

## A

### Qualidade de serviço

Qualidade de Serviço (QoS) pode ser definida, em relação a uma rede de comunicações, como sendo a capacidade de diferenciar tráfegos e tipos de serviços, de forma a estabelecer diferentes formas de tratamento para cada tipo de informação definida. O modo como isso pode ser obtido e os mecanismos utilizados variam.

Quando nos referimos a Qualidade de Serviço em uma rede de comunicações está subentendido que esta rede possui disciplinas de serviço que produzem respostas específicas com relação a certos parâmetros, em geral: vazão, atraso, variação de atraso (*jitter*) e perda de pacotes. A forma como a rede tratará estes requisitos dá origem a seguinte classificação:

- **QoS baseado em reserva de recursos, ou rígido** : oferece garantias para cada fluxo individualmente. Esse é o tipo de QoS ideal, mas é mais complexo e caro de implementar, resultando, constantemente, em utilização ineficiente da rede.
- **QoS baseado em priorização, ou flexível** : onde as garantias são para agregados de fluxos. Nesse caso, não há garantias individuais para os fluxos, porém a implementação é bem mais simples que o caso anterior, e busca explorar ao máximo a utilização da rede.

A determinação do modelo de QoS a ser fornecido aos usuários está intimamente relacionada à natureza do tráfego gerado por estes. Cada aplicação possui um nível de tolerância a degradações do nível de serviço, e é essa tolerância que determinará o modelo de QoS necessário. Pode-se identificar os seguintes tipos de aplicações:

- **Aplicações de tempo real (*real-time*)** : Podem ser definidas como aquelas cujas mensagens são observadas pelo usuário tão logo esteja sendo recebida. A transmissão em tempo real, em geral, se aplica a serviços de voz e vídeo, e possui características rígidas de reprodução,

sobretudo no que se refere a atraso e *jitter*. Aplicações de tempo real podem ser subdivididas em:

1. **Aplicações tolerantes** : São aquelas que mesmo diante de variações no atraso causadas pela rede, ainda assim produzem um sinal de qualidade quando reproduzidas.
  2. **Aplicações intolerantes** : Variações no atraso produzem sinais com qualidade inaceitável.
- **Aplicações adaptáveis** (*non-real-time*) : Para esse tipo de aplicação, a recepção correta dos dados é mais importante do que a sua apresentação a uma taxa constante. Exemplos de aplicações adaptáveis são correio eletrônico, transferência de arquivos, consultas interativas a informações (WWW, etc) e aplicações cliente/servidor tradicionais.

## B

### Definições de QoS na tecnologia ATM

Com o objetivo de fornecer à tecnologia ATM uma estrutura capaz de prover Qualidade de Serviço aos usuários, o ATM Forum definiu diversos parâmetros que são utilizados na diferenciação de serviços e manutenção do nível de QoS oferecido. Há três atributos básicos que caracterizam o usuário e o tipo de serviço que este recebe:

- Categorias de serviço
- Descritores de tráfego
- Parâmetros de QoS

A seguir, fazemos uma breve apresentação dos princípios gerais envolvidos na provisão de QoS em redes ATM.

#### B.1

##### Categorias de serviço

Considerando a diversidade de aplicações de banda larga, as categorias de serviço foram definidas para classificar cada usuário da rede segundo os requisitos do tráfego. Foram definidas cinco categorias:

**CBR (constant bit rate):** Define que uma taxa de transmissão fixa será disponibilizada pelo provedor de serviços ATM ao usuário. Como exemplo de aplicação, podemos citar serviços de voz e vídeo a taxas constantes, como videoconferência.

**rt-VBR (real-time variable bit rate):** Voltada para aplicações com requisitos rígidos de atraso e *jitter*, mas não apresentam taxa constante, como serviços de voz e vídeo comprimidos.

**nrt-VBR (non-real-time variable bit rate):** Semelhante à anterior, com a diferença que não há especificação de jitter, e há maior tolerância a perda de células.

**UBR (unspecified bit rate):** Correspondente ao serviço de melhor esforço.

**ABR (available bit rate):** Provê um nível mínimo de serviço garantido. Em períodos de disponibilidade dos recursos da rede, o usuário recebe uma “quantidade extra” de recursos.

## B.2

### Descritores de tráfego

O ATM Forum define uma série de descritores que caracterizam o padrão de tráfego do fluxo de células de uma certa conexão ATM. A caracterização do tráfego é feita sob duas perspectivas: o comportamento da fonte de tráfego propriamente dita (padrões de geração de pacotes, etc) e o caráter que o fluxo assume diante dos atrasos sofridos ao longo da conexão. O comportamento das fontes de tráfego é definido pelos descritores das fontes, e os descritores das conexões caracterizam o fluxo de células sobre a conexão ATM. São eles:

**Descritores das fontes:** taxa de pico (PCR); taxa média(SCR); surto máximo (MBS); taxa mínima (MCR).

**Descritores das conexões:** utiliza, além dos descritores das fontes, os parâmetros de tolerância a variações no atraso (CDVT) e definição de conformidade.

## B.3

### Parâmetros de QoS

E finalmente, são definidos os parâmetros de QoS, que são normalmente negociados no momento do estabelecimento da conexão. Através desses parâmetros, o provedor de serviços tem condição de realizar o Controle de Admissão de Conexões.

- taxa de perda de células (CLR)
- máximo atraso na transferência (maxCTD)
- variação de atraso pico-a-pico

## C

### Intervalo de Confiança

A determinação do intervalo de confiança é um importante recurso para validação dos resultados obtidos através de simulação, como é o caso deste trabalho. Determinado o intervalo, e averiguada a validade dos resultados, pode-se realizar a análise comparativa entre os resultados.

Para determinação do intervalo de confiança, seguimos a metodologia apresentada em [24]. Nesta obra, o autor parte do Teorema do Limite Central, e chega ao seguinte resultado, que utilizamos em nossos cálculos.

$$I = \bar{X} \cdot \left( 1 \pm Z_{1-\frac{\alpha}{2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{\bar{X} \cdot N}} \right)$$

Na equação acima, temos:

- $I$  : Intervalo de confiança;
- $\bar{X}$  : Taxa de descartes obtida através da média das 10 simulações;
- $Z_{1-\frac{\alpha}{2}}$  : Constante (ver [24])
- $N$  : Número de pacotes transmitidos pelas fontes (média das 10 simulações).

Para um intervalo de confiança de 90%, utilizamos  $Z_{1-\frac{\alpha}{2}} = 2.58$ , e obtivemos os valores de  $\bar{X}$  e  $N$  a partir das simulações.

Como exemplo, apresentamos o cálculo referente a alguns resultados do GRIP, na topologia simples. Abordamos aqui os casos com menor taxa de descartes, pois são os casos com maior intervalo de confiança.

- $M = 30$ , janela de 0.1 segundo, tráfego CBR (Figura 4.7)

Neste caso, temos:

$$N = 3.125 \times 10^6, \quad \bar{X} = 10^{-5} \quad \text{e} \quad Z_{1-\frac{\alpha}{2}} = 2.58$$

Logo,  $I = 10^{-5}(1 \pm 0.46)$

Este caso representa uma situação típica, em que os resultados se encontram dentro do intervalo de confiança.

- $M = 30$ , janela de 0.05 segundo, tráfego EXP (Figura 4.11)

$$N = 8.112 \times 10^6, \quad \bar{X} = 8 \times 10^{-4} \quad \text{e} \quad Z_{1-\frac{\alpha}{2}} = 2.58$$

Assim,  $I = 8 \times 10^{-4}(1 \pm 0.0516)$

Esta é uma situação desfavorável, em que não podemos considerar o intervalo de confiança de 90%.

## Referências Bibliográficas

- [1] RAHIN, M. A.; KARA, M.. Call admission control algorithms in atm networks: A performance comparison and research directions, 1998. <http://citeseer.ist.psu.edu/rahin98call.html>.
- [2] MATHIAS, F. R.. Avaliação de desempenho de mecanismos de controle de tráfego em redes com serviços diferenciados. Master's thesis, PUC-Rio, 2002.
- [3] SAITO, H.. Call admission control in an atm network using upper-bound of cell loss probability. IEEE Transactions on Communications, 1992.
- [4] MOTA, O. T.. Uma arquitetura adaptável para provisão de qos na internet. Master's thesis, PUC-Rio, 2001.
- [5] XIAO, X.. Providing Quality of Service in the Internet. PhD thesis, Michigan State University, 2000.
- [6] BRESLAU, L.; KNIGHTLY, E. W.; SHENKER, S.; STOICA, I. ; ZHANG, H.. Endpoint admission control: Architectural issues and performance. In: SIGCOMM, p. 57-69, 2000. <http://citeseer.nj.nec.com/breslau00endpoint.html>.
- [7] Projeto Cadenus - <http://www.cadenus.org>.
- [8] Consórcio CoRiTeL - <http://www.coritel.it>.
- [9] NICHOLS, K.; BLAKE, S.; BAKER, F. ; BLACK, D.. Rfc 2474: Definition of the differentiated services field (ds field) in the ipv4 and ipv6 headers. Technical report, IETF - Network Working Group, 1998.
- [10] BLAKE, S.; BLACK, D.; CARLSON, M.; DAVIES, E.; WANG, Z. ; WEISS, W.. Rfc 2475: An architecture for differentiated services. Technical report, IETF - Network Working Group, 1998.
- [11] GROSSMAN, D.. Rfc 3260: New terminology and clarifications for diffserv. Technical report, IETF - Network Working Group, 2002.

- [12] STOICA, I.; ZHANG, H.. **Providing guaranteed services without per flow management.** In: SIGCOMM, p. 81–94, 1999.  
<http://citeseer.nj.nec.com/stoica99providing.html>.
- [13] ELSAYED, K. F.; PERROS, H.. **Traffic management: A review of call admission control schemes for atm networks**, 1998.  
<http://citeseer.nj.nec.com/elsayed98traffic.html>.
- [14] R. GUERIN, H. AHMADI AND M. NAGHSHINEH. **Equivalent Capacity and Its Application to Bandwidth Allocation in High-Speed Networks.** IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 9(7):968–981, Sept. 1991.
- [15] FLOYD, S.. **Comments on measurement-based admissions control for controlled-load services**, 1996.
- [16] GÉANT - <http://www.dante.net>.
- [17] BLEFARI-MELAZZI, N.; FEMINELLA, M. ; PUGINI, F.. **Definition and performance evaluation of a distributed and stateless algorithm for qos support in ip domains with heterogeneous traffic.** SSGRR, 2001.
- [18] HOEFFDING, W.. **Probability inequalities for sums of bounded random variables.** American Statistical Journal, 1963.
- [19] HOFRI, M.. **Probabilistic Analysis of Algorithms.** Springer-Verlag New York, Inc., 1987.
- [20] BRESLAU, L.; JAMIN, S. ; SHENKER, S.. **Comments on the performance of measurement-based admission control algorithms.** In: INFOCOM (3), p. 1233–1242, 2000.  
<http://citeseer.nj.nec.com/breslau00comments.html>.
- [21] BRADEN, R.; CLARK, D. ; SHENKER, S.. **Rfc 1633: Integrated services in the internet architecture.** Technical report, IETF - Network Working Group, 1994.
- [22] SHENKER, S.; PARTRIDGE, C. ; GUERIN, R.. **Rfc 2212: Specification of guaranteed quality of service.** Technical report, IETF - Network Working Group, 1997.
- [23] SHENKER, S.; WROCLAWSKI, J.. **Rfc 2215: General characterization parameters for integrated service network elements.** Technical report, IETF - Network Working Group, 1997.



- [24] LAW, A. M.; KELTON, D. M.. **Simulation Modeling and Analysis**. McGraw-Hill Higher Education, 1999.
- [25] ISSLL - <http://www.ietf.org/html.charters/OLD/issll-charter.html>.
- [26] JACOBSON, V.. **Congestion avoidance and control**. ACM Computer Communication Review; Proceedings of the Sigcomm '88 Symposium in Stanford, CA, August, 1988, 18, 4:314–329, 1988. <http://citeseer.nj.nec.com/jacobson88congestion.html>.
- [27] BOUDEC, J.-Y. L.; THIRAN, P.. **Network calculus: a theory of deterministic queuing systems for the internet**. Springer-Verlag New York, Inc., 2001.
- [28] SOARES, L. F. G.; LEMOS, G. ; COLCHER, S.. **Redes de computadores: das LANs, MANs e WANs às redes ATM**. Campus, 1995.
- [29] ELWALID, A.; MITRA, D. ; WENTWORTH, R. H.. **A new approach for allocating buffers and bandwidth to heterogeneous regulated traffic in an ATM node**. IEEE Journal of Selected Areas in Communications, 13(6):1115–1127, 1995. <http://citeseer.nj.nec.com/elwalid95new.html>.
- [30] ELWALID, A.; MITRA, D.. **Traffic shaping at a network node: theory, optimum design, admission control**. In: IEEE INFOCOM, p. 445–455, 1997.
- [31] ROSEN, E. C.; VISWANATHAN, A. ; CALLON, R.. **Multiprotocol label switching architecture**. Internet draft, IETF, agosto 1999. <http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-mpls-arch-06.txt>.
- [32] Network Simulator - <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>.
- [33] MOY, J.. **Rfc 2178: Ospf version 2**. Technical report, IETF - Network Working Group, 1997.
- [34] HEINANEN, J.; BAKER, F.; WEISS, W. ; WROCLAWSKI, J.. **Rfc 2597: Assured forwarding phb group**. Technical report, IETF - Network Working Group, 1999.
- [35] DAVIE, B.; CHARNY, A.; BENNETT, J.; BENSON, K.; BOUDEC, J. L.; COURTNEY, W.; DAVARI, S.; FIROIU, V. ; STILIADIS, D.. **Rfc 3246: An expedited forwarding phb (per-hop behavior)**. Technical report, IETF - Network Working Group, 2002.

- [36] BERNET, Y.. **The complementary roles of rsvp and differentiated services in the full service qos network.** IEEE Communications Magazine, 2(38):154–162, Feb. 2000.  
<http://citeseer.nj.nec.com/bernet00complementary.html>.
- [37] SARIOUAN, H.. **A Service-Curve Approach to Performance Guarantees in Integrated Service Networks.** PhD thesis, University of California, 1996.
- [38] SEQUIN - <http://archive.dante.net/sequin/>.
- [39] OOTTAMAKORN, C.; BUSHMITCH, D.. **A diffserv measurement-based admission control utilizing effective envelopes and service curves.** In: IEEE INFOCOM, p. 1187–1195, 2001.
- [40] SHIOMOTO, K.; YAMANAKA, N. ; TAKAHASHI, T.. **Overview of measurement-based connection admission control methods in atm networks.** IEEE Communications Surveys, p. 2–13, 1999.  
<http://citeseer.nj.nec.com/shiomoto99overview.html>.
- [41] SOHRABY, K.. **On the asymptotic behavior of heterogenous statistical multiplexer with applications.** In: IEEE INFOCOM, p. 839–847, 1992.
- [42] SOHRABY, K.. **On the theory of general on-off sources with applications in high-speed networks.** In: IEEE INFOCOM, p. 401–410, 1993.
- [43] Example traffic trace for ns - <http://www.research.att.com/~breslau/vint/trace.html>.
- [44] STALLINGS, W.. **High-speed networks:TCP/IP and ATM design principles.** Prentice-Hall, Inc., 1998.
- [45] TANG, N.; TSUI, S. ; WANG, L.. **A survey of admission control algorithms.** Technical report, CS 215, 1998.
- [46] Projeto Tequila - <http://www.ist-tequila.org>.
- [47] BHATNAGAR, S.; VICKERS, B.. **Providing quality of service guarantees using only edge routers.** In: IEEE GLOBECOM, 2001.
- [48] BHATNAGAR, S.; BADRINATH, B.. **Distributed admission control to support guaranteed services in core-stateless networks.** In: IEEE INFOCOM, 2003.

- [49] D. P. TRANCHIER, P. E. BOYER, Y. M. R.; MAZEAS, J.-Y.. **Fast bandwidth allocation in atm networks**. Technical report, CNET-Lannion, 1992.
- [50] WELZL, M.; MUHLHAUSER, M.. **Scalability and quality of service: A trade-off?** IEEE Communications Magazine, 41(6):32–36, June 2003.
- [51] TURNER, J. S.. **Bandwidth management in atm networks using fast buffer reservation**. In: Australian Broadband Switching and Services Symposium, p. 15–17, 1992.
- [52] **Telephone transmission quality objective measuring apparatus: Artificial conversation speech**. Rec. P.59 ITU-T, 1993.