

SIMULACION DIGITAL CON TOPSIM DE UN SISTEMA TCM-8PSK CON ESTRATEGIA DE RECEPCION INUSUAL

M.H.Capillas Diosdado J.A.Delgado Penín J.Serrat Fernández  
Detm. TSC-Lab.Com.Digitales-Campus Nord UPC-D4-ETSETB-Apdo.30.002  
08080 Barcelona

ABSTRACT

An 8 state TCM-8PSK system is analyzed by simulation techniques. It is proposed a system model where trace-back decoding is used. Simulation results using TOPSIM III are presented. The system error rate is evaluated and compared with uncoded QPSK on gaussian channel, and 3 dB coding gain is obtained for a bit error rate of  $10^{-5}$ .

INTRODUCCION

Los sistemas de transmisión digital con canales de banda limitada empiezan a diseñarse con redundancia en las constelaciones de señal en vez de usar sólo codificación de canal. La idea más sobresaliente en este tema se debe a Ungerboeck (2), que utilizó el concepto del "trellis" inherente a la codificación de canal convolucional para construir lo que hoy se conoce como familias de señales TCM (Trellis-Code Modulation). La dificultad de análisis de estos esquemas es manifiesta si se pretende hacer de manera analítica por lo que se recurre a la simulación digital mediante ordenador.

La simulación es una herramienta que facilita el análisis y el diseño con un mínimo de base analítica. En esta comunicación se hace uso de resultados obtenidos con el paquete de logicial TOPSIM III (Torino Politecnico Simulator). (1)

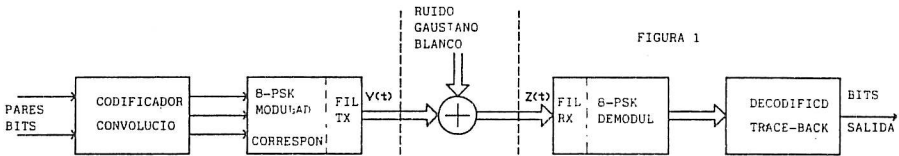
El conjunto de programas construido con un lenguaje de "Alto nivel" es un lenguaje de procedimiento que facilita el diseño de nuevos bloques. La clave del diseño de programas TOPSIM reside en la facilidad que posee el diseñador para definir su modelo de simulación mediante la escritura de una secuencia de sentencias que representan: entradas, salidas y parámetros de bloque representativos de un sistema a simular. Tanto las señales como los sistemas se representan y procesan en el dominio temporal haciendo uso de conceptos propios de la señal analítica. La presencia de otros bloques como codecs, bloques de salida, bloques de medida, etc. utilizan conocimientos de teoría de la codificación y de estadística.

En el apartado que sigue se describe un modelo de sistema TCM con modulación de fase discreta y utilizando un código óptimo de Ungerboeck. Los resultados preliminares que se presentan consideran un canal gaussiano con presencia de filtros. El receptor puede o no puede contemplar cuantización de la señal demodulada y utilizar una estructura poco usual (subóptima); pero rápida si se compara con otras existentes en la literatura.

Los apartados siguientes esbozan detalles relativos a la simulación del sistema. Cierra esta comunicación un conjunto de resultados obtenidos mediante la metodología arriba indicada.

MODELO DE SISTEMA

La figura 1 representa un diagrama funcional de bloques del sistema que se considera en esta comunicación.



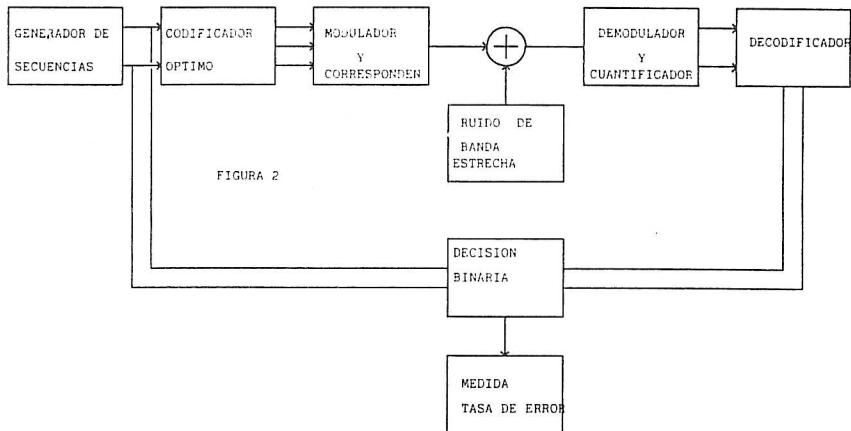
Consta del tren de bits procedentes de una fuente de datos, los cuales a través de un convertidor serie-paralelo son introducidos en un codificador convolucional óptimo en el sentido que entiende Ungerboeck(1); el codificador es del tipo 2/3. Las salidas del codificador pasan con una correspondencia prevista en (2) a un bloque que realiza la modulación de fase a través de ocho fases discretas. La salida del modulador se introduce a un canal que contempla dos alternativas: la primera es un canal aditivo gaussiano y de banda limitada por filtros de Butterworth en transmisión y recepción.

La etapa receptora contempla varias situaciones. La primera consta de un esquema demodulador PSK de 8 fases que entrega las componentes en fase y en cuadratura demoduladas con sincronismos ideales; pero con filtros paso bajos de Butterworth. Estas salidas son entregadas a un decodificador de Viterbi que trabaja con verosimilitudes y de manera subóptima utilizando la técnica del "trace-back" (3).

Con la decodificación "trace-back" no se almacenan las secuencias de información en un instante dado (secuencias actuales), sino que lo almacenable son los resultados de cada comparación (bloque ACS). Después de procesar una cierta cantidad de ramas ( en el "trellis"), las conexiones del "trellis" son reclamadas en el orden inverso en el que fueron almacenadas y se traza (trace-back) el camino a través del diagrama de "trellis". Con este método pasa a ser importante el retardo de decodificación, por lo que es necesario evaluar la longitud de la memoria de decodificación. Aquí se han probado valores comprendidos entre 25 y 50 intervalos de señalización (símbolos)

MODELO DE SIMULACION

La figura 2 muestra un diagrama de bloques utilizando el entorno Topsisim



El tren de bits se genera por un bloque TOPSIM(T) denominado PNSEQ. Dicho tren pasa un bloque S/P sencillo que facilita la entrada a un bloque creado para el codificador óptimo. La salida es ordenada según una tabla numérica entera y mediante un interfaz se accede al bloque T de modulación BPSK.

De acuerdo con lo comentado mas arriba puede considerarse un bloque T correspondiente a un filtro Butterworth o pasar directamente a sumar la señal de salida del modulador con el ruido de banda estrecha (bloque T). En el caso de utilización de filtrado, la señal recibida viene afectada por el producto  $B \cdot T$  que pasa a ser un parámetro importante.

La señal recibida es demodulada con un bloque T que no es ideal; sólo los sincronismos de portadora y de símbolo se consideran ideales. El llamado decodificador de Viterbi fue creado totalmente dadas las características del sistema y consta de tres partes: bloque de cálculo de las métricas de rama y camino; bloque para realizar el procedimiento ACS; bloque para realizar el procedimiento de decodificación "trace-back".

La salida del demodulador se entrega en dos vías que pueden o no pueden ser cuantizadas (bloques creados) a valores superiores a 64 niveles. En esta salida pueden realizarse controles.

Las dos salidas que se obtienen del receptor denominado de Viterbi son introducidas en un bloque de comparación; pero realizando previamente una corrección del retardo de los bits procedentes del bloque PNSEQ.

Las medidas de tasa de error en el bit se realizan mediante la técnica de conteo de los errores, para lo cual se dispone de un bloque T. Las pruebas se han realizado considerando 2 millones de bits de fuente.

### SIMULACION TOPSIM III

La construcción de un programa Topsisim III puede hacerse por parte de un usuario de diferentes maneras a condición de que mantenga una estructura de sintaxis propia de Topsisim.

La Tabla 1 es un ejemplo de un listado utilizado en los resultados que se presentan

TABLA 1

INITIAL	DYNAMIC
NS=8	L2A:=PNSEQ(.....)
TS=1	L3C:=TCM8CO(.....)
DELTA=TS/NS	V2:=PSKMOD(::~::~)
NDEP=50	XNS:=NBWN(.....)
FINTIM=NDEP*TS+1000	XCKD:=CLOCK(.....)
NDEG=15	XREF:=SIGGEN(.....)
NGEN=1	YP,YQ,L3N:=PSKDEM(.....)
NBITS=2	L2VT:=TCM8DC(.....)
NSINC=0	L2IN:=DDELAY(.....)
NPH=8	E=ABS(.....)
FO=1000	MEASURE EPENUM(T1,.....,E)
AMP=1	END
IX=1	
PARAMETER=4.,5.,...9.	
NSY=NS/2	
T1=NDEP*TS	

La estructura del programa queda determinada por la sección INITIAL, en la que se definen las constantes y variables a utilizar, y la sección DYNAMIC en la que se especifica el sistema y las medidas a efectuar sobre el mismo.

En la sección INITIAL aparecen el período de señalización(TS); el nº de muestras que se toman en dicho período(NS);el período de muestreo(DELTA); el tiempo en que debe finalizar el programa(FINTIM); el tiempo a partir del cual empezarán a efectuarse las medidas definidas mas adelante(T1).

En la sección DYNAMIC que es secuencial con la anterior posee la estructura secuencial propia de Tpsim finalizando con un bloque de medida EPENUM.

### RESULTADOS Y CONCLUSIONES

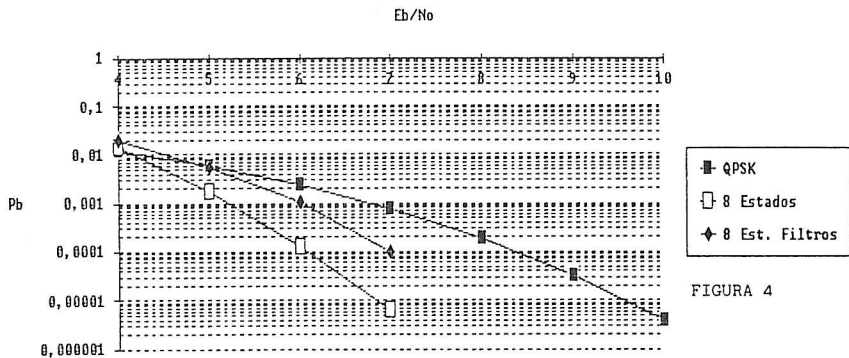
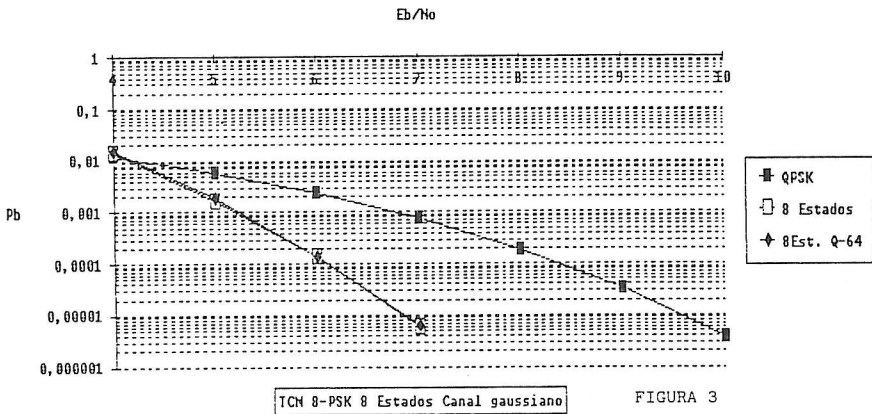
En la figura 3 se presentan curvas de comportamiento de la tasa de error en el bit vs  $E_b/N_0$  para tres situaciones.El sistema TCM es contemplado en situación ideal(precisión de la máquina que se usa ) y con una cuantificación de 64 niveles que pueden ser ampliados(situación que se ha estudiado aunque no se presenten resultados en esta comunicación).Puede observarse que no se modifican las curvas en canal ideal.La confrontación se hace con el sistema QPSK disponible en TOPSIM(no ideal) y puede observarse la ganancia de codificación salvo para valores pequeños de tasa de error.

La figura 4 muestra tres familias de curvas con objeto de observar el efecto de los filtros sobre el sistema TCM.El sistema ha sido optimizado bajo la perspectiva del producto  $B_{eq} \cdot T$  con filtros de Butterworth.En este caso la ganancia de codificación oscila entre 1 dB y 2 dB para valores usuales en transmisión sin presencia de fading selectivo.

Los ciclos de simulación utilizaron como fuentes 2 millones de bits y la profundidad máxima considerada en la memoria de decodificación fue de 50 símbolos.Estos resultados son similares a los publicados en la literatura reciente como puede observarse si se confrontan con los de Ungerboeck.

BIBLIOGRAFIA

- (1) M.A. Marsan, Biglieri, Benedetto, Castellani, Pent, Elia, LoPresti  
 "Digital simulation of communications systems with TopsisimIII", IEEE Journal on SAC, vol. SAC-2, N°1, Enero 1984, pags. 29-41
- (2) G. Ungerboeck, "Channel coding with multilevel/phase signals", IEEE Trans. on Information Theory, vol. IT-28, Enero 1982, pags 56-67
- (3) G.C. Clark, J.B. Cain, "Error-correction coding for digital communications" ed. Plenum-Press, 1981, pags. 231-242; 253-263.



TCM 8-PSK 8 Estados canal Gaussiano, filtros de transmisión y recepción de 20º orden, optimizados a nivel de  $B_{eq} \times T_s$  (1,07)