

RECOMENDACIÓN UIT-R M.1309*

VOZ CODIFICADA DIGITALMENTE EN EL SERVICIO MÓVIL TERRESTRE

(Cuestión UIT-R 101/8)

(1997)

Resumen

Se ha desarrollado una gran cantidad de nuevos sistemas digitales que están desplazando rápidamente a los sistemas analógicos en las comunicaciones telefónicas terrestres, móviles e inalámbricas. La presente Recomendación ofrece una breve descripción de las tecnologías de codificación de la voz que utilizan los sistemas actuales y en vías de surgimiento.

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que se producen rápidos avances en los métodos de digitalización de la voz;
- b) que existen diferentes métodos de codificación de la voz a diferentes velocidades binarias y obteniéndose diversas calidades de señales vocales;
- c) que la calidad percibida de la señal vocal al utilizar una transmisión digitalizada de la voz debería ser igual o mejor que con transmisiones analógicas en aplicaciones comparables;
- d) que los requisitos de calidad de funcionamiento del códec (codificador/decodificador) de la voz pueden variar según las distintas aplicaciones;
- e) que sería ventajoso adoptar para el servicio móvil terrestre normas compatibles con las Recomendaciones UIT-T relativas a las redes fijas;
- f) que existen diferentes métodos para codificar de manera óptima la voz y de codificación o modulación del canal;
- g) que la capacidad de adaptación dinámica de las velocidades de los códecs a las condiciones variables de la transmisión permitiría conseguir importantes mejoras en la eficacia de la utilización del espectro;
- h) que el diseño del códec influye en los requisitos de potencia;
- j) que puede ser necesario comparar los diversos códec propuestos para cada aplicación,

recomienda

- 1** que los requisitos del códec de voz se adapten cuidadosamente a la aplicación, teniendo en cuenta la calidad deseada de señal vocal, el espectro disponible para el sistema, la capacidad de tráfico y otros factores, tales como el consumo de energía de los equipos;
- 2** que los códecs tengan la menor velocidad binaria posible para asegurar la calidad de funcionamiento requerida del sistema radioeléctrico sin recurrir a un número excesivo de corrección de errores sin canal de retorno (FEC). Al evaluar la eficacia en la utilización del espectro se ha de considerar la velocidad combinada del códec y la FEC;
- 3** que, cuando proceda, puedan reducirse los costos y el tiempo que requiere la introducción de nuevos sistemas mediante la aplicación de normas adoptadas anteriormente, alentando los estudios destinados a elaborar nuevas normas;
- 4** que, en la medida de lo posible, los códecs utilicen técnicas tales como la de las velocidades binarias variables para adaptarse dinámicamente a las condiciones de transmisión;
- 5** que se elabore una metodología de evaluación y cuantificación de la calidad de funcionamiento de los códecs para que puedan hacerse comparaciones justas y equitativas;

* Esta Recomendación debe señalarse a la atención del Sector de Normalización de las Telecomunicaciones (UIT-T).

5.1 la metodología debería facilitar la selección de códec teniendo en cuenta las ponderaciones apropiadas de todos los parámetros de sistemas relacionados con los códecs. Entre los parámetros que pueden considerarse figuran:

- la calidad de las señales vocales;
- la velocidad binaria del códec;
- la complejidad y los costos del códec;
- la potencia de tratamiento que requiere el mantenimiento de las funciones en tiempo real;
- la posibilidad de adaptar la velocidad del códec y la FEC a los distintos entornos radioeléctricos y su influencia en la utilización eficaz del espectro y el consumo de energía o el ciclo de trabajo de las baterías;
- la compatibilidad del códec con otros sistemas de radiocomunicación (por ejemplo, fijos);
- la facilidad con que puede agregarse la encriptación;
- la solidez;
- la calidad de funcionamiento en presencia de otras señales y ruido de fondo;
- el retardo del codificador.

5.2 que se preste consideración a los parámetros indicados para su aplicación al construir una matriz en la que se comparen las características de los códecs por pares, según se exponen en la metodología de selección de las telecomunicaciones móviles internacionales-2000 (IMT-2000) (véase la Recomendación UIT-R M.1225). La correcta aplicación de esta metodología permitiría establecer un marco con el que garantizar la elección del mejor sistema para cada aplicación;

6 el Anexo 1 contiene ejemplos de códecs utilizados en el servicio móvil terrestre, que fueron presentados al UIT-R a título de ejemplo.

ANEXO 1

Sistemas de codificación de la voz utilizados en el servicio móvil terrestre

Nombre del sistema	Celulares (AMDT)		
	GSM/DCS/PCS (Velocidad completa)	GSM/DCS/PCS (Media velocidad)	GSM EFR US PCS 1900 EFR
Origen	ETSI	ETSI	Estados Unidos de América/ETSI
Frecuencia (GHz)	0,9/1,8/1,9	0,9/1,8/1,9	0,9/1,9
Modulación	MDMG	MDMG	MDMG
Velocidad de transmisión máxima en bruto (kbit/s) ⁽¹⁾	33,9	16,95	29,6
Tipo de códec	RPE-LTP	VSELP	ACELP
Velocidad del códec (kbit/s)	13	5,6	12,2
FEC (kbit/s) ⁽²⁾	9,8	5,8	10,6
Retardo algorítmico del códec (ms) ⁽³⁾	40	40	40
Retardo del sistema radioeléctrico (ms) ⁽⁴⁾	50	50	50
Calidad estimada de la nota media de opinión (NMO) ^{(5), (6)}	3,6-3,8	3,5-3,7	4,1
Tratamiento estimado ⁽⁷⁾	2,5 Mips	17,5 Mips	15,4 WMops
Documento de referencia	ANSI J-STD-007 ETSI/ETS 300580	ETSI/ETS 300581	ANSI J-STD-007A ETSI/ETS 300723

Nombre del sistema	Celulares (AMDT)			
	D-AMPS (Velocidad completa)	D-AMPS (Ampliado)	PDC (Velocidad completa)	PDC (Media velocidad)
Origen	Estados Unidos de América	Estados Unidos de América	Japón	Japón
Frecuencia (GHz)	0,8	0,8/1,9	0,8-0,9/1,5	0,8-0,9/1,5
Modulación	DQPSK $\pi/4$	DQPSK $\pi/4$	DQPSK $\pi/4$	DQPSK $\pi/4$
Velocidad de transmisión máxima en bruto (kbit/s) ⁽¹⁾	16,2	16,2	14	7,0
Tipo de códec	VSELP	ACELP	VSELP	PSI-CELP
Velocidad del códec (kbit/s)	8,0	7,4	6,7	3,45
FEC (kbit/s) ⁽²⁾	5,0	5,6	4,5	2,15
Retardo algorítmico del códec (ms) ⁽³⁾	28	25	47	85
Retardo del sistema radioeléctrico (ms) ⁽⁴⁾	48	45	75	130
Calidad estimada de la NMO ^{(5), (6)}	3,7	4,1	3,40	3,34
Tratamiento estimado ⁽⁷⁾	22 Wmops	14 Wmops	7,8 Mops	18,7 Mops
Documento de referencia	TIA/EIA IS-85	TIA/EIA IS-641	RCR STD-27	RCR STD-27

Nombre del sistema	Celulares (AMDC)		
	AMDC-AMDT Combinado	AMDC (IS-96)	AMDC (IS-127)
Origen	Estados Unidos de América	Estados Unidos de América	Estados Unidos de América
Frecuencia (GHz)	1,9	0,8-0,9/1,85-1,99	0,8-0,9/1,85-1,99
Modulación	OQPSK	MDP-4	MDP-4
Velocidad de transmisión máxima en bruto (kbit/s) ⁽¹⁾	10,4	28,8	28,8
Tipo de códec	Similar a CELP	CELP	RCELP
Velocidad del códec (kbit/s)	7,2	8/4/2/0,8	8/4/0,8
FEC (kbit/s) ⁽²⁾	3,2	19,2	19,2
Retardo algorítmico del códec (ms) ⁽³⁾	26	27,5	30
Retardo del sistema radioeléctrico (ms) ⁽⁴⁾	60	37,5	40
Calidad estimada de la NMO ^{(5), (6)}	> 4,0	3,3	4,1
Tratamiento estimado ⁽⁷⁾	11 Míps	22 Mops	20 Mops
Documento de referencia	TIA/EIA IS-661	TIA/EIA IS-96	TIA/EIA IS-127

	Inalámbricos		
Nombre del sistema	CT2	DECT	PHS
Origen	ETSI	ETSI	Japón
Frecuencia (GHz)	0,86	1,9	1,9
Modulación	MDFG	MDFG	DQPSK $\pi/4$
Velocidad de transmisión máxima en bruto (kbit/s) ⁽¹⁾	72	96	48
Tipo de códec	MICDA ⁽⁸⁾	MICDA ⁽⁸⁾	MICDA ⁽⁸⁾
Velocidad del códec (kbit/s)	32	32	32
FEC (kbit/s) ⁽²⁾	0	0	0
Retardo algorítmico del códec (ms) ⁽³⁾	(9)	(9)	(9)
Retardo del sistema radioeléctrico (ms) ⁽⁴⁾	0,375	0,375	0,25
Calidad estimada de la NMO ^{(5), (6)}	4,0	4,0	4,0
Tratamiento estimado ⁽⁷⁾	10 Mips	10 Mips	1,0 Mops
Documento de referencia	Rec. UIT-T G.726	Rec. UIT-T G.726	Rec. UIT-T G.726

	Despacho			
Nombre del sistema	Projet 25	TETRA	IDRA	DIMRS
Origen	Estados Unidos de América	ETSI	Japón	Canadá
Frecuencia (GHz)	0,15-0,9	0,4/0,9	0,8/1,5	0,8
Modulación	C4FM/CQPSK	DQPSK $\pi/4$	MAQ de 16 estados	MAQ de 16 estados
Velocidad de transmisión máxima en bruto (kbit/s) ⁽¹⁾	9,6	9,0	10,7	10,7/21,33
Tipo de códec	IMBE	ACELP	CELP/VSELP ⁽¹⁰⁾	VSELP
Velocidad del códec (kbit/s)	4,4	4,567	4,7/4,2 ⁽¹⁰⁾	4,2/8,0
FEC (kbit/s) ⁽²⁾	2,8	2,633	2,766/3,177 ⁽¹⁰⁾	3,177/6,756
Retardo algorítmico del códec (ms) ⁽³⁾	80	75	81/87	75/45
Retardo del sistema radioeléctrico (ms) ⁽⁴⁾	120	90	96/102 ⁽¹⁰⁾	102/54,6
Calidad estimada de la NMO ^{(5), (6)}	3,4	3,3-3,5	3,2	3,20/3,98
Tratamiento estimado ⁽⁷⁾	6,9 Mips	15 Mips	7,0/8,0 Mops ⁽¹⁰⁾	8,0 Mops
Documento de referencia	TIA/EIA IS-102.BABA	ETSI/ETS 300395	RCR STD-32A	68P81129E15 Motorola

- ACELP: Predicción lineal con excitación por código algebraico (Algebraic code excited linear prediction)
- AMDC: Acceso múltiple por división de código
- AMDT: Acceso múltiple por división de tiempo
- CELP: Predicción lineal con excitación por código (Code excited linear prediction)
- CQPSK: Modulación por desplazamiento de fase cuaternaria coherente
- C4FM: Modulación de frecuencia de envolvente constante de 4 niveles (constant-envelope 4-level FM)

DQPSK:	Modulación por desplazamiento de fase en cuadratura coherente diferencial
IMBE:	Excitación multibanda mejorada (Improved multiband excitation)
MAQ:	Modulación de amplitud en cuadratura
MDFG:	Modulación por desplazamiento de frecuencia con filtrado gaussiano
MDMG:	Modulación por desplazamiento mínimo con filtrado gaussiano
MICDA:	Modulación por impulsos codificados diferencial adaptativa
Mips:	Millones de instrucciones por segundo (requeridos por el códec)
Mops:	Millones de operaciones por segundo (requeridos por el códec)
OQPSK:	Modulación por desplazamiento de fase en cuadratura descentrada
PSI-CELP:	Predicción lineal mediante excitación por código con interfaz de subsistema periférico (Peripheral subsystem interface – code excited linear prediction)
RCELP:	Predicción lineal menos rigurosa con excitación por código (Relaxed code excited linear prediction)
RPE-LTP:	Codificación lineal predictiva con excitación por impulsos regulares (Regular pulse excitation – Linear predictive coding)
VSELP:	Predicción lineal con excitación por vector suma (Vector sum excited linear prediction)
Wmops:	Millones ponderados de operaciones por segundo (requeridos por el códec).

- (1) Es la mayor velocidad binaria disponible para atribuir a un solo usuario.
 - (2) Incluye únicamente los bits utilizados para la FEC con exclusión de los demás bits utilizados, por ejemplo, el bit piloto o el de sincronización.
 - (3) Retardo algorítmico del códec = Retardo de la memorización temporal + codificación de la voz + retardo de decodificación de la voz.
 - (4) Retardo del sistema radioeléctrico = Retardo de la memorización temporal + retardo de codificación de la voz + retardo de codificación de la FEC + retardo de transmisión + retardo de decodificación de la FEC + retardo de decodificación de la voz.
El retardo del sistema radioeléctrico no incluye los retardos debidos a los repetidores y a la interconexión de redes.
 - (5) Probado en condiciones de ausencia de error.
 - (6) Los valores de la NMO de un códec dado pueden diferir, y efectivamente difieren, en cada prueba particular, según los idiomas utilizados, las poblaciones, los laboratorios de prueba y los diversos conjuntos de códecs. Los valores de NMO definidos mediante diferentes pruebas de escucha no son directamente comparables. Se recomienda para futuros estudios la elaboración de un procedimiento de prueba de la calidad de la voz más normalizado (véanse las Recomendaciones UIT-T P.830 en relación con las pruebas subjetivas y UIT-T P.861 en relación con las pruebas objetivas, como orientación para establecer métodos de prueba).
 - (7) Depende del procesador.
 - (8) Recomendación UIT-T G.726, a 32 kbit/s.
 - (9) El retardo algorítmico no se aplica.
 - (10) Estos parámetros no están normalizados y se aplican en Japón dos tipos de técnicas de codificación.
-