



INFLUENCIA PLUVIOMÉTRICA SOBRE ENLACES ÓPTICOS NO GUIADOS RESPECTO A LA TASA DE TRANSMISIÓN

Luís G. Molero Suárez
Universidad Rafael Bellosó Chacín. Venezuela

RESUMEN

El propósito fundamental de esta investigación fue el estudio de la influencia pluviométrica sobre enlaces ópticos no guiados respecto a la tasa de transmisión, para lograr obtener como resultados, los índices en relación a la pérdida de datos producto de la exposición de este tipo de enlaces al fenómeno de lluvia con diferentes niveles de tasa de transmisión. La investigación según su tipo es de experimental y explicativa. La información fue recabada con la búsqueda de textos tales como Ferrer (2004), Couch (1997) entre otros, que sustentarán las teorías presentes para la influencia pluviométrica y los enlaces ópticos no guiados. Para esta investigación se realizó un sistema de hipótesis, por otra parte, se obtuvieron un total de diez muestras para nueve tasas de transmisión aplicando lluvia a un enlace óptico no guiado de potencia, longitud de onda y distancia constante, se tabularon los datos bajo un modelo de bloque completos al azar para posteriormente realizar un análisis estadístico que comprende el análisis de variancia, medias de Tukey y medias de rangos múltiples. Se estimó la ecuación de predicción para estimar la atenuación en función de la tasa de transmisión a los fines de predecir el nivel de atenuación sobre enlaces ópticos entre 110bps y 57200bps y de esta manera corroborar el sistema de hipótesis planteadas. Los resultados obtenidos cumplen con los objetivos propuestos previamente permitiendo analizar la influencia pluviométrica sobre los enlaces ópticos no guiados. Con estos resultados luego de la aplicación de tratamientos experimentales, se pudo concluir el grado de pérdida de datos producidos por el efecto pluviométrico en dichos enlaces en un promedio de alrededor de 1.0672 con respecto a enlaces sin la influencia pluviométrica, que sirva de punto de partida a un sin número de empresas diseminadas por toda Venezuela al momento de hacer uso de esta tecnología.

Palabras Claves: Influencia pluviométrica, Enlaces Ópticos no Guiados.

ABSTRACT

The purpose of this investigation is the pluvial influence on optic connections not guided respect the transmission rate, to be able to obtain as results, the indexes in relation to the loss of data product of the exhibition of this type of connections to the rain phenomenon with different levels of transmission rate.



The investigation according to its type is experimental and explanatory. The information was searched with the search of such texts as Ferrer (2004), Couch (1997) among other that sustained the present theories for the pluvial influence and the optic not guided connections. For this investigation a hypothesis system was formulated, on the other hand, a total of ten samples were obtained for nine transmission rates applying rain to an optic not guided connection of power, wave longitude and constant distance, the data were tabulated at random under a complete block model on to carry out a statistical analysis that understands the variancia analysis, stockings of Tukey and stockings of multiple ranges. It was estimated the prediction equation to estimate the attenuation in function from the transmission rate to the ends of predicting the attenuation level on optic connections between 110bps and 57200bps and this way to corroborate the system of outlined hypothesis. The obtained results fulfill the objectives proposed allowing analyzing the pluvial influence on the optic not guided connections. With these results after the application of experimental treatments, it could conclude the grade of lost of data taken place by the pluvial effect in this connections in an average of around 1.0672 with respect to connections without the pluvial influence that serves from starting point to a without I number of companies disseminated by all Venezuela to the moment to make use of this technology.

Key words: It influences pluvial, Optic Connections not Guided.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los grandes corporativos buscan estrategias que les permitan integrar sus diferentes tecnologías de red en una sola infraestructura. En otras palabras, exploran la posibilidad de la convergencia: incluir en una sola infraestructura sus redes de datos, voz y video.

Hablar de convergencia es hablar de movilidad total y, hoy por hoy, es una realidad. Gracias al avance de la tecnología, hoy es posible que toda clase de información trátase de datos, voz, audio o video sea digitalizada y enviada por diversos canales o, bien, recibida a través de cualquier dispositivo, en cualquier sitio, a cualquier hora y en cualquier lugar.

Tal vez el campo donde la convergencia es más notoria es en el de las telecomunicaciones. En los últimos 10 años, la mayoría de las innovaciones tecnológicas se han desarrollado alrededor de redes, tal vez por su rápido crecimiento. Esto incluye tecnología Web, video, telefonía IP (ToIP), mecanismos de transporte de alta velocidad e inteligencia adicional para trabajar con las nuevas aplicaciones de misión crítica sensibles a retrasos,



los cuales son cada día más frecuentes en las empresas; todo esto compartiendo una sola red de datos.

En los últimos años las redes inalámbricas han ganado muchos adeptos y popularidad en mercados verticales tales como hospitales, fábricas, bodegas, tiendas y áreas académicas, entre otros. Las redes inalámbricas permiten a los usuarios acceder información y recursos en tiempo real sin necesidad de estar físicamente en un sólo lugar.

Con redes inalámbricas la red por sí misma es móvil y elimina la necesidad de usar cables y establece nuevas aplicaciones añadiendo flexibilidad a la red y lo más importante incrementa la productividad y eficiencia en las actividades diarias de la empresa. Un usuario dentro de una red inalámbrica puede transmitir y recibir voz, datos y video dentro de edificios, entre edificios o campus universitarios e inclusive sobre áreas metropolitanas a altas velocidades.

Una de las tecnologías más prometedoras y discutidas en esta década es la de poder comunicar computadoras mediante tecnología inalámbrica. La conexión de computadoras mediante láser o luz infrarroja, actualmente está siendo ampliamente investigada. Las redes inalámbricas facilitan la operación en lugares donde la computadora no puede permanecer en un sólo lugar, como en almacenes o en oficinas que se encuentren en varios pisos

La posibilidad de que una persona pueda recibir información desde un sitio remoto sin necesidad de estar limitado por un enlace alámbrico es fenomenal. Sin embargo, esta recepción algunas veces se ve afectada por fenómenos atmosféricos como la lluvia, reconocida como una de las principales causas que alteran la propagación de la energía electromagnética interrumpiendo la transmisión.

En busca de una solución a esta problemática, investigadores del mundo estudian el fenómeno apoyándose en modelos estadísticos de lluvia que permiten conocer el efecto de ésta en las comunicaciones. Los modelos se basan en análisis meteorológicos, climáticos, así como también en experimentos donde se pone particular atención al tipo de perturbaciones que este efecto produce sobre las comunicaciones inalámbricas.

Es por ello, que la presente investigación, pretende demostrar bajo el enfoque experimental, las perturbaciones que las redes inalámbricas basadas en láser e infrarrojo, es decir, medios físicos no guiados presentan bajo este tipo de influencias pluviométricas respecto a la tasa de transmisión,



haciendo uso de mediciones en tiempo real que identifiquen el problema a los fines de perfeccionar técnicas   modelos de comunicación inalámbricas de este tipo en futuras investigaciones, que minimicen los daños que este tipo de perturbación causa sobre estos medios.

Asimismo, cumpliendo con los requisitos metodológicos y de contenido, la investigación se encuentra estructurada de la siguiente manera:

El capítulo I, presenta el planteamiento, los objetivos, la justificación y la delimitación del problema.

En el capítulo II, se describen los antecedentes de la investigación, las bases teóricas sobre las que se fundamenta y el sistema de variables.

A lo largo del capítulo III, se completa el tipo y diseño de la investigación, los procedimientos, metodología aplicada, instrumentos y equipos y el análisis estadístico.

El capítulo IV, muestra el análisis de los resultados de haber aplicado la metodología.

Una vez desarrollado los capítulos anteriores, se plantea las conclusiones y recomendaciones a las cuales se ha llegado con esta investigación. En las referencias bibliográficas se detallaron las fuentes informativas que sustentan este estudio.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad y desde siempre, el hombre ha consagrado importantes esfuerzos en la búsqueda de nuevas técnicas y tecnologías en pro de facilitar y agilizar la ejecución de sus actividades, desde las más sencillas hasta las más complejas. Por ello se evidencia, que el hombre por medio de la tecnología, ha alcanzado conquistar importantes batallas una vez aplicada ésta en las empresas, centros trabajo, hogares y en general en casi todos los espacios afines del que hacer diario. Señalando particularmente aquellos cuyo propósito es solucionar paradigmas que hasta hace unos años era parcialmente difíciles de solventar, para lograr al máximo el ahorro de tiempo, esfuerzo y dinero a los fines de hacerse efectivo, eficiente y pertinente.

Se indica asimismo, que con la evolución de la electrónica y la explosión originada por el prodigio de las telecomunicaciones, su dominio se ha incrementado en dimensiones que ha logrado superar muchas incógnitas



relacionadas con las limitaciones que hasta hace dos décadas (1.980) representaba la comunicación entre las personas alrededor del mundo.

Sin embargo, llama la atención el hecho de que a pesar de todos estos avances tecnológicos el hombre no ha cesado su interminable búsqueda por seguir evolucionando y simplificando tecnologías para el que hacer diario.

De lo anterior se desprende, la posibilidad de que una persona pueda ver un canal de televisión cuya transmisión se origina en otra parte del mundo, comunicarse telefónicamente desde el automóvil, o bien recibir mensajes en un radiolocalizador, todo esto es posible por la acción de las telecomunicaciones, que permiten desplazar las señales por medio de ondas electromagnéticas.

Es por ello que el uso de las telecomunicaciones se ha ramificado y diversificado dada la magnitud de su alcance. Ya no sólo es utilizada como una herramienta para la comunicación y el tráfico de información, sino también se ha convertido en un elemento de gran importancia fundamental para el comercio mundial, el cual hace uso de las telecomunicaciones como plataforma para la ejecución de sus actividades y como elemento irremplazable en la expansión de sus negocios, haciendo uso de tecnologías tales como los medios ópticos no guiados.

Ésta última actualmente ocupa una notable posición dentro del ámbito telecomunicacional en las industrias, negocios y organizaciones, cadenas televisivas manteniendo comunicada por medio de diversos servicios, de una manera sencilla, económica y eficiente facilitando así de ésta forma la ejecución de operaciones, actividades y funciones de las mismas. Razón por la cual, en la medida que la tecnología avanza, los sistemas de enlace ópticos no guiados van evolucionando integrando así una serie de elementos, lo cual se traduce como el medio de comunicación para el intercambio de servicios tales como datos, voz, imagen, entre otros, en actividades de tipo comercial y organizacional a nivel mundial con el propósito de poder brindar un mejor servicio a las organizaciones.

Con relación a este aspecto se indica que, el esquema presentado sobre los medios ópticos no guiados esgrimiendo la influencia pluviométrica sobre los mismos respecto a la tasa de transmisión, refleja una problemática existente en este tipo de enlaces por el llamado efecto lluvia.

Actualmente, este fenómeno denominado efecto pluviométrico ó efecto lluvia causa pérdida en las señales transmitidas a diferentes tasa de transmisión de forma inalámbrica, es decir, bajo el uso de enlaces ópticos no



guiados, originando pérdida de datos que conllevan a la retransmisión de los mismos y por tanto, a un menor rendimiento y productividad de dichos enlaces, es por ello que se hace necesario estudiar dicha influencia para determinar el daño que este efecto produce directamente sobre los enlaces ópticos no guiado a los fines de diseñar novedosas herramientas que contrarresten dicho efecto.

En tal sentido, afirma Sosa 1999, que debido a las fallas que este fenómeno atmosférico puede causar en las telecomunicaciones, se hace necesario realizar un análisis de precipitación para predecir sus efectos en dichos enlaces a fin de disminuir las posibilidades de falla en la transmisión de señales.

En el caso específico de esta investigación, se pretende mediante el enfoque experimental, evaluar los efectos de forma precisa y en tiempo real que este tipo de perturbaciones causa sobre los enlaces ópticos no guiados tales como el láser e infrarrojo, cuyo uso en los actuales momentos es sumamente flexible y aplicable a casi todas las implementaciones de redes en el mercado actual.

Asimismo, tiene como objetivo primordial, experimentar sobre las bases de las comunicaciones de voz y datos, mismos que presentan problemas relacionados con el efecto pluviométrico que se ha incrementado en los últimos años, trayendo como consecuencia la caída de dichos enlaces así como también altas tasas de error provenientes de una alta atenuación de la señal, por períodos algunas veces prolongados, que conlleva a la pérdida de información y a la no comunicación entre usuarios.

Es por ello, que es ineludible el estudio científico experimental de la influencia pluviométrica sobre los enlaces no guiados láser e infrarrojo respecto a la tasa de transmisión, a los fines de perfeccionar técnicas ó modelos de comunicación inalámbricas de este tipo en futuras investigaciones, que permitan minimizar los daños que este fenómeno causa sobre estos medios.

Este estudio además de proporcionar información precisa acerca de las razones por las cuales este fenómeno atmosférico afecta los espacios pertinentes a las comunicaciones basadas en enlaces ópticos no guiados láser e infrarrojo, respecto a la tasa de transmisión, debe servir de punto de partida a sucesivas investigaciones pertinentes a estos tipos de enlace, al tiempo de poder brindar un mejor servicio de comunicación al usuario final.



ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Para el desarrollo de esta investigación se hizo ineludible la revisión teórica de diversos trabajos de investigación y artículos, los cuales permitieron examinar los resultados de dichos estudios realizados con anterioridad referentes al tema planteado, a fin de formar similitudes y diferencias entre ellos. A continuación se presenta los trabajos de investigación consultados.

Según Vielma, (2003) en su trabajo especial de grado, factores atmosféricos que afectan la tecnología óptica de espacio libre, se planteó como propósito fundamental el análisis de los factores atmosféricos que perturban la tecnología óptica de espacio libre, para lograr establecer una gama de productos adecuados dentro de un despliegue de soluciones que ofrecen diversos fabricantes de sistemas de enlaces ópticos de espacio libre.

La investigación según la estrategia aplicada es de tipo documental, y de acuerdo con su diseño no experimental. Para la recolección de datos se realizaron entrevistas no estructuradas a algunos fabricantes de productos de enlaces ópticos de espacio libre y a expertos en la materia. La información que sirvió de base teórica, fue obtenida a través de Internet, entrevistas electrónicas, conclusiones de experimentos en pruebas de rendimiento realizadas por expertos, documentos de estudio de leyes físicas y astronomía y documentación básica de la tecnología como tal.

Los resultados derivados en la descrita investigación suplen sus objetivos planteados preliminarmente permitiendo analizar cabalmente la solución que provee el fabricante frente a ciertos escenarios atmosféricos especiales.

Asimismo, en concordancia con los juicios establecidos en la presente investigación, el trabajo de grado factores atmosféricos que afectan la tecnología óptica de espacio libre, enfatiza de manera significativa la influencia que los elementos atmosféricos pueden tener sobre dichos enlaces ópticos de espacio libre, además de resaltar las peculiaridades que cada producto posee en contrapeso con dichas variables.

De igual forma, Amaya (2002) en su trabajo de investigación, sistema óptico inalámbrico (Optical Wireless) como enlace de última milla, cuyo propósito fue realizar un estudio de la tecnología óptica inalámbrica (Optical Wireless) para utilizarla como enlace de última milla en la integración de los servicios de voz, data y videoconferencia y enlazar oficinas de atención al público de la empresa ENELVEN.



Se comprobó las ventajas que esta tecnología presenta y su bajo costo de implantación. La investigación en cuestión es de tipo aplicada, ya que presenta como objetivo principal resolver un problema en un período de tiempo corto.

De acuerdo con la estrategia de recolección de información, se considera una investigación documental de campo ya que se elaboró basándose en revistas bibliográficas y estudios hechos sobre este particular, así como también se realizó un estudio sistemático, metódico y racional de recolección, comprobación, análisis e interpretación de datos producto del contacto directo con evento o proceso de la realidad en sus condiciones naturales. El instrumento utilizado para la recolección de datos fue el cuestionario.

Finalmente, la implementación de una metodología de trabajo bien estructurada sirve de base para la correcta ejecución de la investigación y orientar a la aplicación del conjunto de herramientas y métodos más adecuados para la consecución exitosa de los propósitos iniciales, y en cuanto al análisis de la investigación se llevó a cabo la búsqueda mediante texto, manuales e Internet que facilitó el estudio y comprensión de los objetivos planteados.

Por último, la implantación del sistema óptico inalámbrico como enlace de ultima milla en las oficinas de atención al público garantizará la continuidad de los servicios de telecomunicaciones.

Asimismo, para los efectos de la presente investigación es preciso mencionar la funcionalidad que los enlaces ópticos no guiados prestan en la actualidad, como lo expuesto en el estudio de Amaya (2002), y por tanto es de carácter especial para el presente estudio determinar los factores que perturban el buen funcionamiento de dichos enlaces a los fines de poder mejorar su calidad y proveer aun mas de este tipo de soluciones en el ámbito comunicacional.

Según Ferrer (2004), en su trabajo de investigación, análisis de las tecnologías de acceso inalámbrico FSO y LMDS, se planteó como propósito fundamental, el análisis de ambas tecnologías de acceso inalámbrico FSO y LMDS para lograr establecer una matriz de opinión sobre ambas tecnologías y determinar así las características principales de las mismas.

Asimismo, en su investigación fue desplegada importante información proveniente de documentos electrónicos, Internet, conclusiones de expertos y otros, que establecen claramente el rendimiento de dicha tecnología ante perturbaciones de tipo naturales, sentando las bases para la creación de una



matriz de opinión hacia la posible selección de dichas tecnologías ante una necesidad y clima específico.

Su investigación fue del tipo de campo y descriptiva, esta última debido a que se orienta a recolectar informaciones relacionadas con el estado real de las personas, objetos, situaciones   fenómenos, tal y como se presentaron en el momento de la recolección. Para recopilar los datos se utilizó un cuestionario de preguntas abiertas y cerradas a algunos expertos en el área de las telecomunicaciones.

Los resultados generados por su investigación, satisfacen los planteados en su inicio permitiendo con esto crear una matriz de selección de tecnologías.

Es de interés para el presente estudio, establecer los lineamientos teóricos y prácticos presentes en investigaciones como la de Ferrer (2004) que enfatizan la funcionalidad de los enlaces ópticos no guiados ante situaciones de perturbación por fenómenos naturales y el análisis de los mismos al momento de su instalación. Es por ello, que dichos estudios permitirán crear un marco a investigaciones en el campo científico-experimental que evalúen las posibles consecuencias de estos anómalos naturales sobre las telecomunicaciones inalámbricas a los fines de proveer información que sirva de base para el desarrollo de nuevas tecnologías que contrarresten dichas perturbaciones.

METODOLOGÍA APLICADA

La metodología utilizada para la evolución de la presente investigación se esbozó considerando aspectos relevantes mediante los cuales sería posible alcanzar el objetivo principal de la misma, el cual es la influencia pluviométrica sobre enlaces ópticos no guiados respecto a la tasa de transmisión, este diseño propio surge por la no existencia de uno que se ajuste a las necesidades y requerimientos del tema de estudio, quedando conformado por cuatro fases, las cuales son:

Fase I: Diseño e implementación de herramientas experimentales; en esta fase se plantearon las herramientas necesarias para cumplir con los requerimientos de la fase experimental, divididas en cuatro sub fases: a) diseño del microsimulador de lluvia, b) diseño de cables de transmisión de datos c) desarrollo de la aplicación para controlar la transmisión de los datos y análisis de los resultados y d) prueba del modulo de transmisión FSO.



Fase II: Ejecución experimental; se procedió mediante el uso de las herramientas experimentales a la manipulación de las variables objeto de estudio: Influencia pluviométrica y enlaces ópticos no guiados.

Fase III: Análisis de los datos; luego de la recopilación de la información resultante de la transmisión de los datos bajo la influencia pluviométrica, se procedió a analizar dichos resultados.

Fase IV: Evaluación de Hipótesis; finalmente luego del análisis de los resultados se procedió a evaluar el sistema de hipótesis planteado en la presente investigación a los fines de satisfacer los objetivos proyectados de la misma.

DISCUSION DE LOS RESULTADOS

Después de haber practicado un análisis a los resultados provistos por la fase experimental, se obtiene que los enlace ópticos no guiados frente a perturbaciones ambientales como la lluvia, disminuye su capacidad de transmisión en función del aumento de la tasa de bits de error conocido como atenuación, característica particular la cual se explicará a continuación en apoyo de los objetivos de la presente investigación.

Para determinar el desempeño de los enlaces ópticos no guiados frente a perturbaciones producidas por el fenómeno lluvia, fue preponderante tomar en consideración el conocer el comportamiento de dichos enlaces en un ambiente libre de perturbaciones.

Para ello fue sin duda necesario, estudiar los postulados matemáticos a los que hace referencia Couch (1997), donde se efectúa la detección no coherente de señales pasabanda binarias, en el que se realizan diversos cálculos del BER sobre señales OOK más ruido gaussiano que resultaron muy útiles a la presente investigación, donde se reflejó claramente que en un ambiente libre de perturbaciones los valores correspondientes del BER son iguales a cero.

No obstante, de acuerdo a diversas investigaciones previas sobre el comportamiento de los FSO, se pudo identificar que existe un número reducido de agentes perturbadores en el aire denominados coeficientes de atenuación que pueden producir una reducción en el rendimiento de dichos enlaces ópticos cuando estos se encuentran en grandes concentraciones, tal es el caso del fenómeno lluvia.



De acuerdo con lo expuesto por Ferrer (2004), las gotas pequeñas de agua pueden modificar las características de la luz e incluso impedir el paso de la misma, usando una combinación de absorción, dispersión y reflexión.

Finalmente, se pudo constatar en la fase experimental que al simular una lluvia constante con un promedio no superior a los 25 mm/h sobre un enlace óptico no guiado de aproximadamente 1.50mts de distancia produce un efectos perturbador en las señale ópticas y por tanto atenúa la señal aumentando la tasa de bit de error en dicho enlace, incrementándose aun más sobre tasas de bit superiores.

Posterior a la fase experimental, se calculó el BER de acuerdo a los datos obtenidos en función de los errores de transmisión en la diez muestras practicadas sobre tasas de transmisión que van desde los 110bps hasta los 57600bps, pudiendo constatar que existe diferencia altamente significativa entre los enlaces ópticos no guiados bajo la presencia de lluvia con respecto a los enlaces ópticos no guiados sin la presencia de lluvia.

En esta etapa de la investigación, se hizo el análisis de la variancia para un modelo de bloques completos al azar, la prueba de medias de Tukey y la prueba de medias de múltiples rangos, donde se pudo constatar el grado de atenuación para ambos bloques, dejando al descubierto, que estos índices de atenuación son superiores en enlaces ópticos con perturbaciones pluviométricas.

Es de hacer notar, que en las pruebas antes mencionadas, haciendo énfasis sobre la prueba de medias de Tukey se puede inferir, que el promedio resultante de dicha evaluación con respecto a un enlace óptico no guiado bajo la influencia pluviométrica esta muy por encima del promedio para el mismo enlace sin perturbaciones lo que demuestra que existe diferencias significativas entre ambos, por tanto, deben desarrollarse tecnologías que permitan el buen funcionamiento de dichos enlaces ópticos no guiados bajo condiciones climáticas adversas.

Otro aspecto importante para la presente investigación, consistía en evaluar diferentes modelos para determinar la ecuación de predicción para estimar la tasa de error en función de la tasa de transmisión con características similares de perturbación.

Esta conclusión guió a la investigación para el hallar la estimación de la curva y de esta manera poder encontrar una ecuación de linealidad más acorde para el presente estudio, dando como resultado que dicho modelo fuese la ecuación de potencia, debido a que esta ofrece mayor linealidad con



respecto a los ocho modelos restantes. Esta ecuación, permitirá estimar una tasa de error, es decir, atenuación, de acuerdo a la tasa de transmisión para un enlace óptico no guiado con perturbaciones pluviométricas.

Adicionalmente a los valores resultantes en el cálculo anteriores, se efectuó el cálculo del BER como se describe en las bases teóricas de la investigación sobre un enlace óptico libre de perturbación donde se pudo constatar que dichos enlaces ópticos funcionan con un margen de error en la transmisión de datos igual a cero al no estar bajo la influencia de ningún tipo de perturbación externa.

Por otra parte, de acuerdo con los datos obtenidos en la fase de análisis de los resultados y en concordancia con la información reflejada en las bases teóricas de la investigación, se puede concluir que alternativas como aumento de la potencia de salida y el margen de conexión pueden mejorar el rendimiento ante condiciones climáticas adversas.

Esto viene dado, debido a que al tener más potencia de salida, se tendrá más poder para penetrar en la atmósfera y lograr tener un mayor rango de alcance. En el caso de una distancia corta, tener más potencia de salida significa incrementar la fiabilidad del enlace, ya que puede manejar mejor las condiciones climáticas adversas, como la niebla densa y la lluvia por ejemplo.

En el caso específico del parámetro “margen de conexión” (link margin), también llamado margen de desvanecimiento de la señal, tal vez sea el parámetro más crítico. Básicamente, este podría definirse como la cantidad de luz “sobrante” recibida por un terminal del enlace, la cual será requerida en ciertas situaciones para mantener el enlace activo.

La característica principal del margen de conexión, es la de mantener un valor (medido en decibeles relativos a milivatios, dbm) por encima del deseado para lograr una transmisión libre de errores, es decir, sin atenuación, para que en el momento que se produzcan perturbaciones que puedan atenuar la señal esta pueda soportar dicha pérdida sin dejar de mantenerse activo.

CONCLUSIONES

Los enlaces ópticos no guiados son un gran aliado en lo que se refiere a infraestructuras de Telecomunicaciones, es por ello que es imprescindible ofrecer un mejor producto que satisfaga las necesidades de cada particular.



El propósito de la presente investigación, fue servir de soporte para mejorar la calidad y el rendimiento de dichos productos en base a las evidencias de fallas con respecto al medio donde se desenvuelven.

Asimismo este estudio, destacó las funcionalidades de los dispositivos FSO en presencia de perturbaciones de carácter ambiental como lo es la influencia pluviométrica, contrastando los basamentos teóricos sobre el cálculo de la tasa de bit de error con los resultados experimentales de la transmisión de datos ante la presencia de lluvia.

Para desarrollar lo antes expuesto, se indagó acerca de la descripción de los fundamentos telemáticos necesarios para llevar a cabo las transferencias de datos bajo un enlace óptico, seguidamente se hizo imperativo seleccionar un modelo idóneo de simulación de agua que pudiese controlar las dimensiones de las gotas de lluvia y su intensidad todo esto para poder controlar un escenario muy particular para desarrollar la investigación. Así mismo fue necesario explicar detalladamente las posibles causas de atenuación pluviométrica y otros factores ambientales que mitigan las señales a los fines de constatar que no sólo la lluvia es un efecto importante sino que otros sucesos ambientales como la niebla, sol, entre otros deben ser atacados en profundidad para darle pronta solución a esta tecnología vanguardista.

Seguidamente, mediante el análisis de los datos pertinentes a la fase experimental, se pudo determinar los diferentes índices de error en las diferentes tasas de transmisión a los fines de poder proporcionar a futuras investigaciones información vital a la hora de desarrollar propuestas que permitan disminuir estas tasas de error a niveles más cercanos a cero.

Por otra parte, se realizó el análisis de la variancia así como también la prueba de mediana de Tukey y la prueba de medias de múltiple rango donde se pudo comprobar que existe diferencias significativas entre enlaces ópticos de espacio libre bajo la presencia de altos índices pluviométricos en contraste con los mismos enlaces sin la influencia de la lluvia, lo que destaca el grado de perturbación que dicho fenómeno acarrea sobre este tipo de enlaces.

Finalmente, se pudo determinar mediante la estimación de la curva un modelo de linealidad que permite mediante una ecuación de predicción, estimar la tasa de error en función de la tasa de transmisión para enlaces ópticos no guiados bajo perturbaciones de tipo pluviométrica. Esta ecuación de predicción, ofrece innumerables ventajas a la hora de implementar enlaces ópticos en lugares donde es predominante el índice de pluviométrico



y permite la toma de dediciones con respecto a la adquisición de dicha tecnología.

Es importante para la presente investigación, enfatizar la importancia que este estudio tiene para el desarrollo de nuevas tecnologías referentes al diseño de nuevos enlaces ópticos, a los fines de poder servir de punto partida para el desarrollo de nuevos esquemas que mejoren los problemas que el fenómeno natural de lluvia trae consigo y que atenta permanentemente con el buen desempeño de dicha herramienta comunicacional.

Se pudo determinar que en enlaces inferiores a los 19200 la tasa de bit de error se mantuvo en niveles que permitían la transmisión de datos con una gran calidad, lo que le permite concluir a la investigación que nuevos diseños de dispositivos de enlaces ópticos no guiados con incrementos de potencia ó aumento en el margen de conexión, entre otros, podría mejorar aun más el rendimiento de dicha tecnología.

RECOMENDACIONES

Luego de planteadas las conclusiones sobre la investigación se esbozan las siguientes recomendaciones.

Al área tecnológica, para la implementación de nuevas técnicas que permitan mejorar los sistemas ópticos de espacio libre en función de contrarrestar los efectos que los fenómenos ambientales producen sobre dichos enlaces para garantizar una alta tasa de envío con poca atenuación.

A la universidad definir líneas de investigación en el área de pregrado y postgrado conformada por equipos de profesionales con capacidades en las distintas áreas de las ciencias Telemáticas, los cuales sirvan de punto de partida y apoyo al momento de seleccionar un tema de estudio. Hay que recordar que en los estudios de postgrado es donde se definen las bases de los métodos investigativos y surgen elementos del saber.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aldibbiat, N., Z. Ghassemilloy and McLaughlin, (2004) R. Multipath dispersion in optical wireless network Employing dh-pim.
<http://www.shu.ac.uk/belarus.pdf>

Amaya, A. (2002). Sistema Óptico Inalámbrico (Opticall Wireless) como enlace de Ultima Mila. Universidad Dr. Rafael Belloso Chacín.



Carlson, Robert y Paciorek, Slawomit (2001). Environmental qualification and field test results for the Sonbeam 155 and 622.
<http://www.systemsupportolutions.com/datasheets/techqual-tet.pdf>.

Chavez Nilda (1991). Introducción a la Metodología Educativa.

Chavarri, Eduardo (2004) Curso: Hidrología Aplicada. Universidad Nacional Agraria La Molina – Facultad de Ingeniería Agrícola.
http://www.rincondelvago.com/clase_v_precipitacion_def.

Clark, Gerald. Willebranb, Heinz. Achour, Maha. (2001) Hybrid Free Space Optical / Microway Communication Networks: A Unique Solution For Ultra High-Speed Local Loop Connectivity.
<http://www.lightpointe.com/whitepapers.htm>

Couch, L. (1997) Sistemas de Comunicación Digitales y Analógicos. México. Editorial: Prentice Hall.

Davis, Christopher C., Smolyaninov, Igor and Milner, Stuart D. (2003) Flexible Optical Wireless Link and Networks.
<http://www.comsoc.org/livepubs/c1/public/2003/mar/current.htm>

Espitia Hurtado y Reyes Pinilla (2001). Sistemas de transmisión de datos vía láser como solución de ultima milla. Universidad Pontificia Javeriana de Bogotá.

Ferrer, Gustavo. (2004). Análisis de las tecnologías de acceso inalámbrico FSO y LMDS. Universidad Dr. Rafael Belloso Chacín.

González, P. (2003). "Prototipo de sistema de supervisión remoto inalámbrico de un proceso corrosivo", Universidad Dr. Rafael Belloso Chacín.

Graves, J. Elon. Drenker, Steve. (2002). Eliminating optical distortions to improve free-space-optic communication has astronomical origins:
<http://www.lw.pennet.com/articles/>

Heatley. David J. (1999) Optical Wireless: The story so far.
<http://www.comm.toronto.edu/woc/research/industrial.htm>

Hernández, Fernández y Baptista (1997). Metodología de la Investigación. México. Editorial: McGrawHill Interamericana



- Hernández, Fernández y Baptista (2003). Metodología de la Investigación. México. Editorial: McGrawHill Interamericana.
- Hernández, Fernández y Baptista (1998). Metodología de la Investigación. México. (2da Edición). Editorial: McGrawHill Interamericana
- Kim, McArthur y Korevaar (2001), Atmospheric Propagation Characteristics fo Highest Importance to Commercial Free Space Optic. <http://www.mrv.com>
- Kim, McArthur y Korevaar (2002). Availability of Free Space Optics (FSO) and hybrid FSO/RF systems. <http://www.mrv.com>
- Kim, McArthur y Korevaar (2001). Comparison of laser beam propagation at 785 nm and 1550 nm in fog and haze for optical wireless communications. <http://www.mrv.com>
- Kim, McArthur y Korevaar (2002). Debunking the recurring myth of a magic wavelength for free-space optics. <http://www.mrv.com>
- Méndez I. Lineamientos Generales para la planeación de Experimentos. Monografía No. 15, Vol. 15 IIMAS. 1980.
- Messer, Chuck (2002). Comparison of Outdoor and Indoor Deployment of Free Space Optics (FSO) Systems. <http://www.aoptix.com>
- Murphy, Ian. (2002). Free-space lasers solve the las-mile bottleneck. <http://optics.org/articles/ole/6/3/3/1>
- Norbury JR. Gibbins, CJ. And Matherson, DN. (2003). A Study into the Theoretical Appraisal of the Highest Usable Frequencies. <http://www.radio.gov.uk/topics/research/topics/propagation/frequency.pdf>
- Primera, Richard. (2004). Modelo matemático para transmisiones holográficas tridimensionales. Universidad Dr. Rafael Belloso Chacín.
- Rockwell, David. (2001). Optical gain and lasers. <http://www.freespace-optics.org/resources.php>
- Reyes, Marcos. (2002). Óptica Adaptativa. <http://www.caosciencia.com/>



Sandoval, Daniel. (2002). Evaluación del Rendimiento de las tecnologías WLL y LMDS para su aplicación en el Área Metropolitana de Maracaibo. Universidad Dr. Rafael Belloso Chacín.

Vinacua (2002). Análisis Estadístico con SPSS para Windows. Editorial: McGrawHill Interamericana.

Derechos de Autor © Este artículo es propiedad intelectual del **Ing. Luis Molero**. Se prohíbe su reproducción sin el debido crédito a su autor. Si se reproduce, debe mantenerse esta notificación de propiedad intelectual.