

Comunicación Óptica Inalámbrica LI-FI

Pedro J. Pineda, ppineda@est.ups.edu.ec
 Universidad Politécnica Salesiana
 Sede Cuenca
 Electrónica Analógica II

Abstract—Li-Fi is a novel system of wireless communication that uses light, this paper presents his functionality in a short introduction, also it is presented a short explanation about the type of technology that is implemented for the creation and how it works. Is also presented the benefits that give this type of wireless communication system, and an superficial comparison with systems that uses radio frequency in terms of capacity, efficiency, availability and security.

Index Terms—Li-Fi, Wi-Fi, Optic, Light, Radio Frequency, OWC, VLC, SIM OFDM, QAM, Implementation, Benefits.

I. INTRODUCCIÓN

La comunicación entre diferentes dispositivos es una de las actividades más relevantes en el mundo de la ciencia y tecnología. Transmitir un dato implica la intercomunicación entre varios dispositivos y hoy en día existen ya varios métodos para lograr comunicar una gran cantidad de dispositivos diferentes, los cuales pueden estar conectados mediante cables, como en forma inalámbrica [1].

Para poder realizar una transmisión inalámbrica es necesario un transmisor y un receptor, en el caso del Wi-Fi, se utiliza antenas para poder realizar esta acción. Ultimamente se ha lanzado un método novedoso, el cuál está rompiendo esquemas, ya que esta transferencia inalámbrica es óptica, es decir mediante luz, esta se refiere específicamente al Li-Fi. Li-Fi (Light Fidelity) es un término que fue utilizado por primera vez por Harald Haas en una charla Global TED, el cuál se refiere a la transmisión de datos inalámbrica a través de luz óptica. El Li-Fi de misma forma que el Wi-Fi son sistemas de comunicación inalámbrico, pero con una gran cantidad de diferencias. Las principales características de la transmisión Li-Fi son muchas, pero entre las primordiales están su muy bajo costo, sus niveles de saturación están muy distanciados a los del Wi-Fi, en vez de utilizar ondas de radiofrecuencia, se utiliza luz. La transmisión mediante luz, en aspectos de seguridad teóricamente es más ventajosa, ya que la luz visible no traspasa las paredes, pero en ambitos de comunicación es una desventaja ya que se debería intalar más transmisores y más receptores, por lo tanto su costo incrementaría. Por ventaja los transmisores Li-Fi, no son más que focos LED, los cuales tienen un circuito interno, el cual hace que varíe su amplitud a altísimas velocidades sin que lo perciba el ojo humano, partiendo del principio que utiliza VLC (Visible Light Communication) el cuál tiene un ancho de banda enorme en comparación que el uso de ondas de radio frecuencia que se

maneja en Gigahertz para transmitir datos como lo hace el sistema Wi-Fi [1].



Figure 1. Harald Haas Presidente de Comunicaciones Móviles en la Universidad de Edimburgo y cofundador de pureLiFi, pionero en la tecnología Li-Fi

Por esta razón la transmisión de datos óptica, junto con los principios de transmisión de la fibra óptica pueden manejar transmisiones de gran capacidad en un tiempo más reducido, ya que por el ancho de banda que maneja no se satura como en el caso del Wi-Fi [1].

II. OPTICAL WIRELESS COMMUNICATIONS

“La comunicación óptica inalámbrica (OWC) es una forma de comunicación óptica la cuál no es directamente visible, también puede ser infraroja (IR), o luz ultravioleta (UV) las cuales puedan ser utilizadas para llevar una señal” [2].

Los sistemas OWC que operan en los rangos visibles (390–750 nm) son comunmente llamados como VLC (Visible Light Communications), teniendo como característica la utilización de LEDs por su respuesta a gran velocidad y por la luz que genera para el ojo humano. VLC es utilizado en aplicaciones de rangos amplios que incluyen redes de área local inalámbricas como también redes de area personal y redes vehiculares [2].

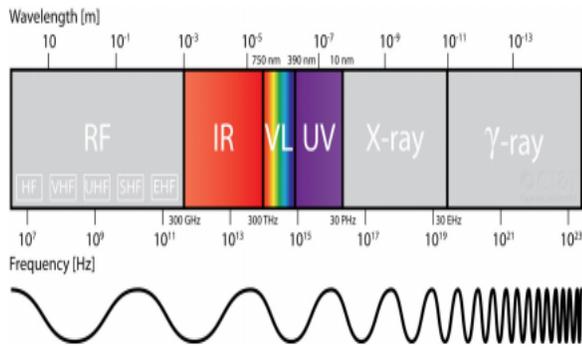


Figure 2. Espectro Electromagnético, M. Uysal and H. Nouri, "Optical Wireless Communications – An Emerging Technology", 16th International Conference on Transparent Optical Networks (ICTON), Graz, Austria, July 2014

III. VISIBLE LIGHT COMMUNICATION (VLC)

Visible light communication (VLC) o comunicación a través de luz visible es un método de comunicación de datos, el cual utiliza la luz visible entre 400 and 800 THz (780–375 nm) en el rango espectral electromagnético. Este método es muy útil ya que la luz emitida por un LED puede ser percibida por los seres humanos, además que a altas frecuencias los cambios de amplitud usados no pueden ser percibidos por el ojo humano, y su luminosidad no afecta al ojo humano. El uso de la luz como medio de transmisión no altera de ninguna manera en el organismo humano, a diferencia que las ondas de radiofrecuencia [3].

La tecnología VLC utilizando lámparas fluorescentes ordinarias, sin ningún dispositivo especial, puede lograr transmitir señales de 10 kbit/s o utilizando LEDs a más de 500 Mbit/s[4]. Incluso en un bajo índice puede llegar a transmitir a una distancia de 1 a 2 km [5].

Los receptores son dispositivos electrónicos especialmente diseñados para esta función, los cuales contienen un fotodiodo que recepta dichas señales de diferentes fuentes lumínicas, aunque en algunos casos un celular o una cámara digital son suficientes [6].

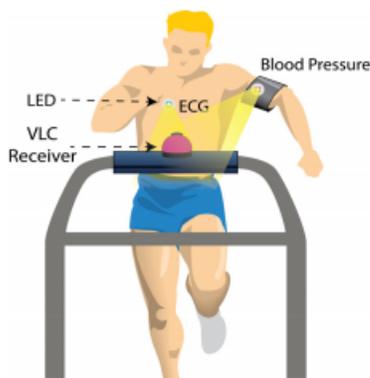


Figure 3. Una prueba de cardio-estrés con su implementación basado en VLC. Los LED adjunta al sensor unidades se comunican de forma inalámbrica con el receptor situado en la equipos manillar. M. Uysal and H. Nouri, "Optical Wireless Communications – An Emerging Technology", 16th International Conference on Transparent Optical Networks (ICTON), Graz, Austria, July 2014

IV. SISTEMA LI-FI

Li-Fi es un sistema de comunicación inalámbrica que utiliza el espectro visible de la luz como medio de transmisión de datos [7].

"Li-Fi usa la luz de LED para transmitir señales inalámbricas portadoras de datos. Lo hace codificando información, basado en la frecuencia de la luz LED, de manera tal que no es perceptible al ojo humano. La velocidad de transmisión tiene directa relación con el color de las luces LED, ya que entre más lejana del blanco cálido, más rápida es la transmisión, debido a que puede usarse un mayor espectro de frecuencia" [7].

Los bombillas de luz LED que están diseñadas para la transmisión de datos Li-Fi están constituidas por los siguientes elementos:

- Bombilla
- Circuito amplificador de Radio Frecuencia (PA)
- Circuito impreso (PCB)
- Carcasa

"El circuito impreso controla los impulsos eléctricos de la bombilla y también contiene al microprocesador el cual maneja diferentes funciones de la lámpara. La señal de RF es generada por un estado sólido PA y este es guiado dentro del campo eléctrico de la bombilla. La alta concentración de energía en el campo eléctrico vaporiza el contenido de la bombilla y lo convierte en un estado de plasma en el centro de la misma, este control del plasma genera una gran fuente de luz" [8].

El funcionamiento de esta tecnología es basada en pulsos rápidos de luz para la transmisión de datos de forma inalámbrica, para esto se utiliza LEDs de alta intensidad, los cuales se prenden y apagan a gran velocidad generando grandes cadenas de datos en ceros y unos, considerando que existen una infinidad de combinaciones. Estos cambios de amplitud en la señal que ingresa a los LEDs es imperceptible para el ojo humano, pareciendo como si el LED siempre estuviera encendido. Las características especiales que tiene el LED, que son cambiar su intensidad a grandes velocidades, como también su encendido y apagado completo también a altas velocidades es esencial para la transferencia de datos Li-Fi [9].

Para lograr transferir los datos mediante la luz, se necesitaría enviar miles de cadenas de datos en paralelo, desde un emisor el cuál sería la bombilla LED explicada antes a un receptor, el cual decodificaría los datos enviados por la luz y lograr transformarlo en una señal eléctrica [9].

Esa multiplexación de datos es conocida como SIM OFDM, lo cual significa Enhanced Subcarrier Index Modulation OFDM, y no es más que la multiplexación por división de frecuencias ortogonales. En síntesis esto es el envío de ondas portadoras en diferentes frecuencias, cada una de estas ondas lleva información, la cual está modulada en Quadrature Amplitude Modulation (QAM) [10].

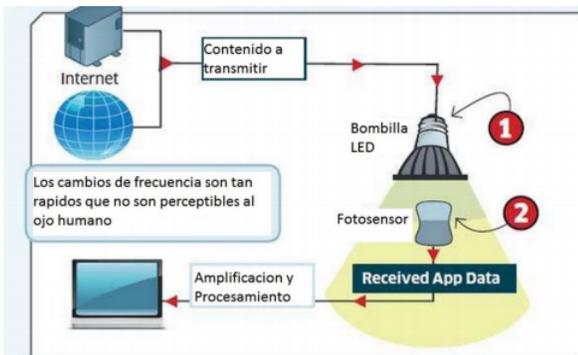


Figure 4. Funcionamiento del Li-Fi, Aravena, E. “Desafío de las nuevas Tecnologías. Un análisis a Li-Fi y otras tecnologías” [online] Disponible en: http://profesores.elo.utfsm.cl/~agv/elo322/1s13/project/reports/Desafios_de_las_nuevas_tecnologias.pdf

V. QUADRATURE AMPLITUDE MODULATION (QAM)

“La Modulación de Amplitud en Cuadratura o QAM es una modulación digital en la que el mensaje está contenido tanto en la amplitud como en la fase de la señal transmitida. Se basa en la transmisión de dos mensajes independientes por un único camino. Esto se consigue modulando una misma portadora, desfasada 90° entre uno y otro mensaje. Esto supone la formación de dos canales ortogonales en el mismo ancho de banda, con lo cual se mejora en eficiencia de ancho de banda que se consigue con esta modulación” [11].

Se asocian a esta tecnología aplicaciones tales como:

- Modems telefónicos para velocidades superiores a los 2400bps. Transmisión de señales de televisión, microondas, satélite (datos a alta velocidad por canales con ancho de banda restringido) [12].
- Modulación con Codificación Reticulada, que consigue velocidades de transmisión muy elevadas combinando la modulación con la codificación de canal [12].
- Módems ADSL que trabajan a frecuencias comprendidas entre 24KHz y 1104KHz, alcanzándose velocidades de datos de hasta 9 Mbps [12].

VI. SIM OFDM

SIM-OFDM es una modificación del esquema clásico OFDM, en el cuál un número n de diferentes portadores de frecuencias son modulados con una señal basados en un régimen como el Quadrature Amplitude Modulation (QAM) [13]. El nuevo enfoque que presenta SIM-OFDM es la explotación de una nueva dimensión adicional en el cuadro OFDM que proviene del estado de cada subportadora activa o inactiva. Esta dimensión adicional es empleada para transmitir datos en un modo On-Off Keying (OOK) [14].

El motivo fundamental para la realización de este nuevo concepto fue la optimización de potencia, ya que en cada bit transmitido se logra ahorrar un porcentaje de potencia, es decir Li-Fi es un sistema de comunicación “verde” [14].

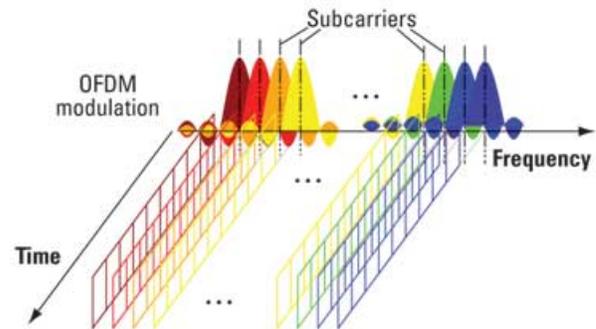


Figure 5. Modulación OFDM, Genay N., Charbonnier B., Gard E., and Wolkowicz P., “OFDM to power high bit rates in next-gen optical access networks”, LightWave, 2011

VII. IMPLEMENTACIÓN

Existen muchos beneficios al momento de la implementación de un sistema Li-Fi, ya sea por su costo y facilidad de instalación, ya que realmente es un sistema barato ya que sus transmisores solo son bombillas LED con un microchip incorporado [15].

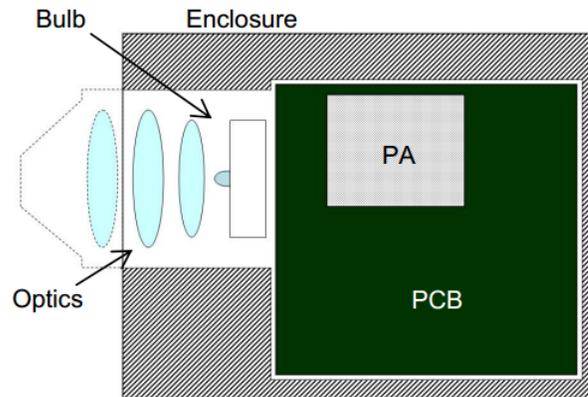


Figure 6. Diagrama de Bloques Sistema Li-Fi, Pradhan A., “AN001 - LIFI Design Considerations for Projection Display”, Luxim, 2008

VIII. VENTAJAS

La comunicación inalámbrica tiene sus características básicas, Wi-fi es el método más utilizado para la transmisión inalámbrica de datos y como todo sistema de comunicación inalámbrica presenta sus características con respecto a capacidad, eficiencia, disponibilidad y seguridad. Sin embargo Li-Fi presenta características propias, las cuales se diferencian totalmente respecto a su rival el Wi-Fi.

Capacidad

El espectro visible de ondas electromagnéticas tiene un ancho de banda 10.000 veces más grande que el de las ondas de radio [16].

Eficiencia

Por eficiencia hay que entender que el sistema de transmisión Li-Fi, solo utiliza una bombilla LED, así que la disponibilidad no es un problema, ya que las fuentes de luz se podrían encontrar en todos lados. El uso de LEDs genera un ahorro impresionante, ya que esto tiene dos aplicaciones iluminar, y transmitir al mismo tiempo. Por otro lado los sistemas de radio frecuencia utilizan mucha energía, y la gran mayoría se va en los sistemas de enfriamiento en las centrales. Un LED solo consume 20 mA, para que logre ser activado [17].

Disponibilidad

La disponibilidad, no es un problema para el Li-Fi, la razón se debe a que en cualquier lugar hay luz. Bombillas, las luminarias de las calles, hasta los smartphones generan luz, sólo necesitan ser reemplazados con LEDs que contengan el microchip de control para que haya una transmisión adecuada de datos. Existen proyectos que se desea implementar dentro de aviones o incluso de hospitales tales como GEOLiFi o LIFIONEWAY, en aspectos como ayudar a los visitantes a encontrar su camino o permitir a los médicos y enfermeras a tener acceso a fichas médicas y cualquier tipo de información en tiempo real en una Tablet.

Seguridad

Respecto a la seguridad de la transmisión de datos por el mismo uso de la luz y como no hay ondas de por medio, la interceptación de la señal es algo muy difícil así que la interrupción de la señal es algo imposible. Su gran desventaja es que, al utilizar ondas de luz, no pueden atravesar las paredes, algo que sí hace el Wi-Fi [19]. Sin embargo ya existen empresas que ofrecen distintos niveles de protección para empresas partiendo de que hay diferentes tipos de confidencialidad, confidencial, sólo para uso Interno, Privado, Público, etc. en la cual proveen una solución Li-Fi que entrega acceso a los datos de la compañía en forma específica, dependiendo del tipo de usuario y su ubicación [20].

CONCLUSIONS

Li-Fi is a green optic wireless communication system for the high efficiency speaking in power terms, his availability is bigger than any kind of communication system and do not interrupt with other systems for the use of light. Thanks to the SIM OFDM system that uses for the multiplexation, in the transmission is saved power in each bit transmitted.

Speaking about availability, everywhere is a source of light, replacing the old bulbs with new Li-Fi bulbs, this would save energy because in the same system is going to be luminosity and the data transmission. His capacity is bigger than any kind of communication system, because this concept promises to solve issues such as the shortage of radio-frequency bandwidth and boot out the disadvantages of Wi-Fi. No one can interrupt the signal and it could be redirect the signal, just with the use of our hand, pointing the light source to other place. Like Harald Haas said "In the future you will not only have

14 billion (LED) lightbulbs, you may also have 14 billion Li-Fi's deployed worldwide for a cleaner, greener, and even brighter future.", Li-Fi apparently is going to be the future and everybody will use it for his personal and professional life.

REFERENCES

- [1] Sharma, Rahul R., Raunak, Sanganal, Akshay, "Li-Fi Technology Transmission of data through light", Department of Computer Engineering Fr. CRIT, Vashi Navi Mumbai, India, ISSN:2229-6093, 2012
- [2] M. Uysal and H. Nouri, "Optical Wireless Communications – An Emerging Technology", 16th International Conference on Transparent Optical Networks (ICTON), Graz, Austria, July 2014
- [3] VLC Consortium, "Image Sensor Communication", VLC Consortium [online] Disponible en: <http://www.vlcc.net/image-sensor-communication>
- [4] Siemens, "500 Megabits/Second with White LED Light", Siemens Global Website [online] Disponible en: <http://www.siemens.com/innovation/en/news/2010/500-megabits-second-with-white-led-light.htm>
- [5] VLC Consortium, "About Visible Light Communication", VLC Consortium [online] Disponible en: <http://www.vlcc.net/about-visible-light-communication>
- [6] VLC Consortium, "Intelligent Transport System – Visible Light Communication". VLC Consortium [online] Disponible en: <http://www.vlcc.net/intelligent-transport-system-vlc>
- [7] Aravena, E. "Desafío de las nuevas Tecnologías. Un análisis a Li-Fi y otras tecnologías" [online] Disponible en: http://profesores.elo.utfsm.cl/~agv/elo322/1s13/project/reports/Desafios_de_las_nuevas_tecnologias.pdf
- [8] Gilliard, Richard . "TECHNOLOGY BRIEF How LIFI™ Light Sources Work", LUXIM [online] Disponible en: <http://www.lifi.com/pdfs/techbriefhowlifeworks.pdf>
- [9] Hass, H. "Harald Haas: datos inalámbricos en cada foco incandescente", July 2011 [Online] Disponible en: http://www.ted.com/talks/harald_haas_wireless_data_from_every_light_bulb?language=es#t-295896
- [10] Vergara Gonzalez, José Mauricio, "Simulación de un esquema de Modulación/Demodulación OFDM utilizando un modelo de canal multirayectoria", Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación, Escuela Superior Politécnica Del Litoral, Guayaquil, Ecuador, 2008
- [11] Martín Fernández, Marcos, "Modulación en Amplitud" Harvard Edu. [online] Disponible en: <http://lmi.bwh.harvard.edu/papers/pdfs/2002/martin-fernandezCOURSE02.pdf>
- [12] Hernández Rioja, Inmaculada. "Tema 4: Conceptos básicos del sistema telefónico". Aholab [online] Disponible en: <http://aholab.ehu.es/users/inma/psc/tema3.pdf>
- [13] R. Abualhiga and H. Haas, "Subcarrier-Index Modulation OFDM," in Proc. of the International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC), Tokyo, Japan, Sep. 13–16, 2009.
- [14] Tsonev D., Sinanovic S. and Haas H. "Enhanced Subcarrier Index Modulation (SIM) OFDM", Institute for Digital Communications, Joint Research Institute for Signal and Image Processing, The University of Edinburgh, EH9 3JL, Edinburgh, UK, 2012.
- [15] Pradhan A., "AN001 - LIFI Design Considerations for Projection Display", Luxim, 2008
- [16] Lyne A., Graham-Smith F., "Pulsar Astronomy", Cambridge Astrophysics, 2006
- [17] Ookubo S., "Nichia Unveils White LED with 150 lm/W Luminous Efficiency", Nikkei Electronics, 2006
- [18] EDCOMM, "GEOLiFi y LIFIONEWAY PARA HOSPITALES" America Lifi Powered by EDCOMM [online] Disponible en: <http://www.americalfi.com/wp/2014/07/geolifi-y-lifioneway-para-hospitales/>
- [19] Revilla, J "¿Será el Li-Fi una alternativa viable al Wi-Fi?", ItEspresso [online] Disponible en: <http://www.itespresso.es/li-fi-alternativa-viable-wi-fi-128201.html#biPMP3BALw48Tz4I.99>
- [20] EDCOMM, "Soluciones Li Fi para empresas", America Lifi Powered by EDCOMM [online] Disponible en: <http://www.americalfi.com/wp/soluciones/comunicaciones-inalambricas-de-alta-seguridad/>