

Modelo Lingüístico de QoS para Servicios de Red

Sergio Gramajo
Grupo de Investigación Sobre
Inteligencia Artificial
Universidad Tecnológica Nacional
3500 Resistencia - Argentina
sergio@fre.utn.edu.ar

Luis Martínez
Dept. de Informática
Universidad de Jaén
23071 Jaén - España
martin@ujaen.es

Resumen

En los últimos años el crecimiento exponencial en las estructuras de redes IP en las organizaciones, sus aplicaciones y su creciente número de usuarios, hace que se consuma cada vez mayor cantidad de recursos de networking. Por ello, es necesario garantizar la transmisión de aplicaciones críticas y que a su vez mejore la percepción de los usuarios de red. Para realizar esto, en esta contribución presentamos un modelo Análisis de Decisión de Servicios de Red que permite priorizar el tráfico de datos crítico de una organización. Este modelo propone la participación de diferentes expertos con distinto grado de conocimiento por lo que podrán utilizar distintas escalas para expresar sus preferencias sobre el escenario de red a aplicar. Al tratarse de un problema donde la información está basada en percepciones, algunas subjetivas, que implican la aparición de incertidumbre e imprecisión, proponemos el uso de información lingüística para su modelado y de jerarquías lingüísticas para el tratamiento de múltiples escalas. Finalmente aplicamos el modelo presentado a un caso de estudio en una organización real.

1. Introducción

Hoy en día Internet, por su propia naturaleza, proporciona un servicio denominado de mayor esfuerzo, es decir, que el tráfico se procesa lo antes posible, pero no hay una garantía sobre las condiciones en las que los procesos se llevan a cabo sobre la red [1,2]. Este condicionamiento sumado a la rápida transformación de Internet en una infraestructura comercial y su creciente demanda de recursos de red hace que las

organizaciones requieran mayores garantías y mejores condiciones en el uso de estos recursos.

La realización de ésta tarea se engloba en un concepto denominado Calidad de Servicio (QoS), cuya función principal es proveer a las redes de mayor confiabilidad haciendo frente a problemas de retardo en las transmisiones, pérdidas de paquetes, ancho de banda y calidad de contenido [17, 18]

Con estas premisas podemos enunciar una visión panorámica de la problemática vigente de la QoS en networking enfocada al tratamiento dentro de las organizaciones [3, 17, 18, 19]:

- Los administradores o ingenieros de redes necesitan diseñar redes que permitan lograr la máxima eficiencia en aplicaciones críticas para cada organización.
- Los ruteadores de entrada de las redes locales se deben configurar siguiendo algún mecanismo para proveer de clases de servicios diferenciadas para los diversos tipos de tráfico.
- Es necesario contar con administradores de red con gran conocimiento de las técnicas de QoS y el escenario donde éstas se aplican.
- El proceso de asignar prioridades de tráfico a los usuarios y/o aplicaciones de red, planificar la ingeniería de tráfico e implementarla mejorando la percepción de los usuarios es un proceso complejo y subjetivo donde distintos administradores pueden tener diferentes apreciaciones del problema a tratar.
- Hasta el momento no existen estudios que traten la abstracción de las técnicas utilizadas para QoS y la Toma de Decisiones (TD) en networking.

De estos problemas surge la necesidad de contar con procesos que incrementen el control y prevean "inteligencia" a las redes locales asignando prioridades a los servicios de red según

las necesidades de sus usuarios. Este proceso puede implicar incorporar información imprecisa, además de manejar cierta subjetividad. Por lo que el uso de la aproximación lingüística difusa [11] puede resultar útil en el proceso de valoración de las alternativas de servicios de red. Además, la participación de múltiples fuentes de información con distinto grado de conocimiento y el contexto de definición del problema implica la necesidad de ofrecer diferentes escalas de valoraciones lingüísticas componiendo así, un modelo más flexible.

Para afrontar estos problemas proponemos un modelo basado en información lingüística que estará compuesto esencialmente de las siguientes fases:

1. Selección de Expertos y Alternativas. Se seleccionan los expertos que participarán del proceso de valoración y las alternativas de red usadas dentro de la organización.
2. Análisis de Decisión (AD) [5]. Es un proceso con múltiples fases que obtiene un orden de prioridades a partir de los vectores de preferencia dados por los expertos para cada alternativa de red.
3. Implementación. Se acoplan los resultados del proceso de AD y las herramientas de QoS a utilizar.

El trabajo se estructura como sigue. En la sección 2 revisaremos conceptos, clasificaciones y usos de QoS para centrarnos en el ámbito de aplicación del modelo, luego en la sección 3 revisaremos las herramientas que nos permiten modelar la información incierta. En la sección 4 presentamos el modelo lingüístico de QoS para servicios de red propuesto; en la sección 5 mostraremos un caso de estudio real y por último en la sección 6, exponemos nuestras conclusiones y posibles trabajos futuros.

2. QoS en networking

La QoS es un nombre genérico para un conjunto de técnicas que tratan de ofrecer diferentes niveles de calidad a los diferentes tipos de tráfico de la red [17, 18].

La IETF, Internet Engineering Task Force, ha propuesto varios modelos de servicio estándares y mecanismos para satisfacer la demanda de QoS. Los más conocidos son el modelo de servicios integrados/RSVP (Resource Reservation Protocol)

[13], el modelo de servicios diferenciados (DiffServ) [2], la técnica conocida como MPLS (Multiprotocol Label Switching) [4], SBM (Subnet Bandwidth Manager) [15], Norma 802.1p y 802.1D [10], la ingeniería de tráfico [18, 19] y el modelado de tráfico [16].

Además en los últimos años se han realizado investigaciones que describen las fortalezas y las debilidades relativas a cada uno de los mecanismos anteriores [1]. Estas investigaciones y estándares han incrementado los beneficios de QoS para las organizaciones, permitiendo a los administradores de red tener el control del uso de los recursos.

Los estudios y técnicas de QoS son aplicables en ámbitos locales, globales, extremo a extremo [1, 17, 18] y frecuentemente están relacionadas al medio físico de transmisión. En la figura 1 se observa el ámbito de aplicación de nuestro modelo.

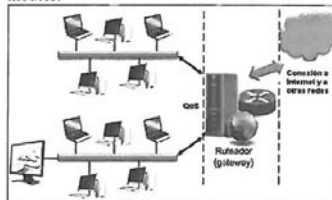


Figura 1. Escenario de Aplicación

A la izquierda de la puerta de enlace (gateway o ruteador que gestiona la conexión a Internet) se esquematiza la red local de la organización que va a recibir un servicio diferenciado para los tipos de tráfico de red y/o usuarios. En el ruteador se realiza la clasificación del tráfico y asignación de prioridades. Y a la derecha se representa a otras redes externas a la organización e Internet.

3. Información lingüística

Dado que en nuestro problema aparece información subjetiva, vaga y a veces mal estructurada, consideramos el uso del enfoque lingüístico difuso para modelar la incertidumbre y manejar la información lingüística.

De esta manera, para abordar dichos problemas, proponemos un modelo definido en un contexto lingüístico multi-granular, lo que implica procesos

de computación con palabras (CW), aquí haremos una breve revisión del modelo de representación lingüística 2-tupla y la estructura de jerarquías lingüísticas que son conceptos necesarios para el tratamiento de estos contextos en nuestra propuesta.

3.1. El modelo de representación lingüística difusa 2-tupla

Este modelo fue presentado en [6] para mejorar la precisión de los modelos computacionales lingüísticos clásicos [7], como, (i) el modelo semántico [14], y (ii) el simbólico [12].

El modelo de representación lingüística difusa 2-tupla está basado en el método simbólico y toma el concepto de traslación simbólica como base de su representación.

Definición 1. La Traslación Simbólica de un término lingüístico $s_i \in S = \{s_0, \dots, s_g\}$ es un número valorado en el intervalo $[-0.5, 0.5]$ que soporta la "diferencia de información" entre la cantidad de información expresada por el valor $\beta \in [0, g]$ y el valor más cercano en $\{0, \dots, g\}$ que indica el índice del término lingüístico más cercano en S (s_i), siendo $[0, g]$ el intervalo de granularidad de S .

A partir de este concepto se desarrolló un nuevo modelo de representación lingüística, el cual representa la información lingüística por medio de 2-tuplas (s_i, α) , $s_i \in S$ y $\alpha \in [-0.5, 0.5]$

Definición 2. Sea $S = \{s_0, \dots, s_g\}$ un conjunto términos lingüísticos y $\beta \in [0, g]$ un valor que soporta el resultado de una operación de agregación simbólica. La 2-tupla que expresa la información equivalente a β se obtiene con la siguiente función:

$$\Delta_S: [0, g] \rightarrow S \times [-0.5, 0.5]$$

$$\Delta_S(\beta) = (s_i, \alpha), \begin{cases} s_i & i = \text{round}(\beta) \\ \alpha = \beta - i & \alpha \in [-0.5, 0.5] \end{cases} \quad (1)$$

dónde $\text{round}(\cdot)$ es el operador usual de redondeo, s_i es la etiqueta con índice más cercano a " β " y " α " es el valor de la traslación simbólica.

Señalamos que Δ es biyectiva [6] y $\Delta_S^{-1}: S \times [-0.5, 0.5] \rightarrow [0, g]$ está definida por $\Delta_S^{-1}(s_i, \alpha) = i + \alpha$. De esta manera, la 2-tupla será identificada con un valor numérico en el intervalo $[0, g]$.

Comentario 1. La transformación de un término lingüístico a una 2-tupla lingüística consiste en añadir un valor 0 como traslación simbólica: $s_i \in S \Rightarrow (s_i, 0)$.

Este modelo ha definido una técnica computacional que fue presentada en detalle en [6].

3.2. Jerarquías lingüísticas

Las Jerarquías Lingüísticas (JL) fueron presentadas en [7] a fin de realizar los procesos de CW con información lingüística multi-granular de forma precisa. Una JL es un conjunto de niveles, donde cada nivel representa un conjunto de términos lingüísticos con diferente granularidad de los demás niveles. Cada nivel se denota como $l(t, n(t))$:

- t es un número que indica el nivel de la jerarquía
- $n(t)$ es la granularidad del conjunto de términos del nivel t

Asumimos que los niveles de la JL contienen términos lingüísticos con funciones de pertenencias triangulares, simétricas y uniformemente distribuidas. Además, los conjuntos de términos lingüísticos tienen un número impar de términos lingüísticos con el valor del término medio indicando un valor de indiferencia.

Los niveles de una JL están ordenados de acuerdo a su granularidad. Dados dos niveles consecutivos t y $t+1$, $n(t+1) > n(t)$, siendo el nivel $t+1$ un refinamiento del nivel t .

A partir de los conceptos anteriores, definimos a una Jerarquía Lingüística, JL, como la unión de todos los niveles t :

$$JL = \bigcup_t (t, n(t)) \quad (2)$$

Dada una JL, denotamos como $S^{n(t)}$ el conjunto de términos lingüísticos correspondiente al nivel t de JL caracterizado por una granularidad de incertidumbre $n(t)$:

$$S^{n(t)} = \{s_0^{n(t)}, \dots, s_{n(t)-1}^{n(t)}\} \quad (3)$$

Generalmente, podemos decir que un conjunto de términos lingüísticos de un nivel $t+1$ es obtenido de su predecesor como:

$$l(t, n(t)) \rightarrow l(t+1, 2 \cdot n(t) - 1) \quad (4)$$

Un ejemplo gráfico de una jerarquía lingüística puede ser visto en la Figura 2.

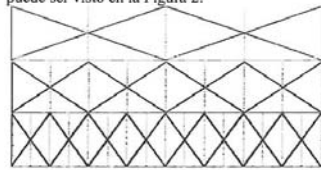


Figura 2. Jerarquías Lingüísticas de 3, 5 y 9 términos

En [7] han sido desarrolladas diferentes funciones de transformación sin pérdida de información entre etiquetas de distintos niveles. Estas funciones de transformación utilizan el modelo computacional lingüístico 2-tuplas. Aquí, presentamos la función de transformación entre cualquier nivel de la jerarquía.

Definición 3. Sea una jerarquía lingüística cuyos conjuntos de términos lingüísticos denotaremos como $S^{n(t)} = \{s_0^{n(t)}, \dots, s_{n(t)-1}^{n(t)}\}$ y vamos a considerar el modelo de representación lingüística 2-tupla. La función de transformación desde una etiqueta lingüística en un nivel t a una etiqueta en un nivel t' está definida como:

$$TF_t^{t'} : l(t, n(t)) \rightarrow l(t', n(t'))$$

$$TF_t^{t'}(s_i^{n(t)}, \alpha^{n(t)}) = \Delta_{n(t)} \left(\frac{\Delta_{n(t)}^{-1}(s_i^{n(t)}, \alpha^{n(t)}) \bullet (n(t) - 1)}{n(t) - 1} \right) \quad (5)$$

Proposición 1. La función de transformación entre términos lingüísticos en diferentes niveles de una jerarquía lingüística es biyectiva [7]:

$$TF_t^{t'}(TF_t^{t'}(s_i^{n(t)}, \alpha^{n(t)})) = (s_i^{n(t)}, \alpha^{n(t)}) \quad (6)$$

4. Modelo lingüístico de QoS para servicios de red

Considerando que los problemas más relevantes de QoS enunciados requieren contar con un mecanismo de gestión que proporcione priorización de los servicios de red críticos dentro de la organización, en esta sección presentamos el modelo lingüístico de QoS para Servicios de Red que nos permite lograr nuestros propósitos.

En la figura 3 se observan las fases del modelo que describiremos a continuación.

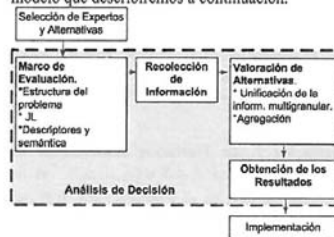


Figura 3. Fases del Modelo Propuesto

1. Selección de Expertos y Alternativas.

Esta fase consta de estudios preliminares, recolección de información sobre servicios de red relevantes, usuarios o grupos de usuarios críticos y consideraciones propias de cada organización. Consiste en:

- Identificar y seleccionar a los usuarios y/o expertos que participan en el proceso.
- Identificar grupos de usuarios con tareas similares y/o críticas que se deban tratar de manera diferenciada.
- Identificar Servicios y/ Aplicaciones de red en general, que se utilicen en la organización.

Los procesos *b* y *c* conforman las alternativas que los expertos del proceso *a* valorarán (en un dominio lingüístico multi-granular) según sea su grado de conocimiento sobre las mismas. Las valoraciones con palabras del lenguaje natural facilitan el proceso complejo de configurar parámetros de QoS, ayudando a los administradores a tener una visión más amplia y real de las verdaderas necesidades de la organización.

2. Análisis de Decisión.

En esta fase se lleva a cabo un estudio de las distintas alternativas para obtener los resultados de gestión de tráfico y servicios que se implementarán en el sistema. Esta fase se compone de los siguientes procesos:

a. Marco de Evaluación.

Define la estructura y la representación de la información. En nuestro caso será un conjunto de expertos $E = \{e_1, \dots, e_n\}$, que expresa su valoración sobre un conjunto de alternativas $X = \{x_1, \dots, x_m\}$ utilizando información lingüística valorada en distintas escalas de una $JL = \{S_1^{(r)}, \dots, S_r^{(r)}\}$, siendo $S_j^{(r)} = \{s_0^{(r,j)}, \dots, s_{n(j)-1}^{(r,j)}\}$.

b. Recolección de la información.

En esta fase se obtiene la valoración lingüística de los expertos para cada una de las alternativas en vectores de preferencias que indican el nivel de QoS que desean para cada alternativa.

Sea $U_i = \{u_i^1, \dots, u_i^m\}$, el vector de preferencias proporcionado por el experto, e_i , siendo $u_i^j \in S_r^{(r)}$ la valoración del experto para la alternativa x_j valorada en $S_r^{(r)} \in JL$.

c. Valoración de las Alternativas.

En esta fase se obtendrá una valoración global para cada alternativa. Debido a que la información que se recopila esta expresada en múltiples escalas, esta fase se lleva a cabo en 2 pasos:

i) **Unificación de la información multi-granular:**
Consiste en un proceso de transformación que permite expresar todas las preferencias lingüísticas dadas por los expertos en sus respectivos dominios de expresión $S_r^{(r)} \in JL$, en un único dominio lingüístico normalizado, al que denominaremos Conjunto Básico de Términos Lingüísticos (CBTL), que notaremos como t' y que puede ser cualquiera que pertenezca a la JL ya que no se produce pérdida de información. Ver ecuación (5).

Luego de ser unificada la información de entrada, ésta estará expresada mediante 2-tuplas en $S^{(r)}$.

ii) Agregación de la información:

Para obtener las valoraciones globales de las alternativas debemos agregar la información unificada. Para ello, utilizaremos operadores de agregación de 2-tuplas [6, 8, 9], sobre la

información unificada obtenida de la etapa anterior.

d. Resultados e implementación.

A partir de las valoraciones colectivas obtenidas en la fase anterior se obtendrá el orden de los servicios de red que se utilizarán para establecer la planificación del tráfico.

Las alternativas ordenadas formarán parte de la implementación en el sistema de QoS de la organización.

En la figura 4 se esquematiza una visión general de la arquitectura del modelo propuesto. En ella se observa el método de acoplamiento donde en la capa superior contamos con el proceso de análisis de decisión y en las capas inferiores con los sistemas operativos, los mecanismos de calidad de servicios y los estándares de redes utilizados.



Figura 4. Arquitectura del Modelo

5. Caso de estudio

En esta sección exponemos un caso de estudio con una implementación basada en software libre. En él, se tienen en cuenta todas las fases del modelo (ver Figura 3) hasta llegar a una implementación práctica en un organismo estatal.

a. Selección de Expertos y alternativas.

En la figura 5 puede observarse el esquema de red de nuestro caso de estudio. La parte superior corresponde a la red local, con aproximadamente

200 equipos, que está conectada a redes externas (sistemas provinciales y bases de datos) y a internet a través de un Gateway que tiene la función de implementar nuestro modelo de QoS. Para participar del proceso fueron seleccionados 7 técnicos en informática que realizan mantenimiento en toda la organización y conocen las necesidades y servicios críticos de la misma sin que por ello sea necesario que tengan un conocimiento de administración de redes y QoS. Según su conocimiento y antigüedad se asignaron distintas escalas de valoración.



Figura 5. Caso de Estudio

En cuanto a las alternativas identificamos 3 grupos de usuarios críticos que merecen tratamiento diferenciado y 19 tipos de servicios de red que se utilizan normalmente, lo que compone un total de 22 alternativas a evaluar.

b. Marco de Evaluación.

Seleccionamos 3 conjuntos de términos lingüísticos en una JL de 3, 5 y 9 etiquetas lingüísticas (ver Figura. 2). Éstos permiten valorar cada alternativa x_i por cada experto e_j , asignándose 2, 4 y 1 técnicos de red respectivamente a cada nivel de la JL, según su conocimiento y experiencia.

c. Recolección de la información.

Obtuvimos las valoraciones lingüísticas en vectores de preferencias que luego las expresamos mediante el modelo 2-tuplas, como se observa en la Tabla 1. Por razones de espacio y simplicidad presentaremos los datos resumidos en las siguientes tablas. Siendo el proceso de

representación y cálculo, similar para todos los casos no mostrados explícitamente.

x_i	Expertos		
	e_1	..	e_6 e_7
x_1	$(s_2^3, 0)$	..	$(s_3^5, 0)$ $(s_8^9, 0)$
..
x_{22}	$(s_1^3, 0)$	..	$(s_4^5, 0)$ $(s_5^9, 0)$

Tabla 1. Vectores de Utilidad en 2-tuplas

d. Valoración de las Alternativas.

i) La información proporcionada en los vectores de utilidad se unifica en S^9 como se observa en la Tabla 2.

x_i	Expertos		
	e_1	..	e_6 e_7
x_1	$(s_8^9, 0)$	..	$(s_6^9, 0)$ $(s_8^9, 0)$
..
x_{22}	$(s_4^9, 0)$	..	$(s_8^9, 0)$ $(s_5^9, 0)$

Tabla 2. Unificación en CTBL

ii) En este caso la información unificada fue agregada utilizando el operador de media aritmética sobre 2-tuplas [8] para obtener un vector de preferencia colectivo para las 22 alternativas según la ecuación (7).

$$\bar{x}^e[(r_i, \alpha_i)] = \Delta(\sum_{j=1}^n \frac{1}{n} \Delta^{-1}(r_j, \alpha_j)) = \Delta(\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \beta_j) \quad (7)$$

Los resultados se resumen en la Tabla 3.

Alternativas	x_1	..	x_{22}
\bar{x}^e	$(s_8^9, -29)$	..	$(s_6^9, 14)$

Tabla 3. Agregación en 2-tuplas

c. Obtención de los resultados e implementación. En esta fase ordenamos las alternativas a partir de las valoraciones colectivas obtenidas y según estos resultados, asignamos prioridades de QoS como se observa en la Tabla 4.

TD para la QoS que se establezcan de forma interactiva y con muy poco retardo, proporcionando las siguientes ventajas al modelo:

- Asignación de prioridades al tráfico que es sensible al retardo.
- Administra el tráfico de modo tal que las aplicaciones no críticas para la operación de la organización no entorpezcan el tráfico que corresponde a aplicaciones críticas para ella.
- Buena aceptación de los usuarios de la red mejorando su capacidad de trabajo.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido parcialmente subvencionado por los proyectos TIN2009-0828, P08-TIC-3548 y Fondos FEDER.

Referencias

- [1] A. Campbell, C. Aurrecochea and L. Hauw. A review of QoS architectures. *ACM Multimedia Systems Journal*, 6:138-151, 1996.
- [2] D. Grossman. New Terminology and Clarifications for DiffServ. Request for comments, RFC 3260, 2002.
- [3] E. Crawley, R. Nair, B. Rajagopalan and H. Sandick. A framework for QoS-based routing in the internet. Request for comments, RFC 2386, 1998.
- [4] E. Rosen, A. Viswanathan and R. Callon. Multiprotocol Label Switching Architecture. Request for comments, RFC 3031, 2001.
- [5] F. Herrera and E. Herrera-Viedma. Linguistic decision analysis: Steps for solving decision problems under linguistic information. *Fuzzy Sets and Systems*, 115:67-82, 2000.
- [6] F. Herrera and L. Martínez. A 2-tuple Fuzzy Linguistic Representation Model for Computing with Words. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 8(6):746-752, 2000.
- [7] F. Herrera and L. Martínez. A Model Based on Linguistic 2-Tuples for Dealing with Multigranular Hierarchical Linguistic Contexts in Multi-Expert Decision-Making. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics -Part B: Cybernetics*, VOL. 31, NO. 2, 2001
- [8] F. Herrera and L. Martínez. The 2-tuple Linguistic Computational Model. Advantages of its linguistic description, accuracy and consistency. *Int.J. of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, 9:33-48, 2001.
- [9] F. Herrera, E. Herrera-Viedma and L. Martínez. A Fusion Approach for Managing Multi-Granularity Linguistic Term Sets in Decision Making. *Fuzzy Sets and Systems* 114, 2000.
- [10] IEEE Std 802.1D. IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks: Media Access Control (MAC) Bridges. IEEE Computer Society and ANSI, 2004.
- [11] L. A. Zadeh. The Concept of a Linguistic Variable and its Applications to Approximate Reasoning. *Information Sciences*, Part I, II, III, 8,8,9:199-249,301-357,43-80, 1975.
- [12] M. Delgado, J.L. Verdegay. M.A. Vila. On Aggregation Operations of Linguistic Labels. *International Journal of Intelligent Systems*, Vol. 2. 351-370. 1993.
- [13] R. Braden, Ed., L. Zhang, S. Berson, S. Herzog and S. Jamin. Resource ReSerVation Protocol (RSVP). Request for comments, RFC 2205, 1997.
- [14] R. Degani, G. Bortolan. The Problem of Linguistic Approximation in Clinical Decision Making. *International Journal of Approximate Reasoning*, Vol. 2. 143-162. 1988.
- [15] R. Yavatkar, D. Hoffman, Y. Bernet, F. Baker and F. Speer. SBM (Subnet Bandwidth Manager): A Protocol for RSVP-based Admission Control over IEEE 802-style Networks. Request for comments, RFC 2814, 2000.
- [16] S. Floyd and V. Jacobson. Link-sharing and Resource Management Models for Packet Networks. *IEEE/ACM Transactions on Networking*, 3: 365-386, 1995.
- [17] S. Vegesna. IP Quality of Service. Ind.: Cisco Press., 2001.
- [18] T. Szigeti and C. Hattingh. End-to-End QoS Network Design: Quality of Service in LANs, WANs, and VPNs. Ind.: Cisco Press., 2004.
- [19] W. Almesberger. Linux Traffic Control - Next Generation. <http://tcng.sourceforge.net>, 2002.