

RECEPTOR POR DIVERSIDAD ANGULAR PARA COMUNICACIONES ÓPTICAS NO GUIADAS

Emilio José Góngora Cañada, Antonio Puerta Notario

Departamento de Ingeniería de Comunicaciones, E.T.S.I. Telecomunicación

Universidad de Málaga, Campus de Teatinos, E-29071 Málaga (Spain)

E-Mail: ej_gongora@larural.es, apn@ic.uma.es

ABSTRACT

In this paper we present an infrared angle diversity receiver implementation for diffuse or quasi-diffuse links. This kind of receiver utilizes multiple receiving elements that are oriented in different directions. The resulting signals are combined in some way to minimize or maximize a parameter, like the signal to noise ratio or the minimum mean square error. The advantages are high optical gain and a wide FOV and ambient noise and multipath distortion reduction.

1. INTRODUCCIÓN

Las comunicaciones ópticas no guiadas proporcionan una forma atractiva de tener comunicaciones inalámbricas de alta velocidad a corta distancia y de bajo coste. Además, al quedar la radiación confinada en la habitación donde se produce, se proporciona confidencialidad e inmunidad a interferencias. Una de las aplicaciones más importantes de este tipo de enlaces es el acceso a redes en oficinas, entornos industriales y ambientes domésticos desde terminales portátiles. Es decir, en las redes locales inalámbricas (WLAN). Los tipos de enlaces más interesantes son los difusos o cuasi difusos, en los que no hay camino directo entre transmisor y receptor. Esto facilita su utilización por los usuarios, al despreocuparse del apuntamiento. La habitación se inunda de radiación gracias a la reflexión en el techo y los receptores deben poseer un gran ángulo de visión para captarla allí en donde estén. Esto último hace que la dispersión multicamino sea un problema. También son un problema el ruido ambiente procedente de la luz solar o de lámparas de incandescencia o fluorescentes.

Una de las formas de resolver estos problemas es el empleo de un receptor por diversidad angular. En él se utilizan múltiples elementos receptores orientados en distintas direcciones, pudiendo tener cada uno su propio concentrador. Así, se puede obtener gran ángulo de visión y ganancia óptica al mismo tiempo. Pero también hay más ventajas importantes, que dependen de cómo se procesen las señales recibidas. Estas ventajas pueden ser la reducción del ruido ambiente, de la interferencia cocanal y de la dispersión multicamino.

Si la dispersión multicamino es importante, el receptor óptimo usa la combinación de máxima probabilidad (MLC) para combinar las señales y la detección de máxima probabilidad (ML) para demodular. Este receptor es muy complejo, al requerir filtros adaptados a cada señal recibida y el conocimiento de la densidad espectral de ruido correspondiente,

pero aporta todas las ventajas comentadas. Otras técnicas más sencillas hacen uso de un combinador lineal sin memoria. Los algoritmos de combinación pueden ser: combinación de máximo ratio (MRC), con pesos proporcionales a la relación señal-ruido (SNR) en cada señal; mínimo error cuadrático medio (MMSE), entre la señal recibida y la demodulada; selección de la mejor (SB), la señal con máxima SNR y combinación con igual peso (EGC), como la solución más sencilla y de menores prestaciones. La señal resultante tras la combinación se puede procesar usando ML, DFE o un simple decisor.

MRC consigue mitigar la dispersión multicamino sólo en ciertas circunstancias, mientras que SB lo hace siempre. Según las simulaciones [1], si la dispersión multicamino no es importante, MRC es mejor que SB y equivalente a MLC. Por otro lado, MMSE obtiene unos resultados similares a MRC [2].

2. RECEPTOR EXPERIMENTAL

En este trabajo se ha implementado un receptor por diversidad angular para la verificación experimental y la evaluación de esta técnica. Para centrar la actividad en los aspectos específicos de la diversidad, se ha optado por la utilización de una tasa binaria reducida, eliminándose así los problemas del diseño de banda ancha y la posible dispersión multicamino, con lo que no se requiere ecualización.

En la figura 1 se muestra un diagrama de bloques del prototipo experimental completo. Las pruebas se realizaron en un escenario a escala controlado, utilizando un falso techo de 2x2 m y con una separación entre éste y el receptor/transmisor de 0.7 m.

También de esta forma se reduce la incidencia de la

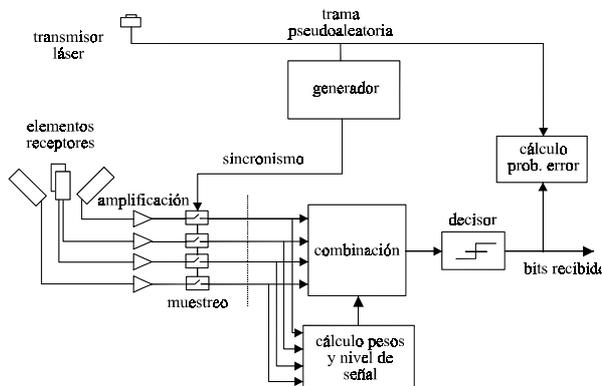


Figura 1. Diagrama de bloques del prototipo experimental.

dispersión multicamino, caso de utilizar tasas binarias suficientemente elevadas, al no haber paredes en el escenario donde pueda reflejarse la radiación. La señal a transmitir la proporciona un generador programable. Este equipo genera una secuencia pseudoaleatoria NRZ, que es radiada mediante modulación OOK por un transmisor láser con una potencia media de 16 mW. Esta misma señal se suministra al receptor para la determinación de la probabilidad de error.

Para el receptor se decidió una implementación digital basada en el uso de una tarjeta de adquisición y un PC. De esta forma, se permite la fácil modificación de los algoritmos empleados y la obtención de información valiosa en tiempo real, de acuerdo con la finalidad prevista para este prototipo. Posee 4 elementos receptores separados 90° y con 67° de ángulo cenital, respecto a los ejes definidos sobre el techo. Cada uno está compuesto por un preamplificador de transimpedancia y un amplificador posterior, obteniéndose una transimpedancia global de $2.2 \text{ M}\Omega$. Para aumentar el área fotosensible, cada uno de los elementos incorpora 4 fotodiodos en paralelo. El ángulo de visión se reduce empleando sendos concentradores cónicos de reflexión desarrollados al efecto, que proporcionan al mismo tiempo una ganancia óptica aproximada de 3-4 dB. Quedó demostrado que el uso de lentes en vez de estos concentradores apenas variaba la ganancia, al estar fragmentada el área de recepción con zonas no fotosensibles. Así, también se reduce el coste de los cabezales ópticos, siguiendo un objetivo general para el resto de elementos que integran un sistema comercial.

Las señales recibidas son muestreadas simultáneamente por una tarjeta de adquisición de 4 canales. El resto del procesado se realiza en el PC. El software está escrito en lenguaje C, usando el entorno de programación Labwindows/CVI. En la Figura 1, la línea de puntos separa la parte hardware de la software del receptor. Se creó una interfaz de usuario donde se puede indicar técnica de combinación, velocidad de convergencia, bits a recibir; y visualizar pesos/señal seleccionada, niveles medio de señal y probabilidad de error. Toda esta información se presenta en tiempo real. Las técnicas empleadas son MMSE, implementada mediante el algoritmo LMS [3], SB (basado en LMS), EGC y SMP (selección del canal con mayor potencia).

3. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En la Figura 2 se muestra la SNR obtenida para las distintas técnicas de combinación en función de la distancia entre transmisor y receptor, medida sobre la diagonal noroeste-sureste del escenario de prueba. Por razones de carácter práctico, las medidas se han realizado desplazando el transmisor, sin que ello suponga pérdida de generalidad para los resultados que se pretende obtener.

Además del ruido generado por la luz ambiente, se recibe el ruido producido por una lámpara de tungsteno situada en el flanco norte del escenario, de forma que uno de los elementos receptores capta bastante ruido procedente de esta fuente (1.7 mW). Este elemento receptor recibe señal apreciable cuando el transmisor se encuentra en la zona NO (eje negativo en la Figura 2). Se puede apreciar en la gráfica que, cuando se está en esta zona, la técnica SMP no es adecuada, debido a que selecciona el elemento que recibe el mayor ruido procedente de la lámpara. LMS y SB obtienen los mismos resultados, ya que ambos se

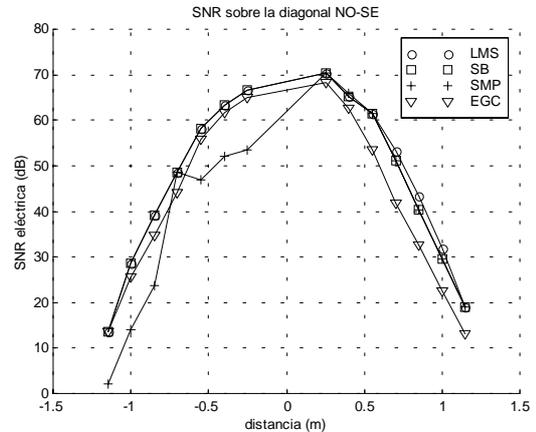


Figura 2. Relación señal-ruido eléctrica en función de la distancia sobre la diagonal NO-SE para las combinaciones LMS, SB, SMP y EGC.

decantan por un elemento receptor que recibe también considerable señal pero no tanto ruido de la lámpara. EGC, aunque use las señales de los 4 elementos, es mejor que SMP, al recibir señal de otros elementos con menos ruido añadido, aunque la SNR está 2-4 dB por debajo de LMS y SB.

Cuando el transmisor se desplaza a la zona SE ya se aprecia una mejora de LMS frente a SB, pudiendo ser de hasta 3 dB. LMS usa la señal de más de un elemento con bajo ruido procedente de la lámpara, mientras que SB sólo emplea una. SMP tiene los mismos resultados que SB, al decantarse por el mismo elemento. EGC obtiene peores resultados en esta zona, debido a que sigue teniendo el ruido de la lámpara, pudiendo estar hasta 9 dB por debajo de LMS, aunque esta cantidad depende de la potencia de las fuentes de ruido direccionales y de su distancia al receptor, pudiendo variar según las circunstancias.

En los resultados obtenidos se pone de manifiesto la superioridad de LMS o SB en la reducción del ruido, escogiendo las señales con la mejor relación señal-ruido. En un futuro se espera evaluar también su efectividad en la reducción de la dispersión multicamino.

En conclusión, se ha verificado experimentalmente que los receptores por diversidad angular resultan adecuados para paliar los principales problemas específicos que aparecen en los enlaces difusos, requiriéndose transmitir una menor potencia óptica, lo que reduce el coste y el consumo del transmisor, así como los problemas asociados a la seguridad ocular.

REFERENCIAS

- [1] Kahn, Joseph M.; Barry, J. M.; "Wireless Infrared Communications", *Proc. of the IEEE*, pp. 265-298, February 1997.
- [2] Carruthers, J.B.; Kahn, J.M.; "Angle Diversity for Nondirected Wireless Infrared Communication" *IEEE Transactions on communications*.
- [3] Widrow, Bernard; Samuel, D. Stearns; "Adaptive Signal Processing" Prentice Hall 1985.