

PALMS+: Protocolo ALM baseado em desigualdade triangular para distribuição de *streaming* de vídeo

**Bianca Portes de Castro¹, Alex Borges Vieira¹,
Ana Paula Couto da Silva², Elias Procopio Duarte Jr³,**

¹Departamento de Ciência da Computação – Universidade Federal de Juiz de Fora

²Departamento de Ciência da Computação – Universidade Federal de Minas Gerais

³Departamento de Informática – Universidade Federal do Paraná

biancaportes@ice.ufjf.br, alex.borges@ufjf.edu.br,
ana.coutosilva@dcc.ufmg.br, elias@inf.ufpr.br

Abstract. *In this work, it is proposed several improvements to a simple ALM-based protocol, using a tree fashion protocol called PALMS+. Experimental results conducted in OverSim platform (OMNet++) suggest that PALMS+ improves the performance of a state-of-art (e.g. NICE protocol) with a high churn. Also, the control message overhead at peers, for the PALMS+ protocol, is reduced by 10%, when compared to NICE protocol. In the PALMS+ protocol, chunks are delivered up to 1,5s. The proposed protocol is very suitable to video real-time streaming, mainly for cases scenarios with a high churn.*

Resumo. *Neste trabalho, apresentamos melhorias para um protocolo ALM simples e estruturado em árvore, o PALMS+. Experimentos realizados na plataforma Oversim (OMNet++) demonstraram que o PALMS+ manteve desempenho tão bom quanto o estado da arte (e.g. protocolo NICE) em alto churn em uma rede heterogênea. De fato, a sobrecarga nos peers do novo protocolo é menor que 10% da sobrecarga gerada pelo NICE. O protocolo PALMS+ entrega os dados em menos de 1,5s. O novo protocolo mostra-se adequado a vídeo ao vivo, escalando mesmo com alto churn.*

1. Introdução e Trabalhos Relacionados

Nos últimos anos é possível observar um número crescente de aplicações na Internet que necessitam de meio compartilhado para transmitir uma quantidade elevada de dados. Para escalar aplicações deste tipo, a maioria das soluções adotadas baseiam-se no compartilhamento de recursos disponíveis nos *end-hosts* utilizando protocolos na camada de aplicação (*Application Layer Multicast* - ALM) [Banerjee et al. 2002].

Apesar do sucesso e da grande utilização de protocolos ALM, muitos dos trabalhos existentes na literatura propõem mecanismos e protocolos custosos [Ullah et al. 2012]. Mais ainda, como estes protocolos têm de lidar com a instabilidade e heterogeneidade dos *peers*, eles implementam mecanismos dependentes de aplicativos para tentar manter a qualidade desejável do serviço.

Neste trabalho, apresentamos o protocolo PALMS+, uma versão com melhorias a partir do protocolo PALMS proposto em [Huzioka and Jr 2012]. Apesar da sua eficiência, o PALMS possui problemas em sua estrutura que comprometem sua escalabilidade e tornam a sua aplicação em distribuição de *streaming* de vídeo inadequada. Ao se utilizar o protocolo originalmente proposto, pode ocorrer contínuas perdas de pacotes de dados, especialmente quando submetido a alto *churn*.

O PALMS+ tem baixa sobrecarga e desempenho superior a abordagens utilizadas para *streaming media* e é comparável ao NICE. O protocolo NICE [Banerjee et al. 2002] é um dos pioneiros nesta tarefa de utilizar *multicast* para distribuição de conteúdo. Ele foi desenvolvido para aplicações com baixo consumo de largura de banda e transmissões para um grande conjunto de destinatários, convergindo rapidamente para valores estáveis de tempo de recepção de *chunks* e com menor sobrecarga de controle, sendo portanto um bom *lowerbound* entre os protocolos ALM para estes parâmetros.

As modificações propostas e implementadas fazem com que o PALMS+ seja mais apropriado para aplicações de *streaming* de vídeo, superando o desempenho do protocolo NICE em diversos cenários. Por exemplo, o tempo médio de entrega de *chunks* é de 0,31s. Embora esse tempo seja superior ao simulado para o NICE, ele fica dentro de padrões de boa qualidade para vídeo ao vivo. Em cenários com alto *churn*, o PALMS+ mostrou maior confiabilidade dado que novos *chunks* alcançaram mais nós da rede quando comparado ao NICE. Adicionalmente, a sobrecarga média de mensagens nos *peers* foi de 0,24 KBytes para o PALMS+ contra 2,62 KBytes para o NICE.

2. Um novo protocolo ALM - PALMS+

Para que sejam descritas as características do PALMS+, primeiramente apresentamos o protocolo PALMS proposto em [Huzioka and Jr 2012]. PALMS é um protocolo ALM que organiza sua rede sobreposta em árvores de fluxo contínuo. Três entidades compõem este protocolo: *server*, *tracker* e *peers*. O *server* é responsável pela produção e distribuição inicial do conteúdo na rede. O *tracker* desempenha duas funções: (i) auxilia na inserção de novos *peers* e (ii) auxilia na organização da rede. Os *peers* são os participantes interessados no conteúdo distribuído e podem, inclusive, enviá-los para outros *peers* da rede.

Um *peer* ingressante recebe do *tracker* um grupo de dados contendo 3 informações: fluxo de produção do conteúdo, lista de candidatos e endereço do *server*. O fluxo de produção do conteúdo auxilia o *peer* a detectar falhas de comunicação e aplicar as medidas necessárias para a manutenção do fluxo contínuo de recepção e transmissão de conteúdo. A lista de candidatos contém outros *peers* provedores de conteúdo que o ingressante ou órfão pode tentar parceria. O endereço do servidor é necessário já que, na ocorrência de falhas de provimento de informação, o *peer* coloca-se em estado de emergência. Neste estado pode requisitar o conteúdo diretamente ao *server* com o intuito de evitar interrupções significativas de recepção.

O *tracker* mantém de forma centralizada os *peers* participantes com capacidade de retransmissão. Ele não verifica ativamente a situação dos *peers* considerados ativos. A rede deve reportar sempre que considerar um *peer* inapto a fornecer conteúdo.

Periodicamente, cada *peer* requisita atualizações das distâncias entre ele e seu pai ($RTT(p3,p2)$), ele e seu avô ($RTT(p3,p1)$), e seu avô e seu pai ($RTT(p1,p2)$). De posse dessas distâncias, o *peer-filho* julga localmente se neste espaço topológico a desigualdade triangular se verifica ($RTT_{(p1,p2)} > RTT_{(p3,p1)} + RTT_{(p3,p2)}$). Caso o pai não responda a requisição de atualização do RTT por um número fixo de vezes consecutivas, ele se declara como órfão e busca um novo provedor a partir da lista de candidatos.

Para redes de baixo *churn*, esta organização da rede mostrou-se eficiente. Contudo, para manter a escalabilidade do protocolo, existem alguns pontos desta organização que devem ser revistos: (i) Evitar que a lista de candidatos a provedores contenha apenas

peers inaptos a prover conteúdo; (ii) Reduzir o número de nós que se ligam diretamente ao *server* por falta de opção de candidatos aptos a ligação; (iii) Aumentar o aspecto colaborativo do *overlay* para reduzir a sobrecarga imposta ao servidor. Assim, para melhorar a escalabilidade do protocolo PALMS, propomos o protocolo PALMS+.

No PALMS, o *tracker* faz um sorteio dos candidatos sem qualquer política de seleção adicional. Para o PALMS+, estipulou-se diferentes probabilidades de sorteio entre *peers* recentes e antigos para compor a lista de candidatos. *Peers* antigos possuem 9 vezes mais chances de sorteio do que *peers* recentemente inseridos na rede. Esta diferenciação entre recente e antigo foi inspirada no comportamento de usuários em sistemas de distribuição de vídeo e definida a partir de um limiar (tempo ativo na rede).

Para aumentar o aspecto colaborativo do protocolo, o *tracker* seleciona alguns *peers* especiais que receberão as requisições em atraso de outros *peers*. Caso elas não sejam respondidas, requisita-se ao *server*. O critério de seleção foi o tempo em que o *peer* está ativo na rede (maior probabilidade de possuir um mapa de *chunks* mais completo).

Um segundo mecanismo de detecção de estado de órfão na rede foi proposto. Sempre que o *peer* se mantiver em estado de emergência um número fixo de vezes seguidas, ele se declara como órfão. Adicionalmente, um mecanismo de constante verificação de *chunks* faltantes no buffer a serem requisitados foi proposto.

3. Cenário experimental e Metodologia

O protocolo PALMS+ foi implementado e simulado na plataforma de simulação OverSim [Baumgart et al. 2007]. OverSim é um *framework* de simulação baseado no OMNET++ que suporta simulações de redes *overlay* e P2P.

O conteúdo propagado nas simulações possui dois tipos de mensagens: *chunks* de dados e mensagens de controle. Os *chunks* possuem tamanho fixo de 1KB. Eles contêm um marcador temporal para capturar o tempo médio de recebimento e um id sequencial para diferenciá-los. As mensagens de controle possuem tamanho variado, com o mínimo de campos necessários para o envio das informações relevantes.

As métricas de avaliação consideradas foram capacidade de *upload*, latência e sobrecarga de controle. A capacidade de *upload* é a quantidade máxima de filhos exigida aos *peers*. A latência é a média de tempo da primeira recepção de cada *chunk* pelos *peers*. A sobrecarga de controle consiste na carga média de envio de mensagens de controle e *chunks* repetidos recebidos em KBytes.

O cenário para simulação segue o registro de tráfego coletado de uma transmissão de vídeo ao vivo em *http* realizada pelo principal canal de TV brasileiro. A transmissão monitorada é a de um evento esportivo, ocorrido na Copa das Confederações de 2013¹.

Cada simulação foi executada 10 vezes com a semente variando de 0 a 9. A coleta dos dados foi efetuada a cada 6 segundos e os resultados apresentados correspondem aos valores médios destas coletas com adicional de confiança de 95% quando necessário. O intervalo entre *chunks* no *server* é de 1,5 s. Durante a simulação, caso o *peer* não receba o *chunk* esperado, ele aguarda por mais 1,5s (estado de emergência). Se o *peer* ficar duas vezes consecutivas em estado de emergência, declara-se órfão. A taxa de atualização

¹Há um acordo de não divulgação entre a operadora de vídeo na internet e o grupo de pesquisa que impede a divulgação do mesmo.

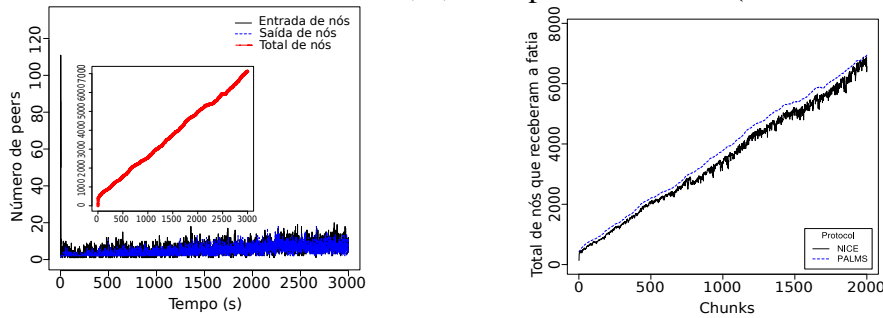
periódica de RTT é de 2s e os acordos são encerrados após 2 falhas.

As configurações de capacidade de recepção e envio de *chunks* pelos *peers* são baseadas em parâmetros próximos a ambientes heterogêneos como a Internet. A probabilidade de descarte de *chunks* é de 1% no momento da recepção (mensagens de controle não são perdidas). O grau limite de filhos aceitos foi uniformemente distribuído no intervalo de variação de 0 a 8 [Sripanidkulchai et al. 2004]. O *server* tem acordos ilimitados.

4. Resultados experimentais

Avaliamos o desempenho do protocolo PALMS+ em relação ao NICE em um cenário real de distribuição de vídeo ao vivo, como um grupo grande de *peers* em alto *churn*.

A Figura 1(a) apresenta os processos de entrada e saída de *peers* com uma taxa de *churn* médio de entrada igual a 6,19 *peers*/segundo e de saída igual a 3,82 *peers*/segundo. A figura interna mostra uma crescente população de *peers* no sistema. Ao final da simulação, a população total de *peers* ativos foi de 7.123. A Figura 1(b) mostra que apesar dos protocolos conseguirem atender praticamente todos os *peers*, o PALMS+ mostrou comportamento mais próximo à função de crescimento da rede (figura 1(a)), entregando um total de 7.524.454 novos *chunks*, 7,6% superior ao NICE (6.994.206 *chunks*).



(a) *Churn* do cenário real utilizado. (b) Alcance dos *chunks* na rede.

Figura 1. Relação entre o cenário real e o alcance dos *chunks* na rede.

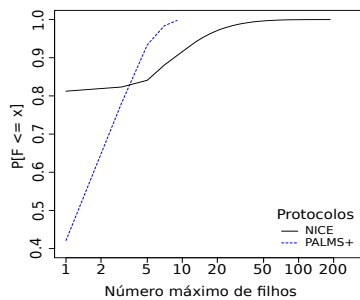


Figura 2. Capacidade máxima de *upload/peer* exigida.

A figura 2 apresenta a capacidade de *upload/peer*. No NICE, 9,27% dos *peers* aceitaram prover conteúdo, em algum momento da simulação, a um número de filhos superior ao limite estipulado. Um único *peer* chegou a prover conteúdo a 209 filhos, o que seria proibitivo em um sistema real. Já o PALMS+ não apresentou nenhum *peer* acima de sua capacidade de distribuição.

Em alto *churn*, o protocolo PALMS+ mantém o tempo médio de recepção dos *chunks* de aproximadamente 0,7s, maior quando comparado ao NICE que é de aproximadamente 0,2s. Porém, destacamos que o tempo máximo se manteve inferior a 1,5s, o que ainda torna o PALMS+ apropriado para aplicações de vídeo ao vivo.

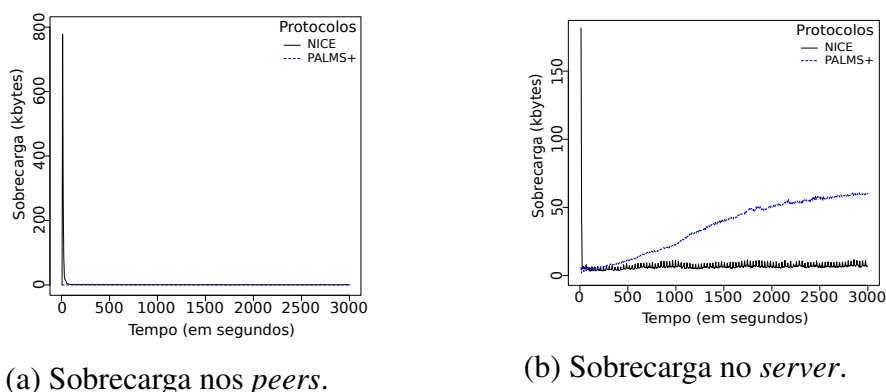


Figura 3. Sobrecarga de banda usada com mensagens de controle.

No PALMS+, a sobrecarga média nos *peers* foi de 0,24 KBytes contra 2,62 KBytes no NICE (figura 3(a)). Já a sobrecarga no *server* foi superior: o PALMS+ teve sobrecarga média de 39,63 KBytes contra 7,94 kBytes do observado no NICE (figura 3(b)). Esta sobrecarga superior no *server* ocorre dado a verificações periódicas de RTT.

Assim, apesar do ganho em sobrecarga e tempo de recepção do NICE serem ligeiramente superiores ao PALMS+, o mesmo não lida de forma realista com a capacidade colaborativa de seus *peers*. Além disso, o PALMS+ mostrou escalar adequadamente em alto *churn*, entregando *chunks* a um número maior de *peers* na rede.

5. Conclusões

O PALMS+ é um protocolo simples que possui um recurso para refinamento dos acordos de retransmissão utilizando desigualdade triangular baseada no RTT (*Round-Trip-Time*). Suas principais características são a eficiência e economia quanto ao uso de largura de banda com mensagens de controle. O seu desempenho manteve-se tão bom quanto o estado da arte, mesmo submetido a alto *churn* em uma rede heterogênea. De fato, a sobrecarga do novo protocolo é menor que 10% do utilizado pelo NICE. O novo protocolo mostrou-se adequado a vídeo ao vivo, escalando em cenários realistas e com alto *churn*. Futuramente, pretendemos avaliar seu desempenho em *testbeds* como o PlanetLab.

Referências

- Banerjee, S., Bhattacharjee, B., and Kommareddy, C. (2002). Scalable application layer multicast. *SIGCOMM*, 32(4).
- Baumgart, I., Heep, B., and Krause, S. (2007). Oversim: A flexible overlay network simulation framework. In *IEEE Global Internet Symposium, 2007*, pages 79–84. IEEE.
- Huzioka, D. T. and Jr, E. P. D. (2012). Um protocolo alm baseado em desigualdade triangular para distribuicao de conteudo. *WP2P 2012: Anais do VIII Workshop de Redes Dinamicas e Sistemas P2P. Simposio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuidos*.
- Sripanidkulchai, K., Maggs, B., and Zhang, H. (2004). An analysis of live streaming workloads on the internet. In *Proceedings of the 4th ACM SIGCOMM conference on Internet measurement*, pages 41–54. ACM.
- Ullah, I., Doyen, G., Bonnet, G., and Gaiti, D. (2012). A survey and synthesis of user behavior measurements in p2p streaming systems. *Communications Surveys & Tutorials, IEEE*, 14(3):734–749.