**CONTENIDO**

[1. DESCRIPCIÓN DE LAS INTERFACES DE LA SALIDA 2](#_Toc319161544)

[1.1. Descripción restricciones para la computación de camino 2](#_Toc319161545)

[1.1.1. Atributos del enlace en GMPLS 2](#_Toc319161546)

[1.1.2. Atributos de camino 6](#_Toc319161547)

[1.1.3. Restricciones del proceso de computación de camino. 7](#_Toc319161548)

[1.2. Descripción de las interfaces de salida del modelo AG2 9](#_Toc319161549)

[2. DEFINICIONES DEL MODELO DINÁMICO AG2 10](#_Toc319161550)

[2.1. Definiciones teóricas del modelo de la red 10](#_Toc319161551)

[2.2. Definiciones matemáticas del modelo de la red 11](#_Toc319161552)

[2.3. Definiciones teóricas del modelo de la grilla: 12](#_Toc319161553)

[2.4. Definición de los eventos, acciones, estados y funciones de costo del proceso de decisión markoviano de tiempo continuo 13](#_Toc319161554)

[3. SIGLAS Y CONVENCIONES 16](#_Toc319161555)

# DESCRIPCIÓN DE LAS INTERFACES DE LA SALIDA

### Descripción restricciones para la computación de camino

El mecanismo el cual genere solicitudes de establecimiento y finalización de los LSP’s del modelo AG2 debe poder generar valores que cumplan con el estándar actual de las restricciones del proceso de computación de camino (PCC[[1]](#footnote-1)) basado en restricciones de la arquitectura GMPLS, para lo cual se hace necesario hacer una introducción conceptual de los diferentes tipos de restricciones, las cuales se clasifican en:

* Restricciones de tipo-enlace.
* Restricciones de tipo-camino.
* Restricciones basadas en inclusiones.
* Restricciones basadas en exclusiones.

### Atributos del enlace en GMPLS

Para cumplir los parámetros de los algoritmos de computación de camino basado en restricciones de la arquitectura GMLPS, el algoritmo fábrica de restricciones, debe generar restricciones basadas en los diferentes atributos del enlace, los cuales están estandarizados en GMPLS[[2]](#footnote-2).

* Métrica de ingeniera de tráfico.
* Grupo de administración.
* Tipo de protección de enlace.
* Grupo de enlaces riesgo compartido.(*Shared Risk Link Group, SRLG*).
* Descriptor de la capacidad de computación de la interface. (Interface Switching Capability, ISC)

#### Métrica de ingeniera de tráfico

Es usado como un costo de la arista direccionada que representa el enlace TE sobre el grafo de la red, este valor numérico es establecido y publicado por el controlador del conmutador, a su vez cada controlador de red introduce este costo a su grafo de red. Esta métrica es usada para establecer los posibles caminos de menor costo.

#### Grupo de administración

Este atributo es un número de 32 bits, que puede ser publicado por cada enlace. Cada bit representa una calidad conocida del enlace, así el proceso de computación de camino puede ser restringido para evitar o forzar el uso de ciertos enlaces por su calidad, dependiendo del tipo de servicio requerido[[3]](#footnote-3).

#### Tipo de protección de enlace.

Este atributo representa la capacidad que tiene un enlace para brindar y recibir ciertas protecciones. Este atributo es usado como restricción al considerar enlaces que garanticen un aceptable nivel de protección del tipo de servicio requerido. Todas las actuales capacidades de protección son presentadas en la siguiente tabla.

Tabla de los tipos de capacidades de protección de los enlaces GMPLS[[4]](#footnote-4)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Atributo | Capacidad | Descripción |
| 0x01 | Trafico Extra | Este enlace es establecido para proteger uno más enlaces, otros servicios pueden usar el enlace pero serán interrumpidos si falla alguno de los enlaces que están protegiendo. |
| 0x02 | Sin protección | Este enlace no cuenta con ninguna protección, si el enlace falla el servicio será suspendido. |
| 0x03 | Compartido | Existe uno o más enlaces disyuntos de “trafico extra” que protegen este enlace, además otros enlaces “compartidos” son a su vez protegidos por el mismo enlace de “trafico extra”. |
| 0x04 | Dedicado 1:1 | Existe un enlace disyunto de “extra trafico” para proteger este enlace y la protección no es compartida con otros enlaces. |
| 0x05 | Dedicado 1+1 | Existe un enlace disyunto de “extra trafico” para proteger este enlace y la protección no es compartida con otros enlaces, además el enlace de protección no es publicado por los protocolos de enrutamiento, otros servicios no pueden usarlo. |
| 0x06 | Mejorado | Esquemas de protección avanzadas protegen este enlaces tales como BLSR/MS-SPRING |

#### Grupo de enlaces riesgo compartido

Este atributo identifica todos los grupos de riesgo compartido a los cuales un enlace pertenece, este riesgo se refiere a la posibilidad de que estos enlaces puedan ser afectados cuando un recurso común de red falle. Cada enlace puede pertenecer a múltiples *SRLGs,* así cada atributo de enlace SRLG puede incluir más de un identificador *SRLG*. Este identificador es un número único de 32 bits.

Este atributo es bastante útil para la recuperación del LSP. Es siempre deseable para el servicio de recuperación de LSP, usar un camino los mas disyunto posible del servicio original de establecido del LSP, así una falla en la red no afecte ambos LSP’s, es fácil concluir que debemos restringir el proceso de computación de camino para asegurar que los LSP no compartan SRLG’s.

#### Descriptor de la capacidad de computación de la interface (ISC)

A pesar que el *ISC* es catalogado como un atributo del enlace, es realmente la descripción el tipo de interface de datos, este atributo contiene la siguiente información:

* Tipo de capacidad de la interface de computación.
* Tipo de codificación de datos.
* Máximo ancho de banda disponible para la reservación del LSP de cada nivel de prioridad.

Para la capacidad de conmutación de paquetes el ISC provee información adicional:

* Ancho de banda mínimo para el LSP.
* Unidad de transferencia máxima de la interface (MTU).

Para la capacidad de computación TDM el ISC provee información adicional:

* Ancho de banda mínimo para el LSP.
* Indicador si el modelo Estándar oArbitrariode *SONET/SDH* es soportado.

Los tipos de capacidades de la interface de computación en GMPLS se describen en la siguiente tabla.

Valores de los tipos de capacidades de conmutación de la interface de datos[[5]](#footnote-5)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Identificador | Tipo de capacidad de computación | Descripción |
| 1 | PCS-1 | Capacidad de conmutación de paquetes nivel 1 |
| 2 | PCS-2 | Capacidad de conmutación de paquetes nivel 2 |
| 3 | PCS-3 | Capacidad de conmutación de paquetes nivel 3 |
| 4 | PCS-4 | Capacidad de conmutación de paquetes nivel 4 |
| 51 | L2SC | Capacidad de conmutación de la capa 2 |
| 100 | TDM | Capacidad de conmutación por división de tiempo |
| 150 | LSC | Capacidad de conmutación de lambda |
| 200 | FSC | Capacidad de conmutación de fibra. |

El tipo de codificación de datos esta siempre relacionado con la capacidad de conmutación, este provee información sobre la codificación soportada en la interface, esto hace referencia al formato de presentación para el medio de transporte. La tabla mostrada a continuación describe todos tipos de codificación soportadas por la actual arquitectura GMPLS.

Valores para los tipos de codificación de datos[[6]](#footnote-6)

|  |  |
| --- | --- |
| Identificación | Tipo de codificación de datos |
| 1 | Packet |
| 2 | Ethernet |
| 3 | ANSI/ETSI PDH |
| 4 | Reservado |
| 5 | SDH ITU-T G.707/SONET ANSI T1.105 |
| 6 | Reservado |
| 7 | Digital wrapper |
| 8 | Lambda (photonic) |
| 9 | Fiber |
| 10 | Reservado |
| 11 | Fiber channel |

El máximo ancho de banda disponible para la reservación del LSP de cada nivel de prioridad, se refiere al valor del ancho de banda que está disponible en un enlace para un nuevo servicio de cierto nivel de prioridad, así el PCC puede considerar solamente aquellos que tengan el suficiente ancho de banda.

### Atributos de camino

Los atributos de camino son características del camino o de un segmento del camino que puede influenciar la decisión de aceptación o rechazo en el proceso de selección de camino. Usualmente todos los enlaces que componen el camino contribuyen a generar el valor para el atributo, por lo tanto este puede ser calculado de acuerdo a siguiente fórmula[[7]](#footnote-7):



Donde: “Latr(a)” son los atributos del enlace usados por el camino “p” y representado en el grafo por el arco “a”. A continuación se mencionan algunos atributos de camino.

* Longitud total del camino.
* Total de retraso de extremo a extremo.
* Total de conversiones óptico-eléctrico-óptico.
* La unión de todos los SRLG que constituyen el camino.

### Restricciones del proceso de computación de camino.

#### Exclusiones

Las exclusiones globales son fácilmente implementadas al eliminar del grafo las aristas y los vértices que representan los nodos y vértices que deben ser excluidos, y luego ejecutar el correspondiente algoritmo de computación de camino sobre el grafo modificado.

El problema es bastante complejo cuando se requiere dos o más caminos disyuntos, cada uno con su propio conjunto privado de exclusiones, porque no se pude resolver con los algoritmos tradicionales debido a que estos asumen cierto intercambio de información de segmentos entre los caminos. Este inconveniente se puede resolver de la misma forma en que se resuelve las restricciones de tipo-camino, pero el costo computacional es elevado.

#### Restricciones de tipo-enlace

En este tipo de restricciones se tiene una función la cual toma uno o más atributos del un enlace dado y retorna solo dos posible valores, VERDADERO si el enlace cumple con la condiciones para que se pueda establecer el camino sobre este, si no cumple esta función retorna FALSO, lo que significa que este enlace será eliminado del grafo que representa la red. De esta forma es fácil notar que estas restricciones pueden ser manejadas en una forma similar a las exclusiones globales.

#### Inclusiones

El problema de las inclusiones globales (restringir al proceso de computación de camino para que escoja cierto enlaces o nodos) puede ser formulado como una solicitud para computar uno o más caminos disyuntos, donde cada uno de ellos debe cruzar una lista ordena de nodos. Por lo tanto este problema puede ser resuelto al modificar alguno de los algoritmos de selección de camino sin restricciones.

El algoritmo modificado debe tomar en consideración los siguientes pasos.

1. “Asegurar que en la lista de inclusiones los nodos y enlaces no se repitan.
2. Ejecutar un algoritmo de selección de camino más corto, para determinar el camino desde el origen a la primera inclusión.
3. Si el destino del anterior segmento es también el destino de todo el camino del algoritmo se termina y retorna el camino resultante, diferenciando los diferentes segmentos que generaron las inclusiones.
4. Si no, tomar los vértices elegidos por el anterior segmento y adicionarlos en la lista de exclusiones (esto se hace para evitar *ciclos* ), y ejecutar un algoritmo de selección de camino más corto que puede tener en consideración la lista de exclusiones
5. Si la computación de camino del paso 4 es exitosa, regresar al paso 3.
6. Si no, recursivamente re-computar los caminos para todos los segmentos previos comenzando por el exitoso mas reciente.
7. Si el paso 6 es exitoso ir al paso 3.
8. Si no, terminar el algoritmo, y se concluye que el camino con esas inclusiones no existe.”[[8]](#footnote-8)

#### Restricciones de tipo-camino

Las restricciones de camino no cumplen con el esquema de eliminación de vértices y aristas del grafo de la red a priori del proceso de computación de camino, debido a que los parámetros necesarios para evaluar la condición de la restricción solo son conocidos luego de la tener todo el camino computado.

Las restricciones de camino son muy importantes para el proceso de cómputo de caminos sobre redes ópticas, ya que los caminos pueden atravesar una o más redes transparentes. Debido a que la calidad de la señal óptica en dichas redes puede cambiar dramáticamente entre puntos de regeneración.

Un forma de reducir el impacto en la calidad de las redes ópticas es adicionar una restricción de camino que permita producir un deseado camino, el cual no atraviese un número máximo de redes transparentes o un camino en el cual la longitud de cada segmento entre puntos de regeneración siempre sea menor a cierto valor, para así garantizar cierta calidad de servicio.

## Descripción de las interfaces de salida del modelo AG2

\* Complejidad computacional de la función GMPLS

\*\*El enlace ID; identificador de enlace TE, el cual es único para cada enrutador, así se puede diferenciar cada enlace lambda con una combinación de la dirección IP de la interface y el enlace ID.

# DEFINICIONES DEL MODELO DINÁMICO AG2

## Definiciones teóricas del modelo de la red

* Se trabajara solo sobre la topología física de fibras y sobre la virtual óptica.
* Se asume que no existen convertidores de longitud de onda (λ) en la red. Esto quiere decir que el λSP ocupa la misma longitud de onda por todas las fibras que pasa.
* Pueden existir multiples λSP´s entres par de nodos.
* Se asume que solo existe una fibra entre los nodos que están conectados.
* Se asume que el camino de menor salto (*minimum hop path*) permanece constante durante el proceso de optimización. Esta presunción es válida porque la adición o eliminación de fibras hace parte de un planeamiento de largo plazo.
* Se asume que la tecnología WDM es empleada para suministrar diferentes longitudes de onda simultáneamente sobre la fibra, y numero de longitudes de onda permanece constante durante el proceso de optimización.
* Se define el ***λSP de nivel 0*** como el LSP **por omisión** que es la representación directa de la fibra en la red física. Por lo tanto cada fibra óptica entre par de nodos contiene un λSP por defecto, no contiene saltos (hops) intermedios y no existe restricción en la longitud de onda a usar. Además los λSP´s de nivel 0 no están sujetos a consideración en el proceso de optimación en lo referente a la creación o eliminación de los mismos, pero si pueden ser objeto de redimensionamiento.

## Definiciones matemáticas del modelo de la red

Se adicionaran subíndices a las definiciones para expresar que estamos haciendo referencia a un par de nodos, por ejemplo:

1. La red va a estar representada por medio de un grafo (G), compuesto por un conjunto de nodos (***N***) y un conjunto de aristas (L).

***N*** es un conjunto de nodos (conmutadores) en la red y es común para todas las topologías, sean físicas o virtuales.

* 1. Topología de fibras. Donde:
  2. Topología de λSPs:

1. Se define el λSP de nivel cero:
2. Se define un λSP directo como:

*ó eliminar.*

1. Se define la ruta de saltos más corta entre los nodos i y j:
   1. Topología de fibras:
   2. Topología de λSPs:
2. Para cada λSP y Fibra entre nodos i y j, se define la capacidad de ancho de banda:
   1. Topología de fibras:
   2. Topología de λSPs:

.

1. Para cada λSP y Fibra entre nodos i y j, se define la capacidad disponible de ancho de banda:
   1. Topología de fibras:
   2. Topología de λSPs:

.

1. Para cada λSP y Fibra entre nodos i y j, se define la capacidad ya reservada del ancho de banda:
   1. Topología de fibras:
   2. Topología de λSPs:
2. En cada fibra óptica encontramos los siguientes elementos:
3. Solicitudes de ancho de banda que llega a los conmutadores i y j.

## Definiciones teóricas del modelo de la grilla:

1. La atomicidad que se tendrá en cuenta será a nivel de **“trabajo”,** por ende, no se contemplaran las tareas como partes constitutivas del trabajo y tampoco se tendrá en cuenta la dependencia entre tareas, ya que estas últimas simplemente no existen en nuestro modelo.
2. De darse el caso que un trabajo para su procesamiento necesite “**datos en bruto**” (*raw data*), se asumirán que dichos datos en bruto se encontraran en la misma ubicación que la entidad que está generando dichos trabajos.
3. El esquema de asignación de trabajos será de forma “**dinámica**”.
4. La tipo de arquitectura en que los Agendadores (**Middlewares**) se relacionan será “**distribuida**” en modo no “**cooperativo**”.
5. Se define como “**Tiempo de propagación**” (Makespam): al tiempo gastado desde el inicio de la primera tarea del trabajo hasta el final de la última tarea del trabajo en el recurso que lo procesa. Por ende, en el marco de nuestro modelo, el tiempo de propagación será el tiempo gastado por el recurso en procesar un trabajo.

## Definición de los eventos, acciones, estados y funciones de costo del proceso de decisión markoviano de tiempo continuo

Todas las definiciones son provistas para un par de nodos , por lo tanto para la definición formal se suprime el subíndice respectivo.

DEFINICIONES

1. Trabajo:
2. Eventos:
3. Estados:
   1. Se define el estado de de la topología óptica entre 2 nodos , asi:

Siendo el ancho de banda total disponible en todos los λSP entre los nodos , es la parte de B que esta enrutada en los λSPs directos entre los nodos , es la parte de B que está siendo enrutada en los λSPs sobre y el numero de λSPs entre los nodos .

* 1. Se define el estado de la relación entre el cliente y el recurso (c-r), así:

Siendo el número de procesadores libres en un nodo computacional dedicado al procesamiento.

Siendo la capacidad de procesamiento total disponible en un nodo computacional dedicado al procesamiento.

* 1. Se define el estado extendido del conjunto de la topología óptica y la grilla así:

Expandiéndolo, queda así:

1. Acciones:

Se asume que en el instante de tiempo , el evento ocurre, el cual tiene que ser manejado por la red y la grilla. La red y grilla deciden que acciones llevar a cabo para manejar dicho evento, así:

1. Se definen las acciones en la grilla***:***
2. Se definen las acciones en la topología óptica:

1. *Se expresan las acciones combinadas en ambos niveles, así:*
2. Función de costo:
3. Definimos el costo sobre la red óptica de un flujo de datos, en tres partes, así:

* El costo de ancho de banda, .
* El costo de señalización, .
* El costo de conmutación,

El costo de ancho de banda como el de conmutación depende del tiempo para el cual el sistema se encuentre en dicho estado. Por lo tanto:

y

,

donde es el tiempo hasta cuando ocurre el siguiente evento. El costo de señalización se da solo en el instante cuando la acción es elegida.

1. Definimos el costo sobre la grilla de procesar un trabajo, así:
2. Se define el costo total de enviar sobre la red óptica flujo de datos, así:
3. Se define el costo total de enviar sobre la red óptica un trabajo junto con sus datos en bruto, procesar dicho trabajo y luego recuperar dichos datos resultantes del procesamiento, así:

donde

Ya que se asume que el sistema de estimación de estados del agendador, contiene un estado actual y un histórico de los recursos, esta es calculada en un porcentaje donde el 1 significa que el rendimiento estimado respecto del rendimiento recibido fue el mismo. Para <1 se da si el rendimiento recibido es mayor que el rendimiento estimado y >1 si el rendimiento recibido es menor que el rendimiento estimado. Esta se calcula en base al promedio histórico del recurso.

# SIGLAS Y CONVENCIONES

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Sigla | Definición | Definición en ingles |
| ISC | Capacidad de computación de la interface. | Interface Switching Capability |
| LSC | Capacidad de computación de lambda. | Lambda Switch Capable |
| [LSP](http://es.wikipedia.org/wiki/Label_Switched_Path) | Camino conmutado de etiquetas | [Label Switched Path](http://es.wikipedia.org/wiki/Label_Switched_Path) |
| PSC | Capacidad de conmutación de paquetes | Packet Switch Capable |
| SRLG | Grupo de enlaces riesgo compartido | Shared Risk Link Group |
| TDM | Capacidad de conmutación por división de tiempo | Time Division Multiple Capable |
| PCC | Proceso de computación de camino. |  |
| Enlace TE | Enlace de ingeniería de tráfico. | TE Link (Traffic Engineering) |
| MTU | Unidad de transferencia máxima de la interface | Maximum Transfer Unit |

1. PCC (proceso de computación de camino). Acrónimo establecido arbitrariamente para mejorar la lectura del documento. [↑](#footnote-ref-1)
2. Farrel 173 [↑](#footnote-ref-2)
3. Farrel 174 [↑](#footnote-ref-3)
4. Farrel 174 [↑](#footnote-ref-4)
5. Farrel pag 176 [↑](#footnote-ref-5)
6. Farrel 176 [↑](#footnote-ref-6)
7. Farrel 235 [↑](#footnote-ref-7)
8. Farrel 243 [↑](#footnote-ref-8)