

Prototipo para Identificación de Cables de Red Mediante Decodificador DTMF

T. A. Cortés Aguilar^{#1}, A. Tovar Arriaga^{#2}, R. D. Luna Hernández^{#3}

[#]Tecnológico Nacional de México: Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez, Unidad Académica Zapopan, Jalisco, México.

¹ teth.cortes@zapopan.tecmm.edu.mx, ² adriana.tovar@zapopan.tecmm.edu.mx, ³ za19011156@zapopan.tecmm.edu.mx

Resumen— El procedimiento convencional para la identificación de líneas de datos de par trenzado en instalaciones con una gran cantidad de cables de red, es ineficiente y costoso, porque implica llevar a cabo muchas pruebas repetitivas y redundantes, realizadas comúnmente por dos o más técnicos. Sin embargo, la identificación de varios cables de red de manera simultánea, es una solución a este problema. En el presente trabajo describimos el diseño y construcción de un prototipo que mediante la decodificación de señales acústicas de tono dual, se agiliza la tarea de identificación. El prototipo consta de varios módulos transmisores de identificación remota que se conectan en la terminal de usuario y de un módulo receptor que le permite al técnico reconocer el cable desde la terminal de conexiones. En pruebas experimentales de hasta 30 metros, el prototipo logra la identificación del cable a pesar de la atenuación de la señal respecto a la distancia de propagación, pero el uso de adaptadores de unión induce pérdidas significativas en la señal.

Palabras clave— Redes de telecomunicaciones, Detección de señales, Cableado estructurado.

I. INTRODUCCIÓN

En la instalación de cableado estructurado en edificios, fábricas, hoteles, escuelas, hospitales y otros grandes complejos, se tienden múltiples cables de red, desde numerosas salidas, en varias ubicaciones de usuario, hasta una unión localizada en una sala de servicio, equipada con un *panel de terminales* o *panel de conexiones*, donde se identifican mediante etiquetas, los cables para su interconexión con líneas de comunicación externas. Sin embargo, esto no garantiza la identificación correcta en los extremos de los cables, por lo que estos deben relacionarse con las distintas salidas de usuario para una conexión sistemática al panel de terminales [1]. En consecuencia, contar con aparatos que faciliten y agilicen la identificación de cables de red es una necesidad para el personal técnico encargado del mantenimiento de redes.

El presente trabajo se desarrolló en la unidad académica Zapopan del TecMM, con la orientación y asistencia del personal técnico encargado del mantenimiento de la infraestructura de redes. Las mediciones y pruebas de campo se realizaron en los laboratorios y paneles de conexiones en las instalaciones de los edificios de sistemas computacionales y electrónica.

A. Descripción del problema

Aunque los técnicos y contratistas dedican mucho tiempo al diseño y etiquetado de cables de red, son frecuentes los casos, en los que no se tiene la seguridad de la ubicación de origen del cable. Quizás porque el cable no fue etiquetado correctamente cuando se instaló, o porque la etiqueta es ilegible, debido a la degradación natural del material.

Por otro lado, en el mantenimiento de las redes de telecomunicaciones, a menudo es necesario localizar un cable vinculado a un dispositivo o red en especial. Sin embargo, en algunas instalaciones, la cantidad de cables suele ser tan grande, que es muy complicado identificar un determinado cable en particular. En consecuencia, la tarea de rastreo e identificación de los cables de red, suele demandar mucha mano de obra, es ineficiente, costosa y normalmente se requiere al menos dos técnicos e implica una gran cantidad de pruebas repetitivas y redundantes.

Como se realiza de manera convencional, el rastreo del cableado generalmente requiere que una fuente de señal de prueba se conecte secuencialmente a numerosos cables o líneas de datos individuales ubicadas en todo el edificio. Al mismo tiempo, en el lugar del panel de conexiones, se monitorean muchos cables hasta que se detecta durante la prueba el cable de interés para el técnico de servicio. Después de localizar el origen de las señales, se vuelven a etiquetar los cables y se conectan al panel de conexiones de manera organizada [2].

La tarea descrita anteriormente es prácticamente inviable para un técnico sin asistencia. Incluso con dos técnicos y con el mejor equipo disponible comercialmente, que incluye un enlace de comunicación de voz, el proceso de identificación suele ser muy lento, tedioso e improductivo. Un técnico debe reubicar repetidamente el generador de señales en distintas locaciones del edificio, mientras que un segundo técnico, que trabaja en la ubicación del panel de conexiones, debe comunicarse por voz frecuentemente con el primer técnico para identificar el origen de los cables, por lo que se pierde demasiado tiempo probando muchos cables de forma redundante.

B. Dispositivos generadores de tonos

Las líneas de datos de par trenzado funcionan mediante señales balanceadas; cada cable del par, transporta una señal

igual pero opuesta, por lo que se cancelan entre sí y es menos probable que interfieran con otros pares. Por el contrario, una señal desbalanceada que se propaga por un par trenzado convierte el cable en una antena de transmisión. Mediante una sonda analógica se puede rastrear el cable a través de la señal que se propaga en el conductor, después de captar la señal, ésta se amplifica y se envía a un altavoz. Este método se ha utilizado durante décadas para determinar por dónde pasa un cable. Algunos de estos equipos, denominados generadores de tonos, son incluso lo suficientemente potentes para generar y detectar señales a través de paneles de yeso y otros materiales de construcción.

Sin embargo, un problema de los *generadores de tonos analógicos* es que pueden captar otras señales desbalanceadas, regularmente aquellas originadas por líneas de suministro de energía eléctrica de corriente alterna, lo que produce un zumbido molesto de 60 Hz de frecuencia, que puede dificultar para el técnico, escuchar la señal del generador de tono. Para tratar de solucionar este problema algunos equipos incorporan filtros.

Otro tipo de generadores de tonos emiten una firma digital para resolver el problema de los zumbidos de otra manera. Los *generadores de tonos digitales* ignoran cualquier señal, excepto la firma digital de su fuente, eliminando el ruido casi en su totalidad. No obstante, estos equipos no logran resolver por completo otro problema común, donde una señal puede causar interferencia sobre un cable adyacente al que se está probando, haciendo muy difícil para el técnico identificar qué cable o puerto del panel de conexión es el que está conectado a la fuente.

C. Dispositivos de identificación remota

Para resolver el problema anterior, se suelen usar dispositivos identificadores que se conectan en un extremo del cable y luego leerse desde el otro extremo. En equipos de uso comercial, los dispositivos identificadores son accesorios complementarios a los probadores de red y su cantidad depende del fabricante. Los identificadores están numerados individualmente. Después un técnico puede ir a la placa de conexión en el otro extremo del cable y conectar un *dispositivo de identificación remota* para verificar qué placa de conexión en determinada ubicación está conectada a qué puerto del panel de terminales o viceversa [3].

El contenido del presente artículo se dividió de la siguiente manera, en la sección II se hace una revisión del estado del arte en patentes y literatura científica sobre dispositivos generadores de tonos propuestos para la identificación y rastreo de cables de red, también se muestra una comparación de dispositivos probadores de red actualmente disponibles en el mercado. En la sección III se describe la tecnología de generación de tonos dual (DTMF *Dual Tone Multi Frequency*). En la sección IV se describe el método de diseño y construcción del prototipo. En la sección V se describen los resultados del rendimiento del prototipo con respecto a la

distancia de propagación de la señal del tono dual y la atenuación de la amplitud recibida debido al uso de adaptadores de unión. Finalmente, en la sección VI se presentan las conclusiones y propuestas de trabajo futuro.

II. REVISION DEL ESTADO DEL ARTE

En esta sección del documento se describen cronológicamente las invenciones relacionadas con la identificación de cables de red, así como un análisis de sus ventajas y desventajas, TABLA I. También se muestra una comparación de probadores de redes disponibles en el mercado, TABLA II.

La patente US 5 557 651 [4] se refiere a una invención registrada en 1996, donde se envía secuencialmente una señal con una frecuencia diferente para cada cable de par trenzado. El técnico es capaz de identificar el cable por el cambio de frecuencia que escucha en el altavoz.

La patente US 6 798 183 B2 [1] se refiere a una invención registrada en 2004, que consta de un dispositivo generador de tonos y de pulsos digitales que envía simultáneamente ambas señales a través del cable de prueba. El encendido y apagado intermitente de leds en un extremo del cable, indica la presencia de un enlace. En el mismo año, Baczynski y Baczynski [5], presentan un sistema que permite identificar el usuario de una línea telefónica mediante un detector de tono DTMF y un módem que envía el número telefónico vinculado al suscriptor de la línea.

La patente US 7 127 041 B1 [2] se refiere a una invención registrada en 2006 que consta de varios emisores de audio de bajo costo, que envían una grabación de voz del número 1 al 48, que se utilizan simultáneamente. Facilitando que el técnico, desde la ubicación del panel de conexiones identifique el número de cable a través de una sonda de proximidad.

La patente US 2012/0270436 A1 [6] se refiere a una invención registrada en 2012, conformada por dos componentes. El primer componente consta de una batería, un interruptor y una resistencia que se conectan hacia un par trenzado a través de un conector RJ45. El segundo componente se conecta en el otro extremo del cable y consta de un led que se enciende cuando se cierra el circuito eléctrico. Estos componentes se pueden conectar sobre un panel enumerado para identificar simultáneamente los pares trenzados.

La patente US 10 277 467 B2 [7] se refiere a una invención registrada en 2019 que permite ubicar dos conectores RJ45 enlazados a un cable de red. Utiliza un software de computadora que detecta un paquete de datos que lleva un identificador específico y una instrucción de solicitud de eco.

La patente US 10 732 364 B2 [8] se refiere a una invención registrada en 2020 que consta de varios testigos, que emiten una señal visual o acústica, para identificar los extremos de un cable de red de fibra óptica o de línea de transmisión

conductiva. En el mismo año se registró la patente RU 2 743 146 C1 [9] que se refiere a una invención que permite identificar alambres, cables, sus núcleos individuales y otros objetos lineales mediante señales acústicas sin quitar el aislamiento de los conductores, sin interrumpir el circuito eléctrico y sin desconectarlos de la red. Utiliza dispositivos vibratorios para generar tres señales acústicas de diferente frecuencia que se colocan en el medio conductor o en el material aislante del cable de red.

TABLA I
COMPARACIÓN DE INVENCIÓNES REGISTRADAS PARA LA
IDENTIFICACIÓN DE CABLES DE RED

Doc.	Ventaja	Desventaja
[4]	Se identifica el par trenzado por la frecuencia del sonido que escucha el técnico de mantenimiento.	Requiere que la prueba se realice de forma secuencial en los pares trenzados de cada cable de red.
[1]	Utiliza un generador de tonos y pulsos digitales para probar el cable de red.	La prueba se realiza en los pares trenzados para un único cable de red.
[5]	Utiliza tecnología DTMF para identificar la línea del subcriptor.	No funciona en caso de que uno de los pares trenzados esté dañado.
[2]	Se pueden usar al mismo tiempo hasta 48 emisores de audio de bajo costo.	El ruido puede afectar la detección a partir de la interpretación que hace el técnico de la señal de audio.
[6]	Utiliza un circuito simple y de bajo costo para verificar la conexión.	Requiere la construcción de un gran panel enumerado para identificar cada cable.
[7]	Permite identificar varios dispositivos conectados en la red y sus cables, de forma simultánea mediante un software.	Requiere que en un extremo del enlace esté conectado un equipo digital capaz de responder a la solicitud de identificación.
[8]	Utiliza testigos acústicos y visuales simples que se colocan en un extremo del enlace.	Diseño complejo para identificar simultáneamente cables de fibra óptica además de cables conductivos.
[9]	Utiliza señales acústicas que se pueden propagar por el medio aislante del cable al mismo tiempo que las señales eléctricas del medio conductor.	Es complejo identificar varios cables de manera simultánea. Además en terminales ensambladas a un panel es difícil acceder al material aislante del cable.
[10-13]	Los prototipos se orientan principalmente a la detección de fallas en el cable y conectores de red.	Utilizan un identificador remoto único y no son convenientes para redes con varios cables de red.

En las publicaciones científicas también se reportan varios prototipos que utilizan multivibradores, diseñados a partir del circuito NE555 para enviar señales eléctricas a través de uno de los extremos del cable de par trenzado. En el otro extremo utilizan indicadores led y circuitos contadores de décadas, como el CD4017, para que el técnico verifique visualmente

la conexión y detecte posibles fallas, tanto en el conector RJ45 como en el cable de red. Aunque los autores mencionan que sus prototipos también se pueden utilizar para identificar el cable de red, en todos los casos, su funcionalidad se reduce al uso de un único identificador remoto, y en consecuencia, es inconveniente, cuando se necesita identificar un gran número de cables [10-11, 13].

D. Dispositivos probadores de red comerciales

Los probadores de redes son una herramienta importante para los técnicos encargados de la instalación y mantenimiento de redes de cableado estructurado, porque se utilizan para verificar la conectividad de los cables, identificar conexiones defectuosas, detectar cables dañados y conectores RJ45 averiados. En la TABLA II se muestra una comparación de probadores de redes disponibles en el mercado, recomendados por técnicos de redes [14]. Un dato importante para considerar en la selección del equipo, es el número de identificadores remotos ID con los que cuenta el kit. Entre mayor sea el número de identificadores remotos, más cables se pueden identificar al mismo tiempo y en consecuencia facilitar y agilizar el trabajo del personal técnico. Sin embargo, en la columna de la derecha se observa que el precio aproximado en dólares estadounidenses USD, se incrementa respecto al número de identificadores remotos, de acuerdo con la información disponible por el fabricante del equipo [3, 15-17, 19].

TABLA II
COMPARACIÓN DE PROBADORES DE RED

Marca	Modelo	Generador de tono digital	análogo	ID	Precio USD
Fluke	[3] MS2-100	●		6	640
Greenlee	[15] NC-510	●		7	143
KleinTools	[16] VDV501-823		●	5	88
Southwire	[17] M300P		●	5	84
TRENDnet	[18] TC-NT2		●	1	40

III. TECNOLOGÍA DTMF

En el presente prototipo se utiliza la tecnología de generación y detección de tonos DTMF (*Dual Tone Multi Frequency*), la cual se desarrolló inicialmente para la señalización telefónica, como proceso para desencadenar la conmutación automática en la central, en lugar de la tecnología de marcación decádica mediante pulsos.

Para la generación y codificación de tonos a partir de datos binarios de entrada, en el presente prototipo, se utilizó el circuito integrado TP5088 y para la decodificación se utilizó el circuito integrado MT8870. En la TABLA III se muestra la tabla de verdad para el codificador DTMF. Los datos binarios de entrada D0-D3 producen un tono conformado por una frecuencia baja y una frecuencia alta, dentro del rango de frecuencias audibles para el ser humano de 20Hz-2kHz. Por otro lado, el decodificador DTMF detecta el tono y produce

una salida binaria de 4 bits, que después puede enviarse hacia un decodificador como el circuito integrado 74LS48 para mostrar el dato binario como un dígito decimal de 0 a 9 mediante un display. Por la confiabilidad de la tecnología DTMF, esta se ha implementado con éxito en otras aplicaciones electrónicas, en control y automatización [14].

TABLA III
TABLA DE VERDAD PARA EL CIRCUITO CODIFICADOR DTMF

Dígito decimal	Dato binario				Tono (Hz)	
	D3	D2	D1	D0	Baja	Alta
1	0	0	0	1	697	1209
2	0	0	1	0	697	1336
3	0	0	1	1	697	1477
4	0	1	0	0	770	1209
5	0	1	0	1	770	1336
6	0	1	1	0	770	1477
7	0	1	1	1	852	1209
8	1	0	0	0	852	1336
9	1	0	0	1	852	1477
0	1	0	1	0	941	1336

IV. MÉTODO

El prototipo identificador de cables de red consta de dos módulos principales, un módulo transmisor que se conecta en un extremo del cable asociado a la terminal de usuario y un módulo receptor que se conecta en el otro extremo del cable en el panel de conexiones.

E. Diseño del módulo transmisor

El módulo transmisor del prototipo se diseñó a partir del circuito codificador TP5088. A través de las entradas digitales D0-D3 se selecciona la generación de un tono dual específico, ver Figura 1. Esto permitió construir varios módulos transmisores, cada uno configurado para emitir un tono diferente del 1 al 9 para facilitar la identificación remota de hasta nueve cables diferentes de manera simultánea. La señal del tono se envía hacia la base de un transistor TIP31C y la corriente de emisor se conecta hacia los cables 2, 4, 6, y 8 del cable de red mediante un conector RJ45, energizando únicamente un cable de cada par trenzado. El pin 2 del circuito codificador TP5088 denominado TE (*Tone Enable*) tiene un resistor interno conectado en *pull-up*. Cuando TE recibe una señal en bajo, se inhibe el oscilador y se desconecta la salida del generador. Una transición de bajo a alto en TE retiene los datos de D0-D3, y se activa el oscilador, habilitando la salida del generador. Para cada cambio inducido en las entradas D0-D3 es necesario provocar una transición de bajo a alto en TE por medio de un interruptor. Para producir las frecuencias DTMF estándar de la TABLA III, es obligatorio usar un cristal de 3.579545 MHz en los pines 6 y 7 del oscilador.

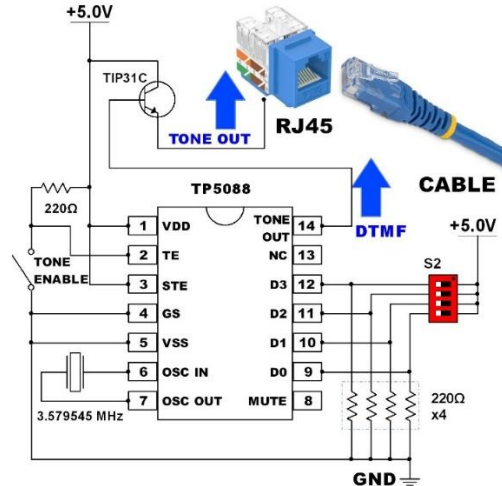


Fig. 1. Esquema del circuito codificador DTMF del módulo transmisor.

En la Figura 2, se muestra la señal recibida en el extremo opuesto del cable de red, donde la gráfica superior corresponde a la señal del tono en el dominio del tiempo y la gráfica inferior corresponde a la señal en el dominio de la frecuencia, donde se distinguen dos amplitudes detectadas, en 780Hz y 1.5kHz, coincidiendo aproximadamente con la frecuencia baja y alta respectivamente del tono asociado al número seis en decimal de la TABLA III. La imagen del tono en el dominio de la frecuencia, se graficó en la parte inferior de la pantalla a través de la función de la transformada rápida de Fourier FFT (*Fast Fourier Transform*), usando un osciloscopio digital de marca Rigol.

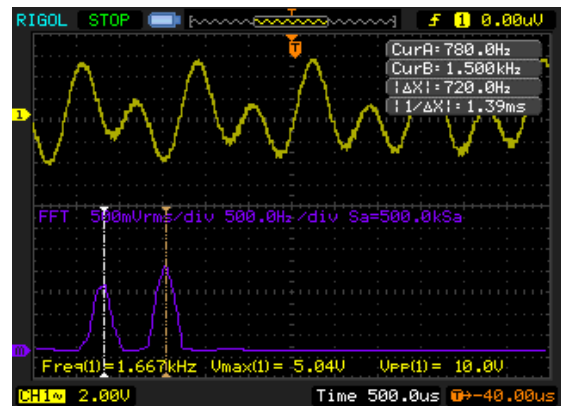


Fig. 2. Curvas de la señal de tono dual, a) la curva superior muestra la señal en el dominio del tiempo, b) la curva inferior muestra la señal en el dominio de la frecuencia calculada mediante FFT.

F. Diseño del módulo receptor

La señal generada por el codificador TP5088 se propaga a través del cable de red hasta alcanzar el otro extremo, donde se conecta al módulo receptor que consta de un circuito decodificador MT8870 y una bocina donde el técnico puede escuchar la señal acústica del tono recibido, ver Figura 3. Cabe señalar que cada tono produce una señal acústica

diferente que el técnico puede reconocer de forma auditiva. El decodificador MT8870 convierte la señal analógica en una señal binaria, a través de los pines de salida Q1-Q4 se envía hacia el circuito 74LS48 que convierte el decimal codificado en binario en salidas con voltaje en alto o bajo usadas para encender un display de 7 segmentos de cátodo común. El técnico puede identificar visualmente por el número del 1 al 9 que se muestra en el display, cuál es el transmisor remoto que genera la señal, y deducir la ubicación de la terminal de usuario y por lo tanto el cable al que está conectado.

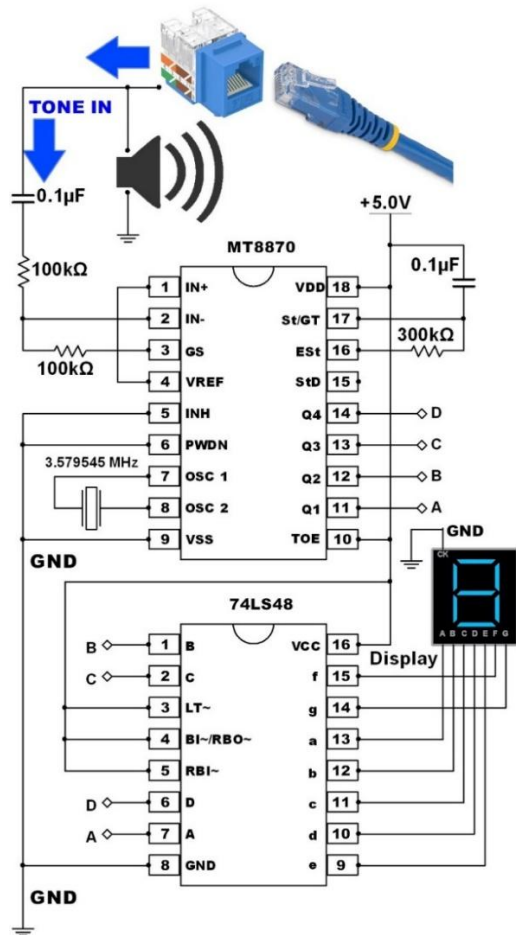


Fig. 3. Esquema del circuito decodificador DTMF del módulo receptor.

G. Construcción del prototipo

Se diseñaron y fabricaron en circuito impreso PCB (*Printed Circuit Board*) nueve tarjetas para los módulos de transmisión de identificación remota y una tarjeta para el módulo receptor. En la imagen de la izquierda de la Figura 4 se muestra la capa de *bottom* del módulo transmisor donde se ensambla el codificador TP5088 y en la imagen inferior se muestra la capa de *top* del módulo receptor, donde se ensamblan los decodificadores MT8870, 74LS48 y el display de 7 segmentos.

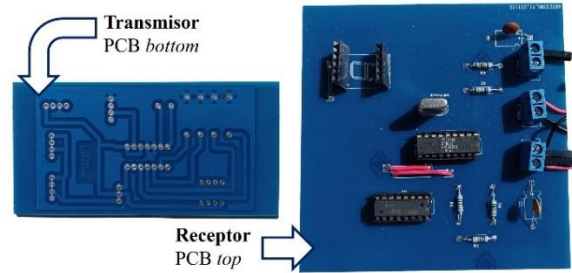


Fig. 4. Tarjetas de circuito impreso para el módulo transmisor y el módulo receptor.

En la Figura 5 se muestra la vista frontal del prototipo identificador de cable de red. En la imagen de la izquierda se muestra uno de los módulos transmisores y en la imagen de la derecha se muestra el módulo receptor. Los módulos tienen un conector hembra RJ45 donde se inserta el cable de red que se está probando.



Fig. 5. Vista frontal del prototipo identificador de cable de red.

En el enlace www.youtube.com/shorts/vV9eqizDUtc se puede consultar un video donde se muestra la conexión de un módulo transmisor a una terminal de usuario, y en el video del enlace www.youtube.com/shorts/z-99SMnifmc se puede observar la conexión del módulo receptor en el panel de conexiones, donde se identifican dos cables de red distintos. El técnico debe oprimir el botón rojo de la Figura 5 del módulo receptor cada vez que se desea probar un cable diferente. En el presente prototipo se omitió el uso del tono vinculado al número cero en decimal de la TABLA III para evitar errores de interpretación por parte del técnico. Por otro lado, cuando la señal enviada por el generador de tonos, no llega al módulo receptor, el display permanece apagado y la bocina no reproduce ningún sonido. En ese caso, el técnico puede suponer que el cable bajo prueba está dañado o que el cable no está conectado a uno de los módulos transmisores.

V. RESULTADOS

Para evaluar el rendimiento del prototipo, se obtuvieron mediciones experimentales de los voltajes pico, recibidos en un extremo del cable para cada una de las frecuencias baja y alta para todos los tonos del 1 al 9 y cables de prueba de 0.2, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0, 5.0, 8.0 y 9.5 metros de longitud.

Se usaron los cursores horizontales del osciloscopio para medir el voltaje pico en la curva del tono graficada por la función de la transformada rápida de Fourier FFT, ver Figura 2. Tanto en la Figura 6 como en la Figura 7 se observa una disminución en el voltaje conforme se incrementa la distancia de propagación de la señal de forma proporcional a la longitud del cable de red.

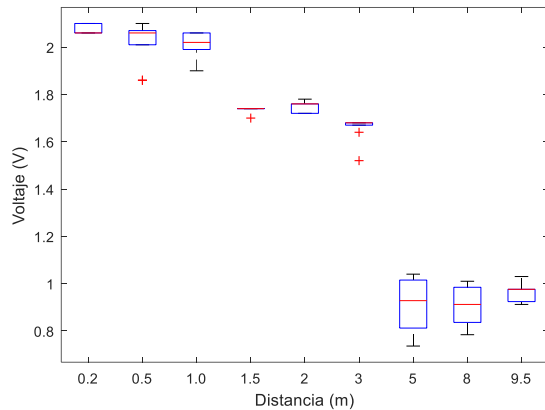


Fig. 6. Mediciones de voltaje contra distancia para frecuencias altas del generador de tono.

También, se observa que los voltajes para las frecuencias bajas de la Figura 7 están por debajo de los voltajes para las frecuencias altas de la Figura 6. Esta tendencia, también se observa en la gráfica en el dominio de la frecuencia de la Figura 2 para el caso de la señal de un tono específico. Para graficar los diagramas de caja y bigotes de las Figuras 6 y 7, se hicieron varias mediciones para cada una de las distancias de prueba. En cada caja, la marca central indica la mediana, los extremos inferior y superior indican los percentiles al 25% y 75% respectivamente. La marca de los bigotes se extiende hasta los valores mínimo y máximo de los datos y los valores atípicos se representan individualmente mediante el símbolo de una cruz.

Es normal que la amplitud de la señal decaiga conforme se incrementa la distancia de propagación. Para distancias no mayores a 9.5 metros el prototipo es capaz de detectar el número del identificador remoto y de reproducir el tono en la bocina. Sin embargo, si la distancia se incrementa, la bocina deja de reproducir el sonido del tono, pero el decodificador si es capaz de realizar su función de mostrar el número del identificador hasta 30 metros, de acuerdo a las observaciones experimentales. Para las pruebas se usaron cables estándar CAT5, CAT5e y CAT6 ensamblados originalmente por el fabricante de extremo a extremo o mediante segmentos ensamblados por coples o adaptadores de unión con conectores RJ45 hembra. Cabe señalar, que el uso de coples induce pérdidas significativas en la amplitud de la señal; como se puede observar en la Figura 8, los voltajes detectados en un extremo de un cable sin cople, de 3 metros de longitud, son más altos que los voltajes para un cable ensamblado

mediante un adaptador a partir de la unión de dos segmentos de 1.5 metros.

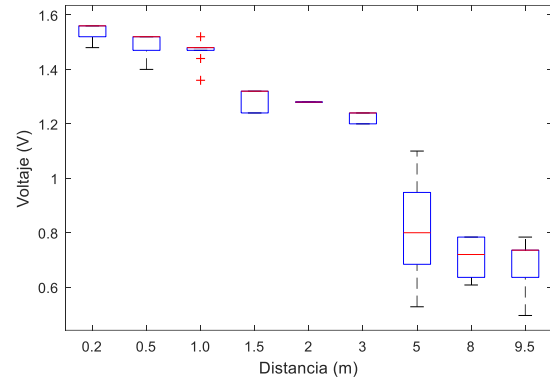


Fig. 7. Mediciones de voltaje contra distancia para frecuencia bajas del generador de tono.

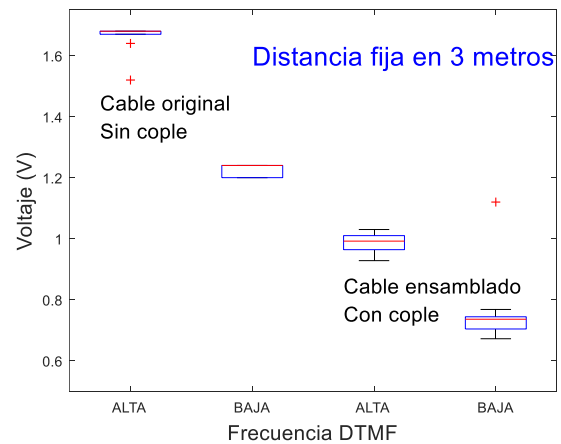


Fig. 8. Mediciones de voltaje contra distancia para frecuencia bajas del generador de tono.

Esta observación es importante, porque en algunas instalaciones no será posible conectar directamente algunos de los módulos del prototipo, sino es a través de un cable y un conector RJ45 hembra unido a una placa de pared. En este caso, es recomendable que el cable que enlaza a los módulos y la placa de pared no exceda los 0.2 metros de longitud, para evitar pérdidas en la propagación de la señal que puedan afectar su posterior detección.

VI. CONCLUSIONES

Se diseñó y construyó un prototipo para auxiliar al personal técnico en la identificación de cables de red en el panel de conexiones mediante el enlace con un dispositivo remoto en la terminal de usuario, que genera una señal de tono dual conformada por una frecuencia baja y una frecuencia alta. El prototipo tiene hasta nueve identificadores remotos numerados del 1 al 9 diseñados a partir del circuito generador de tono TP5088. La señal de identificación se puede configurar fácilmente a través de las entradas digitales D0-D3 del circuito.

Los identificadores remotos, funcionan como transmisores del tono dual, para que un receptor con un decodificador DTMF diseñado a partir del circuito MT8870 detecte la señal y facilite la identificación del cable mediante una indicación visual y acústica. De esta manera, el técnico de redes puede etiquetar correctamente varios cables de red en sus extremos en un menor tiempo, agilizando el trabajo, disminuyendo costos y eliminando pruebas redundantes.

El ensamble del prototipo se realizó en tarjetas de circuito impreso para mejorar la robustez y confiabilidad del sistema electrónico durante las pruebas experimentales de validación y de campo. No obstante, los costos de fabricación del prototipo son menores a los de equipos comerciales. Por otro lado, como trabajo futuro consideramos que es necesario realizar, una búsqueda del estado de la técnica ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial, para verificar si el prototipo cumple con los criterios de novedad que permitan su registro bajo alguna de las figuras de protección intelectual.

En las pruebas del prototipo, se observó que la señal de tono dual se atenúa conforme se incrementa la distancia de propagación, de forma proporcional a la longitud del cable de red. Además, la frecuencia baja del tono dual muestra voltajes de menor amplitud que los de mayor frecuencia. También se observó que el uso de adaptadores de cables de red incrementan significativamente las pérdidas en la amplitud de la señal.

Aunque el prototipo es capaz de identificar visualmente mediante el display, cables de hasta 30 metros de longitud, la señal se atenúa demasiado como para reproducir el tono en la bocina del receptor. En consecuencia, se propone mejorar la ganancia del amplificador en el transmisor remoto, también se puede insertar una nueva etapa de amplificación de la señal acústica para la bocina del receptor. Estas propuestas de mejoras en la amplificación de la señal pueden contribuir a elevar el rendimiento del prototipo reduciendo los efectos de las pérdidas por propagación y al uso de adaptadores para la unión de segmentos de cables de red.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Ing. Salvador Badillo del Departamento de redes de la Unidad Académica Zapopan del Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez (TecMM) por su orientación y apoyo. También agradecemos al Tecnológico Superior de Jalisco (TSJ) y al Tecnológico Nacional de México (TecNM) por el apoyo recibido para la realización del presente proyecto.

REFERENCIAS

- [1] T. K. Bohley, T. Dumas and M. Keisling. "Method of and apparatus for simultaneously providing tone and intermittent link onto a cable to assist identifying the cable" U.S. Patent 6 798 183 B2, 2004. [Online]. Available: <https://patents.google.com/patent/US6798183B2/en>.
- [2] R. H. Houck. "Simultaneous tracing of multiple phone/data cables" U.S. Patent 7 127 041 B1. 2006. [Online]. Available: <https://patents.google.com/patent/US7127041B1/en>.
- [3] Fluke Networks (2022) "Best cable tracing and tracking methods". [En línea]. Disponible en: www.flukenetworks.com/blog/cabling-chronicles/best-cable-tracking.
- [4] C. H. Wissman, "Signal generator for tracing multiple transmission lines," U.S. Patent 5 557 651. 1996. [Online]. Available: <https://patents.google.com/patent/US5557651A/en>.
- [5] J. Baczynski and M. Baczynski, "The system for identification of telephone wire lines," *2nd IEEE International Conference on Industrial Informatics*, INDIN '04. 2004, Berlin, Germany, 2004, pp. 381-384, doi: <https://doi.org/10.1109/INDIN.2004.1417365>.
- [6] S. P. Blythe. "Identifying individual copper network cables on a patch panel". U.S. Patent 20 120 270 436 A1. 2012. [Online]. Available: <https://patents.google.com/patent/US20120270436A1/en>.
- [7] C. F. Chang, M. D. Ho, M. P. Hsueh, and Y. H. Tsai. "Locating a network cable connector". U.S. Patent 10 277 467 B2. 2019. [Online]. Available: <https://patents.google.com/patent/US10277467B2/en>.
- [8] C. B. Scherer and J. Sholtis. "Traceable networking cables with remote-released connectors". U.S. Patent 10 732 364 B2. 2020. [Online]. Available: <https://patents.justia.com/patent/10732364>.
- [9] A. V. Bukreev, A. V. Vonogradov, A. V. Vinogradova "Device for identifying wires, cables, and other linear objects using acoustic signals". RUSIA Patent 2 743 146 C1, 4 Agosto 2020.
- [10] K. Sapkota, K.K. Chaudhary, R.P. Paudel, J. Karki, J. "Electronics Tester", *1st KEC Conference Proceedings*, Lalitpur, Nepal. pp. 43-47, 2018.
- [11] Z. M. Hussin, M. R. Amit, L. A. Tiron, M. R. Abdul Razak and S. Mohammad. "Automated portable RJ45 tester system," *AIP Conference Proceedings* 2129, 020107, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1063/1.5118115>.
- [12] H. Sun and C. Jia. "Design of a Multi-interface Telecommunication Cable Tester", *International Conference on Intelligent Transportation, Big Data & Smart City (ICITBS)*, Changsha, China, 2019, pp. 188-190, <https://doi.org/10.1109/ICITBS.2019.00051>.
- [13] D. Walter (2023) "Best Network Cable Tester: Top 6 of 2024". Electrician Mentor. [Online]. Available: www.electricianmentor.com/the-honest-ethernet-cable-tester-guide-for-electricians/.
- [14] M. Kuo, B. H. Lee, and W. Tian. "Real-Time digital signal processing, implementations and applications". West Sussex, England, Wiley Eds. 2006.
- [15] Greenlee. (2009) "NC-510 NETcat Pro Accessory Kit". [En línea]. Disponible en: www.greenlee.com.
- [16] Kleintools (2023) "Telecom VDV501-823". [En línea]. Disponible en: www.kleintools.com.
- [17] Southwire (2023) "Southwire M300P Professional Network Cable Tester". Disponible en: www.southwire.com.
- [18] TRENDnet (2023) "TC-NT2 Network Cable Tester". [En línea]. Disponible en: www.trendnet.com