

COMUNICACIONES INFRARROJAS.

Luis Andreula.

INTRODUCCION.

En el presente trabajo se proporciona un panorama general del estado actual de los sistemas infrarrojos de comunicaciones inalámbricas. Se enfatiza en las características que estos presentan y que les dan ventajas respecto a los sistemas inalámbricos de RF, así como en sus limitaciones.

Establecemos una clasificación de dichos sistemas de acuerdo al grado de direccionalidad, tanto del transmisor como del receptor. Encontrando, que si tomamos en cuenta aspectos de movilidad, robustez, alcance y velocidad de transmisión, los extremos de esta clasificación son: el enlace punto a punto, enlace cuasi-difuso y enlace difuso. Por lo que, se analizan las propiedades, ventajas y limitaciones, así como las aplicaciones actuales y futuras de estos tipos de sistemas.

Posteriormente se estudian las principales características de las fuentes ópticas y de los foto detectores y se discute su aplicación en el diseño de un sistema de comunicaciones IR.

También estudiaremos el principio de funcionamiento de las cámaras termograficas, sus características y aplicaciones, haciendo énfasis en las inspecciones eléctricas y en el mantenimiento preventivo y predictivo.

Para finalizar anexamos características y especificaciones de las cámaras termograficas industriales de la seria Ti de Fluke.

SISTEMA DE COMUNICACIONES INFRARROJOS.

En la década pasada se da el auge de las comunicaciones inalámbricas, actualmente están en funcionamiento sistemas de telefonía celular e inalámbrica, comunicación móvil satelital, acceso móvil a Internet y redes de área local inalámbricas (WLANs). Todas ellas con marcadas diferencias en cuanto a frecuencias de operación, anchos de banda, velocidades de transmisión, esquemas de acceso a la red, coberturas, movilidad, etc.

También durante esta última década las comunicaciones alámbricas evolucionaron tanto como las inalámbricas. Toda la información tal como voz, datos, imágenes, y video, es digitalizada, y los datos digitales son enviados a través de redes mundiales, por ejemplo Internet.

Sin embargo, los usuarios de los sistemas móviles no pueden transmitir tales datos digitalizados como ellos quisieran. Esto es debido a que la rapidez de transmisión de datos en los actuales sistemas móviles es muy limitada, creando así la necesidad de contar con nuevos sistemas de comunicaciones móviles de alta velocidad.

En los últimos años diversos cuerpos de estandarización, tanto comerciales como industriales, han estado trabajando en la definición de la tercera generación de sistemas móviles de comunicaciones. La investigación y desarrollo de los sistemas móviles de comunicaciones de tercera generación que ocurrió en este periodo puede ser dividido en dos clases.

1. Sistemas celulares digitales de alta velocidad estandarizados internacionalmente y con movilidad como la que se obtiene en los sistemas de segunda generación. UMTS es el sistema que ha sido estandarizado y

en el año 2003 fue lanzado comercialmente en varios países. Con UMTS se pudieron alcanzar velocidades de 144 Kbps, 384 Kbps, y 2 Mbps bajo ambientes de alta movilidad, baja movilidad y estacionarios, respectivamente.

2. Sistemas de acceso móvil de banda ancha estandarizados internacionalmente, y con los cuales se tiene baja movilidad. Los sistemas mas representativos en esta clase son: IEEE802.11a e HIPERLAN2, con las cuales se pueden alcanzar tasas de datos de 54 Mbps.

Respecto a este último punto, y en el caso particular de ambientes interiores, una de las tecnologías mas prometedoras para sistemas de acceso móviles de banda ancha, son los sistemas de comunicaciones infrarrojos (IR) del tipo difuso, los cuales, actualmente todavía se encuentran en la etapa de investigación, aunque ya existen algunos productos comerciales aplicables a redes locales de computadoras, como: SpectrixLite, de Spectrix Corporation que transmite a una razón de 4 Mbps y que es compatible con IEEE 802.3

A continuación se analizan desde un punto de vista general las características de los sistemas de comunicaciones IR.

Características de los Sistemas Infrarrojos de Comunicaciones.

En general los sistemas de comunicaciones infrarrojos ofrecen ventajas significativas respecto a los sistemas de radio frecuencia. Al utilizar luz, los sistemas Infrarrojos de comunicaciones cuentan con un canal cuyo potencial de ancho de banda es muy grande y no están regulados en ninguna parte del planeta. Además, los sistemas infrarrojos de comunicaciones son inmunes a interferencias y ruido de tipo radioeléctrico. Como la luz infrarroja no puede atravesar paredes, es posible (en comunicaciones interiores) operar al menos un

enlace (celda) en cada cuarto de un edificio sin interferencia con los demás, permitiendo así una alta densidad de reuso del sistema, obteniéndose una gran capacidad por unidad de área. El confinamiento de las señales infrarrojas hace difícil que escuchas clandestinos las puedan captar.

La única manera de que las señales infrarrojas se pudieran captar sin permiso, es a través de las ventanas, pero si estas se cubren con persianas o cortinas se evitara tal situación de inseguridad, sin la necesidad de los complicados algoritmos de cifrado utilizados en los sistemas de RF.

En los sistemas infrarrojos de comunicaciones de corto alcance, el esquema de modulación/demodulación mas practico, es el de Modulación de Intensidad y Detección Directa (IM/DD). Al utilizar IM/DD los circuitos del transmisor y del receptor son relativamente simples comparados con los requeridos en los esquemas coherentes. Además, con la longitud de onda tan corta de la portadora y la gran área activa del detector, se obtiene una eficiente diversidad espacial que previene el desvanecimiento de las señales causado por la propagación en múltiples trayectorias.

Las multitrayectorias son una característica del canal infrarrojo difuso, y producen dispersión temporal en los pulsos transmitidos a través de este, pudiendo causar interferencia entre símbolos (ISI). La ISI es una limitante para la velocidad de transmisión de los sistemas de comunicaciones infrarrojos difusos ya que se hace significativa a tasas de símbolos por arriba de 10 Mbps.

Aunque los sistemas infrarrojos son inmunes al ruido e interferencias de tipo radioeléctrico, estos sufren de degradaciones causadas por el ruido infrarrojo existente en ambientes exteriores e interiores, proveniente principalmente del sol y de fuentes de luz fluorescente e incandescente. El ruido infrarrojo, junto con las

pérdidas de propagación limita el alcance de los sistemas infrarrojos, debido a que la relación señal a ruido (S/N) en el receptor disminuye a medida que nos alejamos del transmisor, o a medida que aumentamos el ángulo de visión en el detector.

Una forma de mejorar la relación S/N es aumentando la potencia de la señal transmitida. En ambientes interiores la potencia pudiera ser aumentada hasta niveles muy grandes sin que esto cause problemas de interferencia en celdas vecinas, pero hay dos aspectos que limitan la potencia del transmisor: uno es el suministro limitado de energía por parte de la batería (en un sistema portátil), y el otro es referente a la seguridad ocular de los usuarios y demás personas que deambulan en el área de cobertura.

La seguridad ocular, es un aspecto muy importante en el diseño de un sistema infrarrojo, y es el único que está regulado. Evidentemente la relación S/N se puede mejorar si aumentamos la potencia óptica captada por el detector, y si reducimos el nivel de ruido en este. Lo primero se realiza por medio de concentradores ópticos, los cuales, actúan como amplificadores del área activa del de Sistemas infrarrojos de comunicaciones inalámbricas.

Y lo segundo se logra mediante filtros ópticos pasa banda, que solo dejan pasar un intervalo estrecho de longitudes de onda.

La interferencia entre símbolos, el ruido causado por las fuentes de luz ambiental, y los aspectos de seguridad ocular, son los principales obstáculos a vencer al desarrollar sistemas de comunicaciones infrarrojos difusos de alto desempeño. Esto implica, un incremento en la complejidad y por lo tanto en el costo de este tipo de sistemas. Sin embargo, podemos decir que los sistemas de comunicaciones infrarrojo del tipo difuso, tienen amplias posibilidades de

convertirse en uno de los principales medios de comunicación inalámbrica (en interiores) en un futuro no muy lejano.

En la figura 1 se ilustran aplicaciones representativas de los sistemas infrarrojos.

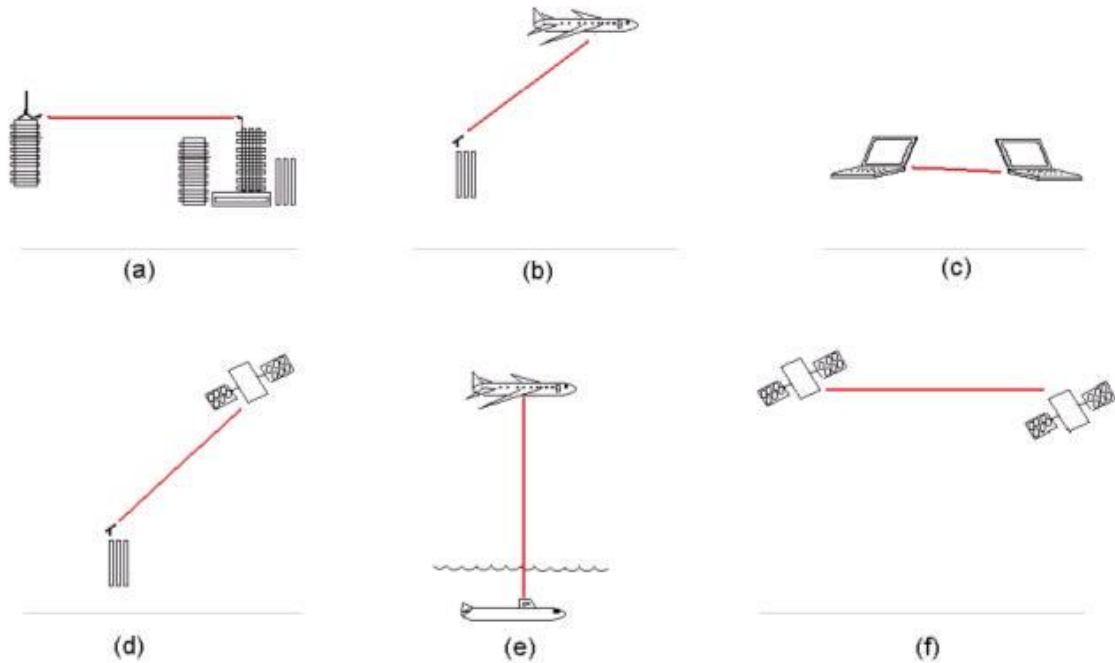


Figura 1. Ejemplos de sistemas infrarrojos de comunicaciones inalámbricas. (a) terrestre, (b) tierra-aire, (c) entre dispositivos de computo, (d) tierra-satélite, (e) aire-submarino, (f) Inter-satelital.

Clasificación de los sistemas infrarrojos.

En general, los sistemas IR se pueden clasificar de acuerdo a dos criterios. El primero es el grado de direccionalidad del transmisor y del receptor, así podemos encontrar enlaces dirigidos y enlaces no dirigidos.

Los enlaces dirigidos emplean transmisores y receptores altamente direccionales, los cuales deben apuntar uno al otro o hacia un área común (generalmente en el techo) para establecer el enlace. Mientras que, en los enlaces no dirigidos se emplean transmisores y receptores de gran ángulo, disminuyendo así la necesidad de tal apuntamiento. En los enlaces directos se maximiza la eficiencia de potencia, ya que esta se dirige en un rango muy pequeño de direcciones, y por lo mismo se minimizan las pérdidas de propagación y la recepción de ruido causado por la luz ambiental. Al ser mínima la necesidad de apuntamiento, en un enlace no dirigido se facilita su reconfiguración. Es posible establecer enlaces híbridos, en los cuales, se combinan transmisores y receptores con diferente grado de direccionalidad.

El segundo criterio de clasificación está relacionado con la existencia o no de una línea de vista entre el transmisor y el receptor. En los enlaces de línea de vista, la luz emitida por el transmisor llega directamente al receptor, y en los enlaces sin línea de vista, la luz que sale del transmisor llega al receptor generalmente después de haberse reflejado difusamente en una o varias superficies. En un enlace de línea de vista, se utiliza con mayor eficiencia la potencia de las señales y se minimiza la distorsión por multitrayectorias. Y con un enlace sin línea de vista, se obtiene una mayor facilidad de uso, mayor movilidad, y robustez, o sea que el sistema sigue operando aun cuando existan obstrucciones causadas por personas u objetos que se interpongan entre el transmisor y el receptor.

En la figura 2 se presenta un esquema de las diferentes clases de sistemas infrarrojos.

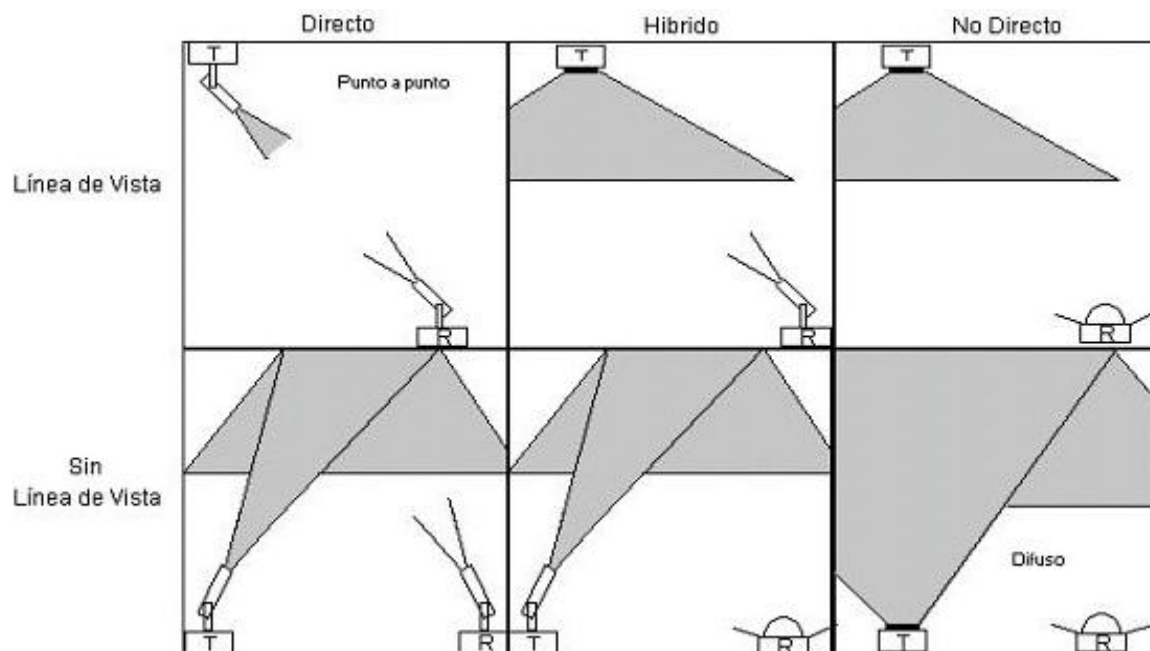


Figura 2. Clasificación de los sistemas infrarrojos de acuerdo a la direccionalidad del TX y del RX, y a la existencia o no de una línea de vista entre ellos.

Sistemas IR punto a punto.

En un enlace punto a punto, el transmisor concentra su potencia en una pequeña región del espacio, por lo cual, para una potencia dada, este sistema es el que mayor distancia puede alcanzar. De una manera parecida, el receptor capta luz infrarroja solo de una pequeña región del espacio, produciéndose así un mínimo de distorsión por multitrayectorias y de ruido causado por las fuentes de luz ambiental. La combinación de estas características da como resultado altas razones de transmisión y grandes alcances. Además de esto, los sistemas punto a punto son relativamente baratos y simples.

Un buen ejemplo de sistemas infrarrojos punto a punto para ambientes exteriores (donde la potencia puede ser alta) es el Terra Link, de "AstroTerra Corporation", el cual, en óptimas condiciones atmosféricas transmite a razones de

622 Mbps y alcanza una distancia de 3.5 km. La principal aplicación de este producto es la interconexión de redes de alta velocidad, tales como, "Fast Ethernet" (125 Mbps), FDDI (125 Mbps) y ATM (155 y 622 Mbps).

Otra aplicación que los sistemas IR punto a punto van a tener en un futuro cercano, está en los enlaces intersatelitales, en donde las condiciones ambientales (vacío) permiten que con relativamente pequeña potencia se tengan alcances y razones de transmisión muy grandes (cientos o miles de km y varios Gbps). Aunado a esto, el reducido espacio y poco peso de un sistema IR, cuestiones importantes en los satélites, le dan una gran ventaja respecto a los sistemas de RF en este tipo de aplicaciones.

La figura 3 muestra un posible panorama de tales sistemas.

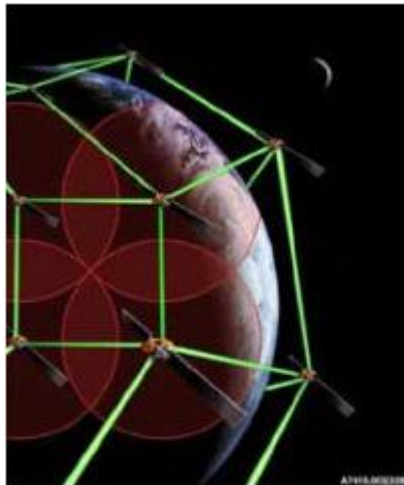


Figura 3. Posible panorama de una red de satélites interconectados mediante enlaces infrarrojos.

También, se han diseñado sistemas IR punto a punto para enlazar estaciones terrenas con satélites, como el desarrollado por "Astro Terra / BMDO"

para el satélite STVR2. Este sistema tiene una razón máxima de 1.0 Gbps y un alcance de 600 a 1800 km.

En ambientes interiores, donde existen restricciones de potencia, encontramos sistemas punto a punto que operan a 10 Mbps en un rango de 457 m, estos son compatibles con "Ethernet" y con "token ring" de 16 y 4 Mbps.

Estos sistemas son mas económicos y presentan mayores facilidades que los sistemas de radio diseñados con propósitos similares.

Al disminuir la interferencia entre símbolos y los problemas de ruido, los receptores y transmisores resultan sencillos y baratos, sobre todo en sistemas IR de corto alcance. En 1994 la IrDA (Infrared Data Association) lanzo su estándar IrDA 1.0 para enlaces IR de línea de vista, que pueden operar a razones desde 2.4 hasta 115 Kbps, con un alcance de un metro.

Después en 1995 emitió el IrDA 1.1 (FIR) con razones de transmisión de 1.152 a 4 Mbps. y un alcance de 3 m. IrDA "Very Fast IR" (VFIR) es una especificación nueva de alta velocidad aprobada en marzo de 1999 que permite razones de transmisión de hasta 16 Mbps y distancias máximas alrededor de 3 m. El precio de los transreceptores IRDA es menor a 5 dólares, y tienen un bajo consumo de potencia (abajo de un watt mientras transmiten, y menos de 100 miliwatts al estar desocupados o recibiendo). Actualmente forman parte de la IRDA mas de 160 empresas de todo el mundo.

Los transreceptores del estándar-IRDA son una característica de numerosos dispositivos de comunicaciones portátiles, incluyendo computadoras "Laptop", PDAs, impresoras y puntos de acceso hacia redes alambradas. Se estima que los transreceptores IRDA serán incorporados en teléfonos

convencionales y celulares, cámaras digitales, automóviles, teléfonos públicos, cajeros automáticos, kioscos de información, maquinaria industrial, etc; habilitando nuevas aplicaciones de las comunicaciones inalámbricas de corto alcance.

Sistemas IR cuasi-difusos.

En el modo *casi-difuso*, el tipo de emisión es radial; esto es, la emisión se produce en todas direcciones, al contrario que en el modo punto a punto. Para conseguir esto, lo que se hace es transmitir hacia distintas superficies reflectantes, las cuales redirigirán el haz de luz hacia la/s estación/es receptora/s. De esta forma, se rompe la limitación impuesta en el modo punto a punto de la direccionalidad del enlace. En función de cómo sea esta superficie reflectante, podemos distinguir dos tipos de reflexión: pasiva y activa. En la reflexión pasiva, la superficie reflectante simplemente refleja la señal, debido a las cualidades reflexivas del material. En la reflexión activa, por el contrario, el medio reflectante no sólo refleja la señal, sino que además la amplifica. En este caso, el medio reflectante se conoce como satélite. Destacar que, mientras la reflexión pasiva es más flexible y económica, requiere de una mayor potencia de emisión por parte de las estaciones, debido al hecho de no contar con etapa repetidora.

Sistemas IR difusos.

Como se analizó anteriormente, entre todos los tipos de sistemas IR, los sistemas IR difusos son los mas fáciles de utilizar y también los más robustos, no se requiere apuntar tanto al transmisor como al receptor, ni se requiere que haya línea de vista entre estos. Sin embargo, los sistemas IR difusos tienen más altas pérdidas de propagación que sus contrapartes de línea de vista, requiriendo altas potencias de transmisión y un receptor que tenga una gran área de colección de luz.

Transmisores difusos típicos emplean varios LEDs, los cuales son orientados en diferentes direcciones, para proveer una diversidad de trayectorias de propagación.

Cuando transmiten, típicamente emiten una potencia óptica promedio en el intervalo de 100 a 500 mW, esto causa un consumo de potencia eléctrica mas alto que el de un transmisor típico IRDA. Los receptores difusos típicos emplean como detectores diodos pin de silicio encapsulados en lentes hemisféricos, los cuales concentran la luz y tienen un amplio campo visual.

En algunos casos se usan varios detectores, cada uno orientado en diferentes direcciones.

Un sistema IR difuso puede ser realizado de dos maneras, como se ilustra en la Figura 4.

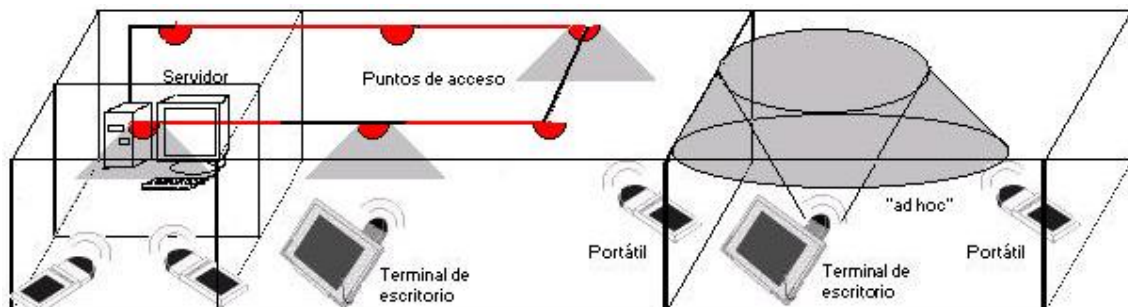


Figura 4. Técnicas empleadas en los enlaces infrarrojos difusos

En la primera Técnica, un enlace IR difuso es utilizado para acceder los recursos de una red local alámbrada. Claramente se ve que esta arquitectura también permite la comunicación entre terminales portátiles vía el sistema alámbrado. Esta arquitectura resulta apropiada para comunicación inalámbrica de datos en oficinas, hospitales, escuelas, fabricas, restaurantes, centros financieros

u otros ambientes densamente utilizados, en los cuales el costo de instalar una red dorsal sobre medios guiados (Backbone) y puntos de acceso inalámbricos puede ser justificado. Un ejemplo comercial de este tipo de sistemas es SpectrixLite, producto de la "Spectrix Corporation". Este sistema utiliza una estación base para conectar hasta 16 puntos de acceso inalámbrico. La estación base también sirve como puente hacia redes alambradas (como ethernet o Token Ring).

Las terminales portátiles equipadas con interfaces inalámbricas se conectan al punto de acceso vía un enlace de 4 Mbps empleando pulsos OOK con retorno a cero. Spectrix- Lite puede cubrir hasta 16000 pies cuadrados y tiene una probabilidad de error de 10^{-6} .

En la segunda técnica, enlaces infrarrojos difusos son empleados para comunicaciones de igual a igual entre un numero de terminales de escritorio y/o portátiles. Este tipo de interconexión "ad hoc" es apropiado para utilizarse en recintos cerrados donde se establezcan grupos de trabajo de carácter temporal para establecer redes locales en un ambiente de casa u oficina en donde todos los nodos están localizados en un solo cuarto.

La IBM ofrece una red local infrarroja difusa que opera a una razón de 1Mbps utilizando un esquema de modulación 16-PPM, con una cobertura de 10 X 10 m.

Como se ha dicho anteriormente, un sistema de comunicaciones infrarrojo difuso solo puede operar en ambientes interiores, utiliza luz cuya longitud de onda está entre los 780 y 950 nm. y presenta las siguientes propiedades:

- Es un canal multitrayectorias,

- Introduce grandes niveles de ruido e interferencia.
- Presenta altos grados de atenuación.
- La cantidad de potencia que puede ser transmitida, está restringida con el fin de minimizar riesgos oculares y consumo de potencia.

Como consecuencia de estas características; la tasa de datos se reduce, la relación señal a ruido disminuye, y el alcance es corto. Es importante que el transmisor y el receptor reduzcan estos efectos con el fin de obtener altas razones de bits y grandes alcances, con un mínimo de errores.

Los efectos de la radiación infrarroja ambiental y las pérdidas de propagación pueden ser mitigados diseñando receptores que tengan un ancho de banda óptico angosto y áreas efectivas de captación muy grandes, además, con el uso de transmisores con fuentes que tengan un espectro óptico muy angosto, tal como un diodo laser de única o casi única frecuencia, permite emplear en el receptor un filtro óptico para rechazar luz ambiental que este fuera de la banda. Mientras que el efecto debido a las pérdidas de propagación puede disminuirse si se utiliza un fotodetector de gran área, implicando altas capacitancias a la entrada del receptor, lo cual produce una reducción del ancho de banda y un incremento en el ruido térmico de este.

Para minimizar este problema, se emplean concentradores ópticos que incrementan el área efectiva de captación del foto detector. Por lo que se refiere al problema de la dispersión temporal causada por las multitrayectorias, y que a razones de transmisiones mayores de 10 Mbps pueden producir ISI, este se puede combatir mediante algunas técnicas de codificación y/o de ecualización.

A pesar de todos estos inconvenientes, los sistemas de comunicaciones infrarrojos difusos prometen en el mediano plazo convertirse en uno de los

principales sistemas de acceso hacia redes de alto desempeño. Por lo cual, muchos investigadores han dirigido su atención a los sistemas IR en los últimos diez años.

Por ejemplo en la Universidad de California, en Berkeley, se han desarrollado varios sistemas IR experimentales, entre los que destacan uno que opera a una velocidad de transmisión de 50 Mbps, y con un alcance de 4,5 m.

Seguridad Ocular.

Los sistemas infrarrojos pueden resultar riesgosos para la salud si se diseñan y/u operan incorrectamente. Cuando se utiliza una fuente óptica laser, la luz de esta puede penetrar en los ojos de alguna persona y por estar concentrada en un pequeñísimo punto puede causar daño a la retina si es que sobrepasa cierta potencia, por lo cual se ha establecido un estándar de seguridad para transmisores que utilicen una fuente óptica laser y son clasificados de acuerdo con la potencia óptica total emitida.

La clasificación principal se presenta en la tabla I. Los niveles de potencia contenidos en la clase 1 son los únicos que se consideran como seguros para los ojos.

Los sistemas punto a punto exteriores generalmente utilizan láseres de alta potencia que operan en la clasificación 3B, con lo cual, se obtiene un buen presupuesto de potencia. Estos niveles no son seguros para los ojos, por lo cual, se debe cuidar que ninguna persona entre en contacto con el sistema.

	650 nm (visible)	880 nm (infrarrojo)	1310 nm (infrarrojo)	1550 (infrarrojo)
Clase 1	Hasta 0.2 mW	Hasta 0.5 mW	Hasta 8.8 mW	Hasta 10 mW
Clase 2	0.2 - 1 mW			
Clase 3A	1 - 5 mW	0.5 - 2.5 mW	8.8 - 45 mW	10 - 50 mW
Clase 3B	5 -500 mW	2.5 - 500 mW	45 -500 mW	50 - 500 mW

Tabla I. Clasificación de láseres de acuerdo con la potencia emitida, se considera que la fuente es puntual. La clase 1 es considerada como segura para los ojos.

En sistemas IR interiores, la seguridad ocular si es un problema, ya que el estándar de seguridad recomienda que el transmisor IR emita una potencia promedio que este en la clase 1 de seguridad. En la tabla I se ve que para las longitudes de onda típicas en sistemas IR, la potencia no debe pasar de 0.5 mW, por lo que se dificulta alcanzar un buen presupuesto de potencia en estos sistemas. Sin embargo, si utilizamos LED's en lugar de diodos laser podemos emitir una gran potencia y aun así permanecer en la clase 1 de seguridad.

Esto se debe a que los LEDs son dispositivos con un gran ancho de haz y por lo tanto la imagen formada en la retina es grande, entonces la potencia óptica por unidad de área en la retina disminuye, y entonces no hay riesgo de quemadura.

Los diodos laser que operan en la clase 3B de seguridad, pueden ser llevados a la clase 1, de dos maneras: mediante un difusor óptico que dispersa la luz laser sobre un gran número de direcciones, o pasando el rayo laser a través de un holograma, el cual actúa como una versión sofisticada diseñada por computadora de un lente de proyección. El holograma conforma al rayo para crear una huella bien definida, por ejemplo cuadrada o rectangular.

Fuentes ópticas.

En repetidas ocasiones se ha mencionado que las fuentes ópticas mas utilizadas en los sistemas infrarrojos son: el Diodo Emisor de Luz (LED por sus siglas en ingles) y el Diodo Laser (LD). Entre las principales diferencias que guardan dichos dispositivos están: su longitud de onda, potencia óptica emitida, velocidad de modulación, tiempo de vida, ancho espectral, eficiencia, sensibilidad a la temperatura y, por supuesto, su costo. La elección de una fuente óptica especifica esta en función de la aplicación que ha de tener el sistema infrarrojo en cuestión.

Diodos Emisores de Luz.

Los LEDs son diodos semiconductores que operan en polarización directa y emiten luz cuando los huecos y los electrones se recombinan en la zona activa.

Material	Rango de longitudes de onda (micras)	Energía de la banda prohibida
GaInP	0.64 – 0.68	1.82 – 1.94
GaAs		0.9 – 1.4
AlGaAs	0.8 – 0.9	1.4 – 1.55
InGaAs	1.0 – 1.3	0.95 – 1.24
InGaAsP	0.9 -1.7	0.73 – 1.35

Tabla II. Materiales semiconductores utilizados en LEDs y su relación con la longitud de onda emitida y la energía de la banda prohibida.

Debido a su relativa baja potencia, los LEDs se emplean típicamente en aplicaciones de corta distancia y con requerimientos de ancho de banda moderado, hasta de 155 Mbps. La longitud de onda de la luz emitida durante el

proceso de recombinación de huecos y electrones depende de la energía del ancho de la banda prohibida W_g , como lo muestra la siguiente ecuación,

$$\lambda = h.c / W_g \quad \text{ò} \quad \lambda = 1,24/W_g$$

Con el factor 1,24 la longitud de onda estará dada en micras cuando la energía de la banda prohibida este dada en ev. En la tabla II se da una lista de materiales semiconductores utilizados para fabricar LEDs y su relación con la energía de la banda prohibida y la longitud de onda de la luz emitida.

Los LEDs que se utilizan en los sistemas inalámbricos infrarrojos son contruidos con GaAs y con AlGaAs, porque emiten luz con longitudes de onda que caen dentro de una de las ventanas de transmisión atmosféricas alrededor de 850 nm.

Típicamente estos LEDs tienen un ancho de línea de 20 a 100m.

El ancho de banda de modulación de un LED está relacionado con el tiempo de vida de los portadores de carga en el semiconductor, el cual puede ser definido como el tiempo promedio de recombinación de los portadores. La velocidad de modulación eléctrica debe ser menor que este tiempo. El ancho de banda de banda (3dB) se puede calcular con la siguiente relación:

$$f_{3db} = 1/2\pi T$$

Las velocidades de modulación que los LEDs pueden alcanzar van desde unas cuantas decenas de KHz hasta más de 100 MHz. La potencia óptica emitida se ve disminuida a medida que aumentamos la velocidad de modulación, y también cuando aumenta la temperatura del dispositivo.

En el mercado están disponibles dos tipos de LEDs, los de emisión de superficie y los de emisión de arista. Los primeros emiten luz con un patrón

lambertiano con ancho de haz de 120 grados, en el segundo caso, el ancho de haz en el plano paralelo es también de 120 grados y en el plano perpendicular es de 30 grados. Debido a esto, la luz emitida por un LED, no implica riesgo alguno para los ojos.

A medida que pasa el tiempo la potencia óptica emitida por un LED decrece para un cierto valor de corriente de polarización. Sin embargo el tiempo de vida de un LED puede ser hasta de 11 años.

Diodos Laser.

Los Diodos Laser tienen funciones similares a los de los LEDs, pero con algunas diferencias en cuanto a su funcionamiento y a sus características. Los LEDs generan luz por emisión espontánea, radiándola en todas direcciones por lo que su ancho de haz es muy grande. El LD tiene construida internamente una cavidad resonante tal, que cuando se excede la corriente de umbral (después de la emisión espontánea) se tiene una emisión estimulada, con gran amplificación de luz, que se genera con alta coherencia, por lo que se tienen anchos de línea pequeños entre 1 y 5 nm. y anchos de haz muy angostos.

Al igual que en el caso de los LEDs, existen LDs con emisión de superficie y de arista. Los LDs con emisión de arista producen altos niveles de potencia, hasta de 100 mW. a una velocidad de modulación de 1 GHz. y están disponibles comercialmente en el rango de 850 nm de longitud de onda. Su ancho de haz típico es de 20x35 grados. Los LDs de emisión de superficie producen mucho menos potencia óptica de salida, pero tienen un patrón de emisión casi simétrico con un ángulo de divergencia típico de 12 grados.

Resumiendo un poco, el LD con respecto al LED es mucho más rápido, su potencia de salida es mayor y su haz es coherente, pero, su construcción es más compleja, su potencia óptica de salida depende fuertemente de la temperatura, es bastante susceptible a transitorios, es más costoso y requiere de un circuito de excitación con compensación de temperatura, con compensación contra envejecimiento y de protección contra transitorios. En la tabla III se presenta una comparación entre LEDs y LDs.

Características	LEDs	LDs
Anchos de línea (nm)	20 - 100	1 - 5
Tiempo de Subida (ns)	2 - 250	0.1 - 1
Ancho de banda de modulación (MHz)	<300	2000
Sensibilidad a la temperatura	Baja	Alta
Complejidad de los circuitos	Simple	Compleja
Tiempo de vida (Horas)	10^5	$10^4 - 10^5$
Costo	Bajo	Alto
Uso principal	Enlaces cortos razones de datos moderadas	Enlaces de larga distancia, y altas razones de datos

Tabla III. Características de las fuentes ópticas típicas.

Foto detectores.

Junto con la fuentes ópticas, los foto detectores son elementos importantes en el diseño de sistemas inalámbricos infrarrojos. También, al igual que las fuentes ópticas los foto detectores más utilizados están basados en semiconductores. Los factores más importantes para la selección de un foto detector específico son: su responsividad, respuesta espectral, tiempo de subida, área activa y ruido generado.

La responsividad ρ de un foto detector define la relación entre la corriente de salida y potencia óptica de entrada. O sea:

$$\rho = I/P_o$$

Sus unidades son Amperes / Watts (A/W).

La respuesta espectral de un foto detector se refiere a la sensibilidad que este presenta en una región de longitudes de onda. Esta nos provee de una grafica que nos relaciona la cantidad de corriente producida en una longitud de onda especifica, para ello se asume que se proporciona la misma cantidad de potencia óptica en todas la longitudes de onda.

En la figura 5 se muestra la respuesta espectral de los diferentes foto detectores semiconductores.

El tiempo de subida es el tiempo que le toma al foto detector elevar su valor de corriente de salida del 10% al 90% de su valor final. El ancho de banda de modulación del foto detector está relacionado con este tiempo de subida t_r :

$$f_{-3dB} = 0,35/t_r$$

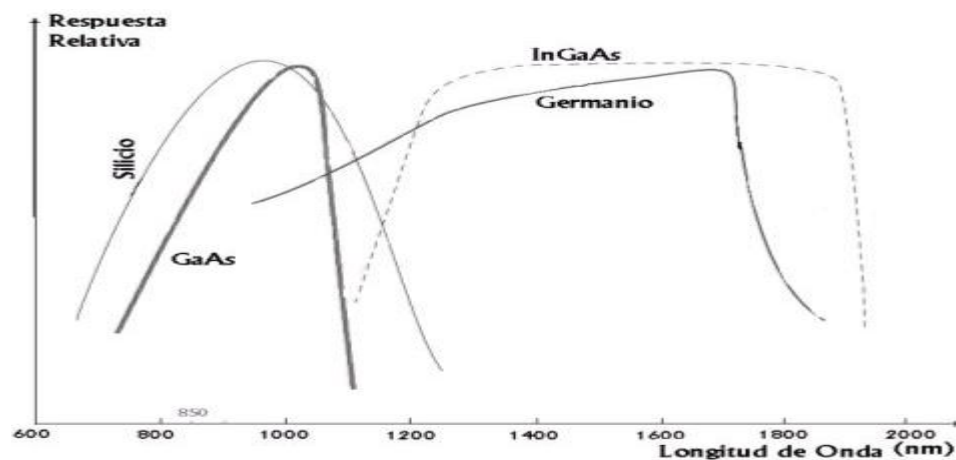


Figura 5. Respuesta espectral de los diferentes foto detectores

El área activa, es aquella región del semiconductor en donde se lleva a cabo el proceso de foto detección, entre más grande sea esta, más sensibilidad tendría el dispositivo. Pero también entre mayor área activa, mas capacitancia parasita presentara el foto detector, lo cual aumenta el tiempo de subida y por lo tanto disminuye el ancho de banda de operación. Un foto detector con área activa grande es idóneo en los casos en que la irradiación es pequeña como sucede en los sistemas infrarrojos difusos, en los cuales se sacrifica ancho de banda en aras de mayor sensibilidad. En los sistemas punto a punto, se puede usar un foto detector de área activa pequeña, con lo cual se obtiene un gran ancho de banda.

La señal eléctrica de salida de un foto detector incluye la señal producida por la entrada y al ruido. El ruido tiene diversas fuentes, el ruido óptico en la entrada producido por las fuentes de luz ambiental, el ruido en el detector, y en los componentes electrónicos del receptor.

El ruido producido por la luz ambiental, se puede reducir empleando fuentes ópticas de anchos de línea muy angosto en combinación con filtros ópticos de rango también angosto.

Un detector ideal genera una señal de salida que solo depende de la potencia de luz en la entrada, así que en la oscuridad no debe haber corriente de salida, sin embargo en cualquier foto detector se produce una corriente de oscuridad. Esta corriente mide el ruido inherente al foto detector, el cual también está presente cuando en este incide luz. La corriente de oscuridad depende de la temperatura, del voltaje de polarización y del tipo de foto detector.

La potencia óptica necesaria para generar una corriente igual a la raíz cuadra del ruido en el foto detector (o en el receptor) es conocida como potencia

equivalente de ruido (NEP). La NEP depende de la velocidad de modulación de la señal de entrada, del ancho de banda sobre el cual el ruido se mide, del área activa, y de la temperatura del detector.

En los sistemas inalámbricos infrarrojos se utilizan dos tipos de foto detectores, los foto diodos PIN y los fotodiodos de avalancha (APD). Al igual que con las fuentes ópticas, la elección del foto detector depende de la aplicación. Para aplicaciones de corta distancia o sobre todo para dispositivos portátiles, la mejor opción es el diodo PIN por su costo, por su facilidad de uso, y por su compatibilidad con las fuentes ópticas de bajo costo.

Cuando se cubren grandes distancias, la atenuación es muy fuerte, por lo que la sensibilidad del foto detector debe ser muy alta, siendo la mejor opción en este caso utilizar un APD.

Los sistemas infrarrojos tienen características que les dan ventajas respecto a los sistemas de RF, tales como: potencial de ancho de banda muy grande, no estar regulados por ningún gobierno, y ser inmunes al ruido e interferencias de tipo radioeléctrico.

Estas propiedades hacen de los sistemas infrarrojos candidatos idóneos para comunicaciones inalámbricas multimedia de alta calidad. El desarrollo tecnológico de los sistemas IR difusos es obstaculizado por: limitaciones de potencia, cuestiones de seguridad ocular, y el ruido causado por la luz ambiental.

Sin embargo, estos sistemas han experimentado cierto desarrollo en los últimos diez años y se espera que en el mediano plazo se conviertan en uno de los principales sistemas de acceso inalámbrico de banda ancha, hacia redes

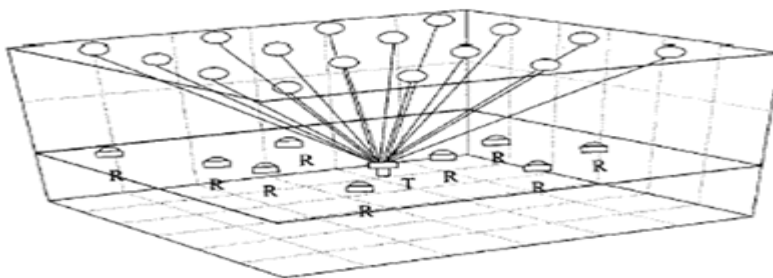
alambradas de alto desempeño. Y así contribuyan a hacer realidad la comunicación multimedia omnipresente en ambientes interiores.

Comparación entre IrDA y Bluetooth.

	IrDa	BlueTooth
Velocidad Máxima (Mbps)	16	3
Distancia Efectiva (m)	0 a 1	1 a 10
Costo	Muy Económico 2\$	No tanto
¿Atraviesa paredes?	No	Si
Requiere línea de visión	Si	No
Seguridad	Muy alta	Regular
Interferencia con RF	No	Si
Banda Regulada	No, pero restringida	No
¿Estándares Propietarios?	No	Si

WLAN infrarroja difusa.

Una red local infrarroja difusa es aquella en la cual todos los transmisores de la red local emiten radiación infrarroja hacia una superficie especial que debe cumplir con las características de un reflector Lamperciano (*Lambertian reflector*), es decir, un reflector opaco capaz de reflejar la luz uniformemente en todas las direcciones del cuarto. Esta técnica permite que la luz sea captada por todos los receptores de la red local logrando así la comunicación entre equipos.

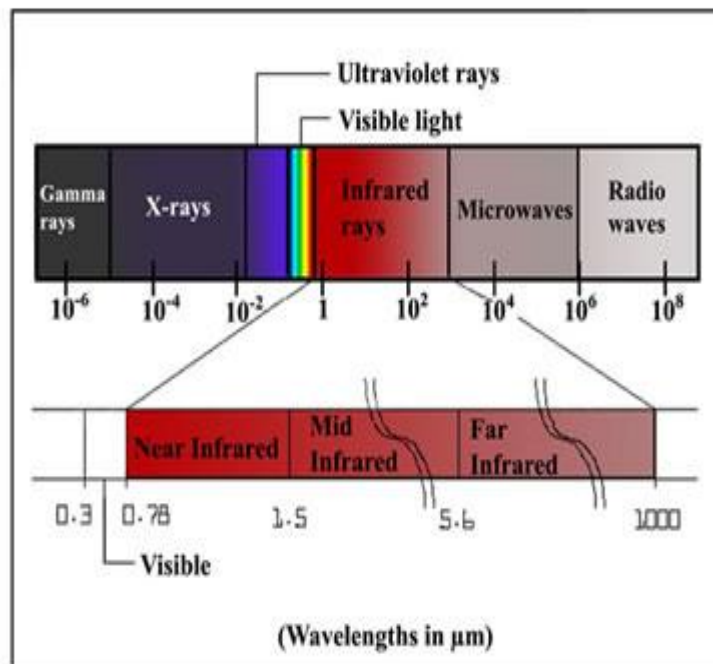


Configuración multipunto con difusión. T = Transmisor, R= Receptor
[IEEEET, 2000]

Radiación infrarroja.

La radiación infrarroja es una forma de radiación electromagnética como las ondas de radio, las microondas, rayos ultravioleta, rayos gamma, la luz visible, etc... Todas estas formas de radiación en conjunto dan lugar al espectro electromagnético. Tiene en común que todas ellas emiten energía en forma de ondas electromagnéticas y se propagan a la velocidad de la luz.

La radiación infrarroja se define como aquella que tiene una longitud de onda entre $0,78 \mu\text{m}$ y $1000 \mu\text{m}$ (micras). Los rayos infrarrojos se subdividen en función de la proximidad de longitud de onda a la luz visible como cercanos, medios o lejanos.



Longitud de onda en micras.

Cámaras termograficas.

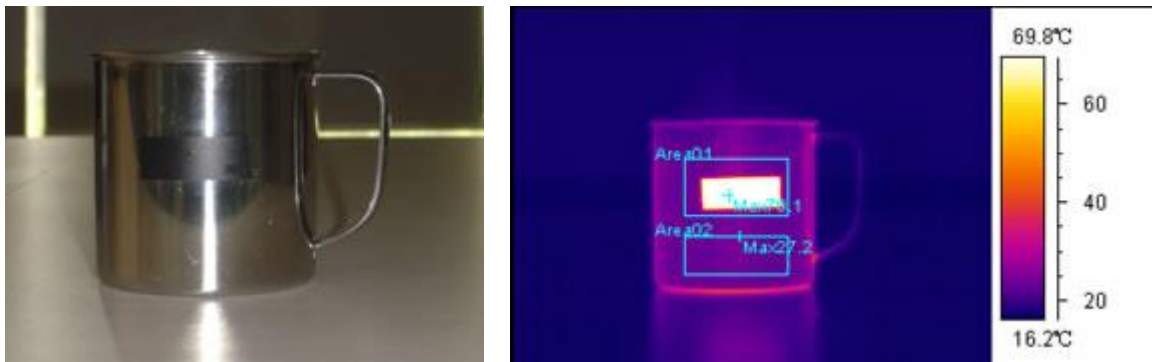
Las cámaras termográficas que se emplean en la industria funcionan todas en la banda de infrarrojos medios (son las que detectan los llamados microbolómetros no refrigerados).

Las cámaras termográficas detectan la radiación infrarroja invisible que emiten los objetos y lo transforma en una imagen dentro del espectro visible en la que la escala de colores (o grises) refleja las distintas intensidades.

La intensidad de la radiación infrarroja es función de la temperatura pero no sólo de ella, influyen también las características superficiales del objeto, el color y el tipo de material.

En un principio las cámaras termográficas dan un valor de temperatura para cada punto, sin tener en cuenta que, para la misma temperatura, dos materiales pueden irradiar energía infrarroja con intensidades muy diferentes.

Vemos aquí un ejemplo muy gráfico, una taza metálica con una cinta adhesiva que están a la misma temperatura, sin embargo la cinta adhesiva y el metal de la taza emiten energía infrarroja con intensidades muy diferentes.



[Taza metálica con cinta adhesiva]

[Vista con cámara termográfica]

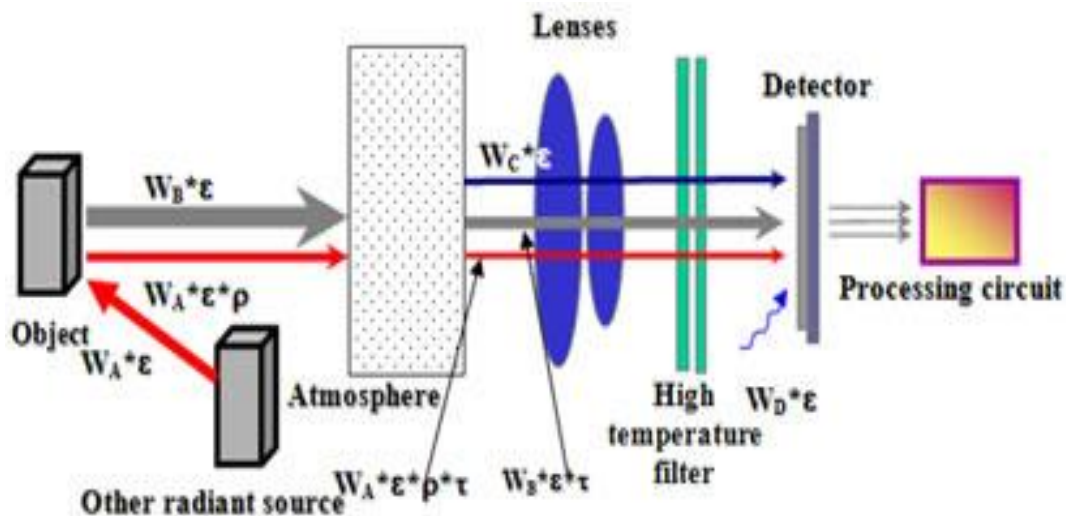
Esto se debe a la diferente emisividad entre el metal y la cinta adhesiva.

Emisividad.

La emisividad de un objeto se define a partir del concepto de cuerpo negro. Un cuerpo negro es aquel que absorbe toda la radiación infrarroja que recibe, no refleja ni transmite por lo tanto nada. La radiación emitida por un cuerpo negro es función únicamente de la temperatura.

La emisividad de un objeto para una temperatura se define como el cociente entre la energía infrarroja emitida por el objeto y la emitida por un cuerpo negro.

Funcionamiento de una cámara termográfica.



Básicamente una cámara termográfica básica consta de:

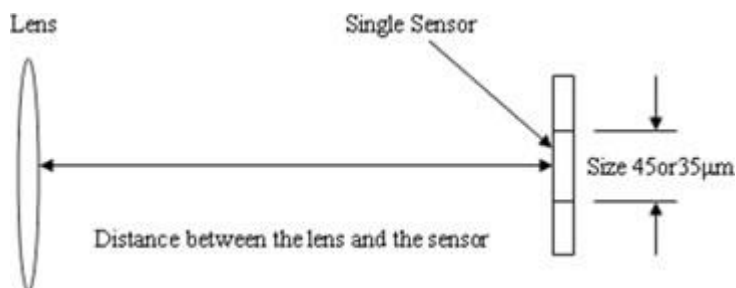
- Lentes
- Filtro
- Detector o microbolómetro
- Circuito de procesamiento de la imagen
- Interfaz de usuario (pantalla, salida de vídeo, memoria, etc...)

Hoy en día al menos 15 compañías en el mundo son capaces de fabricar este tipo de cámaras.

Un concepto muy importante a tener en cuenta a la hora de valorar una cámara de infrarrojos es la resolución espacial pues este concepto define hasta qué distancia se podrán ver los objetos.

Resolución espacial.

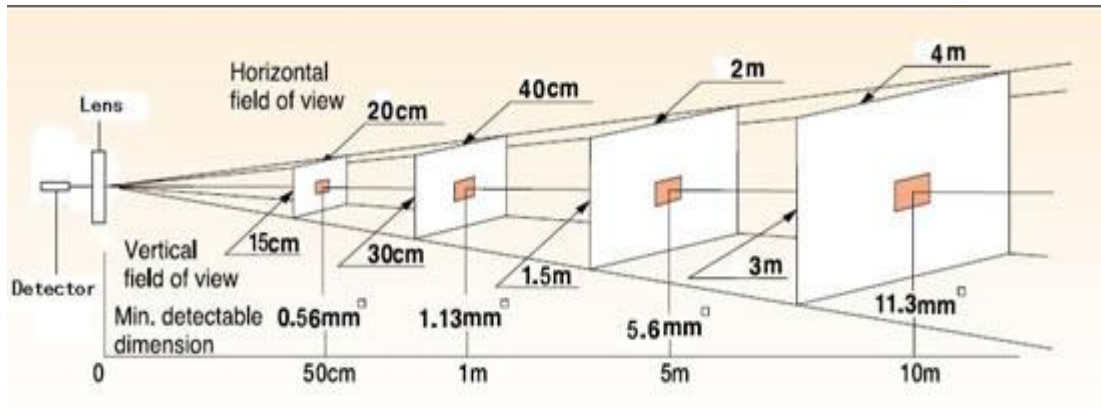
La resolución espacial es el campo de visión de los microsensors que forman parte del detector o microbolómetro.



Resolución espacial

La resolución espacial se define como la relación entre el tamaño del sensor y la distancia entre las lentes y el sensor. Cuanto más baja sea la resolución espacial a más distancia se podrá utilizar la cámara (o, para la misma distancia, se podrán visualizar objetos más pequeños).

En el siguiente gráfico se aprecia la relación entre el tamaño de los objetos y la distancia a la cámara:



Aplicaciones de las cámaras termográficas.

Inspecciones infrarrojas.

La termografía infrarroja permite localizar e identificar problemas invisibles al ojo humano.



La termografía se basa en el hecho de que todos los objetos que están a una temperatura superior a 0K (-273°C) emiten radiación infrarroja, la intensidad de radiación infrarroja está correlacionada con la temperatura superficial.

Las diferencias de temperaturas se muestran en una escala de grises o color, el rango de colores se muestra a la derecha. Las imágenes termográficas tienen aplicaciones en numerosos campos:

- Inspecciones de eficiencia energética de construcciones
- Pérdidas de energía
- Fallos de aislamiento
- Mantenimiento predictivo y preventivo
- Inspecciones mecánicas
- Monitorización de procesos
- Inspección de azoteas, humedades en paredes
- Termografía de equinos

Inspecciones de eficiencia energética.

Una inspección (o auditoría energética) de un edificio analiza numerosos aspectos relativos a la construcción. Idealmente esta inspección debería hacerse en una construcción recién terminada o al menos en el período de garantía a cargo del promotor. La auditoría energética señala los problemas de índole energética debidos a fallos de diseño, construcción o materiales, entre otras cosas;

- Localización de fugas térmicas
- Sobrecarga de circuitos eléctricos
- Localización de aislamientos térmicos mal instalados, dañados o húmedos.

Inspecciones de cubiertas de edificios.

Problemas de humedades o fallos en el aislamiento se detectan con rapidez y precisión. Esto permite ceñir los trabajos de reparación al área afectada con lo cual se reducen costes.

Monitorización de procesos.

Las cámaras termográficas detectan problemas en equipos y procesos.

- Compresores
- Bombas
- Seguimiento de la temperatura de procesos
- Sistemas frigoríficos
- Hornos y procesos de calentamiento
- Obturación y fugas en conducciones
- Niveles de tanques
- Perfiles térmicos

Inspecciones mecánicas.

Detección de problemas de fluidos, aislamiento, maquinaria rotativa y transmisión de potencia

- Fallos de alineamiento o acoplamiento
- Minimización de tiempo fuera de servicio
- Detección de conexiones eléctricas defectuosas, sobrecargadas o desequilibradas

Inspecciones eléctricas.

Detección de malas conexiones, sobrecargas, cortocircuitos y desequilibrios

- Localización de problemas sin interrupción del servicio
- Minimización del tiempo necesario para las reparaciones puesto que los problemas se diagnostican de forma concisa
- Reducción de fallos de suministro imprevistos
- Termografía de subestaciones
- Revisión de cientos de conexiones de forma muy rápida

Mantenimiento preventivo y predictivo.

Una gran cantidad de problemas en equipos industriales se manifiestan por medio de una huella térmica fuera de lo normal antes de que se manifieste el fallo. La localización de estos puntos calientes mediante una cámara termográfica permite anticiparse al fallo.

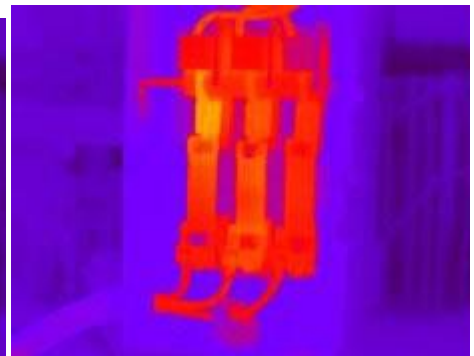
Ejemplo - Inspección termográfica de un cuadro de fusibles



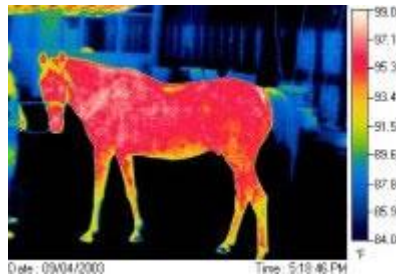
Inspección visual



Inspección termográfica



Después de sustituir el fusible central



Termografía equina

La imagen térmica es una herramienta no invasiva que mide diferencias de temperatura en objetos. Las cámaras termográficas ayudan a los veterinarios a diagnosticar y localizar problemas. Se detectan heridas e inflamaciones. Las imágenes infrarrojas permiten evaluar programas de entrenamiento.

Usos.

Filtros infrarrojos.

Los filtros (IR) infrarrojos se pueden hacer de materiales muy diversos. Un tipo se hace de polysulphone plástico que bloquea sobre el 99% del espectro ligero visible de las fuentes de luz “blancas” tales como bulbos incandescentes del filamento. Los filtros infrarrojos permiten un máximo de la salida infrarroja mientras que mantienen covertness extremo. Actualmente funcionando alrededor del mundo, los filtros infrarrojos se utilizan en los usos de los militares, de la aplicación de ley, industriales y comerciales. El maquillaje único del plástico permite durabilidad y resistencia térmica máximas. Los filtros IR proporcionan una solución eficiente más. Todas las generaciones de los dispositivos de la visión de la noche se realzan grandemente con el uso de filtros IR.

Visión nocturna.

El infrarrojo se utiliza en el equipo de visión nocturna cuando hay escasa luz visible para ver. Dispositivos de visión nocturna funcionan con un proceso que

implica la conversión de fotones ligeros en los electrones que entonces son amplificados por un producto químico y un proceso eléctrico y después convertidos nuevamente dentro de luz visible. Las fuentes de luz infrarrojas se pueden utilizar para aumentar la luz ambiente disponible para la conversión por los dispositivos de visión nocturna, aumentando visibilidad en--oscura sin realmente usar una fuente de luz visible.

El uso de los dispositivos infrarrojos de la visión de la luz y de la noche no se debe confundir con proyección de imagen termal, el cual crea las imágenes basadas en diferencias en la temperatura superficial detectando la radiación infrarroja (calor) que emana de objetos y de su ambiente circundante

Termografia.

La radiación infrarroja se puede utilizar para determinar remotamente la temperatura de objetos (si se sabe la emisividad). Se llama esto thermography, o en el caso de objetos muy calientes en el NIR o visible se llama pirometro. La termografia (proyección de imagen termal) se utiliza principalmente en usos militares e industriales pero la tecnología está alcanzando el mercado público bajo la forma de cámaras fotográficas infrarrojas en los coches debido a los costes de producción masivo reducidos.

El seguir.

El seguir infrarrojo, también conocido como autoguiado hacia el blanco infrarrojo, refiere al sistema pasivo de la dirección del misil el cuál utiliza emisión de un blanco de radiación electromágnetica en la parte infrarroja de espectro a la pista. Los misiles que utilizan buscar infrarrojo se refieren a menudo como “calor-buscadores”, puesto que el infrarrojo (IR) está justo debajo del espectro visible de la luz en frecuencia y es irradiado fuertemente por los cuerpos calientes. Muchos objetos tales como gente, motores de vehículo y avión generan y conservan calor,

y como tales, son especialmente visibles en las longitudes de onda infrarrojas de la luz comparadas a los objetos en el fondo.

Calefacción.

La radiación infrarroja se puede utilizar como fuente de calor deliberada. Por ejemplo se utiliza adentro saunas infrarrojos para calentar a los inquilinos, y también quitar el hielo de las alas de avión (el descongelar). El ABETO también está ganando renombre como método seguro de cuidado médico y de fisioterapia naturales. La ropa thermomédica infrarroja lejana de la terapia utiliza tecnología termal para proporcionar la ayuda compresiva y el calor curativo al control del síntoma de la ayuda para la artritis, lesión y el dolor.

La calefacción infrarroja también está llegando a ser más popular en procesos de fabricación industriales, ejemplo. curado de capas, formación de plásticos, recocido, soldadura plástica, secamiento de impresión. En estos usos, los calentadores infrarrojos substituyen los hornos convencionales y entran en contacto con la calefacción. La eficacia es alcanzada emparejando la longitud de onda del calentador infrarrojo a las características de la absorción del material.

Espectroscopia.

Espectroscopia vibratoria infrarroja es una técnica que se puede utilizar para identificar las moléculas por el análisis de sus enlaces constitutivos. Cada vínculo químico en una molécula vibra en una frecuencia que sea característica de ese enlace. Un grupo de átomos en una molécula (ejemplo. CH_2) pueden tener modos múltiples de la oscilación causados por el estiramiento y la flexión de los movimientos del grupo en su totalidad. Si una oscilación conduce a un cambio dentro del dipolo en la molécula, entonces absorberá el fotón que tiene la misma frecuencia. Las frecuencias vibratorias de la mayoría de las moléculas corresponden a las frecuencias de la luz infrarroja. Típicamente, la técnica se

utiliza para estudiar compuestos orgánicos usar la radiación ligera a partir de la 4000-400 cm^{-1} . Un espectro de todas las frecuencias de la absorción en una muestra se registra. Esto se puede utilizar para ganar la información sobre la composición de la muestra en términos de grupos químicos presente y también su pureza (por ejemplo una muestra mojada demostrará una amplia absorción del O-H alrededor de los 3200cm^{-1}).

Meteorología.

Los satélites equipados con radiómetros de exploración, producen y envían imágenes termal o infrarrojas que pueden entonces permitir a un analista entrenado determinar alturas y tipos de la nube, para calcular las temperaturas de la tierra y del agua superficial, y localizar las características superficiales del océano. La exploración está típicamente en el μm 10.3-12.5 de la gama (los canales IR4 e IR5).

Climatología.

En el campo de la climatología, la radiación infrarroja atmosférica se supervisa para detectar tendencias en el intercambio de la energía entre la tierra y la atmósfera. Estas tendencias proporcionan la información en cambios a largo plazo en el clima de la tierra. Es uno de los parámetros primarios estudiados en la investigación en el calentarse global junto con radiación solar.

El pyrgeometer se utiliza en este campo de la investigación para realizar medidas al aire libre continuas. Esto es un radiómetro infrarrojo de banda ancha con la sensibilidad para la radiación infrarroja entre el aproximadamente μm 4.5 el μm y 50.

Astronomía.

Los astrónomos observan objetos en la porción infrarroja del espectro electromagnético usando componentes ópticos, incluyendo los espejos, las lentes y los detectores digitales de estado sólido. Por esta razón se clasifica como parte de astronomía óptica. Para formar una imagen, los componentes de una necesidad infrarroja del telescopio debe ser blindado cuidadosamente de fuentes de calor, y de los detectores se enfrían usando el líquido helio.

La sensibilidad de telescopios infrarrojos en tierra es limitada perceptiblemente por el vapor de agua en la atmósfera, que absorbe una porción de la radiación infrarroja que llega de espacio. Esta limitación puede ser aliviada parcialmente colocando el observatorio del telescopio en una alta altitud, o llevando el telescopio en alto con un globo o un avión. Los telescopios del espacio no sufren de esta desventaja, y así que el espacio exterior se considera la localización ideal para la astronomía infrarroja.

La porción infrarroja del espectro tiene varias ventajas útiles para los astrónomos. Frío, oscuro nubes moleculares del gas y del polvo en nuestra galaxia brillará intensamente con calor irradiado como son irradiados por las estrellas encajadas. El infrarrojo se puede también utilizar para detectar protostars antes de que comiencen a emitir la luz visible. Las estrellas emiten una porción más pequeña de su energía en el espectro infrarrojo.

CONCLUSION.

Al término de la presente investigación, logramos comprender como funciona y como está estructurada una red de comunicaciones infrarrojos, haciendo énfasis en sus características, clasificaciones y las ventajas que estos presentan con respecto a los sistemas inalámbricos de RF.

También nos adentramos en el conocimiento de las fuentes ópticas y los fotodetectores y sus aplicaciones en el diseño de comunicaciones IR.

Pudiendo destacar la evolución que han tenido los sistemas IR, en especial los adelantos tecnológicos en las cámaras termograficas y sus aplicaciones en el campo del mantenimiento preventivo y predictivo de los sistemas electromecánicos.

GLOSARIO.

FDDI, interfaz de datos distribuidos por brasópticas.

HIPERLAN 2, red de área local de radio de alto desempeño - variante de corto alcance.

IEEE802.11a, estándar para el control de acceso al medio en redes de área local inalámbricas emitido por el instituto de ingenieros eléctricos y electrónicos.

IR, infrarrojo.

IrDA., asociación de datos por infrarrojos.

Kbps, kilobits por segundo.

LD, diodo laser.

LED, diodo emisor de luz.

Mbps, megabits por segundo.

PDA, agenda personal digital.

PPM, modulación por posición de pulsos.

RF, radiofrecuencia.

(S/N), relación señal a ruido.

UMTS, servicios universales de telecomunicaciones móviles.

WLAN, red de área local inalámbrica.

BIBLIOGRAFIA.

- G.W. Marsh y J.R. Barry. 1994. Non directed infrared links for hig-Capacity wireless Lans.
- J.M. Kahm y J.R. Barry. 1997. Wireless Infrared Communications.
- Joseph M. Kahm y David C. M. Lee. 1990. Transactions on Communications.
- www.firflan.org
- www.fluke.es/it
- www.irda.org
- www.spectrixcorp.com