

Análisis del desempeño de un algoritmo de ensamble mixto dinámico

Analysis of the performance of a dynamic mixed assembly algorithm

Neil Andrés Jiménez Pinzón*
José Giovanni López Perafán**

(Recibido el 16-04-2019. Aprobado el 14-10-2019)

Estilo de citación de artículo:

N. A. Jiménez Pinzón, y J. G. López Perafán, "Análisis del desempeño de un algoritmo de ensamble mixto dinámico", *Lámpsakos*, (23), pp. 25-36. (enero-junio, 2020). DOI: 10.21501/21454086.3204

Resumen

El presente artículo da a conocer el impacto que tiene la semilla generadora de tráfico junto con un nuevo algoritmo de ensamble de ráfagas sobre el desempeño de una red de conmutación óptica por ráfagas OBS. En el que el algoritmo de ensamble implementado se caracteriza por ser mixto y adaptativo, es decir, un algoritmo no clásico. El modelo de red OBS tiene algunos parámetros preestablecidos fijos, como la cantidad de canales por enlace óptico, la velocidad por canal, implementación de algoritmos clásicos en los otros procesos del esquema funcional de la red, y otros. Para evaluar el desempeño se analizan la cantidad de ráfagas perdidas transmitidas o con probabilidad de bloqueo. Los resultados muestran el efecto que tiene variar la semilla y el impacto del algoritmo de ensamble propuesto en la probabilidad de bloqueo según el escenario. Cada escenario de simulación tiene una semilla diferente y se implementa para un volumen de tráfico alto específico.

Palabras clave: Conmutación; OEO; Dinámico; Ensamble de ráfagas; Fibra óptica; OMNeT; OBS; Ráfagas; Semilla; Probabilidad de bloqueo.

* Magíster en Electrónica y Telecomunicaciones, Universidad del Cauca, Popayán-Colombia. Ingeniero Electrónico, de la Universidad Nacional de Colombia Manizales-Colombia. Contacto: neiljimenez@unicauca.edu.co

** Doctor en Ciencia de la Electrónica. Docente, Universidad del Cauca, Popayán-Colombia. Contacto: glopez@unicauca.edu.co

Abstract

This article presents the impact that the traffic generating seed has along with a new burst assembly algorithm on the performance of an optical burst switching network –OBS. In which the implemented assembly algorithm is characterized by being mixed and adaptive, that is, a non-classical algorithm. The OBS network model has some fixed preset parameters, such as the number of channels per optical link, the speed per channel, implementation of classical algorithms in the other processes of the functional network scheme, among others. To evaluate the performance, the amount of transmitted bursts transmitted or the probability of blocking is analyzed. The results show the effect of varying the seed has and the impact of the proposed assembly algorithm on the probability of blocking according to the scenario. Each simulation scenario has a different seed and it is implemented for a specific high traffic volume.

Keywords: Switching; OEO; Dynamic; Burst Assembly; Optical fiber; OMNeT; OBS; Bursts; Seed; Probability of blocking.

DOI: <https://doi.org/10.21501/21454086.3204>

1. INTRODUCCIÓN

En la última década las redes de telecomunicaciones, puntualmente la red Backbone o red troncal (core) han experimentado un incremento del volumen del tráfico debido a la necesidad de los usuarios de comunicarse y al uso de las nuevas tecnologías. Por lo tanto, existe la necesidad de desarrollar nuevas redes Backbone de alta capacidad que soporten los requerimientos de ancho de banda y el volumen creciente del flujo de tráfico.

Para satisfacer dichos requerimientos surge la fibra óptica, presentada como una solución definitiva a las redes Backbone de cobre. Las redes por fibra óptica evolucionan a lo largo de la historia con el objetivo de conseguir progresivamente las redes totalmente ópticas, lo cual se ha conseguido conforme a los avances tecnológicos [1], [2], [3] y [4]. En la primera generación, se utilizaban las fibras multimodo como enlaces punto a punto, las cuales realizaban todo el procesamiento de la información y su transmisión en el dominio electrónico, por ejemplo, funciones como la conversión del medio eléctrico al óptico, la conversión del medio óptico al eléctrico y el proceso de la multiplexación de los canales de transmisión en cada uno de los dispositivos o nodos de red, otros. Las conversiones eléctrico-óptico-eléctrico (OEO) son las responsables de generar los mayores retardos y pérdidas de la información en las redes core. Hasta la cuarta generación se han desarrollado nuevos dispositivos que realizan en el medio óptico la multiplexación en frecuencia, lo que da lugar a los sistemas multiplexados por división de longitud de onda (WDM, Wavelength Division Multiplexing) [1], [2], [3]. Sin embargo, las conversiones OEO aún se deben realizar electrónicamente.

Las redes ópticas WDM han adoptado la técnica de multiplexación por división de longitud de onda, ya que permiten la transmisión simultánea de diferentes longitudes de onda o canales sobre una misma fibra óptica y el cambio a un nivel de transporte completamente óptico. Esta técnica proporciona mayor capacidad de transmisión por enlace o fibra óptica según el número de canales o longitudes de onda por fibra. Para esta investigación, se selecciona la técnica DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing), la multiplexación por

división de longitud de onda densa, la cual, en comparación a la otra técnica de multiplexación CWDM (Coarse Wavelength Division Multiplexing) tiene más canales por enlace (por fibra) ya que el espaciado entre los canales es más pequeño. Por lo tanto, las redes ópticas DWDM proporcionan mayor capacidad de transmisión de información en un instante de tiempo, es decir, mejoran en cierto grado el problema del incremento del volumen del flujo de tráfico [3] y [4].

Por otro lado, las redes ópticas, al utilizar enlaces DWDM, han adoptado diferentes modelos de conmutación con el fin de aprovechar el ancho de banda por canal en un enlace de fibra óptica, es decir, proporcionar mayor granularidad o escalabilidad en la red. La granularidad se refiere a el número de conexiones ópticas posibles entre el origen y el destino de la transmisión, la cual puede tener anchos de bandas concretos (fijos), conexiones con diferente ancho de banda y combinaciones entre conexiones según la velocidad. La conmutación óptica se clasifica según el nivel de granularidad en 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 Packet Switching) [2], [3], [4], [5]. Las redes OBS presentan ciertas ventajas sobre las redes OCS y las redes OPS, dado que las redes OCS, en contraste con las OBS, son menos escalables debido a que establecen circuitos o rutas (camino de luz o lightpath) en la transmisión origen-destino y ningún canal que hace parte de un camino puede ser utilizado por otro. Al comparar las redes OPS y OBS se tiene que la implementación de las primeras por el momento no es posible, debido a que la tecnología aún no existe, en cuanto a dispositivos de almacenamiento óptico y en el procesamiento del encabezado. Es por eso que este documento se enfoca en las redes OBS.

Por lo anterior, el presente artículo centra su estudio en analizar el impacto que tiene la semilla generadora de tráfico variable (diferente por escenario) en una red OBS distribuida y el desempeño de un nuevo algoritmo de ensamble de ráfagas mixto dinámico. Para evaluar el desempeño, se utiliza el parámetro probabilidad de bloqueo de las ráfagas transmitidas en la red OBS. El

artículo está organizado de la siguiente manera: se presenta una introducción general de las redes de conmutación óptica de ráfagas OBS; el esquema funcional de las redes OBS; el esquema funcional algoritmo clásico vs esquema funcional del algoritmo propuesto del proceso de ensamble de ráfagas; se realiza el análisis del algoritmo propuesto al variar la semilla generadora de tráfico bajo dos escenarios: según el número de paquetes por ráfaga; trabajos futuros y, finalmente, se presentan las conclusiones según los resultados encontrados.

Redes de conmutación óptica OBS

Las redes de conmutación óptica de ráfagas (OBS) combinan lo mejor de la conmutación óptica de paquetes (OPS) y de la conmutación de circuitos (OCS), con el fin de proporcionar un mejor uso de los recursos en las redes ópticas actuales y en las futuras, como la red internet óptica.

Las redes OBS consisten en encapsular una cantidad de paquetes dentro de un macro-paquete, llamado ráfaga, en el que todos tienen el mismo destino, lo cual genera menor cantidad de encabezamientos o paquetes de control (BCP, Burst Control Packet). El proceso de encapsular o ensamblar la ráfaga utiliza diferentes criterios de ensamble, como la dirección de destino (la más común), la clase de servicio, por nivel de congestión, entre otros. También se pueden hacer combinaciones entre criterios de ensamblaje, como se analiza en [3], [4], [5], [6].

En una red OBS, las ráfagas se ensamblan y desensamblan en los nodos borde, el ensamble ocurre en los nodos borde de entrada y el desensamblaje en los nodos borde salida. La transmisión de la información o de las ráfagas es totalmente óptica, sin embargo, la transmisión de los BCPs es semi-óptica, dado que en cada nodo central se realiza el proceso de conversión OEO (óptico-eléctrico-óptico) por cada BCP [3]. Se resalta que en las redes OBS, en comparación con las redes OCS y OPS, se reduce considerablemente el número de conversiones OEO.

Esquema funcional de una red OBS

La arquitectura de una red OBS está compuesta por nodos centrales (nodos core), nodos borde (nodos edge) y todos los nodos están interconectados mediante enlaces de fibra óptica [3], [4], [5], [6]. Cada enlace implementa múltiples canales o longitudes de onda, de manera que utiliza la técnica de multiplexación DWDM. Los nodos borde pueden ser de ingreso (entrada) y de egreso (salida).

Cada nodo es responsable de funciones específicas que se llevan a cabo en una red de conmutación óptica de ráfagas y se clasifican en el esquema funcional de una red OBS. Las funciones se clasifican según el nodo de la siguiente manera: (1) Nodo borde de entrada: ensamble de ráfagas, generación del BCP, cálculo del tiempo de Offset, enrutamiento y asignación de longitud de onda (RWA); (2). Nodo core: procesamiento del BCP y resolución de contención; (3). Nodo borde de salida: desensamble de la ráfaga y reenvío de paquetes [3], [4], [5], [6]. Este artículo se centra en el proceso de ensamble de ráfagas del esquema funcional y en la semilla inicial generadora de tráfico, la cual es uno de los parámetros de una fuente de tráfico.

Esquema funcional del algoritmo clásico vs esquema funcional del algoritmo propuesto en el proceso de ensamble de ráfagas

En este artículo se propone un nuevo algoritmo de ensamble mixto dinámico, el cual se basa en el algoritmo de ensamble mixto híbrido dinámico (ERHD-SV) implementado en [7]. El algoritmo propuesto es mixto dado que implementa los dos parámetros de ensamble, el que primero ocurra y se diferencia al ERHD-SV porque no es híbrido, ya que aplica solo la técnica de lógica difusa y es dinámico porque el valor de los parámetros de ensamble se adapta según la función de pertenencia triangular fija de la lógica difusa aplicada. Para el análisis de los resultados se realiza una comparación entre el algoritmo de ensamble mixto dinámico propuesto con un algoritmo de ensamble mixto clásico, es decir, no di-

DOI: <https://doi.org/10.21501/21454086.3204>

námico. El factor clave de este análisis está en variar la semilla inicial generadora de tráfico, la cual, cada semilla establece un escenario diferente.

El esquema funcional base del ensamble de ráfagas clásico de una red OBS está dado por tres módulos: (1). El primer módulo es el clasificador, organiza y clasifica cada paquete que ingresa a la red según su dirección de destino y lo envía al buffer de destino (BD) correspondiente; (2). El segundo módulo es el ensamblaje, asigna un valor predeterminado (fijo) al parámetro de ensamble, el cual crea la ráfaga con el mismo tamaño sin tener en cuenta el nivel de tráfico (volumen de tráfico), utiliza uno de los parámetros, el que se haya implementado, el umbral de longitud o el tiempo de ensamble de datos. La ráfaga se ensambla cuando el valor de cada contador de BD alcance al valor predeterminado; (3). El tercer módulo es la planificación, organiza las variables para el envío de cada ráfaga ensamblada, parámetro como: el canal de transmisión o longitud de onda para cada ráfaga, un

solo canal de transmisión para todos los BCPs, establece el tiempo de Offset para cada ráfaga ensamblada y su BCP, otros, [3], [6], [8], [9], [10], [11], [12], [13], [14], ver Fig. 1.

Por otro lado, como se muestra en la Fig. 2, la diferencia entre el esquema funcional del algoritmo de ensamble propuesto con el clásico esta puntualmente en el módulo 2, el cual aplica la lógica difusa, utilizando la función de pertenencia triangular, para determinar el valor adecuado del parámetro de ensamble según el nivel de tráfico en ese instante y de esta manera crear la ráfaga a transmitir [15] y [16]. Se utiliza el parámetro de ensamble que primero ocurra, ya sea el umbral de longitud o el tiempo de ensamble de datos. Para determinar el valor adecuado del parámetro de ensamble, se gestiona cada BD utilizando un contador de paquetes según el volumen de tráfico. La ráfaga se ensambla con el valor del contador del BD que primero ocurra.

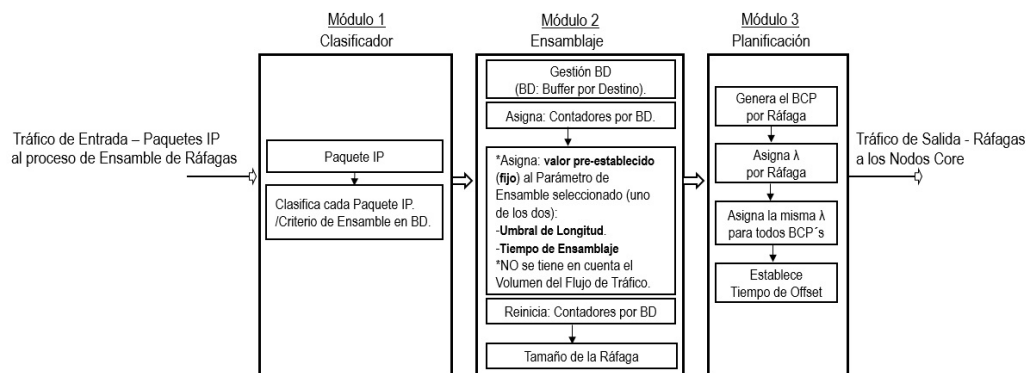


Fig. 1: Esquema funcional base de un algoritmo de ensamble clásico

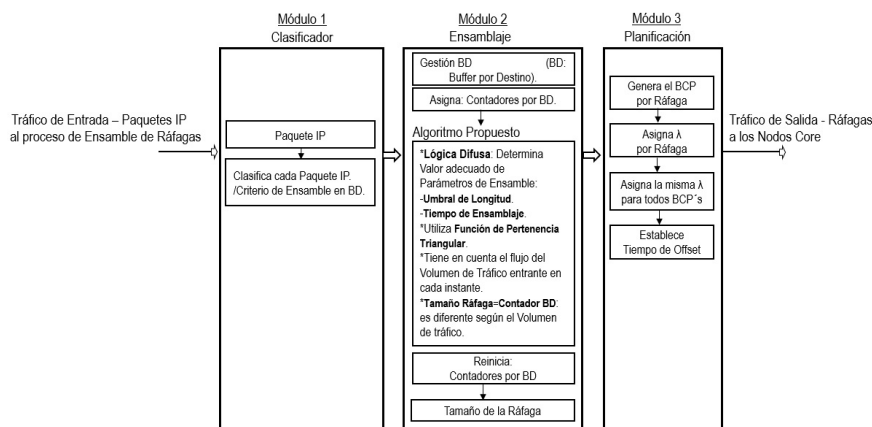


Fig. 2: Esquema funcional del algoritmo de ensamble propuesto

Análisis del algoritmo de ensamble propuesto al variar la semilla

Para el análisis presentado en este documento, se utiliza la herramienta de simulación IDE OMNeT++ versión académica, enfocada en la evaluación del desempeño de un nuevo algoritmo de ensamble de ráfaga de datos mixto dinámico (algoritmo propuesto), el cual asigna un valor a cada parámetro de ensamble determinado por la función de pertenencia triangular (triángulo rectángulo isósceles) seleccionado de un rango de tres valores y utiliza una semilla generadora de tráfico variable en cada nodo borde de entrada de la red OBS distribuida. Para evaluar el desempeño sobre la red OBS se basa en la probabilidad de bloqueo (PB) de las ráfagas transmitidas.

La topología por implementar para la red de conmutación óptica de ráfagas OBS, distribuida en la herramienta de simulación OMNET, es la NSFNET (National Science Foundation's Network) [9], [10], [14]. La NSFNET fue el reemplazo de la red ARPANET como Backbone de Internet, creada por la Fundación Nacional para la Ciencia (NSF, National Science Foundation), en Estado Unidos, la cual adoptó como arquitectura de comunicación a TCP/IP desde el comienzo. Utilizada como red académica, en laboratorios de investigación, bibliotecas y museos, entre otros, por lo que permite compartir información al apoyar y trabajar en proyectos de investigación en todo el país.

La Fig. 3 muestra la topología de la red OBS distribuida NSFNET implementada en la herramienta de simulación OMNeT++. La Tabla 1 resume las características de la configuración del algoritmo de ensamble de ráfagas mixto dinámico (propuesto), variando el valor de la semilla determinado de forma aleatoria.

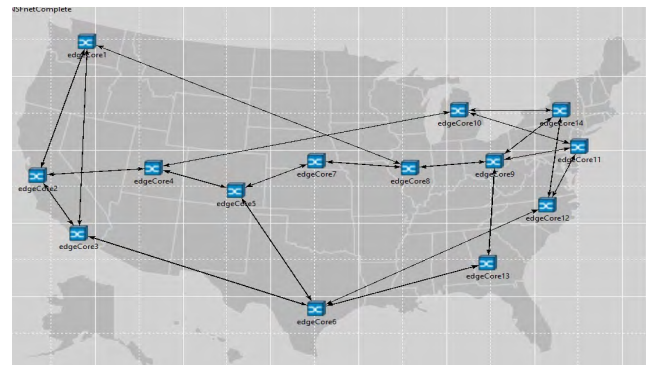


Fig. 3: Topología de la red OBS distribuida

Para el análisis, primero se establecen 10 escenarios; en cada escenario el valor de la semilla inicial generadora de tráfico es diferente, como se muestra en la Tabla 1 y Tabla 2, pero se utilizan las mismas características (parámetros y criterios) para el algoritmo de ensamble de ráfagas clásico, ver Tabla 1; el algoritmo de ensamble de ráfaga mixto dinámico (propuesto), ver Tabla 2; y las de red, ver Tabla 2. Dado que el objetivo es analizar el impacto que tiene la variación de la semilla inicial generadora de tráfico sobre el desempeño en la red OBS-distribuida, puntualmente, cómo afecta la tasa de pérdidas de las ráfagas transmitidas o PB. Por otro lado, se analiza el impacto del algoritmo propuesto, dado que utiliza la técnica de lógica difusa para determinar el valor óptimo de cada uno de los parámetros de ensamble de ráfagas y se comparan sus resultados con un algoritmo de ensamble mixto clásico. Además, se analiza el impacto del nuevo algoritmo de ensamble de ráfagas sobre el desempeño en la red OBS distribuida con semilla variable, al comparar las ráfagas generadas y perdidas en cada uno de los escenarios.

DOI: <https://doi.org/10.21501/21454086.3204>

Tabla 1. Características del algoritmo de ensamble clásico

Algoritmos de ensamble de ráfagas propuestos Características generales	
Parámetro	Valores
Umbral de longitud (UL)	2.
Intervalo de tiempo (T)	0.0015seg
Semilla 1	20
Semilla 2	70
Semilla 3	150
Semilla 4	532570
Semilla 5	297834
Semilla 6	33
Semilla 7	7385
Semilla 8	40187
Semilla 9	9
Semilla 10	108

Tabla 2. Características de red y del algoritmo de ensamble propuesto

Algoritmos de ensamble de ráfagas propuestos Características generales	
Parámetro	Valores
Umbral de longitud (UL)	Rango: *2; *4; *6. Valor: 4.
Intervalo de tiempo (T)	Rango: *0.00225seg; *0.0025seg; *0.00275seg. Valor: 0.0025seg
Semilla 1	20
Semilla 2	70
Semilla 3	150
Semilla 4	532570
Semilla 5	297834
Semilla 6	33
Semilla 7	7385
Semilla 8	40187
Semilla 9	9
Semilla 10	108

Características de red	
Número de canales	*2 por Nodo Borde/Núcleo.
Número de nodos	14
Velocidad por canal	2.5Gb
Carga alta	*3.7us. Con 0.85seg Simulación.
Parámetro de desempeño	*Probabilidad de Bloqueo (PB)

En la Fig. 4 se muestran los resultados del algoritmo de ensamble de ráfagas clásico con color rojo y verde, y del algoritmo de ensamble de ráfagas mixto dinámico (propuesto) con color negro y azul. Se presenta el valor de la probabilidad de bloqueo para cada semilla (11 semillas). El valor de la semilla 0 es predefinida por la herramienta de simulación OMNeT y el valor de las semillas 1 al 10 son determinadas de forma aleatoria.

Al evaluar el impacto del algoritmo propuesto al compararlo con el algoritmo clásico, en cuanto a la probabilidad de bloqueo, se encuentra que mejora el desempeño de la red OBS distribuida al obtener una menor tasa de pérdida de ráfagas transmitidas, ver Fig. 4. Por ejemplo, para la semilla 0, con el algoritmo clásico la PB es de 34.71% (aproximado) y para el algoritmo propuesto la PB es de 25.12% (aproximado). De la misma forma, al seleccionar cualquier semilla 1 al 10, se obtiene que la PB del algoritmo propuesto es menor.

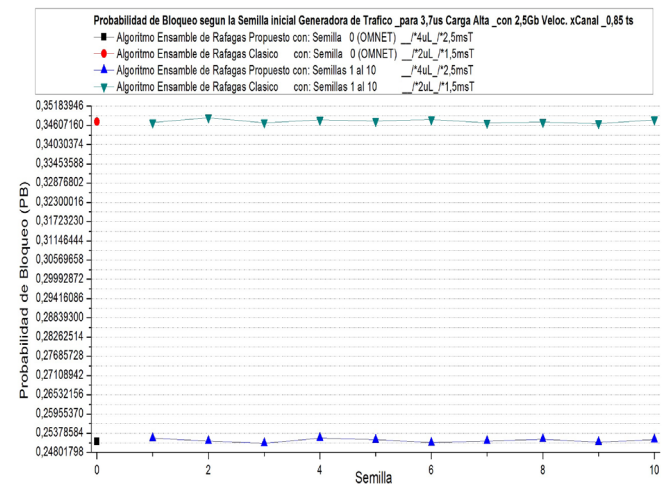


Fig. 4. PB vs Semilla, al implementar el algoritmo de ensamble propuesto y el clásico

Las Fig. 5 y Fig. 6 muestran las probabilidades de bloqueo determinadas al implementar el algoritmo de ensamble de ráfagas mixto clásico, de modo que varía la semilla inicial generadora de tráfico (11 valores).

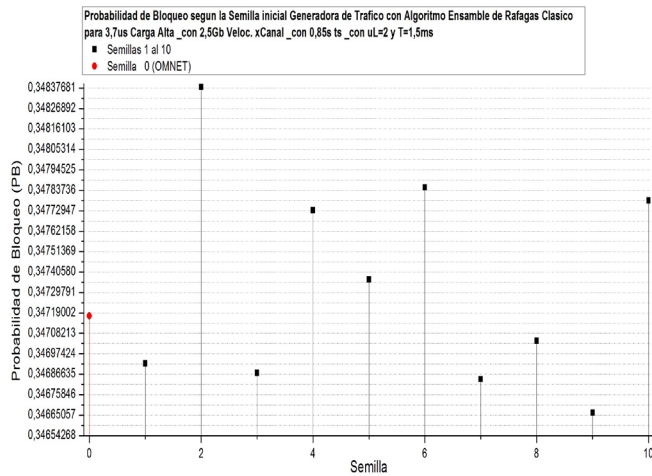


Fig. 5: PB vs Semilla, al implementar el Algoritmo de Ensamble Clásico

Con base en los resultados encontrados al implementar el algoritmo clásico vs semillas, en la Fig. 5 se deduce que la PB puede ser menor o mayor según el valor de la semilla, por ejemplo, para la semilla 2 y 9, la probabilidad de bloqueo (PB) encontrada para 2 es de 34.83% (aproximado) y para la 9 es de 34.66% (aproximado). Por lo tanto, variar las semillas hace que el flujo del volumen de tráfico sea aleatorio. Por otro lado, la Fig. 6 muestra el valor promedio de la probabilidad de bloqueo (PB) de las semillas 1 al 10 (valores aleatorios), con color rojo, donde para este caso, se puede deducir que la PB de la semilla 0 (OMNeT) estará siempre por debajo de la PB-promedio.

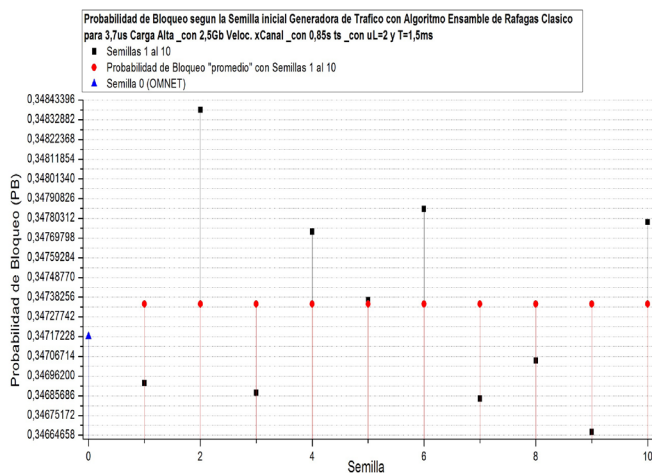


Fig. 6: PB vs Semilla vs PB-promedio al implementar el algoritmo de ensamble clásico

Las Fig. 7 y Fig. 8 presentan las probabilidades de bloqueo determinadas al implementar el algoritmo de ensamble de ráfagas mixto dinámico propuesto, allí varía la semilla inicial generadora de tráfico (11 valores).

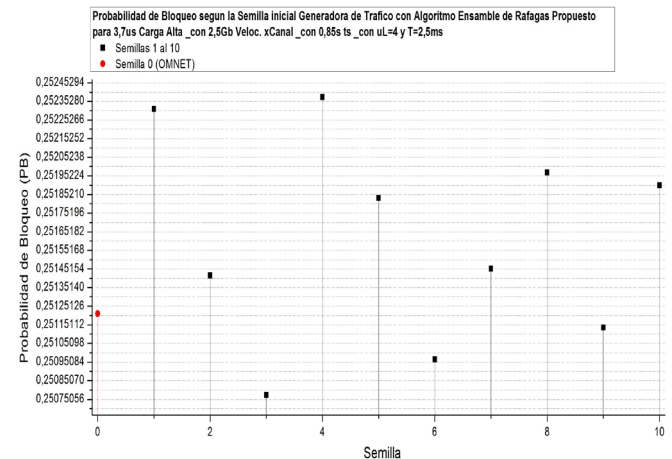


Fig. 7: PB vs Semilla al implementar el Algoritmo de Ensamble Propuesto

Según los resultados encontrados al implementar el algoritmo propuesto vs semillas, en la Fig. 7 se deduce que la PB puede ser menor o mayor según el valor de la semilla, por ejemplo, para la semilla 3 y 4, la probabilidad de bloqueo (PB) encontrada para 3 es de 25.07% (aproximado) y para la 4 es de 25.23% (aproximado). Por lo tanto, variar las semillas hace que el comportamiento de la red OBS distribuida tenga un flujo de volumen de tráfico más aleatorio. Por otro lado, en la Fig. 8 se muestra el valor promedio de la probabilidad de bloqueo (PB) de las semillas 1 al 10 (valores aleatorios) con color rojo. Para este caso, se puede deducir que la PB de la semilla 0 (OMNeT) estará siempre por debajo de la PB-promedio.

DOI: <https://doi.org/10.21501/21454086.3204>

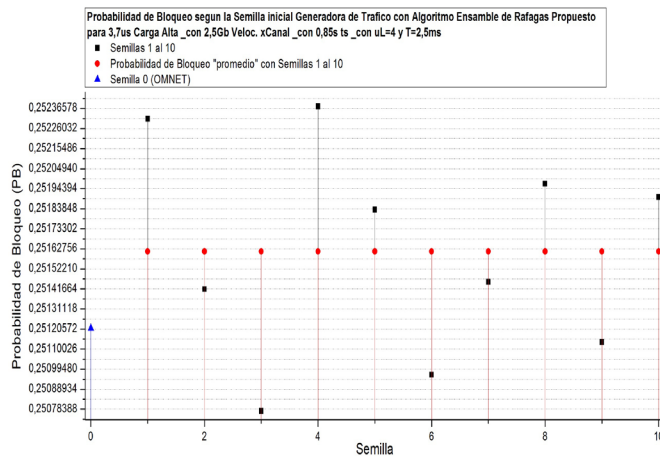


Fig. 8: PB vs Semilla vs PB-promedio al implementar el Algoritmo de Ensamble Propuesto

Las Fig. 9 y Fig. 10 evidencian las ráfagas generadas y perdidas al implementar el algoritmo de ensamble de ráfagas mixto clásico variando la semilla inicial generadora de tráfico, la semilla 0 (valor predeterminado por OMNET) y las semillas 1 al 10 (valores determinados aleatoriamente).

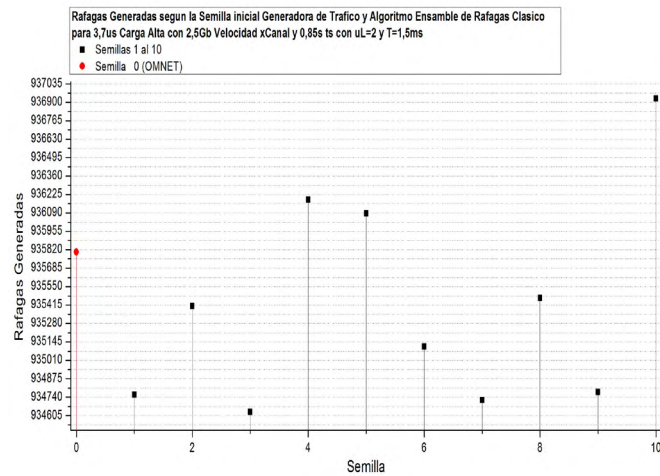


Fig. 9: Ráfagas generadas al implementar el algoritmo de ensamble clásico

Con base en los resultados encontrados al implementar el algoritmo clásico vs semillas, en la Fig. 9 se observa que la cantidad de ráfagas generadas puede ser menor o mayor según el valor de la semilla que se

esté utilizando, teniendo en cuenta que la fórmula para generar el tráfico en la fuente en el nodo borde de entrada OBS es fija, para carga alta con 3.7us y 0.85seg ts (tiempo de simulación). Por ejemplo, para la semilla 3 y 10, las ráfagas generadas para 3 son 934633 y para 10 son 936927, una diferencia de 2294 ráfagas. Por lo tanto, variar las semillas hace que el comportamiento de la red OSB distribuida tenga un flujo de volumen de tráfico más aleatorio. Por otro lado, en la Fig. 10 se observa que la cantidad de ráfagas perdidas puede ser menor o mayor y esto depende de dos factores: (1) según el valor de la semilla utilizada para generar la ráfaga; (2) el nivel de congestión en los nodos centrales o core OBS.

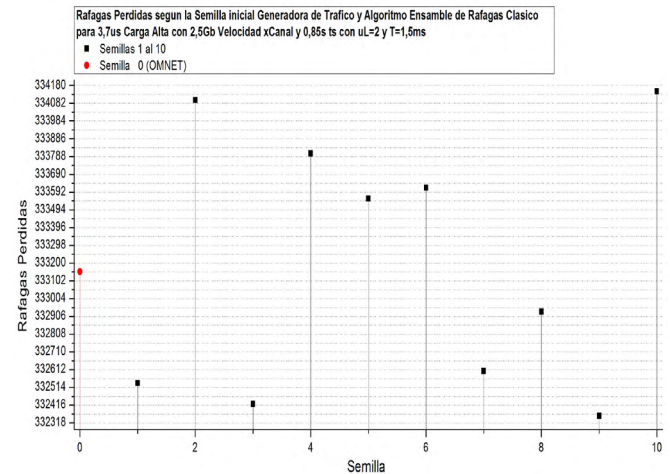


Fig. 10: Ráfagas perdidas al implementar el algoritmo de ensamble clásico

Las Fig. 11 y Fig. 12 muestran las ráfagas generadas y perdidas al implementar el algoritmo de ensamble de ráfagas mixto dinámico (propuesto) variando la semilla inicial generadora de tráfico, la semilla 0 (valor predeterminado por OMNET) y las semillas 1 al 10 (valores determinados aleatoriamente).

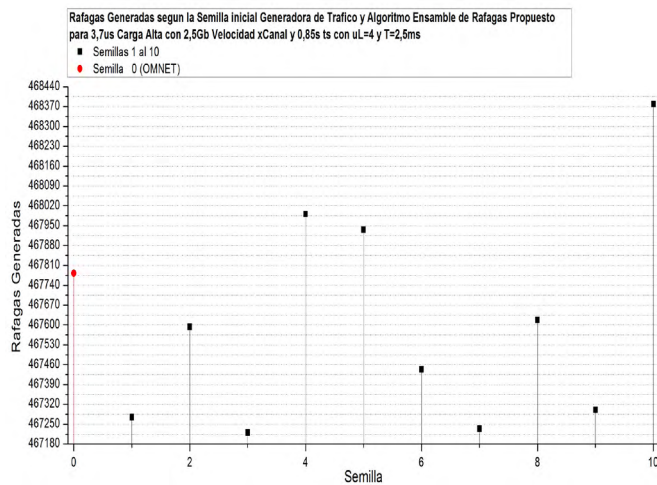


Fig. 11: Ráfagas generadas al implementar el algoritmo de ensamble propuesto

De acuerdo con los resultados encontrados al implementar el algoritmo propuesto vs semillas, en la Fig. 11 se observa que la cantidad de ráfagas generadas puede ser menor o mayor según el valor de la semilla que se utilice, teniendo en cuenta que la fórmula para generar el tráfico en la fuente en el nodo borde de entrada OBS es fija, para carga alta con 3.7us y 0.85seg ts (tiempo de simulación). Por ejemplo, para la semilla 3 y 10, las ráfagas generadas para 3 son 467221 y para 10 son 468379, una diferencia de 1158 ráfagas. Por lo tanto, variar las semillas hace que el comportamiento de la red OSB distribuida tenga un flujo de volumen de tráfico más aleatorio. Por otro lado, en la Fig. 12 se observa que la cantidad de ráfagas perdidas puede ser menor o mayor y esto depende de dos factores: (1) Según el valor de la semilla utilizada para generar la ráfaga; (2) El nivel de congestión en los nodos centrales o core OBS.

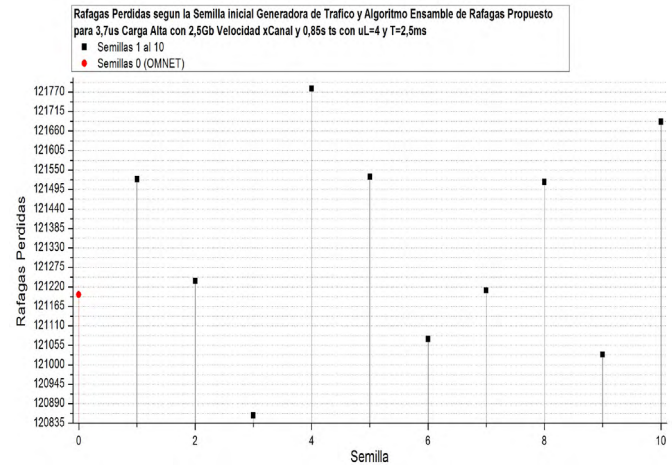


Fig. 12: Ráfagas perdidas al implementar el algoritmo de ensamble propuesto

2. TRABAJOS FUTUROS

Como trabajo futuro de investigación, se sugiere crear un algoritmo de ensamble mixto dinámico basado en la lógica difusa para realizar el proceso de ensamble de ráfagas de datos. De modo que la lógica difusa se implemente de forma concatenada repitiéndose las veces que sea necesario hasta encontrar la función de pertenencia triangular correcta, con el fin de asignar el valor óptimo de los parámetros de ensamble para la ráfaga con el tamaño adecuado.

Además, se propone crear un algoritmo de ensamble híbrido mixto dinámico. Híbrido porque se sugiere implementar la lógica difusa junto con otra técnica o metaheurísticas para realizar el proceso de ensamble de ráfagas de datos.

3. CONCLUSIONES

Como conclusiones específicas y más relevantes del trabajo, se destacan las siguientes:

- El algoritmo de ensamble de ráfagas mixto dinámico (propuesto), basado en la técnica lógica difusa, en contraste con el algoritmo de ensamble de ráfagas mixto clásico, tiene un nivel de complejidad más alto

DOI: <https://doi.org/10.21501/21454086.3204>

en cuanto a configuración y procesamiento, dado que tiene mayor número de parámetros y criterios. Aun así, se obtienen mejores resultados en la probabilidad de bloqueo –PB, es decir, mejora el desempeño de la red OBS distribuida.

- El algoritmo de ensamble de ráfagas mixto dinámico propuesto, basado en la técnica lógica difusa, en contraste con el algoritmo de ensamble de ráfagas mixto clásico, mejora el desempeño de la red OBS distribuida implementada, ya que disminuye la tasa de pérdidas de las ráfagas transmitidas sobre la red o probabilidad de bloqueo (PB), como se muestra en la Fig. 4. Ya que el algoritmo propuesto optimiza el valor de los parámetros de ensamble para crear la ráfaga con el tamaño adecuado.
- Con base en los resultados encontrados al implementar el algoritmo de ensamble clásico y el algoritmo de ensamble propuesto, se encuentra que la semilla inicial generadora de tráfico tiene un gran impacto sobre el desempeño de una red OBS distribuida, ya que la PB puede ser menor o mayor según el valor de la semilla, como se muestra en las Fig. 5, Fig. 6 y Fig. 7.
- Con base en los resultados encontrados al implementar el algoritmo de ensamble clásico y el algoritmo de ensamble propuesto, puntualmente, según el análisis de la cantidad de ráfagas generadas, ver Fig. 9, Fig. 10, Fig. 11 y Fig. 12, se concluye que la semilla tiene un gran impacto en el comportamiento de la red OBS distribuida, ya que, al cambiar el valor de la semilla, el flujo del volumen de tráfico es más aleatorio.

4. CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran la inexistencia de conflicto de interés con institución o asociación comercial de cualquier índole.

5. REFERENCIAS

- [1] A. L. Almeida Freire, "Comportamiento de redes OBS (Optical Burst Switching) con tráfico TCP", (trabajo de grado), Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Escuel Politécnica Nacional, Quito, 2010. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/4130>
- [2] J. P. Jue, and V. M. Vokkarane, *Optical Burst Switched Networks*, 2005. doi: 10.1007/b102280
- [3] J. G. López Perafán, "Diseño de métodos cross layer cognitivos para redes de comunicación óptica ráfagas (OBS)", (Tesis doctoral), Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, Universidad del Cauca, 2014. Disponible en: http://www.unicauca.edu.co/doctoradoce/publicaciones/Monografia_Lopez.pdf
- [4] M. Mangwala, and O. O. Ekabua, "A Survey of Burst Assembly Algorithms for Optical Burst Switching (OBS)". *International Journal of Engineering and Technology Research*, vol. 1, no. 7, pp. 107-115, 2013. Available: <https://pdfs.semanticscholar.org/3d96/c9ac8ddef4f811fd04626cc1d94388a285ac.pdf>.
- [5] M. Kozák, "Efficient Control, Routing, and Wavelength Assignment in Loss-Less Optical Burst Switching Networks", (Ph.D. dissertation), Department of Telecommunication Engineering, Czech Technical University in Prague, 2015. Available: <https://www.semanticscholar.org/paper/Efficient-Control-Routing-and-Wavelength-Assignment-Kozak/e55a48832798e24c99e8bce15cccfa9db9a921db>.
- [6] T. Venkatesh, and S. R. Murthy, "Chapter 1, Introduction to Optical Burst Switching", in *An Analytical Approach to Optical Burst Switched Networks*, Springer, 2010, pp. 132-137. Available: <https://www.springer.com/gp/book/9781441915092>
- [7] N. A. Jiménez, y J. G. López, "Evaluación del desempeño de un algoritmo de ensamble de ráfagas híbrido dinámico al variar la semilla inicial generadora

- de tráfico implementado en una red OBS distribuida", *Perspectiv@s*, vol. 15, no. 16, pp. 42-49, 2018. Disponible en: <http://revistas.uigv.edu.pe/index.php/perspectiva/article/view/603/528>
- [8] A. Gupta, R. S. Kaler, and H. Singh, "Investigation of OBS assembly technique based on various scheduling techniques for maximizing throughput", *Optik*, vol. 124, no. 9, pp. 840-844, 2013. doi: 10.1016/j.ijleo.2012.01.044
- [9] V. Zagorskis, "Using the probabilistic model checker PRISM to analyze H-OTBA algorithm in Optical Burst Switching (OBS) networks", in *Advances in Wireless and Optical Communications (RTUWO)*, Riga, Latvia, 2015, pp. 132-137. doi: 10.1109/RTUWO.2015.7365736
- [10] A. Kumar Garg, "A Novel Hybrid Approach for Efficient Network Utilization of OBS". *International Journal of Software Engineering and Its Applications*, vol. 6, no 1, pp. 47-60, 2012. Available: <https://pdfs.semanticscholar.org/62ba/7c52586216226f8b01115a0825fbd670af5c.pdf>.
- [11] V. Minh N., V. Hoa L, and H. Son N, "A model of optimal burst assembly for delay reduction at ingress OBS nodes". *Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences*, vol. 25, pp. 3970-3982. doi: 10.3906/elk-1608-290
- [12] A. A. Yayah, A. S. Ismail, and Y. Coulbaly, "A Review Burst Assembly Techniques in Optical Burst Switching (OBS)". *Journal Teknologi*, vol. 73, no. 2, pp. 1-6. doi: 10.11113/jt.v73.4183.
- [13] S. Dumych, "Study on Traffic Aggregation Algorithms for Edge Nodes of Optical Burst Switching Network". 13 th International Conference on Modern Problems of Radio Engineering. Telecommunications and Computer Science (TCSET), Lviv, Ukraine, 2016, pp. 947-849. doi: 10.1109/TCSET.2016.7452233.
- [14] N. M. Garcia dos Santos, "Architectures and Algorithms for IPv4/IPv6-Compliant Optical Burst Switching Networks", (Ph.D. dissertation), Department of Computer Science, University of Beira Interior, Covilhã, Portugal, 2008. Available: <http://www.di.ubi.pt/~mario/files/PhDThesis-NunoGarcia.pdf>
- [15] A. M. Umaru, M. S. ABD Latiff, and Y. Coulbaly, "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, pp. 220-227, 2014. Available: <http://www.jatit.org/volumes/sixtyseventh1.php>
- [16] A. M. Umaru, M. S. ABD Latiff, and Y. Coulbaly, "Fuzzy-Based Adaptive Hybrid Burst Assembly Technique for Optical Burst Switched Networks", *Journal of Computer Networks and Communications*, vol. 2014, 2014. doi: 10.1155/2014/803518