



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

G.728

Anexo H
(05/99)

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

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

Codificación de señales vocales a 16 kbit/s
utilizando predicción lineal con excitación por
código de bajo retardo

**Anexo H: Operación de LD-CELP a velocidad
binaria variable, especialmente para equipos
digitales de multiplicación de circuitos a
velocidades inferiores a 16 kbit/s**

Recomendación UIT-T G.728 – Anexo H

(Anteriormente Recomendación del CCITT)

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
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 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.600–G.699
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 múltiplex primarios	G.730–G.739
Características principales de los equipos múltiplex de segundo orden	G.740–G.749
Características principales de los equipos múltiplex 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 múltiplex de la jerarquía digital síncrona	G.780–G.789
Otros equipos terminales	G.790–G.799
REDES DIGITALES	G.800–G.899
SECCIONES DIGITALES Y SISTEMAS DIGITALES DE LÍNEA	G.900–G.999

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

RECOMENDACIÓN UIT-T G.728

CODIFICACIÓN DE SEÑALES VOCALES A 16 kbit/s UTILIZANDO PREDICCIÓN LINEAL CON EXCITACIÓN POR CÓDIGO DE BAJO RETARDO

ANEXO H

Operación de LD-CELP a velocidad binaria variable, especialmente para equipos digitales de multiplicación de circuitos a velocidades inferiores a 16 kbit/s

Resumen

El presente anexo contiene las modificaciones que es preciso introducir al algoritmo de codificación de señales vocales para la predicción lineal con excitación por código de bajo retardo (LD-CELP) según la Recomendación G.728, de modo que pueda reducirse la velocidad binaria de codificación a 12,8 y 9,6 kbit/s. Entre dichas modificaciones figuran también las que se refieren a los códigos cifrados de forma y de ganancia.

Esta revisión proporciona la descripción adicional del cálculo de GSTATE(1) y los valores adicionales de los ordenamientos relativos a los códigos cifrados.

Este anexo incluye material electrónico con los vectores de prueba de implementación CD_CELP a baja velocidad binaria.

Orígenes

El anexo H a la Recomendación UIT-T G.728, ha sido revisado por la Comisión de Estudio 16 (1997-2000) del UIT-T y fue aprobado por el procedimiento de la Resolución N.º 1 de la CMNT el 27 de mayo de 1999.

PREFACIO

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

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

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

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

NOTA

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

PROPIEDAD INTELECTUAL

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

En la fecha de aprobación de la presente Recomendación, la UIT 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 2000

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

H.1	Introducción	1
H.2	Principios de funcionamiento	1
H.2.1	Procedimiento para reducir la velocidad binaria de codificación	1
H.2.2	Principio de funcionamiento a 12,8 kbit/s	2
H.2.3	Principio de funcionamiento a 9,6 kbit/s	2
H.3	Modificaciones que requiere el funcionamiento a 12,8 kbit/s	2
H.3.1	Seudocódigo	2
H.3.2	Nuevo cuadro adicional de ganancia	6
H.3.3	Modificación del parámetro del codificador	7
H.4	Modificaciones que requiere el funcionamiento a 9,6 kbit/s	7
H.4.1	Seudocódigo	7
H.4.2	Nuevo cuadro adicional de ganancia	12
H.4.3	Modificación del parámetro del codificador	12

Incluye ficheros electrónicos con:

- Datos de prueba para funcionamiento a 9,6 kbit/s.
- Datos de prueba para funcionamiento a 12,8 kbit/s.

Recomendación G.728

CODIFICACIÓN DE SEÑALES VOCALES A 16 kbit/s UTILIZANDO PREDICCIÓN LINEAL CON EXCITACIÓN POR CÓDIGO DE BAJO RETARDO

ANEXO H¹

Operación de LD-CELP a velocidad binaria variable, especialmente para equipos digitales de multiplicación de circuitos a velocidades inferiores a 16 kbit/s

(Revisada en 1999)

H.1 Introducción

El presente anexo contiene las modificaciones que es preciso introducir al algoritmo de codificación de señales vocales para la predicción lineal con excitación por código de bajo retardo (LD-CELP, *low-delay code excited linear prediction*) según la Recomendación G.728, de modo que pueda reducirse la velocidad binaria de codificación a 12,8 y 9,6 kbit/s. Entre dichas modificaciones figuran también las que se refieren a los códigos cifrados de forma y de ganancia.

Este anexo está redactado considerando que el lector ya se ha familiarizado con las especificaciones de la Recomendación G.728. El algoritmo definido en la Recomendación G.728 no será abordado, describiéndose únicamente las modificaciones a dicha Recomendación.

El anexo se compone de cuatro subcláusulas. La subcláusula H.2 desarrolla los principios de funcionamiento para reducir la velocidad binaria. La subcláusula H.3 describe las modificaciones necesarias para el funcionamiento a 12,8 kbit/s. La subcláusula H.4 describe las modificaciones necesarias para el funcionamiento a 9,6 kbit/s.

H.2 Principios de funcionamiento

H.2.1 Procedimiento para reducir la velocidad binaria de codificación

Es posible disminuir la velocidad binaria sin modificar sustancialmente el algoritmo de codificación reduciendo el tamaño del código cifrado. En el cuerpo central de la Recomendación G.728, el índice de código cifrado consta de 10 bits, correspondientes a 1024 vectores de código cifrado. Reduciendo en 2 bits dicho índice de código cifrado de 10 bits se obtiene una disminución de la velocidad binaria de codificación, de 16 a 12,8 kbit/s; una reducción de 4 bits permite disminuir la velocidad binaria de codificación a 9,6 kbit/s.

El índice de código cifrado (bit 9 a bit 0) se divide en dos partes: 7 bits (bit 9 a bit 3) para el código cifrado de forma y 3 bits (bit 2 a bit 0) para el código cifrado de ganancia. El código cifrado de forma de 7 bits se compone de 128 vectores de código; el código cifrado de ganancia de 3 bits se compone de 8 valores escalares simétricos con respecto a cero.

¹ El presente anexo es un agregado opcional a la Recomendación G.728 y no es imprescindible para cumplir correctamente las funciones de codificador y decodificador. Su objetivo es mejorar la calidad de funcionamiento para los parámetros de la Recomendación G.728 en algunas aplicaciones específicas, tales como las que utilizarán equipos de multiplicación de circuitos digitales. Queda a criterio de los operadores la aplicación o no del presente anexo.

El presente anexo incluye material electrónico con pruebas de implementación LD_CELP a baja velocidad binaria.

El número de vectores contenidos en el código cifrado de forma puede reducirse de la siguiente manera. La probabilidad de vectores contenidos en el código cifrado de forma, calculada a partir de muestras de señales vocales normales, no es de distribución uniforme. Se ha observado que la probabilidad de presencia de números de índice de código cifrado entre 65 y 128 es mucho mayor que entre 1 y 64. Aprovechando que la distribución no es uniforme, es posible limitar el número de vectores de código cifrado sin producir una degradación excesiva de la calidad de señales vocales. Por ejemplo, el bit 9 contenido en el índice de código cifrado de forma es un candidato a la reducción.

Otra forma de reducir las dimensiones del código cifrado de forma consiste en rediseñar el código cifrado optimizado para cada operación de velocidad binaria reducida. No obstante, este método requiere más posiciones en la memoria e importantes modificaciones en la implementación.

El número de valores de ganancia en el código cifrado de ganancia puede reducirse de la siguiente manera. Para reducir el número de bits utilizados para el código cifrado de ganancia, es mejor rediseñar el código cifrado de ganancia reducido optimizándolo para las operaciones a velocidad binaria reducida, ya que así el código cifrado de ganancia sólo ocupará un espacio pequeño de la memoria. Cada código cifrado de ganancia cuyas dimensiones se hayan reducido deberá optimizarse antes de su cuantificación, en base a la distribución de probabilidad de los valores de ganancia.

En H.2.2 se describe la reducción del número de bits del índice de código cifrado para funcionamiento a 12,8 kbit/s, mientras que el procedimiento para funcionamiento a 9,6 kbit/s aparece en H.2.3.

H.2.2 Principio de funcionamiento a 12,8 kbit/s

Para asegurar el funcionamiento a 12,8 kbit/s, se deben eliminar dos bits del índice de código cifrado de 10 bits. No se utiliza el bit 9 del índice de código cifrado de forma, seleccionándose un código cifrado de ganancia reducido de cuatro valores. La supresión del bit 9 del índice de código cifrado de forma limita los números del índice de código cifrado al intervalo entre 65 y 128. Se optimizan los cuatro valores del código cifrado de ganancia y valores conexos, para funcionar a 12,8 kbit/s; dichos valores aparecen en el cuadro H.1 (para el cálculo de coma flotante) y en el cuadro H.2 (para el cálculo de coma fija) correspondientes a H.3.2.

H.2.3 Principio de funcionamiento a 9,6 kbit/s

Para asegurar el funcionamiento a 9,6 kbit/s, es necesario reducir en cuatro bits el índice de código cifrado de 10 bits. Se suprimen los bits 9, 8 y 5 del índice de código cifrado de forma, mientras que el código cifrado de ganancia se reduce de 8 a 4 valores.

La supresión de los bits 9, 8 y 5 del índice de código cifrado de forma limita los números de índice de código cifrado a los intervalos entre 97 y 100, 105 y 108, 113 y 116, y entre 121 y 124. Para el funcionamiento a 9,6 kbit/s se optimizan los cuatro valores del código cifrado de ganancia y valores conexos; dichos valores aparecen en el cuadro H.4 (para el cálculo de coma flotante) y en el cuadro H.5 (para el cálculo de coma fija) correspondientes a H.4.2.

H.3 Modificaciones que requiere el funcionamiento a 12,8 kbit/s

H.3.1 Seudocódigo

Sólo se presentan las secuencias de ejecución de bloques; no se describen los detalles de bajo nivel de transferencia de parámetros.

H.3.1.1 Bloques 17 y 18 – Calculador de error y selector del mejor índice de código cifrado

En esta subcláusula se describen ambos pseudocódigos, de coma flotante, y coma fija, para los bloques 17 y 18. Dichos códigos se han modificado para funcionar a 12,8 kbit/s y deben reemplazar

los bloques 17 y 18 descritos en 5.11/G.728. Se presenta en primer lugar el pseudocódigo de coma flotante.

```

Initialize DISTM to the largest number representable in the hardware
N1=NG_128/2
For J=65,66,...,NCWD, do the following
  J1=(J-1)*IDIM
  COR=0.
  For K=1,2,...,IDIM, do the next line
    COR=COR+PN(K)*Y(J1+K)           | compute inner product  $P_j$ 

  If COR > 0, then do the next 3 lines
    IDXG=N1
    If COR < GB_128(1)*Y2(J), do the next line
      IDXG=1                         | Best positive gain found

  If COR ≤ 0, then do the next 3 lines
    IDXG=NG_128
    If COR > GB_128(3)*Y2(J), do the next line
      IDXG=3                         | Best negative gain found

  D=-G2_128(IDXG)*COR+GSQ_128(IDXG)*Y2(J) | Compute distortion  $\hat{D}$ 

  If D < DISTM, do the next 3 lines
    DISTM=D                          | Save the lowest distortion
    IG=IDXG                          | and the best codebook indices
    IS=J                              | so far.

Repeat the above indented section for the next J

IS1=IS-NCWD/2

ICHAN=(IS1-1)*NG_128+(IG-1)         | Concatenate shape and gain
                                     | codebook indices.

```

Transmitir ICHAN a través del canal de comunicación. Para una transmisión en serie binaria, ha de transmitirse primero el bit más significativo de ICHAN. Si se representa ICHAN por la palabra de 8 bits b7, b6, b5, b4, b3, b2, b1, b0, el orden de transmisión de los bits deberá ser b7, seguido de b6, b5, b4, b3, b2, b1, b0 (siendo b7 el bit más significativo).

La versión de coma fija del mismo módulo figura a continuación. Este pseudocódigo de coma fija reemplaza el código de coma fija del bloque original 17 descrito en G.3.9/G.728.

```

DISTM=2147483647
For J=65,66,...,NCWD, do the following
  J1=(J-1)*IDIM
  AA0=0
  For K=1,2,...,IDIM, do the next 2 lines
    P=PN(K)*Y(J1+K)                 | compute inner product  $P_j$ 
    AA0=AA0+P                       | NLS for AA0 is 7+11=18
  If AA0 < 0, set AA0=-AA0          | take absolute value
  IDXG=1
  P=GB_128(1)*Y2(J)                 | NLS for P is 13+5=18

  If AA0 ≥ P, set IDXG=IDXG+1

  AA0=AA0 >> 14                     | NLS for AA0=4
  If AA0 > 32767, set AA0=32767     | clip AA0; AA0 in saturation mode
  AA1=GSQ_128(IDXG)*Y2(J)          | NLSGSQ_128=11, NLSY2=5, so NLSAA1=16
  P=G2_128(IDXG)*AA0               | NLSG2_128=12, NLSAA0=4, so NLSP=16
  AA1=AA1-P

```

```

    If AA1 < DISTM, do the next 3 lines
        DISTM=AA1           | double precision DISTM
        IG=IDXG
        IS=J
Repeat the above indented section for the next J
AA0=0                       | Now find the sign bit
J1=(IS-1)*IDIM
For K=1,2,...,IDIM, do the next 2 lines
    P=PN(K)*Y(J1+K)        | compute inner product
    AA0=AA0+P
If AA0 ≤ 0, set IG=IG+2
IS1=NCWD
IS1=IS1 >> 1
IS1=IS-IS1
ICHAN=(IS1-1)*NG_128+(IG-1)

```

En el código precedente se aplican las siguientes cuatro líneas:

```

AA0=AA0 >> 14               | NLS for AA0=4
If AA0 > 32767, set AA0=32767 | clip AA0
AA1=GSQ_128(IDXG)*Y2(J)     | NLSGSQ_128=11, NLSY2=5, so NLSAA1=16
P=G2_128(IDXG)*AA0          | NLSG2_128=12, NLSAA0=4, so NLSP=16

```

En los segmentos de función "recorte", pueden reemplazarse estas líneas por el código siguiente, dando exactamente los mismos resultados.

```

AA0=AA0 << 2                | NLS for AA0=20
AA0=CLIP(AA0)                | AA0 is in saturation mode
AA0=AA0 >> 16                | take high word; NLS for AA0=4
AA1=GSQ_128(IDXG)*Y2(J)     | NLSGSQ_128=11, NLSY2=5, so NLSAA1=16
P=G2_128(IDXG)*AA0          | NLSG2_128=12, NLSAA0=4, so NLSP=16

```

La función CLIP y el modo saturación están relacionados con el concepto de no permitir el desbordamiento de AA0 al efectuar la operación << 2. En lugar de saturarse, AA0 se pone en el máximo número positivo o negativo, según el signo original. En este caso, AA0 es siempre positivo. Esta alternativa está sujeta al DSP y quizás requiera un acumulador de más de 32 bits. La alternativa es siempre aplicable dentro del seudocódigo principal.

H.3.1.2 Bloque 19 – Códigos cifrados VQ de excitación y bloque 21 – Unidad de escalamiento de ganancia

En esta subcláusula se tratan los seudocódigos para los bloques 19 y 21, de coma flotante y coma fija. Los códigos se han modificado para el caso de funcionamiento a 12,8 kbit/s y deberán reemplazar el bloque 19 original descrito en 5.12/G.728. He aquí la versión de coma flotante del seudocódigo para el bloque 19, código cifrado VQ de excitación.

```

NN=(IS-1)*IDIM
For K=1,2,...,IDIM, do the next line
    YN(K)=GQ_128(IG)*Y(NN+K)

```

A continuación se presenta la versión de coma flotante del seudocódigo para el bloque 21, unidad de escalamiento de ganancia.

```

For K=1,2,...,IDIM, do the next line
    ET(K) =GAIN*YN(K)

```

Se presenta ahora la versión de coma fija del mismo módulo. El seudocódigo de coma fija reemplaza el código de coma fija de los bloques originales 19 y 21 que figuran en G.3.10/G.728.

Para el seudocódigo de coma fija, se combinan los bloques 19 y 21 en un solo módulo. Tanto Y como GQ_128 poseen formatos fijos Q, Q11 y Q13, respectivamente. El valor GAIN ha asociado el NLSGAIN. A fin de obtener la máxima exactitud, el producto $GQ_{128}(IG)*GAIN$ se normaliza a 32 bits antes de redondearlo en los 16 bits superiores. Supóngase que $NNGQ_{128}(I)$ sea $(1 + \text{el número de desplazamientos a la izquierda necesarios para normalizar el } Q13 \text{ } GQ_{128}(I))$, $NNGQ_{128}(I)=3$ para $I=1, 3$ y $NNGQ_{128}(I)=2$ para $I=2, 4$. En tal caso, el seudocódigo puede expresarse como sigue:

```

AA0=GQ_128(IG)*GAIN          | AA0 has NNGQ_128(IG) leading zeros
AA0=AA0 << NNGQ_128(IG)     | left shift NNGQ_128(IG) bits to
                              | normalize AA0

TMP=RND(AA0)                 | round to upper 16 bits and assign to TMP
NLSAA0=13+NLSGAIN           | Q format of the product GQ_128(IG)*GAIN
NLSTMP=NLSAA0+NNGQ_128(IG)-16 | Q format of TMP, because AA0 left shift
                              | by NNGQ_128(IG) bits then round and take
                              | upper 16 bits

NN=(IS-1)*IDIM              | normalize selected shape
Call VSCALE(Y(NN+1), IDIM, IDIM, 14, TEMP, NLS) | codevector to 16 bits;
                              | put in TEMP

For K=1,2,...,IDIM, do the next 2 lines
  AA0=TMP*TEMP(K)           | TMP and TEMP both normalized to 16 bits,
  ET(K)=RND(AA0)           | so the product has 1 leading zero.
                              | Directly rounding to high work gives us
                              | a 15-bit ET array.

NLSET=NLSTMP+11+NLS-16     | calculate the NLS for ET.

```

H.3.1.3 Bloque 29 – Código cifrado VQ de excitación del decodificador y bloque 31 – Unidad de escalamiento de ganancia del decodificador

En esta subcláusula se presentan los seudocódigos de coma flotante y coma fija para los bloques 29 y 31. Se han modificado estos códigos para funcionar a 12,8 kbit/s y deberán reemplazar al bloque 29 original descrito en 5.14/G.728. Se presenta a continuación la versión de coma flotante del seudocódigo para el bloque 29, código cifrado VQ de excitación del decodificador.

Este bloque extrae primero el índice IG de código cifrado de ganancia de 2 bits y el índice IS de código cifrado de forma de 6 bits a partir del índice recibido de canal de 8 bits. El resto de la operación es exactamente igual a la efectuada para el bloque 19 del codificador.

```

ITMP=integer part of (ICHAN/NG_128)
IG=ICHAN-ITMP*NG_128+1
ITMP=ITMP+NCWD/2

NN=ITMP*IDIM
For K=1,2,...,IDIM, do the next line
  YN(K)=GQ_128(IG)*Y(NN+K)

```

La operación del bloque 31, unidad de escalamiento de ganancia del decodificador, es exactamente igual a la efectuada para el bloque 21 del codificador.

He aquí la versión de coma fija del mismo módulo.

Para el seudocódigo de coma fija, se combinan los bloques 29 y 31 en un solo módulo. Tanto Y como GQ_128 poseen formatos fijos Q, Q11 y Q13, respectivamente. El valor GAIN ha asociado el NLSGAIN. A fin de obtener la máxima exactitud, el producto $GQ_{128}(IG)*GAIN$ se normaliza a 32 bits antes de redondearlo en los 16 bits superiores. Supóngase que $NNGQ_{128}(I)$ sea $(1 + \text{el número de desplazamientos a la izquierda necesarios para normalizar el } Q13 \text{ } GQ_{128}(I))$, luego $NNGQ_{128}(I)=3$ para $I=1, 3$ y $NNGQ_{128}(I)=2$ para $I=2, 4$. En tal caso, el seudocódigo puede expresarse como sigue:

```

IS=ICHAN >> 2
IG=ICHAN-IS*NG_128+1
IS1=NCWD
IS1=IS1 >> 1
IS=IS+IS1+1

AA0=GQ_128(IG)*GAIN | AA0 has NNGQ_128(IG) leading zeros
AA0=AA0 << NNGQ_128(IG) | left shift NNGQ_128(IG) bits to
                           | normalize AA0
TMP=RND(AA0) | round to upper 16 bits and assign to
               | TMP

NLSAA0=13+NLSGAIN | Q format of the product GQ_128(IG)*GAIN
NLSTMP=NLSAA0+NNGQ_128(IG)-16 | Q format of TMP, because AA0 left
                                | shift by NNGQ_128(IG) bits then round
                                | and take upper 16 bits
NN=(IS-1)*IDIM | normalize selected
Call VSCALE(Y(NN+1), IDIM, IDIM, 14 ,TEMP, NLS) | shape codevector to
                                                | 16 bits;
                                                | put in TEMP

For K=1,2,...,IDIM, do the next 2 lines
  AA0=TMP*TEMP(K) | TMP and TEMP both normalized to 16 bits,
  ET(K)=RND(AA0) | so the product has 1 leading zero.
                  | Directly rounding to high work gives us
                  | a 15-bit ET array.

NLSET=NLSTMP+11+NLS-16 | calculate the NLS for ET.

```

H.3.1.4 Bloques 96 y 97 – Términos sumador y limitador a –32 dB de corrección de ganancia logarítmica

En esta subcláusula se describen los seudocódigos de coma flotante y de coma fija de los bloques 96 y 97. Estos códigos se han modificado para el funcionamiento a 12,8 kbit/s y sustituyen a los bloques 96 y 97 descritos en G.3.16/G.728.

El seudocódigo de coma flotante es el siguiente:

```

GSTATE(1) = LOGGAIN + GCBLG_128(IG) + SHAPELG(IS)
If GSTATE(1) < -32.0, set GSTATE(1) = -32.0

```

El seudocódigo de coma fija es:

```

AA0=LOGGAIN << 7 | Align decimal points at the
AA0=AA0 + (GCBLG_128(IG) << 5) | boundary between the high and
AA0=AA0 + (SHAPELG(IS) << 5) | low words of the accumulator.

AA0=AA0 >> 7 | Right shift back to Q9 format
If AA0 < -16384, set AA0=-16384 | Check lower limit
GSTATE(1)=AA0 | Lower 16 bit word saved

```

H.3.2 Nuevo cuadro adicional de ganancia

En esta subcláusula se presentan los valores correspondientes al código cifrado de ganancia para funcionar a 12,8 kbit/s. En primer lugar, se dan los valores de coma flotante. Véase el cuadro H.1.

Cuadro H.1/G.728 – Valores de coma flotante de los ordenamientos relacionados con el código cifrado de ganancia

Índice de ordenamiento	1	2	3	4
GQ_128	0,525824	1,562449	-0,525824	-1,562449
GB_128	0,869912	*	-0,869912	*
G2_128	1,051648	3,124898	-1,051648	-3,124898
GSQ_128	0,276491	2,441247	0,276491	2,441247
GCBLG_128	-5,5831919	3,8761170	-5,5831919	3,8761170

A continuación se presentan los valores de coma fija. Véase el cuadro H.2.

Cuadro H.2/G.728 – Valores de coma fija de los ordenamientos relacionados con códigos cifrados de ganancia

Índice de ordenamiento	1	2	3	4
GQ_128(Q13)	4 308	12 800	-4 308	-12 800
GB_128(Q13)	7 126	*	-7 126	*
G2_128(Q12)	4 308	12 800	-4 308	-12 800
GSQ_128(Q11)	566	5 000	566	5 000
NNGQ_128(Q0)	3	2	3	2
GCBLG_128(Q11)	-11 434	7 938	-11 434	7 938

H.3.3 Modificación del parámetro del codificador

En esta subcláusula se contempla el nuevo parámetro, NG_128. Este parámetro modificado corresponde a NG (valor = 8) según la Recomendación G.728, para funcionar a 12,8 kbit/s. Véase el cuadro H.3.

Cuadro H.3/G.728 – Parámetros básicos del codificador de LD-CELP

Nombre	Valor	Descripción
NG_128	4	Tamaño del código cifrado de ganancia (número de niveles de ganancia)

H.4 Modificaciones que requiere el funcionamiento a 9,6 kbit/s

H.4.1 Seudocódigo

Sólo se presentan las secuencias de ejecución de bloques; no se describe el detalle de bajo nivel de transferencia de parámetros.

H.4.1.1 Bloques 17 y 18 – Calculador de error y selector del mejor índice de código cifrado

Se presentan en esta subcláusula losseudocódigos de coma flotante y coma fija para los bloques 17 y 18. Dichos códigos se han modificado para permitir el funcionamiento a 9,6 kbit/s y deberán reemplazar los bloques originales 17 y 18 descritos en 5.11/G.728. En primer lugar se presenta elseudocódigo de coma flotante.

```

Initialize DISTM to the largest number representable in the hardware
N1=NG_96/2
For K=1,2,3,4, do the following
  For K1=97,98,99,100, do the following
    J=(K-1)*8+K1
    J1=(J-1)*IDIM
    COR=0.
    For K2=1,2,...,IDIM, do the next line
      COR=COR+PN(K2)*Y(J1+K2)      | compute inner product  $P_j$ 

    If COR > 0, then do the next 3 lines
      IDXG=N1
      If COR < GB_96(1)*Y2(J), do the next line
        IDXG=1                      | Best positive gain found

    If COR ≤ 0, then do the next 3 lines
      IDXG=NG_96
      If COR > GB_96(3)*Y2(J), do the next line
        IDXG=3                      | Best negative gain found

    D=-G2_96(IDXG)*COR+GSQ_96(IDXG)*Y2(J) | Compute distortion  $\hat{D}$ 
    If D < DISTM, do the next 3 lines
      DISTM=D                       | Save the lowest distortion
      IG=IDXG                       | and the best codebook
      IS=J                           | indices so far

    Repeat the above indented section for the next K1.
  Repeat the above indented section for the next K.

IS1=IS-(NCWD/2+NCWD/4)
IS2= integer part of (IS1/8)
IS2=IS2*4
IS3=IS1-IS2*2
IS1=IS2+IS3
ICHAN=(IS1-1)*NG_96+(IG-1)      | Concatenate shape and
                                | gain codebook indices.

```

Transmitir ICHAN a través del canal de comunicación. Para una transmisión en serie binaria, ha de transmitirse primero el bit más significativo de ICHAN. Si se representa ICHAN por la palabra de 6 bits b5, b4, b3, b2, b1, b0, el orden de transmisión de los bits deberá ser b5, seguido de b4, b3, b2, b1, b0 (siendo b5 el bit más significativo).

A continuación se presenta la versión de coma fija del mismo módulo. Este pseudocódigo de coma fija reemplaza el código de coma fija del bloque original 17 que figura en G.3.9/G.728.

```

DISTM=2147483647
For K=1,2,3,4, do the following
  For K1=97,98,99,100, do the following
    J=(K-1)*8+K1
    J1=(J-1)*IDIM
    AA0=0
    For K2=1,2,...,IDIM, do the next 2 lines
      P=PN(K2)*Y(J1+K2)      | compute inner product  $P_j$ 
      AA0=AA0+P              | NLS for AA0 is 7+11=18
    If AA0 < 0, set AA0=-AA0 | take absolute value
    IDXG=1
    P=GB_96(1)*Y2(J)        | NLS for P is 13+5=18
    If AA0 ≥ P, set IDXG=IDXG+1

```

```

AA0=AA0 >> 14 | NLS for AA0=4
If AA0 > 32767, set AA0=32767 | clip AA0; AA0 in saturation mode
AA1=GSQ_96(IDXG)*Y2(J) | NLSGSQ_96=11, NLSY2=5, so NLSAA1=16
P=G2_96(IDXG)*AA0 | NLSG2_96=12, NLSAA0=4, so NLSP=16
AA1=AA1-P

If AA1 < DISTM, do the next 3 lines
  DISTM=AA1 | double precision DISTM
  IG=IDXG
  IS=J

Repeat the above indented section for the next K1.
Repeat the above indented section for the next K.

AA0=0 | Now find the sign bit
J1=(IS-1)*IDIM
For K=1,2,..., IDIM, do the next 2 lines
  P=PN(K)*Y(J1+K) | compute inner product
  AA0=AA0+P
If AA0 ≤ 0, set IG=IG+2
IS2=NCWD
IS1=IS2 >> 1
IS2=IS2 >> 2
IS1=IS-(IS1+IS2)
IS2=IS1 >> 3
IS2=IS2 << 2
IS3=IS2 << 1
IS3=IS1-IS3
IS1=IS2+IS3

ICHAN=(IS1-1)*NG_96+(IG-1)

```

En dicho código, aplicamos las siguientes cuatro líneas:

```

AA0=AA0 >> 14 | NLS for AA0=4
If AA0 > 32767, set AA0=32767 | clip AA0
AA1=GSQ_96(IDXG)*Y2(J) | NLSGSQ_96=11, NLSY2=5, so NLSAA1=16
P=G2_96(IDXG)*AA0 | NLSG2_96=12, NLSAA0=4, so NLSP=16

```

En los segmentos DSP que tienen una función de "recorte", pueden sustituirse dichas líneas por el siguiente código, obteniendo exactamente los mismos resultados:

```

AA0=AA0 << 2 | NLS for AA0=20
AA0=CLIP(AA0) | AA0 is in saturation mode
AA0=AA0 >> 16 | take high word; NLS for AA0=4
AA1=GSQ_96(IDXG)*Y2(J) | NLSGSQ_96=11, NLSY2=5, so NLSAA1=16
P=G2_96(IDXG)*AA0 | NLSG2_96=12, NLSAA0=4, so NLSP=16

```

La función CLIP y el modo saturación están relacionados con el concepto de no permitir el desbordamiento de AA0 al efectuar la operación << 2. En lugar de saturarse, AA0 se pone en el máximo número positivo o negativo, según el signo original. En este caso, AA0 es siempre positivo. Esta alternativa está sujeta al DSP y quizás requiera un acumulador de más de 32 bits. La alternativa es siempre aplicable dentro del seudocódigo principal.

H.4.1.2 Bloque 19 – Código cifrado VQ de excitación y bloque 21 – Unidad de escalamiento de ganancia

Se presentan en esta subcláusula los seudocódigos de coma flotante y coma fija para los bloques 19 y 21. Estos códigos se han modificado para un funcionamiento a 9,6 kbit/s y deberán reemplazar el bloque original 19 descrito en 5.12/G.728. He aquí la versión de coma flotante del seudocódigo para

el bloque 19, código cifrado VQ de excitación. En primer lugar se presenta la versión de coma flotante del seudocódigo para el bloque 19.

```
NN=(IS-1)*IDIM
For K=1,2,..., IDIM, do the next line
  YN(K)=GQ_96(IG)*Y(NN+K)
```

A continuación se presenta la versión de coma flotante del seudocódigo para el bloque 21, unidad de escalamiento de ganancia.

```
For K=1,2,..., IDIM, do the next line
  ET(K)=GAIN*YN(K)
```

Se presenta aquí la versión de coma fija del mismo módulo. Este seudocódigo de coma fija reemplaza el código de coma fija de los bloques originales 19 y 21 que figura en G.3.10/G.728.

Para el seudocódigo de coma fija, se combinan los bloques 19 y 21 en un solo módulo. Tanto Y como GQ_96 poseen formatos fijos Q, Q11 y Q13, respectivamente. El valor GAIN ha asociado el NLSGAIN. A fin de obtener la máxima exactitud, el producto GQ_96(IG)*GAIN se normaliza a 32 bits antes de redondearlo en los 16 bits superiores. Supóngase que NNGQ_96(I) sea (1 + el número de desplazamientos a la izquierda necesarios para normalizar el Q13 GQ_96(I)), NNGQ_96(I)=3 para I=1, 3 y NNGQ_96(I)=2 para I=2, 4. En tal caso, el seudocódigo puede expresarse como sigue:

```
AA0=GQ_96(IG)*GAIN          | AA0 has NNGQ_96(IG) leading zeros
AA0=AA0 << NNGQ_96(IG)      | left shift NNGQ_96(IG) bits to normalize
                              | AA0
TMP=RND(AA0)                 | round to upper 16 bits and assign to TMP

NLSAA0=13+NLSGAIN           | Q format of the product GQ_96(IG)*GAIN
NLSTMP=NLSAA0+NNGQ_96(IG)-16 | Q format of TMP, because AA0 left shift
                              | by NNGQ_96(IG) bits then round and take
                              | 16 upper bits

NN=(IS-1)*IDIM              | normalize selected shape
Call VSCALE(Y(NN+1), IDIM, IDIM, 14, TEMP, NLS) | codevector to 16 bits; put
                              | in TEMP

For K=1,2,..., IDIM, do the next 2 lines
  AA0=TMP*TEMP(K)           | TMP and TEMP both normalized to 16 bits,
  ET(K) =RND(AA0)           | so the product has 1 leading zero.
                              | Directly rounding to high work gives us
                              | a 15-bit ET array.

NLSET=NLSTMP+11+NLS-16     | calculate the NLS for ET.
```

H.4.1.3 Bloque 29 – Código cifrado de VQ de excitación del decodificador y bloque 31 – Unidad de escalamiento de ganancia del decodificador

En esta subcláusula se presentan los seudocódigos de coma flotante y coma fija para los bloques 29 y 31. Estos códigos se han modificado para funcionar a 9,6 kbit/s y deberán reemplazar el bloque original 29 descrito en 5.14/G.728. He aquí la versión de coma flotante del seudocódigo para el bloque 29, código cifrado de VQ de excitación.

Este bloque extrae primero el índice IG de código cifrado de ganancia de 2 bits y el índice IS de código cifrado de forma de 4 bits a partir del índice recibido de canal de 6 bits. El resto de la operación es exactamente igual a la efectuada para los bloques 19 y 21 del codificador.

```
ITMP=integer part of (ICHAN/NG_96)
IG=ICHAN-ITMP*NG_96+1
ITMP1=integer part of (ITMP/4)
ITMP2=ITMP-ITMP1*4
ITMP1=ITMP1*8
ITMP=ITMP1+ITMP2
```

```

ITMP=ITMP+(NCWD/2+NCWD/4)

NN=ITMP*IDIM
For K=1,2,...,IDIM, do the next line
  YN(K)=GQ_96(IG)*Y(NN+K)

```

Las operaciones del bloque 31, unidad de escalamiento de ganancia del decodificador, son exactamente las mismas que para el bloque 21 del codificador.

A continuación se presenta la versión de coma fija del mismo módulo.

Para el seudocódigo de coma fija, se combinan los bloques 29 y 31 en un solo módulo. Tanto Y como GQ_96 poseen formatos fijos Q, Q11 y Q13, respectivamente. El valor GAIN ha asociado el NLSGAIN. A fin de obtener la máxima exactitud, el producto GQ_96(IG)*GAIN se normaliza a 32 bits antes de redondearlo en los 16 bits superiores. Supóngase que NNGQ_96(I) sea (1 + el número de desplazamientos a la izquierda necesarios para normalizar el Q13 GQ_96(I)), NNGQ_96(I)=3 para I=1, 3 y NNGQ_96(I)=2 para I=2, 4. En tal caso, el seudocódigo puede expresarse como sigue:

```

IS=ICHAN >> 2
IG=ICHAN-IS*NG_96+1
IS1=IS >> 2
IS2=IS-IS1*4
IS1=IS1 << 3
IS=IS1+IS2
IS2=NCWD
IS1=IS2 >> 1
IS2=IS2 >> 2
IS=IS+IS1+IS2+1

AA0=GQ_96(IG)*GAIN          | AA0 has NNGQ_96(IG) leading zeros
AA0=AA0 << NNGQ_96(IG)      | left shift NNGQ_96(IG) bits to normalize
                              | AA0
TMP=RND(AA0)                 | round to upper 16 bits and assign to TMP

NLSAA0=13+NLSGAIN            | Q format of the product GQ_96(IG)*GAIN
NLSTMP=NLSTMP+NNGQ_96(IG)-16 | Q format of TMP, because AA0 left shift
                              | by NNGQ_96(IG) bits then round and take
                              | upper 16 bits
NN=(IS-1)*IDIM              | normalize selected shape
Call VSCALE(Y(NN+1), IDIM, IDIM, 14 ,TEMP, NLS) | codevector to 16 bits;
                              | put in TEMP

For K=1,2,...,IDIM, do the next 2 lines
  AA0=TMP*TEMP(K)           | TMP and TEMP both normalized to 16 bits,
  ET(K)=RND(AA0)            | so the product has 1 leading zero.
                              | Directly rounding to high work gives us
                              | a 15-bit ET array.

NLSET=NLSTMP+11+NLS-16     | calculate the NLS for ET.

```

H.4.1.4 Bloques 96 y 97 – Términos sumador y limitador a –32 dB de corrección de ganancia logarítmica

En esta subcláusula se describen los seudocódigos de coma flotante y de coma fija de los bloques 96 y 97. Estos códigos se han modificado para el funcionamiento a 9,6 kbit/s y sustituyen a los bloques 96 y 97 descritos en G.3.16/G.728.

El seudocódigo de coma flotante es el siguiente:

```

GSTATE(1) = LOGGAIN + GCBLG_96(IG) + SHAPELG(IS)
If GSTATE(1) < -32.0, set GSTATE(1) = -32.0

```

El seudocódigo de coma fija es:

```
AA0=LOGGAIN << 7 | Align decimal points at the
AA0=AA0 + (GCBLG_96(IG) << 5) | boundary between the high and
AA0=AA0 + (SHAPELG(IS) << 5) | low words of the accumulator.

AA0=AA0 >> 7 | Right shift back to Q9 format

If AA0 < -16384, set AA0=-16384 | Check lower limit
GSTATE(1)=AA0 | Lower 16 bit word saved
```

H.4.2 Nuevo cuadro adicional de ganancia

En esta subcláusula se presentan los valores correspondientes al código cifrado de ganancia para un funcionamiento a 9,6 kbit/s. Se presentan en primer lugar los valores de coma flotante. Véase el cuadro H.4.

Cuadro H.4/G.728 – Valores de coma flotante de los ordenamientos relacionados con el código cifrado de ganancia

Índice de ordenamiento	1	2	3	4
GQ_96	0,564657	1,937714	-0,564657	-1,937714
GB_96	1,007492	*	-1,007492	*
G2_96	1,129314	3,875428	-1,129314	-3,875428
GSQ_96	0,318838	3,754736	0,318838	3,754736
GCBLG_96	-4,9643057	5,7457935	-4,9643057	5,7457935

Seguidamente se presentan los valores de coma fija. Véase el cuadro H.5.

Cuadro H.5/G.728 – Valores de coma fija de los ordenamientos relacionados con el código cifrado de ganancia

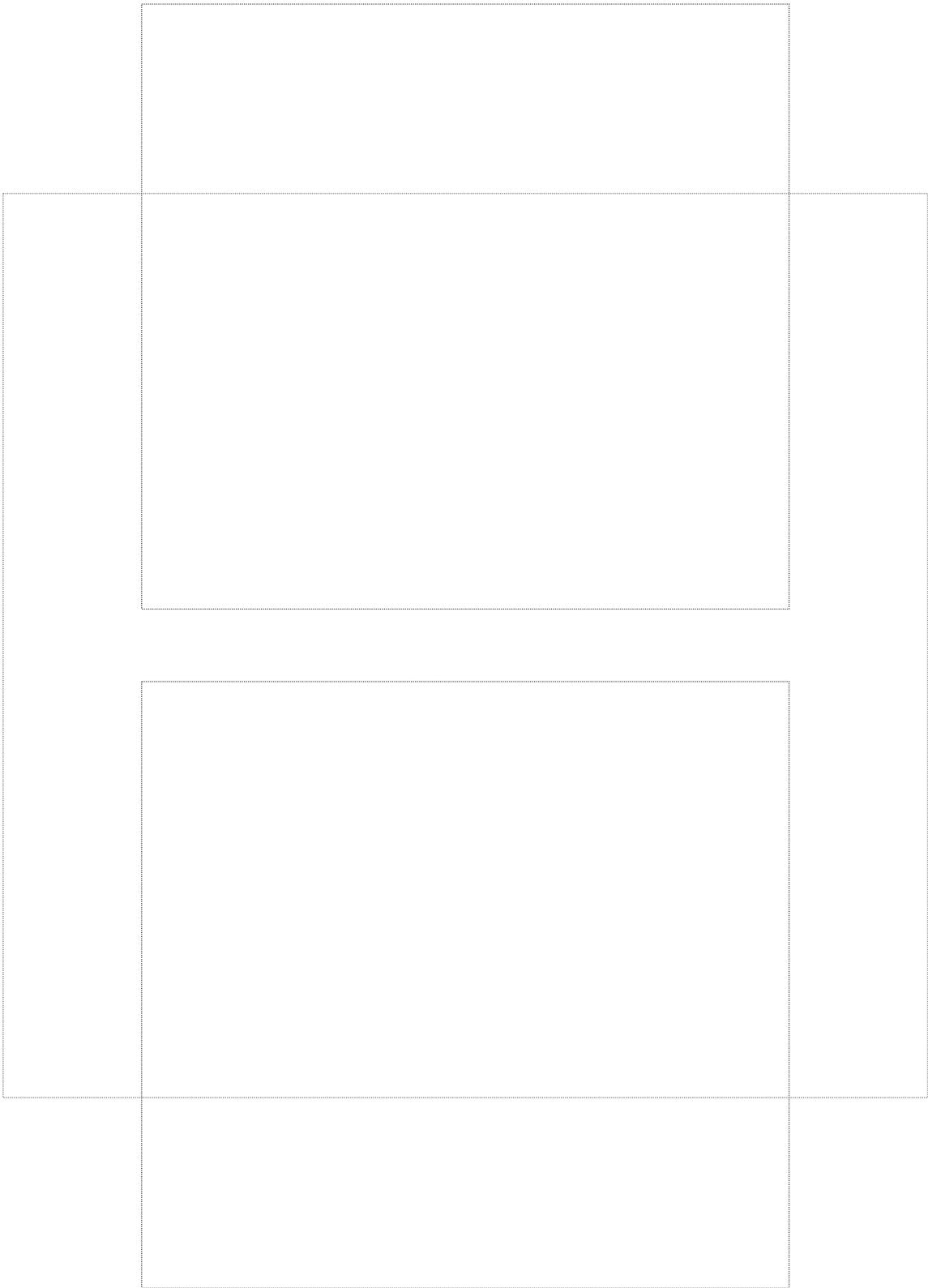
Índice de ordenamiento	1	2	3	4
GQ_96(Q13)	4 626	15 874	-4 626	-15 874
GB_96(Q13)	8 253	*	-8 253	*
G2_96(Q12)	4 626	15 874	-4 626	-15 874
GSQ_96(Q11)	653	7 690	653	7 690
NNGQ_96(Q0)	3	2	3	2
GCBLG_96(Q11)	-10 167	11 767	-10 167	11 767

H.4.3 Modificación del parámetro del codificador

Esta subcláusula contempla el nuevo parámetro, NG_96. El parámetro se ha modificado en relación con NG (valor = 8) según la Recomendación G.728 para el caso de funcionamiento a 9,6 kbit/s. Véase el cuadro H.6.

Cuadro H.6/G.728 – Parámetros básicos del codificador de LD-CELP

Nombre	Valor	Descripción
NG_96	4	Tamaño del código cifrado de ganancia (número de valores de ganancia)



SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

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