

CONSIDERACIONES SOBRE EL DISEÑO DE LOS SISTEMAS PARA COMUNICACIONES OPTICAS NO GUIADAS

A. Puerta*, J.M. Miguel†, J.M. Miró†, M. Sanz†

* Dpto. de Ingeniería de Comunicaciones
ETSI de Telecomunicación, Universidad de Málaga
Plaza El Ejido s/n, 29013 MALAGA

† Dpto. de Teoría de la Señal y Comunicaciones
ETSI de Telecomunicación, Universidad Politécnica de Cataluña
C/ Jordi Girona s/n, 08034 BARCELONA

ABSTRACT

After a brief discussion about ambient light effects on unguided optical links for indoor applications, a new system design line is proposed in order to avoid the disturbances associated to that interfering factor. First experimental results clearly show that these troublesome effects can be practically eliminated, including that corresponding to fluorescent lamps switching on.

1 INTRODUCCION

En la actualidad, la inmensa mayoría de los sistemas de comunicaciones ópticas utilizan la fibra óptica, o más propiamente denominada guía dieléctrica, como soporte para la transmisión. Hasta tal punto esto es así que, con frecuencia, suele identificarse como correspondiente a las comunicaciones ópticas sólo lo relacionado con la transmisión de información por fibra.

Sin embargo, durante los últimos años, se ha venido produciendo un notable incremento en el desarrollo de aplicaciones de distinta naturaleza que utilizan la propagación en la atmósfera, dentro del espectro óptico, normalmente en el infrarrojo próximo, como base del canal de comunicación.

En el marco de las comunicaciones ópticas no guiadas actuales, aparte de algunas aplicaciones preliminares muy difundidas, tales como los sistemas de telemando para electrónica de consumo, son los modernos sistemas de interconexión de terminales de redes informáticas de área local (LAN), los que realmente han propiciado su desarrollo, relativamente reciente. Si bien los primeros sistemas en este campo, utilizaban el espectro radioeléctrico, posteriormente se está dedicando una considerable atención a los sistemas basados en las comunicaciones ópticas no guiadas. Esto es debido a que algunos de los inconvenientes que presenta la utilización de las frecuencias de radio son superados por las técnicas disponibles en comunicaciones ópticas. Así, por una parte, el espectro radioeléctrico se encuentra fuertemente saturado y sometido a regulación legal. Además, con las bandas de frecuencia asignadas, se presentan fuertes desvanecimientos por la propagación multicamino, que hay que compensar mediante complicados sistemas de diversidad.

Contrariamente, el espectro infrarrojo utilizado no está sometido a regulación, salvo en los aspectos relativos a los márgenes de seguridad, y, en relación a los posibles desvanecimientos, es obvio que aquí no se producen, y el único efecto de la propagación multicamino

es el límite impuesto a la velocidad de transmisión [1].

Dentro del contexto general de las comunicaciones ópticas no guiadas en la atmósfera, el factor que condiciona de forma más determinante el diseño del sistema de transmisión propiamente dicho es la hostilidad del canal, en comparación con las condiciones que invariablemente se dan en las comunicaciones por fibra. Es evidente que las condiciones del canal y los aspectos condicionantes del diseño dependen de la naturaleza de la aplicación. De este modo, en las comunicaciones por haz en el exterior serán los agentes atmosféricos los de mayor incidencia [2], así como, en las aplicaciones para interior, es la luz ambiental: la solar y la debida a las fuentes de luz artificial, el agente más perturbador.

El trabajo presentado en esta comunicación se refiere concretamente a este último aspecto, es decir, al tratamiento de los problemas derivados de la influencia de la luz ambiental y, en especial, las fuentes de iluminación artificial, en los sistemas de comunicaciones ópticas no guiadas para ambiente interior.

2 LUZ AMBIENTAL. MODULACION Y CODIFICACION

Dentro de la luz ambiental, la fracción debida al sol produce en el fotodiodo una componente de corriente lentamente variable pero de magnitud muy apreciable, contribuyendo además a incrementar notablemente el ruido Shot generado en el dispositivo. Su repercusión en el diseño del sistema ha sido ampliamente tratada [1], y puede resumirse en dos conclusiones: la imposibilidad de utilizar codificaciones con densidad espectral no nula a frecuencia cero, cuando se transmite en banda base, y la necesidad de aumentar considerablemente la potencia emitida para mantener una determinada tasa de error (BER) en ambientes con un nivel apreciable de luz solar.

Estas conclusiones, aunque correspondientes en principio a los sistemas que utilizan radiación difusa, se aplican también, en mayor o en menor grado, a los sistemas que trabajan con semidifusión, dependiendo entonces de sus características y del posicionamiento de los terminales.

En lo que se refiere a la luz procedente de las fuentes artificiales, la debida a las lámparas de incandescencia producen efectos bastante similares a los de la luz solar ya que las rayas espectrales significativas de la corriente generada en el fotodiodo no se extienden más allá de los 2 KHz. Sin embargo, el espectro significativo de la corriente producida por las lámparas fluorescentes, más frecuentemente utilizadas en los ambientes a los que se dirigen este tipo de aplicaciones, puede llegar más allá de los 100 KHz. Además, durante los transitorios de encendido, los niveles de las interferencias generadas en la referida banda son enormes, pudiendo llegar a un valor estimado en 60 dB sobre la señal deseada, en unas condiciones normales de instalación. Esta circunstancia puede conducir a la saturación de la primera etapa de un receptor convencional, provocando el colapso total del sistema durante el transitorio de encendido, que llega a durar hasta varios segundos.

De estas consideraciones se desprenden condicionantes para el diseño del sistema de comunicación que han de ser tenidos en cuenta para conseguir un funcionamiento adecuado. Por una parte, surge [1], aunque sólo en principio, la necesidad de modular, para que al trasladarse adecuadamente el espectro se evite el efecto interferente. Por otra parte, se deriva la conveniencia, que aquí se propone, de realizar un filtrado paso alto inmediatamente posterior al fotodiodo, en el mismo sentido que tal operación se realiza en los sistemas de banda estrecha con un filtrado paso banda. Solamente de esta manera podrá evitarse la saturación de la primera etapa, a no ser que se dispusiera de un enorme margen

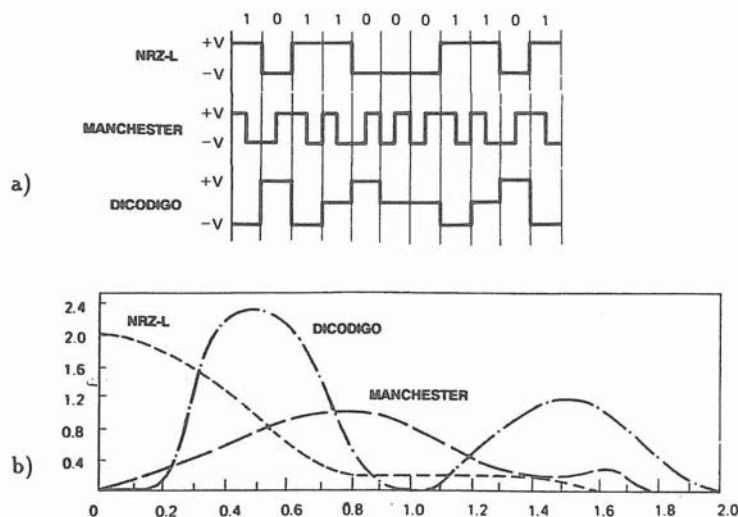


Figura 1: Distintas formas de PCM: NRZ, Manchester y Dicódigo a); y sus densidades espectrales b).

dinámico, de valor poco práctico.

3 CODIFICACION PROPUESTA

Aunque sin duda es una solución eficaz, la modulación entraña, no obstante, un considerable incremento del valor máximo de las frecuencias empleadas, en relación con la velocidad de transmisión, con el consiguiente encarecimiento del sistema. Además, si se aspira a velocidades del orden de 10 Mb/s, o superiores, las portadoras a utilizar han de situarse en una zona donde, según las dimensiones del recinto y el tipo de radiación utilizada, se pondrían de manifiesto los efectos de la propagación multicamino. Sin embargo, tal como se verá seguidamente, existe un tipo especial de modulación por codificación de pulsos (PCM), cuya utilización aquí se propone, que se adecúa especialmente a este tipo de sistemas, en virtud de las consideraciones precedentes.

En la figura 1.a) se han representado [2] los diagramas temporales de tres formas distintas de PCM: NRZ-L, Manchester y Dicódigo NRZ. En la figura 1.b) pueden verse las densidades espectrales correspondientes, en función de la frecuencia normalizada respecto a la velocidad de transmisión. Como puede observarse, la codificación NRZ-L queda directamente descartada, al estar su espectro de potencia concentrado en torno a la frecuencia cero. La codificación Manchester se aproxima considerablemente a los requerimientos tratados pero, aún así, presenta una densidad espectral de valores considerablemente importantes desde el origen, partiendo además con una pendiente no nula.

Por último, la codificación Dicódigo NRZ aparece como idónea, ya que su densidad espectral, tal como puede apreciarse, es nula en una banda paso bajo, cuyo límite superior es, en Hz, aproximadamente el 20% de la velocidad de transmisión. El precio a pagar respecto a la utilización de la codificación Manchester es, por una parte, el mayor ancho

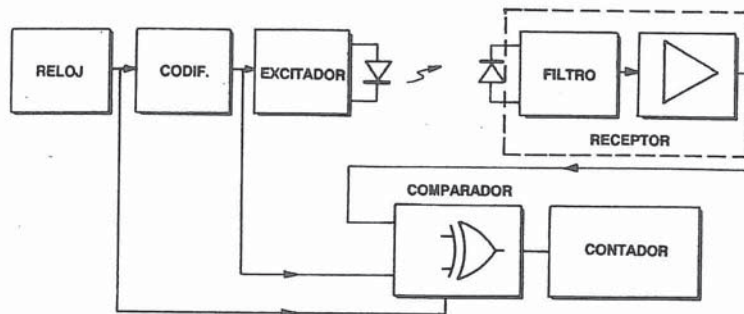


Figura 2: Estructura del enlace experimental.

de banda requerido y, además, una más difícil recuperación de la señal de reloj, pero las ventajas parecen evidentes.

4 ESTRUCTURA DEL RECEPTOR. RESULTADOS EXPERIMENTALES

Según se concluía en el punto 3, se hace necesario intercalar un filtro paso alto de orden suficientemente elevado, justo entre el fotodiodo debidamente polarizado y el amplificador de entrada. De esta manera, no sólo se eliminan las interferencias producidas por las fuentes de iluminación artificial, sino que también se evita la posible saturación del amplificador, cuando las señales interferentes alcancen niveles muy elevados, tal como ocurre en las circunstancias ya mencionadas.

Con la codificación propuesta, para poder eliminar las interferencias sin recortar el espectro de la señal recibida, se requiere que la velocidad de transmisión sea, por lo menos, cinco veces superior al límite de la banda de la señal interferente. Según las experiencias realizadas, este límite puede situarse, incluyendo un cierto margen de seguridad, en torno a 200 KHz.

En la figura 2 puede verse el diagrama de bloques de un enlace experimental, implementado en torno a la estructura propuesta para el receptor, con la finalidad de estudiar la repercusión de los transitorios de encendido de los tubos fluorescentes, por tratarse del agente más hostil. La señal transmitida es una onda cuadrada a una frecuencia de 1 MHz. La señal recibida por el enlace óptico se compara con la señal transmitida en cada uno de los niveles y en cada periodo.

Los ensayos se han realizado en unas condiciones consideradas como medias en este tipo de aplicaciones y con distintos ángulos de aceptación para el fotodiodo de receptor.

Se han utilizado tres diferentes filtros:

- acoplamiento capacitivo
- filtro de Bessel de quinto orden con una frecuencia de corte de 100 KHz
- filtro de análoga estructura al anterior pero con frecuencia de corte igual a 200 KHz

En el primer caso se obtuvo un promedio aproximado de $2 \cdot 10^4$ errores, con el segundo filtro el promedio fue de tan sólo 6 y, por último, en el tercero no se detectaron errores.

5 CONCLUSIONES

El sistema propuesto, consistente en utilizar la codificación Dicódigo NRZ y un filtrado paso alto de características adecuadas, acoplado directamente al fotodiodo del receptor, permite evitar el efecto interferente de la luz ambiental en los sistemas de comunicaciones ópticas no guiadas, sin tener que recurrir a la modulación. Esta conclusión se ve respaldada por los ensayos preliminares realizados con un enlace experimental.

Referencias

- [1] F.R. Gfeller, U. Baps, "Wireless In-House Data Communications Via Diffuse Infra-Red Radiation", *IEEE Proc.*, Vol. 67, No. 11, pp. 1474-1486, Nov. 1979
- [2] B.T. Binder, P.T. Yu, J.H. Shapiro, J.K. Bounds, "An Atmospheric Optical Ring Network", *IEEE Trans. on Comm.*, Vol. 38, No. 1, pp. 74-81, January 1990.
- [3] B. Sklar, "*Digital Communications. Fundamentals and Applications*", Prentice Hall, 1988.