

# Aplicación de Redes Neuronales Artificiales en la Ingeniería de Tráfico de Internet

Melany Giselle Landa Laredo  
ceyme1@hotmail.com

## RESUMEN

En este artículo, se presenta una vía para solucionar problemas en las redes de Internet utilizando Redes Neuronales Artificiales que permitan cumplir con los objetivos de Ingeniería de Tráfico.

## Términos Generales

Algoritmos, Diseño, Rendimiento.

## Palabras Clave

Redes Neuronales Artificiales, Ingeniería de Tráfico, Ancho de Banda, Internet, Rendimiento.

## 12. INTRODUCCIÓN

Las redes de comunicaciones han evolucionado con el paso del tiempo, debido al acelerado crecimiento de Internet ante la necesidad de satisfacer la demanda de los diferentes servicios de los usuarios, que día a día necesitan un mayor ancho de banda, una mejor calidad de servicio, menor latencia en la red, mayor calidad en la transmisión entre otros, para las nuevas aplicaciones que se han venido desarrollando hasta la actualidad.

Aplicaciones como videoconferencia, transmisión de datos, multimedia, envío de información en tiempo real, requieren de un nivel de calidad de servicio que les permita mantener un desempeño eficiente. Esto implica la búsqueda y aplicación de soluciones más ingeniosas para proporcionar una mayor calidad en los servicios que se brindan a los usuarios de estas redes.

Para mejorar el rendimiento de las redes, reduciendo la congestión y gestionando de mejor manera el tráfico y sus recursos, se aplican los principios, conceptos y tecnologías de la Ingeniería de Tráfico. El RFC 3272 de la IETF -Internet Engineering Task Force-, describe los soportes de la Ingeniería de Tráfico en Internet -Internet Traffic Engineering, ITE-

Por otro lado, las Redes Neuronales Artificiales (RNA) están siendo aplicadas en diferentes ámbitos y áreas, en los cuales los métodos y técnicas tradicionales no han podido resolver con eficacia los problemas subyacentes.

El presente artículo está estructurado en dos capítulos, en el

Permiso para hacer copias digitales o impresas de todo o parte de este trabajo para uso personal o de clase es otorgado sin precio a condición de que las copias no sean hechas o distribuidas para ganancias o ventaja comercial y que las copias lleven esta noticia y toda la citación en la primera página. Para copiar de otra forma, o republicar, poner en servidores o redistribuir a catálogos, requiere previo específico permiso y/o un pago.

Revista RITS 02, Mes 4-28, 2009, La Paz, Bolivia  
Copyright

primer capítulo se presentan los fundamentos de la Ingeniería de Tráfico, en el segundo capítulo se presentan las aplicaciones experimentales y comparación de resultados de las RNA con otras técnicas para la implementación de tareas de Ingeniería de Tráfico específicas.

## 13. INGENIERÍA DE TRÁFICO

La Ingeniería de tráfico de Internet está definida como el aspecto de la Ingeniería de la Red de Internet que trata con el problema de la evaluación y optimización del rendimiento de las Redes IP operativas. La Ingeniería de Tráfico abarca la aplicación de tecnología y principios científicos para la medición, caracterización, modelado y control del Tráfico de Internet. [RFC-2702, Awduche2] en [RFC-3272, Awduche]. Otra definición, según Jesús García<sup>1</sup> La Ingeniería de Tráfico se define como el proceso de controlar los flujos de datos a través de una red, es decir, es el proceso de optimizar la utilización de los recursos disponibles por parte de los distintos flujos y por tanto, optimizar el uso global de los recursos y las prestaciones de la red [XIAO, 1999] y [XIAO, 2000].

La Ingeniería de Tráfico, trata de resolver, uno de los mayores problemas de las redes IP actuales: ajustar el tráfico IP para hacer un mejor uso del ancho de banda, así como enviar flujos específicos por caminos específicos. IETF, ha propuesto varias técnicas para proveer calidad de servicio -QoS- en Internet. Las redes como Internet, tienen tres características significativas: 1) proporcionan servicios en tiempo real, 2) son de misión crítica, y 3) sus entornos operativos son muy dinámicos, desde este punto de vista, resulta complejo modelar, analizar y resolver los problemas asociados al mantenimiento, gestión y afinamiento de las redes.

### 13.1 Objetivo de la Ingeniería de Tráfico

El objetivo global de la IT, es mejorar el rendimiento de una red operacional [RFC-3272, Awduche], minimizando la congestión en una red al mismo tiempo que se intenta incrementar la eficiencia de la utilización de sus recursos. [1]

### 13.2 Congestión en una red

Cuando muchos paquetes están presentes en la red, su rendimiento se reducirá. Esta situación es llamada congestión. Cuando el número de paquetes acumulados en la red por los hosts está dentro de su capacidad de carga, ellos son todos entregados y el número entregado es proporcional al número enviado. Sin embargo como el tráfico incrementa más, el router pierde los paquetes. Esto tiende a hacer los problemas peores. En un tráfico alto, el

---

<sup>1</sup>Jesús García en su libro *Alta velocidad y calidad de servicio en redes IP*.

rendimiento colapsa completamente y casi todos los paquetes no son entregados.

La congestión en una red, puede deberse a muchos factores [1]:

- Insuficiencia de recursos en la red (por ejemplo, capacidad de enlaces).
- Utilización ineficiente de los recursos debido al mapeado del tráfico.

El primer caso, se podría resolver aumentando la capacidad de los recursos; para el segundo caso, la Ingeniería de Tráfico adapta los flujos de tráfico a los recursos físicos de la red, tratando de equilibrar de forma óptima la utilización de esos recursos, de manera que no haya algunos que estén subutilizados, y otros sobre utilizados que crean cuellos de botella. Solucionar los problemas de congestión en costos razonables es uno de los mayores objetivos de la ITE.

### 13.3 Tareas de la Ingeniería de Tráfico

#### 13.3.1 Caracterización de la demanda de tráfico

Se realiza mediante modelos que aproximan el comportamiento estadístico de la red. Los *modelos de tráfico*, adoptan suposiciones simplificadas acerca de los procesos de tráfico que usualmente son complicados.

Usando estos modelos, el tráfico se caracteriza por un conjunto limitado de parámetros (solamente los parámetros que sean relevantes para determinar el impacto de la demanda de tráfico sobre el rendimiento de la red, por ejemplo: media, varianza, índice de dispersión de contadores, etc.)

Las *métricas de tráfico* son definidas para validar los modelos; éstas métricas estiman el valor de los parámetros por cada segmento de red durante cada período de tiempo. Como complemento al modelado de tráfico y métricas de tráfico, se requiere un *sistema de predicción de tráfico* para propósitos de planeación y dimensionamiento, esto permitirá pronosticar las demandas de tráfico según períodos de tiempo anteriores.

#### 13.3.2 Objetivos del Grado de Servicio (GoS, Grade of Service)

Los objetivos del Grado de Servicio GoS se derivan de los requerimientos de Quality of Service (QoS). La calidad de servicio (QoS) es el rendimiento de extremo a extremo de los servicios electrónicos tal como lo percibe el usuario final. Los parámetros de QoS son: el retardo, la variación del retardo y la pérdida de paquetes.

El GoS, se refiere al número de parámetros de ingeniería de tráfico que proporcionan una medida adecuada o suficiente de la infraestructura bajo condiciones específicas; estos parámetros GoS puede ser expresados como una probabilidad de bloqueos o de retardos, etc. El bloqueo y el retardo pueden ser causados por: la capacidad limitada de manejo de tráfico de la red -o de un componente de ella- y la naturaleza estocástica de la demanda de tráfico.

#### 13.3.3 Controles de tráfico y dimensionamiento

Una vez que las demandas de tráfico han sido caracterizadas y los objetivos de GoS han sido establecidos, la IT debe proveer un diseño de operación de la red que garantice el soporte de la demanda de tráfico mientras los objetivos de GoS son satisfechos.

Las entradas para el diseño y operación de la red son: el dimensionamiento de la red y los controles de tráfico. El *dimensionamiento* (de los elementos de la red física y lógica) asegura que la red tenga suficientes recursos para atender la demanda de tráfico. Los *controles de tráfico*, incluyen: enrutamiento de tráfico, controles de gestión de tráfico de red, métodos de protección de servicio, supervisión de tráfico a nivel de paquetes, controles de señalización y redes inteligentes.

#### 13.3.4 Monitoreo del rendimiento

Una vez que la red es operacional, se requiere un monitoreo continuo de los GoS. Aunque la red sea correctamente dimensionada, hay situaciones de sobrecarga y fallos no considerados (sobre todo cuando se toman acciones de gestión de tráfico en períodos de tiempo cortos - minutos, horas-). El monitoreo del GoS es necesario para detectar errores o aproximaciones incorrectas durante el dimensionamiento y para producir una retroalimentación para la caracterización de tráfico y diseño de la red. Dependiendo de los problemas detectados, las reconfiguraciones de la red, los cambios en los patrones de enrutamiento o el ajuste de los patrones de control de tráfico, se pueden realizar en plazos de tiempo medios (semanas, meses).

## 14. APLICACIONES DE REDES NEURONALES EN INGENIERÍA DE TRÁFICO

El ámbito de aplicación de las Redes Neuronales Artificiales, RNA, en las Redes y Telecomunicaciones puede ser muy importante, considerando por un lado el tipo de problemas a resolver, por ejemplo, relacionados al tráfico de datos. A continuación, se enlista algunas de las características de las RNA que pueden ser determinantes a la hora de considerarlas en la aplicación en áreas como la citada.

Las redes neuronales artificiales, a través de su proceso de entrenamiento son capaces de determinar relaciones no lineales entre un conjunto de datos, asociando a patrones de entrada la o las salidas correspondientes. Es así, que algunos modelos de RNA son utilizados para determinar proyecciones a partir de una fuente de datos; esta característica puede ser aprovechada para realizar predicciones, por ejemplo, para determinar ancho de banda disponible, detectar patrones de congestión de tráfico, predecir el uso de recursos -como enlaces- e incluso para establecer o mejorar algoritmos de encaminamiento y en general para aplicar en tareas relacionadas a la Ingeniería de Tráfico.

- Los tipos de aprendizaje disponibles para algunos modelos: aprendizaje por lotes (batch) y aprendizaje en serie (on line) puede utilizarse para tareas de predicción y clasificación, dependiendo de los datos que se disponga y la capacidad de procesamiento disponible, por ejemplo, el aprendizaje en serie es habitualmente empleado en aquellos problemas en los que se dispone de un muy numeroso conjunto de patrones de entrenamiento. Con estas capacidades se podría procesar -en tiempo real o fuera de línea- los archivos de traza generados por algunos equipos y aplicaciones de comunicaciones sobre el uso de recursos en la red y con las salidas proporcionadas por las RNA poder facilitar tareas de la Ingeniería de Tráfico como: modelamiento del tráfico; control, optimización y dimensionamiento de la red.

- Modelos supervisados como el Perceptrón Multicapa mediante el algoritmo backpropagation o modelos no supervisados como

mapas de Kohonen -por su capacidad de memorizar patrones-, pueden ser aplicados para extraer o cancelar el ruido de las señales.

- Una red neuronal tiene en cuenta los cambios en las condiciones del entorno y puede adaptarse por sí misma a los cambios; es decir, una vez que la red ha sido entrenada y probada, será capaz de establecer las relaciones aprendidas sobre un nuevo conjunto de datos. Una aproximación basada en RNA puede aprender los modelos específicos de cada sistema de red y proporcionar aproximaciones aceptables de los sistemas reales subyacentes.

Ahora se citará algunas características de las tareas a cubrir por la Ingeniería de Tráfico y más adelante se detallará algunos proyectos de aplicación de las RNA en ésta área.

- *Medir y predecir el rendimiento de la red.* El uso de los recursos de red compartidos y el ancho de banda son dinámicos, varía con el tiempo. Por tanto, la predicción de ancho de banda resulta ser una tarea compleja para ser tratada con métodos tradicionales como la Estadística.

- *Modelamiento de los sistemas de red.* Esta es una tarea compleja, que puede ser resuelta mediante redes neuronales capaces de representar sistemas no-lineales (la naturaleza del tráfico de red es no lineal y compleja de modelar, por tanto, de predecir). Además las estadísticas de tráfico de diferentes aplicaciones indican que cada tipo de tráfico presenta un patrón de tráfico diferente. Usando una red neuronal se puede caracterizar los patrones de tráfico generales para ocultar la heterogeneidad del tráfico de red.

*Planificación de red.* En determinados instantes, puede existir congestión sobre ciertos recursos de red, por tanto, una red neuronal al ser capaz de establecer patrones que modelen la naturaleza del tráfico, se podrá establecer mecanismos para la planificación de red, proporcionando guías para adaptar el flujo de tráfico a los recursos físicos de la red -de manera que no haya recursos congestionados mientras que otros son subutilizados, objetivo de la Ingeniería de Tráfico-.

*Predicción del ancho de banda* Existen algunas metodologías y herramientas para estimar la capacidad y disponibilidad de ancho de banda respectivamente, sin embargo, no proporcionan métricas completas, por ejemplo, no predicen el ancho de banda. Debido a la heterogeneidad y naturaleza dinámica del tráfico de red, se encuentran pocos trabajos disponibles para predecir el rendimiento de una red en términos de ancho de banda disponible y latencia

Ya existe un método de predicción de ancho de banda disponible, basado en Redes Neuronales Artificiales; donde la predicción debe considerar diferentes aplicaciones de red (como TCP, UDP, ICMP y otros). El sistema ha sido probado sobre archivos de traza tradicionales, y comparado con un sistema conocido como NWS (Network Weather Service, modelo usado ampliamente para predicción). Los resultados experimentales demostraron que la aproximación de redes neuronales siempre proporciona una mejor predicción – mayor precisión en función del error global mínimo alcanzado- sobre los sistemas NWS.

Las predicciones han sido realizadas construyendo una RNA para cada tipo de tráfico de red, integrando los resultados parciales para obtener predicciones globales. En esta propuesta además se

categoriza el ruido y las predicciones de rendimiento después de la reducción de ruido.

En este modelo se utiliza el Perceptrón Multicapa, red basada en algoritmos de aprendizaje supervisado; es decir, para que la red aprenda debe proporcionársele el valor real del ancho de banda y en base al cálculo del error la red ajusta sus pesos.

- *Clasificación de tráfico de Internet*

La clasificación de tráfico de Internet puede tener algunas motivaciones, por ejemplo, para diferenciar servicios o para aplicar esquemas de seguridad de red. El mecanismo tradicional de clasificación se basa en el valor del campo: *puerto*, del encabezado de la capa 4 (TCP/UDP). Sin embargo, el uso de este número puede no ser confiable en la clasificación de tráfico de Internet dada la naturaleza y características propias de esta red: *free*; por tanto, no es obligatorio que las aplicaciones utilicen números de puerto específicos.

- *Control de sobrecarga en redes de telecomunicaciones*

Las redes neuronales también pueden ser utilizadas para controlar la sobrecarga en las redes de telecomunicaciones, existe ya la propuesta de un modelo de red supervisado capaz de aprender las acciones de control en base a registros históricos; el resultado, según se dice, es un sistema de control simple pero robusto a la vez y aproximado al óptimo.

Para garantizar el buen rendimiento de los sistemas el control de sobrecarga es fundamental; por tanto, se requieren acciones de control para proteger de cargas excesivas los recursos de red, las cuales estén basadas en mecanismos que regulen las peticiones nuevas que lleguen.

Como se sabe el tráfico es estocástico y la correspondencia entre el tráfico de entrada y las decisiones óptimas es complejo; para resolver este problema se utilizan redes neuronales, considerando su capacidad de aprender funciones desconocidas a partir de un gran número de ejemplos y su implementación en tiempo real una vez que ha sido entrenada. El *primer paso* es generar los ejemplos necesarios para el entrenamiento. El *segundo paso* es entrenar a un grupo de neuronas en base a esos datos. Después de entrenar, las neuronas cooperan para deducir las decisiones de control considerando en información localmente disponible.

### **Solución mediante redes neuronales**

Un nodo procesador de una RNA recibe como entrada, los datos relacionadas a las llamadas a los procesadores y proporciona como salida, las decisiones de control de acuerdo a los valores máximos permitidos -umbral-; la correspondencia entre entrada-salida es adquirida a través de un proceso de aprendizaje aplicado sobre ejemplos generados por el método de control centralizado, CCM -

Centralized Control Method-. Es difícil entrenar una red neuronal adecuadamente usando ejemplos que incluyan diversas intensidades de tráfico, pero por otra parte, al entrenarla en una intensidad fija de tráfico se pueden volver inflexibles a los cambios. Por lo tanto, para cada nodo procesador, se ha construido un grupo de redes neuronales, y cada miembro es un perceptrón de una sola capa entrenado por CCM usando ejemplos generados en una intensidad de tráfico particular.

El proceso de entrenamiento para una unidad del grupo de redes neuronales es similar al proceso de entrenamiento de una red

retro-propagación-, tanto para las señales de salida como el cálculo del error medio cuadrático. Cada unidad oculta es entrenada con una cantidad de tráfico particular.

*Diagnóstico de fallas* En Telecomunicaciones, la gestión adecuada de los mensajes de error que se generan, puede facilitar el diagnóstico de las fallas de un sistema; por ejemplo, cuando ocurre una interrupción de red, los mensajes de error se generan en un gran número, dificultando el poder diferenciar entre las fuentes y causas del problema primarias de las secundarias, entonces, sería de mucha utilidad contar con un clasificador de mensajes de error que sea eficiente y confiable.

Históricamente, las técnicas inteligentes tales como los árboles de clasificación fueron utilizadas para analizar los fallos de sistemas. Debido a su estructura jerárquica, los árboles de clasificación pueden resultar demasiado inflexibles para tratar con características de ruido y ambigüedad presentes en las tareas de diagnóstico. En cambio, las redes neuronales pueden proporcionar comparaciones probabilísticas óptimas entre las posibles causas de fallos en sistemas. Existe un clasificador híbrido, compuesto por una capa de entrada, una capa oculta que contiene R nodos que representan los vectores de reglas de clasificación y en la salida una capa de perceptrones. La propuesta se basa en el modelo de red competitiva, *winner-take-all*, en el que sólo una unidad de salida está activa en un instante determinado y las unidades de salida compiten entre si para ser la que se activa como respuesta a una entrada determinada.

El clasificador ha sido probado con un conjunto de mensajes de error generados por una computadora de intercambio de teléfono, la cual indica qué tarjeta está funcionando incorrectamente. El aprendizaje de la red se basa en 442 conjuntos de entrenamiento y 112 conjuntos de prueba. Como se ha presentado en los casos anteriores, la aproximación basada en RNA genera mejores resultados, que las otras opciones analizadas.

## 15. CONCLUSIONES

Diferentes propuestas han demostrado una aplicación potencial de las Redes Neuronales Artificiales, RNA, en el área de Telecomunicaciones; en este trabajo se han presentado aplicaciones en tareas específicas de la Ingeniería de Tráfico, como: predicción, control, monitoreo y optimización de recursos. Se ha visto algunas aproximaciones para la predicción de ancho de banda, control de sobrecarga, clasificación de tráfico y diagnóstico de fallas.

La aplicación de los métodos y técnicas estadísticas convencionales no son apropiados para proporcionar predicciones óptimas, debido a las características propias del tráfico de red:

heterogeneidad y dinamismo; en cambio, los resultados experimentales provistos por modelos de RNA para predecir el rendimiento de una red -en términos de ancho de banda disponible y latencia- demuestran que éstas herramientas proporcionan mejores predicciones – error mínimo comparado con otros sistemas.

Los flujos de datos que circulan por una red usualmente pertenecen a distintas aplicaciones, cada aplicación puede tener su propio patrón de comunicación. Una de las ventajas de aplicar RNA para modelar el tráfico de red es su gran capacidad para aprender y extraer patrones a partir de un conjunto de datos; conociendo estos patrones o correlaciones entre los datos, se pueden tomar acciones preventivas y/o correctivas encaminadas a una mejor gestión de tráfico de red.

Los proyectos de aplicación de RNA en Ingeniería de Tráfico revisados tienen en común una fase de pre procesamiento, en la cual, los datos de entrada son apropiadamente tratados, depurados y seleccionados, antes de ser procesados por las neuronas de la RNA; esta fase puede ser la más amplia y determinar en gran medida el éxito de la ejecución del resto del proyecto, ayudando a controlar riesgos, a conseguir un rendimiento máximo y a evitar llegar a conclusiones erradas.

Las características que hacen que una situación determinada sea candidata ideal para aplicar RNA son las que se indican a continuación, las cuales están presentes masivamente en los problemas de la Ingeniería de Tráfico.

- No existe un método que describa completamente el problema, por tanto, el modelarlo se vuelve una tarea compleja.
- Se dispone de una gran cantidad de datos, los cuales servirán como ejemplos o patrones para el aprendizaje de la red; los datos relacionados al problema son imprecisos o incluyen ruido; el problema es de elevada dimensionalidad.

## 16. AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento y reconocimiento a la Carrera de Informática de la Universidad Mayor de San Andrés, en especial al Lic. Aldo Valdez por el esfuerzo y la iniciativa de hacer posible la publicación de este artículo.

## 17. REFERENCIAS

- 1.- Delfino, A., Rivero, S., y San Martín, M, Ingeniería de Tráfico en Redes MPLS. [online] [27 de abril de 2009]. Disponible en: <http://telcom2006.fing.edu.uy/trabajos/mvdtelcom-002.pdf>