

Tecnologias para Distribuição de Vídeo-on-Demand

Éverton D. Foscarini¹, Roberto E. Scherer¹,

¹Instituto de Informática – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)
Caixa Postal 15.064 – 91.501-970 – Porto Alegre – RS – Brasil

foscarini@gmail.com, rescherer@inf.ufrgs.br

Resumo. *A iminência de grande aumento no uso de Video-on-Demand tem despertado o interesse dos provedores de serviços. Desta forma, é importante a análise das estruturas de rede necessárias para a viabilização deste serviço em larga escala. Neste contexto, o artigo propõe-se a mostrar os diversos desafios existentes, bem como as soluções disponíveis para o suporte à distribuição de vídeo. Além disso, busca comparar algumas tecnologias utilizadas e mostrar problemas que ainda não foram resolvidos.*

1. Introdução

Atualmente há uma forte crença entre companhias de telecomunicações que o mercado de *Video-on-Demand* (VoD) vai se expandir exponencialmente nos próximos anos. Os provedores de serviços e de conteúdo estão procurando por um modelo escalável para implementação da distribuição de conteúdo em redes IP [Thouin, F.; Coates, M., 2007].

Prevê-se que VoD largamente utilizado terá potencial de consumir uma banda gigantesca. Mesmo com o uso de métodos de compressão no estado-da-arte (MPEG-4, H264), centenas de *gigabits* são facilmente alocados para a transmissão de algumas dezenas de fluxos de vídeo simultâneos [Thouin, F.; Coates, M., 2007].

O problema da largura de banda é crítico devido às soluções atuais de VoD não serem eficientes [Veeravalli, B. et al, 2006]. Elas normalmente utilizam transmissão *unicast* na distribuição dos arquivos de mídia, gerando:

- Crescimento linear dos custos do provedor de conteúdo em função do número de clientes;
- Demora no início da transmissão de um vídeo e imprevisibilidade da sua qualidade durante a exibição;
- Problemas de congestionamento na rede do provedor de serviços, criando necessidade de armazenamento distribuído dos arquivos de mídia.

Para aumentar a complexidade deste contexto, ainda ocorre a popularização dos *Personal Video Recorder* (PVR). Este equipamento é uma espécie de vídeo cassete que usa mídia de acesso não-linear (disco rígido) para gravação digital. Através do PVR, o usuário tem a possibilidade de gravar a programação ao vivo para reprodução posterior. Além disso, dependendo da arquitetura adotada, ele também pode servir como repositório de VoD [Kim, E.; Liu, J.C.L., 2005a].

Analisando os desafios e dificuldades encontrados na distribuição de VoD através de redes IP, este artigo tem o objetivo de descrever algumas opções de estruturas de rede que suportem os novos serviços de distribuição de vídeo. Além disso, busca mostrar

algumas otimizações propostas às estruturas, fazer algumas comparações entre diversas tecnologias que as viabilizam e citar alguns problemas que ainda devem ser pesquisados.

Na seção 2 deste artigo, são citadas algumas arquiteturas disponíveis para implementação dessas redes. Na seção 3, há uma lista de otimizações que podem ser aplicadas à distribuição de conteúdo. Concluindo, na seção 4 são feitas algumas comparações das tecnologias e referenciados alguns problemas ainda não resolvidos.

2. Arquiteturas de *Video-on-Demand*

A utilização de uma boa arquitetura para prover o serviço de VoD é fundamental para sua viabilização. Isto requer projetos alternativos se considerarmos a grande necessidade de banda para a distribuição de vídeo. Além disso, requer muito espaço para armazenamento dos arquivos em dispositivos de alta eficiência. A partir destas informações, percebe-se que a utilização de uma arquitetura centralizada não é interessante, pois, o sistema teria um ponto único de falha e um grande gargalo de desempenho (pela possível limitação de banda e/ou pelo poder de processamento insuficiente para recuperação de múltiplos vídeos).

Para contornar esses problemas, podem ser utilizadas diversas alternativas que descentralizam a distribuição de conteúdo para os usuários. A seguir, serão detalhadas algumas das alternativas pesquisadas.

2.1. Arquitetura baseada em *proxies*

Nesta arquitetura, nos pontos onde há confluência de tráfego de vários usuários (como um condomínio ou uma central de bairro, por exemplo), são instalados *proxies* para armazenar os arquivos mais populares. Quando um arquivo não está disponível no *proxy*, a distribuição de vídeo é executada diretamente no provedor de conteúdo. A figura 1a apresenta esta arquitetura [Thouin, F.; Coates, M., 2007].

2.2. Arquitetura baseada em descentralização

Caracteriza-se pela descentralização dos provedores de conteúdo, localizando-os nas bordas do núcleo da rede, conforme pode ser visto na figura 1b. Nesta abordagem, a distribuição de vídeo ficaria restrita à última milha, diminuindo a necessidade de banda do núcleo da rede [Wauters, T. et al, 2006].

Entretanto essa abordagem deve ser analisada com cuidado, pois existe a necessidade de muito espaço de armazenamento em vários pontos da rede de distribuição, o que pode impactar no custo de implantação [Thouin, F.; Coates, M., 2007].

2.3. Abordagem híbrida

Esta arquitetura é baseada no paradigma *peer-to-peer* (P2P), onde o distribuidor de conteúdo age como uma semente, e os clientes fazem a distribuição dos vídeos entre si. O distribuidor age também no gerenciamento, indexando as cópias dos arquivos de vídeo e coordenando a distribuição entre os *peers*. Essa abordagem é escalável de acordo com a quantidade de nodos, pois a área de armazenamento e os recursos de rede aumentam de acordo com o número de usuários que compartilham os arquivos [Thouin, F.; Coates, M., 2007].

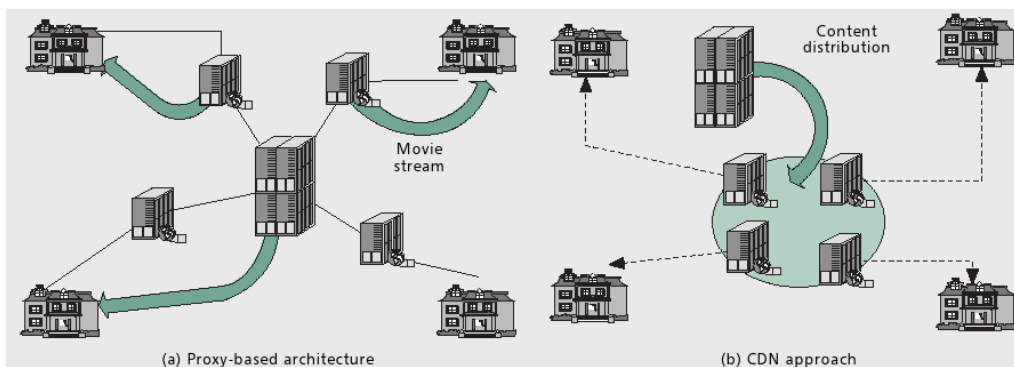


Figura 1. Arquiteturas de rede: a) Baseada em *proxies*; b) Baseada em descentralização [Thouin, F.; Coates, M., 2007].

Em [Kim, E.; Liu, J.C.L., 2005a] acrescenta-se, ainda, a utilização de um servidor gerenciador de conteúdo (CMS) e um servidor de armazenamento para rede (SAN), que em conjunto, podem ser considerados como um *proxy*. Uma característica da arquitetura apresentada por este autor é que os PVRs são interligados com o CMS (formando a rede P2P) através de uma rede *fibre channel arbitrated loop* (FC-AL), num contexto local. Em [Kim, E.; Liu, J.C.L., 2005b], este mesmo autor ainda fez uma comparação entre a utilização de FC-AL e SCSI, mostrando as vantagens de uma tecnologia sobre a outra, justificando sua escolha. A figura 2 mostra a arquitetura proposta por este autor.

Esta arquitetura, embora muito promissora devido à sua grande escalabilidade, ainda é incipiente e requer muita pesquisa. Além disso, com as novas tecnologias de acesso (última milha), que proporcionam maior banda que as atuais, talvez estas redes P2P possam ser estendidas a um contexto metropolitano, mantendo os *proxies* alocados nos *datacenters* dos provedores de serviços.

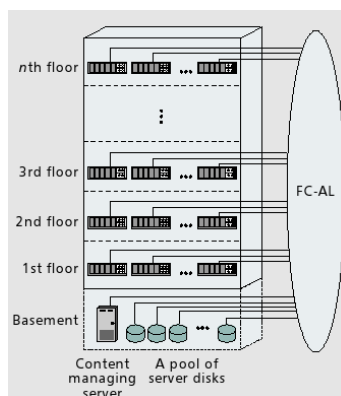


Figura 2. Arquitetura híbrida [Kim, E.; Liu, J.C.L., 2005a].

3. Otimizações para distribuição de conteúdo

Graças às características próprias das transmissões de VoD, seja na forma de programação de televisão aberta/fechada, filmes ou documentários, é possível a verificação da ocorrência de certos padrões. Através da análise desses padrões, pode-se otimizar a distribuição do conteúdo nas redes, de forma a encontrar a melhor combinação de uso de banda e espaço de armazenamento.

A seguir são detalhadas algumas otimizações que podem ser aplicadas às arquiteturas de distribuição de VoD.

3.1. Alterações nas políticas dos *proxies*

Nas arquiteturas que se baseiam em *proxies* para diminuir o tráfego do núcleo da rede, podem ser efetuadas diversas otimizações para sua utilização, conforme descrito a seguir:

- Armazenar apenas os arquivos mais populares. Segundo medições estatísticas, 30% dos arquivos da biblioteca são responsáveis por 80% da demanda total. Entretanto, é necessário um controle da popularidade dos arquivos, já que eles rapidamente deixam de ser populares, cedendo lugar para outros arquivos [Thouin, F.; Coates, M., 2007];
- Antecipar a cópia dos programas mais assistidos (*push caching*). Essa técnica incorre no risco de desperdiçar banda, já que o cliente pode não assistir a estes vídeos. Para reduzir o desperdício, é possível transferir apenas o início do arquivo (*prefix caching*), completando a transferência no momento em que o cliente está efetivamente assistindo;
- Agrupar diversos *proxies* próximos de forma a criar um *cluster*, buscando diminuir o desperdício de espaço de armazenamento e de banda (*clustering*).

Apesar de utilizar-se o *proxy* para otimizar o tráfego, é importante considerar o efeito “Cauda Longa”, já observado tanto em livrarias e lojas de CDs online, quanto em companhias de aluguel de DVDs via correio. Este efeito consiste em uma boa percentagem das requisições ser direcionada para os objetos menos populares (entre 25% e 30%, no caso da Amazon). Essa distribuição tende a se repetir numa biblioteca de vídeos, de forma que a rede terá de ser dimensionada já prevendo este comportamento [Anderson, C., 2004].

3.2. Utilização de tráfego *multicast*

A transmissão *multicast* poderia ser utilizada para otimizar o uso da banda. Apesar disso, nem todas as redes disponíveis atualmente tem suporte a esta tecnologia, o que dificulta seu uso imediato, além dela não prover interatividade entre a origem e destino da transmissão dos dados, que é muito importante para VoD. Mesmo assim, a transmissão *multicast* ainda pode ser utilizada, principalmente num contexto local.

Considerando a existência da transmissão de um programa via *multicast* em andamento, é possível que um novo usuário se associe ao grupo em questão. Desta forma, ele pode armazenar o fluxo *multicast* a partir daquele momento, fazendo a requisição do trecho que havia sido transmitido antes de sua associação ao grupo através de uma conexão *unicast* a um *proxy*. Dessa forma, é aproveitado um fluxo *multicast* em andamento, sendo necessária apenas a retransmissão de parte do conteúdo [Thouin, F.; Coates, M., 2007].

3.3. Recuperação de pacotes perdidos em *streaming*

Um *streaming* ocorre quando o usuário solicita uma transmissão e nenhum dos *proxies* ou distribuidores de conteúdo próximos tem aquele conteúdo. As tecnologias de *streaming* de vídeos foram projetadas de forma a tolerar uma certa perda de pacotes, não prejudicando a exibição das imagens e do áudio. Mesmo assim, é possível criar mecanismos que aumentem o número de pacotes entregues, de forma a melhorar o resultado final.

Em [Kontothanassis, L. et al, 2004], é proposto um mecanismo para recuperação de pacotes perdidos. Nessa proposta, a cada N pacotes transmitidos via *streaming*, é enviado um pacote de paridade. Através deste pacote, o receptor certifica-se que recebeu todos os pacotes anteriores e, se necessário, consegue recuperar até um pacote perdido dentro de uma janela de N pacotes. Essa alternativa acaba por gerar um *overhead* na rede no fator de $1/N$. Em simulações realizadas, a proposta mostrou-se eficiente na recuperação de pacotes perdidos mesmo quando este overhead era baixo. Ao aumentar a quantidade de pacotes de paridade não foi possível verificar uma melhora significativa na taxa de recuperação, pois o ruído que ocasionava a perda de pacotes interferia em forma de rajada, e não aleatoriamente, causando a perda de mais de um pacote da mesma janela, mesmo com janelas menores.

Também é possível utilizar essa abordagem numa transmissão de múltiplos *streamings*, dessa forma haveria um pacote de paridade para N *streamings*, o que aumentaria a distância entre um conjunto de pacotes e seu pacote de paridade. Neste esquema, há uma significativa melhora na taxa de recuperação de pacotes.

3.4. Piggyback prefetching

Esta técnica apresentada por [Yuan, J; Sun, Q., 2006] objetiva fazer uma melhor utilização da banda disponível na rede. Assume uma arquitetura baseada em *proxies*, onde ocorre o *streaming* de vídeos em taxa variável de bits (VBR).

Um *streaming* de vídeo VBR tem características próprias, como a presença de rajadas, que dificultam a alocação de banda para este tipo de tráfego. A banda reservada pode ser calculada de duas formas:

1. De acordo com a média de tráfego, de forma a otimizar a utilização da rede, o que pode causar atrasos e conseqüente diminuição da qualidade nos momentos em que ocorrem as rajadas;
2. De acordo com o valor máximo necessário em uma rajada, gerando desperdício de banda.

A otimização proposta utilizando *piggyback prefetch* consiste em alocar banda pelo valor máximo necessário ao tráfego do vídeo VBR e enviar antecipadamente outros vídeos ou conteúdos nos períodos onde a transmissão não utiliza toda a banda disponível. O conteúdo que é enviado aproveitando a conexão pode ser direcionado ao cliente ou mesmo a um *proxy* que se encontra no meio do caminho. Nem sempre este tráfego poderá ser de trechos adiantados do vídeo que está sendo transmitido, por questões de impossibilidade de transmissão (geração do conteúdo ao vivo) ou de recepção (cliente pode não ter espaço em *buffer* suficiente).

4. Conclusão

Neste artigo apresentamos algumas infra-estruturas de rede projetadas para suportar a transmissão de *Video-on-Demand*. Ressaltamos alguns pontos importantes a serem tratados nas redes de distribuição de conteúdo, como o uso de *proxies*, a descentralização e o *peer-to-peer*. Falamos também sobre características específicas do tipo de tráfego, e de algumas otimizações que podem ser aplicadas às políticas dos *proxies* e no uso da banda disponível. Também foram citadas algumas modificações de protocolos de transporte, seja pela utilização do *multicast* ou pela implementação de redundância em *streaming*.

Entre as arquiteturas, consideramos que a híbrida, que usa *peer-to-peer*, é a mais promissora, pois é mais escalável do que as outras opções. Quanto às otimizações, algumas são úteis apenas para uma arquitetura ou para outra, de forma que é preciso estudar a viabilidade de sua implantação em cada uma delas. Relacionado aos *proxies*, as alternativas de *push-caching*, *prefix caching* e *clustering* aumentam a escalabilidade da rede, entretanto também aumentam a sua complexidade.

Uma questão não resolvida é o controle de acesso aos arquivos e à programação. As arquiteturas apresentadas não possuem nenhum suporte à segmentação da distribuição dos arquivos de mídia de acordo com planos de acesso, ou mesmo um esquema de verificação do direito de um usuário de assistir determinado material. É importante salientar que se uma implementação utilizasse criptografia dos arquivos de vídeo de ponta a ponta, acabaria por inutilizar quaisquer mecanismos de otimização presentes naquela rede, pela impossibilidade de compartilhamento dos arquivos protegidos entre os usuários.

Desta forma, verifica-se a existência de diversos pontos que ainda precisam ser pesquisados e experimentados para a criação de um modelo que atenda às novas necessidades criadas com o *VoD*, tanto em relação à otimização na utilização da banda, formas de armazenamento e recuperação do conteúdo, bem como questões legais vinculadas à sua distribuição.

Referências

- Anderson, C., “*The Long Tail*”, Revista Wired, Outubro de 2004. Acessado em Julho de 2007. Disponível em <http://www.wired.com/wired/archive/12.10/tail.html>
- Kim, E.; Liu, J.C.L., “*An integrated network/storage architecture for sharing high-quality broadcast TV contents*”, IEEE Communications Magazine, Sep. 2005, Vol: 43 , Issue: 9, Pages: 86-93.
- Kim, E.; Liu, J.C.L., “*Exploitation of disk cache for VOD services in network-attached storage systems*”, 3rd International Conference on Information Technology: Research and Education (ITRE 2005), Jun. 2005, Pages: 120-124.
- Kontothanassis, L.; Sitaraman, R.; Wein, J.; Hong, D.; Kleinberg, R.; Mancuso, B.; Shaw, D.; Stodolsky, D., “*A transport layer for live streaming in a content delivery network*”, Proceedings of the IEEE, Sep. 2004, Vol: 92, Issue: 9, Pages: 1408-1419.
- Thouin, F.; Coates, M., “*Video-on-Demand Networks: Design Approaches and Future Challenges*” IEEE Network, Mar.-Apr. 2007, Vol: 21 , Issue: 2, Pages: 42-48.
- Veeravalli, B.; Zeng, Z.; Gupta, N.; Jia, G., “*Network-based Caching Algorithms for Reservation-based Multimedia Systems*”, Proceedings of the Fifth International Conference Grid and Cooperative Computing (GCC’06), 2006. Oct. 2006, Pages: 107-112.
- Wauters, T.; Van de Meerse, W.; De Turck, F.; Dhoedt, B.; Demeester, P.; Van Cane, T.; Six, E., “*Co-operative Proxy Caching Algorithms for Time-Shifted IPTV Services*”, Proceedings of the 32nd EUROMICRO Conference on Software Engineering and Advanced Applications (EUROMICRO ’06), 2006, Pages: 379-386.
- Yuan, J.; Sun, Q., “*An Efficient Mechanism for Video Streaming over Wide-Area Networks*”, Eighth IEEE International Symposium on Multimedia (ISM’06), 2006, Pages: 465-474.