

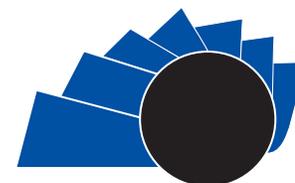


UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Visión Electrónica

Más que un estado sólido

<https://doi.org/10.14483/issn.2248-4728>



VISION ELECTRONICA
A Research Vision

Clasificación de parámetros y criterios al ensamblar la ráfaga

Classification of parameters and criteria when assembling the burst

Neil Andrés Jiménez-Pinzón¹, José Giovanni López-Perafán²

INFORMACIÓN DEL ARTICULO

Historia del artículo
Enviado: 14/05/2019
Recibido: 12/06/2019
Aceptado: 02/10/2019

Palabras clave:

Conmutación óptica de ráfagas,
Ensamble,
Redes ópticas,
Probabilidad de bloqueo,
Retardo extremo a extremo

Keywords:

Optical burst switching,
Assemble,
Optical networks,
Blocking probability, end to
end delay.

RESUMEN

Este artículo presenta una clasificación de algunos de los algoritmos o mecanismos para ensamblar la ráfaga de datos existentes en la literatura científica de las redes de conmutación óptica de ráfagas, basándose en los diferentes parámetros y criterios que inciden en el proceso de ensamblaje. Resaltando, que dicha clasificación es el resultado de la etapa de revisión del estado del arte en el trabajo de grado titulado "Algoritmo Adaptativo basado en la Lógica Difusa y PSO para el Ensamble de Ráfagas en una red OBS Distribuida", a nivel de maestría. La forma en que se ensambla la ráfaga es de gran importancia ya que es el proceso que gestiona la carga de tráfico entrante a una red y de esta manera gestiona el desempeño de toda la red.

En algunos casos, el desempeño es analizado en cuanto a la probabilidad de bloqueo y en el retardo de extremo a extremo de las ráfagas transmitidas, entre otros parámetros. Los resultados ayudaran a los nuevos investigadores, interesados en las redes ópticas y más en el proceso de ensamblaje, tener una introducción general de las redes de conmutación óptica, conocer y diferenciar los parámetros y criterios que inciden a la hora de ensamblar una ráfaga de datos, señalando algunas de las combinaciones que se han aplicado en otros trabajos. Además, poder identificar algunos de los problemas potenciales abiertos en este tema.

ABSTRACT:

This article presents a classification of some of the algorithms or mechanisms for assembling burst of data existing in the scientific literature of the networks switching optical of burst, based on the different parameters and criteria that affect of assembly process. Marking out, that this classification is the result of the revision stage of the "state of the art" in the degree work entitled "Adaptive Algorithm based on fuzzy logic and PSO for the assembly of bursts in a distributed network of OBS", at level master's degree. The way in which the burst is assembled is of great importance, since it is the process manage's the loading of incoming traffic to a network and in this way manages the performance of the entire network.

In some cases, the performance is analyzed in terms of the probability of blockage and in the end-to-end delay of the transmitted bursts, among other parameters. The results will help new researchers, interested in the optical networks and more in the process of assembly, have a synthesis of the basic concepts of optical switching networks, know and differentiate the parameters and criteria that affect when assembling a burst of data, pointing out some of the combinations that have been applied in other works. Also, be able to identify some of the potential problems open on this topic.

¹ Ingeniero Electrónico, Universidad Nacional de Colombia, Colombia. Msc (candidato) Magister en Electrónica y Telecomunicaciones, Universidad del Cauca, Colombia. Estudiante (candidato) de la Maestría en Electrónica y Telecomunicaciones /Universidad del Cauca, Colombia. neiljimenez@unicauca.edu.co

² Ingeniero Electrónico y Telecomunicaciones, Universidad del Cauca, Colombia. Especialista en Docencia Universitaria, Universidad Cooperativa de Colombia, Colombia. Magister en Telemática, Universidad del Cauca, Colombia. Doctor en Ciencias de la Electrónica, Universidad del Cauca, Colombia. Docente afiliado a la Universidad del Cauca, Colombia. glopez@unicauca.edu.co

Citar este artículo como: N. A. Jiménez-Pinzón y J. G. López-Perafán, "Clasificación de parámetros y criterios al ensamblar la ráfaga", Visión Electrónica, vol. 2, no. 2, Edición especial, 2019. <https://doi.org/10.14483/issn.2248-4728>

1. Introducción

Las redes de comunicaciones en los últimos años han pasado de ambientes de baja velocidad, soportados en redes tradicionales basadas en cobre, a ambientes de alta velocidad, soportados en redes basadas en fibra óptica. En la actualidad, estas últimas experimentan un constante desarrollo debido al aumento en el volumen de usuarios y al desarrollo de nuevas aplicaciones con requerimientos más exigentes en cuanto a tiempo real y al recurso de red ancho de banda, como se analiza en [1-2].

Para cumplir con dichos requerimientos, se han venido desarrollando e implementando técnicas, como la Conmutación Óptica de Circuitos (OCS, Optical Circuit Switching), la Conmutación Óptica de Ráfagas (OBS, Optical Burst Switching) y la Conmutación Óptica de Paquetes (OPS, Optical Packets Switching) [3-10]. La conmutación óptica de ráfagas OBS se destaca principalmente ya que integra las ventajas de la conmutación de circuitos y de paquetes. Donde OBS en comparación con OCS, alcanza mejores resultados en términos de mayor capacidad de transmisión de información y gestión de los recursos disponibles en una red, como el ancho de banda y las longitudes de onda o canales de transmisión, en [3-5].

Por otro lado, OBS en contraste con OPS, ofrece mayor eficiencia al agrupar un conjunto de n-paquetes IP que tengan un mismo destino, generando menor cantidad de encabezados y garantizando un menor tiempo de procesamiento en cada uno de los nodos de la red [6,7].

En una red OBS, cada proceso cumple con una función de vital importancia para el desempeño de toda la red. Por esta razón, el enfoque principal del presente artículo está en el primer proceso de las redes OBS, el ensamble de ráfagas de datos, cuya función es de administrar el volumen del flujo de tráfico entrante a la red y de la carga de tráfico enviada de a los nodos centrales, realizando una revisión de algunos de los algoritmos de ensamble propuestos en la literatura científica OBS y referenciados en este documento, donde el objetivo principal es presentar una clasificación, en una tabla, más detallada en cuanto a la cantidad de parámetros y criterios relacionados en este proceso, diferenciando las posibles combinaciones utilizadas por cada autor.

El resto de éste artículo está organizado de la siguiente manera: en la sección 2, se da una introducción general a las redes de conmutación óptica de ráfagas (OBS) y su arquitectura, la sección 3, describe cada uno de los módulos del esquema general del proceso de ensamble de ráfagas, la sección 4, se centra en el objetivo

principal de este trabajo, en la revisión y clasificación de algunos de los algoritmos de ensamble de ráfagas existentes en la literatura científica OBS, basado en los parámetros y criterios que inciden en el proceso de ensamblaje, en la Tabla 2. Donde, en la Tabla 1 se presentan los acrónimos de la Tabla 2. Finalmente se presentan las conclusiones más relevantes producto del desarrollo de este documento en la sección 5.

2. Conmutación Óptica de Ráfagas

Las redes OBS, son aquellas que implementan la Multiplexación por División de Longitud de Onda (WDM, Wavelength Division Multiplexing) y adoptan la técnica de conmutación óptica de ráfagas (OBS) para transmitir de una manera más eficiente la información, destacando como estrategia principal la granularidad en la conmutación debido a la Multiplexación Estadística [8-9]. La unidad de transporte es la ráfaga, la cual contiene un número determinado de paquetes de datos encapsulados y se le asigna un paquete de control (BCP, Burst Control Packet) con información específica de la ráfaga [11-12]. La arquitectura de una red OBS se compone por los nodos borde de ingreso (nodo borde de entrada), por los nodos centrales (nodos núcleo o core) y los nodos borde de salida (nodo borde destino).

El BCP y la ráfaga se transmiten en el dominio óptico, separados físicamente por un intervalo de tiempo denominado offset o tiempo de compensación y en diferentes canales o longitudes de onda, ver [8]. En cada uno de los nodos, la ráfaga se transmite sin procesamiento alguno. Por el contrario, para el BCP en cada uno de los nodos se debe realizar conversión de señales óptico-eléctrico-óptico OEO (Optical Electronic Optical), aplicando la conversión del medio óptico al medio eléctrico para su procesamiento y luego para su transmisión aplicando la conversión del medio eléctrico al medio óptico [13].

3. Procesos de Ensamble de Ráfagas

El proceso de ensamblaje de ráfagas consiste en tres módulos, ver Figura 1, en [8,14-16]. El primer módulo es el clasificador, este agrupa en colas o Buffers los paquetes que llegan al nodo borde de entrada según el criterio de ensamblaje seleccionado, el criterio estándar utilizado es por su dirección de destino. Es por eso, estas colas son llamadas Buffer's Destino (BDs).

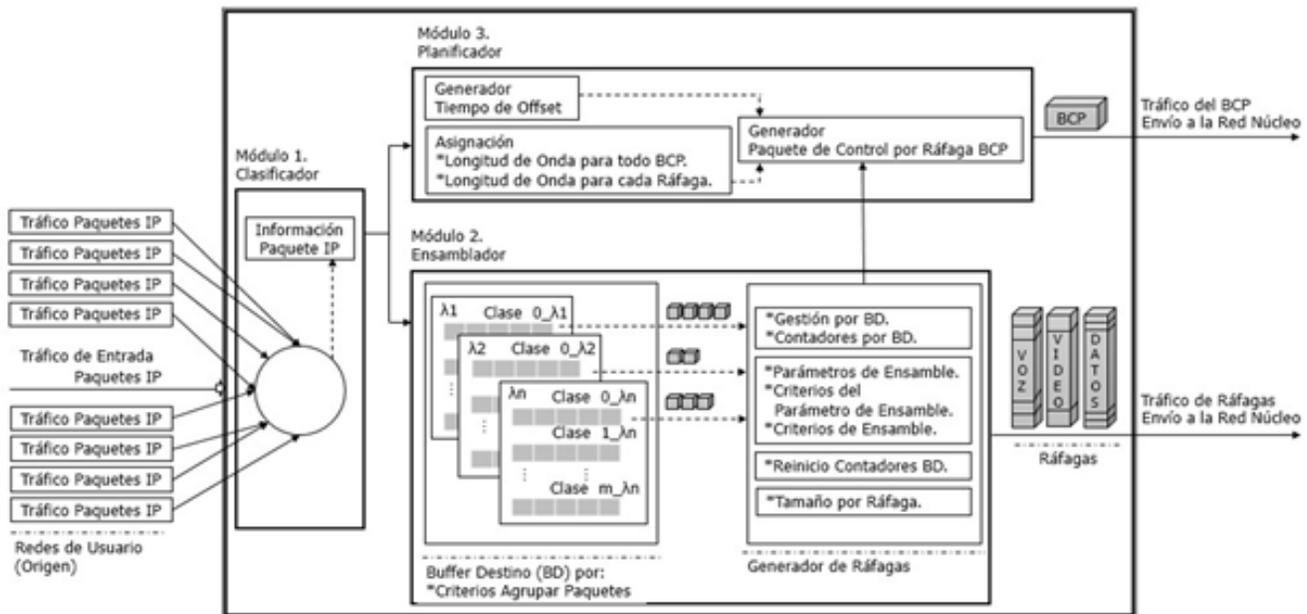


Figura 1. Módulos del Proceso de ensamblado de ráfagas de datos. Fuente: elaboración propia.

El segundo módulo es el ensamblador, el objetivo principal es determinar el valor de los parámetros de ensamblaje seleccionados, del umbral de longitud o del intervalo de tiempo de ensamblaje, para asignar el tamaño adecuado a la ráfaga a transmitir. El proceso consiste en activar un contador de paquetes en cada uno de los Buffers y cuando uno de los n -contadores alcanza el valor de umbral del parámetro de ensamblaje, utiliza dicho valor como tamaño para generar la ráfaga y en ese instante todos los contadores son reinicializados.

Por último, está el módulo de planificación, encargado de gestionar el envío de cada una de las ráfagas, el cual genera el BCP utilizando información de los dos primeros módulos, establece el tiempo de offset para cada par ráfaga-BCP, asigna a cada ráfaga su longitud de onda y a todos los BCP's asigna una misma longitud de onda de forma preestablecida.

4. Clasificación de los Algoritmos de Ensamblaje de Ráfagas

En esta sección, se da una descripción general de algunos de los algoritmos de ensamblaje existentes en la literatura científica OBS y clasificados en la Tabla 2, basada en las siguientes categorías, según: I. El umbral de longitud uL {algoritmo clásico}, en [13-16]. II. el tiempo de ensamblaje T {algoritmo clásico}, en [17-20]. III. El umbral de longitud y el tiempo de ensamblaje $uL - T$ {algoritmo híbrido - clásico}, en [21,23]. Por último, la IV. Ensamblaje de ráfagas combinado con otro proceso del esquema funcional OBS, en [24-53].

4.1. Algoritmo de ensamblaje basado en el umbral de longitud uL (I. Categoría)

El esquema del algoritmo de ensamblaje de ráfagas basado por umbral de longitud, considerado en la literatura científica como esquema de ensamblaje clásico o simple, establece un valor de umbral uL , llamado en algunos casos tamaño mínimo (B_{min}), para agrupar un número mínimo de bytes en la ráfaga ensamblada y enviarla a su destino. Al ensamblar por uL , el escenario de carga baja presenta inconvenientes en el desempeño total de la red, debido a que incrementa el retardo de ensamblaje (D_{ERaf}) y el retardo extremo a extremo de transmisión de la ráfaga (D_{e2e}). Por otro lado, el escenario con carga alta genera ráfagas de tamaño fijo, el cual incrementa la probabilidad de bloqueo de las ráfagas (PB) en los nodos centrales de la red.

4.2. Algoritmo de ensamblaje basado en el umbral de tiempo T (II. Categoría)

El esquema del algoritmo de ensamblaje de ráfagas basado por umbral de tiempo, considerado en la literatura científica como algoritmo de ensamblaje clásico o simple, establece un intervalo de tiempo (T) límite para ensamblar la ráfaga con una cantidad de n -paquetes y enviarla a su destino. Sin embargo, establecer un intervalo de tiempo específico para tener un tamaño de ráfaga ensamblada adecuada crea algunos inconvenientes.

En particular, para el escenario con carga alta, presenta problemas en los nodos centrales debido a que incrementa la probabilidad de bloqueo PB .

(o probabilidad de pérdida) al generar ráfagas demasiado largas con tamaño variable. Por otro lado, el escenario con carga baja, genera ráfagas con tamaño medio-bajo donde el intervalo de tiempo llegará al umbral T antes de agregar suficientes paquetes en la ráfaga. Señalando que la mayoría de estos esquemas utilizan como estrategia a la hora de ensamblar un proceso de relleno de bits para el envío de las ráfagas con un tamaño adecuado.

4.3. Algoritmo de ensamble híbrido basado en el uL y T (III. Categoría)

Los algoritmos de ensamble de ráfagas híbrido combinan los beneficios del algoritmo de ensamble por umbral de tiempo T y del algoritmo de ensamble por umbral de longitud uL, donde la ráfaga es creada ya sea por alcanzar el valor límite del umbral T o el número mínimo de bytes uL. Sin embargo, los algoritmos de ensamble híbrido conservan el problema cuando el volumen de tráfico entrante es bajo, generando un incremento en el retardo al ensamblar la ráfaga y en el retardo extremo a extremo, ya que los paquetes tienen que esperar hasta alcanzar el valor del umbral T o el valor del umbral Bmin. Esta categoría también es considerada en la literatura científica OBS como algoritmo de ensamble clásico o simple.

4.4. Algoritmo de ensamble por combinación (IV. Categoría)

En la cuarta y última categoría están los algoritmos que integran los algoritmos de ensamble de ráfagas, el uL simple, el T simple o híbrido, junto con uno o más de los procesos que componen el esquema funcional de una red OBS. El objetivo, encontrar el esquema de ensamble que logre mejorar en cierto grado el desempeño total de una red OBS, para optimizar el valor de cada uno de los parámetros de ensamble, soportando el cambio del flujo del volumen de tráfico entrante (carga de tráfico entrante) a la red y de esta manera mejorar la tasa de pérdidas o la probabilidad de bloqueo de las ráfagas transmitidas en cada uno de los nodos o el retardo extremo a extremo en toda la red OBS.

Entre los algoritmos de ensamble por combinación propuestos en la literatura científica se destacan los siguientes:

4.4.1. Algoritmo de ensamble de ráfagas híbridos dinámicos basados en calidad de servicios (QoS) por servicios diferenciados

Los algoritmos de ensamble en esta categoría tienen como estrategia agrupar los paquetes entrantes a la red

en cada uno de los BDs con base al destino y además diferenciando los servicios de cada paquete para ensamblar la ráfaga a transmitir. Señalando que la diferenciación de servicios es un requerimiento para asignar calidad de servicio (QoS, Quality of Service) a un tipo de tráfico, al proporcionar un nivel de prioridad de transmisión. Por lo tanto, en el proceso de ensamble se puede encapsular al mismo tiempo en una ráfaga dos o más niveles de prioridad o creando cada ráfaga con un nivel de prioridad diferente.

El objetivo, consiste en mejorar la QoS de aquellas ráfagas con mayor prioridad, sacrificando en cierto grado las ráfagas de menor prioridad y de esta manera disminuir la probabilidad de pérdida de ráfagas o probabilidad de bloqueo (PB) en toda la red OBS.

4.4.2. Algoritmo de ensamble de ráfagas híbridos dinámicos por predicción

Los esquemas de ensamble son híbridos debido a que implementan los dos parámetros de ensamble. Algunos autores lo llaman Híbridos y otros Mixtos. Son Dinámicos, ya que los parámetros de ensamble toman un valor diferente según la carga del tráfico entrante. Esta categoría, utiliza un mecanismo de predicción de tráfico como estrategia para predecir o anticipar el valor de uno o los dos parámetros de ensamble y generar la ráfaga a transmitir con un tamaño estimado. Sin embargo, cuando el tamaño asignado a la ráfaga por predicción es menor al tamaño óptimo real, será deficiente el aprovechamiento del recurso de ancho de banda y es posible que se genere un incremento en la probabilidad de bloqueo.

En esta categoría los algoritmos de ensamble varían dependiendo a cual parámetro de ensamble se le aplica el método de predicción, al uL o a T o a los dos. Por ejemplo, cuando se implementa el mecanismo de predicción solo al umbral T, este proceso puede aumentar el tiempo de Offset y por ende incrementar la probabilidad de pérdida de ráfagas (PB_ráfagas) en la red.

4.4.3. Algoritmo de ensamble de ráfagas híbridos y adaptativo por nivel de congestión

Los algoritmos en esta categoría adaptan los valores de umbral de los parámetros de ensamble con base en la información determinada por un mecanismo de detección de congestión. Este mecanismo se puede implementar de dos formas, primero, determinando el nivel de congestión en los enlaces incidentes al nodo borde de entrada y segundo, se puede implementar para medir el nivel de congestión sobre los enlaces de los nodos núcleo conectados al nodo borde de entrada.

2008	45		√			√		√	√			√								√		
2009	24		√		√			√	√	√			√	√	√	√						
2012	37		√			√		√			√			√		√	√					
2013	27		√		√			√	√		√			√	√		√					
2013	20		√		√			√	√				√	√		√						
2014	35		√		√			√	√				√	√								
2014	16		√			√		√	√				√	√								
2014	38	√			√		√		√				√						√			
2014	14	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
2015	34		√	√				√	√				√	√								
2015	15	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
2015	8		√			√		√	√		√		√	√	√			√	√			√
2016	25		√	√				√	√	√			√	√	√							
2016	29		√		√			√			√			√	√							
2016	26		√	√				√	√	√			√	√	√							

Tabla 2. Clasificación de algoritmos y mecanismos para el ensamble de ráfagas. Fuente: elaboración propia.

5. Conclusiones

En este artículo, con base a una exhaustiva revisión del estado del arte de algunos de los algoritmos de ensamble de ráfagas existentes en la literatura científica OBS, se presenta una clasificación más específica, dada en la tabla 2, en comparación a los artículos de revisión encontrados y referenciados en este documento. Actualmente, existen cuatro trabajos de revisión enfocados en el proceso de ensamblaje, pero, solo uno clasifica los algoritmos teniendo en cuenta ciertas características del proceso, es decir, está limitado en las categorías de dicha clasificación. En contraste, se presenta una clasificación dada en seis categorías, las cuales, cuatro se basan en los diferentes parámetros y criterios que inciden en el proceso de ensamblaje y las otras categorías se basan en características de red.

Analizando la tabla 2, con base a los resultados expuestos por los autores en cada uno de los trabajos revisados, se determina que, según el parámetro de desempeño implementado, un 60% se enfocan en mejorar en cierto grado la pérdida de ráfagas o probabilidad de bloqueo de las ráfagas (PB_ráfagas), un

30% restante, el retardo extremo a extremo de ráfagas (D-e2e_ráfagas) y el último 10%, se enfoca en el retardo de ensamblaje (D-ERaf). Por otro lado, son pocos los algoritmos que integran el proceso de ensamble junto con otro proceso (uno o más) del esquema funcional OBS, cuyo objetivo, es optimizar el esquema de ensamblaje para mejorar el desempeño total de una red OBS. Se encontró que el 36% integró el proceso de ensamble con un proceso OBS y tan solo el 4% se integró con tres procesos.

Por lo anterior, como trabajos futuros, los nuevos algoritmos de ensamble deberían enfocar la solución a mejorar el retardo extremo a extremo junto con el retardo de ensamblaje, dado que es una característica importante en las aplicaciones en tiempo real. Otro aspecto a implementar en los nuevos algoritmos por combinación, es analizar los resultados de forma individual y al integrar los criterios de ensamble de ráfagas, por diferenciación de servicios (DiffServ.), por Predicción y por nivel de congestión, con el objetivo de mejorar el desempeño de la red OBS en cuanto a la PB_ráfagas, el D-e2e_ráfagas y el D-ERaf. [54-56]

Reconocimientos

Gracias a la colaboración de los docentes de la Maestría en Electrónica y Telecomunicaciones y al grupo de investigación GNTT (Grupo de Nuevas Tecnologías en Telecomunicaciones) de la Universidad del Cauca.

Referencias

- [1] MINTIC, Vive digital. Internet: Nacional, Internet por ancho de banda. Cifras del 2010-1T al 2016-4T. Fuente: MINTIC-S I U S T , 2 0 1 0 - 2 0 1 6 . <http://colombiatic.mintic.gov.co/estadisticas/stats.php?s=1>
- [2] MINTIC. Boletín trimestral del sector TIC. Cifras cuarto trimestre de 2017, Conexiones Banda Ancha. Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, Republica de Colombia. 2018.
- [3] Ch. Qiao, y M. Yoo., "Optical Burst Switching (OBS) - A New Paradigm for an Optical Internet", University at Buffalo, New York, vol. 8, pp. 69-84, 1999.
- [4] Y. Chen. et al., "Optical Burst Switching (OBS): A New Area in Optical Networking Research". IEEE Network, vol. 18, no. 3, p p . 1 6 - 2 3 , 2 0 0 4 . <https://doi.org/10.1109/MNET.2004.1301018>
- [5] J. Jue, y V. Vokkarane., "Optical Burst Switched Networks (Optical Networks)". Libro. New York USA: Springer Science+Business Media, Inc., 2005.
- [6] M. Klinkowski. et al., "Adaptive Routing Algorithms for Optical Packet Switching Networks". In Proceedings of the 9th IFIP Working Conference on Optical Networks Design and Modelling, 2005. <https://doi.org/10.1109/ONDM.2005.1427006>
- [7] A . L é n i n A l m e i d a , "COMPORTAMIENTO DE REDES OBS (OPTICAL BURST SWITCHING) CON TRÁFICO TCP". Escuela Politécnica Nacional, Tesis Doctoral, Quito, 2010.
- [8] J. G. López, "DISEÑO DE MÉTODOS CROSS LAYER COGNITIVOS PARA REDES DE COMUNICACIÓN ÓPTICA DE RÁFAGAS (OBS)". Tesis presentada a la Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad del Cauca para la obtención del Título de Doctor en Ciencias de la Electrónica, 2015.
- [9] M. Kozak, "Efficient Control, Routing, and Wavelength Assignment in Loss-Less Optical Burst Switching Networks". Czech Technical University in Prague, Disertation Thesis PhD., 2015.
- [10] N. Liamcharoen, "PERFORMANCE ANALAYSIS OF A PROPOSED HYBRID OPTICAL NETWORK". University of Pittsburgh, PhD Candidate, 2016.
- [11] T. Venkatesh y C. S., Ram Murthy, "Introduction to Optical Burst Switching". In An Analytical Approach to Optical Burst Switched Network, New York USA: Springer Science+Business Media, LLC, pp. 1-41, 2010. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1510-8_1
- [12] V. Kishen y Dr. k. Suresh., "Efficient Bandwidth Utilization for Optical Switching in WDM Networks". International Journal of Advanced Technology and Innovative Research, March, vol. 7, pp. 332-334, 2015.
- [13] M. Mangwala y O. Ekabua., "A Survey of Burst Assembly Algorithms for Optical Burst Switching (OBS)". Research Article, International Journal of Engineering and Technology Research, Department of Computer Science, North West University, August, vol. 1, No. 7, pp. 107-115, 2013.
- [14] A. Yayah, et al., "Burst Assembly Techniques in Optical Burst Switching (OBS)". Faculty of Computing, Universiti Teknologi Malaysia, 1st International Conference of Recent Trends in

- Information and Communication Technologies, Skudai, Johor, Malaysia, September 2014.
- [15] A. Samad, et al., "A Review Burst Assembly Techniques in Optical Burst Switching (OBS)". Faculty of Computing, Universiti Teknologi Malaysia. Jurnal Teknologi, Johor, Malaysia, vol. 73, no. 2, February 2015. <https://doi.org/10.11113/jt.v73.4183>
- [16] A. Umaru, et al., "Fuzzy-Based Adaptive Hybrid Burst Assembly Technique for Optical Burst Switched Networks". Hindawi Publishing Corporation, Journal of Computer Networks and Communications, Research Article, pp 10, November 2014. <https://doi.org/10.1155/2014/803518>
- [17] A. GE, et al., "On Optical Burst Switching and Self-Similar Traffic". IEEE Communications Letters, vol. 4, no. 3, pp. 98 - 100, March 2000. <https://doi.org/10.1109/4234.831037>
- [18] G. Hu, et al., "Does burst assembly really reduce the self-similarity.?" In Optical Fiber Communication Conference. Optical Society of America, University of Stuttgart, Institute of Communication Networks and Computer Engineering, 2003.
- [19] X. Cao, et al., "Assembling TCP/IP Packets in Optical Burst Switched Networks". Department of Computer Science and Engineering. State University of New York at Buffalo. In Proceedings of the IEEE Global Telecommunications Conference, (GLOBECOM '02), Taipei, Taiwan, pp. 17-21, November 2002.
- [20] A. Gupta, et al., "Investigation of OBS assembly technique based on various scheduling techniques for maximizing throughput". Journal Elsevier, Optik, vol. 124, pp. 840 - 844, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.jjleo.2012.01.044>
- [21] X. Yu, et al., "A Study of traffic statistics of assembled Burst traffic in Optical Burst switched networks". Department of Computer Science and Engineering, State University of New York at Buffalo, pp. 149 - 159, 2002. <https://doi.org/10.1117/12.475293>
- [22] A. K. Garg, "A Novel Hybrid Approach for Efficient Network Utilization of OBS". International Journal of Software Engineering and its Applications. Department of Electronics and Communication Engineering. Mullana, India, Vol. 6, no 1, January 2012.
- [23] R. Adgaonkar, y S. Sharma., "Review of Burst Scheduling Algorithm in WDM Optical Burst Switching Network". IJCSI International Journal of Computer Science Issues, vol. 8, no 3, November 2011.
- [24] G. Hu. "Quality of Service Guarantee in the Edge Node of Optical Packet/Burst Switched Networks with Traffic Assembly". Universität Stuttgart zur Erlangung der Würde eines Doktor-Ingenieurs (Dr. Ing.). Juli 2009.
- [25] M. Dawood, et al., "Adaptive Data Burst Assembly in OBS Networks". International Journal of Research and Scientific Innovation (URSI), vol. 3, June 2016. <https://doi.org/10.1109/ICDIPC.2016.7470817>
- [26] S. Dumych., "Study on Traffic Aggregation Algorithms for Edge Nodes of Optical Burst Switching Network". Lviv Polytechnic National University, Ukraine, 23-26, pp. 947-949, February 2016.
- [27] X. Jiang, et al., "A Novel Burst Assembly Algorithm for OBS Networks Based on Burst Size and assembly Time Prediction". Department of Computer Science and Telecommunications Engineering. Journal of Computational Information Systems, Jiangsu University, vol. IX, no. 2, pp. 463-475, 2013.
- [28] A. Sideri, y E. Vargarigos., "New Assembly

- Techniques for Optical Burst Switched Networks Based on Traffic Prediction". IFIP. Computer Engineering and Informatics Dept. International Federation for Information Processing, University of Patras. Greece, pp. 358-367, 2007. https://doi.org/10.1007/978-3-540-72731-6_39
- [29] D. Patel, et al., "A Novel Scheme for Efficient Bandwidth Utilization in Optical Burst Switched Network". International Journal of Research and Scientific Innovation (URSI), vol. 3, June 2016.
- [30] K. Seklou, et al., "New assembly techniques and fast reservation protocols for optical burst switched networks based on traffic prediction". Journal Optical Switching and Networking, Elsevier, Department of Computer Engineering and Informatics, University of Patras and Research Academic Computer Technology Institute, Patras, Greece, pp. 132-148, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.osn.2012.08.002>
- [31] V. Reena, et al., "Performance Evaluation of Efficient Assembly of TCP Traffic for Optical Burst Switching Networks". National Conference on System Design and Information Processing, 2013.
- [32] A. K. Garg., "Traffic prediction based burst assembly mechanism for OBS". Department of Electronics & Communication Engg. Deenbandhu Chhotu Ram University of Science & Technology, India, vol 124, pp. 2017-2019, August 2013.
- [33] B. Kantarci, y S. Oktug., "ADAPTIVE THRESHOLD BASED BURST ASSEMBLY IN OBS NETWORKS". In Proceedings of the Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering (CCECE '06), Ottawa, Canada, pp. 1419-1422, May 2006. <https://doi.org/10.1109/CCECE.2006.277345>
- [34] J. Prado, et al., "Análisis del desempeño de una red OBS distribuida al integrar un método cognitivo basado en metaheurística para el ensamble de ráfagas". Universidad del Cauca, Trabajo de grado, pregrado, Grupo de I+D Nuevas Tecnologías en Telecomunicaciones - GNTT, Popayán, 2015.
- [35] A. Umaru A, et al., "A NOVEL FUZZY-BASED ADAPTIVE TIMER BURST ASSEMBLY ALGORITHM FOR OPTICAL BURST SWITCHING NETWORKS". Journal of Theoretical and Applied Information Technology, vol. 67, no. 1, September 2014.
- [36] A. Umaru, et al., "A Fuzzy-based Burst Assembly Approach to Reduce End-to-End Delay in OBS Networks". 5th International Conference on Photonics (ICP), Faculty of Computing, Universiti Teknologi Malaysia, Kuala Lumpur, Skudai, Malaysia, 2-4 September 2014. <https://doi.org/10.1109/ICP.2014.7002302>
- [37] H-L. Liu, y Sh. Jiang., "A mixed-length and time threshold burst assembly algorithm based on Traffic prediction in OBS network". International Journal of Computers Communications Control, vol. 2, pp. 87-93, 2012.
- [38] A. Yayah, et al., "Hybrid offset-time and burst assembly algorithm (H-OTBA) for delay sensitive applications over optical burst switching networks". International Journal of Communication Systems, Faculty of Computing, Universiti Teknologi Malaysia, Johor, Malaysia, vol. 29, no. 2, pp. 251-261, May 2014. <https://doi.org/10.1002/dac.2821>
- [39] V. Zagorskis, "Using the Probabilistic Model Checker PRISM to analyze H-OTBA Algorithm in Optical Burst Switching (OBS) Networks". Advances in Wireless Communications (RTUWO). Telecommunications Institute, Riga, Latvia, 2015. <https://doi.org/10.1109/RTUWO.2015.7365736>

- [40] V. Vokkarane, et al., "Threshold-based burst assembly policies for QoS support in optical burst-switched networks". Center for Advanced Telecommunications Systems and Services. The University of Texas at Dallas. In Proceedings of the Optical Networking and Communications (OptiComm '02), Boston, USA, vol. 4874, pp. 125-136, July 2002. <https://doi.org/10.1117/12.475291>
- [41] Z. Zhang, et al., "Novel threshold-based burst assembly scheme for QoS support in optical burst switched WDM networks". Shanghai Jiaotong University, China. In Performance and Control of Next-Generation Communications Networks, pp. 250-256, August 2003. <https://doi.org/10.1117/12.509318>
- [42] Z. Zhang, et al., "A new burst assembly and dropping scheme for service differentiation in optical burst switched networks". In Proceedings of the Asia-Pacific Optical and Wireless Communications: Optical Transmission, Switching and Subsystems (APOC '03). Shanghai Jiaotong Univ., Wuhan, China, pp. 236-245, May 2004. <https://doi.org/10.1117/12.522002>
- [43] V. Kavitha, y V. Palanisamy, "NEW BURST ASSEMBLY AND SCHEDULING TECHNIQUE FOR OPTICAL BURST SWITCHING NETWORKS". Journal of Computer Science, Department of Electronics and Communication Engineering, 2013. <https://doi.org/10.3844/jcssp.2013.1030.1040>
- [44] V. Tavanam, et al., "BFCA-VF: Best Fit Channel Allocation and Void Filling by Burst Segmenting and Scheduling". IEEE International Conference on Recent Advances and Innovations in Engineering (ICRAIE-2014), India, May 2014. <https://doi.org/10.1109/ICRAIE.2014.6909111>
- [45] N. M. Garcia, "Architectures and Algorithms for IPv4/IPv6-Compliant Optical Burst Switching Networks". Thesis submitted to the University of Beira Interior in candidature for the Degree of Doctor of Philosophy in Computer Science and Engineering, Covilha, Portugal, 2008.
- [46] M. Duser, y P. Bayvel, "Performance of a Dynamically Wavelength-Routed Optical burst switched network". IEEE Photonics Technology Letters, vol. 14, no 2, pp. 239-241, February 2002. <https://doi.org/10.1109/68.980534>
- [47] I. Karamitsos y Ch. Bowerman, "A Resource Reservation Protocol with Linear Traffic Prediction for OBS Networks". Research Article, Hindawi, Hindawi Publishing Corporation, Advances in Optical Technologies, Department of Computing, School of Engineering, University of Sunderland, vol. 2013, pp. 132-148, 2013. <https://doi.org/10.1155/2013/425372>
- [48] K. Dolzer, y C. Gauger, "On Burst Assembly in Optical Burst Switching Networks -A Performance Evaluation of Just-Enough-Time". 17th International Teletraffic Congress, University of Stuttgart, Institute of Communication Networks and Computer Engineering, Salvador, Brazil, vol. 4, pp. 149-160, September 2001. [https://doi.org/10.1016/S1388-3437\(01\)80118-9](https://doi.org/10.1016/S1388-3437(01)80118-9)
- [49] F. Loukdache, et al., "GHL Algorithm Extension Based on a New Technique of Reducing Congestion in OBS Networks". International Journal of Software Engineering and Its Applications, vol. 9, pp. 189-196, no 9, 2015. <https://doi.org/10.14257/ijseia.2015.9.9.16>
- [50] H-L. To, et al., "A burst loss probability model with impatient customer feature for optical burst switching networks". International Journal of Communication Systems, July, vol. 28, no. 11, pp.1729-1740, 2014. <https://doi.org/10.1002/dac.2772>
- [51] H. Momaya, et al., "Optical Burst

- Technique". IJIRST -International Journal for Innovative Research in Science & Technology, vol. 2, February 2016.
- [52] S. Choudhury, et al., "An integrated routing and offset-time adaptation scheme for OBS network". Department of Information Technology, National Institute of Technology Durgapur. Goa, India, January 2015. <https://doi.org/10.1145/2684464.2684488>
- [53] M. Kozak, et al., "On the efficiency of stream line effect for contention avoidance in optical burst switching networks". Department of Telecommunication Engineering Faculty of Electrical Engineering, Czech Technical University in Prague. Optical Switching and Networking, vol. 18, pp. 35-50, March 2015. <https://doi.org/10.1016/j.osn.2015.03.002>
- [54] M. Gupta, V. K. Solanki and V. K. Singh, "A Novel Framework to Use Association Rule Mining for classification of traffic accident severity", Ingeniería Solidaria, vol. 13, no. 21, pp. 37-44, 2017. <https://doi.org/10.16925/in.v13i21.1726>
- [55] D. A. Riveros Hernández, D. H. Nausan García, D. S. García Miranda and J. I. Palacios Osma, "Development of a Virtual Environment for the Simulation of Electrical Maneuvers in Substations: A Case Study", Ingeniería Solidaria, vol. 13, no. 22, pp. 55-84, 2016. <https://doi.org/10.16925/in.v13i22.1752>
- [56] J. Arango Carrillo and J. Vargas Guativa, "Sistema de instrumentación virtual para la medición de radiación ionizante presente en el medio", Ingeniería Solidaria, vol. 8, no. 14, pp. 34-40, 2012.