

# Diseño de una red virtual robusta y económica

Por Marcelo Píriz, Marcelo Labanca, Natalia Rivera y Martín Sellanes\*

**Estudiantes de Ingeniería en Computación, en su trabajo de fin de carrera, desarrollaron una red overlay de datos sobre la red de transporte de comunicaciones de ANTEL, trabajo por el cual obtuvieron un premio de la Academia de Ingeniería. (1)**

Una red *overlay* es una red virtual que se modela sobre otra red existente, es decir, utiliza algunas de las conexiones de una red física subyacente, para conectar a los nodos (computadoras, o servidores, *routers*, *switchers*, etc..) de la nueva red virtual tendida sobre ésta. Por ejemplo, los clásicos programas de la Internet por medio de los cuales se puede compartir archivos de música, películas, etc. funcionan mediante una red *overlay*. Cada usuario se ve en las pantallas de dichos programas conectado con muchos otros, pero no existe una conexión de cable que vaya directamente desde su computadora hacia la de los otros usuarios. Cuando se envían información, ésta viaja por cientos de cables y por aparatos que le van indicando a la información el camino que debe seguir dentro de la red física.

La figura ilustra un ejemplo de una red de este tipo. En la parte superior se encuentra una red de datos (la red *overlay*) que tiene doce nodos, que serían, por ejemplo, PCs de hogares o sea lugares de partida y llegada de la información, representados con los cilindros y cuatro de ellos conectados entre sí, lo que se indica con líneas punteadas. Estas conexiones entre los nodos de la red de datos simbolizan enlaces virtuales, es decir que no existen realmente, ya que la información va a viajar por los enlaces físicos reales de una red de transporte que se encuentra por debajo. Cada nodo de la red de datos tiene un único nodo correspondiente en la red de transporte (un nodo en la red de transporte podría ser por ejemplo una central de ANTEL donde se conectan distintos cables de conexión entre ciudades), por lo que la información va a viajar por un camino en la red de transporte que puede tener varios pasos pero que termina conectando a los dos correspondientes nodos en la red de datos. Como pueden existir varios caminos posibles, es necesario determinar, para la red *overlay*, cuáles caminos efectivamente se utilizarían para cada par de nodos que requieran comunicación. Tenemos, a modo de ejemplo, que el enlace virtual 1 identificado con una línea punteada verde en la parte superior (red de datos), se corresponde con el camino en la red de la parte inferior (red de transporte), formado por enlaces indicados con líneas enteras verdes numeradas con 1. Lo mismo se ejemplifica con otros colores para las conexiones virtuales 2 y 3 de la red *overlay*.

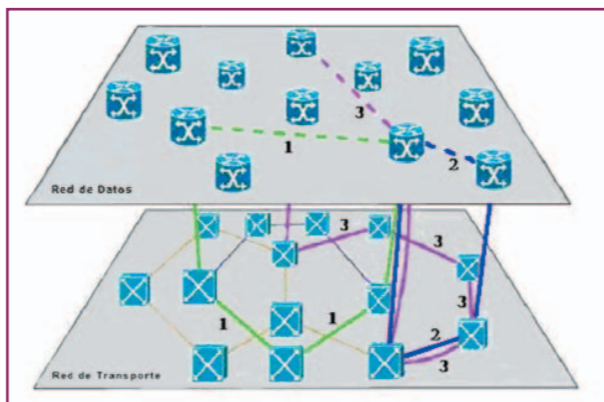


Diagrama representando una red de datos y una de transporte (2)

El proyecto de fin de carrera de Ingeniería en Computación de la Universidad de la República (UdelaR) que realizamos los autores de esta nota, consistió en definir los enlaces, es decir, las conexiones virtuales entre un punto de partida y otro de llegada, de una red *overlay* de datos, utilizando el menor ancho de banda posible (para disminuir los costos) pero que a la vez fuera suficiente para soportar el tráfico de información que debería circular entre cada par de nodos virtuales. Además, para cada uno de esos enlaces virtuales debíamos asignarle como mínimo dos caminos en la red real, que en este caso es una red de transporte, tales que no compartieran ningún enlace en dicha red.

Esta última exigencia, el hecho de tener dos caminos que no comparten ningún enlace, hace que la red de datos sea robusta. Ante la falla de uno de los enlaces de transporte, el camino que tiene el enlace defectuoso ya no se puede utilizar, pero se tiene el otro camino que, al no compartir ningún enlace con el primero, está en condiciones de transmitir la información.

## ANTEL

El proyecto se realizó en el marco de un convenio entre la Facultad de Ingeniería y ANTEL, por lo que ANTEL facilitó la información sobre ambas redes necesaria para resolver el problema (mediante la firma de un acuerdo de confidencialidad) y los tutores proporcionaron un mo-

delo matemático del problema, es decir una formalización del mismo con un conjunto de restricciones escritas como ecuaciones, que debían ser satisfechas por la solución que se encontrara.

En lo que respecta a la red de transporte, la red física de ANTEL, el ente estatal proporcionó la información de cómo se despliega la misma en el territorio uruguayo, es decir sus nodos (en este caso los nodos son las estaciones o centrales de ANTEL, empalmes de conexión de cables de fibra óptica reales) y cómo éstos están conectados entre sí, indicando la longitud real de cada enlace, o sea la distancia real entre cada dos centrales de ANTEL conectadas entre sí.

Esta información es importante porque se busca que los caminos que conecten los nodos en la red *overlay* de datos sean lo más cortos posibles con el fin de abaratar los costos de la comunicación. Para esto se deben buscar los caminos más cortos en la red de transporte.

Para la red *overlay* de datos ANTEL proporcionó los nodos existentes (indicando para cada uno su correspondiente en la red de transporte), y cuáles de ellos iban a intercambiar información (indicando la cantidad de tráfico). También indicó una lista de las tecnologías, o sea las capacidades de ancho de banda que existen disponibles y el costo de cada una de ellas.

## Soluciones encontradas

En primera instancia intentamos codificar el modelo matemático proporcionado por los tutores para conseguir una solución exacta al problema, es decir la que tuviera el menor costo. Luego nos dimos cuenta que esto no iba a ser posible, ya que el cálculo requería un tiempo no tolerable (en el entorno de años) dadas las grandes dimensiones del problema en cuanto a cantidad de nodos y enlaces. Este tipo de problemas es conocido en la terminología computacional como NP-Completo.

Debido a esto intentamos dos soluciones aproximadas (heurísticas) para conseguir una solución cercana al costo mínimo, pero con un resultado de tiempo inmediato.

Una heurística es un algoritmo (conjunto pre-escrito de instrucciones o reglas bien definidas, ordenadas y finitas que permiten realizar una actividad mediante pasos sucesivos) que se aplica cuando es imposible encontrar una solución óptima por razones de tiempo o espacio u otros, lo que intenta este algoritmo es buscar una solución cercana a la solución óptima en tiempo aceptable.

La idea de aplicar la primera heurística era obtener una solución inicial para ser tomada como punto de referencia al modelo exacto y así disminuir el tiempo de cálculo del mismo, pero tampoco tuvimos buenos resultados ya que la solución exacta seguía consumiendo un tiempo inaceptable, por lo que decidimos pensar una segunda heurística como solución final y que abarcara todos los criterios posibles de minimización.



Marcelo Labanca, Marcelo Píriz, Natalia Rivera y Martín Sellanes.

Esta segunda heurística resultó ser el punto fuerte del proyecto, debido a que da soluciones muy buenas en menos de un minuto de cálculo.

Nuestro abordaje consistió en agrupar los nodos de la red de datos en grupos, tales que todos los nodos de un grupo tienen que intercambiar información con los nodos de otro grupo, a continuación definir un enlace virtual entre los grupos con una tecnología de capacidad elevada de ancho de banda que soporte la suma de todos los tráficos que pueden llegar a intercambiarse entre los nodos de los grupos.

Posteriormente debimos definir enlaces virtuales dentro de los grupos para que cada nodo miembro tenga cómo llegar al nodo que tiene el enlace virtual de salida hacia el otro grupo. Con esto nos evitamos definir un enlace virtual entre cada par de nodos que tienen que intercambiar información, lo que reduce significativamente el costo de la solución.

Por otra parte para hallar los caminos más cortos en la red de transporte, utilizamos el conocido algoritmo computacional llamado Dijkstra, en honor a su creador, que permite hallar caminos mínimos en una red con enlaces de diferentes costos o distancias.

También se efectuaron simulaciones para probar la robustez de la red propuesta ante distintas fallas.

## Conclusiones finales

El resultado obtenido parece muy promisorio ya que permite encontrar soluciones cercanas a la óptima en tiempos muy cortos y creemos que puede ser una solución a tener en cuenta por ANTEL, ya que la misma es genérica y se puede adaptar automáticamente a los cambios que ANTEL haga a futuro en su infraestructura.

### Notas:

1. El proyecto "Diseño robusto de red overlay mediante heurísticas y codificación de modelo exacto (Proyecto en el Marco de Convenio ANTEL-FING)" fue desarrollado por los estudiantes Marcelo Píriz, Marcelo Labanca, Natalia Rivera y Martín Sellanes, bajo la tutoría de los docentes Carlos Testuri y Franco Robledo. Se llevó a cabo en el período de marzo 2009 a noviembre 2010, como proyecto de fin de carrera de Ingeniería en Computación de la Facultad de Ingeniería de Universidad de la República.

2. Imagen tomada de la tesis de Maestría de Ingeniería Matemática de Claudio Risso, quién colaboró en el vínculo con Anel para la realización del trabajo.

\*Marcelo Píriz, Marcelo Labanca, Natalia Rivera y Martín Sellanes son Ingenieros en Computación por la Universidad de la República.