

# RESUELTAS

## LABORATORIO DE TELEMÁTICA 2.

### PRÁCTICAS DE LABORATORIO

DPTO. DE MATEMÁTICA APLICADA Y TELEMÁTICA



The Almagest - Ptolemy 0.7

**Autores (por orden alfabético):**

**Mónica Aguilar Igartua**

**Juan José Alins Delgado**

**Carles Badenes Montoliu**

**Jordi Forné Muñoz**

**Juan Luís Gorricho Moreno**

**Xavier Hesselbach Serra**

---

<b>Asignatura:</b>	Laboratorio de Telemática II.
<b>Departamento:</b>	Matemática Aplicada y Telemática.
<b>Cuatrimestre:</b>	3B
<b>Créditos:</b>	3 de Laboratorio.
<b>Carga de trabajo por estudiante:</b>	2h/semana.

---

**Laboratorio utilizado:** Laboratorio de Diseño de Sistemas Telemáticos. Sótano Módulo C3.

**Profesor coordinador:** Mónica Aguilar Igartua

**Profesores de la Asignatura:** Mónica Aguilar Igartua, Juan José Alins Delgado, Jordi Forné Muñoz, Juan Luis Gorriacho Moreno, Xavier Hessebach Serra, Eduard Sallés Aromir.

**Conocimientos previos:** Cursar en paralelo Transmisión de Datos.

#### Objetivos generales:

- Conocer los conceptos básicos y la terminología de la Transmisión de Datos, a través de la experimentación.
- Conocer y manejar un entorno de simulación.
- Diseñar un sistema elemental.
- Evaluar y discutir los principales parámetros de un sistema de Transmisión de Datos.

#### Contenidos básicos:

- Análisis de los elementos básicos de las redes de área local. Arquitectura TCP/IP.
- Entorno de simulación *PTOLEMY*.
- Diseño de los distintos elementos que componen el sistema: emisor, canal y receptor.
- Manejo de las distintas técnicas y parámetros de bondad que intervienen en el diseño de los subsistemas (Diagrama de ojo, tasa, error cuadrático, probabilidad de error, etc.).

#### Método de evaluación de la asignatura:

La evaluación se realiza de forma continua durante todo el cuatrimestre basándose en:

- Estudios previos de las prácticas: Obligatorios para ser evaluado.
- Evaluación continuada del trabajo personal del alumno en el laboratorio (10%).
- Respuestas a los cuestionarios de prácticas (30%).
- Controles (60%).

#### Temario de la asignatura:

##### 1.- Entorno UNIX

###### 1.1. Entorno UNIX.

##### 2.- Introducción al Entorno de Simulación *PTOLEMY*

- 2.1. Bloques funcionales. Librerías del simulador. Editor gráfico de diagrama de bloques.
- 2.2. Estudio de las señales. Simulación de un canal Gaussiano.
- 2.3. Parámetros de bondad. Diagrama de ojo.

3.- Pulsos de Nyquist

- 3.1 Estudio de los diferentes pulsos de Nyquist.
- 3.2 Pulsos de Respuesta Parcial. Interferencia Intersimbólica Controlada. Codificación Duobinaria.

4.- Sistema de Transmisión de Datos en Banda Base.

- 4.1. Diseño del Sistema de Transmisión de Datos basado en los filtros Paso Bajo, Coseno Alzado, Duobinario.
- 4.2. Interferencia Intersimbólica. Diagrama de Ojo.
- 4.3. Diseño del muestreador y del elemento de Decisión.
- 4.4. Simulación del Sistema. Tasa de Errores.
- 4.5. Comparación de Prestaciones.

5.- Ecualización

- 5.1. Forzador de Ceros, Inversor de Canal, Ecuализador Óptimo. Distorsión de Pico. Distorsión Cuadrática Media
- 5.2. Modulación en Banda Trasladada. Constelaciones
- 5.3. Ecuализadores Adaptativos. Velocidad de Convergencia

**Bibliografía básica:**

- Lee-Messerschmitt. Digital Communications. Kluver, 1988.
- J. G. Proakis – D. G. Manolakis. Introduction to Digital Signal Processing, Macmillan, 1998
- B. Sklar. Digital Communications. Prentice Hall, 1988.

**Bibliografía complementaria:**

- WEB de soporte: <http://maite199.upc.es/~labt2>

**Otros materiales docentes:**

- Notas y cuestionarios de prácticas. CPET.

**Distribución de las 13 sesiones:**

P1	P2	P2	P3	P3	C1	P4	P4	P4	P4	P5	P5	C2
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Pi = Práctica i

Ci = Control i

# LABORATORIO DE TELEMÁTICA 2.

## PRÁCTICA 1

### ENTORNO UNIX



The Almagest - Ptolemy 0.7

**Autores (por orden alfabético):**

Mónica Aguilar Igartua  
Juan José Alins Delgado  
Carles Badenes Montoliu  
Jordi Forné Muñoz  
Juan Luís Gorricho Moreno  
Xavier Hesselbach Serra

## **OBJECTIU DE LA PRACTICA.**

Aquesta pràctica té com a objectiu el donar a conèixer a l'alumne un dels entorns de treball telemàtics més emprats, format pel sistema operatiu UNIX i l'arquitectura de comunicacions TCP/IP, també anomenada INTERNET. Aquest entorn permet que un o varis usuaris executin tasques dins una pròpia màquina o estació de treball en règim de multitasca i multiusuari. Alhora el conjunt de protocols TCP/IP interconnecta les estacions amb independència del medi físic utilitzat, facilitant el diàleg i la transferència d'informació entre elles.

A nivell d'objectius específics es vol que es coneixin:

- Les comandes bàsiques del sistema operatiu UNIX i un entorn de finestres.
- L'entorn de finestres OPENWINDOWS, operant sobre UNIX.
- Els serveis que proporciona TCP/IP a nivell d'usuari com són transferència de fitxers i terminal virtual.

## **1. ENTORN UNIX.**

### **1.1. TOPOLOGIA DE LA XARXA.**

La pràctica es farà mitjançant 10 estacions de treball connectades a través d'una xarxa d'àrea local Ethernet. Els alumnes disposaran d'una estació de treball per parella.

Les estacions de treball són totalment compatibles amb les SPARC de SUN. La seva configuració i prestacions són les següents:

- 64 MB de memòria RAM
- 1 Floppy
- Disc dur de 848 MB
- Tarja gràfica SVGA de 1024\*768
- Pantalla color de 17"
- Relotge a 40 MHz
- MIPS 28,5
- MFlops 4,3

### A.2.2. Traffic.

El programa traffic mostra gràficament algunes de les característiques del tràfic que circula per l'ethernet, on està interconnectada l'estació de treball.

La informació es representa mitjançant finestres on es pot escollir la visualització del tràfic a nivell global de la xarxa (opció **load**), d'estacions individualitzades ja siguin font (**src**) o destí (**dest**), de protocols (**proto**) o del tamany dels paquets (**size**). També es poden afegir filtres, a l'estació destí o font.

La sintaxi de la comanda és **traffic [-h host]**, on **host** és el nom de l'estació on es fa la captura de protocols. Per defecte és l'estació local.

### A.2.3. Ping.

L'ICMP (Internet Control Message Protocol) és un protocol de la família TCP/IP encarregat de transportar missatges de control entre nusos de la xarxa. L'ICMP viatja encapsulat dins de l'IP, i aquest dins d'un protocol d'enllaç (en el nostre cas l'ethernet). L'ICMP manega diferents tasques de control, com són : Saber si un determinat nus està actiu, quina és la ruta entre un nus origen i un destí, el temps de propagació i resposta d'un datagrama, l'eco o retorn per part del destí del mateix datagrama emès per la font, etc.

Ping és un programa que, basant-se en les facilitats d'eco del protocol ICMP, envia paquets a una estació remota i aquesta els retorna cap a l'estació local per treure els temps d'anada i tornada, per traçar la ruta per on han circulat els paquets o per saber si el nus remot està actiu.

El programa s'executa mitjançant la comanda

**ping [-s] [-IrRv] host [packetize] [count]** on

**[-s]** S'envia un datagrama cada segon, notificant a l'usuari les incidències de cada paquet.

**[-I]** Pèrdua de ruta. Estableix un eco entre les estacions origen i destí.

**[-r]** Envia el datagrama directament al nus destí saltant-se la ruta preestablerta.

**[-Rv]** Ens mostra la ruta seguida pel datagrama.

**host** Nom del nus remot al qual ens volem comunicar.

**[packetize]** Mida del datagrama. Per defecte té 64 bytes

**[count]** Nombre de datagrames a enviar.

# LABORATORIO DE TELEMÁTICA 2.

## PRÁCTICA 2

### INTRODUCCIÓN AL ENTORNO DE SIMULACIÓN PTOLEMY



The Almagest - Ptolemy 0.7

**Autores (por orden alfabético):**

Mónica Aguilar Igartua

Juan José Alins Delgado

Carles Badenes Montoliu

Jordi Forné Muñoz

Juan Luís Gorricho Moreno

Xavier Hesselbach Serra

## PRÀCTICA 2: INTRODUCCIÓ A PTOLEMY

Aquesta és una petita introducció a l'entorn de disseny PTOLEMY, amb el que es realitzen les pràctiques de Laboratori de Telemàtica II. L'objectiu d'aquest document és aprendre a fer anar el PTOLEMY, conèixer les seves comandes bàsiques, construir un sistema senzill i, finalment, simular-lo.

### 0. PTOLEMY i PIGI

PTOLEMY és un entorn CAD (Computer Assisted Design) desenvolupat per la University of California at Berkeley que consta d'una sèrie de definicions de classes en C++. L'abast de PTOLEMY és molt gran, doncs pretén ser una eina d'ús general pel disseny i la simulació de tot tipus de sistemes, encara que nosaltres només el farem servir per sistemes de transmissió de dades síncrons. PTOLEMY és *freeware* i el codi en C++ de totes les seves rutines està a disposició dels usuaris. Existeix una interfície gràfica que permet treballar a un nivell més alt: *PTOLEMY Interactive Graphical Interface*, PIGI.

PIGI és tot un món, a dintre del qual s'ha de fer servir un llenguatge molt especialitzat, però té molts punts en comú amb altres entorns de simulació: els blocs funcionals són representats per icones, per facilitar la construcció de diagrames de blocs, i les icones s'organitzen en *palettes*, que és el nom que el sistema dóna a les seves llibreries. Cada *palette* o llibreria conté blocs que realitzen un cert tipus de funció: generadors de senyal, operadors aritmètics, blocs de processament de dades, etc. Juntant diversos blocs es poden aconseguir sistemes, també anomenats esquemàtics, capaços de dur a terme un ample ventall de funcions.

### 1. Notes biogràfiques sobre Tolomeu

El programa PTOLEMY pren el seu nom de Claudius Ptolemaeus o Tolomeu, astrònom, matemàtic i geògraf grec que va viure a Alexandria entre els anys 87 i 150 d.C. aproximadament. Tolomeu va sintetitzar i estendre el sistema geocèntric o Tolemaic de l'univers tal i com es conceixia en la seva època, i va proposar un mètode per calcular les posicions dels sis planetes coneguts (Mercuri, Venus, Mart, Júpiter, Saturn i el Sol, que es considerava també un planeta) mitjançant *epicicles* o òrbites esfèriques concatenades amb el seu centre a la Terra. El seu mètode va ser el més àmpliament utilitzat i el més



Menu	Heading	Command	Key	Description
vem	none	no command name	cntr-h	remove the last argument (point, box, etc.)
			del	remove the last argument (point, box, etc.)
			cntr-u	remove all arguments from the argument list
			cntr-l	(control lower case L) redraw the window
	System	open-window	o	open a new view into a facet
		close-window	cntr-d	close a window
		where	?	find the position of the cursor in oct units
		palette	P	open the color palette for editing icons
		save-window	S	save a facet
		bindings	b	display key bindings (single key accelerators)
		re-read		restore a facet to the last saved version
	Display	pan	p	move the view to be centered at a given spot
		zoom-in	z	zoom in for a closer view of a facet
		zoom-out	Z	zoom out
		show-all	f	rescale the schematic to fit the window
		same-scale	=	used to get two windows to use the same scale
	Options	window-options		adjust snap, grid spacing, etc.
		layer-display		selectively display colors
		toggle-grid	g	turn on or off the grid display
	Undo	undo	U	undo any number of previous changes
	Edit	create	c	create a line, icon, name, etc.
		delete-objects	D	remove selected objects from an icon drawing
		edit-label	E	modify a label in a schematic
	Selection	select-objects	s	add an object to the argument list for a command
		select-net	cntr-N	select a wire (net) connecting blocks
		unselect-objects	u	remove an object from the argument list
		transform	t	rotate or reflect an object
		move-objects	m	move an object in a schematic
		copy-objects	x	copy one or more objects in a schematic
		delete-objects	D	delete objects from a schematic
	Application	rpc-any	r	start a vem application (pigRpc is one)

A summary of the Ptolemy commands in the vem menu, which is obtained by clicking the middle mouse button without holding the shift button. The single-key accelerators for commands that have them are shown. The commands that are most useful for exploring the Ptolemy demos are shaded. More complete documentation can be found in chapter 19, "Vem — The Graphical Editor for Oct" on page 19-1.

Table 2-3. VEM menu

## **LABORATORIO DE TELEMÁTICA 2.**

### **PRÁCTICA 3**

### **PULSOS DE NYQUIST**



The Almagest - Ptolemy 0.7

**Autores (por orden alfabético):**

**Mónica Aguilar Igartua**  
**Juan José Alins Delgado**  
**Carles Badenes Montoliu**  
**Jordi Forné Muñoz**  
**Juan Luís Gorricho Moreno**  
**Xavier Hesselbach Serra**

## **NOTA:**

A CONTINUACIÓN, EL ALUMNO DISPONE DE LAS INSTRUCCIONES PARA COPIAR EN SU ZONA LOS FICHEROS CORRESPONDIENTES A LAS PRÁCTICAS 3, 4 Y 5.

- En primer lugar, el alumno deberá copiar todos los ficheros en su zona, mediante el comando *cp*:

```
telem2-4# cd
```

```
telem2-4# cp /home/pract/Lab_T2/T2profe/ficheros.tar ficheros.tar
```

```
telem2-4# tar xvf ficheros.tar
```

- El alumno dispone ahora del directorio PTOLEMY que a su vez contiene 3 directorios:
  - PRACT3: Contiene los ficheros de la práctica "Pulsos de Nyquist";
  - PRACT4: Contiene los ficheros de la práctica "Sistema de Transmisión de Datos";
  - PRACT5: Contiene los ficheros de la práctica "Ecuación".

## Práctica 3 Pulsos de Nyquist

### Introducción

En sistemas de transmisión digital en banda base donde el canal de transmisión impone un ancho de banda restrictivo respecto a la velocidad de señalización de la señal a transmitir, se deben utilizar técnicas para evitar que la distorsión de los pulsos transmitidos genere una interferencia intersimbólica excesiva.

Entre estas técnicas se encuentra la de escoger pulsos limitados en banda. En esta práctica se estudiarán los siguientes pulsos de ancho de banda limitada: el pulso paso bajo, el pulso coseno alzado y el pulso duobinario.

### Ancho de banda mínimo de Nyquist

Harry Nyquist estableció para un sistema de transmisión en banda base la siguiente relación:

Dado un canal ideal paso-bajo de ancho de banda  $B$ , es posible transmitir símbolos independientes a una velocidad  $\leq 2B$  sin interferencia intersimbólica. No es posible transmitir símbolos independientes a  $> 2B$ .

### Estudio del pulso de Nyquist paso bajo

Para el análisis de los pulsos de Nyquist paso bajo se propone evaluar su comportamiento tanto en el dominio temporal como en el dominio frecuencial. En primer lugar se plantea la realización del esquema que se presenta en la figura 3.1 para observar la forma de onda del pulso de Nyquist en el dominio temporal.

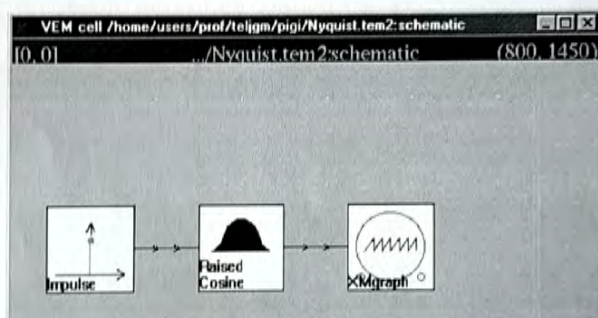


Figura 3.1

Como se observa de la figura, para simular un filtro paso bajo se utiliza un bloque coseno alzado con un factor de "roll-off" igual a cero. De este modo los parámetros del filtro son los representados en la figura 3.2.

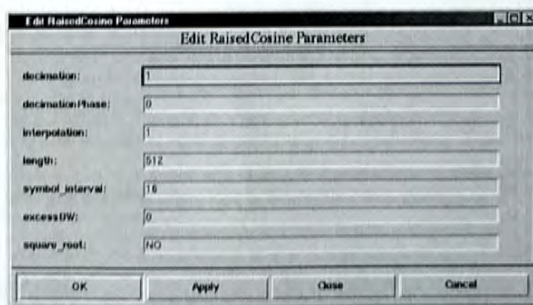


Figura 3.2

$$0.03125 * 4096 = 128$$

### Tren de pulsos

Al igual que se ha efectuado para el paso bajo y el coseno alzado, responder a las siguientes cuestiones:

Indicar qué instantes debe efectuarse el muestreo:

$$256 + n \cdot 16$$

Qué valores toman los primeros 5 valores muestreados:

$$1, 2, 2, 2, 2$$

Determinar los valores posibles de cadencia de emisión de la información:

$$16, 32, 64, \dots$$

Determinar los correspondientes valores en los parámetros del bloque de diezmo para recuperar la información original:

$$16 \text{ y } 15$$

### Conclusiones

A modo de sumario, completar el siguiente cuadro de acuerdo a los valores obtenidos para los filtros de Nyquist tipo paso bajo, coseno alzado y duobinario.

Parámetro \ Tipo filtro	Paso Bajo	Coseno Alzado ( $\alpha=1$ )	Duobinario
Longitud de la respuesta	512	512	528
Distancia entre ceros	16	8	16
Ancho de banda normalizado	0.03125	0.0625	0.03125
Cadencias de emisión válidas	$16 \cdot n$	$32 \cdot n$	$16 \cdot n$

# LABORATORIO DE TELEMÁTICA 2.

## PRÁCTICA 4

### SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE DATOS EN BANDA BASE



The Almagest - Ptolemy 0.7

**Autores (por orden alfabético):**

Mónica Aguilar Igartua  
Juan José Alins Delgado  
Carles Badenes Montoliu  
Jordi Forné Muñoz  
Juan Luís Gorricho Moreno  
Xavier Hesselbach Serra

## 0. OBJETIVOS DE LA PRÁCTICA.

El objetivo general de la práctica es comprender y caracterizar algunos sistemas elementales de transmisión de datos en banda base, a través del diseño y la evaluación. En particular se diseñarán las fuentes, moduladores, filtros frontales, y elementos de decisión trabajando a nivel de símbolo.

Los sistemas a diseñar están limitados en potencia y utilizan canales que presentan ruido y distorsión. Por ello se deben manejar parámetros de bondad tales como la eficiencia, la eficiencia espectral, la relación señal ruido, probabilidad de error, o diversas medidas de distorsión.

### 1) Como objetivos específicos:

- Se diseñarán los sistemas coseno alzado ( $\alpha=1$ ), paso-bajo ideal ( $\alpha=0$ ), y duobinario, con fuentes de alfabetos binarios o m-arios, y canales limitados en ancho de banda con y sin ruido. En todos estos casos se conoce la respuesta impulsional de canal, así como la potencia de ruido inyectada en el canal.
- En distintos puntos del sistema se estimarán parámetros tales como potencia media de señal y ruido, distorsión de pico o cuadrática, eficiencia, o probabilidad de error.
- Se realizará un estudio comparativo de las prestaciones de los tres sistemas desarrollados en función de la relación S/N, probabilidad de error y eficiencia espectral.
- Mediante la simulación se analizará y evaluará el sistema propuesto.

### 2) Entorno de la Práctica:

- Se desea construir un sistema de transmisión de datos en banda base trabajando en modo *simplex*, que interconecta un DTE con un DCE mediante una línea punto-punto, ver Figura 1. El DTE (emisor) está compuesto de una fuente binaria capaz de trabajar a velocidades estandarizadas por el CCITT o ITU de 300, 1.200, 2.400, 4.800, 9.600, 19.200, 28.800 o 64.000 bits por segundo.
- La línea punto-punto se puede modelar como un canal paso-bajo ideal, con un ancho de banda de 4.8 KHz., una potencia media de ruido de -20 dBm y una relación señal a ruido máxima de 18 dB.
- A través de la simulación, se propone desarrollar, evaluar y comparar los sistemas coseno alzado, paso bajo ideal y duobinario, para transmitir información en banda base entre el emisor y el receptor.
- Primero se diseñará cada uno de los sistemas construyéndose el emisor y el receptor suponiendo que el canal es ideal (ancho de banda infinito, sin ruido). El emisor estará compuesto de una fuente multinivel y un modulador. El receptor constará de un filtro frontal y un elemento de decisión. Posteriormente, en todos los sistemas desarrollados se introducirá un canal dispersivo con ruido. Finalmente se compararán todos los desarrollos, eligiéndose el o los sistemas óptimos, sistemas no interferentes, que cumplan con las restricciones del canal y las velocidades estándar del DTE.

- Para comprender el funcionamiento de la precodificación y la decodificación correspondiente, rellenar la Tabla adjunta, para un caso hipotético con secuencia de emisión de bits  $\{x_k\}_{\text{binaria}} = \{0010110\}$ .

$\{x_k\}_{\text{binaria}} =$	0	0	1	0	1	1	0
$\{w_k\}_{\text{binaria}} = \{x_k\}_{\text{binaria}} \oplus \{w_{k-1}\}_{\text{binaria}}$	0	0	1	1	0	1	1
$\{w_k\}_{\text{bipolar}} =$	-1	-1	1	1	-1	1	1
$\{y_k\} = \{w_k\} + \{w_{k-1}\}$		-2	0	2	0	0	2
$\{\hat{y}_k\} = \{y_k\} =$		-2	0	2	0	0	2
$\{\hat{x}_k\}_{\text{binaria}} = \overline{0.5 \cdot \{\hat{y}_k\}}$		0	1	0	1	1	0

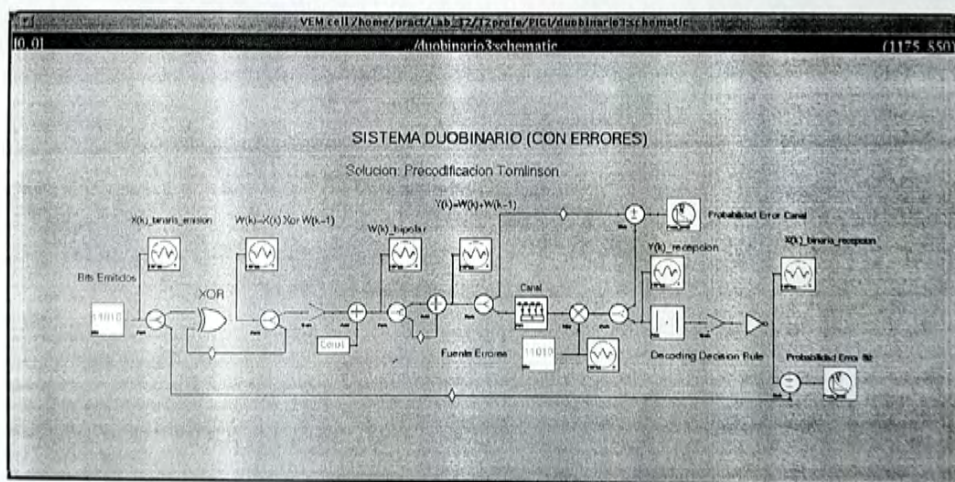


Figura 14. Fichero *duobinario3*. Solución a la propagación de errores. Precodificación de Tomlinson. Decodificación.

- Abrir el fichero *duobinario3*, mostrado en la Figura 14. . Anotar la probabilidad de error introducida por el canal,  $P_{\text{canal}}$  y la probabilidad de error en el bit total,  $P_{\text{bit}}$  para  $RUN=10.000$ . Comentar el resultado obtenido.

$$RUN=10.000 \rightarrow P_{\text{canal}} = \frac{14}{10000} = 0.0014 \quad P_{\text{bit}} = \frac{14}{10000} = 0.0014$$

Ahora en cambio, los errores no se propagan.



### 1.8 Referencias

- [1] *Digital Communications*, Lee & Messerschmitt, Kluwer Academic Publishers, 1990, 2<sup>on</sup> Ed., pág. 439-456.
- [2] *Digital Communications, Fundamentals and Applications*, B. Sklar, Prentice Hall International Ed., 1988, pág. 106-112.
- [3] *Digital Communications*, J. G. Proakis, McGraw Hill, pág. 334-350.

# LABORATORIO DE TELEMÁTICA 2.

## PRÁCTICA 5

### ECUALIZACIÓN



The Almagest - Ptolemy 0.7

Autores (por orden alfabético):

Mónica Aguilar Igartua  
Juan José Alins Delgado  
Carles Badenes Montoliu  
Jordi Forné Muñoz  
Juan Luís Gorricho Moreno  
Xavier Hesselbach Serra

## 1.-Objetivos

En esta práctica se pretende que el alumno diseñe, evalúe y compare tres filtros ecualizadores lineales para un canal fijo conocido. Para realizar la práctica es IMPRESCINDIBLE que se completen todos los ejercicios del estudio previo.

## 2.-Introducción

Como se puede ver en la práctica 3, si se diseñan adecuadamente los filtros modulador  $g(t)$  y frontal  $h_f(t)$  se puede conseguir un pulso de Nyquist  $x_d(t) = g(t) * h_f(t)$  sin interferencia intersimbólica y con máxima relación señal a ruido en el instante de muestreo. Sin embargo, cuando se tiene en cuenta el efecto del canal  $h_c(t)$  la respuesta impulsional global  $x(t) = x_d(t) * h_c(t)$  deja de ser ideal y presenta interferencia intersimbólica. Para combatir este efecto no deseado la señal  $x(t)$  a la salida del filtro frontal debe ecualizarse antes de llegar al elemento decisor.

## 3.-Estudio Previo

Sea  $x(n)$  la forma del pulso a la salida del filtro frontal en un sistema de transmisión de datos:

$$x(-1) = 0.0344$$

$$x(0) = 1$$

$$x(1) = -0.644$$

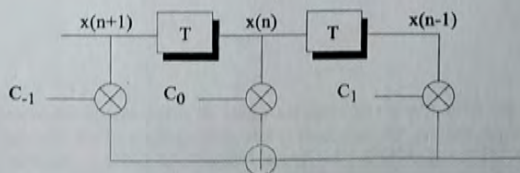
Este pulso es claramente no ideal, ya que presenta interferencia intersimbólica. ¿Qué efectos tendrá esta interferencia sobre la decisión de los símbolos en recepción? Hay dos parámetros que sirven para caracterizar los pulsos en un sistema de transmisión de datos: la distorsión de pico (DP) y la distorsión cuadrática media (DCM).

P1) ¿Qué miden y cómo se calculan cada uno de estos parámetros?

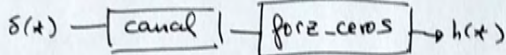
$$DP = \frac{\sum_{n \neq 0} |h(n)|}{|h(0)|} \quad \text{Distorsión de Pico}$$

$$DCM = \frac{\sum_{n \neq 0} h^2(n)}{h^2(0)} \quad \text{Distorsión Cuadrática Media}$$

Se diseñarán tres ecualizadores lineales  $q(n)$  de tres coeficientes cada uno con la estructura de un filtro transversal:



- Obténgase mediante simulación la respuesta impulsional conjunta del canal y Forzador de ceros. Obtener DP y DCM.



$$h(n) = \{ -0'00113, 0, 1, 0, -0'397 \}$$

$$DP = 0'39813$$

$$DCM = 0'176$$

- Obténgase mediante simulación la respuesta impulsional conjunta del canal e inversor de canal. Obtener DP y DCM.

$$h(n) = \{ -0'00314, -0'0626, 0'903, -0'154, -0'245 \}$$

$$DP = 0'5146$$

$$DCM = 0'1075$$

- Obténgase mediante simulación la respuesta impulsional conjunta del canal y ecualizador óptimo con ruido de varianza  $\sigma_{nr}^2 = 0.5$ . Obtener DP y DCM.

$$h(n) = \{ -0'00425, -0'0982, 0'828, -0'158, -0'204 \}$$

$$DP = 0'5609$$

$$DCM = 0'1112$$

- Obténgase mediante simulación la respuesta impulsional conjunta del canal y ecualizador óptimo con ruido de varianza  $\sigma_{nr}^2 = 1$ . Obtener DP y DCM.

$$h_c(n) =$$

Rellénes la siguiente tabla para los cuatro ecualizadores diseñados y diferentes potencias de ruido. A la vista de los resultados obtenidos, discútanse brevemente las prestaciones de cada ecualizador.

ECM	$\sigma_{nr}^2 = 0$	$\sigma_{nr}^2 = 0.5$	$\sigma_{nr}^2 = 1$	DP	DCM
Forzador de ceros	0'7878	1'4429	2'6932	<u>0'3981</u>	0'1526
Inversor de canal	0'4903	0'9199	1'3454	0'5146	<u>0'1075</u>
Ecualizador óptimo 0.5	0'5336	<u>0'8713</u>	1'2055	0'5609	0'1112
Ecualizador óptimo 1	0'6235	0'9	<u>0'1734</u>	0'5968	0'1189