

一个动态 NGN 价格决策支持系统实现机制研究

张晋豫¹, 刘 犁², 葛洪慧³

(1. 北京交通大学计算机学院, 北京 100044; 2. 新泽西理工计算机学院, 内瓦克 07102;
3. 中国人民银行清算总中心, 北京 100097)

摘要: 在 ECPR 的网络业务定价算法构架的基础上, 考虑了 NGN 网络运营环境中网络 KQI、市场 KQI 和政策 KQI 的作用, 提出了一个能适用于 NGN 的优化的业务定价算法、一个用于预测价格对 NGN 运营环境中网络 KQI、市场 KQI 和网络 KQI 影响的评价机制、一个根据实际值和预测值之差来调整定价和评价算法的参数的基于神经网络的自适应调节机制。仿真实验结果显示本文的价格决策支持机制比基于 ECPR 的优越。

关键词: 下一代网络; 价格决策支持; 关键质量指标

中图分类号: TP393.07 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2007) 02-0256-05

Research on Implement Mechanism on an Active NGN Service Pricing Decision Support System

ZHANG Jinyu¹, Liu Li², GE Honghui³

(1. School of Computer and Information Technology, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China;
2. Computer School, New Jersey Institute of Technology, Newark, N. J. 07102, USA;
3. Clearing Center, People's Bank of China Nation, Beijing, 100097, China)

Abstract: Based on the service pricing algorithm architecture of ECPR, we present a optimal one by adding the impact of network KQI, market KQI and policy KQI of NGN, a evaluating mechanism to predict the price reaction to these KQIs, a neural-network-based adaptive adjusting mechanism to define the parameters of pricing formula and predictive formula based on the difference between real KQIs and predictive KQIs. The result of simulation experiment shows that our pricing algorithm is better than ECPR's.

Key words: next generation network(NGN); pricing decision support mechanism; key quality index(KQI)

1 引言

随着 NGN (Next Generation Network) 带来的网络业务和业务融合的发展, 每一个业务都将有许多替代业务, ISP (Internet Service Provider) 的之间的竞争最终表现为业务价格的竞争^[1-3], ISP (Internet Service Provide) 需要建立价格决策系统来进行快速定价和价格影响预测。

J-J Laffont 和 Jean Tirole 提出了一个网络业务定价的构架模型 ECPR (Efficient Component Pricing Rule)^[4-6], Sidak 和 Spulber 在 ECPR 基础上, 提出了基于机会成本的网络业务定价瓶颈构架理论 M-ECPR (Market Efficient Component Pricing Rule)^[7-10]. ECPR 和 M-ECPR 构架对成本的计算方法作了充分的考虑和研究, 但应用在 NGN 时将存在以下问题: 缺乏考虑 NGN 网络运营环境 (市场环境、政策环境和网络环境) 对成本、利润和税收的量化影响^[11]; 缺乏价格、销售、QoS 和客户忠

诚度预测机制; 缺乏动态调节机制。因此, 这种机制是静态的, 不能适应 NGN 业务快速发展和高度融合的要求。

本文提出了一个动态的 NGN 网络业务的定价机制。它采用了 ECPR 和 M-ECPR 的关于网络业务定价基本构架^[3-10], 但添加了 NGN 网络运营环境中的网络 KQI (Key Quality Index)、市场 KQI 和政策 KQI 对成本、利润的影响作用, 提出了一个优化的 NGN 业务定价算法。归纳和量化了网络业务价格对运营环境中的 KQI 的杠杆作用, 构建了一个基于价格、销售预测、客户忠诚度预测、QoS (Quality of Service) 预测和成本预测的评价机制。建立了一个基于神经网络的自适应调节机制, 根据期望的 KQI 预测值和真实的 KQI 值之差, 来动态调节定价和评估算法中的调整参数, 使两者之间的差最小。最后通过仿真实验, 和基于 ECPR 的网络业务定价决策支持机制进行了比较, 验证了本文提出机制的优点。

本文剩余的部分组织如下: 第二部分论述了一个动态的

NGN 定价决策支持机制; 第三部分论述了仿真实验和结果; 最后给出本文的结论.

2 一个动态 NGN 定价决策实现机制

本文提出了一个 NGN 业务定价决策实现构架, 它包括三部分: (1) 优化定价机制; (2) 基于预测的评估机制; (3) 基于神经网络的自适应调节机制. 如图 1:

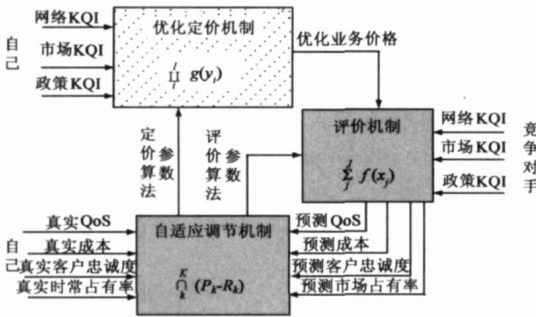


图 1 动态 NGN 定价决策实现构架

2.1 优化业务定价机制

按照 ECPR 理论, 网络资源的价格(p_u)可表示为:

$$p_u = (b + d)(1 + oe)(1 + pm)(1 + tr) \quad (1)$$

其中 b 、 d 、 oe 、 tr 、 pm 分别表示基础网络单位资源单位时间折旧费、单位资源单位时间所承载业务开发折旧费、运营效率、税率、利润率.

ECPR 理论反映的是一个基本的社会成本算法, 它构成了成本的基本构架, 也可以认为是硬成本. 对不同的 ISP 来说, 由于其在市场中的位置不同, 其获得的利润、银行贷款的利率、业务开放的费用和减免的税收是不一样的, 这些构成了业务的软成本, 软成本通过影响硬成本来发挥作用, 其影响权重反映了 ISP 的运营环境的优劣.

动态模式下网络业务价格定义采用 ECPR 网络业务价格的基本方法, 但是利润和 ECPR 成本中考虑了 NGN 网络运营环境的网络 KQI、市场 KQI 和政策 KQI 的作用.

影响成本的政策 KQI 包括: (1) 普遍服务^[12, 13](cs); (2) 国家投资率(ni); (3) 政策导向^[14, 15](pd).

普遍服务和国家投资影响到全部的业务价格, 随着普遍服务或国家投资成分的增加, 业务的价格要减少. 本文给出一个普遍服务成分影响因子(k_{cs})和国家投资成分影响因子(k_{ni})的经验公式, 表示为:

$$\begin{aligned} k_{cs} &= (1 - cs)^y, cs \in [0, 1] \\ k_{ni} &= (1 - i)^\tau, i \in [0, 1] \end{aligned} \quad (2)$$

其中 r 和 τ 为调节参数.

政策导向主要表现为设置价格门限, 也就是规定最高价格和最低价格, 它要影响到整个网络业务价格. 本文给出一个政策导向影响因子(k_{pd})的经验公式, 表示为:

$$p_u = \begin{cases} p_{max}, p_u > p_u^{max} \\ p_u, p_u \in [p_u^{min}, p_u^{max}] \\ p_{min}, p_u < p_u^{min} \end{cases} \quad (3)$$

网络 KQI 主要为 QoS(q), ISP 提供 QoS 的水平影响它获

得的利润^[16~18]. 这里给出服务质量影响因子(k_q)经验公式:

$$k_q = (q)^\mu, q \in [0, 1] \quad (4)$$

其中 $\mu > 1$ 为调节参数.

市场环境只影响利润, 市场环境 KQI 包括: (1) 市场饱和和度因子(s); (2) 市场占有率因子(h); (3) 客户忠诚程度因子(l).

市场饱和度反映了市场的竞争程度, 体现了供求关系的制约, 市场占有率和客户忠诚度反映了 ISP 的实力, 当市场饱和度较小、市场占有率和用户忠诚度较大时, ISP 获得的利润应该多一些. 本文给出一个市场饱和度影响因子(k_s)、市场占有率影响因子(k_h)和客户忠诚度影响因子(k_l)的经验公式, 表示为:

$$\begin{aligned} k_s &= \rho, s \in [0, 1] \\ k_h &= \lambda^h, h \in [0, 1] \\ k_l &= l^\lambda, l \in [0, 1] \end{aligned} \quad (5)$$

其中 $\rho \in (0, 1)$ 、 $x \geq 1$ 和 $\lambda \geq 1$ 为调节参数.

在以上前提下, 市场环境影响因子可表示为三个影响因子之积 $k_M = k_s k_h k_l$.

基于以上的论述, 本文给出一个动态的网络业务定价算法, 由下式(6)与式(3)共同组成:

$$p_u = k_{cs} k_{ni} (b + d)(1 + oe)(1 + k_q k_s k_h k_l pm)(1 + tr) \quad (6)$$

2.2 基于预测的评价机制

评价运营商的运营绩效应该用五个参数: (1) 市场占有率; (2) 单位时间获得利润的绝对值; (3) 单位时间内上交税利润的绝对值; (4) 用户的忠诚度; (5) QoS. 本文建立了一个评价机制来预测它们.

第 i 个运营商(总共 I 个运营商)的用户数($n_i(p_u^i)$)随资源价格(p_u^i)的上升而下降, 本文给出一个 $n_i(p_u^i)$ 随网络业务价格变化的经验公式:

$$n_i(p_u^i) = N \frac{\alpha^i p_u^i}{\sum_i \alpha^i p_u^i}, \alpha < 1 \quad (7)$$

其中 N 为总的市场用户数, 满足 $N = \sum_i n_i(p_u^i)$, α 为调节常量.

市场占有率($h_i(p_u^i)$)可表示为:

$$h_i(p_u^i) = n_i(p_u^i) / N$$

ISP 在给定时间(\bar{t})内获得的利润($W_i(p_u^i)$)及上缴的税收($T_i(p_u^i)$)可表示为:

$$\begin{aligned} W_i(p_u^i) &= n(p_u^i) * \bar{m} * w * \bar{t} \\ &= n(p_u^i) * \bar{m} * (b + d)(1 + oe) * pm * \bar{t} \end{aligned} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} T_i(p_u^i) &= n(p_u^i) * \bar{m} * r * \bar{t} = n(p_u^i) * \bar{m} * (v + w) * tr * \bar{t} \\ &= n(p_u^i) \bar{m} (b + d)(1 + oe)(1 + pm) tr * \bar{t} \end{aligned} \quad (9)$$

其中 $n_i(p_u^i)$ 和 \bar{m} 分别表示用户数和平均一个用户单位时间使用的资源.

在同质的情况下客户的忠诚度 $l_i(p_u^i)$ 随价格的降低而升高, 可表示为:

$$l_i(p_u^i) = (\beta)^{p_u^i}, \beta < 1 \quad (10)$$

政策主要影响到业务的成本 $cost = (b + d)(1 + \alpha)$, 主要同市场占有率和缴纳的税收的多少有关. 随着市场占有率的增加, ISP 会获得贷款优惠和政府投资等从而使成本减低, 随着税收的增加, 政府会通过政策来降低成本. 假设单位时间缴纳税收 T_0 时, 可以使成本减低到最小(用原成本的 K_1 倍). 本文给出市场占有率和税收影响成本的经验公式, 表示为:

$$\Delta_i^h(cost) = k_h \Delta h_i cost = k_h (h_i(p_u^i) - h_{i-1}(p_u^{i-1})) cost \quad (11)$$

$$\Delta_i^t(cost) = k_t (\Delta T_i / T_0) cost = k_t ((T_i(p_u^i) - T_{i-1}(p_u^{i-1})) / T_0) cost \quad (12)$$

其中, k_h 为市场占有率为 1 时下降的成本, 且当 $T_i(p_u^i) > T_0$ 时, $T_i(p_u^i) = T_0$

在政策的干涉下, 总的资源成本增加量 ($\Delta_i(cost)$) 的经验公式可表示为:

$$\Delta_i(cost) = -\Delta_i^h(cost) - \Delta_i^t(cost) \quad (13)$$

假设运营商拿出比例为 k_w 的利润用于提高服务质量. 假设话费 W_0 的钱可以使 QoS 达到最大值, 则在利润再分配影响下, ISP 的 QoS 水平增加量的经验公式可表示为:

$$\Delta q_i = \begin{cases} -q_i, q_i + \Delta q_i \leq 0 \\ k_w W_i / W_0 \\ q_i + \Delta q_i \leq 1 \\ 1 - q_i, q_i + \Delta q_i \geq 1 \end{cases} \quad (14)$$

2.3 基于神经网络的自适应调节机制

评价算法预测的值和运营真实的值之间会有差距, 要根据它们来调整定价和评价算法的调节参数. 由于定价和优化算法大多是非线性算法, 本文使用神经网络技术来定义它们的参数. 基于神经网络的参数调整过程的原理是: 把 ISP 自己的和竞争对手的网络 KQI、市场 KQI 和政策 KQI、市场环境信息等已知参数作为输入变量 $\{X_1, \dots, X_n\}$, 把 $\{cost_i(p_u^i), h_i(p_u^i), q_i(p_u^i), l_i(p_u^i)\}$ 作为输出量. 用足够多的案例来训练这个网络, 其目标使期望(优化)的预测值和真实值之间的差距达到最小. 这样神经网络所持有调节常量值 $\{\gamma, \tau, \mu, \lambda, \rho, x, \alpha, k_h, k_t\}$, 便是网络经过自适应学习所得的正确内部表示.

神经网络结构: 神经网络的结构分为四层, 如图 2:

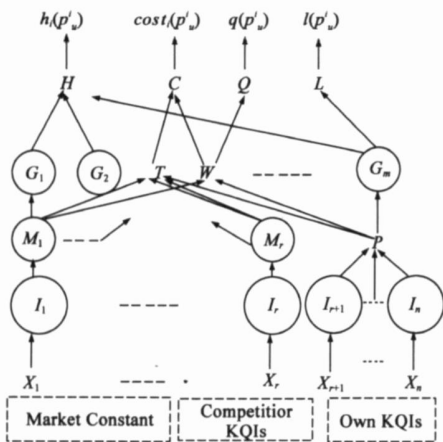


图 2 神经网络结构图

本文中用 In_s^t 、 Out_s^t 和 f_s^t 分别表示第 t 层的第 s 个节点的输入、输出和活性函数.

第一层主要为输入层, 节点为 (I) 节点, 第 s 个节点的输入和输出分别为:

$$In_1^1 = X_s \quad (15)$$

$$Out_1^1 = f_1^1(In_1^1) = In_1^1 = X_s$$

第二层主要为定价层, 节点分为两部分: 第一部分是 $s \in [1, r]$, 主要为第三层的赢利和税收计算提供已知数据, 它起中间过度作用, 称为中间节点 (M); 第二部分计算业务的价格, 称为定价节点 (P).

M 节点的输入、输出表示为:

$$In_2^2 = Out_1^1 \quad (16)$$

$$Out_2^2 = f_2^2(In_2^2) = In_2^2 = X_s$$

P 节点的输入输出表示为:

$$In_2^2 \in \{In_s^1 | s \in (r+1, n)\}$$

$$Out_2^2 = f_2^2(In_2^2) = p_u^i \quad (17)$$

第三层主要为汇聚层, 节点分为两部分: 第一部分 $s \in [1, m]$, 主要为第四层的预报算法提供已知数据或中间变量, 起中间过度作用, 称为过度节点 (G); 第二部分计算利润和税收, 分别称为赢利节点 (W) 和税收节点 (T).

G 节点的输入输出表示为:

$$In_3^3 \in \{Out_2^2 | s \in (1, m)\} \quad (18)$$

$$Out_3^3 = f_3^3(In_3^3) = In_3^3$$

W 和 T 节点的输入输出可表示为:

$$In_3^3 \in \{Out_2^2\} \quad (19)$$

$$Out_3^3 = f_3^3(In_3^3) \in \{W_i(p_u^i), T_i(p_u^i)\}$$

第四层主要为预报层, 有四个节点, 分别计算市场份额、成本、QoS 和客户忠诚度, 相应的节点为市场份额预报节点 (H), 成本预报节点 (C), QoS 预报节点 (Q) 和客户忠诚度预报节点 (L), 输入输出节点分别表示为:

$$In_4^4 \in \{Out_3^3\} \quad (20)$$

$$Out_4^4 = f_4^4(In_4^4) \in \{h_i(p_u^i), cost_i(p_u^i), q_i(p_u^i), l_i(p_u^i)\}$$

学习方法: 需要学习的参数主要为定价、评估中的调节参数, 即: $x(t) \in \{\gamma, \tau, \mu, \lambda, \rho, x, \alpha, k_h, k_t\}$. 网络学习的算法采用 BP 算法.

设取误差代价函数为:

$$E = \sum_2^4 \frac{1}{2} (Out_s^4 - R_s^4)^2 \quad (21)$$

R_s^4 为第 i 个 ISP 的真实的市场份额、成本、QoS 和客户忠诚度.

为了使 E 最小, $x(t)$ 按照以下方式改变:

$$x(t+1) = x(t) - \eta \frac{\partial E}{\partial x} + \sigma \Delta x(t) \quad (22)$$

式中 η 为学习率, σ 是动量项系数且 $\sigma \in (0, 1)$, 加入动量项主要为了减少学习过程中的振荡.

3 实验结果及讨论

为了验证本文提出的定价算法的正确性, 本文建立了一

个仿真实验, 并通过仿真实验和使用 ECPR 的价格决策机制进行了比较。

假设在一个运营环境中 10 个 ISP, 市场总的用户数为 1000000。实验开始前每个 ISP 具有相同的服务质量、相同的市场占有率和客户忠诚度, 市场的饱和度为 1, 享受相同的政策。假设只有一个 ISP 采用本文的价格决策机制, 也就是按照公式(6)进行定价, 每个月调整一次。其他 9 个 ISP 按照基于 ECPR 业务定价算法, 即按照公式(1)来定价。

3.1 仿真开始时的仿真参数

$k_{cs} = 1, k_i = 1, \alpha = 0.1, k_q = 0.8, k_s = 0.7, \lambda = 1.2, k_h = \lambda^{0.1}, k_l = 0.6, tr = 0.04, pm = 0.2, b + d = 0.067 \text{ \$/ (Mb} \cdot \text{s)}, \bar{m} = 0.128 \text{ Mb/s}, \bar{t} = 30 \text{ hr/mon}, I = 10, N = 1000000, a = 0.1, \beta = 0.1, x = 2, W_0 = 0.1 \cdot N \cdot \bar{m} \cdot \bar{t} \cdot (\text{cost}) \cdot (1 + tr), T_0 = 0.04 \cdot N \cdot \bar{m} \cdot \bar{t} \cdot (\text{cost}) \cdot (1 + tr)$ 。

3.2 仿真实验及结果

实验结果如图 3~ 8:

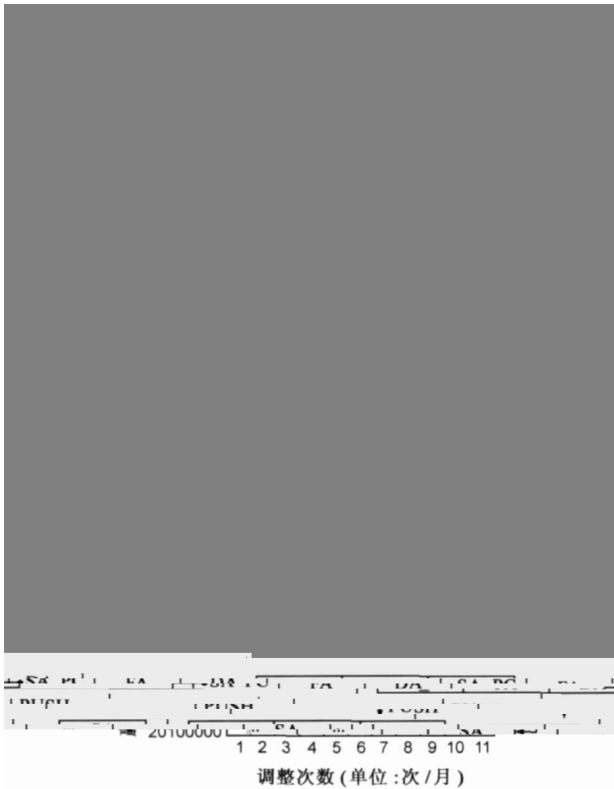


图 5 赢利比较

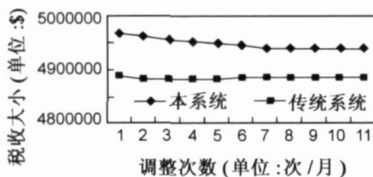


图 6 上缴税收比较

仿真结果表明: 采用本机制的 ISP 定义的业务价格比采用 ECPR 的 ISP 的小, 但利润、上缴的税收多, 客户的忠诚度较大, 具有几乎相同的 QoS 保证能力。因此, 本算法比 ECPR 算

法优越。

4 结论

在 ECPR 定价决策支持机制的基础上, 本文提出了一个动态的 NGN 定价决策支持系统实现机制。它采用了 ECPR 机制定价算法的基本构架, 但增加了 NGN 运营环境下网络 KQI、市场 KQI 和政策 KQI 对成本和利润的影响, 因此提出的业务定价算法比较适合于 NGN 运营环境。建立了一个评价机制, 根据市场上竞争对手网络 KQI、市场 KQI 和政策 KQI, 预测价格对网络 KQI、市场 KQI 和政策 KQI 的影响。构建了一个基于神经网络的自适应调节机制, 根据实际运营值和预测值之间的差距, 来调整定价和评价算法的参数, 其目的使预测值和真实值之间的差距最小。和 ECPR 机制相比, 本机制构成了一个闭环控制系统, 有利于 ISP 的长期运营。本文通过仿真实验和基于 ECPR 的定价决策系统进行了比较, 仿真结果表明: 本机制能提供较低的价格, 提供较大的赢利、市场占有率、税收、忠诚度, 从而很好验证了本论文的优点。

参考文献:

- [1] Biglaiser G, M Riordan. Dynamics of price regulation [J]. RAND Journal of Economics, 2003, 31(4): 744- 767.
- [2] Armstrong M. The Theory of Access Pricing and Interconnection[M]. Handbook of Telecommunications Economics, 2002.
- [3] Laffont J - J, Rey, J Tirole. Network competition: I. Overview and non discriminatory Pricing [J]. RAND Journal of Economics, 1998, 29(1): 1- 37.
- [4] Laffont, J - J, J Tirole. Creating competition through interconnection: theory and practice [J]. Journal of Regulatory, 1996, 10(3): 227- 256.
- [5] Laffont J - J, J Tirole. Competition in Telecommunications [M]. The MIT Press, 2000.
- [6] 唐晓梅. 成本对电信业务定价的影响 [J]. 通信企业管理, 2003, 8(1): 34- 35.
Xiaomei Tong. The cost effect on telecommunication service pricing [J]. Journal of Telecommunication Enterprise Management, 2003, 8(1): 34- 45. (in Chinese)

- [7] Sidak, J Gregory, Daniel F. Spulber. Deregulatory Takings and the Regulatory Contract: The Competitive Transformation of Network Industries in the United States[M]. Cambridge University Press, 1997.
- [8] Spulber, D, J G Sidak. Network access pricing and deregulation [J]. Industrial and Corporate Change, 1997, 6(4): 757- 782.
- [9] Wei Yu, Yongmei Cui, Li Hongchang. Access pricing of network essential facilities for chinese railways[A]. Proceedings of ICCT2003[C]. Beijing: IEEE Press, 2003. 139- 144.
- [10] Zhiyuan He, Pinliang Luo. POS access pricing problem in China analyze from network economy view[A]. Proceedings of ICSSM' 05 [C]. Chongqing: Chongqing Universit Press, 2005. 1254- 1258.
- [11] Diamond P, J Mirrlees. Optimal taxation and public production: F Production efficiency[J]. American Economic Review, 1971, 61(1): 8- 27.
- [12] Cremer, H F Gasmi, A Grimaud, J J Laffont. Universal Service: An economic perspective[J]. Annals of Public and Cooperative Economics, 2001, 72(1): 5- 42.
- [13] Gasmi, F, J- J Laffont, W Sharkey. Competition, universal service and telecommunications policy in developing countries [J]. Information Economics and Policy, 1999, (12): 221 - 248.
- [14] Laffont, J J, X Zhang. Universal service obligations in developing countries[R]. RCRC Working Paper, CASS. 2003.
- [15] Laffont, J J, D Martimort. The Theory of Incentives [M]. Princeton: Princeton University Press, 2002.
- [16] Jir yu Zhang, Liu Li, Hong-hui Li, et al. Quantitative QoS management Implement Mechanism in IP DiffServ [J]. J Comput Sci & Technol, 2005, 20(6): 831- 835.
- [17] 张晋豫, 孟洛明, 刘峰, 等. 一个基于多策略的 IP DiffServ 业务量工程实现机制[J]. 电子学报. 2006, 34(7): 1194- 1198.
- Zhang Jir yu, Meng Luσ ming, Liu Feng, et al. Research on a multi policy based traffic engineer implementing mechanism in IP diffServ network [J]. ACTA Electronica Sinica, 2006, 34 (7): 1194- 1198. (in Chinese)
- [18] 张晋豫, 孟洛明, 邱雪松, 等. 优化的 IP DiffServ 动态资源定价机制[J]. 软件学报, 2005, 16(8): 1456- 1464.
- Zhang Jir yu, Meng Luσ ming, Qiu Xue song, et al. An optimal adaptive resource pricing mechanism for IP diffServ network [J]. Journal of software, 2005, 16(8): 1456- 1464. (in Chinese)

作者简介:

张晋豫 男, 1967 年生于河南洛阳, 2004 年在北京邮电大学获通信与信息系统博士学位, 现为北京交通大学计算学院副教授, IPTV 网络管理接口标准的主要起草人, 广电总局特聘专家, CCSATC7 WG3 主要成员. 研究的方向为网络管理、通信软件和 IPTV 技术.
E mail: Zhangjinyu_ll@ 126. com

刘 犁 女, 1982 年出生于湖南永洲, 2005 年在北京交通大学获通信与信息系统硕士学位, 现在新泽西理工攻读计算机专业博士学位. 研究的兴趣包括 TCP/ IP 技术、网络技术和网络软件.