

Um Modelo para Streaming de Vídeo Escalável usando Multicast IP SSM com QoS Adaptativa

Sérgio A. D. Deusdado (*sergiod@ipb.pt*)

Doutorando em Comunicações por Computador no Departamento de Informática
da Escola de Engenharia da Universidade do Minho

Campus de Gualtar – Braga – Portugal

Orientação Científica: Professor Doutor Paulo Martins de Carvalho

Resumo

A tecnologia de streaming de vídeo encontra na Internet TV, talvez, a sua aplicação magna. Face às carências de QoS da Internet actual, é consensual formular um sistema de streaming usando difusão multicast para melhor aproveitamento de recursos, adjuvado por QoS adaptativa, que deveria ser parte integrante das aplicações servidora e clientes, mas que pode apartar-se destas recorrendo a middleware. Uma forma razoável para lidar com a heterogeneidade consiste na codificação e transmissão multirate de vídeo, veiculando as fracções usando a modalidade SSM-Source Specific Multicast, com canais interdependentes e acumuláveis para a emissão/recepção final, modelando a qualidade de forma consentânea com os recursos utilizáveis, de forma sustentável e evitando redundâncias que descaracterizam o modelo multicast original. Assim, desenhou-se um modelo, como fase introdutória, para o desenvolvimento de um sistema de difusão de Internet TV por multicast SSM, usando codificação de vídeo escalável por interpolação 3D, com QoS adaptativa, gerida dinamicamente por cálculo, baseado em equação contendo métricas de QoS, das actuações das aplicações clientes e servidora, que ajustarão o número de canais que cada membro pode subscrever, bem como o número de layers que o servidor produz no sentido de satisfazer a audiência.

1. Introdução

A Internet como plataforma de integração, incorpora, cada vez mais, uma miríade de equipamentos estruturais e terminais que vão respondendo, quase sempre em défice, às necessidades de computação e mobilidade da sua comunidade. A rede moderniza-se continuamente, mormente no sentido do desempenho parcelar. O todo evolui lentamente e ao sabor das novas tendências, predicados do modelo aberto e global, augurando responder a um número crescente de utilizadores, sistemas finais e aplicações com requisitos de QoS diferenciados, ao fim e ao cabo os mesmos, os do melhor serviço possível, mas baseado na heterogeneidade de meios com que se pretende alcançar. Este cenário implica que as novas aplicações a desenvolver para a Internet sejam conscientes desta heterogeneidade tecnológica e comportamental, que respondam com adaptabilidade e se situem, o mais possível, na linha da proficuidade e do aproveitamento útil, minimizando o impacto nos recursos sempre escassos, porque com demanda em permanente inflação, de largura de banda. Em suma, implementar medidas de funcionamento do sistema mais “ecológicas”.

Uma das aplicações que, no passado recente, mereceu maior atenção da indústria e da academia foi o *streaming* de vídeo [1], com aplicações diversas desde a Internet TV, as videoconferências e o *video-on-demand* (VOD), e que se coaduna completamente com os fundamentos das comunicações multicast.

As exigências de QoS no tráfego multicast são prementes [2], pois viabilizam ou interditam as aplicações que usam esta plataforma tecnológica, para a sua consecução recorre-se, sobretudo, às propostas da IETF relativas aos modelos IntServ e DiffServ.

2. O problema do controlo de congestão de tráfego em multicast

À medida que as comunicações multicast evoluíam, foram vários os esquemas que se desenvolveram para pôr cobro a este problema que se torna mais premente nas comunicações que envolvem grandes débitos como é o caso do vídeo. As mais importantes foram sumariadas em [3]. Destacam-se os esquemas fim-a-fim, que comportam a transmissão única e a transmissão escalável, que se efectua por camadas interdependentes e cumulativas. Por outro lado aventam-se igualmente os esquemas que implicam mais directamente os equipamentos de encaminhamento, centrando nos *routers* a dinâmica adaptativa do tráfego multicast.

Quando se transmite por multicast IP [4], na modalidade ASM [5], recorrendo a um servidor de conferências de medias por exemplo, os membros do grupo multicast receberão os datagramas com a QoS que os seus sistemas de suporte, no tocante à interligação e ao processamento, permitem, independentemente do tráfego gerado pelo servidor que é completamente insensível às capacidades e disponibilidades de recursos dos restantes componentes do sistema fim-a-fim. Esse tráfego, colocado numa rede *best-effort* como a Internet actual, concorre de forma desigual, por natureza e maioria, com o restante que comporta retransmissão, e encontra-se ao nível da fonte, apenas modelado por um conjunto de métricas definidas por quem activou as aplicações no lado servidor.

O modelo multicast ASM subjacente, implica que a transmissão se efectue para um endereço IP especial, de classe D, que se abstrai como sendo um endereço de grupo, e ao coberto desse grupo aceita que se acumulem várias fontes, sortidas dentro e fora dos membros do grupo. Tal situação poderá culminar no colapso, na insegurança e ingeribilidade do processo comunicativo com relativa facilidade. Apesar da insustentabilidade do modelo ASM em grande escala, os primeiros passos do multicast ampararam-se nessa metodologia como forma de publicitar o atractivo chavão muitos-para-muitos, agregando tráfego que se entrega aos clientes/membros do mesmo grupo, porque nele se filiaram ligando-se pelo mesmo endereço multicast e porta de comunicações para cada media. Caso se pretenda diferenciar a qualidade de serviço [6] para um determinado membro, quer seja pelas suas insuficiências de recursos ou sobredotação das mesmas, evitando a redundância que descaracteriza o princípio do multicast, esta terá de ser exercida no equipamento de encaminhamento, o que descontextualiza a problemática, introduzindo elementos potencialmente exponenciais de complexidade e reconfigurações ao longo do *path*, para a implementação de um sistema com a sustentabilidade necessária em termos de QoS.

Alguns trabalhos deram um contributo no sentido de, pelo menos, controlar as fontes secundárias, como por exemplo os e-alunos que necessitam de intervir no processo de *e-learning*, fazendo com que a sua “entrada em cena”, adicionando os seus débitos ao tráfego do grupo, fosse feito de forma consciente e recorrendo a adaptabilidade por *middleware* [7]. Esta adaptabilidade faria com que o tráfego se adicionasse ao grupo

tendo em conta os recursos disponíveis para o processar e encaminhar por parte de cada membro que iniciasse a sua intervenção.

Com a introdução do SSM [8], onde fundamentalmente se clarifica que numa mesma comunidade (no ASM chamada de grupo e com um único endereço) podem existir vários grupos com canais distintos, e cada canal tem apenas uma fonte a receber pelo grupo. Assim, uma determinada comunidade pode envolver vários grupos, sendo que cada grupo se limita a uma fonte, portanto um-para-muitos replicado e organizado. Um grupo SSM IP corresponde a um único endereço multicast SSM pelo qual se veicula tráfego gerado por uma fonte específica, bem definida pelos endereços *in* e *out*, ou seja e respectivamente, aquele que é autorizado a emitir e o classe D especial por onde o grupo recebe os datagramas. As comunidades crescem se os seus membros aderirem a vários grupos verificando-se uma espécie de intersecção de conjuntos, possibilitando exercer interactividade recorrendo a vários 1-to-M elementares.

Actualmente caminha-se para a integração das arquitecturas AS e SS Multicast [9]. Aproveitando a experiência adquirida em comunicações multicast desde a sua introdução na última década do século XX, nomeadamente recorrendo ao fraccionamento da informação e incorporando a vários grupos com um propósito comum, é possível produzir, codificar e transmitir vários níveis de QoS que serão emitidos pelo servidor, para que os equipamentos de encaminhamento os façam chegar a quem se filia num determinado canal que pode conter em regime cumulativo outros canais de base ou aperfeiçoamento progressivo até um nível de QoS que pode ser mensurado por censo de QoS utilizável e respectiva adaptação. Tais facilidades, interessantes para a gestão comercial, podem potenciar o desenvolvimento do multicast nos meios privados.

3. A codificação escalável de vídeo

É possível captar vídeo e codificá-lo em componentes laminares [10], também denominado por vídeo escalável, ou seja, dividir a informação em camadas e transmiti-las separadamente para que no destino sejam acumuladas e reproduzidas de forma transparente para o utilizador, introduzindo mecanismos de controlo e sincronismo que viabilizem o processo. Este procedimento torna expectável a possibilidade de que cada utilizador subscreva selectivamente o número de camadas que está disposto a pagar ou que o seu sistema de processamento/interligação suporte. Obviamente, mesmo não recebendo a totalidade das camadas, a aplicação *player* terá a capacidade de gerar por IA um sucedâneo da informação não transmitida (para esse cliente) explicitamente. Esta formulação permite lidar de forma mais adequada com a heterogeneidade de sistemas da Internet.

Os formatos de codificação de vídeo *multirate* [11], que se baseiam em *layers* podem, como tal, ser usados para estudar o comportamento de um sistema de transmissão multicast de vídeo por camadas, o que no modelo multicast SSM pode ser usado para constituir diferentes canais com camadas distintas do mesmo media e assim entregar QoS diferenciada, com a invocação pelo cliente dos diferentes canais/camadas que o seu perfil de QoS permite, estes formatos são o MPEG-4 [12] e o H.263+ [13], [14]. Alguns investigadores conduziram trabalhos nestes domínios obtendo resultados encorajadores [15], [16], [17].

Em alternativa aos métodos de codificação de vídeo por camadas, a investigação produziu outras soluções igualmente escaláveis. Apontam-se a codificação fractal [18] e a codificação por interpolação [19]. Estas mereceram nos tempos recentes menor esforço de investigação e aperfeiçoamento, mas não perderam a validade dos seus princípios. A codificação por interpolação pode servir com acuidade os propósitos deste modelo pois goza de propriedades que em muito poderão contribuir para o sucesso do mesmo. A saber, permite que de forma muito aproximada e previsível, as diferentes camadas possuam a mesma carga de informação transmitida, o que é benéfico em termos de divisão por níveis de qualidade cumulativa. Evita problemas de sincronismo, já que a computação para a descompressão do vídeo se efectua com base em pontos transmitidos para uma determinada *frame*, o que torna o processo de descompressão único para cada *frame*. Evita os problemas de visualização no acto de iniciação na recepção, já que nos modelos mais vulgarizados nem todas as *frames* são transmitidas na totalidade mas apenas os desvios da anterior.

4. A adaptação do tráfego gerado e recebido

Apesar da escalabilidade conceptual que a tecnologia multicast augura, a adaptação torna-se nuclear na consecução de um sistema sustentável para *streaming* de vídeo. A adaptação visa o ajustamento da QoS das aplicações aos recursos disponíveis, maximizando a sua proficuidade fim-a-fim, e baliza-se por métricas como a largura de banda, o *round-trip-time* (RTT), e o número e pacotes perdidos. Estas matérias foram objecto de apurada revisão em [20].

A codificação vídeo hierárquica por camadas permite lidar com as variações recorrentes de largura de banda na Internet, maximizando o aproveitamento dos recursos disponíveis, porém carece da adaptação para ajustar por um lado o número de camadas geradas pelo servidor e, por outro, tomando o controlo dos canais/camadas que cada membro multicast conscientemente subscreve. Existem trabalhos que se focalizam na adaptação do cliente, inicialmente idealizada em [21] e actualizada para o modelo SSM em [22], outros no servidor [16], outros ainda nos *routers* [23], [24], mas será a combinação destas contribuições [25] que conformará a melhor solução.

Uma abordagem para computar a informação para suporte às decisões de adaptação assenta em equações de estimação de capacidade, cujos cálculos permitirão inferir a melhor forma de servir os clientes de vídeo, fornecendo-lhes com prioridade para a sustentabilidade, a melhor QoS possível [26].

5. Modelo para *streaming* multicast SSM de vídeo escalável com QoS adaptativa

O modelo proposto usará uma combinação de vídeo escalável por interpolação tridimensional, multicast SSM e adaptação pelo cliente baseada em equação de QoS utilizável. Pretende-se providenciar serviços de Internet TV com QoS diferenciada, que poderiam encontrar aplicação nas Universidades, como forma de servir à comunidade um canal com programação de interesse público sobre os eventos internos

(conferências, seminários, palestras, sessões de *e-learning*, etc.) e com conteúdos de interesse para a comunidade do ensino superior, como serviços informativos e outros.

A codificação por interpolação poderá usar as três dimensões de cor por pixel (RGB) como sendo as coordenadas x, y e z para traçar um gráfico tipo superfície da imagem, deste modo poderão eliminar-se os pontos redundantes, guardando e transmitindo apenas os pontos decisivos para, mais tarde no cliente, recuperar por interpolação e extrapolação a imagem original. Deste modo, em cada canal SSM poderão transmitir-se um número de pontos similar que visem aperfeiçoar a imagem final. Os pontos a transmitir terão em conta sobretudo os pontos de inflexão das funções a mimetizar por interpolação, o que mais ou menos equivale a dizer os contornos da imagem, como complemento poderá enviar-se uma malha regular de pontos, que incluirá os pontos intermédios para alcançar maior pormenor a cada nível/canal.

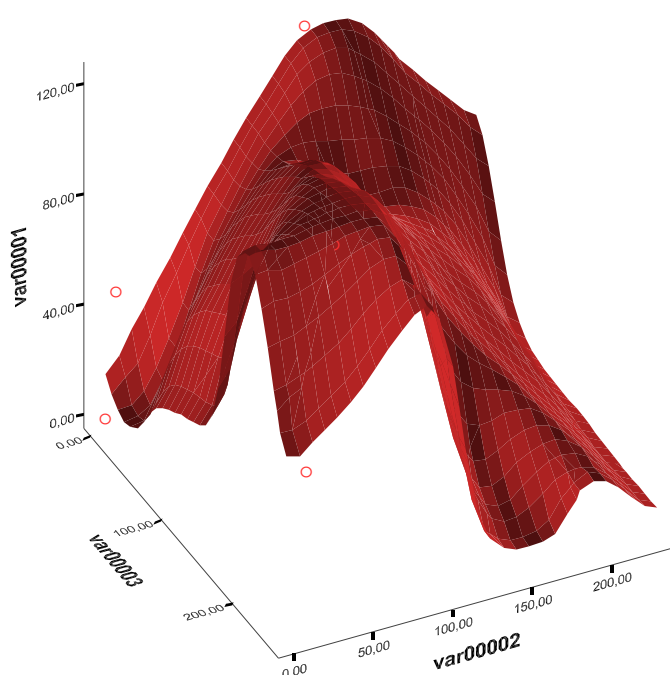


Figura 1 – Uma imagem pode ser convertida num gráfico 3D, usando as tonalidades RGB como coordenadas XYZ

Um módulo de *middleware* será o encarregado de auscultar o meio, para averiguar as disponibilidades de recursos a utilizar na recepção do tráfego e na descodificação de vídeo pelos clientes. A estimação poderá desencadear a configuração das aplicações no sentido de ajustar a produção de *layers* no servidor, analisado o geral do grupo, e no particular, tornar selectiva para cada membro a subscrição dos diferentes níveis hierárquico ou camadas em concordância com o perfil de QoS ou a qualidade contratada.

6. Bibliografia

- [1] D. Wu, Y. T. Hou, W. Zhu, Y.-Q. Zhang, and J. M. Peha, "Streaming Video over the Internet: Approaches and Directions," *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 11, 2001.
- [2] A. Agarwal and K. B. Wang, "Supporting Quality of Service in IP Multicast Networks," *Computer Communications*, vol. 26, pp. 1533-1540, 2003.
- [3] A. Matrawy and I. Lambadaris, "A Survey of Congestion Control Schemes for Multicast Video Applications," *IEEE Communications Surveys*, vol. 5, pp. 22-32, 2003.
- [4] S. Deering, "Host Extensions for IP Multicasting," RFC 1112 ed: IETF, 1989.
- [5] H. Asaeda, "Protocol Analysis of Any-Source Multicast and Specific-Source Multicast," INRIA 5080, 2004.
- [6] R. Bless and K. Wehrle, "IP Multicast in Differentiated Services (DS) Networks," RFC 3754 ed: IETF, 2004.
- [7] S. Deusdado, "Integração Adaptativa de Aplicações Multicast para Conferência Multimédia - Master Thesis," in *Escola de Engenharia - Departamento de Informática*. Braga: Universidade do Minho, 2002, pp. 145.
- [8] H. Holbrook, "Source-Specific Multicast for IP," Internet Draft <draft-ietf-ssm-arch-04.txt> Work in Progress ed: IETF, 2003.
- [9] K. Almeroth, S. Bhattacharyya, and C. Diot, "Challenges of Integrating ASM and SSM IP Multicast Protocols Architectures," 2002.
- [10] M. Johanson and A. Lie, "Layered Encoding and Transmission of Video in Heterogeneous Environments," *ACM Multimedia '02*, 2002.
- [11] B. Li and J. Liu, "Multirate Video Multicast over the Internet: An Overview," *IEEE Networks*, 2003.
- [12] R. Koenen, "Overview of the MPEG-4 Standard - Coding of Moving Pictures and Audio," Report ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N4668, 2000.
- [13] M. Cote, B. Erol, and F. Kossentini, "H.263+: Video Coding at Low Bit Rates," *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 8, pp. 849-866, 1998.
- [14] Y. Wang, J. Ostermann, and Y.-Q. Zhang, *Video Processing and Communications*: Prentice Hall, 2002.
- [15] H. Wang and A. Ortega, "Robust Video Communication by Combining Scalability and Multiple Description Coding Techniques," 2003.
- [16] C. Albuquerque, B. Vickers, and T. Suda, "A Source Adaptive Multi-Layered Multicast Algorithm for Internet Video Distribution," 2001.
- [17] Q. Xu, V. Stankovic, and Z. Xiong, "Wyner-Ziv Video Compression and Fountain Codes for Receiver-Driven Layered Multicast," presented at Picture Coding Symposium, 2004.
- [18] M. Barnsley and L. Hurd, *Fractal Image Compression*: A K Peters, Wellesley, 1993.
- [19] S. Lee, G. Wolberg, and S. Y. Shin, "Scattered Data Interpolation with Multilevel B-Splines," *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 3, 1997.
- [20] J. Liu, B. Li, and Y.-Q. Zhang, "Adaptive Video Multicast over the Internet," *IEEE Press*, 2003.
- [21] S. McCanne, V. Jacobson, and M. Vetterli, "Receiver-Driven Layered Multicast," presented at SIGCOMM, 1996.
- [22] N. Wang and G. Pavlou, "An Overlay Framework for Provisioning Differentiated Services in Source Specific Multicast," *Computer Networks*, vol. 44, pp. 481-497, 2004.
- [23] M. Charikar, J. Naor, and B. Schieber, "Resource Optimization in QoS Multicast Routing of Real-Time Multimedia," *IEEE/ACM TRANSACTIONS ON NETWORKING*, vol. 12, 2004.
- [24] W. Wen, B. Mukherjee, G. Chan, and D. Ghosal, "LVMSR: An Efficient Algorithm to Multicast Layered Video," *Computer Networks*, vol. 41, pp. 363-383, 2003.
- [25] B.-S. Lee, C.-K. Yeo, and R. Fu, "Hybrid Quality Adaptation Mechanism for Layered Multicast over the Internet," *Journal of Network and Computer Applications*, vol. 23, pp. 145-159, 2002.
- [26] I. Rimac, J. Schmitt, and R. Steinmetz, "Observations on Equation Based Estimation of TCP-Compatible Rate for Multi-rate Multicast Scenarios," *Multimedia Communications Lab - Darmstadt University - Germany*, 2003.