

Práctica 2: INSTRUMENTACIÓN Y REFLECTOMETRÍA

NICOLAS CHAPARRO TOLOSA - 2201605

CAMILA ANDREA BELEÑO - 2204280

Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones

Universidad Industrial de Santander

31 de diciembre de 2030

Resumen

En este informe de laboratorio se explicarán las prácticas realizadas para esta segunda actividad, en la primera etapa del laboratorio se estudió la reflectometría en el dominio del tiempo, estudiando el comportamiento de los cables coaxiales como medio de transmisión no ideal. Para la segunda etapa del laboratorio se realiza una introducción a la instrumentación que se usará en todo el semestre, manipulando el SDR como generador de señales y el analizador de espectro para estudiar la respuesta en frecuencia.

Palabras clave: Reflectometría, Instrumentación, Medios de transmisión, Cables Coaxiales.

1. Introducción

- En esta práctica se fortalecerán los conceptos de reflectometría, instrumentación general del laboratorio [1], correcta manipulación de los equipos disponibles en su realización, medios de transmisión, el cable coaxial como medio de transmisión no ideal, estudio de las atenuaciones causadas por las no idealidades de los cables coaxiales.
- El análisis de la reflectometría en el dominio del tiempo usando señales en régimen permanente nos permite detectar y resolver problemas instantáneos en medios de transmisión (para este caso el cable coaxial), analizar la forma de onda de los impulsos reflejados, se pueden localizar defectos en el medio de transmisión y un estudio más preciso del fenómeno de la reflectometría. Es importante destacar, que la reflectometría es muy importante para las telecomunicaciones ya que nos permite entender cómo se están comportando las señales que enviamos en los medios de transmisión, una aplicación esencial puede ser la búsqueda, identificación y localización de averías en una línea de transmisión [2].

Para realizar el experimento de reflectometría es necesario tener un generador de señales, un medio de transmisión y una carga con la que realizar el experimento, se deben conocer las propiedades del medio de transmisión y de la carga para poder interpretar los resultados de manera más precisa. Existen algunas restricciones que se imponen por los equipos que se usan, cómo lo es el ancho de banda con el que trabaja el osciloscopio, debe ser un ancho de banda suficiente para las frecuencias que se deban medir, las condiciones del medio también pueden imponer un reto ya que puede existir ruido debido a las reflexiones múltiples y ruido a 60Hz.

- Las principales ventajas de usar el analizador de espectro en el laboratorio de comunicaciones permiten tener más información acerca de las señales que son transmitidas, como las frecuencias de corte, la potencia transmitida por una señal entre otros factores, muchas veces el análisis en tiempo puede ser más complejo y queda corto de información, por tanto, es importante poder tener un analizador de espectro en el laboratorio. Medir la atenuación de los cables coaxiales con los que se cuenta es importante ya que no tener estas pérdidas en cuenta a la hora de implementar un sistema o proyecto podría causar que el resultado no sea el esperado o no funcione el sistema implementado.
- La atenuación de un cable coaxial afecta la calidad de la transmisión de la señal. Cuanto mayor sea la atenuación, más débil será la señal a lo largo del cable, lo que puede dar lugar a una recepción deficiente o pérdida de datos. La atenuación en un medio de transmisión puede ser medida por un analizador de espectro (realizado en esta práctica) pero también hay otros instrumentos, como Medidores de Potencia y Reflectómetros Ópticos en el Dominio del Tiempo (OTDR), Analizadores de Red de Vector (VNA). Las atenuaciones también se

pueden calcular haciendo uso de un simulador como GNU RADIO y un instrumento de medida de salida.

Como estudiante, la medida de atenuación es fundamental para comprender los conceptos esenciales en telecomunicaciones y transmisión de datos, ya que un efecto como la atenuación aterriza todas las idealidades que se estudian en el área teórica de la materia de comunicaciones y nos compruebe que en el área laboral y en la vida real nos vamos a encontrar con no idealidades que complicarán un poco la solución de problemas, conocer esto nos sirve para desarrollar habilidades en resolución de problemas y diseño de redes, adquirir experiencia práctica en laboratorios y proyectos, prepararse para futuras oportunidades laborales en industrias de telecomunicaciones, y mantenerse actualizado con las tecnologías emergentes, lo que contribuye al crecimiento profesional y la competitividad en un entorno tecnológicamente cambiante.

- Finalmente, Para realizar mediciones con el analizador de espectro hay que conocer algunas características del instrumento de medida, entender términos como RBW, SPAN, frecuencia de medida. También es importante mencionar que hay que tener un resultado esperado para poder hacer uso de instrumento ya que por ejemplo para ver el espectro en frecuencia de una señal, debemos tener presente la frecuencia en la que analizaremos la señal, el ancho de la señal para ajustar el SPAN y tener cierto conocimiento de la amplitud de la señal para ajustar el RBW de tal manera que se pueda estudiar la señal. En cuanto a las consideraciones mínimas para realizar mediciones en un analizador de espectro, se incluyen: 1) Configuración adecuada: Es muy importante la configuración del analizador de espectro para la medición de atenuación, los parámetros, ancho de banda y resolución adecuados, esto con el fin de tener unos resultados coherentes. 2) Conexiones correctas: Es necesario el uso de cables, adaptadores y conectores adecuados. 3) Calibración: Esto garantiza la precisión y exactitud en los resultados obtenidos. 4) Consideraciones de ruido: Es esencial reconocer el impacto del ruido en el entorno de medición e implementar soluciones para minimizar el impacto en los resultados.

2. Procedimiento

- FASE 1) MONTAJE USANDO CABLE COAXIAL RG58 A/U COMO LINEA DE TRANSMISIÓN.

Es esta primera parte se realizó el montaje propuesto en las indicaciones de la práctica con el fin de generar pulsos rectangulares, teniendo en cuenta

que el periodo esta dado en 400KHz y el ciclo de trabajo cercano al 10 por ciento. El propósito de esta primera parte es conectar el cable bajo prueba, conociendo las medidas de amplitud de tiempo entre la señal incidente y la señal reflejada, además de conocer la longitud del cable para así lograr realizar las fases posteriores conectando al final de la línea lo que se necesita. En este caso para saber la medida del cable se calculó restando la distancia menor que aparecía en el cable con el número final que sería el número mayor del cable y se obtuvo como resultado que la medida del cable era de 42,672[m]. Por medio del osciloscopio también se lograron observar las dos ondas a las cuales se les realizaron las mediciones de amplitud por medio de la diferencia de amplitud en deltas (1.57[V]) que mostró el osciloscopio, y así cumpliendo con el objetivo propuesto en esta fase.

- FASE 2) CORTO AL FINAL DE LA LINEA.

En esta segunda fase, se hace realiza el procedimiento de conectar un corto al final de la línea generado por cables BNC conectándolos entre sí, esto podría traducirse a una conexión directa entre el conductor de la señal y el conductor del retorno provocando que se presenciara en el osciloscopio una onda reflejada de mayor amplitud debido a la discontinuidad en la impedancia de la línea característica. También es importante mencionar que La onda incidente también se ve afectada por su amplitud, ya que disminuye debido a la disipación de energía cortocircuito.

- FASE 3) CARGA DE 50 OHM CONECTADA AL FINAL DE LA LINEA.

En esta tercera fase de la primera parte de la práctica se conectó una carga de 50 ohm al final de la línea, observando como resultado que la impedancia de la carga es igual a la impedancia característica de la línea, con el fin de ocasionar que la onda incidente se acople de una forma más eficiente a la carga, y a su vez que la onda reflejada sea muy mínima gracias a que no existe una impedancia relevante que logre causar una reflexión notoria. Todo eso, lleva a concluir que, al tener impedancias iguales, es decir, al conectar una carga de 50 ohm se obtiene como resultado una mínima reflexión de la onda y una transmisión efectiva de energía a la carga.

FASE 4) CONEXIÓN DE UN POTENCIÓMETRO DE 100 OHM EN EL TERMINAL DEL CABLE COAXIAL.

En esta última fase de la primera parte de la práctica, para finalizar al final de la línea se conectó un potenciómetro de 1000 ohm y con la ayuda de un multímetro se midieron las impedancias (dos menores a 50 ohm y dos mayores a 50 ohm) generando así una impedancia entre la línea y la carga, provocando una reflexión parcial de la onda incidente. Al realizar cada una de las mediciones necesitadas se pudo observar y concluir que la cantidad de reflexión dependerá de la relación que haya entre la línea y la carga, en este caso el potenciómetro.

- A continuación, esta la tabla realizada con las diferentes impedancias obtenidas gracias al potenciómetro.

$$\Gamma_L = (V - /V +)$$

y Teniendo en cuenta la siguiente formula teorica (Considerando que Z_L es la impedancia medida en el multímetro)

$$\Gamma_L = (Z_L - Z_0)/(Z_L + Z_0)$$

Compara medidas de coeficiente de reflexión		
Impedancia Ω	teórico	Experimental
$Z_1 = 961$	0.901	0.935
$Z_2 = 517$	0.823	0.863
$Z_3 = 36.2$	-0.160	-0.196
$Z_4 = 17.2$	-0.488	-0.521

■ FASE 5) SDR - OSCILOSCOPIO

Aquí en esta quinta fase, ya se hablará un poco del procedimiento que se realizó en la segunda parte de la práctica, entonces primeramente se realizó la configuración del USRP como transmisor por medio del diagrama de bloques propuesto en la práctica y a su vez se sincronizó el SDR con el computador, seguido de esto se procedió a variar la frecuencia de transmisión de radio (f_c) y la amplitud de la señal generada (constante) y de esta manera se obtuvieron datos de amplitud que se lograron observar en el osciloscopio. Para realizar esta fase, la practica nos brindó 3 valores de f_c (200MHZ - 300MHZ 500MHZ) en donde a cada una de estas frecuencias se le aplicó una variación de amplitud generada de (0.5V -

0.25V - 0.125V - 0.0625V) y así se realizó una tabla para cada frecuencia teniendo en cuenta el valor de amplitud que midió el osciloscopio en cada una de las condiciones. A medida de la realización de esta fase, se lograron observar fácilmente las recomendaciones mínimas para medir la amplitud generada y frecuencia en el osciloscopio, entre ellas velar porque la señal se vea completa en el osciloscopio para así no perder nada de información en el proceso, para medir correctamente la amplitud se ubicaron los marcadores donde corresponden (0 - V_p); finalmente fue muy importante tener en cuenta el impacto de la atenuación que genera en cable que es conectado al osciloscopio puesto que esto está afectando de cierta los resultados obtenidos, también es importante resaltar que la precisión de la medida depende del cable que se conecta al osciloscopio pues entre más largo el cable mayores pérdidas se presentan.

■ FASE 6) CONFIGURACIÓN BASICA DEL ANALIZADOR DE ESPECTRO.

Continuando con la siguiente fase de la segunda parte de la práctica, se tiene como objetivo el reconocimiento del analizador de espectro FPG1000 en donde se empezaron a definir los siguientes parámetro: Freq=915MHZ, Span=100MHZ y BW=RBW=AUTO; después de esta configuración de haber obtenido un análisis de la señal; se procedió a cambiar el Span con valores por encima y por debajo del que ya se había estipulado, todo esto con el fin de observar el cambio de RBW AUTO, en donde se logró concluir que RBW AUTO incrementa según incrementa el Span ya que debe cubrir un rango amplio de frecuencia y por ende un RBW más grande para que así se logre cubrir dicho rango. Luego se hizo una nueva configuración la cual consistió en poner el ancho de banda de 1MHZ, se seleccionó la tecla BW, se habilitó RBW manual y se conectó la antena que dan facilitaron en el laboratorio ajustando a su vez los valores por defecto del ancho de banda; todas estas configuraciones realizadas fueron con el fin de variar 10 valores distintos de RBW y tabular así mismo los niveles de ruido del analizador de espectro en cada caso y así se concluyeron varias cosas, entre estas está que si RBW es menor que el ancho de banda, el ruido se reducirá a medida de que RBW se haga más pequeño, si RBW es mayor que el ancho de banda el ruido se mantendrá constante y si RBW es

igual al ancho de banda el nivel de ruido alcanzará un valor mínimo. En esta fase se lograron aclarar las funciones del instrumento y exploramos las diferentes posibilidades llegando así a conclusiones coherente a través de la relación de los resultados obtenidos.

■ FASE 7) MEDIDA DE ATENUACIÓN DE UN CABLE COAXIAL.

Para ya finalizar la segunda parte de la práctica, se usó el SDR como un generador de señales por el puerto RX/TX y a su vez el analizador de espectro como equipo de medida conectado al cable RG58 A/U y un atenuador de 30 dB. seguidamente se ajustaron los parámetros con el fin de observar la ganancia de la portadora en dBm con su respectiva f_c y GTx. En el desarrollo de esta fase se realizó una tabla con valores de frecuencia de operación (MHz) = (50 - 60 - 70 - 80 - 90 - 100 - 200 - 300 - 400 - 500 - 600 - 700 - 800 - 900 - 990) para los cuales ajustaremos unas ganancias de transmisor GTx a cada uno (6 - 12 - 18), todo esto con el fin de observar fácilmente la variación de las ganancias respecto a cada una de las frecuencias de operación.

Para calcular la longitud del cable coaxial, el generador debe conectarse al puerto RX/TX usando Conecte T al primer canal del osciloscopio, luego de esto se conecta el cable RG58 al otro extremo de T y terminación de cable del canal 2 del osciloscopio, que nos permitirá observar Incidencia capturada y señales reflejada y así se podrán registrar dos señales del tiempo. La relación entre evento y reflexión está representada por T_d , Eso es 438[ns] que podemos obtener Figura 1. Luego se tuvo que hallar la velocidad de propagación denotada por V_p el cual se encontró en la hoja de datos del cable RG58 A/U y fue del 66.3 por ciento de la velocidad de la luz $(3e8)(66.3/100)$, al ya tener estos datos claros se puede calcular una aproximación de la longitud del cable por medio de la formula:

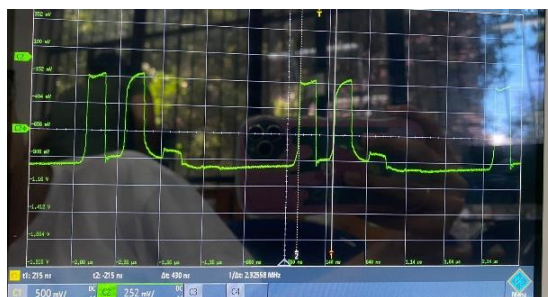


Fig. 1: Tiempo entre señal incidente y señal reflejada

$$d = (V_p * T_d)/2 \quad (1)$$

La ecuación mostrada anteriormente dará un valor aproximado de la distancia entre de extremo inicial y final del cable.

$$d = ((3e8)(66.3/100)(438e - 9))/2 \quad (2)$$

$$d = 43,362[m]$$

Al haber obtenido el resultado anterior se logra demostrar teóricamente que es una longitud aproximada a la que se había tomado anteriormente como referencia del cable que era: 42.672[m].

No es posible utilizar la misma frecuencia sw la fuente para medir cables de diferentes longitudes ya que la longitud es diferente al ya se había medido anteriormente, seguido de esto la impedancia característica varia a medida de la varia la frecuencia ocasionando así que esta influya en la manera que se incide con la señal incidente y la reflejada, teniendo en cuenta que también afectaría a otros factores como la atenuación que varía en la frecuencia como en las longitudes del cable.

El error de medida del coeficiente de reflexión se da por distintas razones, como: 1) Impedancias mal ajustadas: Esto ocurre si la resistencia que está conectada a la línea no es exactamente la impedancia característica Z_0 . Cuando existe una diferencia importante en la relación $(Z_L - Z_0)/(Z_L + Z_0)$ puede introducir error en la medida. 2) Influencia de conexiones y cableado: Esto se debe a que el cableado en el montaje puede introducir resistencias o capacitancias parasitas, que son valores adicionales que pueden llegar a generar cierto porcentaje de error en el coeficiente de reflexión. 3) Calibración inadecuada: La calibración en los instrumentos de medición es esencial para una obtención de resultados de calidad. 4) Influencia de la calidad de la línea: Aquí puede introducir incertidumbre al coeficiente de reflexión si la línea que usamos presenta algún tipo de pérdidas, dispersiones y efectos no ideales.

- Para este segundo inciso de la práctica estudiaremos el comportamiento de la atenuación producida en el medio de transmisión al variar la frecuencia de la señal fuente, para esto vamos a realizar un montaje que consta de un generador de señales de radio SDR, el osciloscopio para medir las señales obtenidas y el cable como medio de transmisión que irá conectado desde el generador SDR

hasta el osciloscopio. Para configurar el SDR nos vamos a ayudar del software GNU radio por medio del siguiente esquema:

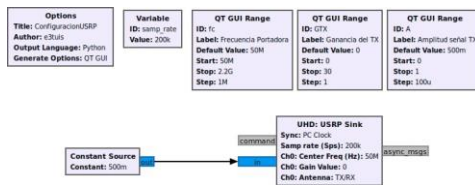


Fig. 2: Esquema GNU RADIO

Se genera una señal con ciertas características la cual se conecta a un USRP que se encarga de modular y enviar la señal a través de la antena, o dependiendo el canal de propagación que se desea el cual tiene algunos efectos de atenuación, dispersión, entre otros, finalmente la señal transmitida es recibida por el analizador de espectros el cual es el encargado de mostrar el espectro en frecuencia y nivel de potencia de la señal. Para completar los valores de atenuación del cable, se tuvo que generar una señal con frecuencia variable y ganancia variable para así poder reproducir la señal por el software, la cual es la que el analizador de espectro estará leyendo, y de tal forma se obtuvieron los siguientes resultados teniendo en cuenta que la potencia del transmisor utilizada fue de -14.5.

Datos Medidos			
Potencia medida en dBm			
GTX	6	12	18
Frecuencia	GTX = 6 dB	GTX = 12 dB	GTX = 18 dB
50	-43,68	-37,92	-31,61
60	-42,62	-36,8	-30,28
70	-42,3	-36,23	-29,9
80	-42,15	-36,11	-29,87
90	-42,09	-35,7	-29,8
100	-41,88	-35,64	-30,22
200	-44,6	-38,5	-32,8
300	-46,04	-41,24	-35,23
400	-48,37	-42,67	-37,94
500	-50,2	-44,56	-39
600	-52,38	-46,67	-41,05
700	-54,86	-48,65	-43,29
800	-56,87	-50,7	-45,5
900	-58,6	-52,47	-47,61
990	-60,71	-54,07	-49,87

Fig. 3: Tabla de potencia recibida.

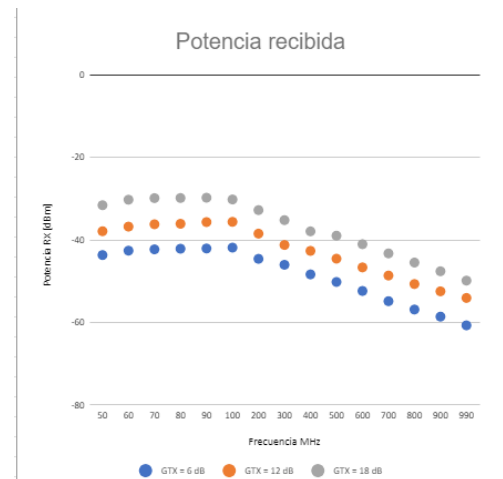


Fig. 4: Potencia Recibida

3. Conclusiones

Se pudo caracterizar el cable coaxial con el que se realizó la práctica de laboratorio, se pudo calcular la longitud del cable con ayuda del osciloscopio y teniendo en cuenta la velocidad de propagación de la onda en este medio de transmisión. Se estudió el fenómeno de reflectometría usando como medio de transmisión un cable coaxial y cambiando la carga (ZL) al final de la línea de transmisión.

La importancia de medir la atenuación en un cable coaxial radica en la garantía de un funcionamiento eficaz en sistemas de comunicación, y se pueden utilizar diversas técnicas y equipos para llevar a cabo estas mediciones. Como estudiante, la medida de atenuación es esencial para comprender los fundamentos de las comunicaciones y la resolución de problemas en el diseño mantenimiento de redes.

Los objetivos cubiertos en la práctica incluyen el fortalecimiento de conocimientos teóricos, el desarrollo de habilidades prácticas y la preparación para futuras aplicaciones en el campo de las comunicaciones.

Referencias

- [1] A. Laib, M. Melit, B. Nekhoul, K. Kerroum and K. E. Drissi, "Soft fault identification in electrical network using time domaine reflectometry and adaptive neurofuzzy inference systeme,"2017 5th International Conference on Electrical Engineering - Boumerdes (ICEE-B), Boumerdes, Algeria, 2017, pp. 1-4, doi: 10.1109/ICEEB.2017.8192147.
- [2] D. Haddad, A. Y. Kallel, N. E. B. Amara and O. Kanoun, "Multiple Faults Detection and Location in Bus- Shaped Cable Networks by Distributed Time-Domain Reflectometry,in IEEE Sensors Letters, vol. 6, no. 5, pp. 1-4, May 2022, Art no. 6001604, doi: 10.1109/LSSENS.2022.3170645.
- [3] C. M. Furse, M. Kafal, R. Razzaghi and Y. -J. Shin, "Fault Diagnosis for Electrical Systems and Power Networks: A Review,in IEEE Sensors Journal, vol. 21, no. 2, pp. 888-906, 15 Jan.15, 2021, doi: 10.1109/JSEN.2020.2987321.

■

■



