



Universidad  
Politécnica  
de Cartagena



# TEORÍA DE REDES DE TELECOMUNICACIONES

GRADO EN INGENIERÍA TELEMÁTICA  
GRADO EN INGENIERÍA EN SISTEMAS DE TELECOMUNICACIÓN

CURSO 2018-2019

---

## Práctica 1. Introducción a Net2Plan

(1 sesión)

---

*Author:*

Pablo Pavón Mariño  
Juan Pedro Muñoz Gea  
María Victoria Bueno Delgado  
Ángel Antonio Pintado Sedano  
Juan Carlos Sánchez Aarnoutse

## 1. Objetivos

Los objetivos para esta práctica son:

1. Introducir al alumno en la utilización de la herramienta Net2Plan para la resolver problemas de diseño de redes.
2. Aprender los elementos básicos que forman (single-layer) una red representada en Net2Plan: nodos, enlaces, demandas, rutas, reglas de encaminamiento, demandas multicast, árboles multicast y grupos de riesgo compartido.
3. Crear y normalizar matrices de tráfico en Net2Plan.
4. Emplear algunas funcionalidades de diseño automático de la herramienta *Offline network desing* de Net2plan en la interfaz gráfica del usuario.

## 2. Duración

Esta práctica está diseñada para una duración de 2 horas de laboratorio.

## 3. Evaluación

Esta práctica ha sido diseñada para guiar a los estudiantes en su aprendizaje de Net2Plan. Las anotaciones que los estudiandes deben hacer en este documento son exclusivamente para ayudar al estudiante en su proceso de aprendizaje, por lo tanto no debe entregarse ningún tipo de informe al profesor de la práctica.

## 4. Documentación

Los recursos necesarios para esta práctica son:

- Herramienta Net2Plan y su documentación (ver <http://www.net2plan.com/>).
- Instrucciones básicas presentes en este enunciado.

## 5. Trabajo previo antes de la sesión de prácticas

Los estudiantes deben instalar la última versión de Net2Plan disponible en la web y leer los capítulos 2 y 3 (obviando la sección 3.3) de la guía de usuario de Net2Plan (disponible presionando **F1** en Net2Plan).

Para instalar Net2Plan, se debe descargar de la <http://www.net2plan.com/>, y descomprimir el archivo **.rar** en cualquier directorio. Para ejecutarlo debe hacer doble click en el archivo **Net2Plan.jar**. El sistema requiere una versión de Java 8 o superior.

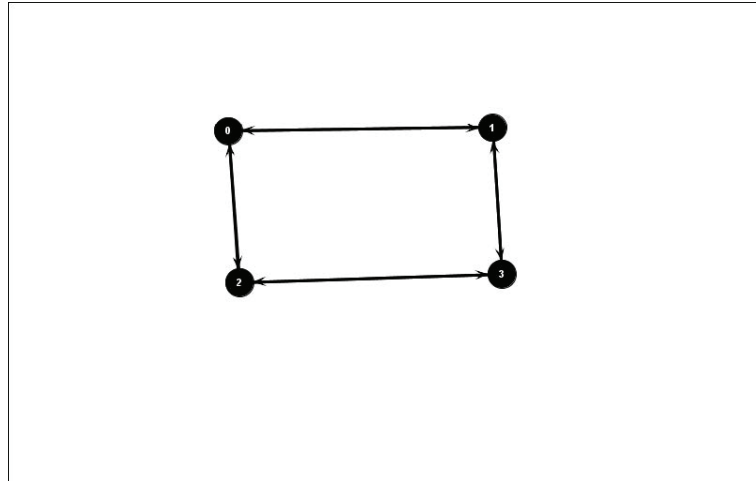


Figura 1: `network1.n2p`.

## 6. Offline network design

Entre en el menú `Tools` → `Offline network design & online network simulation` y siga las siguientes instrucciones.

### 6.1. Añadir los enlaces y los nodos manualmente

1. Cree el diseño mostrado en la Figura 1 colocando los nodos y los enlaces manualmente (haga click con el botón derecho en la posición deseada).
2. Intente mover los nodos arrastrándolos, y familiarícese con los botones de zoom.
3. Utilice el botón derecho sobre un nodo para crear un enlace. Vea que presionando la tecla `SHIFT` mientras presiona el botón derecho del ratón puede crear dos enlaces entre los nodos, en direcciones opuestas.
4. Guarde la topología con el nombre `network1.n2p`

### 6.2. Añadiendo y encaminando tráfico

En esta sección continuaremos con el diseño anterior, añadiendo tráfico unicast y multicast al mismo:

1. Diríjase a la pestaña *View/edit network state*.
2. En la pestaña *Network*, ponga el nombre del diseño como `My first design`.
3. En la pestaña *Layers*, ponga un nombre y una descripción (a su criterio). Introduzca “Gbps” en las unidades de la capacidad del enlace y las unidades del tráfico demandado. Establezca el tipo de encaminamiento para la red como *source-routing*. ¿Qué pestaña aparece y desaparece cuando el encaminamiento no es “source-routing”?

Con el enrutamiento *source-routing*, aparece la pestaña *Routes*, mientras que desaparece la pestaña *Forwarding rules*. Justo lo contrario sucede con el enrutamiento salto a salto (*hop-by-hop*).

4. En la pestaña *Nodes*, establezca el nombre de los nodos como **n0**, **n1**, **n2**, **n3**. Por medio de las opciones desplegadas al presionar el botón derecho del ratón sobre la tabla, añada dos atributos a cada nodo: **population** and **level**. Los valores de población deben ser de 1000, 1000, 5000 and 5000 respectivamente. Todos los nodos deben tener nivel 1.
5. En la pestaña de enlaces (*links*), establezca la capacidad para todos los enlaces a 100 unidades. Puede hacerlo uno a uno o a través de las opciones desplegadas con el botón derecho del ratón. Con esta última forma puede fijar las capacidades de todos los enlaces con el mismo valor. Utilice la opción que establece automáticamente las longitudes de los enlaces con distancias euclídeas entre los enlaces de los nodos finales.
6. En la pestaña *Demands*, utilice la opción que añade una demanda de tráfico por cada par de nodos de entrada-salida. ¿Cuántas demandas han sido añadidas? Establezca el tráfico de todas las demandas a un valor de 10 unidades. ¿Se cursa el tráfico o se bloquea? ¿Puede ver el tráfico en los enlaces? ¿Por qué?

Todo el tráfico de las demandas ofrecidas se bloquea, por lo tanto no se cursa. Por el mismo motivo, no podemos ver el tráfico en los enlaces. Es necesario añadir las rutas (o caminos) que encaminarán el tráfico.

7. En la pestaña *Routes*, emplee la opción que permite añadir una ruta por demanda, llevando su tráfico a través del camino más corto medido en kilómetros. Vuelva ahora a la pestaña *Demands*. Compruebe que todo el tráfico es cursado ahora y que las demandas están todas en verde. Haga click en cada demanda y en cada camino para ver la secuencia de los enlaces que se emplean para ese tráfico.
8. Un camino se puede diseñar como un camino de backup de uno o más caminos de la misma demanda. Por ejemplo, algunos algoritmos pueden producir diseños donde para cada demanda se diseñan dos caminos, siendo uno el backup del otro. En la pestaña *Routes*, emplee la opción que elimina todos los caminos. Después, emplee la opción que permite añadir un camino por demanda con la protección 1+1 de los caminos disjuntos, minimizando el número total de saltos. Haga click en un camino y vea en azul y en amarillo la secuencia de enlaces del camino primario y la del camino de backup respectivamente.
9. Elimine todos los caminos. En la pestaña *Layers*, cambie el tipo de encaminamiento a salto a salto (*hop-by-hop*). Utilice la opción *Generate ECMP forwarding rules from link IGP weights*. Esta opción crea las reglas de reenvío como si los nodos fueran encaminadores IP en los que se ejecuta el protocolo OSPF, y todos los enlaces tuvieran un peso de uno (en ese caso). ¿Cómo puede comprobar que todo el tráfico de todas las demandas es encaminado?

De varias formas. En la pestaña *Demands*, vea que todas las demandas están en verde. También, en la pestaña *Layers* puede ver la estadística del tráfico total unicast bloqueado, que debería ser cero.

Elimine todas las reglas de reenvío. Cambie el tipo de enrutamiento de nuevo a *source routing* y cree de nuevo los caminos que había antes repitiendo los pasos anteriores.

10. En la pestaña de *Multicast demands*, emplee la opción que permite crear una demanda broadcast con una raíz en cada nodo de la red. ¿Cuántas demandas multicast se añaden? Establezca el tráfico de todas las demandas a un valor de 0.5 unidades. ¿Se cursa el tráfico o se bloquea? ¿Por qué?

Todas las demandas de tráfico multicast se bloquean debido a que no se cursan por árboles multicast (*multicast trees*). Es necesario añadir los árboles multicast que cursarán el tráfico.

11. En la pestaña *Multicast trees*, use la opción que cursa el tráfico empleando los árboles multicast que minimizan el número medio de enlaces atravesados extremo a extremo. Haga click en cada árbol de demanda para ver los enlaces atravesados. Haga click en las demandas multicast para ver que todo el tráfico ha sido cursado.
12. Los grupos de riesgo compartido son conjuntos de enlaces y nodos que son vulnerables a un riesgo particular en común, por lo tanto, si este riesgo se hace realidad, todos ellos fallarán simultáneamente. Resultan útiles en diseños de redes restringidos a sobrevivir bajo ciertos fallos. En la pestaña de grupos de riesgo compartido (*Shared-risk groups*), utilice la opción que crea tantos SRGs como enlaces bidireccionales hay (los dos enlaces entre los mismos nodos pertenecen al mismo riesgo), y establezca que cada enlace falla una media de una vez cada 8760 horas (un año), y necesita una media de 12 horas para ser reparado.
13. Guarde el diseño con el nombre **network2.n2p**

Tome cierto tiempo para observar las diferentes estadísticas en todas las pestañas que proporciona automáticamente Net2Plan. Vea que en todas las tablas:

- Colocando el ratón en el nombre de la columna muestra una breve descripción de ésta. Esto también sucede en otras muchas partes de la interfaz del usuario.
- Si hace click en el nombre de la columna se reordena la tabla de acuerdo a los valores en esa columna. En la tabla de los enlaces (*links*), ordene los enlaces de menor a mayor valor de tráfico cursado. ¿Cuál es la columna que establece si un enlace tiene la mayor utilización con respecto al resto de enlaces de la red?

La columna "Bottleneck".

Algunas estadísticas agregadas aparecen en la pestaña *Layers*. Por ejemplo, el número total de enlaces, nodos, tráfico total ofrecido, tráfico total bloqueado, etc. Colocando el cursor del ratón en una estadística se muestra un mensaje con su descripción. ¿Cuál es el número medio de saltos en la red? ¿Y la congestión de la red?

Vea las estadísticas asociadas en la pestaña *Layers*.

**Tarea:** Establezca la capacidad de todos los enlaces al valor que haga que la congestión total de la red sea uno (esto es, el valor máximo de utilización de los enlaces es exactamente uno).

Vaya a la pestaña *Links*, vea que el tráfico cursado del enlace que cursa más tráfico. Establezca la capacidad de todos los enlaces al mismo valor.

**Tarea:** Cargue la topología con el nombre *Abilene* y repita los pasos anteriores, excepto que las demandas multicast que ya están en el archivo deben mantenerse (respetando también la cantidad de tráfico ofrecido allí).

**Tarea:** Use la opción de establecer automáticamente la capacidad de los enlaces para que la utilización de todos los enlaces sea del 50 % (esto es, el tráfico cursado ocupa sólo el 50 % de la capacidad del enlace).

Vaya a la pestaña *Links* y utilice la opción que establece la capacidad de cada enlace para que todos los enlaces se ajusten a una utilización de enlace dada.

## 7. Generación y normalización de las matrices de tráfico

En el menú herramientas (*Tools*), vaya a la interfaz de diseño de matrices de tráfico (*Traffic matrix design*).

1. Cree la matriz de tráfico matrix  $M_1$  que se muestra a continuación. Guárdela con el nombre `M1.n2p`.

$$M_1 = \begin{pmatrix} 0 & 10 & 1 & 4 \\ 3 & 0 & 7 & 5 \\ 1 & 1 & 0 & 9 \\ 3 & 4 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

2. Empleando la funcionalidad *Total normalization*, normalice la matriz de tráfico para que la suma de sus coordenadas sea de 10 unidades. ¿Cómo funciona la normalización total?

Multiplica todas las coordenadas de la matriz por el mismo número, haciendo que la suma total de las coordenadas de la matriz sea una cantidad dada.

Guarde la nueva matriz con el nombre `M1_n10.n2p`.

3. Cree 5 matrices aleatorias para una red de 4 nodos empleando el modelo uniforme (0,10). Normalice todas las matrices para que la suma de todo el tráfico en cada una sea de 10 unidades. Guárdelas utilizando la funcionalidad *Save all* empleando el nombre raíz `M_n10` para todas las matrices. ¿Cuáles son los nombres proporcionados por la herramienta para cada una de las matrices?

Los nombres son `Mn10_tm0.n2p`, ..., `Mn10_tm4.n2p`

4. Cree 5 matrices aleatorias empleando el modelo de población-distancia para la red en el archivo `network2.n2p` con los siguientes parámetros:

- Factor aleatorio de 0.5.
- El offset de la población y la distancia es puesto a cero.
- La distancia entre nodos y el producto de la población afecta con una potencia  $Dist_{power}$  y  $Pop_{power}$  igual a 0,5.
- Active la normalización por población y distancia.
- Después de crear las matrices normalícelas para que el tráfico total en cada una sea igual a 10 unidades.
- Guarde las matrices con los nombres: `Mpn10_tm0.n2p`, ..., `Mpn10_tm4.n2p`.

**Tarea:** Cargue todo y guarde las matrices almacenadas creadas con el modelo uniforme. ¿Qué botón permite crear una versión simétrica de una matriz (para que el tráfico del nodo  $n_1$  al nodo  $n_2$  sea igual al tráfico de  $n_2$  a  $n_1$ )? ¿Cómo funciona?

Cada coordenada  $(i, j)$  se convierte en la media entre  $(i, j)$  y  $(j, i)$ . En otras palabras:  $M = (M + M^T)/2$ , donde  $M^T$  es la matriz transpuesta de  $M$ .

**Tarea:** Cree una matriz para una red de cuatro elementos empleando el modelo uniforme y normalícela para que le tráfico total sume 100 unidades. Para nosotros, ésta será la matriz de tráfico en el año 1. Asuma que el tráfico entre dos nodos crece a un 15 % cada año (esto es compatible con el CAGR (*Compound Annual Growth Rate*) estimado por muchas matrices de predicción). Busque la opción que le permita crear automáticamente las 9 nuevas matrices con el tráfico para los próximos 9 años.

En el panel *Create a set of traffic matrices from a seminal one*, elija la opción *New matrices with compound annual growth rate*.

## 8. Trabajo en casa después de la sesión de laboratorio

Se sugiere al estudiante que complete las *Tareas* que no haya podido finalizar durante la sesión de laboratorio.

# Bibliografía