma de funciones de autocorrelación pasadas
\tilde{p}_{sid}	vector de LSP de SID decodificado
$u[n]$	vector de excitación de tabla de códigos adaptativos
$v[n]$	vector de excitación de tabla de códigos fijos
\tilde{G}_t	ganancia de excitación objetivo para síntesis de excitación
a, b, c	coeficientes de la ecuación de minimización de la energía
$C(X)$	ecuación de minimización de la energía
Gf	ganancia de tabla de códigos fijos para síntesis de excitación del CNG
$rseed$	semilla de generador aleatorio

A.8 Código origen C de coma fija y número exacto de bits

Todos los detalles del algoritmo de compresión de silencios se incluyen como parte del código origen C de ANSI de coma fija y exactitud de bits. En caso de discrepancia entre las descripciones anteriores y el origen C, se supone que el código origen C es correcto. El código origen C es una parte del código distribuido por la UIT-T como Recomendación G.723.1.

SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

Serie A	Organización del trabajo del UIT-T
Serie B	Medios de expresión
Serie C	Estadísticas generales de telecomunicaciones
Serie D	Principios generales de tarificación
Serie E	Red telefónica y RDSI
Serie F	Servicios de telecomunicación no telefónicos
Serie G	Sistemas y medios de transmisión
Serie H	Transmisión de señales no telefónicas
Serie I	Red digital de servicios integrados (RDSI)
Serie J	Transmisiones de señales radiofónicas y de televisión
Serie K	Protección contra las interferencias
Serie L	Construcción, instalación y protección de los cables y otros elementos de planta exterior
Serie M	Mantenimiento: 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
Serie Q	Conmutación y señalización
Serie R	Transmisión telegráfica
Serie S	Equipos terminales para servicios de telegrafía
Serie T	Equipos terminales y protocolos para los 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 Z	Lenguajes de programación