

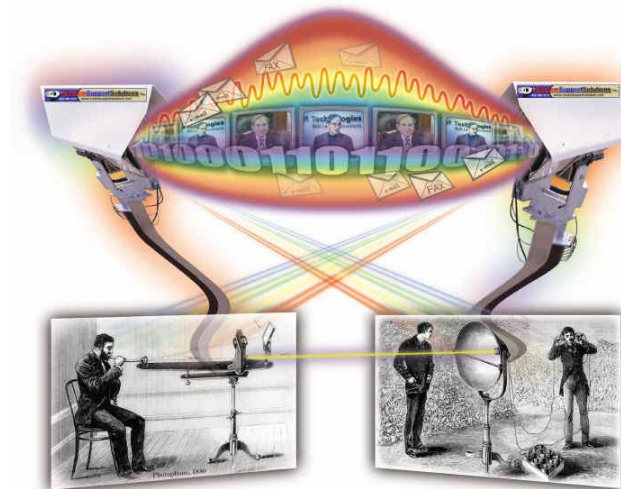
FREE SPACE OPTICS

Introducción

El objetivo de las Free Space Optics (FSO) es transmitir información por el espacio libre utilizando señales ópticas similares a las que viajan a través de las fibras ópticas. Las FSO permiten conectar edificios cercanos entre sí de una forma barata y sencilla, al no tener que hacer prácticamente ninguna obra. Además, los anchos de banda que proporcionan son muy grandes, gracias a que la información viaja en señales luminosas.

Historia de las FSO

Los orígenes de las FSO se remontan al siglo XIX cuando Graham Bell, antes de sentar las bases de la telefonía, consiguió transmitir señales de voz a través del aire por un haz de luz hasta una distancia de 180 metros. Aunque este descubrimiento de Bell nunca llegó a convertirse en una realidad comercial, colocó las bases de las comunicaciones ópticas actuales.



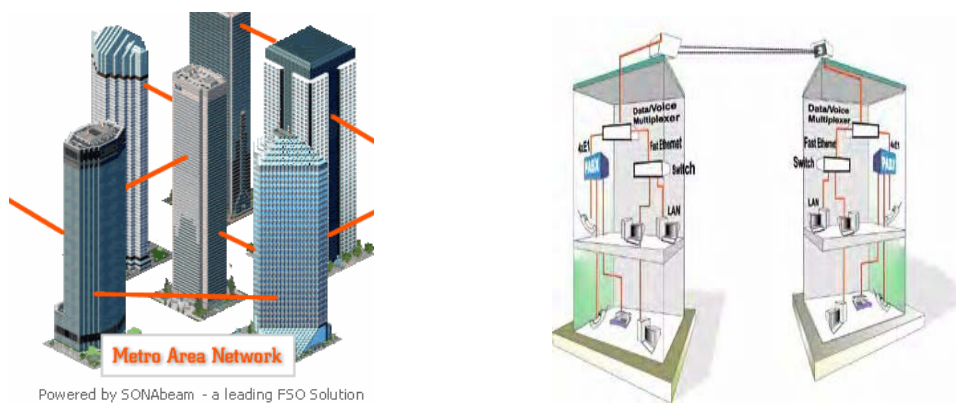
Las investigaciones en el campo de las FSO durante los últimos 40 años han estado centradas en aplicaciones militares y espaciales. Uno de los primeros experimentos que se hicieron en el campo de las comunicaciones por láser consistió en transmitir mensajes en código Morse simplemente obstruyendo el rayo con la mano.

Principio de funcionamiento

El principio de funcionamiento es muy sencillo: se colocan los transmisores y receptores en los lugares de interés y se transmiten entre ellos haces láser infrarrojos que pueden transportar desde mensajes de Internet, vídeo, señales de radio o ficheros informáticos. La capacidad de estos enlaces se encuentra entre los 100 Mbps y los 2.5 Gbps. Experimentalmente se han logrado velocidades de transmisión de hasta 160 Gbps. Por tanto, estamos hablando de prestaciones similares a la fibra óptica.

Las señales de información, en formato eléctrico llegan al transmisor donde se deben trasladar al dominio óptico. La modulación que se utiliza se denomina modulación en potencia; ya que no es exactamente una modulación en amplitud (se varía la potencia de la señal óptica de forma que al transmitir un uno lógico la intensidad de la señal es mayor que si se transmite un cero lógico). En definitiva, un enlace que utiliza las FSO es exactamente igual que un enlace convencional de fibra, pero que utiliza un canal de transmisión diferente.

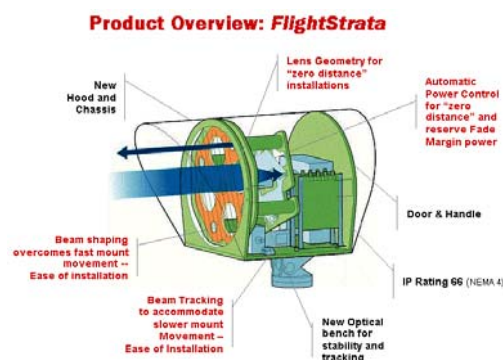
En la siguiente imagen se muestra el posible esquema de una red que utiliza FSO como medio de transmisión.



Descripción de un sistema FSO

Un sistema FSO consta simplemente de un transmisor y un receptor de luz infrarroja.

Se describirán con más detalle cada uno de estos componentes en el trabajo final, pero realmente la idea es exactamente la misma que en los enlaces de fibra óptica, pero con la diferencia de que el canal de transmisión es el aire. Por tanto, transmisor y receptor han de estar perfectamente enfrentados para que se pueda transmitir información entre ellos.



Dado que en muchas ocasiones, estos dispositivos se colocan en tejados de edificios al aire libre, deberán tener ciertas características mecánicas que los protejan del viento y de la humedad.

Ventajas e inconvenientes de las FSO

La principal ventaja de las FSO es la sencillez de su instalación. Al no tener que abrirse zanjas en las calzadas de la ciudad, se agilizan mucho los trámites “burocráticos” para la implantación del sistema. Además de sencilla, la infraestructura necesaria es relativamente barata. Simplemente es necesario colocar los transmisores y receptores de tal manera que haya visión directa entre ellos. Por estar trabajando con en el espectro óptico, los haces de luz infrarroja no atraviesan paredes pero sí cristales como los de las ventanas. Esto permite colocar los emisores y receptores dentro de los edificios evitando la competencia por el espacio en el tejado.

Las FSO son una de las posibles soluciones al “problema de la última milla”. En la actualidad, las redes WAN tienen muy alta capacidad, las LAN también la tienen, pero existe un cuello de botella en la conexión entre ambas que, con otras tecnologías basadas en cable, resulta muy caro de evitar para el usuario particular. Las FSO son una solución barata a este problema.

Las FSO presentan una serie de ventajas de seguridad interesantes frente a otras tecnologías inalámbricas basadas en radio:

- los haces láser son altamente directivos y se hace muy complicado interceptarlos sin que el propietario se percate de ello;
- tampoco pueden ser detectados mediante analizadores de espectro ni detectores de potencia de RF;
- son invisibles al ojo humano así que su presencia no resulta evidente.
- Además la información puede transmitirse de forma cifrada, al igual que en el resto de comunicaciones digitales, lo que proporciona un grado de seguridad aún mayor.

La principal desventaja de las FSO es su alto grado de vulnerabilidad frente a los factores atmosféricos. Al estar operando con ondas luminosas, la atenuación de la señal será muy grande en condiciones de niebla. Esto no invalida las FSO como método de comunicación, simplemente es un factor que debe tenerse en cuenta en el diseño de los enlaces de forma que cumplan las especificaciones requeridas por el usuario. Se deberá garantizar que el enlace estará activo un determinado porcentaje del tiempo.

Otras desventajas de las FSO son:

- la posibilidad de obstrucción del enlace, por ejemplo, por pájaros. Dado que éste es un hecho inevitable, la única solución es la redundancia en los equipos transmisores y receptores.
- Estabilidad de los edificios: para que el enlace por FSO funcione correctamente, emisor y receptor deben estar perfectamente enfrentados. Cualquier pequeño desplazamiento de uno de ellos conllevaría la caída del enlace. Por ello, en el diseño deben tenerse en cuenta los movimientos a los que están sujetos los

edificios. Esto se ha logrado, y el equipamiento comercial está preparado para soportar la mayoría de los movimientos a los que pueden verse sometidos.

- Interferencia con la radiación solar: el Sol emite también radiación en el espectro del infrarrojo donde trabajan las FSO y por tanto es una fuente de ruido para el sistema. Unos filtros apropiados que eliminen toda la potencia fuera de la banda de interés junto con una potencia suficiente en el receptor solucionan este problema.
- Salud pública: las FSO emiten al espacio una gran potencia luminosa concentrada en haces láser invisibles. Si esta potencia incide sobre la retina de los ojos de las personas, puede quemarla y provocar graves trastornos de visión. Por ello, es muy importante que se asegure la inocuidad de la utilización de las FSO en zonas transitadas por el público.

Análisis del mercado de las FSO

Actualmente existen varias empresas que proporcionan soluciones FSO. Las principales son CANON, FSONA, MRV, LIGHTPOINTS, LASERBIT, BRIDGEWAVE y BEAMWAVE.

El objetivo de este trabajo no va a ser explicar cada una de ellas detenidamente pero nos parece interesante conocer el mercado disponible actualmente y las distintas soluciones que las diferentes empresas proponen.

La gama de productos que ofrecen se diferencian básicamente en la velocidad de transmisión y en el alcance máximo del enlace. Así que, dependiendo del tipo de servicio que queramos ofrecer se tendrá que elegir la tecnología apropiada.

Si nos fijamos, por ejemplo, en los productos que ofrece FSONA, las velocidades de transmisión varían entre los 10 Mbps de los modelos más básicos hasta los 1448 Mbps en los de más altas prestaciones. Las distancias máximas en condiciones de cielo despejado varían entre los 3300 y los 7700 metros, mientras que en condiciones de intensa lluvia o niebla, oscilan entre los 1620 y los 3125 metros. FSONA dispone de productos que soportan los protocolos OC-1/STM-0, OC-3/STM-1, OC-12/STM-4, 270 Mbps, 1064 Mbps, E3, DS3, Ethernet 10baseT, Fast Ethernet y Fast/Gig Ethernet.

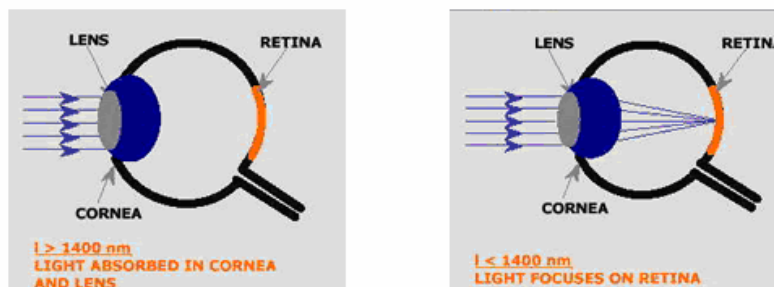
Se muestran en la siguiente tabla algunos de los modelos ofrecidos por FSONA, junto con sus características más importantes:

MODELO	BITRATE (Mbps)	ALCANCE CIELO DESPEJADO (m)	ALCANCE LLUVIA (m)	λ (nm)	INTERFAZ	ESTANDARES
52 E	10-68	50-3850	50-1820	1550	MMF y SMF	E3, DS3, OC-1/STM-0, Ethernet 10baseT
622 S	100-715	100-3800	100-1720	1550	MMF y SMF	OC-3/STM-1, OC-12/STM-4, 270 Mbps, Fast Ethernet
155 M	31-180	300-6400	300-2675	1550	MMF y SMF	OC-3/STM-1, Fast Ethernet
1250 M	100-1448	400-5300	400-2325	1550	MMF y SMF	OC-3/STM-1, OC-12/STM-4, 270 Mbps, 1064 Mbps, Fast/Gig

						Ethernet
--	--	--	--	--	--	----------

Los sistemas FSO utilizan las mismas longitudes de onda que en los sistemas de comunicación por fibra óptica. Se aprovecha de esta forma la tecnología ya desarrollada para las comunicaciones convencionales de fibra óptica: led's, láseres, moduladores, demoduladores y fotodiodos.

FSONA utiliza longitudes de onda de 1550 nm para asegurar una mayor inocuidad para la salud. Se ha demostrado que la córnea absorbe las radiaciones de $\lambda > 1400$ nm, de forma que éstas no llegan a la retina, evitándose así quemaduras en la capa sensible del ojo humano.



Por su parte, LASERBIT ofrece tasas de transmisión entre 2 Mbps y 1 Gbps, alcanza distancias entre los 20 y los 5000 metros y utiliza longitudes de onda en torno a los 780 nm. LASERBIT dispone de productos que soportan los protocolos E1, Fast Ethernet, Fast Ethernet + E1, Gigabit Ethernet, Multi E1 y STM1/OC3.

MODELO	BITRATE (Mbps)	ALCANCE	λ (nm)	INTERFAZ	ESTANDARES
Picotel	2	200	785	RJ-45	Fast ethernet
Pluto	100	20	785	RJ-45	Fast ethernet
Supergig	1250	2500	785	MMF ó RJ-45	Gigabit ethernet

Algunas aplicaciones de las FSO

Aplicaciones en distancias cortas:

- Monitorización del tiempo atmosférico: niebla, lluvia, nieve...
- Monitorización y cuantificación del tráfico en carreteras.

Aplicaciones en distancias largas:

- Medidas en el espacio profundo: distancias de años – luz.
- Enlaces a muy alta velocidad entre edificios colindantes.
- Transmisión de datos desde lugares remotos: tiempo atmosférico, fenómenos geofísicos.
- Radar óptico.
- Enlaces telefónicos remotos.

Aplicaciones de área extensa:

- Redes de campus.
- Difusión de información en ciudades.
- Enlaces entre oficinas dispersas.

Qué nos queda por hacer

- Optical Wireless LANs: qué son, ventajas e inconvenientes frente a las WLANs tradicionales, prestaciones, aplicaciones.
- Las FSO como solución al “Last Mile Problem”.