

Transmisión de datos mediante TDM

Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

Escuela profesional de Ingeniería Electrónica
Telecomunicaciones II

Alexander Palomino Lopez
Ingeniero Electrónico
Cusco, Perú
alexander.palomino@unsaac.edu.pe

Davis Bremdow Salazar Roa - 200353
Estudiante de Ingeniería Electrónica
Cusco, Perú
200353@unsaac.edu.pe

Abstract—

Index Terms—Transmisión de datos, Ancho de banda, PCM, TDM, sincronización de canal, Multiplexación de información

I. INTRODUCCIÓN

La Multiplexación por División de Tiempo (TDM, por sus siglas en inglés) es una técnica fundamental en los sistemas de telecomunicaciones modernos, ya que permite la transmisión eficiente de múltiples señales digitales o analógicas a través de un mismo canal físico. Su importancia radica en la optimización del uso del ancho de banda disponible, reduciendo costos de infraestructura y aumentando la capacidad de los sistemas de comunicación.

El principio de la TDM se basa en asignar intervalos de tiempo específicos a cada señal dentro de un marco de transmisión, garantizando que todas compartan el mismo medio sin interferencias. Esta característica la convierte en una herramienta esencial en redes de telefonía, sistemas satelitales, transmisión de datos en fibra óptica y en aplicaciones de comunicación digital como la televisión digital y los servicios de internet de alta velocidad.

Gracias a la TDM, es posible integrar diferentes tipos de información —voz, video y datos— en un mismo canal de forma organizada, manteniendo la calidad del servicio y facilitando la escalabilidad de las redes. En consecuencia, la TDM no solo representa una solución técnica eficiente, sino también

una base clave para el desarrollo de sistemas de comunicación modernos que requieren alta velocidad, confiabilidad y capacidad de integración.

II. ESQUEMA GENERAL

La Multiplexación por División de Tiempo permite la optimización en la cantidad de canales a usar para la transmisión de datos digitales optimizando así el ancho de banda necesario para transmitir información de diferentes fuentes, en la figura 1 se muestra un esquema general para la transmisión de datos mediante este esquema.

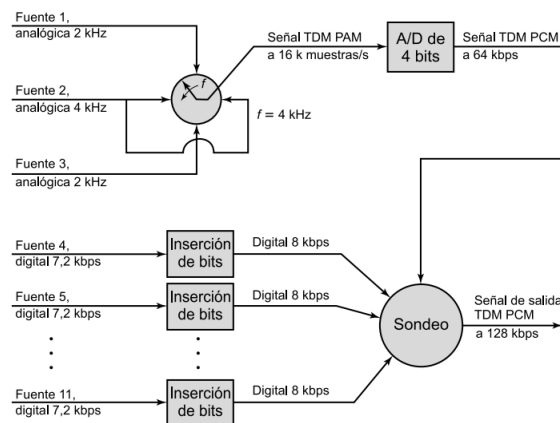


Fig. 1: Diagrama de bloques - TDM

Y en la cual se pueden apreciar 6 canales siendo 3 ellos de origen analógico y los restantes digitales, destacando que la transmisión se realiza de

forma digital, en esta primera etapa es necesario transformar cada señal continua en una PCM ó codificación de los pulsos discretos haciendo uso de la frecuencia de muestreo adecuada para cada canal (para definir la frecuencia el teorema de Nyquist puede servir como punto de partida), con cada canal ya digitalizado el bloque de **SONDEO** [1] se encarga de realizar la mezcla de todas las fuente de información para su transmisión dividiendo este resultado en intervalos de tiempo correspondiente a cada fuente mientras que en el lado del receptor para recuperar cada señal se realiza el proceso inverso.

III. SINCRONIZACIÓN

La optimización de un canal para el transmisión de información requiere ciertos parámetros de control entre los cuales se puede destacar por su importancia la señal de conmutación o de sincronización la cual es la encargada de generar los bloques de información o slots conformados a partir de las diferentes fuentes que conforman el bloque general TDM que consiste principalmente en la generación de paquetes de información espaciados temporalmente y reconstruidos en función al mismo principio de división en tiempo.

Por lo tanto al requerirse en ambas etapa (envío y recepción) es necesario considerar que la señal de sincronización que actúa al mismo tiempo de frecuencia de muestreo (en caso de contar con señales analógicas) debe ser la misma en ambos extremos de un enlace de comunicación digital por lo tanto para su despliegue se desarrollando 2 formas de poder **sincronizar** este recurso tan relevante como se menciona en [2]

- 1) Sincronización mediante canal externo
- 2) Sincronización por dígito agregado

Siendo para el presente caso el empleo del primer método, en la cual se hace de un canal externo para sincronizar las señales de conmutación en ambos extremos del enlace, permitiendo recuperar de forma efectiva las señales multiplexadas en el tiempo requiriendo sin embargo una canal adicional para sincronizar correctamente la frecuencia de muestreo desde el emisor en el receptor menguando el propósito de una comunicación TDM que busca reducir el uso de canales para la transmisión de

información ubicándose en las aplicaciones práctica el empleo del segundo método en la cual se hace uso de una cantidad de bits en la parte final de una trama para la sincronización de la señales.

IV. SIMULACIÓN

Para la emulación de una señal TDM el proceso guía estuvo conformado por varias etapas entre las cuales se destacan:

- 1) Elección del software a implementar
- 2) Generación de las señales o información para la transmisión
- 3) El multiplexado por división de tiempo
- 4) El proceso inverso y/o recuperación de la señal

A. Lenguaje de programación

Durante la experiencia para la emulación de una transmisión mediante TDM se consideraron en primera instancia las diferentes herramientas de programación existentes ubicándose entre todas ellas por ejemplo

- 1) Python
- 2) Javascript
- 3) MATLAB

Cabe mencionar que el presente experimento al tratarse de una simulación a nivel digital cualquier lenguaje de programación es apto para su desarrollo, sin embargo lenguajes como Python o MATLAB brinda cierta facilidad con herramientas integradas para la generación de interfaces gráficas o figuras para mostrar los resultados así como librerías que facilitan el grabado y reproducción de audio en tiempo real.

Dentro de las virtudes observadas para cada lenguaje de programación listado se decidió finalmente por MATLAB por su integración de la librería *audiorecord* y su fortaleza para la manipulación de matrices fila, columna o multidimensionales otorgando una gran ventaja adicional gracias a su IDE o entorno de programación que permite administrar las variables creadas así como sus dimensiones.

B. Generación de las señales

En esta segunda etapa del desarrollo emulado se considero un archivo `.m` en el cual se hace uso del objeto `audiorecorder` para la generación de archivos de audio con una duración de 3 segundos cada uno para limitar la cantidad de muestras generadas potenciando esta función mediante variables de estado registrando eficazmente según lo requerido.

El objeto `audiorecorder` por defecto cuenta con una frecuencia de muestreo 8K [Hz] obteniendo así por cada señal de audio 24000 muestras o datos digitales las cuales se muestran en la figura 2.

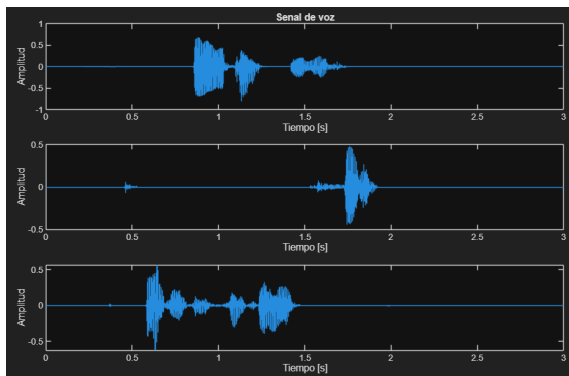


Fig. 2: Señales de voz de entrada

Además en esta misma se puede apreciar la duración y amplitud siendo la más característica la señal 3 que cuenta con un mayor rango de valores discretizados, viéndose reflejado este proceso en el bloque de código de código 1

C. Organización de archivos para la simulación

El desarrollo de la simulación cuenta con diferentes etapas de multiplexación desde la lectura de las fuentes de información y los procesos inversos correspondientes estableciendo así varias operaciones repetitivas las cuales se pueden optimizar mediante el empleo de funciones estableciendo de esta forma una jerarquía de archivos dentro del esquema de emulación, considerando en el esquema.

El cual representa la estructura de trabajo para facilitar la comprensión del mismo para el llamado de funciones.

TDM EXPERIMENT

Funciones

tdmm.m

TDM_mux.m

demux.m

demux_TDM2.m

Data

voz_1.au

voz_2.au

voz_3.au

Fig. 3: Estructura de carpetas de Windows - Comando `tree`

D. Multiplexación señal

V. RESULTADOS

REFERENCES

- [1] W. Stallings, *Comunicaciones y Redes de Computadores*, 7th ed. Madrid, España: Pearson Prentice Hall, 2004, traducción de la 7ª edición en inglés.
- [2] L. W. Couch, *Sistemas de comunicación digitales y analógicos*, 7th ed. México: Pearson Educación, 2012.

VI. ANEXOS

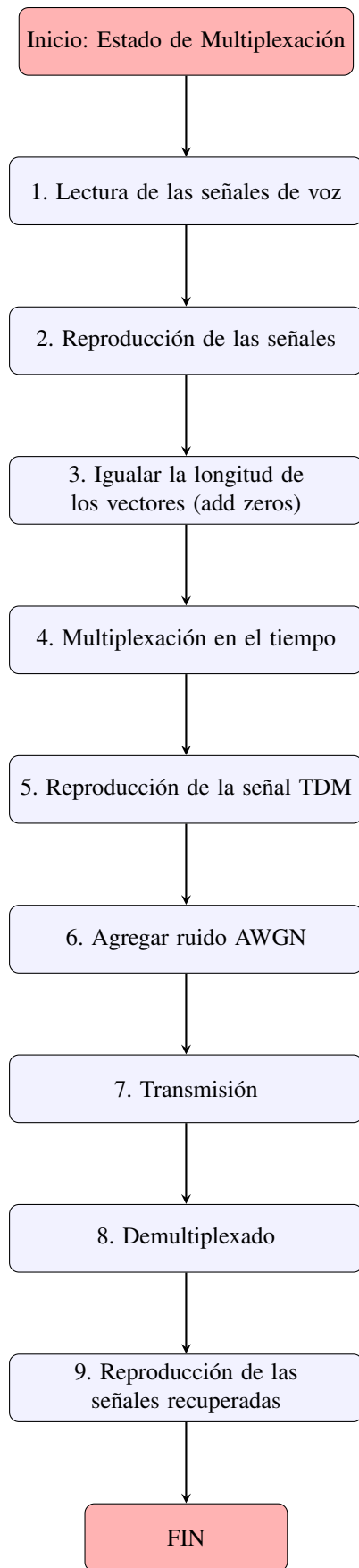


Fig. 4: Diagrama de flujo del estado de Multiplexación de la señal.

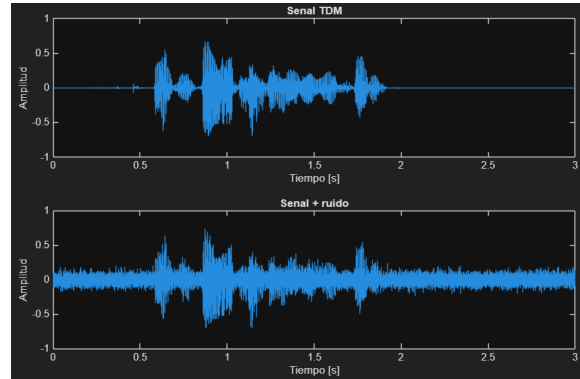


Fig. 5: Señal TDM - Señal TDM con ruido (AWGN agregado)

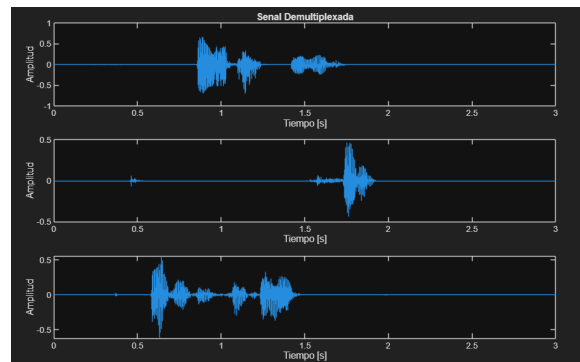


Fig. 6: Señal TDM + Noise demultiplexada

Generación de audio

```
% Probando código
clc;
state = 1;
% Solo realiza la grabación cuando
↳ el estado es 0
if state == 1
clear;
% Objeto de grabacion
recObj = audiorecorder;

% Iniciar una grabacion (solo es
↳ necesario ejecutarla una vez
↳ por audio)
disp("Iniciando con la grabacion");
recordblocking(recObj, 3);
end

% Reproducir el audio grabado
play(recObj)
y = getaudiodata(recObj);

save_voice = 1;

if save_voice == 1
% guardar la señal de voz
fs = 8000;
audiowrite('voz_3.wav', y, fs);
end
```

Listing 1: Generación de audio

Simulación TDM

```
%% Iniciando variables
close all;clear all; clc;

% Acondicionamiento de la señales
↳ para la multiplexacion para N
↳ entradas

N=3; % numero de canales (fuentes
↳ de informacion)

for a=1:N
if (N<10)
eval(['[u' num2str(a) ' fs'
↳ num2str(a) ']=audioread('voz_'
↳ num2str(a) '.au');' ]])
else
eval(['[u' num2str(a) ' fs'
↳ num2str(a) ']=audioread('voz_'
↳ num2str(a) '.au');' ]])
end
end % loop end

% periodo de muestreo
ts=1/fs1;
% Duracion del slot
Ts = ts; %

ns = Ts/ts;

% Escuchar las señales de voz
disp('Presiona enter para
↳ continuar');
pause
disp('Presiona entre para
↳ reproducir el primer archivo de
↳ audio');
sound(u1)
pause
disp('Presiona entre para
↳ reproducir el segundo archivo
↳ de audio');
sound(u2)
pause
disp('Presiona entre para
↳ reproducir el tercer archivo de
↳ audio');
sound(u3)

%% Ajustes
% Determinar la longitud de las
↳ muestras
for s=1:N
eval(['zz' ' =u' num2str(s)
↳ ';' ])
eval(['l' num2str(s)
↳ '=length(zz);' ])
end

mm=0;

% Determinar la máxima longitud
for s=1:N
if eval(['l' num2str(s)])>mm
mm=eval(['l' num2str(s) ']);
end
end
```