

SISTEMAS MAC/PAQUETES DE TELEVISION

DOMINGO DIAZ GARCIA

Febrero 1988.

Este trabajo ha sido dirigido por el profesor tutor D. Manuel Cubero Enrici con el fin de ser presentado como proyecto fin de carrera.

Las Palmas de Gran Canaria 12 de Febrero de 1988.

AGRADECIMIENTOS

- Mi agradecimiento a D. Manuel Cubero Enrici por la colaboración y dirección de este trabajo.
- Hago mención especial a Rosi, Gonzalo y Alberto por el ánimo y apoyo que de ellos he recibido.
- A mis padres, sin los cuales no hubiera podido realizar mis estudios.
- Para mis compañeros de piso, mi agradecimiento por su apoyo.

INDICE

	página
- INTRODUCCION.....	9
- FAMILIA MAC.....	29
2.1 Definición y bases.....	30
2.2 Características generales de las señales MAC.....	32
2.3 Sistemas MAC.....	36
2.4 Problemas con las redes de cable...	49
2.5 Conclusiones.....	52
- SISTEMA C-MAC/PAQUETES.....	54
3.1 Multiplexado temporal.....	56
3.1.1 Estructura.....	57
3.1.2 Tipo de modulación.....	60
3.2 Señales analógicas.....	63
3.2.1 Luminancia.....	66
3.2.2 Crominancia.....	67
3.3 Paquetes.....	68
3.3.1 Formación de los paquetes.....	68
3.3.2 Emisión de los paquetes.....	70
3.4 Estructura de la trama.....	72
3.4.1 Sincronización.....	78
3.5 Sonido.....	79
3.5.1 Codificación del sonido.....	85
3.6 Identificación de los servicios....	87
3.6.1 Difusión de los datos de identificación de los servicios..	88

	página
3.6.2 Protección.....	95
3.7 Sistema de acceso condicionado.....	95
- SISTEMA D2-MAC/PAQUETES.....	97
4.1 Modulación.....	99
4.2 Estructura de la línea en banda base.....	101
4.3 Estructura de la trama.....	102
4.3.1 Parte de imagen.....	102
4.3.2 Parte de sonido y datos.....	102
4.4 Multiplexado Imagen/sonido-datos....	103
4.5 Señal de imagen.....	105
4.5.1 Características.....	105
4.5.2 Codificación de la señal.....	106
4.6 Señal de datos.....	108
4.7 Sonido.....	109
4.7.1 Codificación.....	109
4.7.2 Protección.....	109
4.7.3 Bloques de codificación.....	110
4.7.4 Bloques de interpretación.....	111
4.8 Estructura de los paquetes.....	111
4.8.1 Inserción de los bloques de sonido en la estructura de paquetes.....	112
4.9 Sistema de identificación de los servicios.....	114
4.9.1 Estructura de la línea 625.....	116
4.9.2 Estructura de la vía especializada	117

	página
4.9.3 Estructura de los bloques de interpretación (BI).....	117
- TRANSCODIFICACION ENTRE LOS SISTEMAS C Y D2-MAC/PAQUETES.....	120
- COMPARACION ENTRE EL SISTEMA C Y D2.....	124
6.1 Ventajas e inconvenientes de los sistemas MAC.....	125
6.2 Diferencias entre los dos sistemas..	127
- RECEPTOR.....	131
7.1 Recepción de la señal.....	133
7.2 Receptor C-MAC/PAQUETES.....	135
7.2.1 Etapa de demodulación y demultiplexado de las componentes de la señal.....	136
7.2.2 Decodificador de la imagen.....	139
7.2.3 Decodificador de sonido y datos...	142
7.3 Receptor D2-MAC/PAQUETES.....	144
7.3.1 Demodulación y demultiplexado de las componentes de la señal.....	144
7.3.2 Decodificador de video.....	146
7.3.3 Decodificador sonido/datos.....	146
7.4 Conclusión.....	149
- NOCIONES DE TV DE ALTA DEFINICION.....	150
8.1 Calidad de la TVAD.....	152
8.2 Transmisión de una señal de TVAD en	

	página
la banda de 12 GHZ.	155
8.2.2 Difusión en frecuencias superiores	156
8.3 Características técnicas de la imagen.....	157
8.3.1 Definición de la imagen.....	157
8.3.2 Relación entre los anchos de banda de la luminancia y la crominancia....	157
8.3.3 Dimensiones de la imagen.....	158
8.3.4 Muestreo.....	158
8.3.4.1 Muestreo horizontal.....	158
8.3.4.2 Muestreo vertical.....	159
8.3.4.3 Frecuencia de la imagen.....	159
8.4 Color.....	160
8.5 Sonido.....	160
* Anexos.....	162
<u>Anexo I</u> . Estudio y comparación de multiplexado en frecuencia y multiplexado en el tiempo.....	163
<u>Anexo II</u> . Norma digital de estudio 4-2-2.....	170
<u>Anexo III</u> . Compresión de imágenes.....	176
<u>Anexo IV</u> . Propiedad escalar.....	180
<u>Anexo V</u> . Codificación duobinaria.....	182
<u>Anexo VI</u> . Aleatorización.....	193
<u>Anexo VII</u> . Código cíclico de Golay...	197
<u>Anexo VIII</u> . Señales test.....	201
<u>Anexo IX</u> . Código de Hamming.....	206

	página
<u>Anexo X</u> . Modulación de amplitud en banda lateral residual.....	209
<u>Anexo XI</u> . Terminología.....	211
- BIBLIOGRAFIA.....	212

INTRODUCCION

Se han aprovechado los satélites de comunicaciones para hacer el transporte de la señal de televisión, pero tal utilización ha llevado a la fabricación y utilización de satélites de radiodifusión directa de televisión.

Los satélites de comunicaciones no estaban diseñados para difundir señales de televisión puesto que la tecnología existente no permitía a un usuario individual la recepción a bajo coste de sus emisiones. Aparecieron operadores de televisión por cable, en primer lugar en Norteamérica y posteriormente en Europa, pusieron en práctica la idea de utilizar los satélites ya existentes para aumentar la oferta de canales a sus abonados y poder enlazar entre sí las distintas zonas cubiertas por las teledistribuciones.

El desarrollo de nuevos semiconductores de AsGa (arseniuro de galio) permitió a algunos radioaficionados recibir algunos de esos programas para redes de cable o simplemente enlaces internacionales con equipos que se componían de parábolas de diámetro alrededor de 2 ó 3 m., amplificadores/convertidores de microondas de diseño propio y de receptores/demoduladores más o menos convencionales.

Este importante hecho hizo posible la recepción individual o para pequeñas comunidades con instalación de antena colectiva.

Por esta evolución que lleva a la aplicación de los

satélites a la radiodifusión de televisión, han aparecido los satélites de radiodifusión de televisión.

Un sistema tradicional de comunicaciones por satélite está formado por unas estaciones terrenas para la transmisión y recepción de señales y un satélite, situado en una órbita geostacionaria a 36.000 kms. de la Tierra, que recoge, amplifica y retransmite las señales que se emiten desde la misma. En la radiodifusión directa por satélite, este esquema varía debido al carácter unidireccional del servicio, teniendo una única estación transmisora para la emisión de los programas hacia el satélite y numerosas antenas en tierra de pequeño diámetro preparadas solamente para la recepción de las señales que envía éste.

Se pueden establecer diferencias entre los satélites de distribución (satélites de comunicaciones para enlaces punto a punto o punto-multipunto) y los satélites de difusión directa de televisión. Se expone en la tabla 1 las diferencias que afectan a la potencia de emisión, a la capacidad de canales y a su cobertura.

La televisión vía satélite viene a ofrecer un mayor número de programas de TV internacional, con mayor calidad que los actuales y con sistemas de recepción de bajo coste.

CARACTERISTICAS	SATELITES DE COMUNICACIONES	SATELITES DBS
Potencia	Baja 15-20 w	Alta 200 w
Cobertura	Internacional	Nacional
Capacidad de canales	Elevada 12-16	Baja 3-4-5
N de canales por posición orbital	Pequeña 12-16	Grande 40
Banda de trabajo	10,9-11,7 Ghz	11,7-12,5 Ghz
Coste aprox. estación individual de recepción	Moderado	Bajo

TABLA 1

Se enumeran a continuación las ventajas e inconvenientes de la TV satélite con respecto a la TV convencional.

Como ventajas se citan:

- cobertura total: no existen zonas de sombra, sólo obstáculos artificiales;
- oferta de canales: 3, 4, 5 para satélites DBS por país y 12, 16 canales en total para satélites de mediana potencia y de comunicaciones;
- ausencia de interferencias y perturbaciones;
- fiabilidad: funcionamiento estable en cada zona de cobertura;
- bajo coste de explotación: sólo los de las estaciones de emisión y TTC;
- flexibilidad: el satélite es transparente a distintas normas de color, parámetros de audio, TV de alta definición (HDTV), etc.

Como inconvenientes:

- elevada inversión inicial;
- la avería general de un satélite no puede repararse.

La red de transmisión terrena de televisión sigue los acuerdos de la Conferencia de Estocolmo del año 1961, en la que se establecieron las bases técnicas y jurídicas para la televisión de todos los países de Europa. Fruto de aquellos acuerdos lo constituyen los actuales 25.000 transmisores repartidos por todo el continente, contemplándose un máximo de 4 canales por país. Es conocida la problemática particular de cada nación europea a la hora de establecer la red necesaria para proporcionar la máxima cobertura a todos sus habitantes.

En el año 1977 en Ginebra, en la Conferencia Administrativa Mundial de Radiodifusión Via Satélite (WARC-77 o CAMR-77), se fijaron las bases para un sistema de radiodifusión directa de televisión via satélite (DBS: Direct Broadcasting Satellite).

Cada satélite concentra su haz de emisión sobre un área predeterminada. A medida que se produce un alejamiento del centro de este haz el nivel de señal se va reduciendo hasta hacerse imposible su captación en condiciones de calidad. Así un equipo receptor de satélite, será capaz de captar más de un satélite si está en zona de solapamiento de cobertura, orientando la antena parabólica a cada uno de ellos suponiendo que la sección

electrónica es compatible.

En resumen, diremos que existen dos tipos de satélite emitiendo señales de televisión:

- satélites de comunicaciones, de la que algunos utilizan una capacidad adicional para emitir televisión, de baja potencia;
- satélites de televisión directa DBS, de alta potencia, diseñado exclusivamente para la difusión de TV.

Por esto emiten ahora en Europa satélites del primer tipo con una electrónica relativamente sofisticada e inicialmente dedicada a distribuciones de TV (antenas colectivas o redes de cables), aunque ya está comercializado en el ámbito individual.

Los equipos DBS, serán equipos menos sofisticados, de especificaciones técnicas menos exigentes, para un público masivo, y serán satélites con cobertura de ámbito nacional para cada país.

La Conferencia WARC-77 reconoció el derecho de cada país a disponer de un satélite propio de TV y a aceptar el solapamiento de coberturas que implicaría el sistema DBS entre países limítrofes partiendo de los siguientes criterios:

- recepción individual/colectiva: diámetro de antena inferior a 90 cm.
- Número de canales: 5 por país.
- Coberturas: nacionales.

- Contenido de programación: oficial (pública).
- Explotación del sistema: oficial.

Como características principales en la Región 1, que es la Europea se tienen los siguientes parámetros:

- Potencias: las necesarias para poder recibir con antenas de diámetro inferior a 90 cm.
- Posiciones orbitales: separadas 6 grados y situadas entre las longitudes 5 grados E y 37 grados W.
- Banda de frecuencias: 11,7-12,5 Ghz.
- Número de canales por posición orbital: 40.
- Número de canales por país: 5.
- Polarización: circular.
- Densidad de flujo:
 - * 103 dBW/m^2 (instalaciones individuales)
 - * 111 dBW/m^2 (instalaciones colectivas) para una C/N de 14 dB.

De estos parámetros se sacan como conclusiones las siguientes:

- La potencia de un satélite DBS respecto de la potencia de un satélite de comunicaciones es aproximadamente de 10 veces superior.
- En una posición orbital pueden coincidir más de un satélite. En realidad, la WARC-77 ha previsto hasta 8 satélites en una misma posición orbital (saturación).
- Para evitar las posibles interferencias, satélites que coinciden en la misma posición orbital discriminan sus

canales por:

- * diferenciación (separación) de canales
- * distinta polarización
- * dirigir sus haces a áreas geográficamente alejadas entre si.

- Las distintas exigencias de calidad para instalaciones individuales o colectivas se justifican por el distinto proceso que sufre la señal en ambos tipos de sistemas de recepción y distribución.

- La compatibilidad con los equipos empleados en 11 Ghz existirá en la unidad interna (la FI es idéntica: 950-1750 MHz). La parábola como elemento masivo, será reutilizable independientemente de su diámetro y de la adecuación del iluminador. La unidad externa es incompatible por:

- * polarización en equipos de 11 GHz es lineal y en DBS circular (a efectos del iluminador)
- * banda de trabajo en equipos de 11 GHz es 10,9-11,7 GHz y en DBS 11,7-12,5 GHz.

- La posibilidad de recibir canales de más de un país se limitará a aquellos casos en que coincidan en la misma posición orbital más de un satélite y que el diámetro de antena sea el adecuado. En el caso de disponer de un sistema móvil será fácil acceder a más de un satélite si la estación está en una zona fronteriza entre países conservando un diámetro mínimo de antena.

Otro aspecto de los satélites situados en la órbita geostacionaria, es su posición orbital con respecto a los

eclipses solares, en los que se interponen la Tierra entre el satélite y el Sol provocando la creación de un cono de sombra que corta el suministro de energía primaria al quedar los paneles solares en la oscuridad. Los satélites de comunicaciones deben ofrecer un servicio ininterrumpido por lo que solucionan este problema con baterías. Un satélite DBS manipula potencias mucho mayores que un satélite de comunicaciones, lo que significa que se precisa una mayor aportación de energía primaria y la inclusión de baterías representaría un peso excesivo, buscándose una solución alternativa (excepto las baterías para asegurar las funciones TTC).

Las fases en que se producen estos eclipses durante el año son dos: en primavera y en otoño, con una duración máxima de 72 minutos centrados en la medianoche de la longitud del satélite, por un periodo de 6 semanas situados en los equinoccios. La WARC-77, asignó una serie de posiciones orbitales para cada país que no coinciden con su vertical sobre la superficie sino que aparecen desplazados hacia el oeste de tal forma que los periodos de eclipse ocurren durante la madrugada.

En las tablas 2 y 3 se exponen la asignación de canales, posición orbital, polarización así como el plan de frecuencias correspondientes a cada canal de los enlaces descendentes para los distintos países de la Región 1 (Europa).

Nación	Orbital long.	Polar	Canal
Finlandia		I	2 6 10 22 26
Suecia			4 8 30 34 40
Noruega	+5	I	14 18 28 32 38
Dinamarca		I	12 15 20 24 27
Polonia		I	1 5 9 13 17
Checoslovaquia		I	3 7 11 15 19
Alemania Oriental	-1	I	21 25 29 33 37
Hungría		D	22 26 30 34 38
Yugoslavia	-7	D	21 25 29 33 37
Alemania Occidental		I	2 6 10 14 18
Austria		I	4 8 12 16 20
Suiza		I	22 26 30 34 38
Italia		I	24 28 32 36 40
Francia	-19	D	1 5 9 13 17
Luxemburgo		D	3 7 11 15 19
Bélgica		D	21 25 29 33 37
Holanda		D	23 27 31 35 39
Gran Bretaña		D	4 8 12 16 20
Irlanda	-31	D	2 6 10 14 18
España		I	23 27 31 35 39
Portugal		I	3 7 11 15 19
San Marino		D	1 5 9 13 17
Liechtenstein		D	3 7 11 15 19
Mónaco	-37	D	21 25 29 33 37
Ciudad del Vaticano		D	23 27 31 35 39

TABLA 2

Canal	Frecuencia media/GHz
1	11,72748
2	11,74666
3	11,76584
4	11,78502
5	11,80420
6	11,82338
7	11,84256
8	11,86174
9	11,88092
10	11,90010
11	11,91928
12	11,93846
13	11,95764
14	11,97682
15	11,99600
16	12,01518
17	12,03436
18	12,05354
19	12,07272
20	12,09190

Banda baja (400 MHz)

TABLA 3 (1)

Canal	Frecuencia media/GHz
21	12,11108
22	12,13026
23	12,14944
24	12,16862
25	12,18780
26	12,20698
27	12,22616
28	12,24534
29	12,26462
30	12,28870
31	12,30288
32	12,32206
33	12,34124
34	12,36042
35	12,37960
36	12,39878
37	12,41796
38	12,48714
39	12,45632
40	12,47660

Banda alta (400 MHz)

TABLA 3 (2)

En la Conferencia de Ginebra se redactó un plan en el que se reconocía el derecho de todos los países a poseer su propio satélite así como a aceptar el desbordamiento de cobertura que se producirá.

En el caso de España se tienen previstos la utilización de los haces que saldrán del mismo satélite y que cubrirán uno la parte peninsular y Baleares y el otro estará dirigido sobre Canarias para resolver el problema de la dispersión geográfica del país. La figura 1 representa el satélite que iluminará el territorio español con sus dos haces. Este satélite se encuentra en una órbita geoestacionaria a 35786 km. sobre la superficie de la Tierra y además alrededor del Ecuador. En cuanto a su situación es de 31 grados Oeste y emite con una polarización levógira, con una asignación de los canales 23, 27, 31, 35, 39.

En la Conferencia (CAMR-77) no se adoptaba una norma de televisión, sino que se pensaba utilizar los satélites para conducir las señales que en la actualidad se distribuyen como por ejemplo señales PAL, SECAM, ... lo que no nos daría una mejora destacable en la calidad de la señal, sino un cambio en el modo de recepción que deberíamos de adoptar, ya que pasaríamos del sistema actual a uno en el que el elemento básico para que pudiéramos recibir la señal sería una parábola receptora de la señal enviada por el satélite sobre la zona terrestre correspondiente.

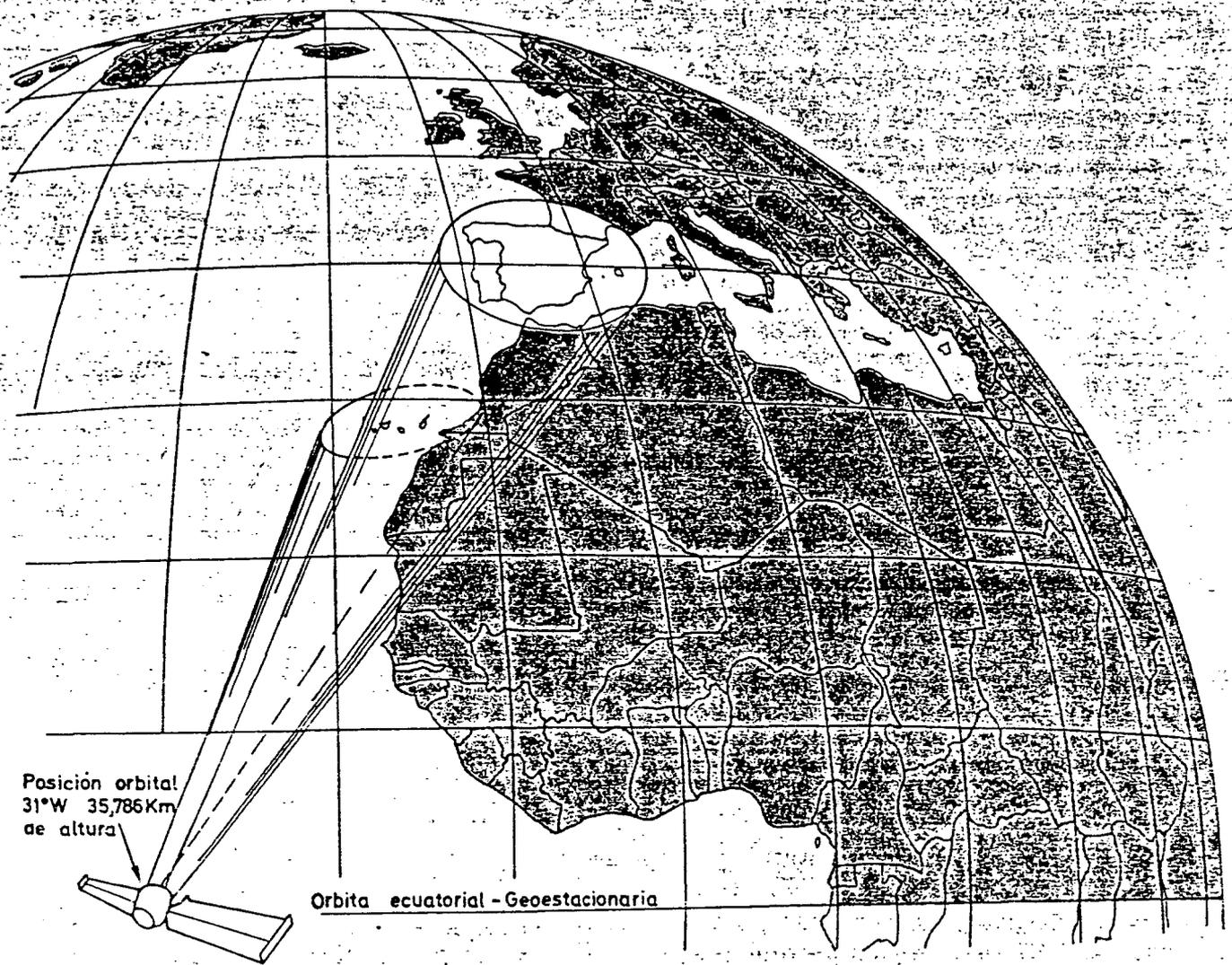


Fig. 1 Posición orbital y cobertura prevista del satélite español.

Surgen grupos técnicos que ven en este cambio una oportunidad de adoptar una norma de televisión que mejore la actual y que al mismo tiempo sea posible la unificación de normas, tomando como norma común la que surgiese de un compromiso mundial o por lo menos (para el caso de Europa) de un compromiso europeo, evitando así la actual diversidad de normas existentes.

Los principales problemas que se pueden apreciar son dos; uno que es el que tiene carácter político y que lleva a discusiones entre partidarios de una norma y sus "aliados" y los partidarios de la otra, dificultando de esta forma lo provechoso que sería un acuerdo conjunto, más que nada por un supuesto prestigio nacional en el Mundo. El otro problema es quizá económico-técnico y es el que surge de que la industria necesita adaptarse al cambio y para eso presiona, según sus intereses, para que se adopte una única norma que de esta forma normalizaría el mercado de receptores.

Para conseguir la citada norma común se han llevado a cabo reuniones y contactos para ir aproximando posiciones al mismo tiempo que perfilando las características técnicas de la norma.

Surgen comunicados intentando aclarar la situación.

Si decir que se ha llegado a una norma definitiva es algo utópico, debido a la evolución continua que está sufriendo, se puede hacer referencia a un comunicado de

prensa editado por la UER en el año 1984 y que se reproduce al final de esta introducción, con respecto al cual hay que decir, que hace resumen de las normas que en la actualidad se barajan como posibles candidatas finales al título de Norma Común Europea.

Aclaremos que la norma designada, por D-MAC/paquetes, no es recomendada ni por los industriales ni por los teledistribuidores, lo que lleva a desechar prácticamente la idea de su utilización. En el punto 2.4 del siguiente capítulo se exponen las razones. Teniendo en cuenta como evoluciona la situación en la actualidad no queda más que discutir la adopción de una o de otra de las dos normas propuestas en el comunicado de la UER, la C-MAC/paquetes o D2-MAC/paquetes.

En este trabajo se tratarán estas dos últimas normas debido a que son las que representan las tendencias actuales y además son las que centran las discusiones en Europa, si bien hay que dejar constancia antes de seguir adelante, que en un tema de tanta trascendencia por sus efectos políticos, económicos y sociales, así como por la evolución de la técnica, que se podría llegar a la adopción de una norma diferente de las anteriores, o una que contemple aspectos comunes, o una cualquiera de las dos, o incluso las dos normas al mismo tiempo, cada una por los países que les interese, dejando así fuera de lugar la idea de Norma Común Europea.

COMUNICADO DE PRENSA DE LA UER

La UER en noviembre de 1984 publicó el comunicado de prensa siguiente:

NORMAS PARA LA RADIODIFUSION POR SATELITE Y PARA LA DISTRIBUCION POR CABLE

En 1983, la Comisión Técnica de la Unión Europea de Radiodifusión (UER), recomendó el sistema C-MAC/paquetes como norma única de emisión para la radiodifusión directa por satélite en Europa. Esta recomendación ha sido acordada por el Consejo de Administración y por la Asamblea General en julio de 1983. Desde entonces, nuevos estudio sobre esto han sido efectuados por los expertos de la Comisión Técnica a fin de especificar los sistemas capaces de difundir las señales C-MAC/paquetes para las instalaciones de recepción comunitaria y más particularmente para redes de cables.

En función de los resultados de estos estudios, el despacho de la Comisión Técnica ha aprobado, en su reunión extraordinaria del 29 de noviembre de 1984 en Génova, las especificaciones de una familia compatible a nivel de receptor. Esta familia se compone de los siguientes miembros:

- el sistema C-MAC/paquetes concebido para la radiodifusión por satélite;
- el sistema D-MAC/paquetes concebido para la distribución transparente de señales C-MAC/paquetes sobre las redes de cables;

- el sistema D2-MAC/paquetes concebido para la distribución por cable con los canales en banda estrecha y para otros sistemas utilizando los canales en banda estrecha.

La industria prefiere un sistema universal susceptible de ser utilizado a la vez para la radiodifusión por satélite, por la distribución y eventualmente por otros medios de difusión futuros.

Teniendo en cuenta estos desarrollos y la opinión expresada por el Despacho de la Comisión Técnica, el Consejo de Administración de la UER, después de su reunión en Génova el 7 y 8 de diciembre han confirmado su recomendación anterior de la norma única C-MAC/paquetes para la radiodifusión por satélite en Europa, por las razones siguientes:

- * la adopción del sistema permite la utilización más eficaz del espectro disponible por un canal de satélite;
- * la adopción del sistema ofrece mayor número de servicios posibles, con una calidad más elevada de la imagen de televisión y una flexibilidad total;
- * la adopción del sistema ofrece mayores perspectivas de mejoras futuras.

Algunos países pueden hacer caso omiso de las razones anteriores y no tener únicamente en consideración a éstas, con lo que podrían adoptar una decisión independiente.

A pesar que el sistema C-MAC/paquetes es siempre el sistema preferido para la radiodifusión por satélite,

ciertos países podrían decidir adoptar el sistema D2-MAC/paquetes para la radiodifusión directa por satélite.

El sistema D-MAC/paquetes es recomendado para la distribución transparente de señales C-MAC/paquetes sobre las redes de cable. Este puede ser utilizado para aplicaciones tales como la transmisión punto a punto para haces hertzianos o para satélites de distribución.

El sistema D2-MAC/paquetes es igualmente especificado por la UER para los casos donde es necesario emplear los canales existentes en banda estrecha de redes de cable. Este sistema lleva la pérdida de la mitad de los servicios digitales (sonido y datos) transmitidos por el sistema C-MAC/paquetes.

Los expertos de la UER esperan con vistas a la industria, que un modelo único de receptor europeo pueda funcionar con los tres sistemas, especialmente para la utilización de los mismos circuitos integrados para el tratamiento de señal.

Se considera que en la adopción de los objetivos lo más importante a alcanzar, es recomendar una familia de normas europeas.

FAMILIA MAC

Para llegar a la situación actual, ha habido una evolución en esta familia de normas MAC pasando de unos tipos a otros en función de que vayan quedando superadas a base de estudios posteriores que demuestren una mejora sensible en las características y en las prestaciones que nos van dando, también debidos a cambios tecnológicos. Hay que apreciar una evolución de normas MAC hasta las actuales que se vislumbran como posibles definitivas.

2.1 DEFINICION Y BASES

La palabra MAC responde a la abreviación de Multiplexado Analógico de Componentes.

El multiplexado de las muestras ocupa el canal durante una parte de tiempo determinada ya que en este sistema se transmiten varias señales por el mismo canal. Dicho multiplexado se consigue al muestrear todas las señales a transmitir e intercalar las muestras en el tiempo, que serán recuperadas en el receptor para reconstruir la señal correspondiente. Este multiplexado es un multiplexado temporal. (En el ANEXO I se expondrán las diferencias con respecto al multiplexado en frecuencia, así como una comparación entre ambos sistemas).

En la familia MAC la imagen se sigue manteniendo en forma analógica, debido sobre todo a que si esta señal fuese digitalizada sería un ancho de banda muy amplio, con un flujo de bits también bastante elevado para tener toda

la información correspondiente a la imagen y su color, debido a las frecuencias de muestreo elevadas que se utilizan para las componentes de la imagen y además actualmente no se dispone de los circuitos adecuados para un perfecto tratamiento y su manejo. Se han hecho variaciones con respecto a las normas tradicionalmente empleadas que permiten al mismo tiempo una mejora en calidad y un aprovechamiento racional del espectro, permitiendo su uso también para señales correspondientes a otros servicios incluidos en el mismo canal. Todo esto se detallará en la exposición de las normas en los capítulos posteriores.

La idea base de una señal MAC es insertar en la parte útil de una línea de video las informaciones correspondientes a la crominancia y a la luminancia de la señal imagen (estas dos señales están separadas y se verá en la norma) por repartición en el tiempo, es decir, por un multiplexado temporal.

La característica de codificación (formación) de la señal MAC prevé la compatibilidad con la nueva norma digital de producción de estudio, que es la llamada Norma 4-2-2 reconocida actualmente a nivel mundial, y sobre la que las normas de tipo MAC se han basado para su desarrollo (dicha norma se detalla en el ANEXO II de este capítulo).

Antes de efectuar la emisión de las señales en forma

analógica, las señales se encuentran en forma digital en los estudios y para su difusión sufren una compresión temporal, que consiste en introducir muestras de la señal en una memoria y luego leerlas a una frecuencia mayor (frecuencia de lectura) dando como resultado una compresión de la señal. Dependiendo de la compresión que queramos darle a la señal le aplicaremos un porcentaje de compresión determinado y que viene a ser en otras palabras, la relación entre la frecuencia a la que introducimos las muestras en la memoria (frecuencia de escritura) y la frecuencia de lectura que se haya tomado para sacar las muestras de la memoria, (ver ANEXO III).

Hay que tener presente que esta compresión de la señal en el tiempo nos va a dar una multiplicación del ancho de banda en el mismo factor.

La justificación de esta afirmación se tiene haciendo uso de la propiedad escalar de la teoría de la comunicación y expuesta en el ANEXO IV.

2.2 CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS SEÑALES MAC

La señal MAC es una señal a componentes separadas, esto quiere decir, que tendremos la luminancia (Y) y las componentes de color (C_R y C_B) separadas. Sobre la línea de televisión estarán la señal de luminancia y de crominancia cada una durante el tiempo que le corresponde, pero estas señales no ocupan toda la línea sino que dejan

un tiempo que corresponde a señales de sincronización y de servicios, que están asociados en algunos casos a la imagen, como por ejemplo el sonido asociado a dicha imagen, y en otros casos servicios completamente independientes de la imagen, como el teletexto. Las especificaciones correspondientes a estos servicios así como a la sincronización, serán dadas en la parte correspondientes de la norma, si bien hay que adelantarse y aclarar que estas señales que se contemplan en las normas son de tipo digital, por lo que serán codificadas y al mismo tiempo necesitarán una protección que les proteja contra los errores para que así eviten el adquirir una información falsa que nos deteriore el servicio.

En la tabla 4 se hace un resumen de la frecuencia de muestreo para las componentes de la imagen y también de los anchos de banda ocupados por cada una antes y después de aplicarle un porcentaje de compresión, que no será el mismo para la luminancia, que para las señales de color. Se aprecia que por ejemplo para la luminancia se muestrea a 13,5 MHz. y a la hora de ser emitida se hace a una frecuencia de 20,25 MHz. dando una compresión de $3/2$ ($20,25/13,5$) = 1,5 , que es al mismo tiempo el factor en el que aumenta el ancho de banda.

En la figura 2 se hace una representación tiempo-frecuencia de las componentes de la imagen, así como de sus anchos de banda. Se puede apreciar que sólo ocupan 52 microsegundos, y si tenemos en cuenta que en la nueva

	LUMINANCIA Y		CROMINANCIA C_R/C_B	
	FRECUENCIA DE MUESTREO	BANDA PASANTE	FRECUENCIA DE MUESTREO	BANDA PASANTE
ANTES DE LA COMPRESION	13,5 MHz	5,6MHz	6,75MHz	1,6 MHz
FACTOR DE COMPRESION	3/2		3/1	
DESPUES DE LA COMPRESION	20,25MHz	8,4MHz	20,25MHz	4,8MHz

Tabla 4

Tiempo de ocupación sobre la línea de televisión

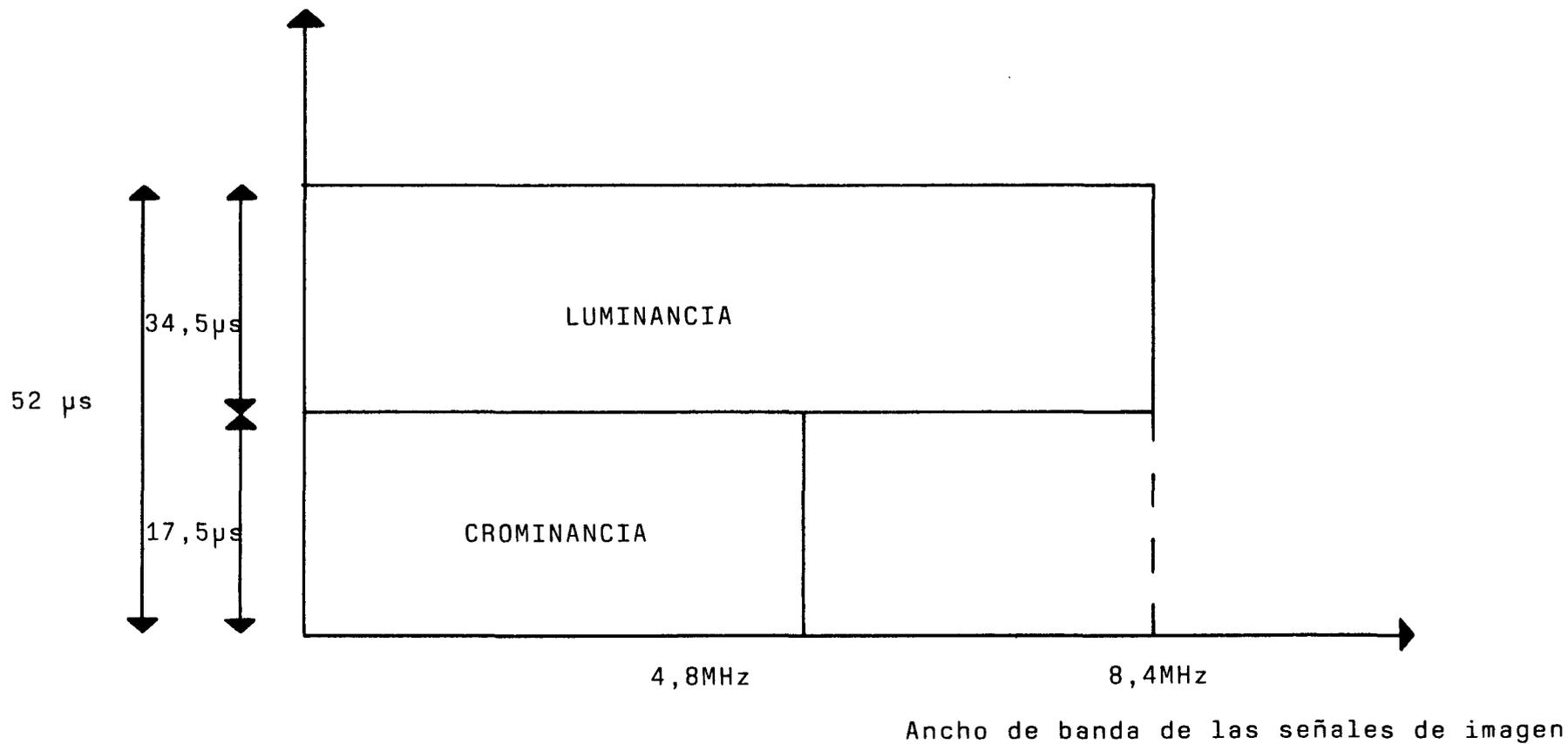


Fig. 2

norma una línea de televisión seguirá ocupando 64 microsegundos, tendremos 12 microsegundos libres, durante los cuales se insertarán las señales de sonido y datos en forma digital.

Como características más destacables, en las que no se profundizará en esta parte del trabajo, de la señal MAC se pueden citar: la compresión que se aplica tanto a la luminancia como a la crominancia, la transmisión de la información de color de forma secuencial, y la polaridad de la señal en banda base, es tal que el máximo de brillo corresponde a la amplitud máxima de la señal.

2.3 SISTEMAS MAC

En esta parte del capítulo se nombran unos sistemas que componen la familia MAC con la intención de que el lector vea en esta exposición la evolución que ha ido sufriendo esta familia.

No se profundizará en el estudio de cada componente, únicamente se hará mención a sus bases de codificación.

- Sistema A-MAC: este sistema consiste en un multiplexado por división de frecuencia en banda base, por un lado las componentes analógicas pertenecientes a la imagen y por otro lado las señales digitales (sonido y los datos para los servicios).

Las señales se emiten al mismo tiempo, pero a

diferentes frecuencias. Aquí hay que aclarar que las componentes analógicas sufren una codificación MAC previa, que viene a ser una emisión durante el tiempo que corresponde a cada una y esto es un multiplexado temporal previo, que se muestra en la figura 3.

En las figuras 4 y 5 se representan un codificador de la señal A-MAC y un esquema tiempo-frecuencia.

En la figura 4 se puede apreciar como las componentes analógicas llevan la codificación citada anteriormente, previa a su introducción en un sumador en el que el otro sumando es la señal de sonido y datos a una frecuencia superior (multiplexado en frecuencia).

La figura 5 esquematiza la distribución en el tiempo y en la frecuencia de las señales y en la que se puede apreciar como las componentes de la imagen ocupan parte de la línea y la señal de sonido y datos es emitida durante toda la duración de esta, pero a una frecuencia superior.

- Sistema B-MAC: este sistema consiste en un multiplexado en banda base por división en el tiempo de las componentes analógicas de la imagen y de las señales digitales de sonidos y datos.

Este sistema permite difundir una imagen codificada MAC y cuatro vías sonoras de alta calidad.

Se representa en la figura 6, un esquema de la formación en banda base de la señal global, notándose como

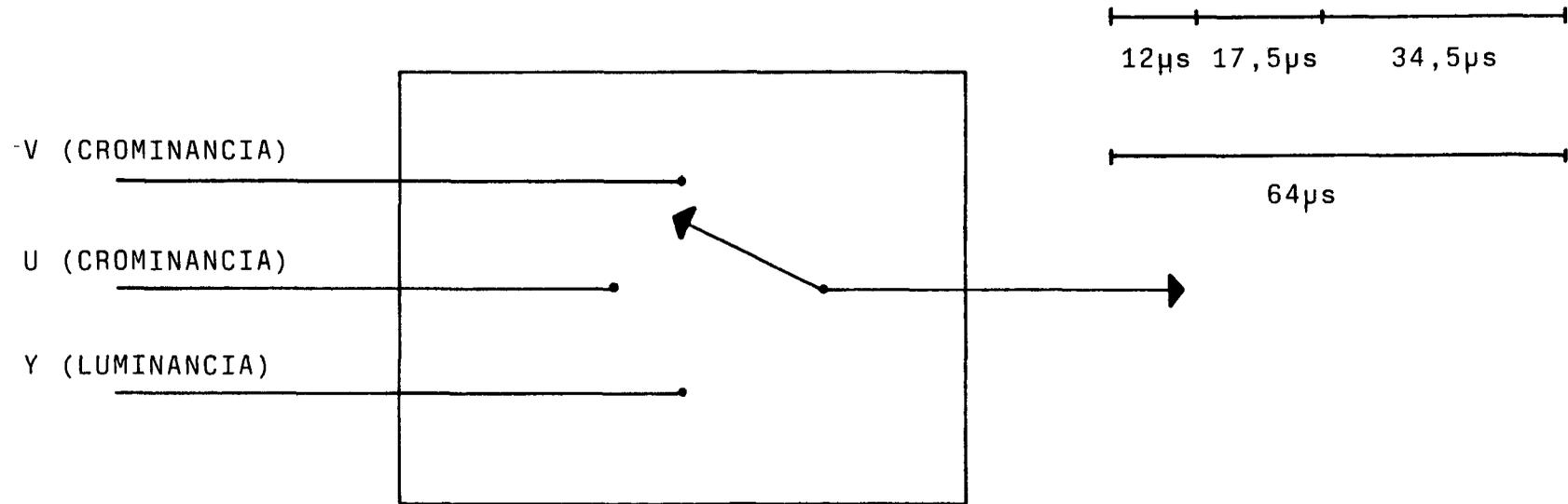


Fig. 3 Codificación MAC

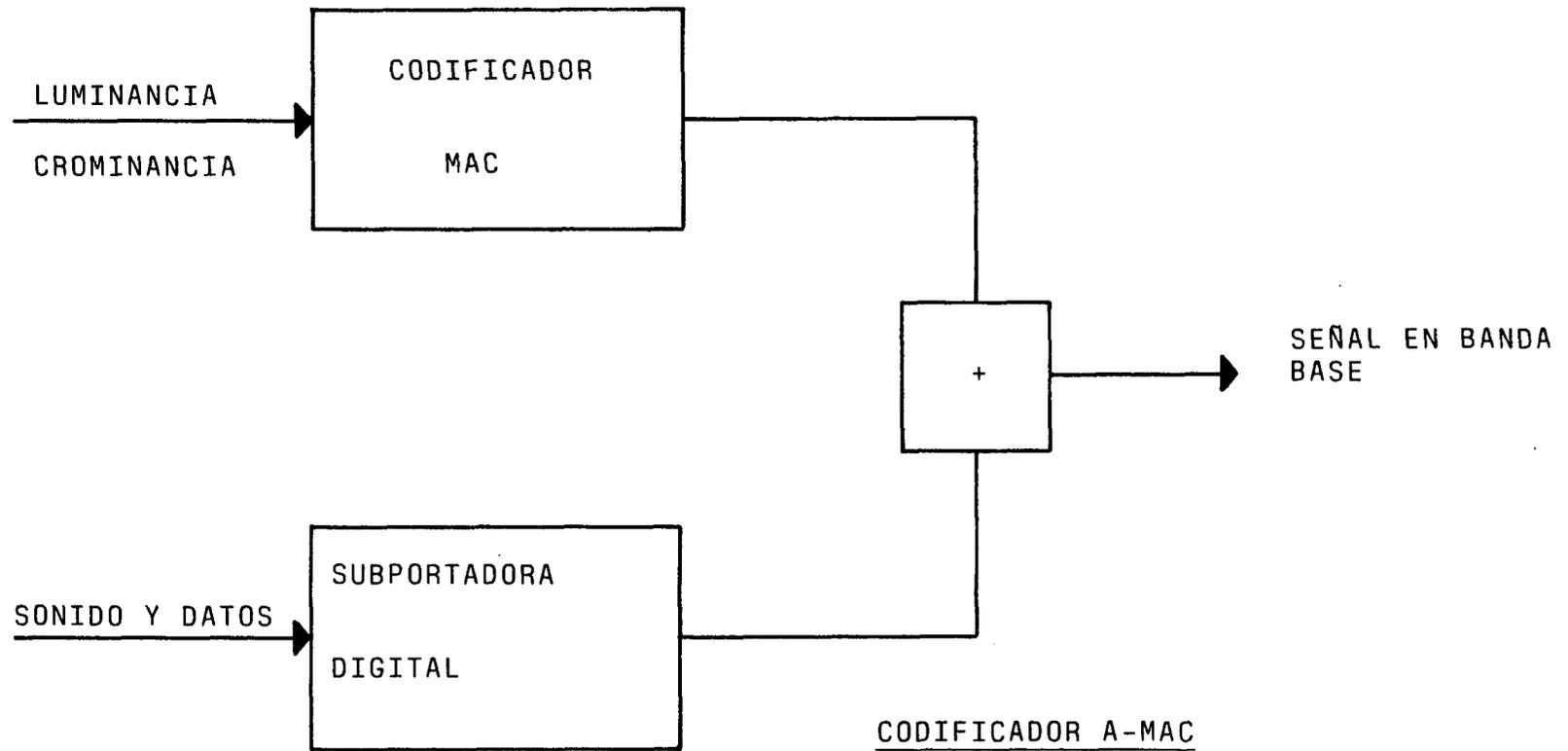
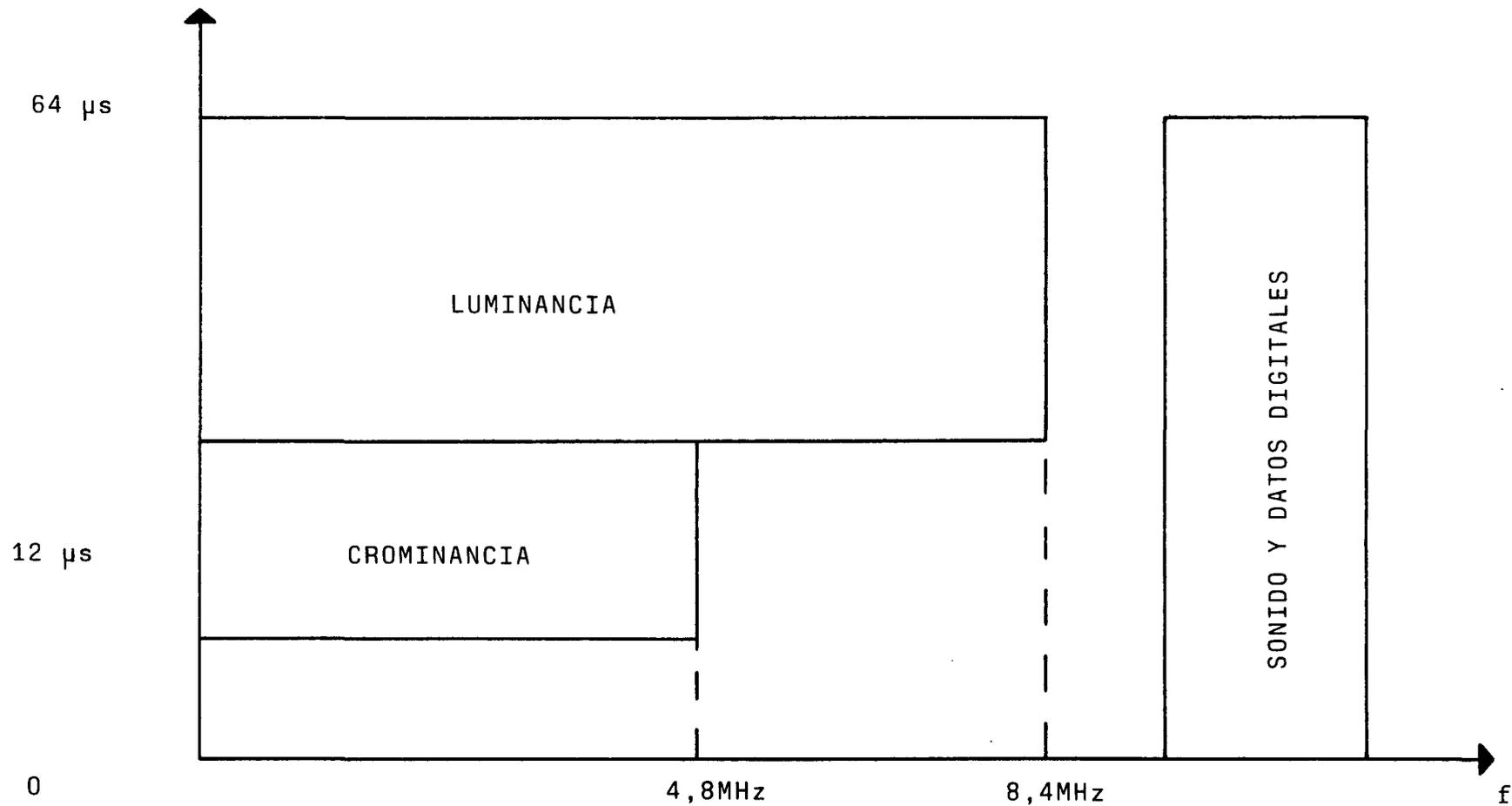


Fig. 4

Tiempo de duración de la línea de televisión



Representación tiempo frecuencia (en banda base)

Fig. 5

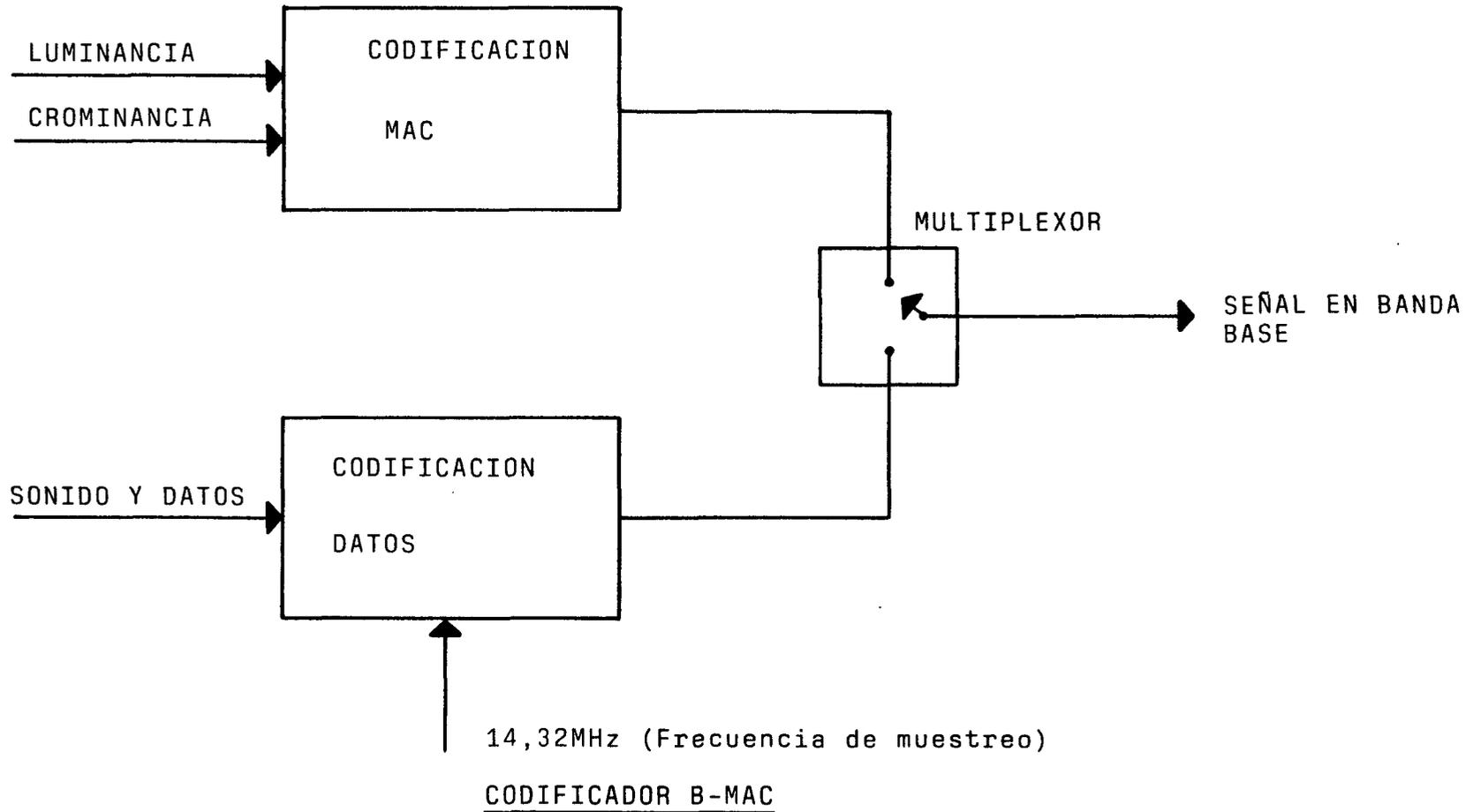


Fig. 6

diferencia más apreciable con respecto al sistema anterior el cambio del sumador por un multiplexor al que le entran la señal MAC de imagen y el sonido (4 vías) y datos.

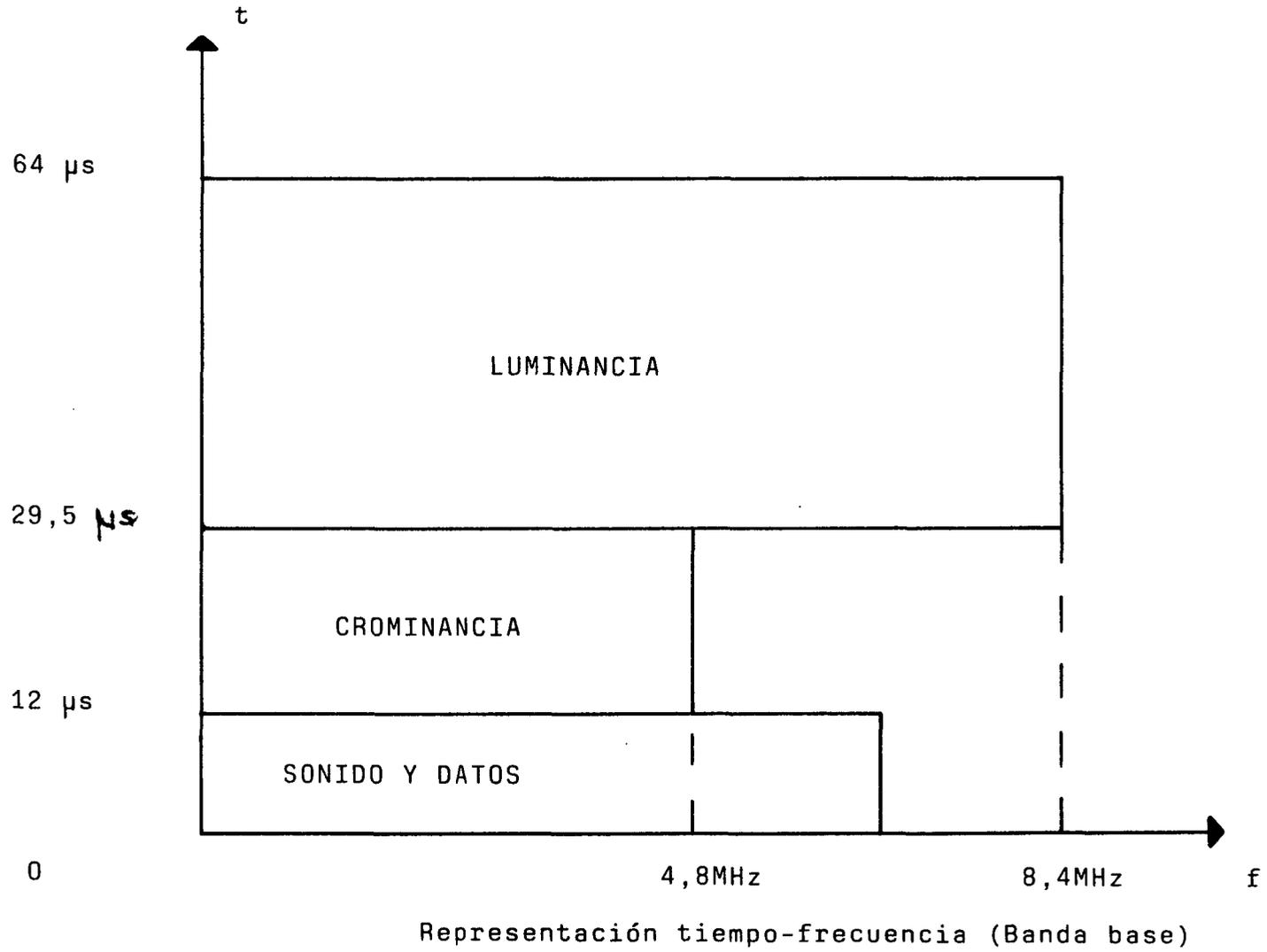
En la figura 7 la representación frecuencia-tiempo nos da una idea de el multiplexado por división en el tiempo de las componentes analógicas y de las señales digitales (del tiempo que duran sobre los 64 microsegundos de una línea), apreciándose al mismo tiempo el ancho de banda que ocupan.

- Sistema C-MAC/paquetes: el sistema está basado en un multiplexado de las señales a emitir, pero en este caso es en radiofrecuencia a diferencia con los anteriormente expuestos. En este sistema la señal MAC se modula en frecuencia y la señal de sonido y datos, después de formar paquetes de datos (que será detallada su formación, emisión, contenido,...en los capítulos posteriores) se modula en fase. El sistema permite difundir una imagen MAC y 8 vías sonoras de alta calidad.

En la figura 8 se da un esquema de el codificador C-MAC/paquetes en el que se aprecian los dos pasos, para la señal MAC y la de paquetes, que transforman la señal a radiofrecuencia antes de ser multiplexadas para su emisión.

Este sistema no tiene representación en banda base, debido a su principio de multiplexado en radiofrecuencia.

Duración sobre la línea de las componentes



B. M. C.

Fig. 7

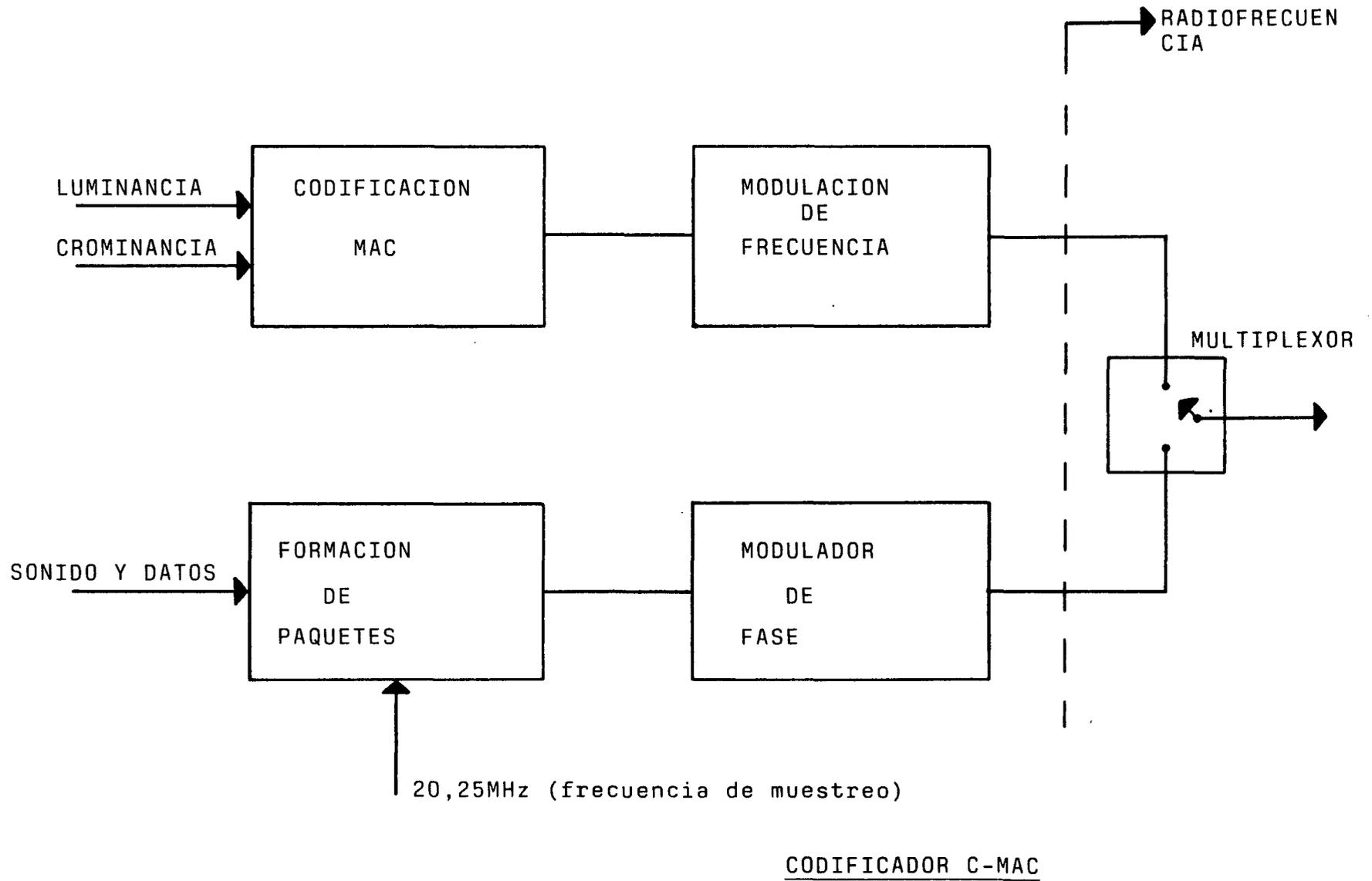


Fig. 8

- Sistema D-MAC/paquetes: este tipo de sistema es el de aparición más reciente. Este sistema posee la misma capacidad de servicios que el sistema C-MAC/paquetes.

En este sistema se hace un multiplexado temporal en banda base de las componentes analógicas de la imagen y digitales de sonidos y datos.

La señal de sonido y datos lleva una codificación duobinaria antes de ser introducida en el multiplexor con la señal MAC. La codificación duobinaria se expone en el ANEXO V.

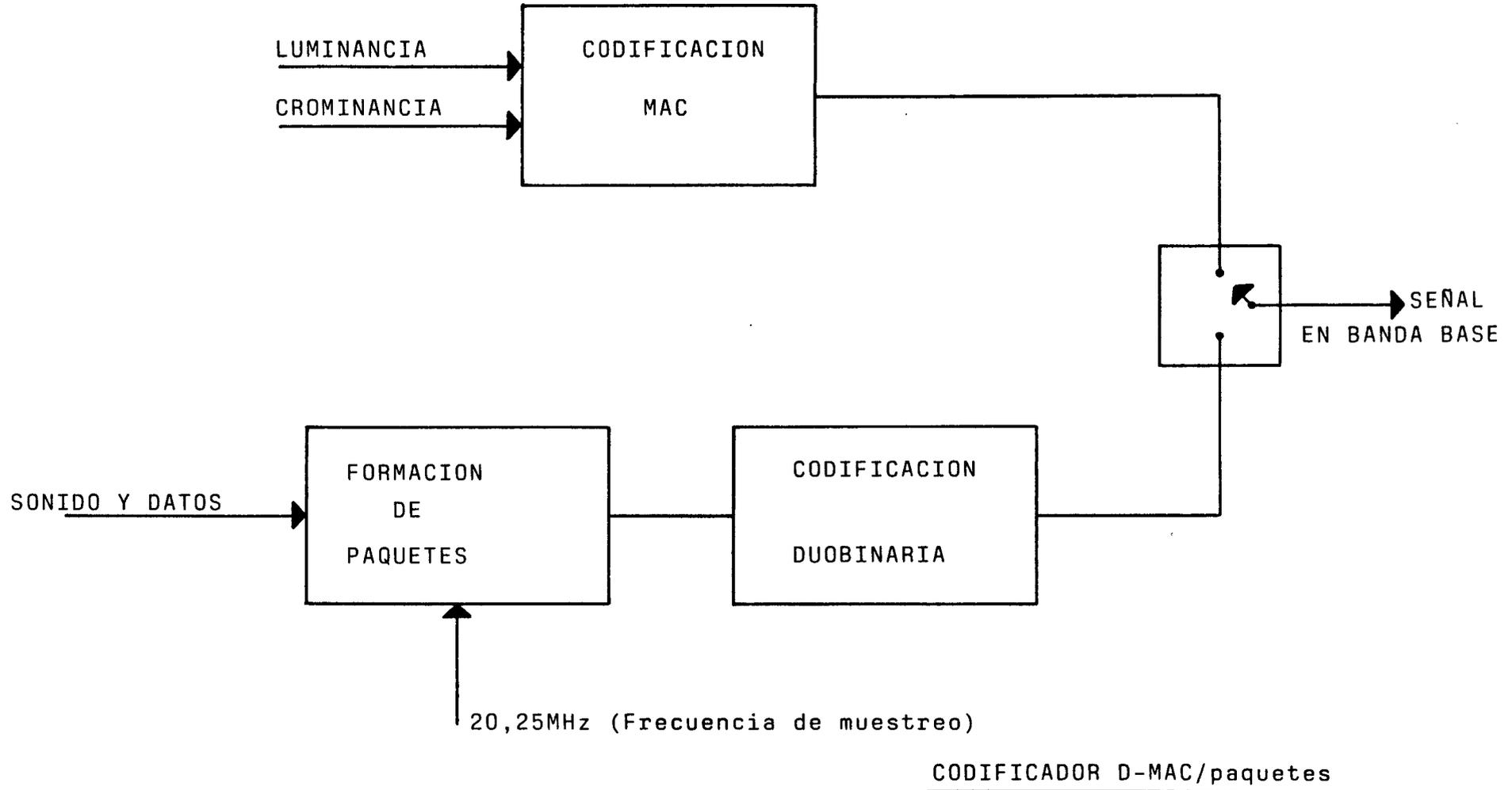
Se muestra en la figura 9 el esquema del codificador D-MAC/paquetes.

En la figura 10 la representación en banda base de tiempo frecuencia nos da el ancho de banda de las señales y la duración sobre la línea.

- Sistema D2-MAC/paquetes: este sistema es una copia del sistema D-MAC/paquetes, pero se diferencia de este solamente en el flujo binario de datos digitales, que se encuentra reducido a la mitad y por lo tanto este sistema pierde la mitad de la capacidad.

El sistema D2-MAC/paquetes permite emitir una señal de imagen MAC con cuatro sonidos de alta calidad.

Se representa en el esquema de la figura 11 el codificador MAC que tiene como diferencia más notable la frecuencia de muestreo de la señal de datos, que es



CODIFICADOR D-MAC/paquetes

Fig. 9

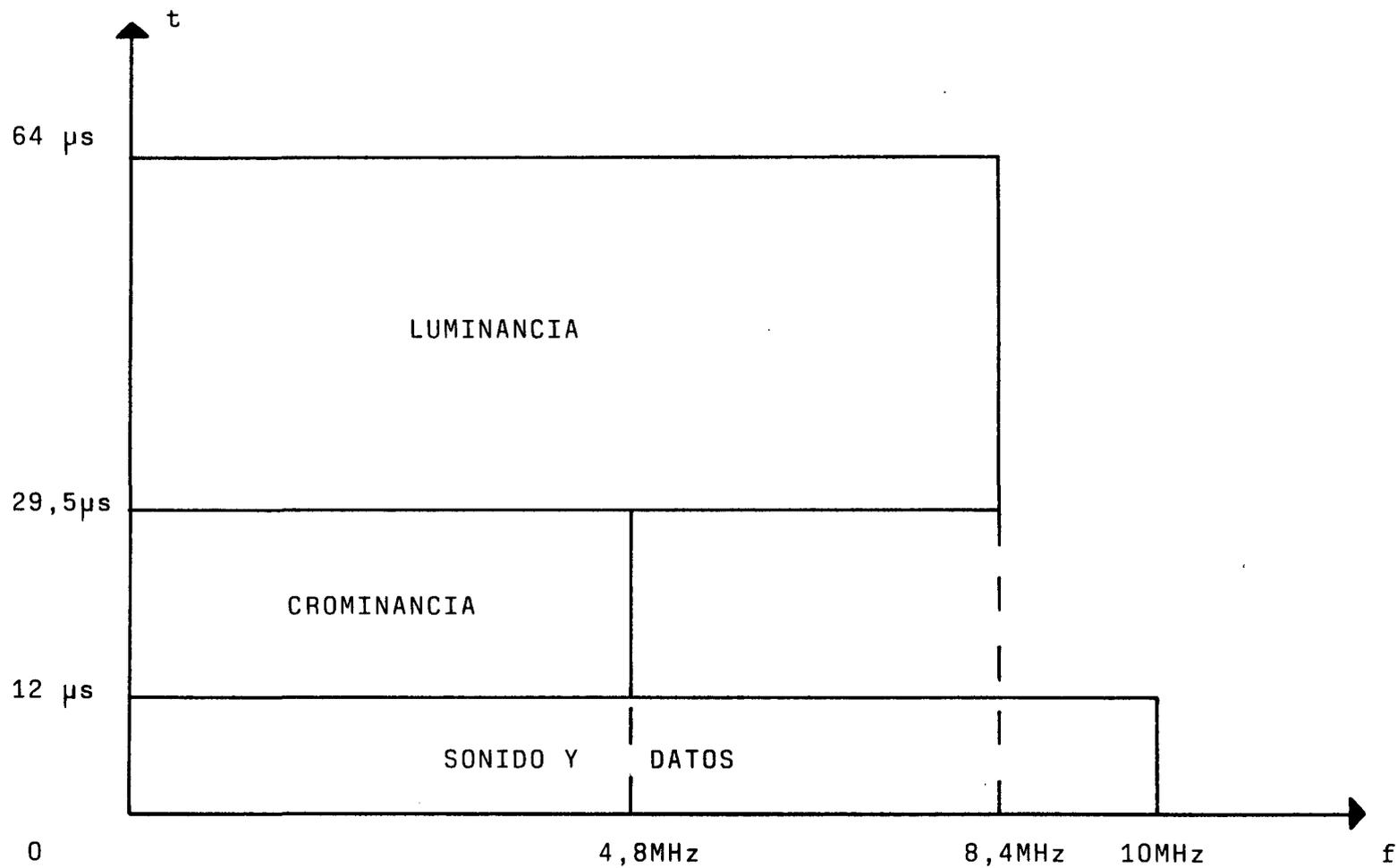


Fig. 10

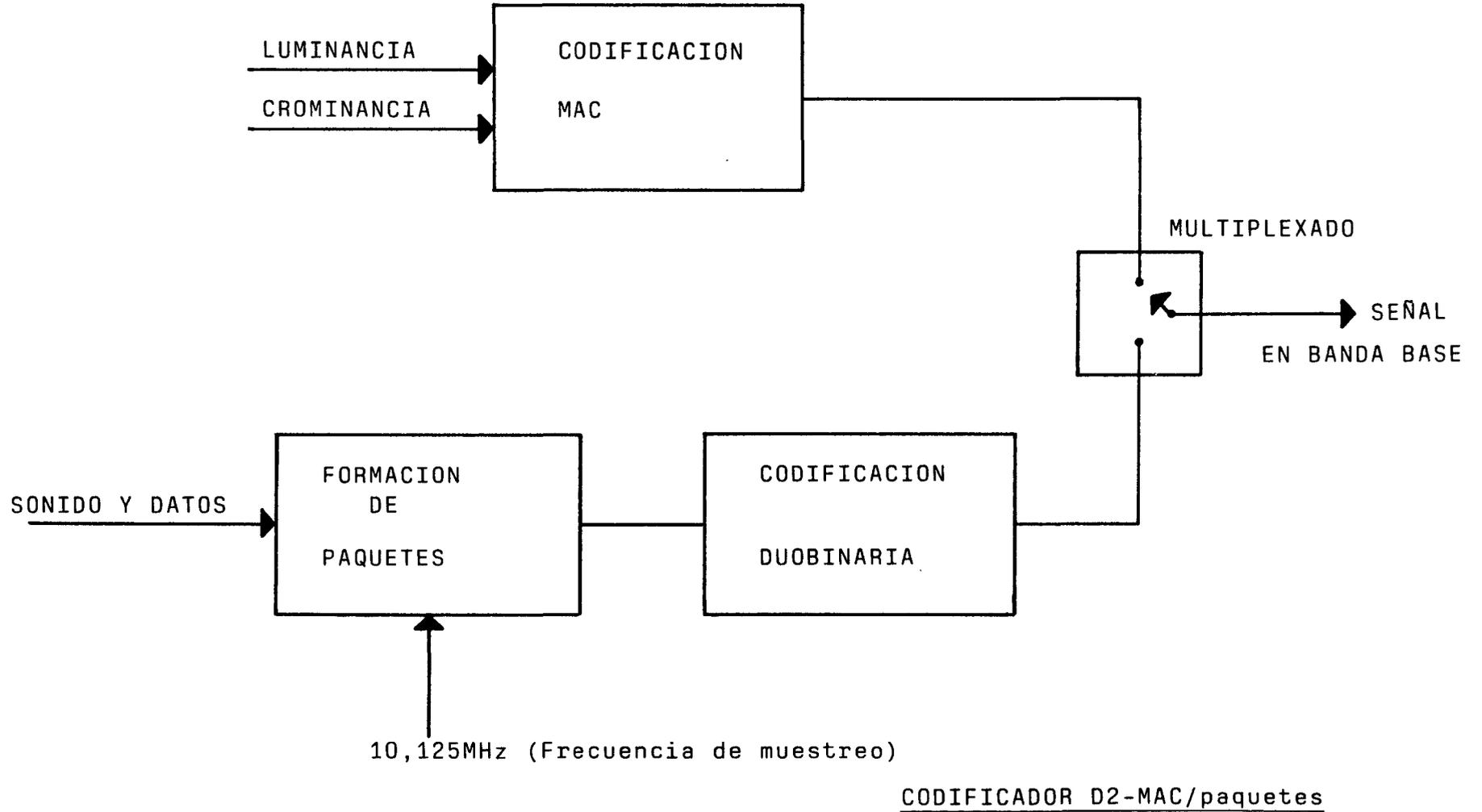


Fig. 11

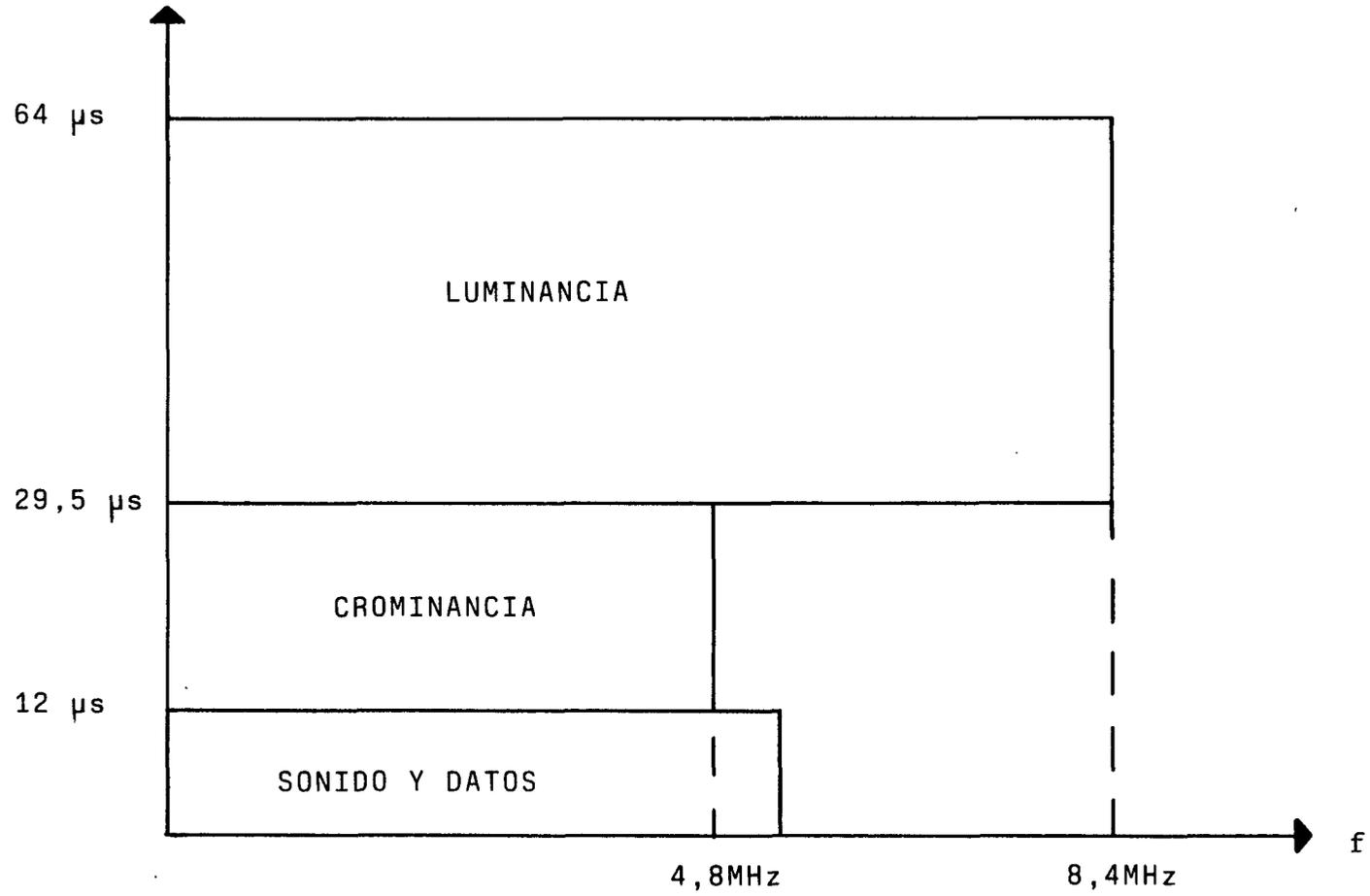
reducida a la mitad con respecto al sistema C y D. Esto va a permitir una reducción en el ancho de banda de la señal de datos y que se representa en el esquema tiempo-frecuencia de la figura 12, así como la repartición en el tiempo de las componentes de la imagen.

2.4 PROBLEMAS CON LAS REDES DE CABLE

El sistema C-MAC/paquetes ha sido el sistema propuesto y recomendado por la UER para la radiodifusión por satélite. Este sistema permite la asociación de una imagen de buena calidad y de numerosas vías sonoras, pero el no tener representación en banda base, debido al principio de multiplexado temporal en radiofrecuencia, le supone un gran impedimento en lo que respecta a su transmisión sobre las redes de cable actualmente existentes y que están en explotación.

Este inconveniente obligó a los estudiosos del tema a solucionarlo con otro sistema, que tuviese una representación en banda base y permitiera su aplicación directa a las redes de cable.

Surgió el sistema D-MAC/paquetes que tenía el principio de multiplexado temporal en banda base y con las mismas posibilidades que el C-MAC/paquetes, pero este sistema no está recomendado ni por los teledistribuidores, ni por los industriales. En el caso de los teledistribuidores, es debido a que ya tienen sus redes



Representación tiempo-frecuencia (banda base)

Fig. 12

actuales y el sistema D-MAC/paquetes necesita un ancho de banda muy superior que no lo permiten las redes tradicionales que están en funcionamiento.

Los industriales prefieren tener un solo sistema que se adapte a todos los sistemas de transmisión (satélite, redes de cable,...), teniendo así la unificación de normas que la industria necesita y poder de esta forma estandarizar sus productos, tanto profesionales, como gran público.

Esta negativa tan importante, como es la de teledistribuidores e industriales, ha llevado inmediatamente al desarrollo de un sistema utilizable para la distribución por cable y los demás soportes de transmisión. Este sistema es el D2-MAC/paquetes, que tiene como modificación más resaltante, la reducción a la mitad del flujo de datos binarios, que son los que formarán los sonidos y servicios, quedando así misma reducida la capacidad del sistema.

La UER hace actualmente una recomendación de los sistemas C-MAC/paquetes y el D2-MAC/paquetes apreciando como diferencias más notables lo que concierne a la parte digital (reducción de los servicios en el D2-MAC/paquetes) y en el modo del multiplexado empleado (banda base o en radiofrecuencia), estas diferencias condicionan su utilización.

En lo que respecta a las redes, hay que tener en

cuenta que el desarrollo de la fibra óptica y su aplicación a las redes de cable en el futuro eliminaría los problemas planteados por las redes de cable actuales. El amplio ancho de banda, que permite la fibra óptica, daría la posibilidad de utilizar un mayor ancho de banda, que el contemplado en las normas actuales.

2.5 CONCLUSIONES

Como resumen se puede decir, que han sido recomendados por la UER el sistema C-MAC/paquetes (sobre el soporte de satélite) y el D2-MAC/paquetes (para la transmisión por cable siendo compatible también con la transmisión por satélite).

El C-MAC/paquetes es el sistema que en un principio se pensó podía ser el de la norma común europea, pero debido a los problemas con las redes de cable surgió el D2-MAC/paquetes, y en la actualidad hay división de opiniones de los países que adoptan un sistema u otro. La adopción de un sistema parece que responde a que en un país se encuentren desarrolladas las redes de una forma importante o no. Los países que apuestan por el C-MAC podrían, además de estar apostando por una norma que en principio parece ser más ventajosa (debido a su mayor capacidad), estar teniendo en cuenta su mala infraestructura en cuestión de redes de cable, por lo que no les importaría el cambiar a redes de otro tipo que permitiesen el ancho de banda adecuado, como por ejemplo las redes futuras de fibra

óptica.

Los países en que las redes tienen un gran desarrollo y están siendo bastante explotadas son los que en principio apostarán por el D2-MAC/paquetes.

SISTEMA C-MAC/PAQUETES

Este sistema ha sido desarrollado con la intención de que sea utilizado para la difusión por satélite en la banda de los 12 GHz., con 625 líneas y sobre un canal de satélite de 27 MHz de ancho de banda.

En el presente capítulo se describirán las normas del sistema. Se tendrán como fundamentos del sistema, los tres puntos que a continuación se citan, y que en sí son un resumen condensado de lo que es el C-MAC/paquetes:

- la utilización de un multiplexado temporal en radiofrecuencia (tipo C), en el que la portadora sobre la que se envía la información, se encuentra modulada en frecuencia durante un cierto tiempo de la duración de la línea por las componentes analógicas de la señal de imagen y durante otro tiempo de la duración de línea se encuentra modulada digitalmente por las señales de sonidos y datos que se envían en el multiplexado,

- la señal de imagen de televisión es una señal de componentes separadas Y, U, V a las cuales se le aplica una compresión temporal y se encuentran multiplexadas en el tiempo para su emisión (se llama "Sistema MAC"),

- para la parte del multiplexado de sonido/datos se utiliza el multiplexado por paquetes.

Estos fundamentos serán más detalladamente tratados a continuación.

Hay que tener presente que para el desarrollo de la

norma de televisión se ha tomado como patrón a imitar, en cuestión de calidad, la norma digital de estudio 4:2:2, que se expuso en el capítulo anterior, por lo que encontraremos una gran similitud en algunas cuestiones relacionadas sobre todo con las frecuencias de muestreo que se utilizan en ambos casos, para las señales componentes de la imagen.

3.1 MULTIPLEXADO TEMPORAL

No se pensaba en la utilización de un canal de radiofrecuencia para una posible explotación de este por más de un servicio al mismo tiempo. Como primer cambio a esta mentalidad se tiene la introducción del teletexto, que se está emitiendo sobre las líneas de supresión de trama.

La nueva norma tiene adoptada la filosofía de utilizar un canal de radiofrecuencia para introducir en él una serie de servicios que en algunos casos no tienen nada que ver con la televisión, como puede ser por ejemplo una emisión de radio.

En el sistema C-MAC/paquetes se utiliza un multiplexado temporal en el cual se introducen señales analógicas correspondientes a la imagen y señal digital para sonido y datos, cuya asociación formará un servicio determinado.

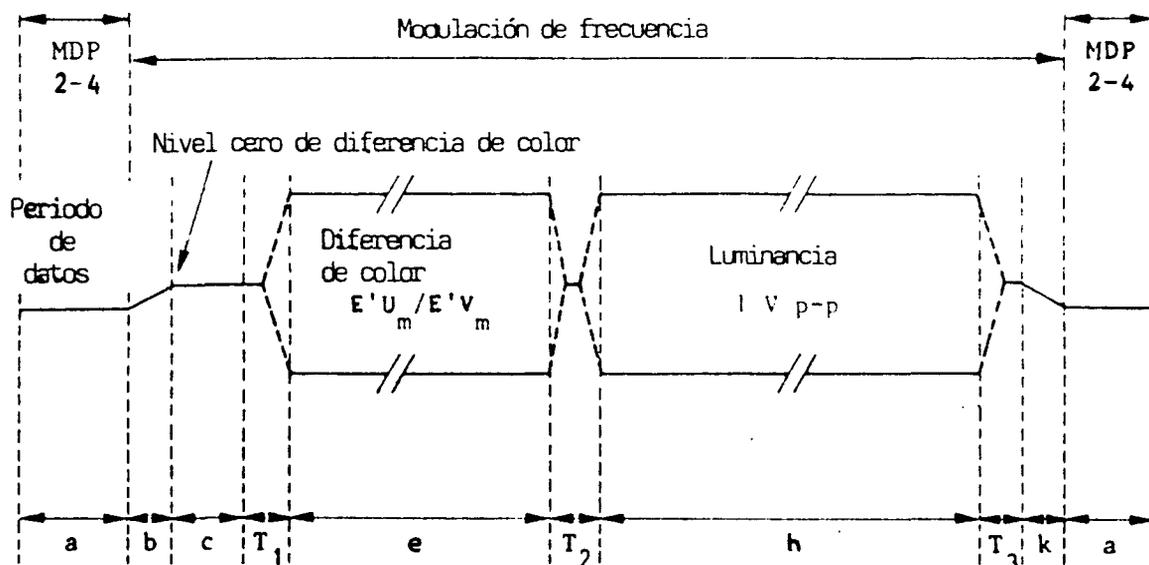
3.1.1 Estructura

En el sistema C-MAC/paquetes se transmiten por separado las componentes de la imagen (analógicas), es decir, la luminancia y las componentes de diferencia de color (sistema MAC), y las señales digitales, sonido y datos. Entre estas señales se reparten el tiempo de duración de línea de televisión.

Este multiplexado temporal (TDM) se ha elegido debido a que permite una mayor capacidad de servicios y a su mayor flexibilidad de adaptación a la cantidad de servicios que se estén emitiendo, esto quiere decir, que si no se está enviando alguna de las señales, su lugar puede ser ocupado por otras. Aquí se puede dar el caso en que no se esté enviando imagen de televisión y de esta forma todo el canal pueda ser ocupado por un flujo más elevado, que el normal para una emisión, de datos.

Cuando tenemos la emisión normal de televisión, con otros servicios, podrá describirse por la figura 13, en la que se representa una línea de barrido que tiene duración igual a la de los sistemas actuales, esto es de 64 microsegundos que si tenemos en cuenta que este sistema mantiene el formato de 625 líneas una trama tendrá una duración de 40 ms.

En la figura 13 se puede apreciar la forma en que se reparte el tiempo de una línea así como las señales que la ocupan, también existen intercalados entre señales unos



- a = 206 bits para la sincronización, el sonido y los datos
- b = 4 periodos de reloj para la transición al final de los datos
- c = 15 periodos de reloj - periodo de clamping (0.5V).
- T_1 = 10 periodos de reloj de los cuales 5 de transición ponderada hacia la señal diferencia de color.
- e = 349 periodos de reloj para la componente de diferencia de color.
- T_2 = 5 periodos de reloj para la transición ponderada de señal de diferencia a la de luminancia.
- h = 697 periodos de reloj para la componente de luminancia.
- T_3 = 6 periodos de reloj para la transición ponderada al final de la señal de luminancia.
- k = 4 periodos de reloj para la transición hacia los datos

Fig. 13: Forma de la señal de video para las emisiones normales
(no a escala)
Frecuencia de reloj : 20,25 Mhz

periodos que son de transición y permiten la sincronización y adaptación al pasar de una señal a la otra.

Sobre esta figura podemos apreciar que las señales componentes de la imagen son las que ocupan la mayor parte de la línea.

En cuanto a las componentes de diferencia de color hay que señalar que se emiten una sobre cada línea y no las dos sobre la misma como parece en la figura 13.

Las señales analógicas de la imagen sufren una compresión antes de su emisión debiéndose realizar el proceso inverso en el receptor.

La estructura está basada en una frecuencia de reloj de 20,25 MHz por dos causas fundamentales que son: por un lado que el flujo binario de los elementos digitales de la salva de datos es de $20,25 \text{ Mbits/s} \pm 2,5 \times 10^{-7}$ y este flujo está próximo al límite máximo de capacidad que permite el canal de satélite de 27 MHz. y por otro que la relación entre esta frecuencia y las frecuencias de muestreo utilizada para las señales de luminancia y de diferencia de color en la norma digital de estudio 4:2:2 (13,5 MHz. y 6,75 MHz. respectivamente) coincide con las relaciones de compresión temporal que sufriran estos elementos (adelantemos que serán 3/2 y 3/1 respectivamente) y por lo tanto hay adaptación entre ambas normas, que es algo que se perseguía al intentar realizar

una nueva norma de televisión por haber tomado la norma 4:2:2 como una de las bases a igualar en cuanto a calidad se refiere.

Esta frecuencia será la frecuencia patrón y con respecto a ella estarán referenciados todos los instantes característicos de las señales que se introducen en la emisión, como señales de datos,...

Una línea de televisión se encuentra dividida en 1296 pulsos de reloj y por un conteo se irán introduciendo en su momento adecuado las señales correspondientes al multiplexado y cada una durará un número correspondiente de ciclos de reloj, como se aprecia en la figura 13.

Para las señales se utilizarán dos formas de modulación una para la señal de video y otra para la de sonido/datos.

3.1.2 Tipo de modulación

Para la señal imagen hacemos variar la frecuencia de la portadora conforme a la información de la señal imagen, esto viene a ser una modulación en frecuencia. Se tiene que una transición de negro a blanco de la señal de luminancia lleva a un aumento de la frecuencia a la entrada del receptor.

La desviación de frecuencia, que es proporcional a la amplitud de la señal modulante, es de 13,5 MHz. por voltio

y viene a expresar la desviación de la frecuencia inicial sufrida por la portadora.

La señal de video antes de su emisión sufre una preacentuación debida a que en señales moduladas en frecuencia el ruido es de mayor nivel en las frecuencias altas, que es el rango de frecuencias donde las componentes de señal son de menor nivel. Esto hace que el efecto del ruido sea más perjudicial en el margen de las altas frecuencias que en las bajas.

También el nivel de las componentes de alta frecuencia de señal es bajo y la desviación de frecuencia que producen no es la máxima, lo que lleva a un desaprovechamiento del ancho de banda. Antes de transmitir se refuerzan las componentes de alta frecuencia mediante una red de preacentuación con la característica de transferencia representada en la figura 14.

Para las señales digitales se utiliza la modulación diferencial de fase (MDP 2-4).

En este tipo de modulación la señal digital modula a la portadora. La portadora se emite con una fase determinada que se verá alterada dependiendo de la información. Si se quiere emitir un "1" lógico la fase de la portadora sufrirá un adelanto de fase de 90 grados y si se emite un "0" lógico dicha fase sufre un atraso de 90 grados.

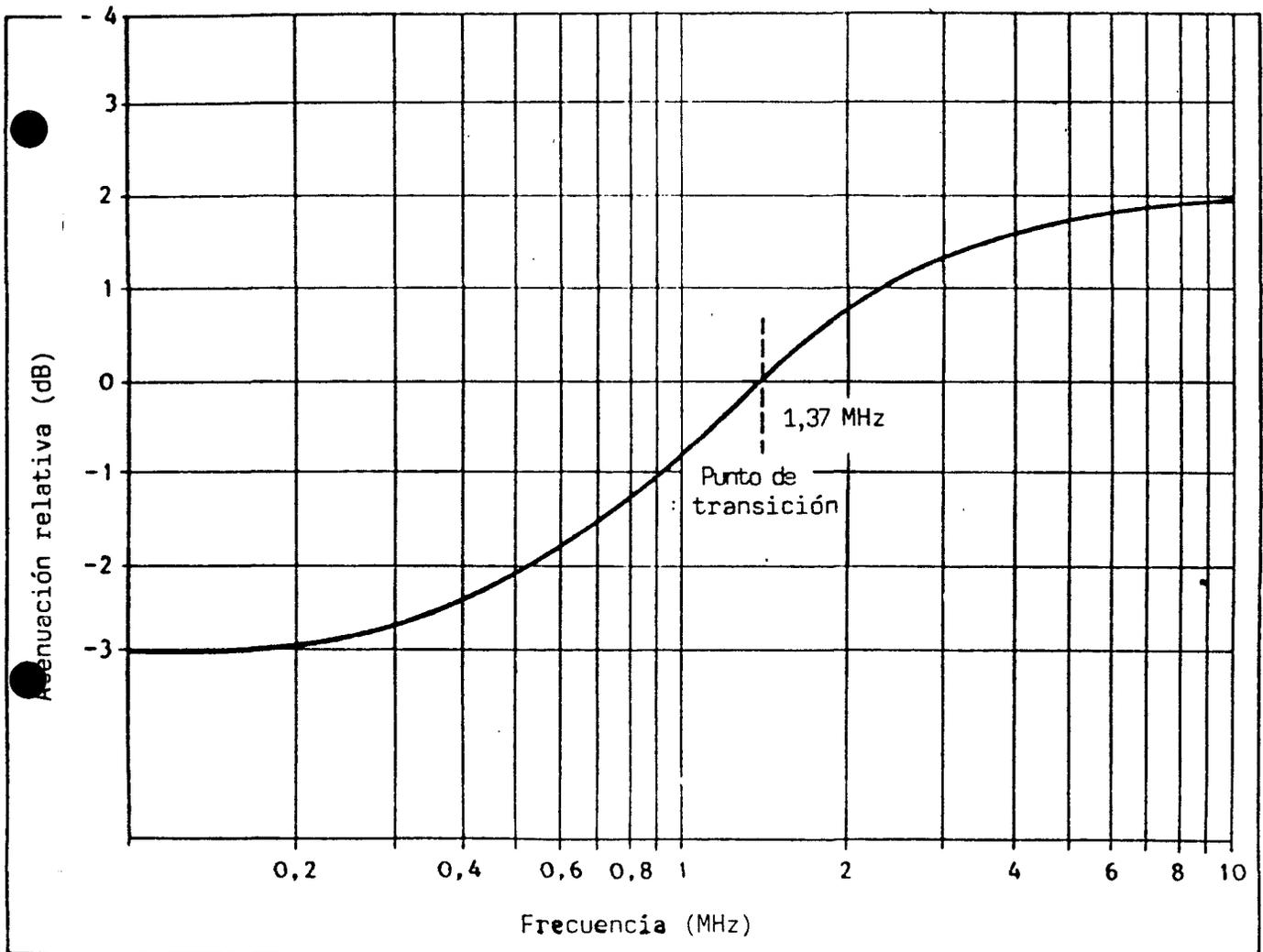


Fig. 14 : Red de preatenuación de la señal MAC

Cuando no se emite señal (sonido/datos) la fase de la portadora permanece en su estado inicial. Sobre la línea 624 se emite una muestra de dicha portadora con la fase sin alterar para permitir una referencia en la demodulación de los datos de forma correcta en el receptor.

A la señal de video se le añadirá una señal de dispersión de energía, que es una onda triangular sincronizada con la trama, de 25 Hz. de frecuencia.

El término de dispersión de energía se entiende en transmisión de datos por el nombre de aleatorización. Esta técnica persigue el evitar, como consecuencia de la modulación, el que aparezcan líneas o componentes espectrales discretas de tal nivel que puedan producir interferencias perjudiciales, a los radiocanales próximos.

En transmisiones digitales estas componentes de nivel elevado son debidas a la propagación de secuencias periódicas, por lo que antes de emitir se hace una aleatorización de los datos teniendo que realizar el proceso inverso en el receptor (ver ANEXO VI).

3.2 SENALES ANALOGICAS

Las señales analógicas contempladas en esta norma son las correspondientes a la señal de video.

Como anteriormente se ha citado, el punto de partida

sobre el que se asienta el desarrollo de la nueva norma, es la norma digital de estudio 4:2:2, en la que se utilizan componentes separadas de la imagen Y, U, V teniendo unos anchos de banda máximos para las señales de diferencia de color de unos 3 MHz y 5,6 MHz para la luminancia, que después de la compresión en el tiempo se convierte en 8,4 MHz.

Se ha desarrollado el sistema MAC para poder emitir una calidad que corresponda a las cifras anteriormente expuestas, pero en lo que se refiere a la señal de diferencia de color habrá una reducción del ancho de banda, puesto que en FM la densidad espectral de potencia es de forma parabólica, que nos viene a dar que el ruido aumente considerablemente con el ancho de banda de la señal, y esto precisamente es lo que evitamos al efectuar esta reducción. Se han hecho estudios estadísticos sobre grupos de individuos para estudiar hasta que punto influye el ruido sobre el color que recibía cada persona y finalmente se llegó a la conclusión de reducir el ancho de banda de las componentes de color a 1,6 MHz aproximadamente, que después de sufrir la compresión correspondiente en el tiempo representarán un ancho de banda de 4,8 MHz. Esto al mismo tiempo nos evita el ocupar ancho de banda del canal sin que tengamos una mejora apreciable del color y así podemos aprovechar el canal con otros servicios.

La señal de video se obtiene haciendo un barrido a

velocidad uniforme de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo, como en un barrido tradicional se hace. Al mismo tiempo debemos hacer la corrección γ sobre las tensiones de los primarios E_R, E_G, E_B a causa de la desviación que los tubos introducen y que debemos paliar aplicando la inversa $(1/\gamma)$ y obteniendo $E_R^{\prime}, E_G^{\prime}, E_B^{\prime}$ que son E'_R, E'_G y E'_B .

La imagen está formada por 625 líneas y con una relación de entrelazado de líneas de 2 a 1, es decir, se intercalan las de una trama entre las de la otra, evitando de esta forma el desvanecimiento de la imagen. Una imagen se encuentra formada por dos tramas.

Tenemos en una línea de televisión la señal de luminancia comprimida en el tiempo y una de las señales de diferencia de color, también comprimida. Se emite una de las dos señales de diferencia de color sobre cada línea.

Junto a estas señales en una línea se emiten también las señales digitales de sonido y datos, que se expondrán en el capítulo correspondiente.

Tendremos de esta forma todas las señales separadas, dándonos una mejora de calidad con respecto a los sistemas actuales, ya que por citar una mejora, se puede decir que esta codificación evita la intermodulación existente entre crominancia y luminancia en el sistema PAL.

La compresión (en el emisor) y descompresión (en el

receptor) en el tiempo se realizan muestreando la señal analógica, metiendo las muestras en memoria y haciendo una lectura en el instante deseado con una frecuencia superior o inferior. Hay que tener en cuenta que la posición de los instantes característicos de la señal emitida están dados con relación a una frecuencia de muestreo de 20,25 MHz. Esta frecuencia es la que permite un sistema de referencia apropiado para la compresión de las señales y al mismo tiempo el sistema relaciona las frecuencias de línea y de trama de televisión con dicha frecuencia por las 2 fórmulas siguientes:

$$f_h = (2/3) \times (1/864) \times f_{ck}$$

$$f_{trama} = (2/625) \times f_h$$

3.2.1 Luminancia

La señal de luminancia está emitida sobre todas las líneas, excepto las líneas 624 y 625 que son utilizadas para unas funciones que se relatarán más adelante. Si tenemos un aumento de la intensidad de luz incidente tendremos al mismo tiempo un aumento de la amplitud de la señal de luminancia. La máxima amplitud de la luminancia es de 1 V_{c-c} (medido desde el nivel de negro al de blanco). El nivel de negro corresponde a -0,5 V con respecto a un nivel de clamping.

Esta señal de luminancia sufre antes de su emisión una compresión de 3 a 2.

La tensión de la señal de luminancia está relacionada con las tensiones de los primarios por la fórmula siguiente:

$$E'_Y = 0,299 E'_R + 0,587 E'_G + 0,114 E'_B$$

3.2.2 Crominancia

La señal de diferencia de color se difunde de forma alternativa una de cada dos líneas. La señal coincide en la línea con una señal de luminancia, pero la luminancia que corresponde a la señal de color, será la de la línea siguiente a la que se encuentra esta.

La señal esta tiene una amplitud máxima de 1,0 V^{c-c} (que corresponde al 77% de saturación eléctrica o 98% de saturación en la presentación sobre la pantalla para una amplitud de 100%, la saturación nos viene a dar si un color es más fuerte o más flojo, siendo un color más saturado cuanto mayor es la amplitud de la señal de color).

Las tensiones de las señales de diferencia de color vienen dadas por las fórmulas siguientes:

$$\begin{aligned} E'_R - E'_y &= 0,701 E'_R - 0,587 E'_G - 0,114 E'_B \\ E'_B - E'_y &= -0,299 E'_R - 0,587 E'_G + 0,886 E'_B \end{aligned}$$

pero los valores que en realidad se emiten son:

$$E'_U_m = 0,733 (E'_B - E'_y)$$

$$E'V_m = 0,927 \left(\frac{E'}{R} - E' \right) y$$

La relación de compresión que se aplica a esta señal es de 3 a 1.

3.3 PAQUETES

El término paquetes viene a representar la forma en que se agrupa la información binaria para ser emitida. Esta designación es la que da el tercer nombre del sistema, "paquetes".

Un paquete no es ni más ni menos que grupos de bits, que pueden formar parte de un servicio o del sonido que se envían en el multiplexado. Para algunos paquetes se utilizará una codificación previa como, por ejemplo, para los de sonido.

3.3.1 Formación de los paquetes

Los paquetes son un grupo de bits de longitud fija formados por unos 751 bits. Dentro de este conjunto tenemos que hacer una diferencia entre la cabecera y el campo de datos en sí.

La cabecera es un grupo de bits (23 bits) dividida en otras tres partes, que realizan una función determinada en el paquete. Estas tres partes son el campo de direcciones, el índice de continuidad y el sufijo de protección que se pasan a describir a continuación.

- campo de direcciones: este es un grupo de 10 bits y tiene como finalidad servir de ayuda al receptor para que reconozca el servicio deseado o para que lo rechace si no es el que se desea teniendo en cuenta que con estos 10 bits se pueden codificar $1024 (2^{10})$ servicios (direcciones) diferentes. Cada servicio tendrá su código determinado que el receptor podrá interpretar para recuperar dicho servicio.

- índice de continuidad: es un grupo de 2 bits que tienen como misión el asegurar la unión entre paquetes que corresponden a un mismo servicio y el ser bien interpretados en el decodificador del receptor, enviando cada paquete de un servicio determinado a continuación del precedente del mismo servicio. Al mismo tiempo también permite el detectar la pérdida de algún paquete si en el decodificador no recibimos el índice de continuidad.

- sufijo de protección: está formado por 11 bits y es el grupo encargado de asegurar una protección de los grupos anteriores. Se basa en un código cíclico que permite corregir tres errores entre 23 bits, (ver ANEXO VII).

El campo de datos es en realidad el que lleva la información correspondiente al servicio que se emite (puede ser sonido), la longitud total del campo de datos significativos viene a ser de 91 octetos. La formación de un paquete se representa en la figura 15.

entrelazado, puesto que si emitimos dos bits consecutivos de forma errónea, el error será, por ejemplo sobre los bits 1 y 95 quedando de esta forma el fallo más repartido y más disimulado que si fuese sobre el bit 1 y 2 (se eliminan los errores dobles).

Para la emisión de los paquetes podemos hacer una diferenciación y que es la que corresponde a la emisión en una subtrama independiente ó en las dos subtramas. Ver estructura de la trama en el punto 3.4.

* Se pueden multiplexar los paquetes que corresponden a una determinada componente digital (servicio) en una sola de las subtramas.

En esta forma de emisión podemos asignar la misma dirección de paquete a dos servicios diferentes uno en cada una de las subtramas (digitales). De esta forma se puede hacer una transcodificación al formato D2 pudiendo recuperar todas las componentes, este tema será tratado en otro capítulo.

* Se pueden multiplexar los paquetes de un servicio en una o en las dos subtramas y si nos encontramos en este segundo caso deberán tenerse en cuenta dos cosas:

- Que la componente del servicio pueda recuperarse con una sola de las subtramas digitales.
- Que la componente del servicio no pueda recuperarse con sólo una de las subtramas digitales. En este caso paquetes que transporten la misma componente no deben ocupar la

misma dirección en las dos subtramas y deben estar en una secuencia temporal correcta en el multiplexado general para que mediante conteo se puedan ir sacando los paquetes del servicio correspondiente.

En esta forma de emisión una misma dirección de paquete puede asignarse a diferentes servicios, separados en las dos subtramas. Una dirección de paquete asignada a un servicio que se transmite en ambas subtramas no se debe asignar a ningún otro servicio. Una cualquiera de las dos subtramas se puede transcodificar al formato D2.

3.4 ESTRUCTURA DE LA TRAMA

Se representa una trama de la señal C-MAC. paquetes en la figura 16, en ella se puede apreciar el multiplexado de emisión, como se reparte el tiempo de duración de línea así como las funciones que se introducen en cada una. Hay que resaltar que no está hecha proporcionalmente, puesto que la parte analógica de la señal de imagen es la que ocupa mayor parte en una línea.

Aquí tenemos que aclarar el concepto de imagen, trama, trama digital y subtrama digital. Comencemos por decir que una trama digital está formada por las dos subtramas digitales, una trama digital corresponde a una imagen y que una imagen a su vez consta de dos tramas.

198 bits por línea para sonido y datos

Sub-trama 1 : 99 bits por línea

Sub-trama 2 : 99 bits por línea

reservado : 1 bit

línea 1

Inicio del primer paquete de la primera sub-trama

Inicio del primer paquete de la segunda sub-trama

línea 2

Continuación del primer paquete de la primera sub-trama

Continuación del primer paquete de la segunda sub-trama

Señal de imagen

Fin del paquete 82 de la primera sub-trama

Fin del paquete 82 de la segunda sub-trama

línea 623

4 bits

95 bits

4 bits

95 bits

línea 624

Sincronización de reloj
32 bits

Marcador de clamping
32 bits

Señales de referencia

línea 625

Clave de sincronización de trama
64 bits

Datos de identificación de los servicios
1193 bits

1296

7 8

39 40

64 bits

103 104

1193 bits

1296

1296

1 6 7

38 39

64 bits

102 103

1295

Clave de sincronización de línea 6 bits

bit de inicio para la demodulación; 1 bit

Número de las muestras

Número de los bits

Fig. 16: Estructura del multiplexado de emisión (no a escala)

1 imagen ----- 2 tramas
1 imagen ----- 1 trama digital
1 trama digital --- 2 subtramas digitales

En cada línea se pueden apreciar diferentes grupos de bits el primero es de 7 bits en el que se encuentra uno destinado para la demodulación y el resto para la clave de sincronización de línea. A continuación un grupo de 99 bits pertenecientes a la primera subtrama digital, seguidos de otro grupo de igual número de bits (99) que pertenecen a la segunda subtrama digital.

Estos 99 bits por línea de cada subtrama digital serán parte de un paquete, que tendrá una longitud de 751 bits. Dichos paquetes serán reconstruidos en el decodificador del receptor e interpretados para formar el servicio. En cada subtrama digital tendremos 61677 bits (623 líneas x 99 bits), que vienen a ser un total de 82 paquetes por subtrama digital (751 bits de un paquete), así al final serán 164 paquetes por trama digital (82 paquetes por subtrama x 2 subtramas) y 123354 bits. Para sonido y datos el inicio del primer paquete de datos en la primera subtrama digital corresponde al primer bit siguiente a la clave de sincronización de línea 1. El comienzo del primer paquete de datos en la segunda subtrama digital corresponde al bit 107.

En esta figura se puede apreciar lo que ya se ha comentado anteriormente de que una línea se encuentra

dividida en 1296 periodos de reloj.

En esta figura también es apreciable el multiplexado por paquetes que se hace sobre las líneas, al introducir en una misma línea datos correspondientes a paquetes que forman parte de las dos subtramas. Estas subtramas tienen un tiempo de emisión sobre la línea que es igual para las dos.

Este multiplexado por su flexibilidad permite un mayor aprovechamiento de la capacidad de transmisión, ya que en caso de no enviar señal de imagen se podría extender a toda la línea aumentando el flujo de datos binarios que se transmiten. Esto puede permitir, en horas en las que no haya servicio de televisión, dedicar la capacidad total para introducir servicios dedicados a cualquier otra cosa.

En la figura 17 se puede apreciar como el sistema está constituido por 625 líneas, numeradas desde la 1 a la 625. En este esquema vemos representadas dos imágenes designadas por imagen par e imagen impar (cada una 625 líneas), aunque es sobre la imagen par en la que se hacen las aclaraciones sobre el sistema.

Fijándonos podremos ver como la señal de video está difundida entre las líneas 24 y 310 en la primera trama (par) de la imagen y entre la 336 y 622 en la segunda trama (impar) de la imagen.

Las líneas 1 a 23 y 311 a 335 son las correspondientes

a la supresión de trama en las que únicamente se emite la salva de datos digitales, excepto en las líneas 23 y 335 en las que se emite la señal de diferencia de color y la luminancia es un negro, con el fin de permitir una referencia de nivel de negro en cada trama de televisión, la línea 623 tiene como misión el servir para la introducción de una señal test. También se introducen señales test sobre las líneas 1, 311 y 312 para que así se puedan hacer medidas y controles de la calidad de la señal emitida, ver ANEXO VII.

Las líneas 624 y 625 tienen un cometido especial.

La línea 624 contiene una serie de señales de referencia analógicas y digitales que tienen como misión el simplificar la alineación y la regulación de las señales, el permitir la autoigualación de las señales digitales y de video, que es de suma importancia cuando tenemos una vía de transmisión muy perturbada y el facilitar la adquisición de la portadora de referencia para demodular los datos de forma coherente.

En la línea 625 tenemos una salva de datos sobre toda ella. Sobre su contenido hablaremos más detalladamente al tratar la sincronización del sistema y los datos que permiten la identificación de los servicios.

Sobre la pantalla del receptor tendremos que en la imagen presente las señales de diferencia de color se presentan bajo la forma UU, VV, etc.... Esto es debido al

entrelazado aplicado a las líneas quedando su colocación espacial sobre la pantalla de la forma 24, 336, 25, 337, 26,... y sabemos que sobre las líneas pares emitimos la señal de diferencia de color V y sobre las líneas impares la señal U.

3.4.1 Sincronización

La sincronización del sistema puede ser obtenida por dos métodos independientes.

Por un lado las claves de sincronización de línea que dan a la vez la información de línea y de trama. Cada salva de datos contiene una clave de sincronización de línea de 6 bits elegida entre dos claves posibles designadas por W_1 y W_2 en la figura 17. La configuración entre los límites de tramas, de las claves de sincronización de línea W_1 y W_2 , permite una referencia para la sincronización de trama, de tal forma que si tenemos una secuencia determinada de estas claves el receptor interpreta que está recibiendo la primera trama o que ha completado la imagen.

Por otro lado tenemos las claves de sincronización de trama que dan directamente la sincronización de trama y obtenemos la sincronización de línea por conteo.

Como anteriormente dijimos la línea 625 está destinada por completo a datos y entre otros contiene una secuencia de sincronización de trama que está colocada a

continuación de la clave de sincronización de línea y que tiene una longitud de 96 bits. Para tener una referencia más a la hora de la sincronización la secuencia de sincronización de trama de 96 bits se emite en su forma normal antes de las tramas digitales pares y bajo su forma inversa antes de las tramas digitales impares. Esta clave de sincronización está formada por 32 bits, que sirven para la sincronización de reloj con el de la emisión, seguidos de 64 bits que son verdaderamente la clave de sincronización de trama.

La sincronización del sistema que se ha expuesto en este apartado es completamente digital.

3.5 SONIDO

El sonido en el nuevo sistema sufre un cambio radical, con respecto a los que actual y tradicionalmente se utilizan, ya que pasa de ser de tipo analógico a ser digital.

Se han tenido en cuenta dos cuestiones para llegar a la norma definitiva de sonido: se ha comprobado mediante experiencias que el tener un ancho de banda mayor de 15 KHz. no aporta una mejora sensible en la calidad de audición por parte del oyente, esto se puede obtener con una frecuencia de muestreo de 32 KHz.; se ha comprobado igualmente que para escuchas domésticas una codificación de 14 bits por cada muestra de sonido no interesa sobrepasarla

El sonido será igual que los datos en forma de paquetes y aquí se formarán unos bloques de codificación de sonido los cuales tendrán una longitud variable dependiendo de la ley aplicada y de la protección que se les esté dando.

Tenemos ley lineal y ley de compresión, en el primer caso las muestras son transmitidas tal como se codifican, anteriormente se ha dicho que una muestra está codificada por 14 bits.

La ley de compresión es en la que una muestra de 14 bits es reducida a un número menor de bits.

Al mismo tiempo se tienen dos niveles de protección para corregir errores y que se basan en la paridad de las muestras, el primer nivel (paridad simple) y el segundo nivel (código de Hamming), ver ANEXO VIII.

La forma de corregir los errores se hace disimulando este, al cambiar la muestra errónea por la media de las dos muestras adyacentes.

Las tres posibilidades de codificación de sonido que se expondrán a continuación se han definido teniendo en cuenta las diferentes necesidades de los radiodifusores concernientes a la calidad del sonido, su nivel de protección contra los errores y el número de vías de audio. En la tabla 5 se indica el número de vías para una señal C-MAC/paquetes.

CODIFICACION DE SONIDO	PROTECCION CONTRA LOS ERRORES	NUMERO DE VIAS MONOFONICAS DE ALTA CALIDAD EN LA SEÑAL C-MAC/paquetes normal
14/10 bits compresión casi instantánea	primer nivel (1 bit de paridad por muestra)	8
14 bits lineal	primer nivel	6
14 bits lineal	segundo nivel (código de Hamming)	4

Tabla 5 Número máximo de vías de audio de alta calidad según las opciones de codificación del sistema C-MAC/paquetes.

En el sistema D2-MAC/paquetes la capacidad de vias es reducida a la mitad.

A los bloques de sonido podemos encontrarnos en el caso de que le apliquemos una compresión a las muestras que estamos codificando. En compresión casi instantánea sólo emitiremos diez de los catorce bits que forman una muestra inicial.

En un principio tendremos bloques de 32 muestras formadas de 14 bits cada una de ellas. Para elegir los 10 bits que se tomarán de cada muestra se tendrá en cuenta la amplitud de la muestra de mayor nivel de las 32 muestras consecutivas y dependiendo de cual sea esta muestra se elegirán unos bits de un peso o de otro.

En el decodificador tendremos que saber de alguna forma cual es el peso de estos diez bits para poder hacer una interpretación correcta del sonido recibido. Esto se hace emitiendo una "clave de factor de escala", de tres bits, que indica el peso de los bits que hemos tomado en la codificación al transmitir.

Esta clave de factor de escala la emitiremos sin aumentar el flujo binario del sistema, mediante una técnica que los expertos designan por "Señalización Integrada en la Paridad" (SIP). Esta técnica aprovecha los bits de paridad que se le añaden al bloque para su protección y que son unos bits que llevan una información redundante.

Cuando se usa en la familia MAC/paquetes, cada uno de los bits de la clave del factor de escala realiza un control de "paridad" sobre cada una de las muestras si el bit (de la muestra) debe ser cero y de "imparidad" si el bit (de la muestra) debe ser un uno. En la decodificación, el bit de paridad de cada una de las muestras se calcula y después se compara con los bits de paridad transmitidos. La "paridad" o la "imparidad" del grupo se determina para extraer la información del factor de escala. Al extraer la "paridad" o "imparidad" de las muestras podremos saber cual es el factor de escala, puesto que los bits de paridad o imparidad introducidos en la codificación fueron puestos con la doble misión de proteger contra los errores y al mismo tiempo indicar el factor de escala al decodificador.

La señalización en la paridad permite realizar una vía auxiliar sin aumentar el flujo binario, aunque la probabilidad de error no detectado es ligeramente aumentada. Un error que habría sido detectado puede pasar desapercibido cuando el bit de paridad está perturbado por medio de una mala decisión en la extracción de la señal SIP.

Para la formación de los bloques de codificación hay que tener en cuenta la ley (lineal o compresión) y el nivel de protección (primero o segundo) que se le aplica a las muestras sonoras:

- ley lineal y primer nivel de protección: 120 octetos
- ley de compresión y primer nivel de protección: 90 octetos
- ley lineal y segundo nivel de protección: 90 octetos.

Para la emisión de sonido encontramos que el paquete de dichos datos es siempre inicializado por un octeto que recibe el nombre de "tipo de paquete" (PT) y que tiene por papel el indicar al decodificador de audio la naturaleza de las señales recibidas (codificación lineal o comprimida, banda pasante ancha o reducida,...). Este octeto indicará si lo que viene a continuación es un paquete de audio o un paquete de comando (interpretación), siendo el primer tipo de paquete el que corresponde a los datos de sonido y el segundo tipo a los datos que indican la configuración que debe adoptar el decodificador según haya sido codificado dicho sonido.

Al tener un bloque inicializado con el octeto PT (tipo de paquete) y seguido por las muestras de audio nos encontramos ante un bloque que se designa por "bloque de codificación de sonido" (BC).

Si lo que tenemos es un bloque inicializado por el octeto PT y seguido por los datos de interpretación (comando) tendremos lo que llamaremos "bloques de interpretación" (BI).

La configuración del octeto PT, permitirá preparar al decodificador para asegurar la sincronización entre los

servicios de audio y la señal de televisión, conmutando de una estructura de codificación a la otra.

3.5.1 Codificación del sonido

Las diferentes configuraciones del sonido se exponen a continuación.

- Codificación lineal y protección de primer nivel: tendremos 14 bits por muestra al utilizarse codificación lineal para la protección contra los errores se tendrá un bit de paridad sobre los 11 bits más significativos de cada muestra.

Se forma un bloque de codificación de 120 octetos, que contiene 64 muestras de 15 bits cada una (incluyendo el bit de paridad), si estamos emitiendo un sonido monofónico serán las 64 muestras consecutivas, pero si estamos en modo estereofónico serán (2 x 32), es decir, 32 muestras para el canal derecho y 32 para el izquierdo.

Para introducir en el multiplexado estos bloques se hará introduciendo tres bloques de 120 octetos en las zonas de datos de 4 paquetes sucesivos.

La calidad sonora es mejor que en el caso de las muestras con compresión, pero el flujo binario para una vía de sonido aumenta.

- Codificación con compresión y protección de primer nivel: se hace una reducción de los 14 bits de la muestra

a 10 bits quedando así comprimida dicha muestra. El sistema de protección está formado por un bit de paridad que cubre los 6 bits de mayor peso de manera que inicialmente la paridad sea par. Se forma un bloque de codificación de 90 octetos (de los que 16 bits no son utilizados) que contienen 64 muestras de 11 bits (incluyendo el de paridad) y también corresponden las 64 consecutivas al modo monofónico o (2 x 32) en el modo estereofónico. Este bloque cabe en un solo paquete.

En este sistema se emite un factor de escala (3 bits) con ayuda del bit de paridad, que se aplica a 32 muestras consecutivas, para avisar al decodificador de una emisión de sonido con compresión y que se disponga correctamente para descomprimir dichas muestras.

En este caso no tendremos muy buena calidad sonora, pero es el caso que ofrece la máxima capacidad de vías de sonido.

- Codificación lineal y protección de segundo nivel: en este caso se forma un bloque de codificación de 36 muestras de 19 bits cada una teniendo las 36 consecutivas en modo monofónico o (2 x 18) en modo estereofónico correspondientes a cada vía. Se forma un bloque de codificación de 90 octetos que se colocan en un solo paquete.

Con esta forma tendremos la calidad sonora más elevada y el mayor flujo binario por vía sonora.

3.6 IDENTIFICACION DE LOS SERVICIOS

Los datos de identificación de los servicios, que son incorporados en las emisiones por satélite, son los que permiten la recepción según la elección del usuario.

La multiplicidad de servicios o elementos de servicio (un servicio puede estar formado por varios elementos como imagen, sonido y datos) que pueden ser difundidos simultáneamente en el mismo canal, bien bajo la forma de elementos del multiplex TDM, bien en el multiplexado por paquetes, necesitan un sistema de identificación cuya misión consiste en ayudar al usuario a acceder rápidamente al servicio deseado, este sistema debe ofrecer:

- Una identificación fácil de obtener de los diferentes servicios disponibles.
- Un medio de configurar automáticamente el receptor para él o los servicios deseados.
- Un medio de indicar rápidamente cual es el servicio recibido.

Los datos de identificación de los servicios son repetidos a un ritmo permitiendo al sistema reaccionar de manera suficientemente rápida y fiable, este ritmo de repetición es diferente de un tipo de datos a otro.

Existen datos clasificados en primer y segundo nivel; los datos de primer nivel relacionados con la identificación de canal de satélite, su configuración técnica real, los servicios que contiene y los elementos

que lo forman.

Los datos de segundo nivel dedicados a la descripción de las funciones propias a cada uno de los servicios para permitir configurar automáticamente el decodificador, para el servicio recibido y de asegurar la continuidad de la recepción. Se hace otra distinción dependiendo de la prioridad y se debe a:

- Los tiempos de adquisición aceptable para la información.
- La protección contra los errores necesaria para la información.

Se tienen 3 categorías al aplicar estos criterios: A, B y C.

Categoría A: La información debe ser adquirida por el receptor rápidamente o con un nivel elevado de seguridad sin tener que conocer en detalle el contenido del multiplexado utilizado en el canal.

Categoría B: La información describe los servicios disponibles para ayudar al usuario en su elección.

Categoría C: Otras informaciones e informaciones no esenciales, tales como los comentarios.

3.6.1 Difusión de los datos de identificación de los servicios

Existen 3 formas de difundir los datos de

identificación de los servicios y a continuación se detallarán.

- Una vía digital compuesta de los bits de la salva de datos especial de la línea 625 que sigue la sincronización de trama.
- Una vía digital especializada en el multiplexado sonido/datos.
- La vía utilizada para el servicio en el multiplexado sonido/datos.

*Difusión en la salva de datos especial de la línea 625

La capacidad de la salva de datos especial de la línea 625 está limitada y se han de elegir cuidadosamente los datos para formar la categoría A; que serán enviados en esta línea, se insertarán en la línea:

- . información identificando el canal de satélite y el canal del programa correspondiente (el término "canal de programa" es utilizado aquí para designar el conjunto de las señales difundidas en el canal de satélite en un instante dado).
- . información describiendo la configuración del múltiplex
- . informaciones unificadas de fecha y de hora.

La estructura general de la línea 625 está presentada en la figura 18.

El primer grupo (FSD) datos de sincronización de trama

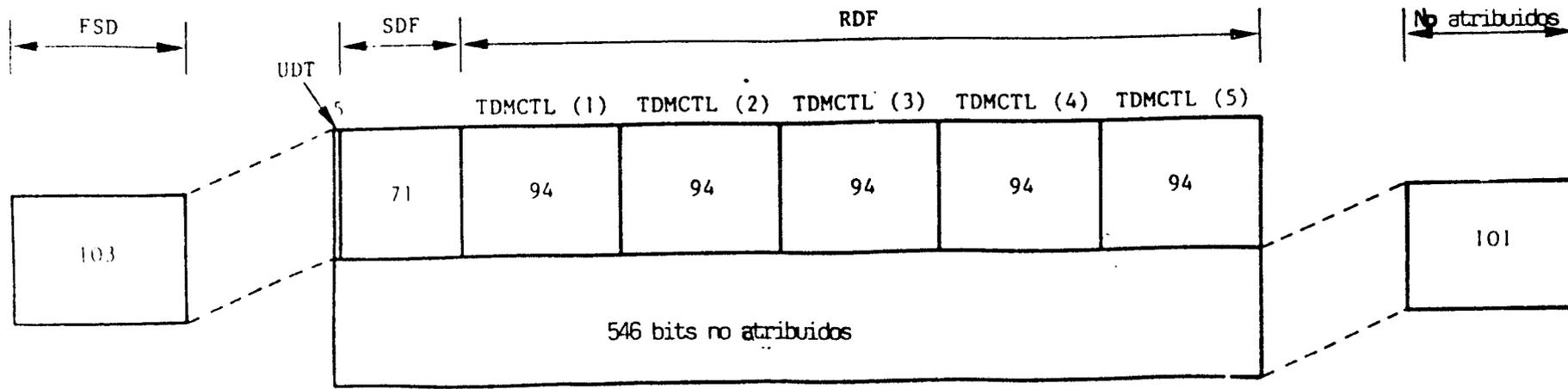


Fig. 18 : Estructura global de la línea 625

está formado por 103 bits siendo el primero el de inicio del demodulador y los 102 restantes forman una estructura fija que es inversa de una trama a la otra. El bit de inicio del demodulador y la clave de sincronización de línea (6 bits) son idénticos en todas las salvas de datos. A continuación una secuencia de sincronización de reloj de 32 bits y una clave de sincronización de trama de 64 bits.

El grupo (UDT) datos de fecha y horas unificados formado por los 5 bits siguientes contienen los datos que se modifican de una trama digital a la otra y que sobre un ciclo de 25 tramas digitales, indican la fecha y la hora unificada.

El grupo (SDF) ó trama de datos estática está formada por 71 bits. Un grupo de 16 bits forma la Identificación de canal de satélite (CHID), otros 8 bits forman la Referencia de Configuración de los Servicios (SCR) que dan el código elegido por el radiodifusor para indicar, en el canal una configuración usual de los servicios.

El grupo (MVSCG) de control de multiplexado y cifrado de video (se está contemplando la posibilidad de emitir la señal de tal forma que si no se paga previamente no se podrá recibir al no disponer de la clave de reconstrucción de la señal) formado por ocho bits trata sobre la organización física de la señal en el canal de satélite.

Un primer subgrupo (TDMC) es el de configuración de multiplexado temporal y otro (VSAM) indica si la señal MAC

es cifrada.

El grupo formado por 20 bits (CAFCNT) es de Conteo de Trama para Acceso Condicional.

Un tercer grupo que es la Trama de datos repetida (RDF) para el comando del multiplexado temporal (TDMCTL) describiendo los diferentes elementos de éste.

Está constituida de 5 bloques de 94 bits consecutivos e idénticos.

Bits no atribuidos son un grupo de 101 bits de momento aunque en el futuro con el desarrollo total del sistema tengan una función determinada.

Se muestra en la figura 19.

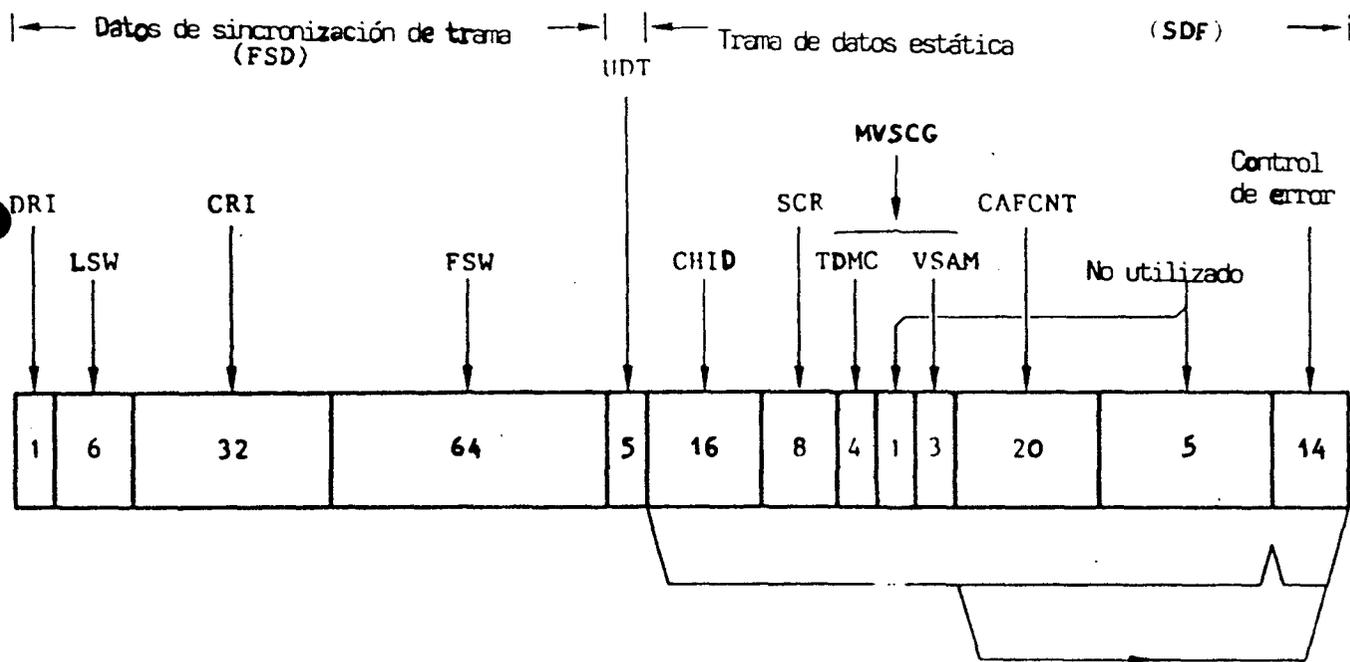
* Difusión en la vía digital especializada, en el multiplexado por paquetes

En la vía especializada, las informaciones son transmitidas en los paquetes que tienen el mismo código de dirección ("0").

En esta vía se difunden las informaciones de:

. Identificación del canal de programa y descripción de los servicios que difunde; aquí se encuentran el origen del canal de programa (NWO), nombre del canal de programa (NNAME), hora local (TIME) y una lista en el momento de la difusión de los valores índice de servicio (LISTX).

. Descripción de los servicios y de los elementos de



Los 14 últimos bits son funciones de los 57 bits precedentes

Fig.19 : Datos de sincronización de trama, fecha y hora universales, y bloque de trama de datos estática (línea 625)

Nota : Los bits no utilizados toman el valor "1"

programa; aquí están contenidas las informaciones de referencia de servicio (SREF), referencia del elemento de programa (PREF) (tipo de programa, nombre del elemento del programa, nombre del elemento de programa para el servicio).

. Descripción de los elementos de servicios; contienen los mensajes relativos al acceso (ACCM), configuración de video (VCONF), configuración de video analógico (ASCONF), información sobre los elementos digitales (DCINF).

. Informaciones diversas; éstas son tales como mensajes de puesta al día (UPDAT), descripción de la hora local (TIMD) y comentario directo (DCOM).

* Difusión en la vía digital utilizada para el servicio

La información ésta se refiere sólo a un servicio o un elemento de servicio y utiliza la misma vía digital, es decir, paquetes con la misma dirección que el servicio de que se trata. Actualmente los elementos de datos de identificación de los servicios de segundo nivel, lo mismo que sus métodos de codificación, sólo son definidos para los servicios de audio.

Las principales informaciones difundidas bajo estas formas son:

- . ancho de banda de audio (o frecuencia de muestreo)
- . sonido monofónico o estereofónico
- . codificación lineal o compresión
- . primero o segundo nivel de protección

- . música o palabra
- . informaciones diversas de actualización, de alarma, etc... .

3.6.2 Protección contra los errores

La importancia de identificar los servicios hace que se utilicen unos métodos para asegurar su correcta recepción. Se hace una repetición de los datos, que viene a ser un código cíclico con el que se consigue una redundancia de datos. Esta repetición tendrá que ser siempre hecha con relación fija a una referencia, como puede ser un código de sincronización de trama.

3.7 SISTEMA DE ACCESO CONDICIONADO

Los radiodifusores pretenden financiar el servicio de televisión por satélite sobre la base de un abono mensual o de un pago por programa visto. Esto conlleva la introducción de un procedimiento de codificación que dificulta el libre acceso a la señal de televisión.

El sistema de acceso condicional asegura que ciertos programas (o servicios de datos) no sean accesibles más que a los telespectadores que cumplen ciertas condiciones, como tener que pagar un peaje.

El sistema consiste en que un cifrador vuelve inteligible la componente, -imagen, un sonido o una señal de datos-, por medio de una secuencia de cifrado que

consiste en un número binario pseudo-aleatorio y que es perpetuamente modificado. El proceso inverso se genera en el receptor. El sistema de descifrado debe estar sincronizado con el emisor.

SISTEMA D2-MAC PAQUETES

Históricamente el C-MAC/paquetes es el primer sistema de radiodifusión por satélite europeo habiendo sido propuesto y recomendado por la UER en 1983.

Este sistema, asocia una imagen de buena calidad y numerosas vías sonoras y está destinado exclusivamente a ser soportado por el satélite debido al hecho de su principio de codificación sin representación en banda base. El C-MAC/paquetes no es por tanto utilizable para la distribución por cable, puesto que las redes coaxiales además de tener un ancho de banda inferior al empleado por el sistema C-MAC/paquetes, no permiten el trabajar a frecuencias tan elevadas.

Se ha desarrollado el D2-MAC/paquetes adaptado a la transmisión por cable y otros soportes de transmisión.

El D2-MAC/paquetes presentado durante 1984 ha sido recomendado por la UER en 1985 para las transmisiones por cable (también compatible sobre el soporte del satélite).

Las diferencias de los dos sistemas recomendados residen esencialmente en la parte digital (capacidad) y en el modo de multiplexado empleado (en banda base o en radiofrecuencia), estas diferencias condicionan su utilización.

El sistema D2-MAC/paquetes es una copia del sistema D-MAC/paquetes, sólo ha sido reducido el flujo binario de la salva digital a la mitad, lo que lleva a una pérdida

equivalente de la capacidad, dando la posibilidad de transmitir una imagen codificada MAC con cuatro sonidos de alta calidad. En la tabla 6 del capítulo 6 se hace una comparación de los sistemas C, D y D2.

Actualmente no se sabe si un sistema será normalizado a escala europea o si los dos sistemas coexistirán.

4.1 MODULACION

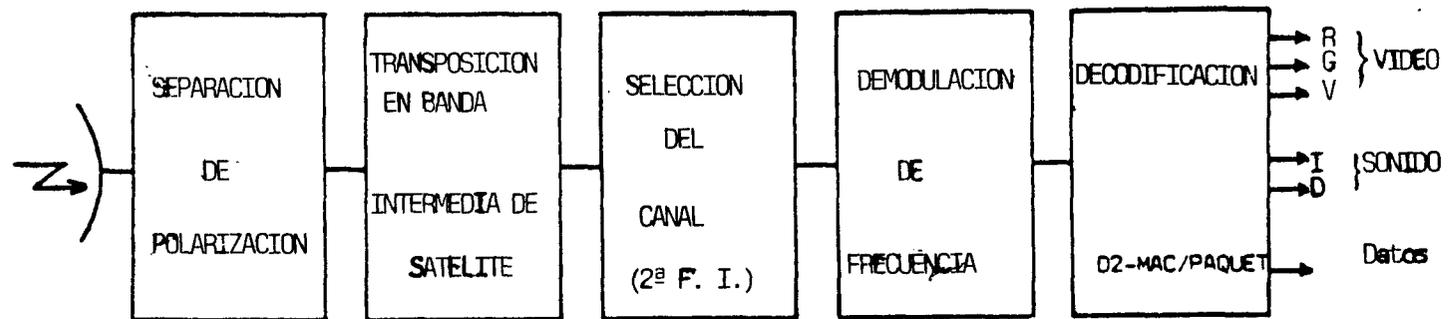
La señal D2-MAC/paquetes que ha sido desarrollada principalmente para la radiodifusión por satélite es transmitida en modulación por frecuencia (ver ANEXO X). El tratamiento de las señales recibidas se hace en cinco etapas con la estructura siguiente:

- Separación de polarización
- Transposición en Banda Intermedia del Satélite (BIS)
- Selección del canal
- Demodulación de frecuencia
- Decodificación D2-MAC/paquetes.

La separación de polarización y la transposición de la frecuencia se debe hacer directamente en el foco de la antena.

El decodificador D2-MAC/paquete, que da las señales RGB y de audio del receptor de televisión, se halla en cada receptor particular (ver figura 20).

La señal D2-MAC/paquetes en banda base comprende una



Recepción satélite D2 - MAC/PAQUETE

Fig. 20

parte analógica (MAC) de amplitudes 1 voltio de cresta para la luminancia y 1,3 voltios para la crominancia al 100% de saturación de los colores a 1 voltio, y una parte digital.

Esta última está constituida por una salva de flujo instantáneo igual a 10,125 Mbits/s. con codificación duobinaria.

Esta señal en conjunto modula en frecuencia una portadora. No hay tratamiento separado de las señales analógicas y digitales en el equipo de modulación.

4.2 ESTRUCTURA DE LA LINEA EN BANDA BASE

La luminancia y las dos señales de diferencia de color son comprimidas en el tiempo. De esta forma cada línea contiene:

- La señal de luminancia comprimida
- una de las dos señales de diferencia de color comprimida
- un multiplexado de las señales de audio digitales y de los datos.

A la frecuencia de 20,25 MHz. hay 1296 periodos de reloj por línea.

4.3 ESTRUCTURA DE LA TRAMA D2-MAC/PAQUETES

4.3.1 Parte de imagen

La trama digital contiene 625 líneas.

- Las líneas 1-311-312-313-623 son reservadas para la introducción de señales test (ANEXO VIII).
- Las líneas 2 a 22 y 314 a 334 son las líneas de supresión. Pueden ser utilizadas para la transmisión de teletexto.
- Entre las líneas 23 a 310 y 335 a 622 son transmitidas las componentes de la imagen, la componente de diferencia de color será transmitida con un decalaje de una línea con respecto a la luminancia correspondiente.
- La parte de video de la línea 624 comprende señales de referencia analógicas y digitales.
- La línea 625 está reservada a la sincronización de trama, a la transmisión de informaciones sobre el canal RF, y a la configuración del multiplexado TDM y a la identificación de los servicios que se detallarán en el apartado correspondiente.

4.3.2 Parte de sonido y datos

El multiplexado sonido/datos ocupa 623 salvas de datos por imagen quedando una salva libre para introducir un nivel de clamping (línea 624) y otra salva libre para la clave de sincronización de trama (línea 625).

Los sonidos y los datos son difundidos por paquetes. El inicio del primer paquete de la trama digital corresponde al primer bit que sigue la clave de sincronización de la línea 1. El emplazamiento de los paquetes siguientes será deducido por conteo.

La capacidad del multiplexado D2 es de 99 bits por línea, se transmiten por lo tanto 82 paquetes enteros por trama digital, siendo 2050 paquetes por segundo, puesto que una trama digital dura 40 ms. . Aquí hay que diferenciar con respecto al C-MAC lo siguiente:

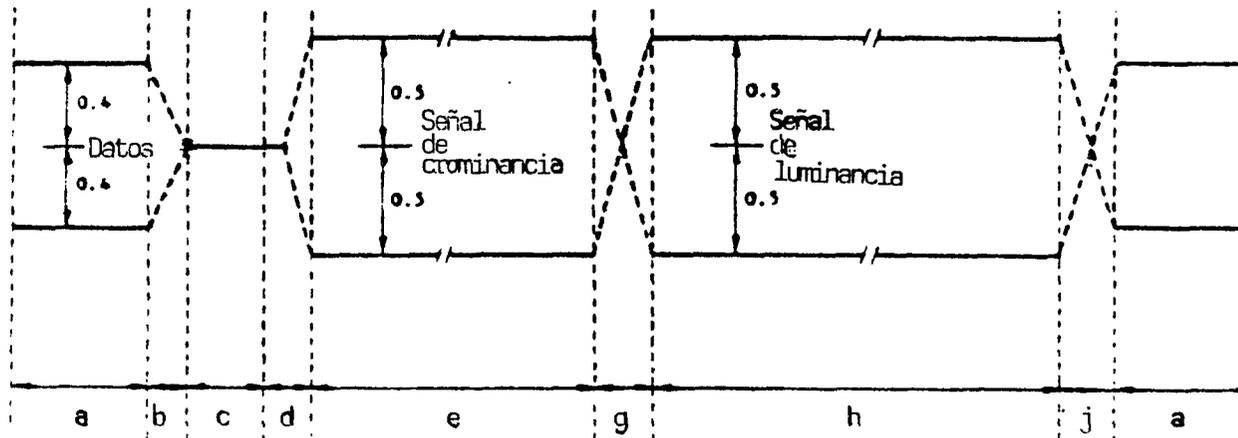
1 imagen ----- 2 tramas
1 imagen ----- 1 trama digital
1 trama digital ---- 1 subtrama digital

4.4 MULTIPLEXADO IMAGEN/SONIDO-DATOS

La figura 21 muestra la estructura del multiplexado sobre una línea.

El multiplexado imagen/datos se obtiene por adición de la señal imagen y de la señal de datos duobinarios codificados previamente antes de multiplexarlos.

La señal de imagen tiene una componente de luminancia y dos componentes de diferencia de color comprimidas en el tiempo y difundidas secuencialmente por multiplexado temporal. La luminancia es emitida sobre todas las líneas y las componentes de crominancia alternativamente una



Estructura del multiplexado.

Fig. 21

línea de cada dos.

4.5 SEÑAL DE IMAGEN

4.5.1 Características generales de la señal

El número de líneas por trama digital es de 625 con una relación de entrelazado de 2:1 y con un formato de 4/3, es decir, proporción ancho-alto de la imagen.

La componente de luminancia está relacionada con los primarios por la siguiente expresión:

$$Y = 0,299R + 0,587G + 0,114B$$

Las componentes de crominancia se relacionan por las expresiones siguientes:

$$C_R = 0,927 (R-Y) \quad ; \quad C_B = 0,733 (B-Y)$$

La señal transmitida está limitada a 1 V. . Esto permite aumentar la dinámica de las señales de crominancia que son afectadas por el ruido.

Las señales de crominancia son emitidas sucesivamente y coinciden espacialmente sobre el receptor con la señal de luminancia de la misma línea, pero son difundidas en la línea precedente a la luminancia correspondiente. C_R es transmitida sobre las líneas pares y C_B es transmitida sobre las líneas impares.

Un periodo, de duración 750 nanosegundos, de clamping

está sobre todas las líneas excepto la 625.

Para la sincronización de línea cada salva contiene una clave de sincronización de línea de 6 bits.

La línea 625 contiene una clave de sincronización de trama que está formada de una clave de sincronización de reloj de 32 bits y de una clave de sincronización de trama de 64 bits.

Esta secuencia es transmitida en su forma normal o inversa siguiendo las tramas.

La parte de la línea 624 comprende las señales de referencia que permiten la igualación y restauración de señales recibidas de forma defectuosa.

4.5.2 Codificación de la señal

El codificador MAC recibe las señales RGB analógicas o las señales digitales 4-2-2 y elabora la señal MAC, es decir, la crominancia comprimida en una relación 3/1, y la luminancia comprimida en una relación de 3/2.

Las señales RGB son transformadas para dar Y, C_R, C_B.

Y será limitada a 5,6 MHz. y C_R y C_B son limitadas a 1,6 MHz. .

Las señales son digitalizadas sobre 8 bits con una frecuencia de muestreo para la luminancia de 13,5 MHz. y para la crominancia igual a 6,75 MHz.

La señal de luminancia está retardada 64 microsegundos con relación a la señal de crominancia.

Es puesta en memoria con un reloj de 13,5 MHz. y será sacada 64 microsegundos más tarde con el mismo reloj.

Se hace así con el fin de reducir el volumen de memoria de los receptores.

Las señales Y, C_R, C_B son comprimidas en el tiempo. Las muestras correspondientes a la luminancia son memorizadas a la frecuencia de 13,5 MHz. y son leídas a la frecuencia de 20,25 MHz. lo que corresponde a una relación de compresión de 3/2. El tiempo de ocupación de la luminancia es reducido a 34,5 microsegundos.

Las muestras de crominancia son memorizadas a la frecuencia de 6,75 MHz. y son leídas a la frecuencia de 20,25 MHz. que corresponde a una proporción de compresión de 3/1. El tiempo de ocupación de la crominancia es de 17,5 microsegundos.

La frecuencia de 20,25 MHz. es la frecuencia de codificación MAC.

Un conmutador realiza el multiplexaje entre las señales de crominancia y de luminancia sobre 8 bits paralelos.

A la salida de un codificador MAC tendremos las señales siguientes:

- la imagen durante 52 microsegundos sobre 8 bits paralelos
- una señal de sincronización de trama
- una señal de paridad de imagen; el sistema D2-MAC/paquetes presenta una secuencia de 2 imágenes o 2 tramas digitales definidas por la organización de las claves de sincronización de línea
- un reloj de 20,25 MHz.

Después de realizarse esta compresión las señales de imagen sufren una conversión digital-analógica antes de ser emitidas.

4.6 SEÑAL DE DATOS

El flujo binario instantáneo de la salva de datos es de $10,125 \text{ Mbit/s} \pm 2,5 \cdot 10^{-7}$. Cada salva de datos tiene un total de 105 bits. Seis bits constituyen la clave de sincronización de línea. Los 99 restantes son utilizados para la transmisión de los sonidos y de los datos organizados en paquetes de 751 bits. La señal de datos sufre una reducción a la mitad de su capacidad, por lo que en este sistema se emite únicamente una de las subtramas digitales del sistema C-MAC/paquetes, con la consiguiente reducción a la mitad de los servicios con respecto a este.

4.7 SONIDO

La señal de audiofrecuencia es muestreada con una frecuencia de 32 KHz.. Se tiene por consiguiente una banda pasante de 15 KHz.

Sin embargo si se está conforme con una banda pasante de 7 KHz. se puede elegir una frecuencia de muestreo de 16 KHz. para las vías sonoras monofónicas.

4.7.1 Codificación

Al igual que en el sistema C-MAC/paquetes el sonido tendrá varias formas de ser codificado y que se exponen a continuación.

- Codificación lineal: las muestras son cuantificadas sobre 14 bits en complemento a dos .
- Compresión casi instantánea: teniendo en cuenta las características estadísticas de la señal y de las propiedades de la percepción auditiva, se puede reducir el número de bits transmitidos a 10 por compresión casi instantánea. La longitud de un bloque de codificación será de 1 milisegundo (32 muestras consecutivas).

4.7.2 Protección

Según los riesgos de error (cobertura nacional o internacional) se elige entre dos niveles de protección.

- Protección de primer nivel: Se añade a cada muestra transmitida un bit de paridad (paridad calculada sobre los 11 bits de mayor peso en codificación lineal o sobre los 6 bits de mayor peso en codificación comprimida).
- Protección de segundo nivel: Se añade a cada muestra transmitida un sufijo de 5 bits según un código de Hamming calculado sobre los 11 bits de mayor peso (codificación lineal) ó los 6 bits de mayor peso (codificación comprimida).

Este tipo de protección permite corregir un error y el detectar los errores múltiples.

4.7.3 Bloques de codificación (BC)

Según el tipo de codificación y el nivel de protección elegidos se obtienen cuatro estructuras diferentes:

- Codificación lineal y primer nivel de protección: un bloque de codificación corresponde a 2 X 32 muestras estereofónicas (1 milisegundo con frecuencia de muestreo $F = 32 \text{ KHz.}$) ó 64 muestras monofónicas. Una muestra m corresponde a 15 bits y un bloque de codificación 120 octetos.
- Codificación lineal y segundo nivel de protección: un bloque de codificación corresponde 2 X 18 muestras estereofónicas ó 36 muestras monofónicas. Cada muestra corresponde a 19 bits y un bloque de codificación 90 octetos.

- Codificación a compresión y primer nivel de protección:
un bloque de codificación corresponde a 2 X 32 muestras estereofónicas (1 milisegundo con $F = 32$ KHz.) ó 64^m muestras monofónicas. Cada muestra está compuesta por 11 bits y un bloque de codificación de 90 octetos.

- Codificación a compresión y segundo nivel de protección:
un bloque de codificación corresponde a 2 X 32 muestras en modo estereofónico (1 milisegundo con $F = 32$ KHz.) ó 64^m muestras monofónicas. Cada muestra corresponde a 15 bits y un bloque de codificación de 120 octetos.

4.7.4 Bloques de Interpretación (BI)

Además del valor de las muestras y de los factores de escala (transmitidos en los bloques de codificación) se transmitirán de vez en cuando (más o menos 3 veces por segundo) para cada vía sonora los bloques de interpretación que permitirán señalar al decodificador la configuración de las informaciones sonoras (por ejemplo: sonido estereofónico, 40-15 MHz., codificación lineal, segundo nivel de protección, mezcla previa, acceso libre, etc, ...).

4.8 ESTRUCTURA DE LOS PAQUETES

Todos los paquetes tienen una longitud de 751 bits de los cuales 23 bits de la cabecera y 728 del campo de datos.

La cabecera está constituida de 3 partes: una dirección de 10 bits asociada a cada una de las componentes digitales emitidas un índice de continuidad de 2 bits que permite detectar pérdidas de paquetes y un sufijo de protección de 11 bits. Entre las 1024 direcciones posibles hay dos direcciones especiales la dirección "0" que corresponde al sistema de identificación de los servicios (vía "0") y la dirección "1023" pertenece a los paquetes de relleno insertados para completar el multiplexado. El campo de datos (728 bits siendo 91 octetos) está constituido de un octeto de "tipo de paquete" (PT) y de 90 octetos útiles.

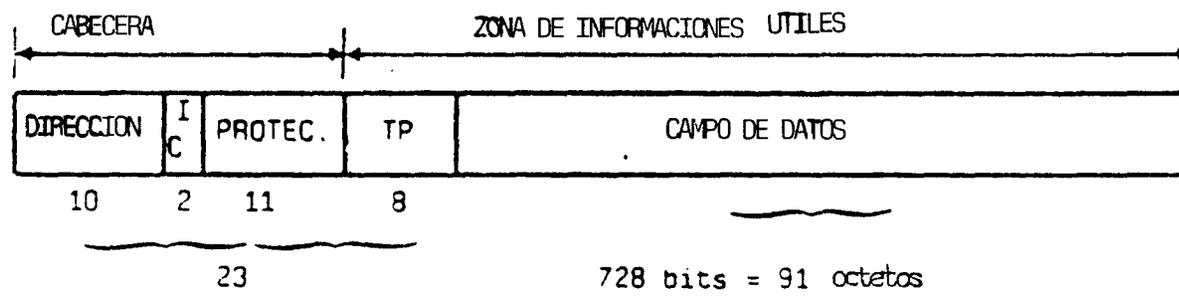
4.8.1 Inserción de los bloques de codificación de sonido en la estructura de paquetes

El octeto PT permite distinguir si los 90 octetos siguientes contienen los bloques de codificación (BC) o los bloques de interpretación (BI).

En la figura 22 se muestra la estructura de un paquete de sonido.

Para los bloques de codificación de 90 octetos el bloque de codificación corresponde directamente a la parte útil de un paquete.

Para los bloques de codificación de 120 octetos las informaciones de 3 bloques de codificación son repartidas sobre 4 paquetes. El índice de continuidad "00" es



Estructura de un paquete de sonido

Fig. 22

atribuido al paquete para el cual el primer octeto útil corresponde a un principio de bloque de codificación.

Se muestra en la figura 23.

4.9 SISTEMAS DE IDENTIFICACION DE LOS SERVICIOS

Los datos de identificación de los servicios que son incorporados en las emisiones por satélite son definidos como "aquellos que facilitan la recepción según la elección del usuario".

Estos datos juegan un papel esencial para el acceso de el usuario a los diversos servicios (video-sonido-datos) que pueden estar en el mismo canal.

Este sistema de identificación de los servicios tiene que ofrecer:

- Una indicación fácil de obtener, de los diferentes servicios disponibles.
- Un medio de configurar automáticamente el receptor para los servicios deseados.
- Un medio de indicar rápidamente cual es el servicio recibido.

Los datos de identificación de los servicios son enviados de tres formas diferentes atendiendo su prioridad de utilización:

* Una vía digital compuesta de los bits de la salva de datos especial de la línea 625 que sigue la sincronización

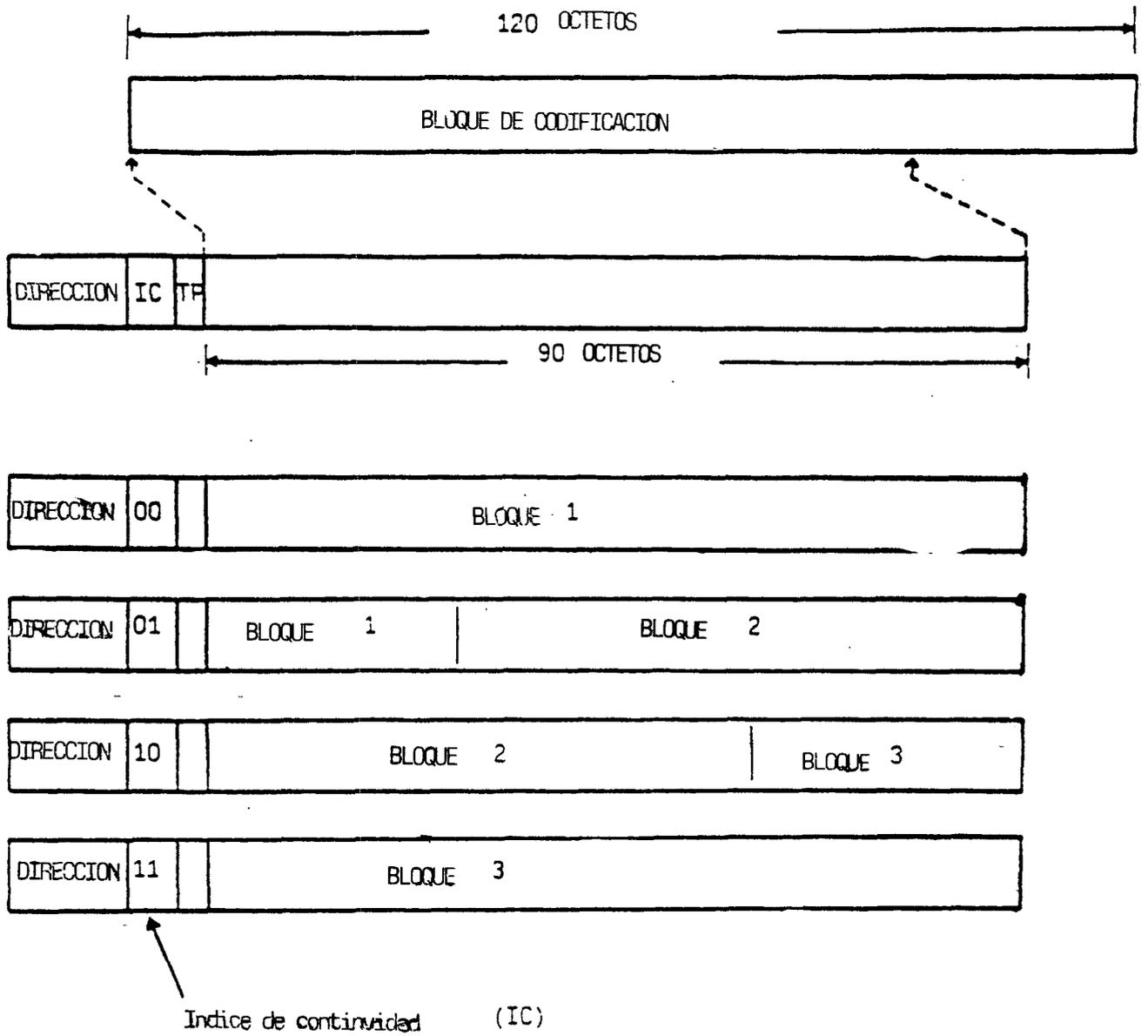


Fig. 23

de trama.

Esta vía permite:

. Identificar el canal de satélite y el canal de programa.

. Describe la configuración TDM.

. Adquirir al receptor una configuración base.

* Una vía digital especializada en el multiplexado sonido/datos (vía "0"). Esta vía permite identificar el canal de programa y describe los servicios y los elementos de servicio que difunde.

* Una vía utilizada por el servicio mismo en el multiplexado sonido/datos (Bloque de Interpretación: BI).

Esta vía describe la configuración técnica de los elementos de servicio para los decodificadores de sonido y teletexto.

4.9.1 Estructura de la línea 625

Existe una porción para los datos de sincronización de trama (FSD), de 102 bits que constituyen una estructura fija que es inversa de una trama a la otra.

Una porción para la fecha y la hora unificada (UDT), 5 bits.

Un bloque de datos para la trama de datos estática (SDF), este contiene un bloque de datos de 57 bits

seguidos de un grupo de protección contra los errores de 14 bits. Aquí están contenidas las informaciones del canal de satélite, de la estructura del multiplexado temporal y de las informaciones destinadas a la utilización de los decodificadores de sonido e imagen.

5 bloques de datos para las tramas de datos repetidos (RDF), formada por 5 bloques de 94 bits consecutivos e idénticos. Cada bloque contiene un campo de 80 bits seguido de un grupo de control de error de 14 bits.

Se muestra en la figura 24 la forma en que está constituida la línea 625.

4.9.2 Estructura de la vía especializada

En esta vía especializada las informaciones son transmitidas en los paquetes con la misma codificación de dirección "0" (vía "0"). Estos paquetes son introducidos en el multiplexado sonido/datos. Tres tipos de información son insertadas:

- Identificación del canal de programa (red) e identificación de los servicios ofrecidos sobre esta red.
- Descripción de los servicios y de los tipos de programas.
- Descripción de los elementos de servicios.

4.9.3 Estructura de los bloques de interpretación (BI)

Los datos de identificación son introducidos en los

FSD 102	U D T 5	SDF 71	RDF 5 x 94
------------	------------------	-----------	---------------

Estructura de la línea 625

Fig. 24

bloques de interpretación. Actualmente, sólo los datos relativos a el comando automático de la configuración del decodificador son especificados, que son necesarios para las funciones siguientes:

- Activación, permitiendo al decodificador configurarse para producir la señal de audio deseada para el servicio seleccionado.

- Preparan al decodificador a los cambios de características de la fuente de audio durante la difusión.

TRANSCODIFICACION ENTRE LOS SISTEMAS C Y D2

En algunas ocasiones es necesario pasar del sistema C a D2-MAC/paquetes si queremos introducir la señal sobre canales de cable de un ancho de banda inferior al permitido por el satélite o simplemente el pasar una emisión de un país que lo hace en sistema C-MAC/paquetes a otro en sistema C-MAC/paquetes. Para realizar esta transcodificación realizaremos una serie de pasos que se enumeran a continuación.

TRANSCODIFICACION ENTRE LOS SISTEMAS C Y D2-MAC/PAQUETES

Se realizan las operaciones siguientes:

- Demodulación de la señal de datos MDP 2-4 y de la señal de video en FM.
- Desacentuación de la señal de video.
- Eliminación de la señal de dispersión de energía en la señal de video.
- Desmezclar los datos de tipo C.
- Filtrado de la señal de video. Se limitará el ancho de banda de la señal de video para evitar que contenga las componentes de alto nivel que podrían perturbar el canal adyacente superior del cable. Este filtrado se puede realizar ya sea en banda base ya sea sobre la señal modulada en amplitud.
- Elección de una de las dos subtramas de sonido/datos y

dilatación temporal de la que ha sido elegida.

- Extensión de los bits FSD de la línea 625 y extracción de los bits de datos útiles entre los bits entrelazados del resto de la línea.

- Modificación de la información de ciertas tramas de datos repetidos (RDF) emitidos sobre la línea 625. En la señal C, ciertos RDF describirán la subtrama que pasará al sistema D2 y otros la que será suprimida. Los códigos TDMS de los RDF de la señal D2 que describen la subtrama pasada al D2, serán modificados para indicar la nueva extensión de la subtrama de datos.

- Codificación duobinaria y filtraje de la señal de datos.

- Inserción sobre la línea 624 del marcador de clamping que conviene al sistema D2.

- Reinserción de la señal de datos en el instante conveniente respecto a la señal de video. Si los datos, que incluyen las informaciones de sincronización no son bien posicionados con relación a la señal de video, las componentes de luminancia y de diferencia de color aparecerán decaladas sobre la imagen.

- Inserción en el nivel y en el instante deseado de las señales de referencia necesarias que no son emitidas en el sistema C.

- Remodulación de la señal en MA/BLR.

De esta forma se pueden aprovechar la mitad de los servicios digitales que lleva el sistema C-MAC/paquetes, lo que se puede aprovechar es en realidad una subtrama digital de las dos que contiene una trama digital del sistema C-MAC/paquetes.

COMPARACION ENTRE EL SISTEMA C Y D2

6.1 VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LOS SISTEMAS MAC

Los sistemas MAC tienen como principal ventaja con respecto a los sistemas utilizados tradicionalmente, el que hacen desaparecer las intermodulaciones que existen entre la luminancia y la crominancia o las intermodulaciones entre las dos componentes de crominancia, esto es posible gracias a la utilización que hacen del multiplexado temporal de las componentes sobre la duración de la línea de televisión.

La codificación digital que se hace de los sonidos y datos da una mejora en cuanto a la calidad puesto que se pueden hacer combinaciones diferentes como tener vías de sonido estereofónico, enviar comentarios por separado, varios idiomas sobre una imagen,... y al mismo tiempo se tiene una mayor cantidad de servicios entre los que se pueden encontrar algunos independientes del servicio de televisión, como puede ser el teletexto, una vía de radio,...

La flexibilidad del multiplexado temporal, debida a la posible modificación del tiempo de duración de cada componente, permitirá una posible variación en cuanto al formato de presentación sobre la pantalla del receptor.

El multiplexado por paquetes que se utiliza para los servicios hace que no se aumente de forma exagerada el flujo binario, aunque tengamos varias vías digitales para sonido y otros servicios que se introducen en dicho

multiplexado.

El principal inconveniente que puede apreciarse es el de la incompatibilidad con los receptores actuales debido al cambio radical en cuanto al principio utilizado para la nueva norma de televisión, que se ha intentado solucionar, con la introducción de un adaptador entre la señal y el receptor actual, para que en un principio se puedan seguir aprovechando los receptores actuales sin que por parte de la sociedad se produzca un rechazo al cambio, al suponer un coste económico al telespectador.

Este problema es uno de los que ha planteado bastantes discusiones sobre todo entre los industriales y los estudiosos de la norma ya que la utilización de unas normas diferentes traerían problemas a la industria de los receptores, al no permitir un mayor mercado para comercializar un producto que se podría utilizar en cualquier lugar al existir la norma común.

Al mismo tiempo dicha unificación, permitiría a la industria una producción universal de aparatos profesionales con el consiguiente cambio de material entre diferentes países o entidades de televisión diferentes.

La gran mejora técnica de calidad introducida por la familia MAC debería de verse acompañada de la adopción de una sola de las componentes de dicha familia, con el fin de tener un mismo medio de trabajo y de calidad para todos y así permitir eliminar los inconvenientes que aquí se han

citado anteriormente.

6.2 DIFERENCIAS ENTRE LOS SISTEMAS C-MAC/PAQUETES Y EL D2-MAC/PAQUETES

Una de las diferencias entre estos dos sistemas es el multiplexado temporal utilizado, puesto que para el sistema C-MAC se utiliza un multiplexado temporal en radiofrecuencia y para el sistema D2-MAC el multiplexado temporal para las componentes es en banda base. Esto da al mismo tiempo una de las limitaciones del sistema C-MAC con respecto al D2-MAC y es la utilización sobre las redes de cable actuales. Las redes en la actualidad el ancho de banda que permiten es reducido presentando un gran inconveniente para la transmisión de un número elevado de servicios.

La diferencia, que es precisamente debida a este ancho de banda reducido, es la cantidad de servicios que permite cada sistema, ya que el sistema D2-MAC sufre una reducción en el ancho de banda destinado a la parte de datos digitales para poder introducir la señal sobre las redes de cable actualmente en funcionamiento. Esta es una de las ventajas del sistema D2 con respecto al C-MAC, pero que por otro lado supone una reducción en cuanto a vías sonoras se refiere, puesto que el sistema C-MAC/paquetes puede transmitir 8 vías sonoras, mientras que el D2-MAC/paquetes sólo permite 4.

En el sistema D2-MAC/paquetes sólo tendremos una subtrama digital para enviar los datos de sonido y datos a diferencia del C-MAC/paquetes que tiene una capacidad para dos subtramas digitales, permitiendo un mayor flujo binario para los servicios y que lleva a un mayor número de servicios posibles, como hemos dicho anteriormente, en el sistema C-MAC.

Una característica diferenciadora de los dos sistemas es en la forma que se modula la señal.

En el sistema C-MAC la señal de imagen y la de datos son moduladas de forma diferente, durante el tiempo de duración sobre la línea, de las señales analógicas de imagen, se modula la portadora en frecuencia por dichas informaciones de la señal, y durante la duración de la línea que corresponde a los datos digitales estos modulan digitalmente a la portadora, y es una modulación diferencial de fase y que abreviadamente corresponde a la siglas MDP 2-4.

Para una señal D2-MAC/paquetes se forma la señal en banda base por la utilización del multiplexado temporal y luego el conjunto modula en frecuencia a una portadora.

En el sistema D2-MAC la señal digital sufre una codificación duobinaria previa a su emisión que tendrá como fin, al comprender una etapa de filtrado para eliminar componentes de frecuencia altas, el reducir a la mitad el ancho de banda correspondiente para dicho

sistema.

Como otra diferencia al margen de las puramente técnicas se podría decir aquella de los países que se encuentran a favor de la adopción de una norma y los que defienden la otra.

Como defensores de la norma D2-MAC/paquetes podemos encontrar a Francia y Alemania. Los defensores de la norma C-MAC/paquetes se encuentran encabezados actualmente por Inglaterra.

SISTEMA	C	D	D2
Multiplexado	radiofrecuencia	banda base	banda base
Vías sonoras	8	8	4
Compatible con las redes actuales	NO	NO	SI
Compatible con satélite	SI	SI	SI
Ancho de banda luminancia (MHz.)	8,4	8,4	8,4
Ancho de banda crominancia (MHz.)	4,8	4,8	4,8
Ancho de banda sonido/datos (MHz.)	10	10	5
Recomendado por la UER	SI	NO	SI

Tabla 6

RECEPTOR

Una de las principales preocupaciones por parte del público en general, cuando se habla de cambiar de norma de televisión, es saber si el receptor actual serviría para recibir la nueva señal.

Con respecto a esto hay que decir en principio que el televisor actual no sirve directamente para este cometido, pero que según los expertos en la materia, se estudia una "caja negra" que permitirá la adaptación de la nueva señal.

En el nuevo sistema para obtener una mejora total de la calidad de la señal, el televisor debe tener entradas en banda base para las componenters Y, U, V de la señal de imagen, así como para señales de sonido digital. Para los televisores viejos la unidad de adaptación debería de suministrar la señal de video compuesta clásica.

En este tema se expondrán unos esquemas simplificados de las posibles configuraciones para los dos sistemas que se han estudiado a lo largo de este trabajo.

Se pretende fabricar un receptor que sea capaz de recibir cualquiera de las señales enviadas y este es uno de los puntos en los que se encuentran presionados los técnicos por parte de la industria que tiene un gran interés en la fabricación de un sólo receptor capaz de recibir cualquiera de los sistemas que se adopten.

7.1 RECEPCION DE LA SENAL

En la figura 25 se hace un esquema en el que podemos apreciar los pasos que debe seguir la señal en el caso de que esta sea recibida desde el satélite o de una red de cable. Se ve en esta figura como el ancho de banda para satélite es mayor que para el cable. Debemos tener presente que se pretenden aprovechar las redes de distribución que funcionan en la actualidad y estas nos limitan el ancho de banda del que podemos disponer. A todo esto hay que añadirle que si se pudiera disponer de redes que permitiesen un mayor ancho de banda (la misma que para satélite) y trabajasen sin problemas en frecuencias elevadas, no existiría el problema de tener que diferenciar entre la recepción por satélite y por cable.

Si queremos recibir una señal C-MAC/paquetes, como esta señal no tiene representación en banda base debido a su principio de multiplexado en radiofrecuencia, debemos hacer una adaptación a las redes que existen dándonos una pérdida de servicios, de los que fueron en principio emitidos.

De otro modo si existieran las redes con unas características que permitiesen a la vez de una recepción de satélite con 27 MHz. de ancho de banda, también el paso de frecuencias elevadas similares a la de satélite no haría falta el hacer la diferenciación entre los dos tipos de recepción.

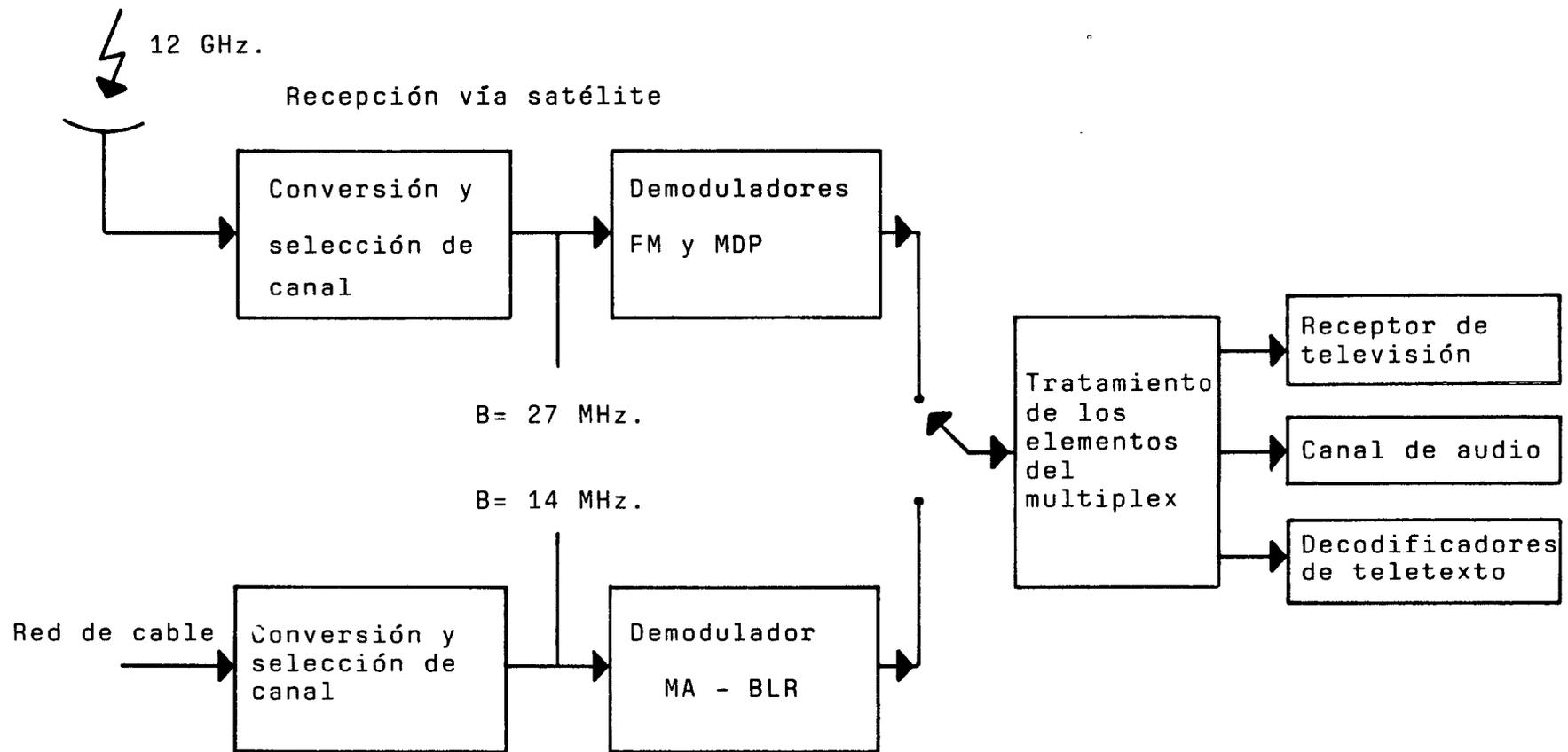


Fig. 25. Esquema simplificado de los elementos comunes del receptor para la recepción vía satélite y distribución por cable.

El primer elemento sería la parábola en el caso de la recepción vía satélite (DBS) o la acometida de la red de cable, que serían las entradas para la señal a nuestros receptores, pasando a continuación a la demodulación de la señal, que depende del tipo de señal recibido. Una vez realizada la demodulación se pasa a la separación y tratamiento de los elementos que se encuentren en el multiplexado temporal (TDM), que se le realizó al señal antes de su emisión

7.2 RECEPTOR C-MAC/PAQUETES

Se expondrán a lo largo de este capítulo unos diagramas de bloque de los receptores sin, entrar en la circuitería en detalle de cada una de las partes que lo componen.

La UER ha editado unas directrices sobre los equipos de recepción, pero el último detalle serán los constructores los que lo pondrán siguiendo estos esquemas propuestos y a los que ellos deberán adaptarse en sus diseños.

Con esto la UER pretende tener bajo control, más o menos riguroso, todo tipo de cuestiones que se encuentren relacionadas, directa o indirectamente, con la adopción de la nueva norma de televisión.

7.2.1 Etapa de demodulación y demultiplexado de las componentes de la señal

Después de la recepción de la señal de radiofrecuencia, en la banda de 11,7-12,5 GHz., que se realizará mediante una parábola correctamente orientada hacia el haz del satélite, se harán dos pasos a frecuencia intermedia para ir bajando la frecuencia de la señal hasta frecuencias en las que el equipo receptor pueda trabajar correctamente.

En el primer paso se hará la demodulación tanto de la parte de imagen como de la señal de sonido y datos. Se colocarán filtros para separar las dos señales antes de introducirlas en el demodulador de frecuencia, para la señal de video o en el demodulador diferencial de fase, para la señal que una vez decodificada formara el sonido y datos.

La figura 26 muestra esta etapa.

En la parte de la señal de datos se extraerá la señal de reloj que nos va a servir para sincronizar todas las funciones del receptor (CLK1), esta señal tiene una frecuencia de 20,25 MHz..

La señal de video pasará directamente a ser tratada en la parte correspondiente del receptor. Esta parte será la encargada de la decodificación de la señal de video que llega al receptor, denominándose decodificador de imagen.

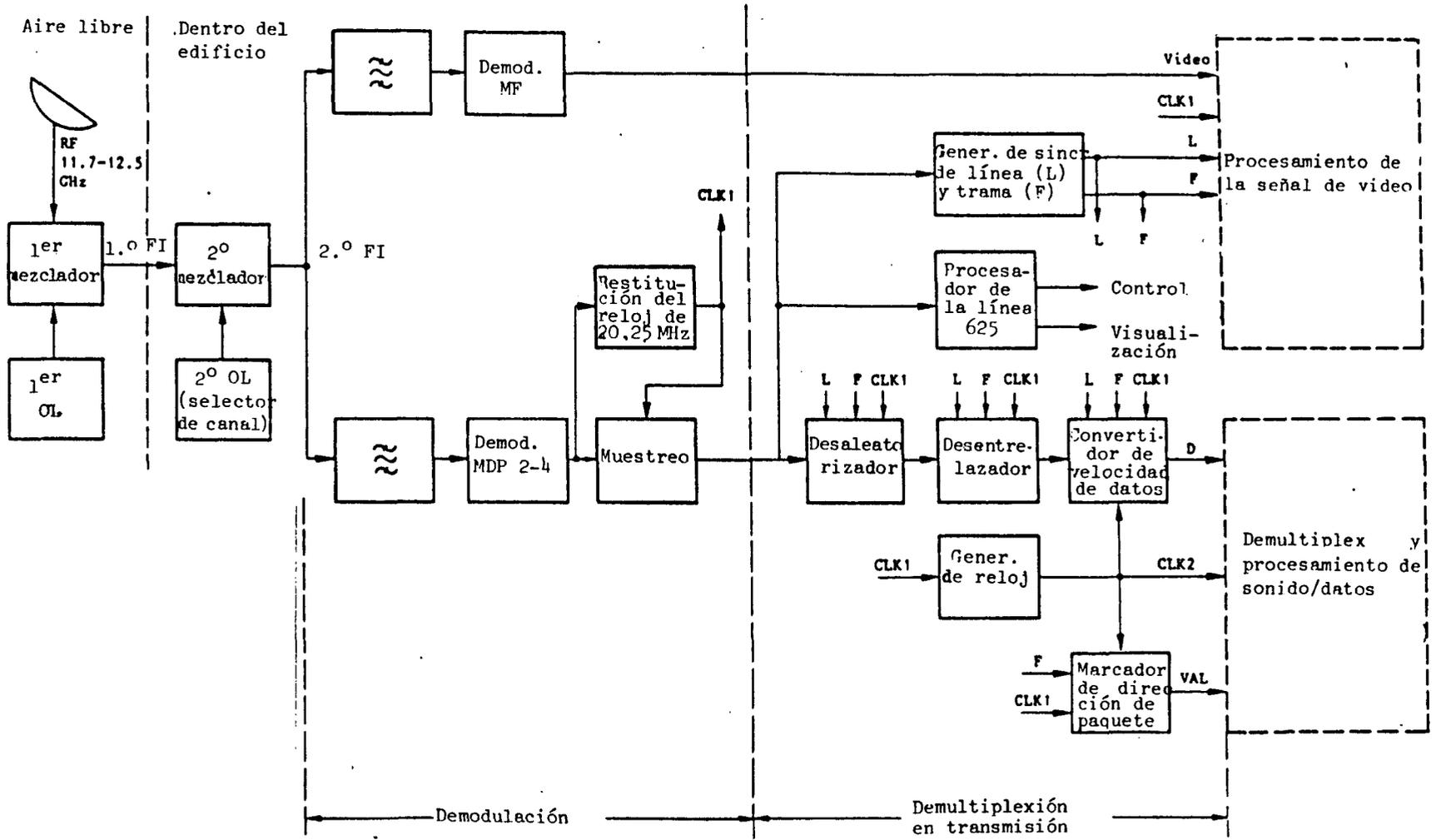


Fig. 26

Se expondrá esta función en el punto siguiente de este capítulo.

En la parte de sonido/datos tendremos que hacer un demultiplexado de algunas señales que nos harán falta luego en el tratamiento de la señal digital, para su interpretación y presentación correctamente en el receptor.

En este paso se sacarán teniendo como patrón la frecuencia de 20,25 MHz. recuperada en el paso anterior, la frecuencia de línea (L) y de trama (F).

Al mismo tiempo se hará un tratamiento de la línea 625 para extraer toda la información que esté incluida en ella.

Un paso importante dentro de este bloque de demultiplexado es realizar el paso contrario al hecho en el emisor de aleatorizar la señal y que se representa en el esquema como un bloque para realizar la desaleatorización.

También se debe de realizar el desentrelazado de los bits para colocarlos en la secuencia correcta en que se encontraban antes de entrelazarlos para su emisión, con la intención de disimular los errores que se produjesen, al hacer de esta forma que no quedasen de forma seguida los bits que eran portadores de los errores que deteriorarían el servicio.

Al mismo tiempo convertiremos estos datos en un flujo continuo que pasará a la parte del tratamiento del sonido/datos. Este flujo se hará continuo (D) por medio de la frecuencia CLK2 (3,093750 MHz.), que se extraerá de un generador de reloj al que le entra la señal CLK1 de 20,25 MHz.. Con esta misma señal (CLK2) se sacará una señal que nos dará el periodo de validación (VAL) para extraer la dirección que corresponderá a cada paquete y que nos permitirá enviar cada paquete a la zona del receptor donde será procesado, para su correcta interpretación en el multiplexado global de todos los paquetes que se están recibiendo.

7.7.2 Decodificador de la imagen

Al decodificador de video llegarán las señales analógicas que componen la imagen, las señales de sincronización de línea (L) y de trama (F) y CLK1 (20,25 MHz.)

La señal de video es colocada sobre un nivel de clamping para su correcto procesamiento y luego sufre la desacentuación inversa a la preacentuación que se le dió en el emisor, puesto que se trataba de una señal modulada en frecuencia.

Tomando la señal CLK1 como referencia se obtendrán las señales CLK3 (13,5 MHz.), CLK4 (6,75 MHz.) y SW.

Estas señales servirán para realizar la descompresión de las señales de crominancia y luminancia en el decodificador, puesto que controlarán las memorias de expansión de las señales, SW será la señal que habilitará una memoria o la otro para que se efectue la descompresión (la memoria de las muestras de crominancia o de luminancia).

El esquema del decodificador se muestra en la figura 27.

En esta parte del receptor antes de descomprimir las señales se realizará la desaleatorización, que es suprimir la señal triangular que se le añade a la señal de video para hacer la dispersión de energía.

Las señales U y V de crominancia pasarán por un filtro de interpolación para recuperar las verdaderas señales U, V que se presentarán sobre la pantalla. En la emisión se hace una línea de diferencia de color por adición ponderada de 7 líneas sucesivas, pero en la recepción se recuperarán las señales por la ponderación de tres líneas sucesivas.

El último paso será después de pasar por el filtro paso de banda correspondiente, la introducción de las señales componentes de la imagen Y, U, V en una matriz que efectuará una transformación sobre estas, dándonos a la salida de dicha matriz las señales R, G, B.

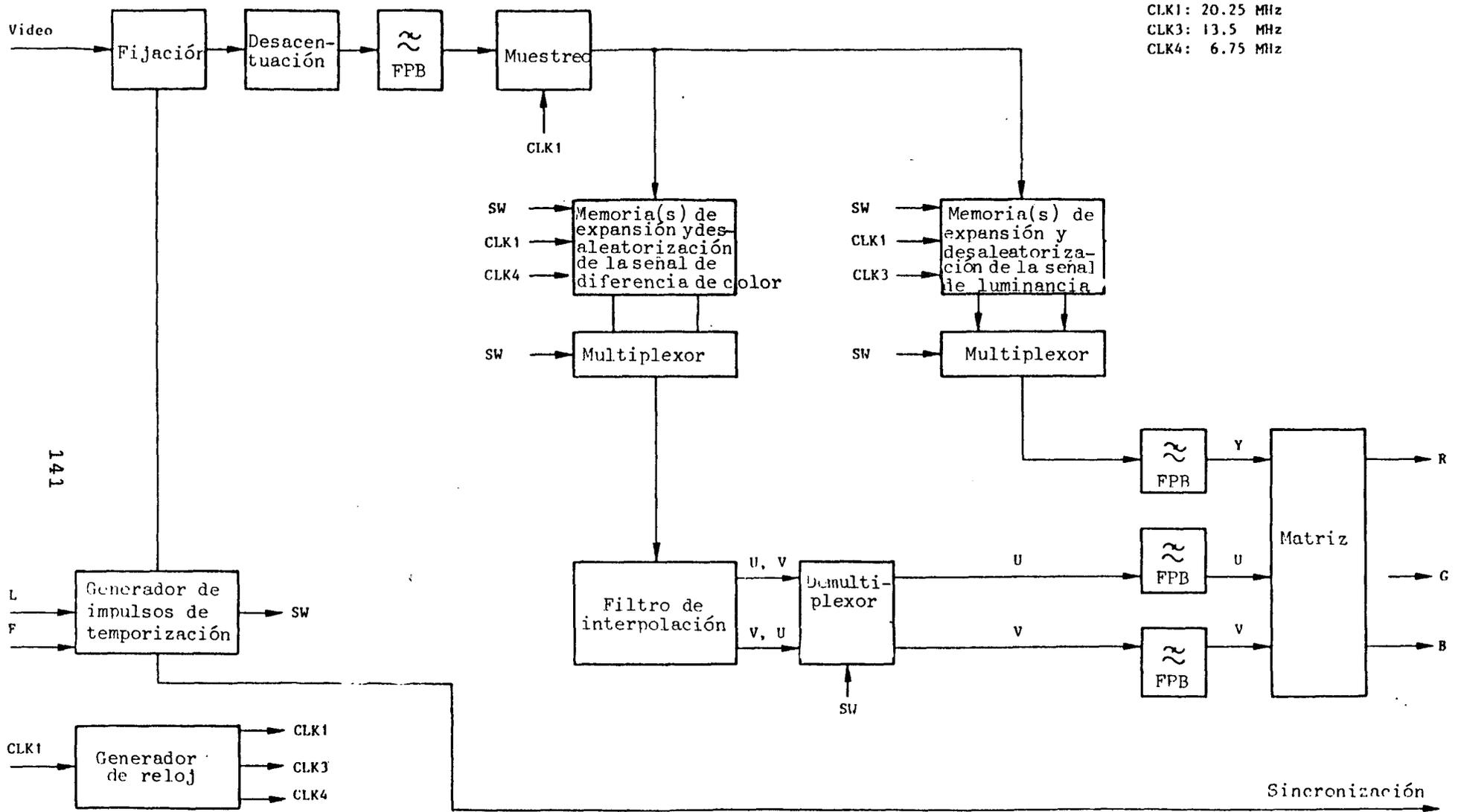


Fig. 27

En el interior de esta matriz se realizarán las correcciones y ponderaciones correspondientes para obtener las señales que atacarán como paso final al tubo del receptor.

7.2.3 Decodificador de sonido y datos

Al decodificador de sonido y datos le llegarán la señal CLK2, el flujo de datos D y la señal VAL para validarnos la dirección de cada paquete.

Los primeros pasos serán para separar el encabezamiento de los paquetes, de los datos útiles de cada paquete, que serán tratados por separado.

En la figura 28 se muestra un diagrama de bloques de la parte del decodificador sonido/datos del receptor C-MAC/paquetes.

Se hará una detección de los BC (bloques de codificación) y BI (bloques de interpretación) para saber si nos encontramos en un bloque de sonido propiamente dicho o un bloque que nos dirá como está codificado el sonido que estamos recibiendo en esos paquetes. Este bloque de interpretación será decodificado y preparará al receptor para realizar el proceso de control sobre el sonido recibido, teniendo en cuenta la ley de compresión y el nivel de protección que se le aplicó en la emisión.

El receptor se configurará para extraer el factor de

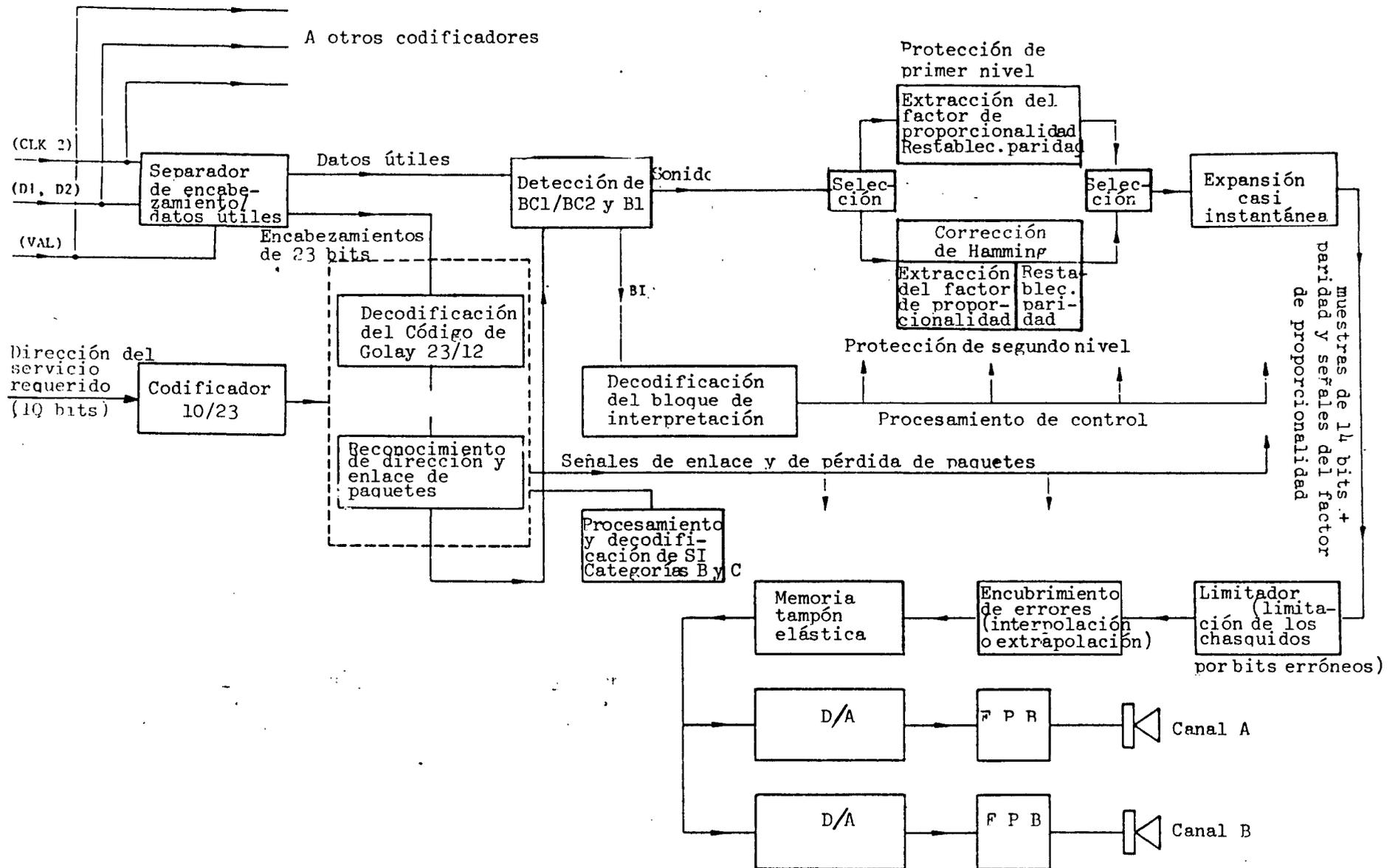


Fig. 28

escala (proporcionalidad) y en caso de ser necesario realizar la expansión del sonido. Este sonido antes de llegar a los altavoces sufrirá una limitación para evitar posibles chasquidos, esto es que las señales que pasen de un cierto nivel establecido producirán chasquidos a la hora de su audición por lo que son recortadas en el nivel adecuado.

El siguiente paso es disimular errores, de forma que si es detectado un error en una muestra, se haría la media entre las adyacentes y se sustituiría.

Como último paso para el sonido estaría la conversión digital-analógica y el paso por filtros paso-bajo para ser reproducido por dos vías.

Por otro lado se hará el reconocimiento y decodificación de los datos de categoría B (servicios disponibles para el usuario) y categoría C (comentarios).

7.3 RECEPTOR D2-MAC/PAQUETES

7.3.1 Demodulación y demultiplexado de las componentes de la señal

En la figura 29 se hace una representación del receptor D2-MAC/paquetes en su parte de multiplexado y demodulación. Con respecto al sistema C-MAC/paquetes tiene que tener una etapa para realizar la demodulación de señales en MA/BLR que sería como llegarían las señales al

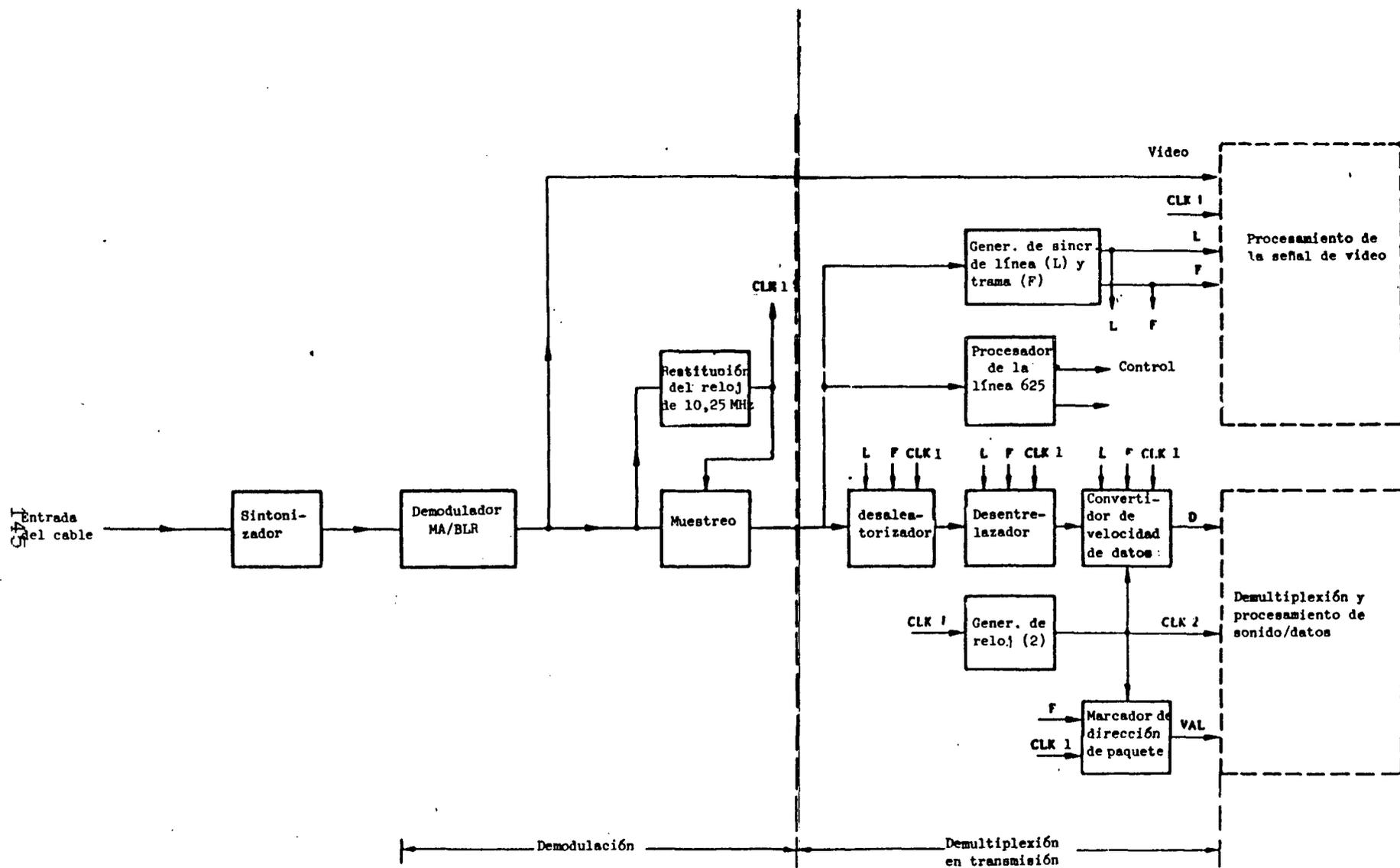


Fig. 20

receptor si viniesen de una red de cable que distribuyese una señal D2-MAC/paquetes o una señal C-MAC/paquetes que haya sido transcodificada al sistema D2.

Si recibimos una señal D2-MAC/paquetes via satélite deberemos realizar primero una demodulación de frecuencia puesto que el conjunto de la señal sufre esta modulación en su emisión, luego las señales ya pueden ser procesadas cada una por su cuenta.

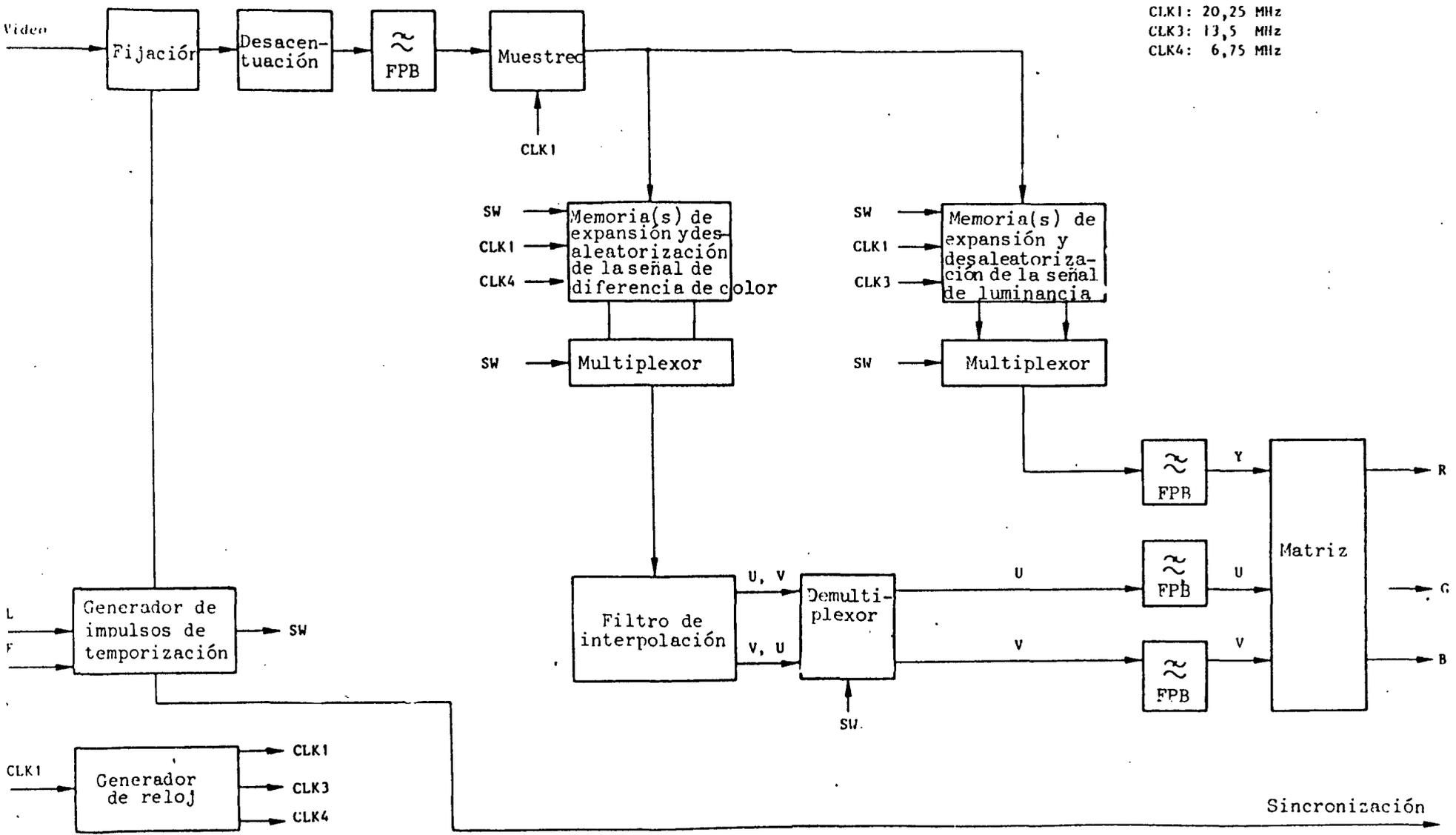
7.3.2 Decodificador de video

El decodificador de video para el receptor D2-MAC/paquetes no sufre ningún cambio y se puede representar por el esquema mismo del sistema C. En la norma D2 la señal de imagen sigue siendo igual a la C por lo que el decodificador puede servir para las dos, figura 30.

7.3.3 Decodificador sonido/datos

En esta parte del receptor salvo en la decodificación duobinaria que debemos aplicar a los datos, el esquema es el mismo que para las señales C-MAC/paquetes.

También hay que tener presente que el sistema D2-MAC/paquetes contiene la mitad de los servicios digitales que el sistema C y esto repercutirá a la hora de producir CLK2 para obtener un flujo de datos continuo, siendo en este caso de 1,546875 MHz, figura 31.



CLK1: 20,25 MHz
 CLK3: 13,5 MHz
 CLK4: 6,75 MHz

Fig. 30

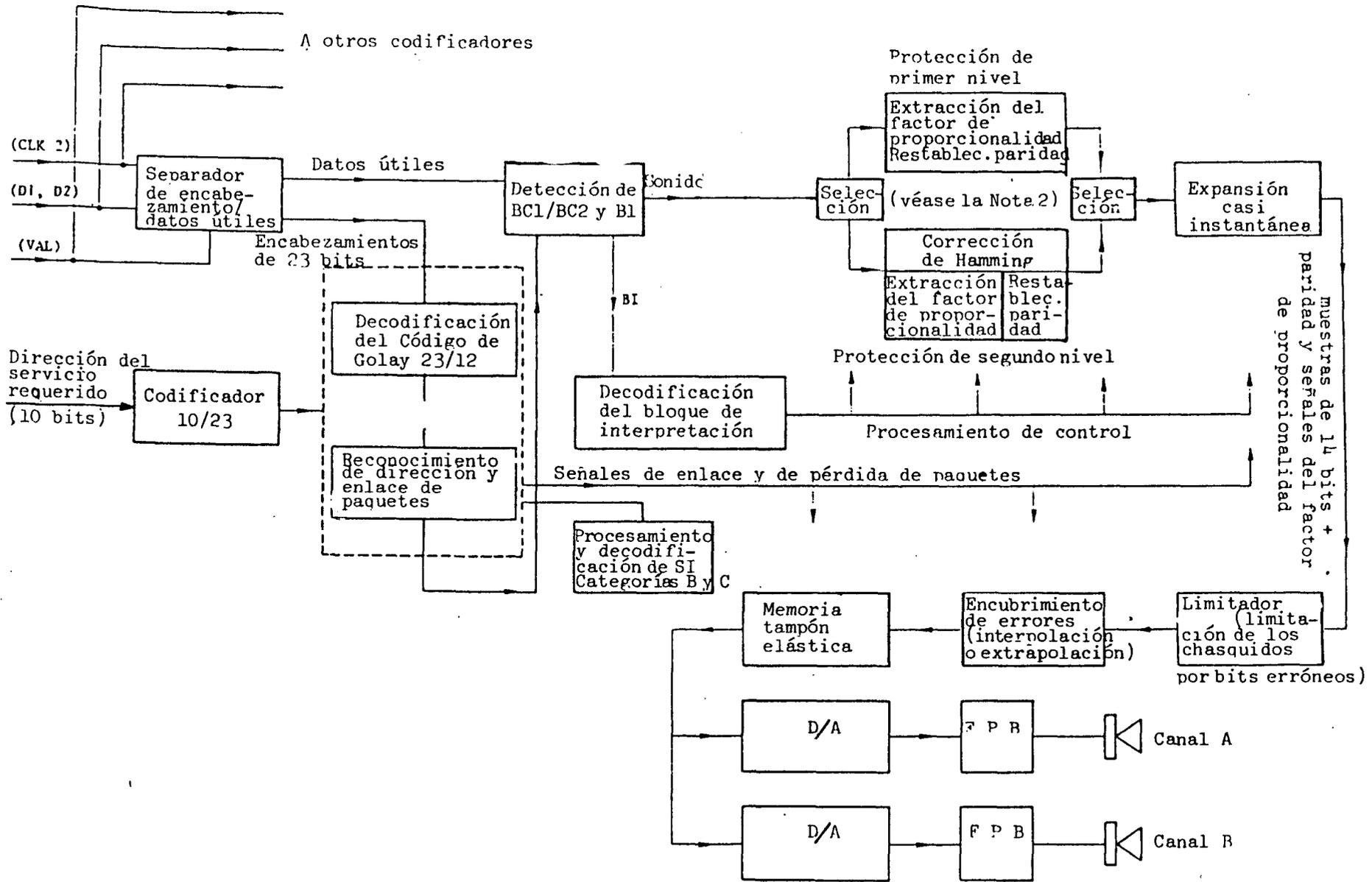


Fig. 31

7.4 CONCLUSION

Los receptores del futuro que se fabricarán para la recepción de estos dos sistemas se diferenciarán esencialmente en la parte de demodulación de la señal de vídeo dependiendo de la fuente. En el caso de la señal digital con una simple conmutación de las señales de reloj se pueden convertir los datos recibidos en un flujo continuo.

No habrá mucha dificultad en que los receptores incluyan unos pocos circuitos más para que se puedan recibir las dos señales, en el caso de que las dos se adopten y no se llegue a un acuerdo internacional.

En lo que a los televisores actuales se refiere se habla de una caja negra que suministre las señales R, G, B o la señal compuesta clásica.

NOCIONES DE TV DE ALTA DEFINICION

Debido a la utilización de una nueva norma se ha pensado aprovechar también la ocasión para definir una señal de alta definición adaptada a la transmisión por satélite haciendo uso del ancho de banda que permite el satélite.

El nivel de interés provocado por la TVAD es muy elevada para una técnica que tal vez no tenga un impacto importante en el medio gran público antes de varios años.

La industria europea ha empezado ahora los trabajos de investigación y de desarrollo que servirán de fundamento a la puesta a punto de los futuros productos gran público de TVAD.

La TVAD transmite aproximadamente cinco veces más informaciones que una señal de televisión clásica. En el orden analógico, este valor corresponde a un aumento de banda pasante. Si se quiere difundir una señal de TVAD en uno de los canales (27 MHz. de ancho de banda) de la CAMRS-RS-77, será necesario, por tanto, aplicarle una compresión de banda pasante extremadamente potente. Además, la complejidad del receptor debería mantenerse dentro de unos límites económicamente razonables. Los países que utilizarán pronto un sistema MAC en la banda de 12 GHz. tienen, especial interés en que se atribuya una nueva banda de frecuencias a la TVAD.

Las bandas de 40,5-42,5 GHz. y 84-86 GHz. están

atribuidas en el mundo entero al servicio de radiodifusión por satélite. En las Regiones 2 y 3, estas emisiones están permitidas en la banda de 22,5-23 GHz. a título compartido con otros servicios.

A consecuencia de importantes dificultades técnicas y del nivel de propagación (debido a la utilización de frecuencias tan elevadas), no parece posible llevar a la práctica un servicio de TVAD por satélite en las bandas de 42 u 80 GHz. en el plazo de un decenio.

La UER ha expresado siempre la opinión de que en la planificación de la nueva banda (por ejemplo, 22,5-23 GHz) deberían al menos preverse dos canales de TVHD por país, permitiéndose así la realización de programas europeos.

8.1 CALIDAD DE LA TVAD

Aun no se han fijado objetivos de calidad para la TVAD. Los trabajos del CCIR sobre la norma de producción se basan en un doblamiento de las definiciones vertical y horizontal con respecto a los sistemas actuales. Se puede así doblar la altura de la imagen o disminuir a la mitad la distancia de observación sin cambio de definición subjetiva para el telespectador (la anchura de la imagen será probablemente tal que las proporciones pasarán de 4 X 3 a 5 X 3).

Se puede, pues, tratar de utilizar los objetivos de calidad actualmente asignados a la difusión por satélite

normal, pero juzgando las imágenes de TVAD a una distancia de observación igual al triplo de su altura. Esta propuesta permitiría disfrutar de imágenes más anchas sin modificar la calidad percibida, con respecto a la ofrecida por los sistemas de difusión por satélite actuales.

Es necesario quizá estudiar varias variantes, definiendo las aspiraciones en materia de calidad y los objetivos, en razón de las mejoras técnicas, los cambios del sistema de modulación o de banda de frecuencias, etc.

8.2 TRANSMISION DE UNA SENAL DE TVAD EN UN CANAL DE SATELITE

Cuando se considera la difusión de la TVAD, hay que asegurarse de que se utiliza óptimamente el espectro radioeléctrico disponible, porque una señal de TVHD en banda base no tratada exigirá probablemente una banda pasante del orden de 40 MHz. o un flujo binario superior a 600 Mbit/s. en forma digital. Los canales actualmente planificados en la banda de 12 GHz. no ofrecen tal capacidad, y no se podrá disponer de ellos en la nueva banda, próxima a los 22 GHz., en la que se desea obtener la atribución a la radiodifusión por satélite. Si se difundiera la totalidad de la información, no se dispondría en estas nuevas bandas de un número de canales suficiente para que el servicio resultara comercialmente atractivo.

Es necesario, por tanto, estudiar la capacidad ofrecida por un canal de radiodifusión por satélite y las técnicas mejor adaptadas a la emisión de señales de TVAD dentro de estos límites.

No se puede reducir la banda pasante de una señal sino eliminando una parte de la información que estaba presente allí inicialmente. En el caso de la televisión, se puede explotar el hecho de que la señal contiene una proporción no despreciable de información redundante. Gracias al carácter periódico de la señal y a la posibilidad de prever en cierta medida las imágenes que serán presentadas, es posible reconstruir las informaciones de imagen eliminadas. Se ha intentado ya conseguir esto por medio de una previsión en recepción del aspecto de las informaciones eliminadas. En todo caso, estos métodos darán buenos resultados sobre imágenes fijas, pero no ha sido posible todavía presentar un sistema de este género que funcione con todos los tipos de imagen.

Para difundir la TVHD en la banda de los 12 GHz. sería necesario prever:

- una reducción de 3 a 1 de la banda pasante para un sistema analógico o
- una reducción aproximadamente de 10 a 1 del flujo binario para un sistema digital

Muchos laboratorios estudian actualmente las técnicas posibles para la difusión de la TVAD en la banda de los 12

GHz. y estos trabajos dan resultados positivos, al demostrar que se pueden obtener mejoras con respecto a las normas existentes. Sin embargo, la calidad de estos sistemas en presencia de ruido y de distorsión no se ha estudiado todavía detalladamente. Los primeros resultados indican que el ruido y la distorsión son tanto más visibles cuanto más potentes son las técnicas de compresión utilizadas. Por consiguiente, para obtener la alta calidad habría que alcanzar quizá unas relaciones portadora/ruido demasiado elevadas para ser posibles.

Por esto se debe considerar la utilización para la TVAD de una nueva banda de frecuencias sin los inconvenientes actuales.

Actualmente tienen lugar en Europa debates sobre la posible utilización de una nueva banda de aproximadamente 500 MHz. de ancho, próxima a los 22 GHz. . Tal banda no está aun disponible para la radiodifusión en la Región 1, pero si lo está en las Regiones 2 y 3.

Los primeros estudios han demostrado que en esta banda se podría obtener canales de una anchura útil de aproximadamente 50 MHz., y este valor podría elevarse a 100 MHz. en un sistema enteramente digital.

8.2.1 Criterios a seguir por un servicio de TVAD en la banda de 12 GHz.

Un servicio de TVAD en esta banda deberá respetar

los principios de planificación de la CAMR-RS de 1977.

. Relaciones de protección C/I

- en el mismo canal: 31 dB;
- en el canal adyacente: 15 dB.

. Relación señal/ruido

- mínima: 14 dB (99% del mes más desfavorable).

. Sistema de referencia

- video FM PAL-SECAM (desviación: 13,5 MHz/V.);
- una vía audio sobre subportadora FM
(amplitud correspondiente a una desviación de 5,6
MHz.);
c-c
- preacentuación video del CCIR (Recomendación 405-1);
- dispersión de energía: 600 kHz (o -22 dB en 4
kHz.).
c-c

Se admiten otros sistemas de modulación, con tal que se respeten las condiciones relativas a las interferencias.

8.2.2 Difusión en frecuencias superiores

Un examen de los efectos de la atmósfera pone de manifiesto los problemas que plantean las frecuencias superiores desde el punto de vista de la propagación.

Los valores más allá de los 20 GHz son estimativos, y no se dispondrá de resultados exactos para Europa hasta después de 1988, cuando el satélite Olympus permita

medidas de propagación comparativas en 12, 20 y 30 GHz. Aparte los problemas técnicos graves que se plantean en las bandas de 42 y 85 GHz., la de 22 GHz es la única previsible en Europa, en un futuro no demasiado lejano, para las emisiones de TVAD por satélite en frecuencias superiores a 12 GHz., lo que ha confirmado el CCIR.

8.3 CARACTERISTICAS TECNICAS DE LA IMAGEN

8.3.1 Definición de la imagen

Los trabajos sobre la definición que debe exponer un sistema de presentación de imágenes TVHD, deben empezar por un examen de las condiciones previsibles de la visión a domicilio y de los umbrales de percepción sensorial, teniendo en cuenta igualmente limitaciones prácticas del tamaño de la pantalla, y de la distancia de observación.

La mayoría de los experimentos hacen pensar que, en las condiciones de gran público, esta distancia debe ser de alrededor de 3H, una superficie de pantalla de alrededor de 0,8 metros cuadrados, o más, y una luminosidad máxima de 150 a 250 cd/m².

8.3.2 Relación entre los anchos de banda de la luminancia y la crominancia

Los estudios sobre la norma digital de "estudio" hacen pensar que una relación de 2 a 1 entre las bandas de paso de la luminancia y de la diferencia de color constituye un

buen compromiso.

8.3.3 Dimensiones de la imagen

Las proporciones de imagen óptima en TVAD están condicionadas por la apertura del ángulo de visión horizontal del telespectador medio y por las condiciones en las que, seguramente, las imágenes serán observadas.

Estudios cuyos resultados son generalmente aceptados, indican que un ángulo de observación de unos treinta grados es preferible a nivel gran público, lo cual implica unas proporciones de imagen de 15 X 9 a una distancia de 3H. En cambio, en el cine, una pantalla aún más ancha sería interesante y por eso se ha propuesto adoptar, a título de compromiso, proporciones de pantalla algo mayores, de 16 X 9, para permitir la utilización del material de producción TVAD en la producción de películas.

8.3.4 Muestreo

8.3.4.1 Muestreo horizontal

La más sencilla disposición de muestras horizontales, que dieron una frecuencia de Nyquist satisfactoria, consiste en doblar la densidad de muestras por líneas. Así se obtiene para la luminancia 1920 muestras por línea activa con proporciones de imagen de 16 X 9, y habrá 960 muestras por línea para las señales de diferencia de

color.

8.3.4.2 Muestreo vertical

Se ha propuesto utilizar 1035 líneas activas por imagen.

El número de líneas en TVAD debe escogerse de tal manera que su relación con el número normal de líneas sea lo más simple posible.

8.3.4.3 Frecuencia de imagen

La elección de la frecuencia de imagen para un sistema TVAD se ve afectada por la necesidad de reproducir de manera conveniente los movimientos. Deben tenerse en consideración dos aspectos. El primero, para parecer armoniosos, los movimientos lo bastante lentos como para que puedan seguirse con el ojo, deben descomponerse en un número de fases suficientes para que el ojo no pueda distinguirlos.

El segundo punto es la posible definición sobre los objetos en movimiento, o definición dinámica.

Para algunos técnicos, uno de los argumentos esenciales en favor de una frecuencia de trama de 60 Hz. para la producción es que el deslumbramiento sobre las grandes superficies no sería molesto en las pantallas de tamaño y de luminosidad correspondientes a la TVAD.

Otros afirman, sin embargo, que eso sería cierto sólo en caso de pantallas de un brillo medio.

8.4 Color

Podría ser ventajoso utilizar, en una norma de producción de TVAD, señales no corregidas en función de la gamma del receptor. La calidad podría ser mejorada (transiciones más nítidas), y podría facilitarse el empleo de los futuros sistemas de presentación que no usan el tubo de rayos catódicos. En cambio, esta solución podría presentar inconvenientes, como por ejemplo, un incremento del número de bits por muestra necesaria en una versión digital de la norma.

Se ha sugerido también someter la luminancia y la diferencia de color a una precorrección según una ley logarítmica, de modo que cada incremento de las tensiones de salida produzca un incremento igual del brillo percibido.

Estos estudios continúan.

8.5 SONIDO

Los especialistas de la UER piensan ahora que hay que concebir para la TVAD un sistema que facilite una buena localización de las fuentes sonoras en cada punto de una pantalla grande y que ofrezca una imagen en posición estable casi independiente de la del telespectador. Para

obtener este resultado, parece necesario prever una fuente de sonido para cada trozo de 6° del ángulo de observación. Se estudia por lo tanto, para la TVAD, un sistema de reproducción de 5 vías, al suponer que el ángulo será de 30° . Es posible que estas cinco vías se puedan agrupar en un menor número para la emisión, pero los estudios en este terreno acaban de empezar.

ANEXOS

ANEXO I

ESTUDIO Y COMPARACION DE MULTIPLEXADO TEMPORAL Y MULTIPLEXADO EN FRECUENCIA

Al emplear alguna de las técnicas de multiplexado en el tiempo o en frecuencia podremos emitir simultáneamente sobre un mismo canal diferentes señales evitando de esta forma un desaprovechamiento de dicho canal, al sólo utilizarlo para una señal.

El multiplexado en frecuencia consiste en trasladar los espectros de diferentes señales para que ocupen diferentes frecuencias sin sobreponerse entre si. Esto lo conseguiremos modulando cada una de las señales que queremos enviar por el canal con una portadora de frecuencia determinada y diferente para cada señal.

En la recepción con una serie de filtros se separan las diferentes señales.

En este método todas las señales se mezclan en el dominio del tiempo, pero sus espectros ocupan diferentes bandas de frecuencia.

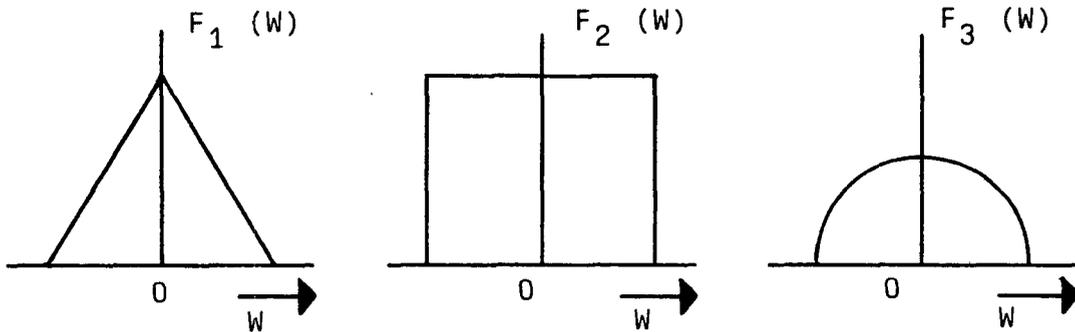
El multiplexado en el tiempo, está basado en el teorema del muestreo de la teoría de la comunicación, es decir, una señal limitada en banda que no contiene componentes espectrales mayores que la frecuencia f_m Hz. está determinada en forma única por sus valores en

intervalos uniformes menores de $1/2 f_m$ segundos.

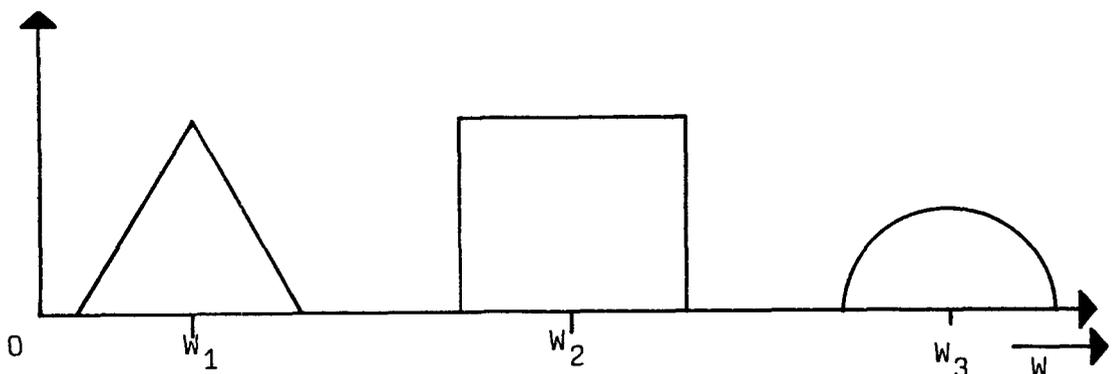
En este método se intercalan las muestras de las diferentes señales y estas se separan individualmente en el receptor. Los espectros de frecuencia de todas las señales muestreadas están mezcladas ocupando el mismo rango de frecuencia.

MULTIPLEXADO EN FRECUENCIA

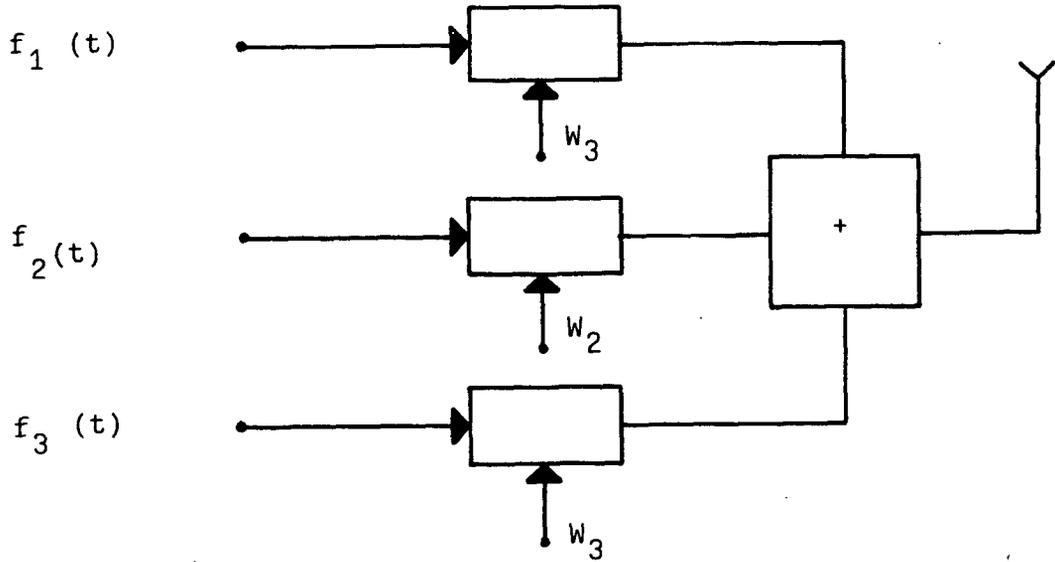
Señales en banda base



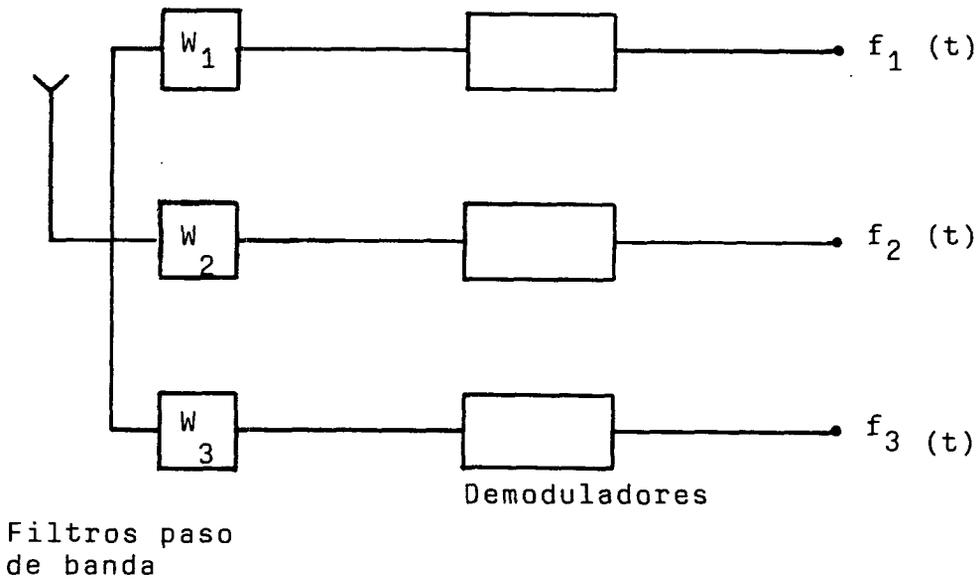
Multiplexado en frecuencia con sus respectivas portadoras $W_1 \neq W_2 \neq W_3$



Esquema del emisor: Todas las señales emitidas al mismo tiempo, pero a diferentes frecuencias (diferentes portadoras para cada señal).

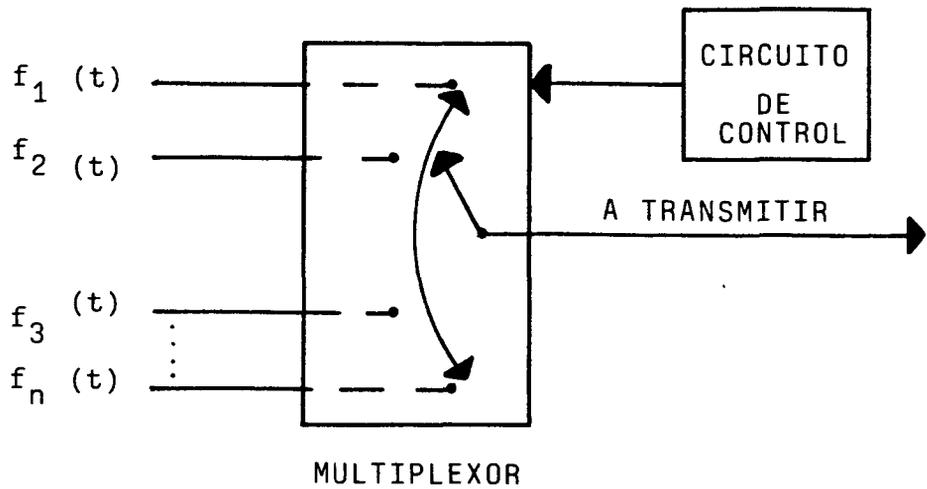


Esquema del receptor: Se separan las señales con filtros sintonizados a las frecuencias portadoras de cada señal.

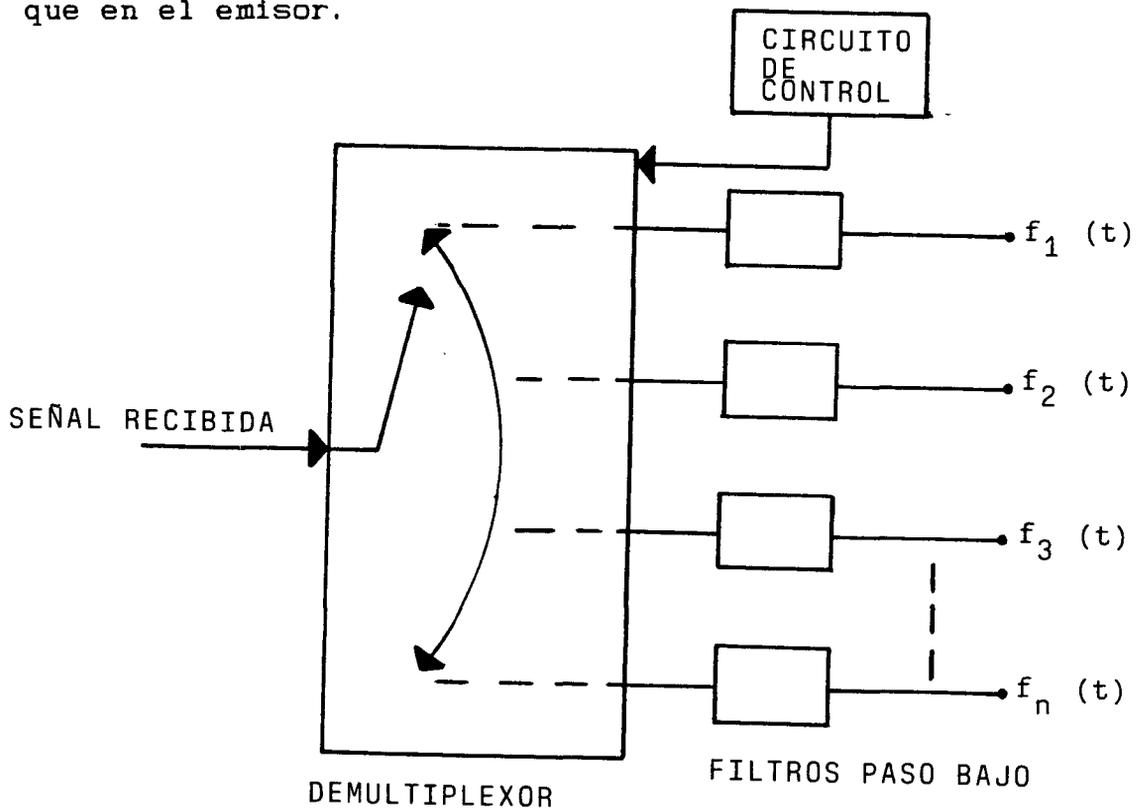


MULTIPLEXADO EN EL TIEMPO

Esquema del emisor : Se muestrean cada una de las señales durante el tiempo correspondiente, dado por un circuito de control.



Esquema del receptor : Se realiza el proceso inverso que en el emisor.



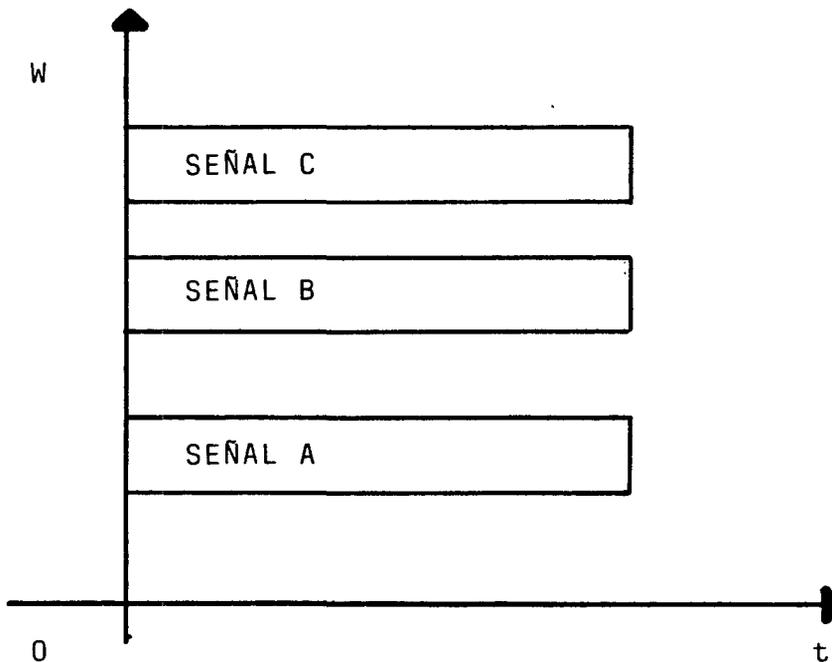
Comparación entre los dos sistemas

En el sistema de multiplexado en frecuencia todas las señales son continuas y están mezcladas en el dominio del tiempo, pero los espectros de las señales moduladas ocupan diferentes bandas de frecuencia.

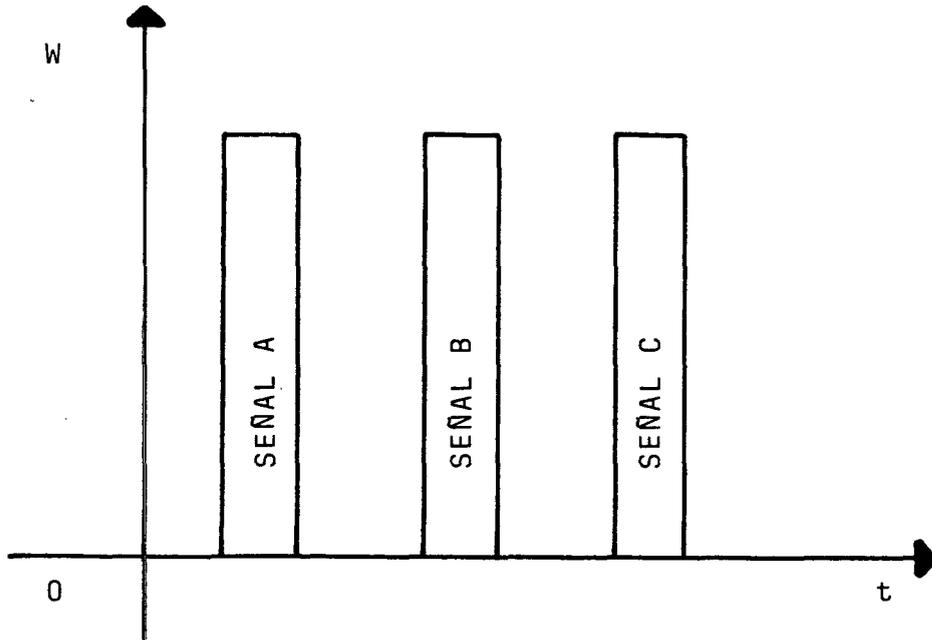
En el multiplexado en el tiempo las muestras de cada señal son independientes y se pueden separar en el dominio del tiempo, pero los espectros de las señales que se han muestreado se mezclan y ocupan la misma banda de frecuencia.

Se hace una representación de lo dicho anteriormente en las figuras siguientes:

Multiplexado en frecuencia



Multiplexado temporal



Ventajas del sistema de multiplexado temporal con respecto al multiplexado en frecuencia

En la práctica el sistema de multiplexado temporal es superior sobre todo por dos razones:

La primera ventaja es la de los circuitos relativamente sencillos que se utilizan, en el caso del multiplexado en frecuencia es necesario generar una portadora diferente y además habrá que diseñar filtros para bandas diferentes. En el sistema de multiplexado temporal se tienen circuitos idénticos para cada canal.

Otra ventaja de los sistemas de multiplexado temporal es la separación entre canales que evita interferencias

entre ellos (diafonía) que si se presentan en los sistemas de multiplexado en frecuencia.

ANEXO II

NORMA DIGITAL DE ESTUDIO 4:2:2

Se han propuesto dos métodos diferentes para el problema de la codificación digital de la señal, para intentar de esta forma normalizar los interfaces entre equipos digitales y las señales de sincronización para los estudios:

- Codificación de componentes: En este método, las componentes de las señales de luminancia y de diferencia de color se codifican por separado y se transmiten juntas como trenes de bits independientes multiplexados en el tiempo. Cuando la señal de televisión de color se encuentra en la forma compuesta NTSC, PAL o SECAM, será necesario separar primero la señal en sus componentes de luminancia y de diferencia de color.

- Codificación compuesta: En este método, la señal compleja de color se codifica en su forma compuesta como un solo tren de bits.

El primer método ofrece ventajas con respecto al segundo porque, en el futuro, será posible transmitir la señal en forma digital desde su origen al transmisor donde será necesario generar la señal compuesta.

En la transmisión, desaparecerían las diferencias entre los sistemas NTSC, PAL y SECAM, lo que simplificaría

los problemas relacionados con el intercambio internacional de programas. El segundo método se considera ventajoso cuando la cadena completa está constituida por varias secciones digitales y analógicas en serie, como es probable que ocurra durante el periodo en que empiecen a usar las técnicas digitales en radiodifusión. La mayoría de las administraciones están de acuerdo en utilizar la codificación de las componentes para las normas del estudio. Para esto se apoyan en dos puntos.

Por un lado los recientes desarrollos tecnológicos, sobre todo en el almacenamiento mediante memorias de semiconductores y de grabación en cinta magnética, han abierto nuevas técnicas de proceso electrónico de la imagen y de efectos especiales.

Y por el otro, la codificación de componentes ofrece la posibilidad de establecer una norma mundial uniforme, salvo para las frecuencias de trama. Dicha norma sería adecuada para los sistemas tanto de 525 como de 625 líneas. Puede permitir que el equipo y el funcionamiento tengan el máximo número de características comunes, lo que no es posible con normas analógicas o digitales compuestas. Salvo para la frecuencia de trama (que podría ser computable), los estudios en todo el mundo podrían utilizar muchos elementos de equipos comunes, y se simplificaría mucho la producción y el intercambio de programas.

La norma digital de estudio es una de las bases de los sistemas que se han desarrollado posteriormente para la imagen en las nuevas normas de televisión.

La norma 4:2:2 se recoge en la Recomendación 601 del CCIR.

La codificación de las señales es por componentes separadas, por un lado la luminancia (Y) y por otro las señales de diferencia de color (R-Y, B-Y).

En el número de muestras total por línea de cada señal, la norma hace una diferenciación para sistemas de 625 líneas y 50 campos/s. y sistemas de 525 líneas y 60 campos/s., en el primer caso se toman 864 muestras de la señal de luminancia y 432 para cada una de las señales de diferencia de color, en el segundo caso 858 muestras de la señal de luminancia y 429 para las componentes de color.

La estructura de muestreo está basada en línea campo y cuadro repetidos. En las líneas digitales se presentará la secuencia de muestras de las señales componentes de la forma siguiente C , Y, C , Y, C , etc...
B R B

Con respecto a las frecuencias de muestreo para las señales de luminancia y para cada señal de diferencia de color se han establecido, 13,5 MHz. y 6,75 MHz. respectivamente. Se podrá apreciar en las normas descritas en este trabajo como las frecuencias de muestreo tomadas para las señales es la misma que para la norma digital

4:2:2.

Para la codificación de las muestras se utiliza la forma PCM (modulación por pulsos codificados), con 8 bits por muestra, para la luminancia y para cada una de las señales de diferencia de color. Cada muestra de las señales se transforma en un código formado por un patrón de pulsos, es decir, un grupo de pulsos por muestra. Cada nivel de la señal muestreada se traduce en un tren de pulsos determinado, correspondiente al voltaje de la señal.

El número de muestras por línea digital activa, es independiente del sistema, a diferencia del número total de muestras por línea. En este caso se toman para la luminancia 720 muestras y para cada señal de diferencia de color 360 muestras.

La correspondencia entre los niveles de la señal de video y los niveles de cuantización es la siguiente:

- para la señal de luminancia 220 niveles de cuantización con el nivel de negro correspondiente al nivel 16 y el nivel del pico de blanco correspondiente al nivel 235,
- para cada señal de diferencia de color 224 niveles de cuantización en la parte del centro de la escala de cuantización con la señal cero correspondiente al nivel 128.

En los estudios de televisión se tiende a trabajar únicamente con señales digitales, por lo que los aparatos

que debemos encontrar en dichos estudios cada vez serán en mayor número digital. Se trata a parte de normalizar los programas de forma internacional el evitar la continua conversión analógica-digital y viceversa dentro de los estudios para que la señal se deteriore lo menos posible. En la figura 1 se representa un esquema simple de un estudio de televisión en el que circulan señales completamente digitales.

En este anexo no se ha pretendido profundizar en el tema, sino simplemente dar una idea aproximada de cuales son las bases del sistema.

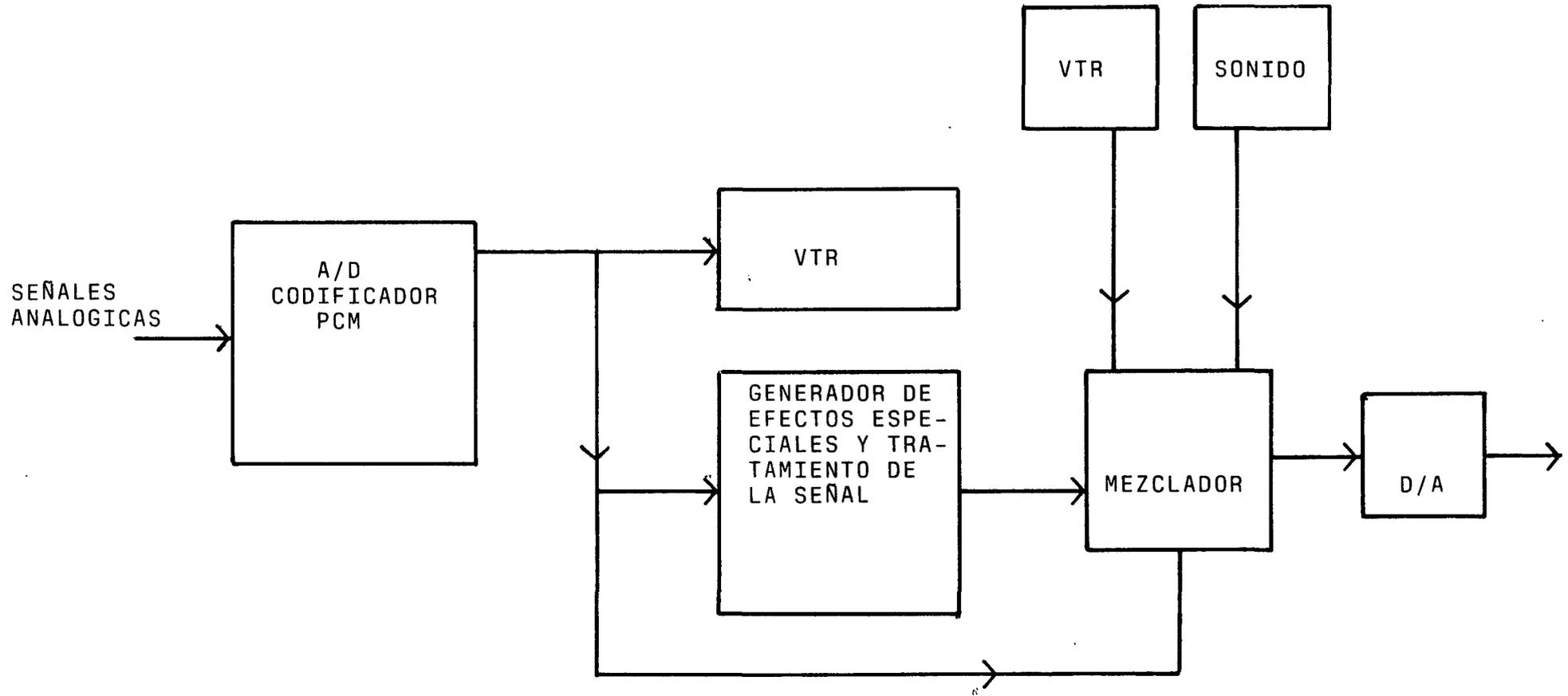


Fig. 1

ANEXO III

COMPRESION DE IMAGENES

La idea de comprimir las señales viene dada por la necesidad que tenemos en algunas ocasiones de introducir gran cantidad de información en un ancho de banda limitado.

Como primer paso para realizar la compresión debemos hacer una diferenciación entre los datos que vamos a tomar y los que no. Según Shannon que fue el que ideó el método para poder determinar la cantidad de información que hay en un grupo de datos, dicha información es función de la previsibilidad de sus elementos, es decir, que si podemos adivinar una información que nos llega, dicha información deja de ser tal, al ser previsible. En esto es en lo que nos basaremos para desechar una información y quedarnos con unos datos de información reducidos.

La reconstrucción de la imagen la tendremos que hacer en el receptor a partir de los datos reducidos sin perder ninguno de los elementos importantes de dicha imagen.

Para efectuar la compresión de la imagen primero lo que se hace es definir en la imagen una retícula de puntos, que son los pixels (elementos que forman la imagen).

Después debemos asignar a cada pixel un valor que

representa la luminosidad o el color de la imagen a la que pertenece el pixel en ese punto. Al hacer esto tenemos que el cuadro es una imagen binaria.

Existen varios métodos para comprimir imágenes, se nombran aquí tres métodos que se basan en que la imagen está formada por pixels, los métodos son: eliminación del fondo, análisis de Fourier y codificación de series de pixels.

Cuando tenemos un cuadro en el que tenemos pocos pixels de valor diferente el fondo (que normalmente se suele suponer blanco), la imagen la podemos reducir a estos pixels. Tiene el inconveniente de que en muy pocas ocasiones se nos va a presentar una imagen con estas condiciones.

El método del análisis de Fourier ya no depende directamente de la distribución de los pixels sobre el cuadro y en él se hace una reducción de la imagen a sus frecuencias espaciales (ver nota al final). El cálculo se hace con la ayuda de la transformada rápida de Fourier, que reduce el tiempo de cálculo enormemente, pero así y todo sigue siendo muy grande cuando queremos obtener imágenes de alta resolución, esto es debido a que los cálculos se realizan en coma flotante.

El tercer método, consiste en reducir la imagen a un cuadro binario. Cuando la resolución es más o menos alta se agrupan los pixels en series más o menos largas que las

sustituiremos por un código que indique las longitudes de estas series.

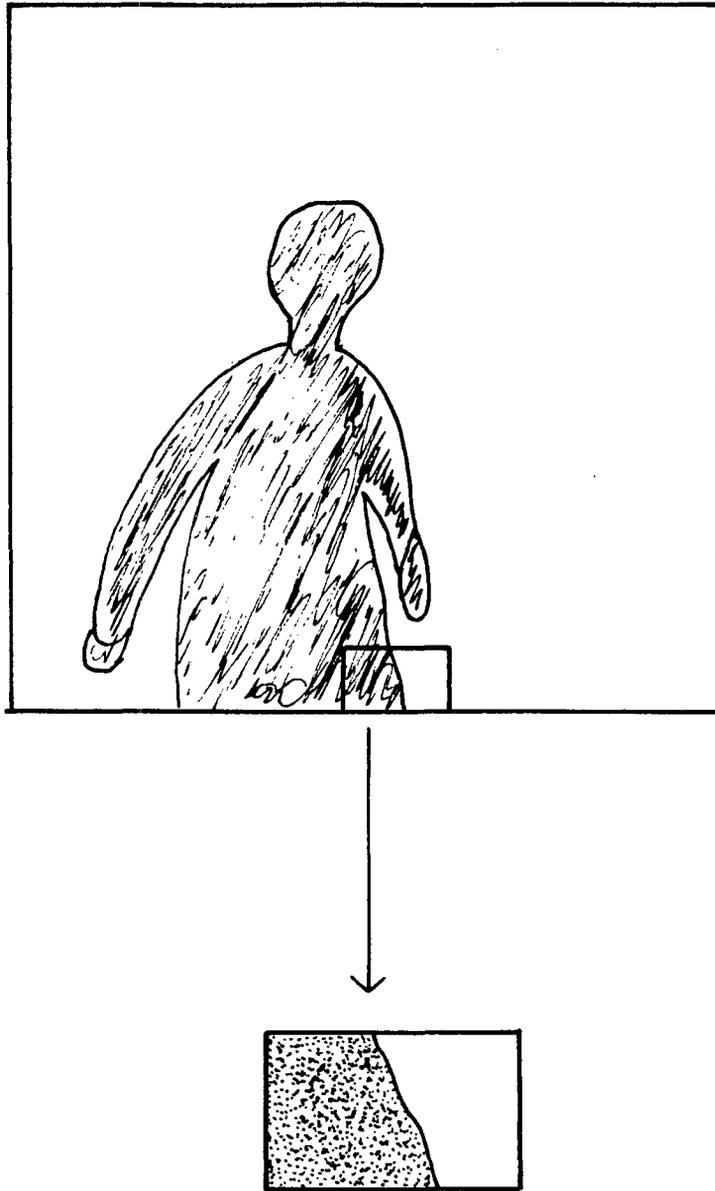


Fig. 1. Detalle de los pixels que forman la imagen.

La transmisión de imágenes puede hacerse de forma comprimida o expandida. Al hacer la transmisión de la imagen en forma expandida ocupa gran parte del canal. Si hacemos la transmisión en forma comprimida nos vemos obligados a colocar en los puntos de destino los decodificadores adecuados para recuperar las imágenes iniciales.

En el estudio antes de realizar la compresión de la imagen para su emisión, como la tenemos en forma digital puede editarse, montarse o modificarse según nos convenga, para el caso de las señales MAC luego tendremos que hacer una conversión digital-analógica antes de su definitiva salida al aire (ver figura 2).

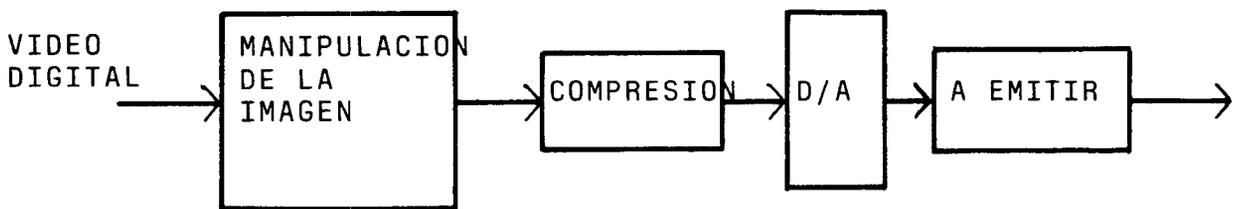


Fig. 2

NOTA: Por frecuencia espacial se entiende, el número de veces que cambia la intensidad de la imagen (claridad u oscuridad) en una distancia dada. Para dar ejemplos nos vamos a fijar en dos casos. Uno es la frecuencia espacial de una imagen totalmente blanca o negra que es cero. El otro caso es una cuadrícula en la que alternan los pixels blancos y negros que tendrá la máxima frecuencia espacial.

ANEXO IV

PROPIEDAD ESCALAR

Si tenemos una función $f(t)$ en el dominio del tiempo su transformada será $F(w)$ al dominio de la frecuencia, si tenemos una constante real a ,

$$f(at) \text{ ---- } (1/|a|) F(w/a)$$

La demostración matemática de esta propiedad se hace a continuación.

Si tenemos a que es una constante real positiva, aplicando la transformada de Fourier queda

$$F[f(at)] = \int_{-\infty}^{\infty} f(at) e^{-j\omega t} dt$$

si $x = at$. Entonces, para la constante positiva a ,

$$\begin{aligned} F[f(at)] &= (1/a) \int_{-\infty}^{\infty} f(x) e^{(-j\omega/a)x} dx \\ &= (1/a) F(\omega/a) \end{aligned}$$

Por lo que tenemos

$$f(at) \text{ ---- } (1/a) F(\omega/a)$$

Por el mismo procedimiento para $a < 0$ se demuestra que

$$f(at) = (1/|a|) F(w/a)$$

Sacando como conclusión

$$f(at) = (1/|a|) F(w/a)$$

Esta propiedad escalar tiene el significado siguiente: la función $f(at)$ representa $f(t)$ comprimida en la escala del tiempo por el factor a . En la misma forma, la función $F(w/a)$ representa la función $F(w)$ expandida en la escala de frecuencia por el mismo factor a . Por lo que la propiedad escalar establece que el comprimir una función en el dominio del tiempo equivale a una expansión en el dominio de la frecuencia y viceversa.

ANEXO V

CODIFICACION DUOBINARIA

La idea básica de las técnicas duobinarias es combinar pulsos binarios seguidos, para obtener un flujo continuo, codificando dicha combinación según una regla conocida para permitir la decodificación en el extremo receptor.

Las señales resultado, después de pasar a través de un canal de banda limitada, son continuas en el tiempo y las señales pueden ser fácilmente reconstruidas en el decodificador aplicando la regla de decodificación adecuada.

El caso general de combinar $n > 2$ bits dando una señal continua sobre un conjunto de n salidas ha sido denominado "codificación de nivel correlativo" o "señalización de respuesta parcial".

Las técnicas duobinarias han sido aplicadas a la transmisión a gran velocidad sobre canales de teléfono o para la unión de dos flujos independientes de datos para formar un sólo flujo como si fuera un multiplexado temporal, tomando sucesivamente bits de cada flujo, que serán separados en el receptor.

La idea duobinaria de codificación es la siguiente:

Se consideran una serie de impulsos binarios de entrada (unos pulsos muy estrechos) $X \sum_k (t - kT)$, $k = 0, \pm 1, \pm 2,$

... separados por un intervalo T.

Se representa este tren de impulsos en la figura 1.

X_k son de valores ± 1 representando la secuencia de 1 y 0.

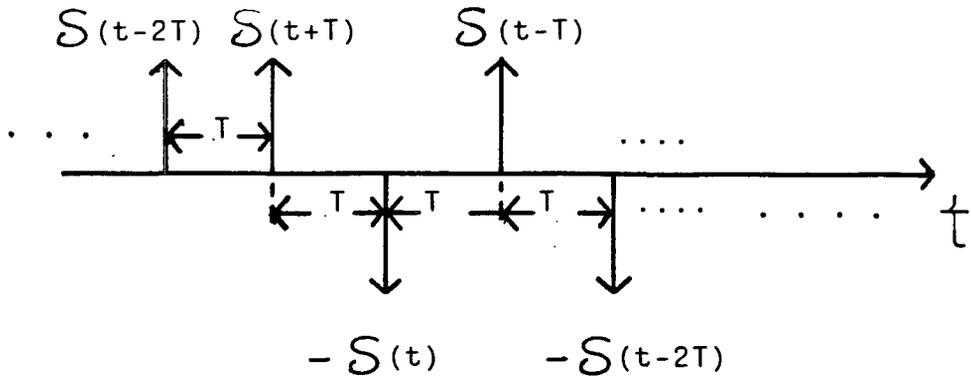


Figura 1

En un sistema binario normal sería ahora introducida la secuencia en un filtro de ancho de banda adecuado para producir la deseada transmisión de pulsos.

En el código duobinario se hace primero la suma de dos pulsos binarios antes de introducirla en dicho filtro regulador del ancho de banda que vamos a usar en la transmisión de la señal duobinaria.

Tendremos como consecuencia la suma designada por

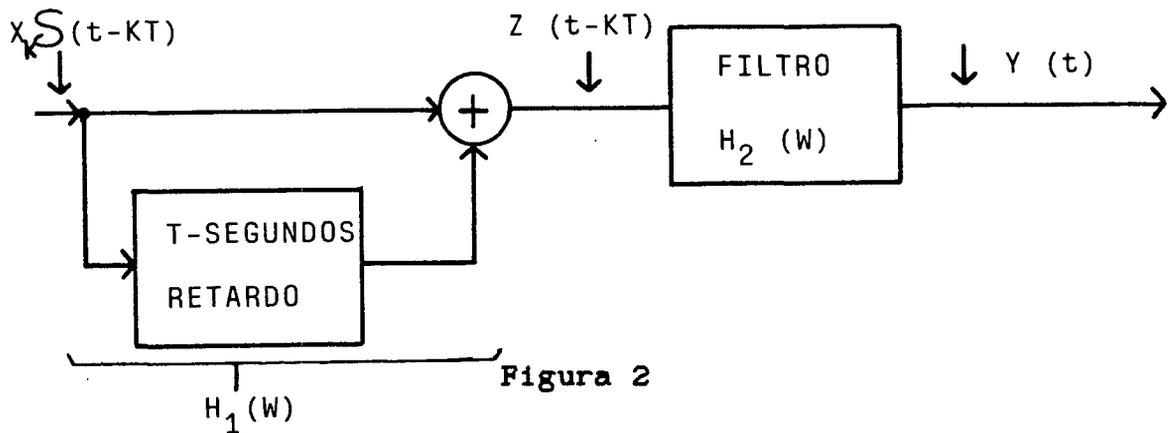
$$Z(t - kT) = \sum_k X_k S(t - kT) + \sum_{k-1} X_{k-1} S(t - [k-1]T)$$

$k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$

y $Z(t - kT)$ son impulsos que pueden tomar los valores $+2, 0, -2$. Después de esto la señal es introducida en el filtro. Un esquema de la generación de señales duobinarias se da en la figura 2.

Si consideramos el filtro como un filtro ideal de paso bajo al que le entran una serie de pulsos tendremos a su salida $y(t)$ una secuencia de picos a intervalos de T segundos y cuyas amplitudes son:

$$y_k = x_k + \bar{x}_{k-1} = 0, +2, -2$$



Pero la señal duobinaria sufre una modificación más, debida a que tal y como se ha descrito la formación de la señal, tiene un espectro que está centrado en el origen y en muchos sistemas de transmisión (por ejemplo instalación de teléfono), las señales continuas no pueden pasar por la presencia de transformadores. El punto de frecuencia cero es desplazado a la frecuencia de una portadora y esto significa que no interesa tener ninguna información en el punto 0 de la banda base.

El espectro de una señal duobinaria sin modificar se tiene en la figura 3 y después de sufrir la modificación que es necesaria, el espectro de la señal duobinaria se representa en la figura 4.

Para hallar el espectro de la señal duobinaria representado en la figura 3 debemos tener en cuenta que la función de transferencia $H(w)$ del sistema esta dada por $H_1(w)$ y $H_2(w)$, esto es, $H(w) = H_1(w) \cdot H_2(w)$.

Suponiendo que $H_2(w)$ es un filtro ideal de paso bajo de amplitud T, tendremos que calcular $H_1(w)$ para tener la función de transferencia de todo el conjunto.

La función de transferencia esta dada por

$$H_1(w) = 1 + e^{-j\omega T}$$

que viene a ser la suma de un pulso más otro desplazado en el tiempo.

Teniendo en cuenta la identidad

$$f(t) \cos \omega t = 1/2 [f(t) \cdot e^{j\omega t} + f(t) \cdot e^{-j\omega t}]$$

como tenemos $f(t)=1$

$$\cos \omega t = 1/2 [e^{j\omega t} + e^{-j\omega t}]$$

sacando factor común

$$2 \cos \omega t = e^{j\omega t} [1 + e^{-2j\omega t}]$$

$$2 \cos \omega t \cdot e^{-j\omega t} = [1 + e^{-j2\omega t}]$$

Tenemos por lo tanto

$$1 + e^{-j\omega T} = 2 \cos(\omega T/2) \cdot e^{-j\omega T/2}$$

como hemos dicho anteriormente $H_2(w)$ es un filtro ideal paso bajo de amplitud T tenemos

$$H(w) = H_1(w) \cdot H_2(w)$$

$$H(w) = 2T \cos(\omega T/2) \cdot e^{-j\omega T/2} \quad -1/2T < f < 1/2T$$

$$H(w) = 0 \quad |f(w)| > 1/2T$$

que viene a ser un espectro cosenoidal como el representado en la figura 3.

Para el caso del sistema de codificación duobinaria modificada tenemos

$$H(\omega) = \frac{1 - e^{-j2\omega T}}{1}$$

teniendo presente

$$\text{sen } \omega t = \frac{(e^{j\omega t} - e^{-j\omega t})}{2j}$$

deducimos

$$\begin{aligned} 2j \text{ sen } \omega t &= e^{j\omega t} - e^{-j\omega t} \\ 2j \text{ sen } \omega t &= e^{j\omega t} (1 - e^{-j2\omega t}) \\ 2j \text{ sen } \omega t \cdot e^{-j\omega t} &= (1 - e^{-j2\omega t}) \end{aligned}$$

teniendo $H(\omega) = H(\omega) \cdot H(\omega)$

$$H(\omega) = T \frac{1 - e^{-j2\omega T}}{2j \text{ sen } \omega T}$$

Tomando módulo

$$\begin{aligned} |H(\omega)| &= 2T \text{ sen } \omega T & -1/2T \leq f \leq 1/2T \\ |H(\omega)| &= 0 & |f| > 1/2T \end{aligned}$$

Con lo que esta función tiene el cero deseado en $f=0$ y está representada en la figura 4.

El nuevo esquema combina dos pulsos, para eliminar la componente continua. En este esquema pulsos separados dos periodos de distancia son restados. Este método se ve en la figura 5.

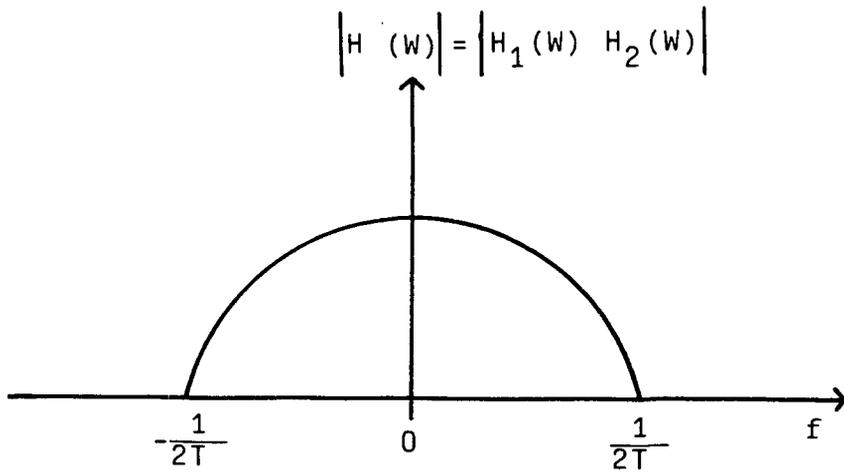


Figura 3

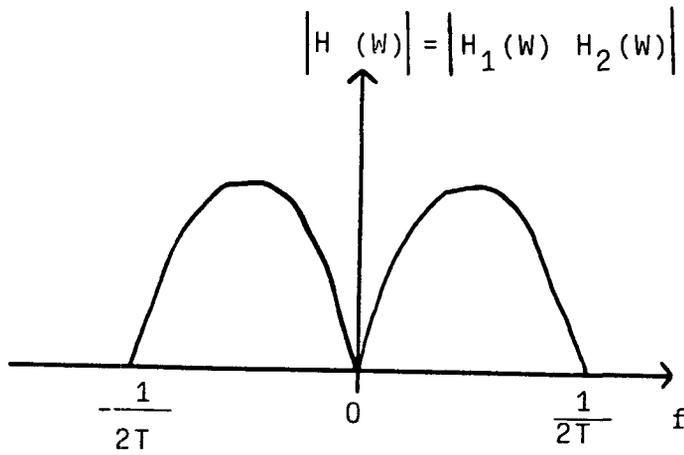


Figura 4

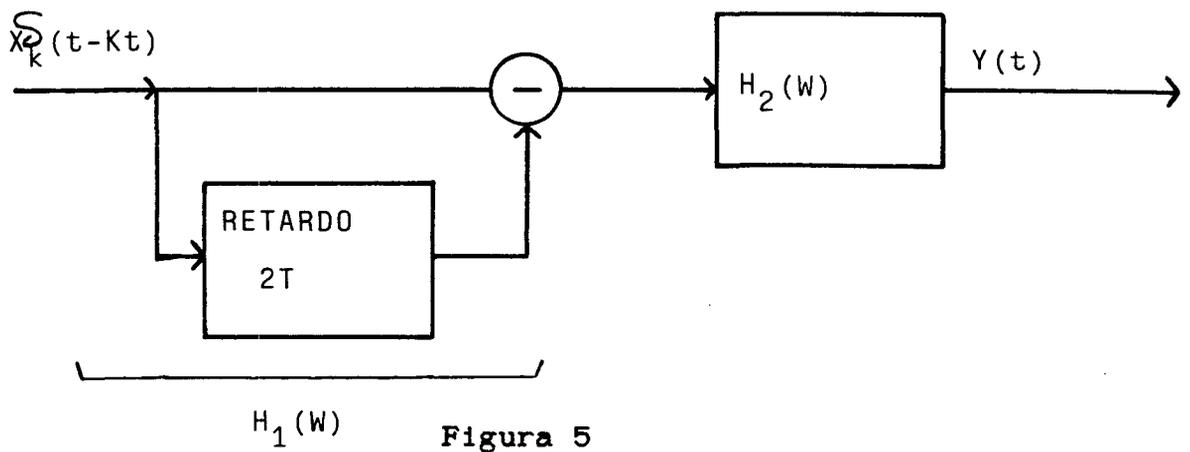


Figura 5

Aquí tendremos $Y_k = X_k - X_{k-2}$; de donde podemos observar que si $X_k = +1$, Y_k toma los valores 2, 0, -2. Si $X_k = 0$ ó 1, $Y_k = +1$ ó 0.

Como regla de decodificación tenemos la siguiente

$$\begin{aligned} X_k &= 1 \text{ si } Y_k = 1, 2 \\ X_k &= 0 \text{ si } Y_k = -1 \\ X_k &= X_{k-2} \text{ si } Y_k = 0 \\ X_k &= -1 \text{ si } Y_k = -2 \\ X_k &= X_k - X_{k-2} \end{aligned}$$

X_k	1, 0, 1, 1, -1, 1, 0, 0, -1, 1, 1, -1, -1, -1, 1, 1
X_{k-2}	1, 0, 1, 1, -1, 1, 0, 0, -1, 1, 1, -1, -1, -1, -1
Y_k	0, 1, -2, 0, 1, -1, -1, 1, 2, -2, -2, 0, 0, 2, 2

Para eliminar la posibilidad de propagación de errores se hacen preceder las dos técnicas anteriores de un paso llamado precodificación.

- Precodificación duobinaria: Para simplificar consideramos la amplitud de los valores X_k de valor 1 y 0.

Formamos la suma módulo 2 (or-exclusiva), y obtenemos $a_k = X_k \oplus a_{k-1}$, que se muestra en la figura 6.

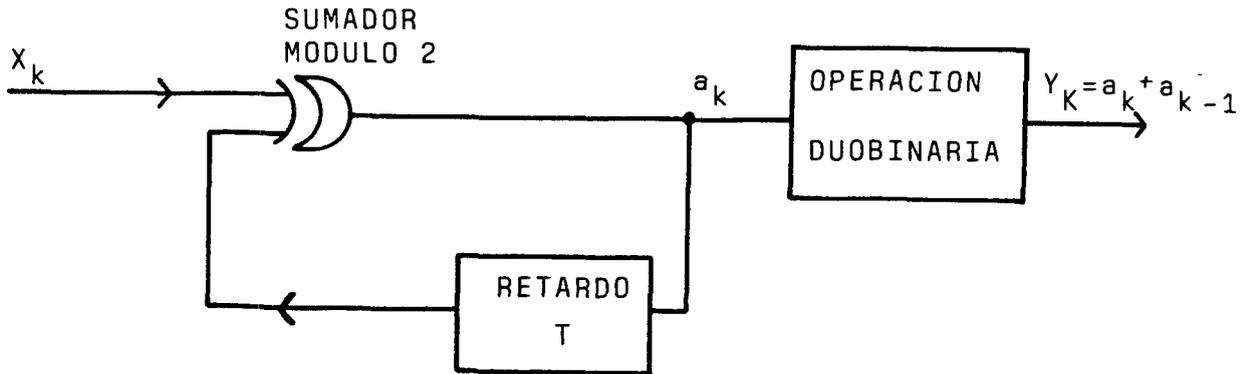


Figura 6

En este caso tendremos a la salida

$$Y_k = a_k + a_{k-1} = (X_k \oplus a_{k-1}) + a_{k-1}$$

Si $a_k = 0$ ó 1 , $Y_k = 0, 1, \text{ ó } 2$ y tenemos fijándonos en la fórmula anterior que $Y_k = 0$ ó 2 sólo puede ser si $X_k = 0$. Igualmente $Y_k = 1$ debe corresponder a $X_k = 1$. La regla de decodificación es simple y consiste en lo siguiente $X_k = Y_k \text{ mod-2}$. Con lo que cada valor depende del valor recibido en el momento por lo que el error no se puede propagar a otras muestras.

precodificación duobinaria:

A	B	\oplus
0	0	0
0	1	1
1	1	1
1	0	0

$$\begin{array}{l}
 X_k = 0 \qquad Y_k = 0 \text{ ó } 2 \\
 (0 + 1) + 1 = 1 + 1 = 2 \\
 (0 + 0) + 0 = 0 + 0 = 0
 \end{array}$$

$$\begin{array}{l}
 X_k = 1 \qquad Y_k = 1 \\
 (1 + 1) + 1 = 0 + 1 = 1 \\
 (1 + 0) + 0 = 1 + 0 = 1
 \end{array}$$

- Precodificación de sistema duobinario modificado: el procedimiento es el mismo que el anterior con el mismo fin de evitar la propagación de errores de una muestra a otra, pero aquí la suma en módulo-2 se hace entre dos señales separadas dos periodos con lo que la operación es la siguiente:

$$a_k = X_k \ominus a_{k-2}$$

La operación ahora se representa en la figura 7.

La salida viene dada por:

$$Y_k = a_k - a_{k-2} = (X_k \ominus a_{k-2}) - a_{k-2}$$

que puede tomar los valores +1, 0, -1. Se puede observar

que X_k puede ser extraída de Y_k tomando valor absoluto

$$X_k = \left| \frac{Y_k}{2} \right| = Y_k \text{ mod-2}$$

$$Y_k = 0, 1, -1$$

$$X_k = 1 \qquad (1 + 0) - 0 = 1 - 0 = 1$$

$$(1 + 1) - 1 = 0 - 1 = -1$$

$$X_k = 0 \qquad (0 + 0) - 0 = 0 - 0 = 0$$

$$(0 + 1) - 1 = 1 - 1 = 0$$

$$X_k = \left| \begin{array}{c} Y \\ k \end{array} \right|$$

y así vemos que cada valor binario recibido depende de sí únicamente evitando también en este caso la transmisión de error de una muestra a otra.

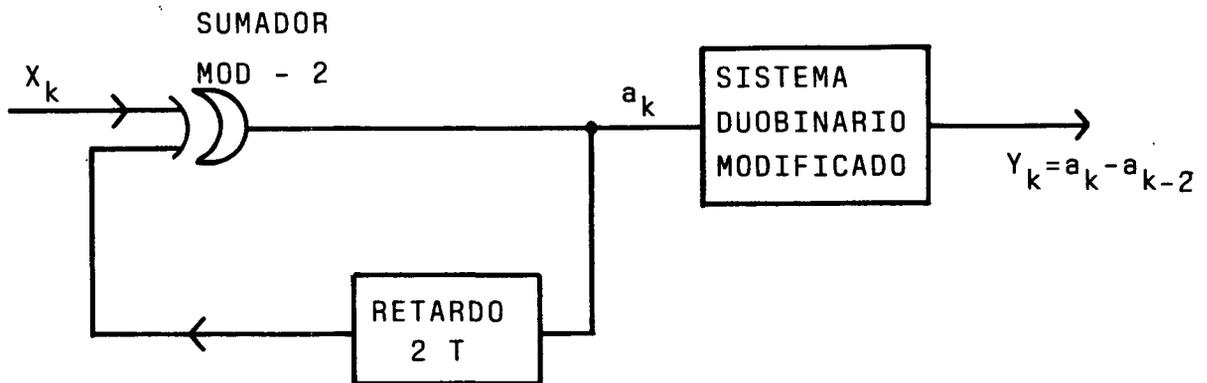


Figura 7

La codificación duobinaria que aplicamos a la señal digital D y D_2 tiene como finalidad el evitar la propagación de errores de una muestra a la otra, haciendo independiente el valor de la muestra que recibimos en un

instante dado de los valores que la preceden.

ANEXO VI

ALEATORIZACION

Este término es la traducción al castellano que se ha adoptado del término inglés, SCRAMBLING (que significa barajar, revolver, extender irregularmente).

Para aplicar esta aleatorización a una transmisión digital se deben tener en cuenta algunas cuestiones relacionadas con la señal de RF modulada.

Por un lado la banda base digital, que no es otra cosa más que un flujo binario que modula la portadora, debe tener un número de transmisiones determinado para que de esta forma podamos extraer una señal de temporización fiable para poder demodular la señal en el receptor. Aquí debemos tener en cuenta que si tenemos secuencias de 1,5 o 0,5 se perturbará el sincronismo.

Por otro lado el espectro de la señal que emitamos, no debe contener líneas o componentes espectrales de un nivel tan elevado que puedan producir interferencias en otros radiocanales próximos.

En sistemas digitales normalmente hacemos una codificación de la señal para asegurar que existan las transiciones anteriormente citadas para poder extraer la señal de sincronización, pero esta codificación no impide que se produzcan señales periódicas.

Si tenemos una señal digital que es de forma aleatoria, obtendremos una energía que estará repartida de forma uniforme, reduciéndose de esta forma la densidad de potencia en el espectro correspondiente.

Si tenemos una señal que nos presenta secuencias periódicas, en el espectro aparecerán líneas espectrales remarcadas que podrían rebasar el nivel que deseamos.

Este último caso debemos intentar que no suceda porque se pueden producir interferencias en los radiocanales próximos, también podría suceder que el PLL del receptor que nos sirve para reconstruir la portadora se enganche a una línea espectral que no sea adecuada o dificultaría la recuperación de la señal de sincronismo.

En resumen las técnicas de aleatorización lo que intentan conseguir es evitar la elevada potencia de las líneas del espectro. La técnica de aleatorización lo que hace es multiplicar la frecuencia de repetición o la periodicidad de la señal de entrada por la frecuencia de repetición o periodicidad del código utilizado. Esto se hace así basándose en que si tenemos una mayor longitud de código generado por el generador de código pseudoaleatorio, tendremos una menor frecuencia de repetición o periodicidad de salida.

El esquema básico para producir la aleatorización funciona de la siguiente manera:

El flujo de datos que queremos aleatorizar antes de

aplicarle la codificación de transmisión para mandarlo al
 modulador, pasará por un registro de desplazamiento de n
 bits. En dicho registro se encontrarán los últimos n bits
 recibidos de la señal de entrada, obtendremos una serie de
 secuencias, mediante conexiones internas, a la salida del
 registro de desplazamiento con una longitud mínima $L=2^{n-1}$
 veces la duración de un bit que la designaremos por T con
 lo que tendremos como frecuencia máxima de repetición la
 inversa del periodo $1/LT$. Esta salida es función de los
 datos que entran, y será realimentada sumándose a la señal
 de entrada en módulo 2. Con esto se consigue que la señal
 de datos que ataque al modulador tenga una longitud mínima
 de secuencia repetitiva $2L$ bits que viene a ser lo mismo
 que una frecuencia máxima de repetición $1/2LT$.

En el receptor tendremos que realizar el proceso
 inverso al hecho en el emisor. En la figura 1 se hace un
 esquema simplificado del aleatorizador y del
 desaleatorizador.

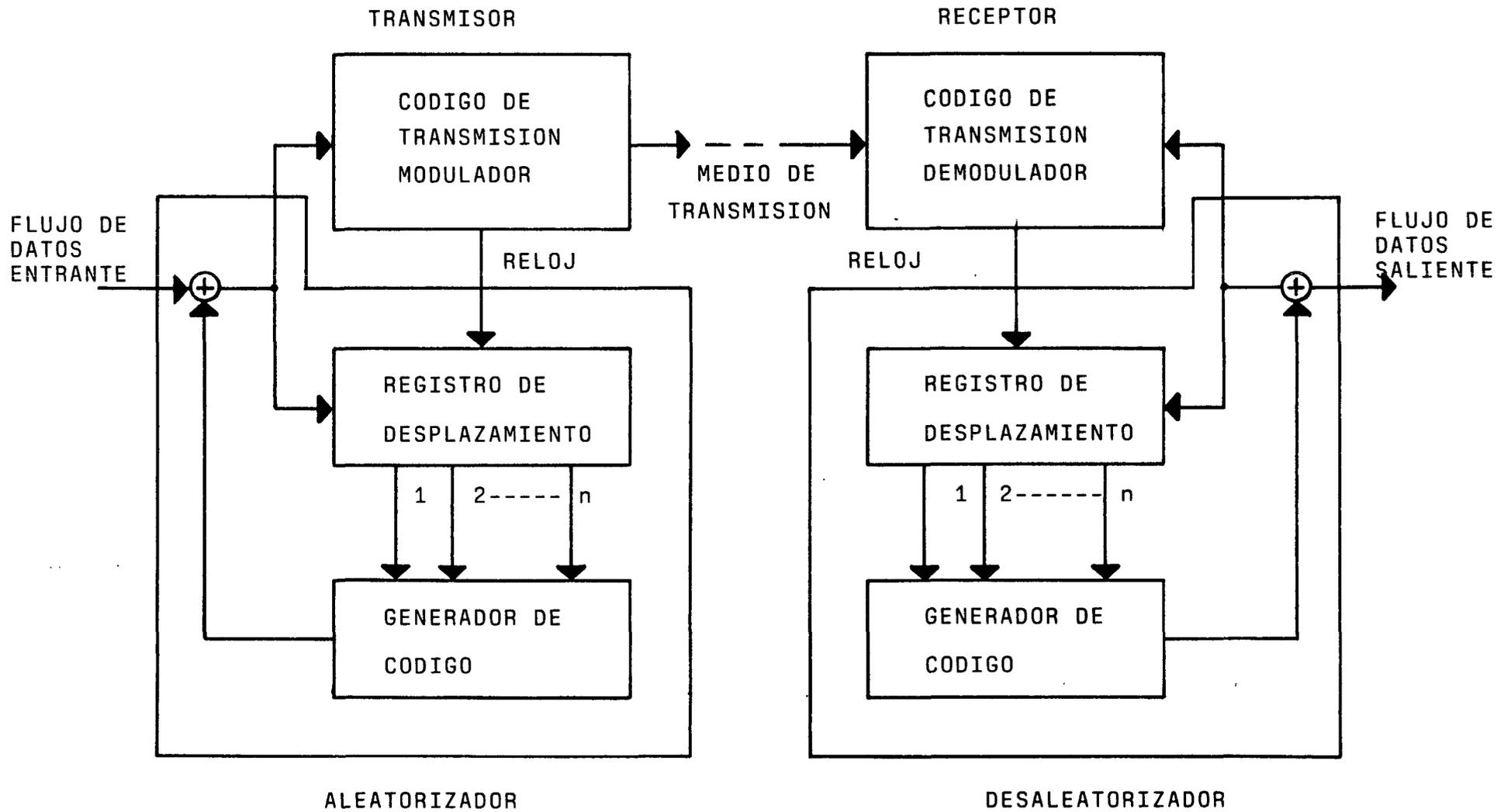


Fig. 1

ANEXO VII

CODIGOS CICLICOS DE CONTROL DE ERRORES DE TRANSMISION

Los códigos cíclicos están basados en la división (módulo-2) de polinomios. Cada código cíclico está caracterizado por un polinomio $G(x)$ de orden r y coeficientes 0 y 1. La trama que se quiere transmitir se interpreta como los coeficientes de un polinomio y se divide por $G(x)$. El residuo de la división es la redundancia que se añade a la trama y está constituido por r bits. En recepción se divide de nuevo la trama por $G(x)$ y el residuo obtenido se compara con la redundancia añadida, si no coinciden, la trama es errónea. Los circuitos que se utilizan como divisores son registros de desplazamiento con realimentaciones adecuadas.

En nuestro caso es el código cíclico de Golay (23,12) que puede corregir hasta tres errores en 23 bits.

El código está completamente definido por su polinomio generador:

$$G(x) = x^{11} + x^{10} + x^6 + x^5 + x^4 + x^2 + 1$$

Esta configuración constituye un código sistemático; que viene a ser que la palabra de código $M(x)$ formada por 23 bits consta de 12 bits de información útil (polinomio $m(x)$: dirección + índice de continuidad) seguidos de 11 bits redundantes, determinados como el resto cuando el

polinomio $x^{11} m(x)$ se divide por el polinomio generador $G(x)$.

Si tenemos (abcdefghjk) como los diez bits de la configuración de dirección (lm) los dos bits de la configuración de índice de continuidad, y (pqrs tuvw xyz) los once bits redundantes.

Serán:

$$m(x) = ax^{11} + bx^{10} + cx^9 + \dots + jx^3 + kx^2 + lx + m$$

$$M(x) = ax^{22} + bx^{21} + cx^{20} + \dots + jx^{14} + kx^{13} + lx^{12} + \dots + yx + z$$

$$y \quad x^{11} m(x) = q(x).G(x) + r(x)$$

$$M(x) = x^{11} m(x) + r(x) = q(x).G(x)$$

por lo que tenemos que el código $M(x)$ transmitido es un múltiplo del polinomio generador.

La operación de codificación se puede llevar a cabo de dos formas diferentes:

- Realizando la operación de división.
- Calculando el resto $r(x)$, pero utilizando las ecuaciones booleanas que se exponen en la página siguiente:

$$\begin{aligned}
p &= a + c + f + j + k + l + m \\
q &= a + b + c + d + f + g + j \\
r &= b + c + d + e + g + h + k \\
s &= c + d + e + f + h + j + l \\
t &= d + e + f + g + j + k + m \\
u &= a + c + e + g + h + j + m \\
v &= a + b + c + d + h + l + m \\
w &= a + b + d + e + f + k + l \\
x &= b + c + e + f + g + l + m \\
y &= a + d + g + h + j + k + l \\
z &= b + e + h + j + k + l + m
\end{aligned}$$

En la recepción después de haber realizado la división de la trama de datos útiles $G(x)$, que caracteriza el código cíclico de Golay, se compara el resto de dicha división con los datos redundantes que son 11 bits que se habían introducido en la emisión después de haber realizado la misma operación. Si el resto de esta operación no coincide con dicha redundancia nos indica que se ha cometido un error de transmisión.

El código de Golay permite corregir 3 errores en un grupo de 23 bits evitando de esta forma, que en el decodificador se arrastre el error y al final perjudique de tal forma que se lleguen a perder paquetes al no decodificar de forma correcta su dirección.

Con esta pérdida de paquetes si no es un gran número no se notará, pero si es un gran número de paquetes el

servicio se vería afectado de forma notable, de ahí que la protección de la dirección sea tan importante al ser de la que depende la decodificación de un paquete completo de un servicio determinado.

ANEXO VIII

SENALES TEST

Suele ser una práctica habitual el insertar señales de prueba en el intervalo de supresión de trama de las señales de televisión.

Con dichas señales se pueden hacer hacer medidas de calidad de transmisión y controlar y corregir las características de los circuitos de transmisión.

Pueden insertarse o suprimirse señales en el intervalo de supresión de trama de una señal sin detrimento de la calidad de la imagen. Esta inserción o supresión puede hacerse por procedimientos electrónicos normalmente utilizados con otros fines en una cadena de televisión.

Estas señales especiales pueden utilizarse para:

- supervisión y medición de diversas características de transmisión (señales de prueba);
- transmisión de datos relativos a la explotación, tales como informaciones, instrucciones y telemando del equipo;
- transmisión del sonido y/u otra información.

Las señales especiales pueden clasificarse en dos categorías: señales utilizadas con fines internacionales y señales utilizadas con fines nacionales.

En la actualidad, las señales especiales internacionales se emplean para la supervisión y medición

de ciertos parámetros de los circuitos internacionales. Podrán insertarse también señales de sonido o de otra información en forma codificada. Las señales internacionales deberán ser insertadas por los organismos adecuados del punto de origen de los circuitos internacionales y sólo serán suprimidas o reemplazadas por los organismos de radiodifusión situados en el extremo del circuito internacional.

Las señales especiales nacionales se emplean actualmente para fines diversos, como la supervisión y medición de los parámetros de los circuitos de transmisión, el control automático y la corrección o la transmisión de datos. Podrán insertarse también señales de sonido o de otra información en forma codificada. Las señales especiales nacionales las insertan o suprimen los organismos interesados. En el caso de transmisiones internacionales, estas señales nacionales deberán suprimirse cuando así lo solicite un organismo situado en el extremo receptor del circuito internacional.

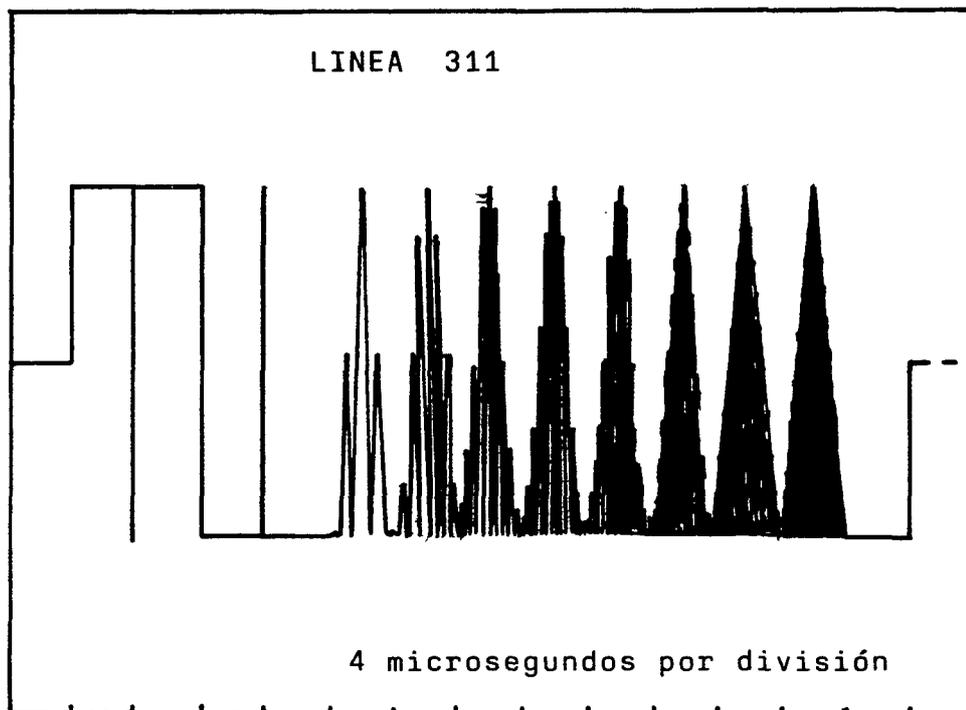
Las líneas test serán insertadas en la trama digital.

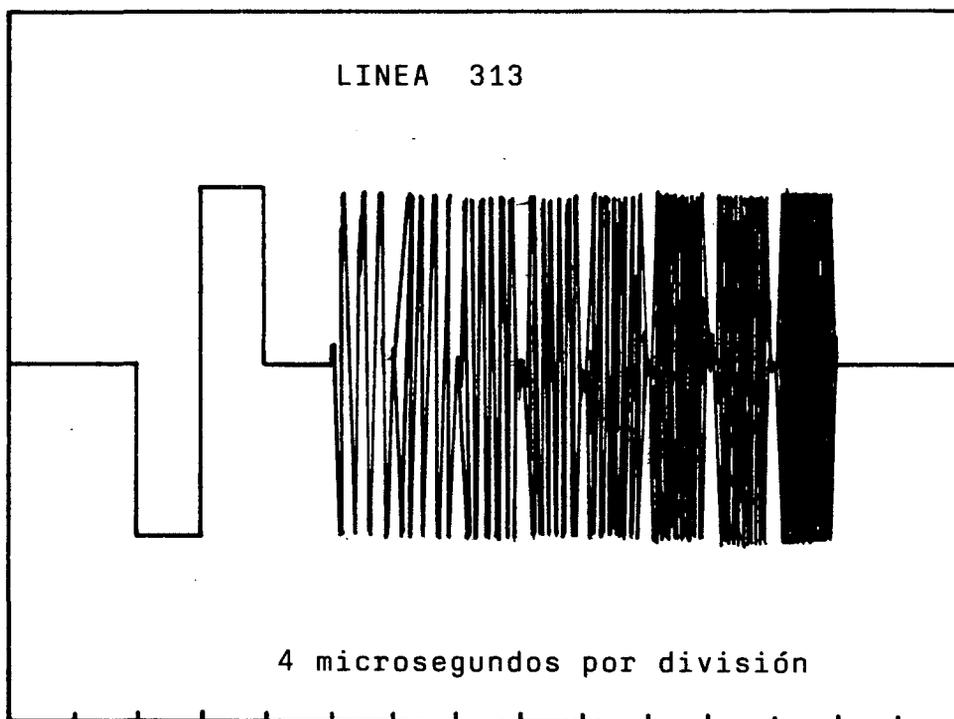
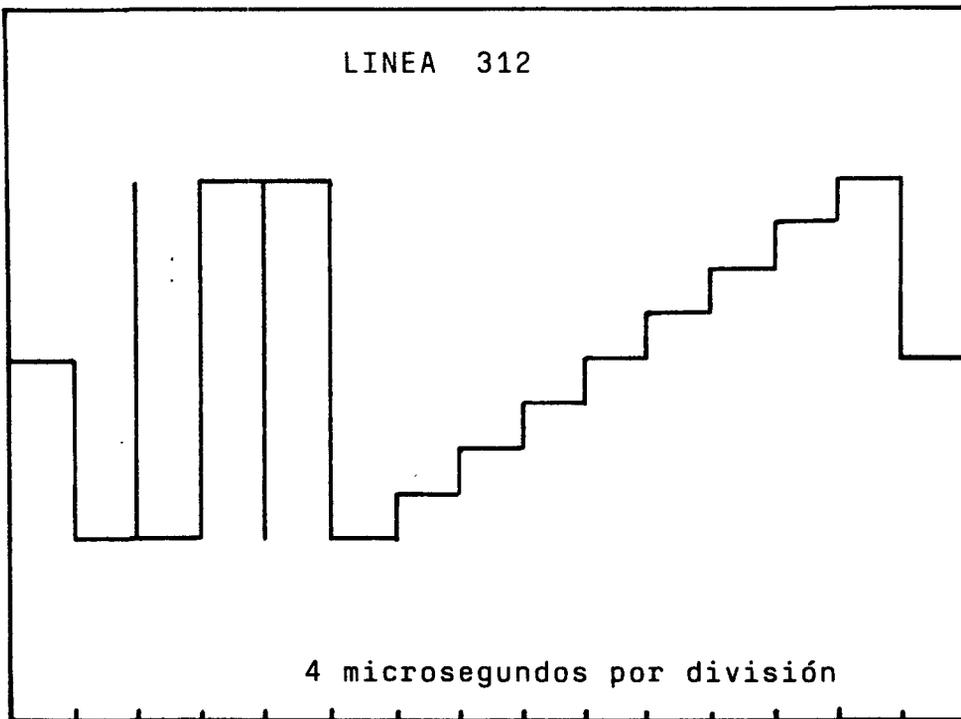
tiempos de propagación de grupo.

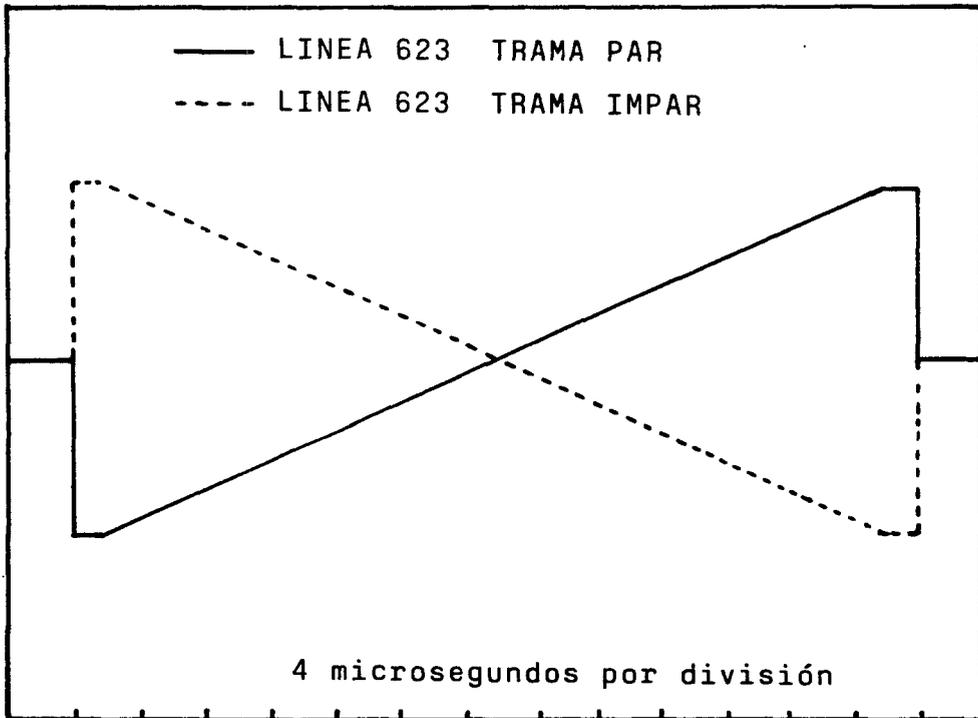
La línea 312 (escalera) comprende 8 peldaños de 125 mV permitiendo el medir la respuesta amplitud-amplitud.

La línea 313 (Multisalva) comprende 2 niveles de referencia y 8 salvas de 1 a 8 MHz. permitiendo medir la respuesta amplitud-frecuencia.

La línea 623 (rampa) comprende una rampa ascendente (trama par) permitiendo la medida automática de ruido de linealidad B.F..







ANEXO IX

CODIGO DE HAMMING

Aunque los sistemas digitales son bastante exactos, pueden surgir algunos errores que deben ser detectados cuando ocurren durante la transmisión de los datos. Un método simple de detección de errores usa el bit de paridad que es un bit extra que ayuda a detectar los posibles errores que pueden ocurrir durante la transmisión. Si ocurre un error durante la transmisión, el circuito detector de errores nos avisará, pero no corregirá el error.

Existen métodos más complicados que si corrigen los errores que se hayan producido durante la transmisión. Uno de estos es el código de Hamming.

Hamming que fue quien creó estos métodos, ha utilizado tests de paridad para construir códigos autocorrectores.

En este anexo se expondrá para el caso de un código capaz de corregir un solo error. Si tenemos una información de i dígitos binarios por transmitir, se añaden p dígitos de paridad, cada uno de los cuales se calcula en función de un cierto número de dígitos del mensaje constituido por $i + p$ dígitos. Se asocian p dígitos de test a los p dígitos de paridad. Si, después de la transmisión, la paridad no se satisface para un determinado dígito de paridad, se conviene en dar el valor

1 al dígito de test correspondiente; en caso contrario se le atribuye el valor 0. Se escoge p lo suficientemente grande para que los dígitos de test puedan codificar, o bien la ausencia de error (los p bits con 0), o bien la posición del error en el mensaje de $i + p$ dígitos, suponiendo que haya solamente uno. Una vez obtenida la posición del error, basta invertir el valor de dicho bit para obtener el mensaje correcto. La condición necesaria para que p dígitos de test, puedan codificar los $i + p$ bits del mensaje, detectando y corrigiendo un error, implica asociar a p un valor tal que verifique $2^p > i + p + 1$.

Los códigos autocorrectores de Hamming tienen el inconveniente de exigir la generación, proceso y transmisión de un número suplementario de bits, lo cual complica y encarece el sistema completo de comunicación. Como orientación se puede indicar que para garantizar la corrección de un bit en error, es preciso utilizar: para la transmisión de un bit de datos, 2 bits de paridad; para 4 bits de datos, 3 bits de paridad; para 11 bits de datos, 4 bits de paridad; para 26 bits de datos, 5 bits de paridad; para 57 bits de datos, 6 bit de paridad. Puede observarse que utilizando palabras de gran longitud, estos códigos pueden ser eficientes, mientras que para palabras de corta longitud, tal como las comunmente utilizadas (de 4, 8 16 bits), los códigos de Hamming implican un bajo rendimiento en la utilización del sistema.

Si en lugar de pretender corregir un solo error se pretenden corregir un número mayor de errores, el número de bits de paridad asociados crece rápidamente llegando a extremos que provocan una muy baja rentabilidad del sistema.

ANEXO X

MODULACION DE AMPLITUD EN BANDA LATERAL RESIDUAL

En las redes colectivas, la distribución de las señales no es posible enviarla en BIS (Banda Intermedia de Satélite) por lo que se deberá hacer en las gamas de frecuencias siguientes.

- VHF: - Banda III de 174 a 230 MHz. con canales de 8 MHz. de ancho de banda.
 - Interbanda de 120 a 450 MHz. con canales de 10,5 MHz. ó 12 MHz. de ancho.
- UHF: - Banda IV y V de 470 a 860 MHz. con canales de 8 MHz. de ancho.

El pequeño ancho de banda de los canales no permite la distribución en modulación de frecuencia y se deberá hacer en MA-BLR.

Las señales componentes de crominancia y la señal duobinaria no serán alteradas. En lo que concierne a la señal de luminancia, una reducción de banda pasante a 6 MHz se traduce después de la descompresión en un ancho de banda de 4 MHz. dando una pérdida de definición.

La señal duobinaria es mucho menos tolerante que la señal de luminancia. Una reducción de banda se traduce por un aumento del porcentaje de error no permitiendo la decodificación de la señal.

La modulación será una modulación positiva, esto es, que una transición de negro a blanco de señal de luminancia dará un aumento de la amplitud de la señal de entrada del receptor.

Otra característica importante para permitir el buen funcionamiento de los demoduladores sincronicos de los televisores, es que se garantice una amplitud residual residual minima.

Para la introducción en las redes, después de la separación de la polarización y la transposición en BIS, las señales son distribuidas a los selectores-demoduladores. Por cada canal la señal D2-MAC/paquetes modulará en MA-BLR una portadora en VHF, UHF o interbanda.

Estos canales serán multiplexados con los canales terrestres recibidos localmente y distribuidos.

ANEXO XI

TERMINOLOGIA

Canal de programa (red): Designa el conjunto de las señales difundidas en un canal de satélite en un instante dado (conjunto de las vías sonoras, de la imagen y del teletexto).

Servicio: Todos los productos audiovisuales propuestos en un canal de programa (servicio de radio, servicio televisual, servicio de teletexto,...).

Elemento de servicio: Elementos constitutivos de un servicio dado (imagen, sonido 1, sonido 2, teletexto de un servicio televisual).

Elemento de programa: Emisión propuesta por el servicio (nombre del programa).

BIBLIOGRAFIA

UNION EUROPEA DE RADIODIFUSION.

Documento SPB 352. Junio 1985.

UNION EUROPEA DE RADIODIFUSION.

Documento SPB 284. Junio 1985.

OTTO LIMANN

Fundamentos de televisión. Ed. Marcombo. 1983

MARCOMBO S. A.

Interconexión de microprocesadores. Ed. Marcombo. 1983

TOMAS BETHENCOURT

Teoría y técnica de la televisión en color. IORTVE.
1978.

B. P. LATHI

Sistemas de comunicación. Ed. Limusa. 1980.

PEDRO FORTET ROURA

Transmisión de la información.

JOSE LUIS TEJERINA

La norma de la UER para televisión por satélite.
Revista "Radio y Televisión". 1985

RTVE

Sistemas de televisión para la difusión por
satélite Documento número 74 de RTVE.

JOSE R. CAMBLOR FERNANDEZ

Radiodifusión directa por satélite: necesidad de una
norma única de emisión. Revista "BIT-83".

H. MERTENS Y D. WOOD

El sistema C-MAC/paquetes para la televisión directa
por satélite. Revista técnica de la UER. Junio 1983.

MC. GRAW HILL

Principios digitales.

MC. GRAW HILL

Information transmission, modulation and noise.

UER

Documento técnico 3258-E.