|  |  |
| --- | --- |
| **Asamblea de Radiocomunicaciones (AR-15)  Ginebra, 26-30 de octubre de 2015** |  |
| **UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES** |  |
|  |  |
| **SESIÓN PLENARIA** | **Addéndum 3 al  Documento RA15/PLEN/34-S** |
| **13 de octubre de 2015** |
| **Original: inglés** |

|  |
| --- |
| CEPT – Conferencia Europea de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones |
| proyecto de nueva cuestión UIT-R [EUR/VISIBLE LIGHT] |
| Estudio de las características de la luz visible y las comunicaciones ópticas para las comunicaciones en banda ancha |

# 1 Introducción

El número 78 del Artículo 12 de la Constitución de la UIT declara que una de las funciones del Sector de Radiocomunicaciones se efectuará «… realizando estudios sin limitación de gamas de frecuencias y adoptando Recomendaciones».

El desarrollo tecnológico y especialmente el desarrollo de la tecnología digital es un proceso permanente y continuo que además abre nuevas vías a las comunicaciones. Las comunicaciones ópticas especialmente podrían suponer una oportunidad adicional de satisfacer la creciente demanda de comunicaciones (de datos).

Este tema está suscitando últimamente un manifiesto interés, no sólo desde un punto de vista científico como ocurre con las universidades, sino también para algunas empresas que han manifestado un creciente interés en esta cuestión. El primer objetivo es investigar en qué condiciones las comunicaciones ópticas destinadas a ser utilizadas en interiores y para distancias relativamente cortas, pueden satisfacer la creciente demanda de comunicaciones (de datos) en banda ancha.

Las comunicaciones ópticas no son un tema nuevo para la UIT, ya que los estudios llevados a cabo hace algún tiempo se materializaron en varias Recomendaciones e Informes acerca de diversas aplicaciones de los enlaces ópticos. No consta información alguna acerca de que la interferencia entre los sistemas ópticos constituya un motivo de preocupación.

La documentación sobre esta cuestión elaborada por el UIT-R no utiliza la expresión comunicaciones «ópticas» debido a que hasta ahora no ha sido posible alcanzar un acuerdo sobre la definición de «ópticas». En algunos círculos, «ópticas» = «visibles», mientras que en otros «ópticas» = «visibles + infrarrojo próximo». Se ha intentado acuñar nuevos términos tales como «fotocomunicación» pero tampoco este debate terminó en consenso. Al final, se utilizan varios términos de radiocomunicaciones para la tecnología óptica. Por ello, en las Recomendaciones se habla de frecuencias en la zona de 283 THz.

Anejo a este documento figura un resumen de los estudios técnicos y de explotación realizados hasta la fecha y Recomendaciones UIT-R relacionadas con esta cuestión (Anexo 1), así como un resumen de la documentación elaborada por el seno UIT-R hasta la fecha (Anexo 2).

# 2 Estudios anteriores sobre los enlaces ópticos en el espacio libre

Hasta ahora, se han realizado estudios tomando como base una Resolución de la CMR-07 relativa a los sistemas de comunicaciones ópticas en el espacio libre que funcionan en los sentidos Tierra‑espacio, espacio-Tierra y espacio-espacio para comunicaciones de larga distancia.

El propósito de dichos estudios era determinar si era necesario adaptar el Reglamento de Radiocomunicaciones, dado que la parte de espectro que estos enlaces utilizan cae fuera del actual Cuadro de atribución de bandas de frecuencias del Artículo 5 del RR. En la Resolución de la CMR‑07 se invitaba a estudiar ciertos aspectos de la compartición con otros servicios, una clara definición de los límites de las bandas y las medidas a considerar en el caso de que las atribuciones a diversos servicios del Reglamento de Radiocomunicaciones por encima de 3 000 GHz llegasen a considerarse viables. Se llevaron a cabo varios estudios y en la CMR-12 se determinó que no era necesario modificar el Reglamento de Radiocomunicaciones para acomodar estas aplicaciones.

# 3 Situación actual

Recientemente se han realizado demostraciones de la posibilidad de llevar a cabo comunicaciones de luz visible a velocidades de datos por encima de 10 Gbit/s con diodos emisores de luz (LED). Sin embargo, los diodos láser (LD) pueden considerarse una alternativa más prometedora que permite utilizar mejor el espectro de luz visible con fines de comunicación. En estos trabajos se investigan las capacidades de comunicación de los LD disponibles en el mercado en varios escenarios con restricciones de iluminación. Los resultados indican que se pueden alcanzar velocidades de datos de acceso inalámbrico óptico superiores a 100 Gbit/s con niveles de iluminación propios de interiores normales.

# 4 Propuesta

Europa observa que las «comunicaciones ópticas» funcionan en la parte no reglamentada del espectro de frecuencias y que por consiguiente no necesitan una atribución en el Reglamento de Radiocomunicaciones. Europa observa además que el tema de los nuevos usos posibles en banda ancha necesita seguir estudiándose en la UIT y, por lo tanto, propone que la Asamblea de Radiocomunicaciones adopte una nueva Cuestión UIT-R para estudiar las características de las comunicaciones de luz visible u ópticas para las comunicaciones en banda ancha.

proyecto de nueva cuestión UIT-R [EUR/VISIBLE LIGHT]

Características de la utilización de la luz visible para las   
comunicaciones en banda ancha

(2015)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

*a)* que el desarrollo tecnológico es un proceso permanente que además abre nuevas vías a la utilización del espectro;

*b)* que la utilización de la luz visible para las comunicaciones está siendo objeto de renovada atención;

*c)* que las comunicaciones de luz visible funcionan en una parte no reglamentada del espectro de frecuencias y que por tanto no necesitan una atribución en el Reglamento de Radiocomunicaciones;

*d)* que el tema de las posibilidades de los usos de banda ancha con luz visible necesita seguir estudiándose en la UIT,

decide poner a estudio las siguientes Cuestiones

1¿Cuáles son las características distintivas y las ganancias de eficiencia que comporta la utilización de la luz visible para las comunicaciones en banda ancha en términos de su utilización del espectro?

2 ¿Cuáles son los objetivos globales y las necesidades de los usuarios en cuanto al desarrollo de la comunicación a corta distancia en banda ancha en el espectro visible?

3 ¿Cuáles son las nuevas aplicaciones asociadas a la utilización de la luz visible para las comunicaciones en banda ancha?

4 ¿Cuáles son las características técnicas y de explotación necesarias para seguir desarrollando las comunicaciones de luz visible?

5 ¿Qué se puede aprender de las conclusiones de otros ámbitos, p .ej., la industria espacial y satelital, en lo que a comunicaciones ópticas se refiere?

decide también

1 que los resultados de estos estudios se incluyan en uno o varios Informes y/o Recomendaciones;

2 que los estudios mencionados se terminen antes de 2019.

AnexO 1

Análisis de los resultados de los estudios llevados a cabo en la UIT[[1]](#footnote-1)

A continuación se resumen las conclusiones pertinentes de los estudios finalizados.

El comportamiento de las estaciones terrenas que funcionan con satélites a frecuencias por encima de 30 THz viene fuertemente influenciado por la atmósfera. Las consideraciones de propagación incluyen la absorción atmosférica, la dispersión de Rayleigh y de Mie, la refracción y la turbulencia. Para evitar las pérdidas atmosféricas en la mayor medida posible, los emplazamientos óptimos de las estaciones terrenas se encuentran habitualmente a altitudes elevadas, normalmente al menos a 2 km por encima del nivel del mar. Además, es difícil mantener un enlace de comunicaciones ópticas con una estación terrena que funcione con un ángulo de elevación inferior a 40º debido a los efectos de la atmósfera en los ángulos más bajos.

La absorción atmosférica, la dispersión y la turbulencia también son consideraciones significativas para los enlaces ópticos en espacio libre. Estos sistemas pueden además funcionar con alguna degradación causada por la niebla, la lluvia y la nieve.

Los sistemas de comunicaciones ópticos en espacio libre que funcionan en los sentidos Tierra‑espacio, espacio-Tierra y espacio-espacio emplean haces muy estrechos. Los mayores campos de visión se utilizan entre vehículos espaciales no OSG durante el modo de adquisición pero aun así no abarcan más de 700 μrad (0,04º). Su campo de observación se reduce generalmente a unos 10 μrad (0,0006º) para las comunicaciones regulares. La energía no deseada recibida por los lóbulos laterales del diagrama de recepción de la antena puede despreciarse en el transcurso de los análisis de interferencia. Las anchuras de haz de transmisión típicas suelen ser del orden de 10 μrad.

En el futuro, al igual que las conexiones inalámbricas de banda ancha de fibra óptica, los enlaces ópticos en espacio libre serán un sistema prometedor para proporcionar redes con visibilidad directa punto a punto. Para aplicaciones terrenales, la divergencia del haz de la señal de transmisión y el campo de visión del receptor son normalmente de unos pocos radianes o menos. No obstante, en el caso de adquisición inicial del terminal objetivo, se emplea con frecuencia en las aplicaciones terrenales una combinación de radiobaliza de potencia más elevada con una divergencia del haz mayor y un sensor de adquisición sensible de amplio campo de visión, tal como un sensor de imagen CCD (dispositivo acoplado por carga). Los enlaces ópticos terrenales en espacio libre pueden instalarse en cualquier instante y en cualquier lugar. Ello se basa en la hipótesis actual de que no se necesita coordinación para evitar la interferencia entre enlaces explotados por distintos operadores. Teóricamente, puede aparecer interferencia entre enlaces ópticos en espacio libre. Sin embargo, esta interferencia nunca tendrá efectos perjudiciales a menos que dos enlaces funcionen en un entorno geográfico muy limitado.

Existen muchos telescopios en el mundo con la capacidad de realizar observaciones astronómicas en las bandas de los THz y el número de tales telescopios sigue creciendo. Aunque los «haces de antena» son individualmente estrechos, de manera que la probabilidad de un acoplamiento entre haces es baja, la mayoría de estos telescopios son de imágenes con un sistema de muchos píxeles en el foco, «observando» colectivamente un trozo del cielo que puede ser una fracción importante de una amplitud de un grado. Como los telescopios que realizan observaciones a frecuencias por encima de 100 THz están situados en emplazamientos aislados y a gran altitud, existen muy pocos lugares adecuados en el mundo y, en general, se encuentran muy alejados de las concentraciones de población (Mauna Kea, EE.UU., es posiblemente una excepción). Por consiguiente, es posible evitar la transmisión hacia esos lugares. Siempre que la separación espacial sea lo suficientemente grande, las ventanas de baja atenuación en la atmósfera pueden ser utilizadas tanto por los servicios pasivos como por los activos.

Los dispositivos de detección activos y pasivos que emplean el espectro por encima de 3 000 GHz ofrecen las características técnicas y operacionales más diversas de cualquier tecnología estudiada con sensibilidades y campos de visión que varían en órdenes de magnitud. Los sensores activos toman la forma de dispositivos de detección y localización por ondas luminosas (LIDAR) utilizados por aplicaciones del SETS (activo) y el MetAids terrenal. Las anchuras de haz y los campos de visión del receptor de las aplicaciones terrenales son más amplios que los de los sensores activos espaciales, pero normalmente no superan unos pocos mrad. Los sistemas terrenales de ayudas a la meteorología también realizan mediciones activas transmitiendo señales impulsivas desde una fuente fija. Las condiciones atmosféricas se determinan analizando las características de la señal recibida en el otro extremo del trayecto. Para minimizar los efectos de la energía procedente de otras fuentes, se incluyen filtros EMI (interferencia electromagnética) en los receptores de estos tipos de sistemas.

Los sistemas pasivos del SETS recopilan información relativa a las características de la Tierra y sus fenómenos naturales, incluidos los datos referentes al estado del medio ambiente. Los instrumentos que funcionan por encima de 3 000 GHz pueden estar presentes en aproximadamente la mitad de todos los vehículos espaciales del SETS. Se prevé que en un próximo futuro se lanzarán cada año aproximadamente uno de cada tres nuevos sistemas del SETS que emplean espectro por encima de 3 000 GHz y se instalarán temporalmente instrumentos adicionales en las lanzaderas espaciales y en la Estación Espacial Internacional. La mayoría de los sistemas del SETS utilizan órbitas de satélites no geoestacionarios y una parte significativa de estos sistemas se encuentran en órbitas heliosíncronas. Cada sistema del SETS tiene características técnicas y requisitos de misión únicos que influyen directamente en la sensibilidad del instrumento. Los requisitos de sensibilidad también variarán con la iluminación solar, el tipo de medición e incluso la antigüedad del instrumento. Por lo que se refiere a los dispositivos pasivos de ayuda a la meteorología, llevan a cabo mediciones tales como la detección del brillo solar y la luminancia del cielo. Ambos utilizan sensores que pueden estar expuestos directamente a la luz del sol.

En resumen, como los emisores utilizados en los enlaces en espacio libre en la gama casi‑infrarroja tienen anchuras de haz extremadamente estrechas y los emisores terrenales sólo pueden causar interferencia a distancias muy cortas, los casos de interferencia terrenal serán muy raros y se resolverán fácilmente de manera local. Además, la interferencia en los enlaces entre satélites también sería muy rara debido a las anchuras de haz dirigidas y estrechas y a la amplia geometría del espacio.

Hasta ahora no hay evidencia de que la interferencia entre sistemas ópticos en espacio libre constituya un problema. Las actuales Recomendaciones e Informes del UIT-R abordan de manera suficiente el tema de los enlaces ópticos en espacio libre. Además, no se han identificado posibles procedimientos para los enlaces ópticos en espacio libre.

Anexo 2

Resumen de los estudios técnicos y de explotación y  
Recomendaciones UIT-R pertinentes

UIT-R P.1621 – Datos de propagación para el diseño de sistemas Tierra-espacio que funcionan entre 20 THz y 375 THz

Esta Recomendación contiene datos de propagación relativos a la posible utilización del espectro entre 20 THz y 375 THz para comunicaciones en el espacio cercano y lejano de la Tierra.

En ella se recomienda que en la planificación de los sistemas Tierra-espacio se adopten los métodos de predicción de los parámetros de propagación que figuran en el Anexo a la Recomendación, de acuerdo con los correspondientes límites de validez allí indicados.

UIT-R P.1622 – Métodos de predicción requeridos para el diseño de sistemas Tierra-espacio que funcionan entre 20 THz y 375 THz

En esta Recomendación se presentan los métodos de predicción necesarios para la adecuada planificación de sistemas Tierra-espacio funcionando entre 20 THz y 375 THz para ciertas comunicaciones espaciales en el espacio cercano y lejano de la Tierra.

En ella se recomienda que en la planificación de los sistemas Tierra-espacio se utilicen los métodos de predicción de los parámetros de propagación que figuran en el Anexo a la Recomendación, de acuerdo con los correspondientes límites de validez allí indicados.

UIT-R S.1590 – Características técnicas y operacionales de los satélites que funcionan en la gama 20-375 THz

Esta Recomendación contiene información sobre las características técnicas y operacionales de los satélites que funcionan en la gama 20-375 THz.

En ella se recomienda que en los estudios de compartición entre satélites que funcionen en la banda de frecuencias de 20-375 THz se tengan en cuenta los parámetros técnicos y operativos presentados en el Anexo a la Recomendación.

UIT-R RA.1630 – Características técnicas y operacionales de los sistemas astronómicos  
situados en tierra para ser utilizadas en los estudios de compartición con servicios activos entre 10 THz y 1 000 THz

Esta Recomendación contiene información sobre las características técnicas y operacionales de las estaciones astronómicas situadas en tierra para ser utilizada en los estudios de compartición con servicios activos entre 10 THz y 1 000 THz.

En ella se recomienda que los astrónomos tengan en cuenta la posibilidad de interferencia procedente de los transmisores que funcionan entre 10 THz y 1 000 THz para la elección de los emplazamientos de los observatorios y el diseño de la instrumentación. Además se recomienda que los astrónomos faciliten a las Comisiones de Estudio del UIT-R correspondientes la oportuna información sobre los últimos avances tecnológicos relativos a las observaciones astronómicas desde tierra en las frecuencias indicadas y que los estudios de la interferencia en los sistemas astronómicos que funcionan en las bandas indicadas tengan en cuenta los parámetros técnicos y operacionales especificados en los Anexos a esta Recomendación.

UIT-R SA.1742 – Características técnicas y operativas de los sistemas interplanetarios y de espacio lejano que funcionan en el sentido espacio-Tierra en torno a 283 THz

En esta Recomendación se especifican los parámetros técnicos (frecuencias, enlace, características de las señales y los datos, parámetros de las antenas, etc.) y las características operativas de los sistemas interplanetarios y de espacio lejano que funcionan en el sentido espacio-Tierra en torno a 283 THz que podrían utilizarse en estudios de compartición.

UIT-R SA.1805 – Características técnicas y operativas de los sistemas de telecomunicaciones espacio-espacio que funcionan en torno a 354 THz y 366 THz

En esta Recomendación se especifican los parámetros técnicos (frecuencias, sentido de los enlaces, características de las señales y los datos, parámetros de las antenas, etc.) y las características operativas de los sistemas de telecomunicaciones que funcionan en el sentido espacio-espacio en torno a 354 THz y 366 THz, que podrían utilizarse en estudios de compartición.

UIT-R RS.1744 – Características técnicas y operativas de los sistemas de ayuda a la meteorología en tierra que funcionan en la gama de frecuencias 272-750 THz

En esta Recomendación se presentan las características operativas y técnicas de sistemas meteorológicos MetAids representativos que funcionan en la gama de frecuencias ópticas 272‑750 THz.

En ella se recomienda que los operadores de las ayudas a la meteorología que operan en la gama de frecuencias ópticas tengan en cuenta la posibilidad de interferencia de otros transmisores ópticos, al elegir la ubicación de los observatorios y al diseñar los sensores. Asimismo, que los estudios de la interferencia que afecta a los sistemas ópticos de ayuda a la meteorología y que éstos provocan, tengan en cuenta los parámetros técnicos y operativos que se presentan en el Anexo a esta Recomendación.

Otras Recomendaciones e Informes UIT-R pertinentes: Recomendaciones UIT-R P.1814, UIT-R P.1817 y UIT-R RS.1804, e Informes UIT-R F.2106 y UIT-R RA.2163

Se puede concluir que estos estudios no se refieren a la utilización de comunicaciones ópticas para las comunicaciones en banda ancha.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

1. Fuente: Informe de la RPC a la CMR-12 sobre el punto 1.6 del orden del día – parte del punto del orden del día relacionada con «considerar posibles procedimientos para los enlaces ópticos en el espacio libre, teniendo en cuenta los resultados de los estudios del UIT R, de conformidad con la Resolución 955 (CMR-07)». [↑](#footnote-ref-1)