

DISEÑO DE UN ENLACE ÓPTICO PUNTO A PUNTO NO GUIADO DE ALTA VELOCIDAD Y LARGO ALCANCE DE BAJO COSTE.

Francisco Mateos, David Delgado, José Alberto Rabadán, Francisco Delgado, Rafael Pérez.

Departamento de Señales y Comunicaciones, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria
jrabadan@dsc.ulpgc.es

ABSTRACT: In this paper an infrared link for digital communications is presented. It is suitable to get a low cost solution to make a full-wireless network interconnection.

1. Introducción

Las redes de comunicaciones han experimentado un crecimiento en los últimos años, y las necesidades de los usuarios han evolucionado de forma considerable. Una de las redes que han cobrado especial importancia dentro de las grandes corporaciones, así como de las empresas de menor infraestructura son las redes Intranet o redes privadas. La evolución de estas redes han provocado la necesidad de la interconexión entre las redes de distintas sedes. Esto implica, hoy por hoy, la contratación de un canal de comunicación a una operadora y, además, la implantación de toda la infraestructura software necesaria para la gestión de esa pasarela.

La opción más obvia para la interconexión de las diferentes sedes es la solución vía cable, que sólo podría ser facilitada por una operadora de telefonía o cable. Existe, sin embargo, una alternativa mediante sistemas inalámbricos que podría ser no sólo viable, sino de costo mucho menor. La figura 1 representa la solución propuesta. Dentro de las comunicaciones inalámbricas podríamos distinguir entre dos modelos claramente diferenciados por la zona del espectro que ocupan: la comunicación vía radiofrecuencia y la comunicación vía infrarrojo. Este trabajo se centra en la segunda opción que presenta, como principal ventaja frente al resto de alternativas, la reducción del coste, no sólo en cuanto a inversión inicial sino también en el coste derivado del alquiler del correspondiente canal de comunicación.



Fig. 1. Sistema propuesto

Las comunicaciones ópticas no guiadas presentan una serie de ventajas frente a las comunicaciones guiadas y a la de radio frecuencia que no pueden ser obviadas en la evaluación de sistemas de comunicaciones de datos. Las principales ventajas que se pueden destacar son: la seguridad y privacidad en las comunicaciones, la inmunidad al ruido electromagnético, la ausencia de legislación que regule esta franja del espectro; y la facilidad de la instalación sin que exista la necesidad de usar aparatosos soportes para el sistema. Por otra parte, es necesario tener en cuenta los efectos que pueden hacer estos sistemas inviables. En primer lugar, es imprescindible tener visibilidad directa para llevar a cabo un enlace de este tipo. En segundo lugar, el canal atmosférico tiene carácter no determinista y existen diferentes efectos dependientes de la situación meteorológica que afectan negativamente a la calidad y disponibilidad del enlace. De entre estos efectos destacan el scattering, las turbulencias debidas a gradientes de temperatura y la absorción producida por diferentes gases en la atmósfera.

En este artículo se presenta un sistema alternativo para la interconexión de redes que reduce considerablemente el coste del enlace de datos. El esquema propuesto se trata de un sistema de comunicaciones ópticas no guiadas de alta velocidad (100 Mbps) y de largo alcance, alrededor de 1Km. En el extremo transmisor se hará la adaptación desde una roseta de conexión de red convencional, Ethernet 100Mbps, a un emisor láser. El sistema receptor realizará la detección de esta señal y la readaptación a la red de datos.

Los principales problemas que se encuentran en este tipo de sistemas son debidos a la propagación de la señal infrarroja por la atmósfera. Otro de los factores a tener en cuenta son la correcta recuperación de los datos en un margen dinámico amplio y la correcta sincronización de los mismos.

En los siguientes apartados se describirá las características más importantes

del canal de comunicación. A continuación se tratará con mayor detalle el diseño e implementación tanto del sistema transmisor como de la cadena de recepción. Por último, se expondrán las valoraciones finales del sistema.

2. Características del canal.

Para el desarrollo de cualquier sistema de comunicaciones es necesario realizar un estudio del medio de transmisión que se va a emplear para ver como éste afecta a la señal que se pretende transmitir. En las comunicaciones ópticas no guiadas en exteriores, el medio de transmisión es la atmósfera y es preciso conocer como ésta afecta a la transmisión de señales ópticas, concretamente en el infrarrojo.

Las dos fuentes principales de pérdidas que presenta el medio de transmisión son la absorción de los gases de la atmósfera y el scattering de las moléculas de los gases. Existen diferentes longitudes de onda en las que la atenuación de la atmósfera presenta unos mínimos. A estas longitudes de onda se les llama ventanas de transmisión y son óptimas para la transmisión de señales en el infrarrojo. En la figura 2 se muestra la transmitancia que presenta la atmósfera a diferentes longitudes de onda.

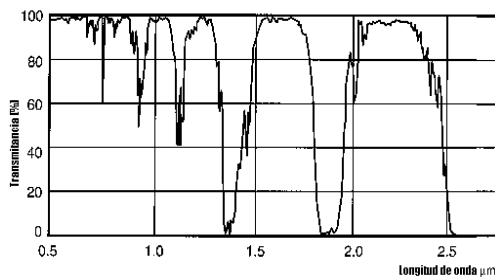


Fig. 2. Transmitancia de la atmósfera

La ley de Beers-Lambert describe la atenuación de la luz al viajar por la atmósfera debida a la absorción y el scattering. En general, la transmitancia, τ , de una radiación en la atmósfera es función de la distancia [1], y se obtiene:

$$\frac{I_R}{I_O} = \tau = e^{-\gamma x} \quad (1)$$

donde:

I_R/I_O : relación entre la intensidad detectada, I_R , en x y la inicialmente emitida, I_O

γ : coeficiente de atenuación

x : distancia entre emisor y receptor

$$\gamma = \alpha_m + \alpha_a + \beta_m + \beta_a \quad (2)$$

α_m : coeficiente de scattering molecular

α_a : coeficiente de scattering de aerosol

β_m : coeficiente de absorción molecular

β_a : coeficiente de scattering de aerosol

Otro efecto muy importante es la *scintillation*, que representa los cambios de intensidad de luz en el tiempo y en el espacio en el plano del receptor. El nivel de señal recibida fluctúa debido a los cambios inducidos térmicamente en el índice de refracción del aire a lo largo del camino de propagación. Estos cambios son debido a que la atmósfera actúa como una pequeña colección de prismas y lentes que desvían el haz de luz del camino de transmisión. Por lo tanto, la altitud a la que se encuentra el enlace óptico con respecto al nivel del mar también influye en la atenuación que provocará la atmósfera.

Para la selección de la longitud de onda a la que transmitirá el sistema hay que tener en cuenta diversos aspectos, como las características del canal, las condiciones meteorológicas, las ventanas de transmisión, el coste de los dispositivos, etc. Por ejemplo, una longitud de onda de 1550 nm es segura para el ojo humano por lo que se puede transmitir más potencia que a otras longitudes [2]. Teniendo en cuenta los diferentes factores y llegando a un compromiso entre la atenuación atmosférica, los precios de los componentes ópticos a las diferentes longitudes de onda, al igual que su disponibilidad, y demás factores, se ha elegido como longitud de onda de trabajo los 785 nm.

3. Diseño del sistema de transmisión.

En este apartado se presenta el diseño del sistema transmisor. La figura 3 muestra el esquema del sistema propuesto. El sistema acepta en la entrada de datos niveles TTL, muy generalizado en los sistemas de comunicación, como PECL, una señalización diferencial para datos de alta velocidad. Por lo tanto, el sistema podrá acoplarse a diversos sistemas de comunicación.

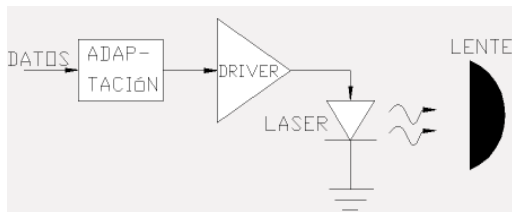


Fig. 3. Esquema del sistema transmisor.

Si la señal de entrada es TTL se transforma a PECL, ya que el driver del láser está configurado para aceptar señales PECL (se puede configurar para admitir otros niveles de señal). Se ha utilizado como convertidor de TTL a PECL diferencial el integrado *MC100ELT20* de ON SEMICONDUCTOR.

La señal PECL diferencial ataca el driver *MAX3669* de MAXIM. Este driver es capaz de trabajar con señales de hasta 622 Mbps y proporciona una corriente de polarización desde 1 hasta 80 mA y una de modulación de 5 hasta 75 mA. El driver tiene un control automático de potencia media para corregir la degradación del láser debida a la temperatura y el paso del tiempo. Para ello se hace uso del fotodiodo de control que, por lo general, todo emisor láser lleva incorporado. Este fotodiodo se puede conectar al driver que corregirá automáticamente la corriente de polarización del láser.

El láser utilizado es el *ML60116R* de MITSUBUSHI que emite a una longitud de onda de 785 nm y es capaz de proporcionar una potencia óptica de 30 mW con 80 mA. A esta longitud de onda existe una ventana de transmisión en la atmósfera y los precios de los láseres son más baratos. La corriente umbral de este láser es de 30 mA. Se polariza muy cerca de la corriente umbral para disminuir el tiempo de encendido y para que sea más fácil corregir la corriente de polarización del láser, que cambia debido a la temperatura y a lo largo de la vida del láser por su envejecimiento.

El láser va acoplado en un dispositivo de montaje compuesto por un soporte y una lente colimadora. Esta lente colimadora concentra todo el haz del láser y así se puede transmitir la mayor potencia posible.

4. Sistema Receptor.

El subsistema de recepción es una de las partes más críticas de todo el enlace. Existen varios parámetros que se deben tener en cuenta a la hora de elegir los componentes que formarán parte del diseño. Entre ellos podemos destacar la sensibilidad, relación señal/ruido, ancho de banda y la robustez frente al jitter, que son comunes a cualquier tipo de sistema receptor digital. La sensibilidad cobra especial importancia en sistemas inalámbricos, siendo uno de los parámetros que fija los límites en cuanto a distancia[3].

El diagrama de bloques del sistema de recepción se presenta en la figura 4. En primer elemento en la cadena de recepción es un elemento fotosensible (fotodiodo PIN o APD), seguido de un preamplificador. Este primer bloque es clave para la recepción correcta y, por lo tanto, para obtener una calidad aceptable en el enlace de comunicaciones. A continuación se procede a realizar una postamplificación, en concreto para realizar esta tarea se ha recurrido a un amplificador limitador, que mejora sensiblemente el margen dinámico de la señal de entrada. Por último, se procede a la regeneración de los datos y a la obtención del reloj para una posterior reconversión al formato del nivel físico correspondiente a una red Ethernet 100Base-TX.

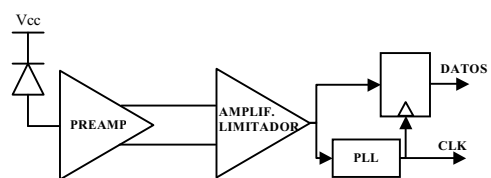


Fig. 4. Diagrama de bloques del subsistema receptor

Una vez descrita la cadena de recepción de manera general, se procede a realizar una descripción más detallada de cada subsistema que lo compone. La primera etapa, marcará en gran medida la sensibilidad y el ruido de todo el sistema receptor. Es importante tener en cuenta estos aspectos incluso en el diseño físico del mismo. En este trabajo se ha usado el fotodiodo PIN S5972 de Hamamatsu, que cuenta con 500Mhz de ancho de banda y una fotosensibilidad de 0.55 A/W en 780nm. En cuanto al preamplificador, será quien convierta la pequeña señal en corriente producida por el

fotodiodo en una señal diferencial en voltaje. El ruido referido a la entrada del preamplificador dominará la sensibilidad del sistema, por esta razón hay que realizar un diseño físico de los sistema que lo minimice.

La etapa de postamplificación amplifica la señal obtenida a los niveles adecuados para la correcta recuperación de datos y de reloj. Un amplificador limitador es la opción más adecuada en este caso, ya que proporciona un mayor margen dinámico, siendo el sistema más resistente frente a desvanecimientos de la señal recibida. A continuación, se procede a la recuperación de la señal de datos y de la extracción de reloj a través de un PLL. Existen en el mercado circuitos integrados que contienen toda esta etapa, desde el amplificador limitador hasta el recuperador de datos y reloj. En este trabajo se ha usado el MAX3676 que realiza ambos pasos.

5. Conclusiones

El sistema propuesto surge de la necesidad de un sistema de bajo coste y de gran capacidad para la transmisión de datos a distancias medias. Gracias a las comunicaciones ópticas no guiadas, el sistema está libre de interferencias y se gana seguridad en la transmisión de los datos. En la figura 5 se observa la señal transmitida (en el canal 1) y la recibida.

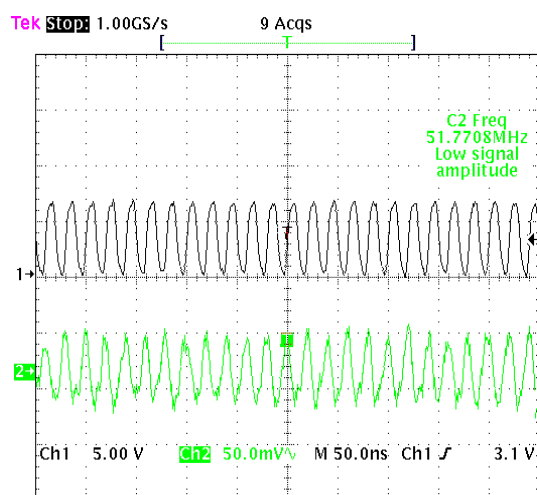


Fig. 5. Señal transmitida y recibida.

La tasa de transmisión del sistema diseñado permite la operación sin problemas de las redes Ethernet 10/100 Mbps. El principal inconveniente del enlace son las condiciones climáticas del lugar donde se instale que son las que permitirán o no el funcionamiento del mismo. Al comportarse la atmósfera de forma aleatoria la distancia a la que puede trabajar el sistema varía según las condiciones climáticas. Además, al ser un sistema óptico punto a punto, debe existir visión directa entre el transmisor y el receptor.

6. Referencias

- [1] Isaac I. Kim, Bruce McArthur, and Eric Korevaar “*Comparison of laser beam propagation at 785 nm and 1550 nm in fog and haze for optical wireless communications*”
- [2] AIRFIBER, “*The physics of free-space optics*”
- [3] John M. Senior. “*Optical Fiber Communications, Principles and Practice*”, second edition. Prentice Hall. 1992.