

Universidade Federal de Campina Grande  
Centro de Engenharia Elétrica e Informática  
Coordenação de Pós-Graduação em Ciência da Computação

# GMTP: Distribuição de Mídias Ao Vivo através de uma Rede de Favores Constituída entre Roteadores

Leandro Melo de Sales

Tese de Doutorado submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Ciência da Computação da Universidade Federal de Campina Grande - Campus I como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Doutor em Ciências, domínio da Ciência da Computação.

Área de Concentração: Ciência da Computação  
Linha de Pesquisa: Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos

Angelo Perkusich e Hyggo Almeida  
(Orientadores)

Campina Grande, Paraíba, Brasil  
©Leandro Melo de Sales, 03/03/2014

## **Resumo**

TBD

## **Abstract**

TBD

# Conteúdo

<b>1</b>	<b>Análise de Desempenho e do Projeto GMTP</b>	<b>1</b>
1.1	Metodologia . . . . .	2
1.1.1	Objetivo e hipótese . . . . .	2
1.1.2	Topologia de rede . . . . .	3
1.1.3	Definição de Variáveis . . . . .	3
1.1.4	População e amostras . . . . .	6
1.1.5	Tratamentos . . . . .	6
1.1.6	Instrumentação . . . . .	7
1.1.7	Formato mídia . . . . .	7
1.2	Resultados e Discussões . . . . .	8
1.2.1	Resultados . . . . .	8
1.2.2	Discussões . . . . .	8
1.3	Sumário do Capítulo . . . . .	11

# Capítulo 1

## Análise de Desempenho e do Projeto GMTP

Como apresentou-se no Capítulo ??, o objetivo deste trabalho compreende três grandes fases: 1) revisão das técnicas e propostas para distribuição de mídias ao vivo; 2) descrever o protocolo GMTP e suas funcionalidades; e 3) a avaliação do referido protocolo para distribuição de mídias ao vivo. Nos Capítulos ?? e ??, contemplou-se a fase 1; no Capítulo ??, a fase 2 e, neste capítulo, concentram-se as discussões na fase 3.

O cerne desta fase foi avaliar o protocolo GMTP frente às propostas Denacast/CoolStreaming [1, 2] e o CCN-TV [3]. Considerou-se dois principais critérios de seleção dessas propostas, em comparação ao GMTP: similaridade arquitetural e os recursos disponíveis para distribuição de um fluxo de dados ao vivo. Tratam-se de duas propostas que consideram a maior parte dos recursos considerados no estado da prática e da arte para distribuição de mídias ao vivo, sendo trabalhos referenciados na literatura e acessíveis para estudos comparativos.

O restante deste capítulo está organizado da seguinte forma: na Seção 1.1, apresenta-se a metodologia de avaliação. Na Seção 1.2, discutem-se os resultados da avaliação. E, por fim, na Seção 1.3, sumariza-se este capítulo.

## 1.1 Metodologia

Para realizar a comparação entre protocolos supracitados, definiu-se a modalidade de avaliação experimental em um ambiente de simulação de rede que proporcionou a construção de um cenário de rede para este fim. Através da definição de fatores (variáveis independentes), mediu-se e analisou-se as principais métricas (variáveis dependentes) que determinam a experiência do usuário ao assistir a um evento através de um sistema de distribuição de mídias ao vivo. Dessa forma, possibilitou-se aprofundar o comportamento do GMTP em relação ao estado da arte/prática, estudando-o em diferentes configurações de rede a fim de determinar suas vantagens, limites e os impactos que seus recursos podem gerar tanto sobre os nós quanto sobre a rede.

Sendo assim, a seguir, apresentam-se detalhes do projeto experimental executado, organizado em objetivo e hipótese, instrumentação, topologia de rede, variáveis independentes e dependentes, fatores, população e amostras, formato da mídia utilizada e os tratamentos.

### 1.1.1 Objetivo e hipótese

O objetivo do experimento foi avaliar o desempenho do GMTP com vistas à hipótese enunciada de que a constituição de uma rede de favores entre roteadores que interceptam, realizam cache temporário e compartilham pacotes de dados tanto em modo *multicast* (em redes locais) quanto em modo *unicast* (entre redes distintas), auxiliados por um algoritmo para controle de congestionamento assistido pela rede, resulta em uma melhor distribuição dos fluxos de mídias ao vivo.

Para provar esta hipótese, organizou-se a avaliação experimental em duas etapas. Na primeira, confrontou-se o GMTP com o Denacast/CoolStreaming e, na segunda, confrontou-se o GMTP com o CCN-TV. Em ambas as etapas, analisaram-se os valores obtidos referentes às métricas que determinam a qualidade de serviço para distribuir mídias ao vivo, comparando-se o desempenho dos protocolos estudados.

### 1.1.2 Topologia de rede

Com esse norte, primeiramente definiu-se a topologia da rede. Como ilustra-se na Figura 1.1, simulou-se o *backbone* da rede GEANT<sup>1</sup>. Atualmente, a GEANT interconecta 10.000 instituições europeias de pesquisa e educação e 50 milhões de usuários, composta por 41 roteadores conectados por meio de canais de transmissão com capacidades que variam entre 1 *Gbps* e 100 *Gbps*. No caso da simulação, utilizou-se apenas 10 % da capacidade de transmissão original da rede, a fim de gerar pontos de super utilização de acordo com a quantidade de nós clientes interessados em receber um fluxo de dados ao vivo.

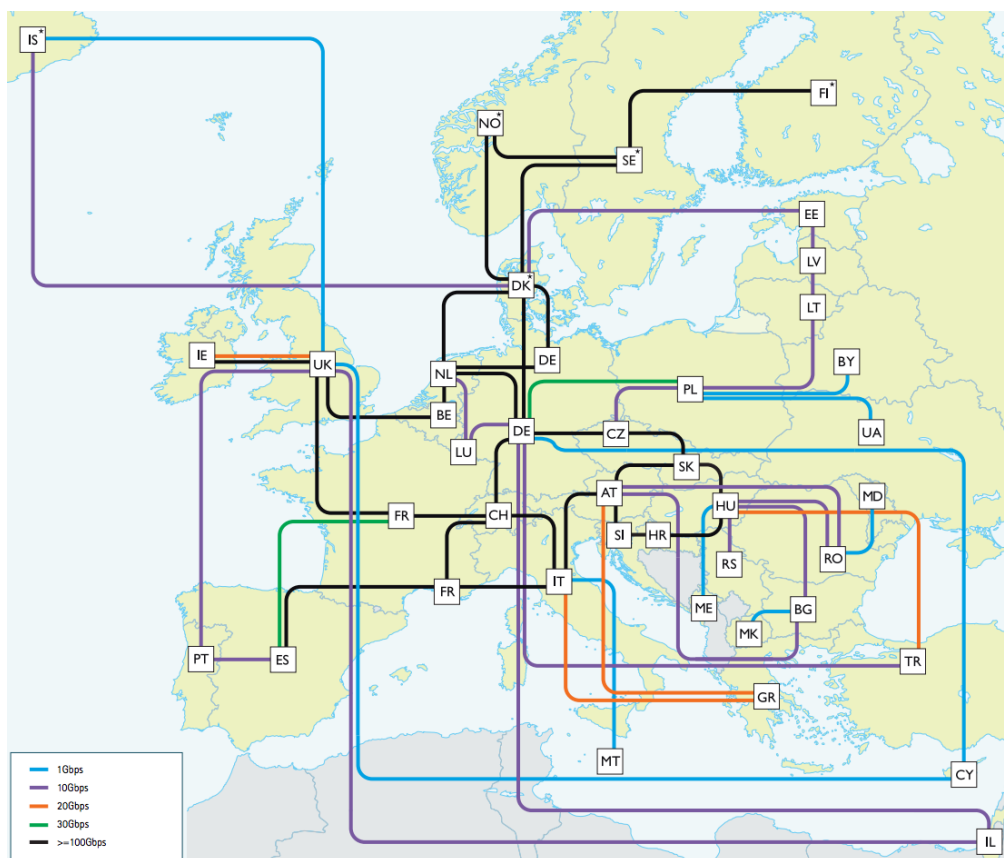


Figura 1.1: *Backbone* da rede GEANT.

DEIXAR MAIS CLARO COMO OS NÓS SE CONECTARAM, TALVEZ DESENHAR ALGO EM CIMA DESSA FIGURA.

### 1.1.3 Definição de Variáveis

As variáveis foram definidas em 3 categorias: independentes, fatores e independentes.

<sup>1</sup>Rede GEANT: <http://www.geant.net/>.

**Variáveis independentes:**

Na Tabela 1.1, apresentam-se as variáveis independentes utilizadas no experimento, com base na topologia da rede apresentada anteriormente.

Tabela 1.1: Tabela das variáveis independentes utilizados no experimento.

Parâmetros	Valores
Tipo da mídia <sup>1</sup>	MPEG4 Part I
Número de nós roteadores ( <i>backbone</i> )	41
Tempo de simulação de cada ensaio	900 s
Largura de banda das LANs	100 Mbps
Atraso das LANs	$\leq 1$ ms
Largura de banda da WAN <sup>2</sup>	10 % da capacidade total do canal
Tamanho do buffer do roteador	8 s (por mídia)
Tamanho máximo do datagrama	1500 Bytes (OverSim) e 4096 Bytes (CCNSim)
Taxa de upload dos nós <sup>3</sup>	512 Kbps, 1 Mbps, 2 Mbps (Heterogênea)
Dinâmica da rede ( <i>churn</i> ) <sup>4</sup>	RandomChurn

<sup>1</sup> Para mais detalhes, consultar Seção 1.1.7.

<sup>2</sup> Por exemplo, nos canais ilustrados na cor preta da Figura 1.1, utilizou-se 10 Gbps em vez de 100 Gbps.

<sup>3</sup> Alocaram-se valores aleatórios com base em distribuição uniforme.

<sup>4</sup> *RandomChurn*: a cada intervalo de 3 s, um número  $n \in [0, 1]$  foi gerado. Dependendo do valor de  $n$ , um nó foi adicionado ou removido com uma probabilidade  $p$  a cada ensaio. Utilizou-se  $p = 0.7$ , ou seja, os nós foram adicionados com uma probabilidade de 70 % e removidos com uma probabilidade de 30 %. Note que essa função foi iniciada após 400 s do início de cada ensaio.

**Fatores:**

Na Tabela 1.2, apresentam-se fatores consideradas no experimento, os quais seus valores foram variados de um tratamento para outro.

Tabela 1.2: Tabela dos fatores consideradas no experimento.

Fatores	Valores
Número de nós servidores <sup>1</sup>	1, 3, 7
Número de nós clientes <sup>2</sup>	500; 1.500; 15.000; 30.000; 60.000; 80.000; 100.000

<sup>1</sup> Acima de 1, os nós clientes solicitaram conexão a um servidor escolhido aleatoriamente.

<sup>2</sup> Todos os clientes solicitaram a mídia nos primeiros 150 s de cada ensaio.

**Variáveis dependentes:**

As principais métricas para medir um sistema de distribuição de mídias ao vivo podem ser organizadas em três categorias [4], apresentadas a seguir.



1. *Qualidade de serviço à aplicação:* avaliam-se o atraso para iniciar a reprodução de uma mídia ao vivo após o primeiro pedido (ST); o índice de continuidade (IC); e o nível de distorção (qualidade) do conteúdo recebido em comparação ao conteúdo original (DI). A variável IC é o tempo total de recepção da mídia, desde da recepção do primeiro pacote de dados até sua desconexão (seja em função do *churn* ou pelo término do ensaio), menos o tempo de todas as interrupções nesse período (representado em porcentagem). Para a variável DI o raciocínio é semelhante, ou seja, a distorção da mídia foi medida apenas entre o instante da recepção do primeiro pacote de dados até sua desconexão, pelos mesmos motivos citados anteriormente.
2. *Escalabilidade do sistema:* avalia-se a quantidade de nós simultâneos que foram capazes de receber o fluxo de dados da mídia transmitida com um nível de distorção máximo (ES). Nesse caso, mediu-se o nível de contribuição das redes CDN e P2P separadamente, que corresponde à quantidade de fluxos transmitidos pelos servidores (QS) da CDN e pelos nós da rede P2P (QP).
3. *Sobrecarga de controle:* avalia-se a quantidade de pacotes de controle (PC) transmitidos por um protocolo durante o tempo de simulação (contagem dos pacotes que não transportam dados da mídia), mas considera-se 0,5 cada pacote de *piggyback*.

Com base nessas métricas, determinou-se as variáveis dependentes, como apresentam-se na Tabela 1.3.

Tabela 1.3: Tabela das variáveis dependentes (respostas) consideradas no experimento.

Variáveis dependentes	Símbolo
Atraso de inicialização do fluxo	ST
Índice de continuidade (%)	IC
Distorção do vídeo (%)	DI
Número de conexões ao servidor	QS
Número de conexões entre clientes	QP
Número de pacotes de controle	PC

### 1.1.4 População e amostras

Constituiu-se a população por dados coletados durante a execução dos ensaios referentes às variáveis dependentes apresentadas na Tabela 1.3, com granularidade das amostras em segundos. O tempo de duração de cada ensaio foi de 900 s, portanto coletou-se 900 amostras para cada variável dependente em um determinado tratamento.

### 1.1.5 Tratamentos

Na Tabela 1.4, apresentam-se os tratamentos considerados no experimento, definidos com base na combinação dos fatores apresentados na Tabela 1.2. Definiu-se como as unidades experimentais o GMTP, o Denacast/CoolStreaming e o CCN-TV, comparados em confrontos dois-a-dois, fixando-se o GMTP, em execuções não simultâneas. Dessa forma, executaram-se 36 tratamentos, sendo 18 correspondentes ao confronto GMTP vs. Denacast/CoolStreaming e 18 correspondentes ao confronto GMTP vs. CCN-TV.

Tabela 1.4: Tabela dos tratamentos executados no experimento.

Tratamento #	Número de nós servidores	Número de nós clientes
1	1	500
2	1	1.500
3	1	15.000
4	1	30.000
5	1	60.000
6	1	80.000
7	1	100.000
8	3	500
9	3	1.500
10	3	15.000
11	3	30.000
12	3	60.000
13	3	80.000
14	3	100.000
15	7	500
16	7	1.500
17	7	15.000
18	7	30.000
19	7	60.000
20	7	80.000
21	7	100.000

Com relação a execução de cada tratamento, estabeleceu-se a repetição inicialmente de 50 ensaios e calculou-se as médias  $\mu$  das amostras correspondentes às variáveis dependentes apresentadas na Tabela 1.3. Em seguida, a fim de obter um nível de confiança de 95 % das medidas obtidas entre os confrontos considerados, calculou-se a inequação de proporcionalidade 1.1, com  $\mu_2 > \mu_1$ , utilizada para determinar o tamanho das amostras a fim de comparar duas alternativas [5]. Como nesse estudo consideraram-se 6 variáveis dependentes (Tabela 1.3), determinou-se  $n = \max(n_{ST}, n_{IC}, n_{DI}, n_{QS}, n_{QP}, n_{PC})$ , sendo cada tratamento repetido  $n + 1$  vezes.

$$\mu_1 - 1.96\sqrt{\frac{0,995\mu_1}{n}} \leq \mu_2 + 1.96\sqrt{\frac{0,995\mu_2}{n}}, \mu_2 > \mu_1 \quad (1.1)$$

Ademais, é importante salientar as seguintes decisões na execução do experimento, aplicadas em todos os ensaios de todos os tratamentos:

1. Todos os nós clientes, independente do tratamento, solicitaram a recepção da mídia nos primeiros 150 s da execução do ensaio;
2. A função de *churn* foi acionada no instante 400 s;
3. Em tratamentos com mais de um servidor da mídia transmitida, os nós clientes solicitaram conexão a um servidor escolhido aleatoriamente;

### 1.1.6 Instrumentação

Com relação à instrumentação, utilizou-se OMNet++ [6, 7], um arcabouço para construção de simuladores de rede. Nesse contexto, utilizaram-se dois simuladores: o OverSim [8] e o CCN-Sim [9]. No OverSim, utilizaram-se as implementações do sistema Denacast/CoolStreaming [10] e a do GMTP [11] (implementado no contexto deste trabalho), ao passo que no CCN-Sim, utilizou-se a implementação do CCN-TV [12].

### 1.1.7 Formato mídia

Na Tabela 1.5, apresentam-se as propriedades da mídia utilizada no experimento [13].

Tabela 1.5: Tabela das propriedades da mídia transmitida.

Propriedades	Valores
Codec do vídeo	MPEG4 Part I
Mídia sintetizada	Star Wars IV
Número de quadros	25 <i>fps</i>
Número de quadros em GoP	12
Média VBR	512 <i>Kbps</i>

Dessa forma, com base na metodologia apresentada nesta seção, coletaram-se as amostras para as variáveis dependentes e realizou-se uma análise dos dados para verificar a veracidade ou não das hipóteses levantadas. A seguir, apresentam-se os resultados e discussões no tocante ao desempenho dos sistemas estudados.

## 1.2 Resultados e Discussões

Nesta seção, apresentam-se os resultados e discussões dos confrontos GMTP vs. Denacast/CoolStreaming e GMTP vs. CCN-TV. Note que a metodologia discutida anteriormente assegura uma análise e discussão dos resultados sobre o desempenho do GMTP em relação aos dois sistemas oponentes considerados, não garante nenhuma a possibilidade de realizar análises comparativas/conclusivas entre o Denacast/CoolStreaming e o CCN-TV.

### 1.2.1 Resultados

Na Tabela 1.7

Na Tabela ??

Tentar usar a ideia de destacar algumas linhas e comentá-las

### 1.2.2 Discussões

- Gráficos: \* Número de nós clientes x Qualidade da mídia \* Número de nós clientes x Atraso de inicialização \* Protocolo x Conexões servidor x Conexões entre clientes \* Número de nós clientes x Protocolo x Pacotes de controle \* Protocolos x Média geométrica (Pensar num gráfico que relacione a média geométrica de todos as variáveis dependentes com os fatores) \* Algum gráfico guarda-chuva?

Tabela 1.6: Sumário dos valores obtidos para as variáveis dependentes em cada tratamento do confronto GMTP vs. Denacast/CoolStreaming.

Trat. #	Confronto	Atraso de inicialização (s)	Índice de continuidade (%)	Distorção do vídeo (%)	Conexões ao servidor	Conexões entre clientes	Pacotes de controle	n
1	GMTP × Denacast	4.22 (−5.78 − 14.22)	44.55 (34.55 − 54.55)	46.61 (36.61 − 56.61)	53.50 (43.50 − 63.50)	53.01 (43.01 − 63.01)	51.55 (41.55 − 61.55)	58
		5.43 (−4.57 − 15.43)	52.27 (42.27 − 62.27)	50.50 (40.50 − 60.50)	45.33 (35.33 − 55.33)	44.64 (34.64 − 54.64)	51.03 (41.03 − 61.03)	

Tabela 1.7: Sumário dos valores obtidos para as variáveis dependentes em cada tratamento do confronto GMTP vs. CCN-TV.

Trat. #	Confronto	Atraso de inicialização (s)	Índice de continuidade (%)	Distorção do vídeo (%)	Conexões ao servidor	Conexões entre clientes	Pacotes de controle	n
1	GMTP	46.87 (36.87 – 56.87)	50.26 (40.26 – 60.26)	48.78 (38.78 – 58.78)	48.82 (38.82 – 58.82)	48.00 (38.00 – 58.00)	50.30 (40.30 – 60.30)	58
	× Denacast	47.55 (37.55 – 57.55)	54.64 (44.64 – 64.64)	57.55 (47.55 – 67.55)	50.98 (40.98 – 60.98)	55.47 (45.47 – 65.47)	48.64 (38.64 – 58.64)	

Em um contexto geral, comparando em um único número para cada protocolo, fazer um gráfico de barras, usar média geométrica, ou seja:

Dizer que o GMTP tem um melhor desempenho porque a seleção de nós considera a capacidade do canal

O GMTP borda é melhor ligeiramente melhor que o Denacast

Melhorar o capítulo do GMTP em duas coisas: cabeçalho genérico e a parte de seleção dos melhores caminhos com base na capacidade atual do canal (o problema que pode ocorrer é de flash-crowd)

MANTER O PPSP/Swift? Se sim, rever o que o nazareno colocou sobre isso...

CCN-TV 6550523

Olhar os gráficos desse artigo

cite 6607500 cite 6386696

## 1.3 Sumário do Capítulo

A interoperabilidade é uma medição arquitetural, explicar isso. Como medir a quantidade de aplicações de distribuição de mídias ao vivo diferentes e a quantidade de eventos iguais sendo transmitidos

# Bibliografia

- [1] Anahita Fellah Jahromi. Temporal Scalable Live Video Streaming over Hybrid CDN-P2P Architecture. *International Journal of Computer Applications*, 46(17):14–20, May 2012. Published by Foundation of Computer Science, New York, USA.
- [2] S. M Y Seyyedi and B. Akbari. Hybrid cdn-p2p architectures for live video streaming: Comparative study of connected and unconnected meshes. In *Computer Networks and Distributed Systems (CNDS), 2011 International Symposium on*, pages 175–180, Feb 2011.
- [3] V. Ciancaglini, G. Piro, R. Loti, L.A. Grieco, and L. Liquori. CCN-TV: A Data-centric Approach to Real-Time Video Services. In *Advanced Information Networking and Applications Workshops (WAINA), 2013 27th International Conference on*, pages 982–989, March 2013.
- [4] Z. Chen, H. Yin, C. Lin, Y. Chen, and M. Feng. Towards a Universal Friendly Peer-to-Peer Media Streaming: Metrics, Analysis and Explorations. *Communications, IET*, 3(12):1919–1933, 12 2009.
- [5] Raj Jan. *The Art of Computer Systems Performance Analysis: Techniques for Experimental Design, Measurement, Simulation, and Modeling*. John Wiley & Sons, Inc, 1 edition, 3 1991.
- [6] He Xu, Suo ping Wang, Ru chuan Wang, and Ping Tan. A Survey of Peer-to-Peer Simulators and Simulation Technology. *Journal of Convergence Information Technology*, 6(5):260–272, 5 2011.
- [7] Andras Varga. OMNeT++: Extensible, Modular, Component-based C++ Simulation



- Library and Framework for Building Network Simulators, 3 2014. <http://www.omnetpp.org/>. Último acesso: 26 de Março de 2014.
- [8] Stephan Krause Ingmar Baumgart, Bernhard Heep. OverSim: the Overlay Simulation Framework, 3 2014. <http://www.oversim.org/>. Último acesso: 26 de Março de 2014.
- [9] Giuseppe Rossini, Raffele Chiocchetti, Andrea Araldo, and Dario Rossi. CCN-Sim: Scalable Chunk-level Simulator of Content Centric Networks (CCN), 3 2014. <http://perso.telecom-paristech.fr/~drossi/index.php?n=Software.CcnSim>. Último acesso: 26 de Março de 2014.
- [10] S. M Y Seyyedi and B. Akbari. Denacast: A P2P/CDN Video Streaming System in OverSim, 3 2014. <http://www.denacast.org/>. Último acesso: 26 de Março de 2014.
- [11] Leandro Melo de Sales. Global Media Transmission Protocol (GMTP), 3 2014. <http://www.gmtp-protocol.org/>. Último acesso: 26 de Março de 2014.
- [12] Vincenzo Ciancaglini, Giuseppe Piro, Riccardo Loti, Luigi Alfredo Grieco, and Luigi Liquori. CCN-TV: Data-Centric Approach to Real-Time Video Services, 3 2014. <http://telematics.poliba.it/index.php/en/ccn-tv>. Último acesso: 26 de Março de 2014.
- [13] F. H P Fitzek and M. Reisslein. MPEG-4 and H.263 Video Traces for Network Performance Evaluation. *Network, IEEE*, 15(6):40–54, 11 2001.