

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

1	Análise de Desempenho e do Projeto GMTP	1
1.1	Metodologia	1
1.1.1	Objetivo e hipótese	2
1.1.2	Topologia de rede	2
1.1.3	Definição de Variáveis	3
1.1.4	População e amostras	5
1.1.5	Tratamentos	6
1.1.6	Instrumentação	8
1.1.7	Formato mídia	8
1.2	Resultados e Discussões	9
1.2.1	Resultados	9
1.2.2	Discussões	9
1.3	Sumário do Capítulo	20

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 3) a avaliação do uso do GMTP 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 objetivo 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 maioria das estratégias adotadas no estado da prática/arte para distribuição de mídias ao vivo, sendo tais propostas referenciadas 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 GEANT¹. 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*

¹Rede GEANT: <http://www.geant.net/>.

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.

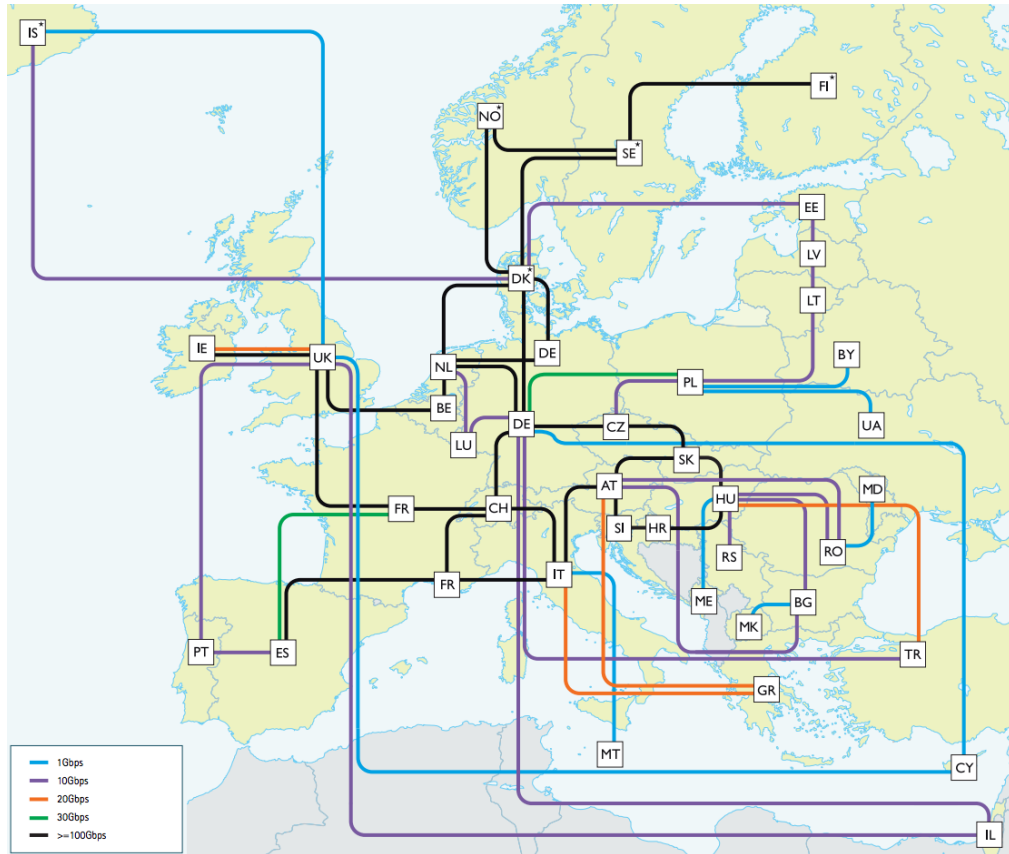


Figura 1.1: *Backbone* da rede GEANT.

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.

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 ¹	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 ²	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 ³	512 Kbps, 1 Mbps, 2 Mbps (Heterogênea)
Dinâmica da rede (<i>churn</i>) ⁴	RandomChurn

¹ Para mais detalhes, consultar Seção 1.1.7.

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

³ Alocaram-se valores aleatórios com base em distribuição uniforme.

⁴ *RandomChurn*: a cada intervalo de 3 s, um número $x \in [0, 1]$ foi gerado. Dependendo do valor de x , nós foram mantidos ou removidos com uma probabilidade p a cada ensaio. Utilizou-se $p = 0.7$, isto é, os nós foram mantidos 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 ¹	1, 3, 7
Número de nós clientes ²	500; 1.500; 15.000; 30.000; 60.000; 80.000; 100.000

¹ Acima de 1, os nós clientes solicitaram conexão a um servidor escolhido aleatoriamente.

² Todos os clientes solicitaram a mídia nos primeiros 200 s de cada ensaio. Para isto, gerou-se uma quantidade igual de números inteiros entre 0-200 correspondente à quantidade de nós clientes a serem conectados.

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 μ 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 depen-

dentes (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. FALAR COMO FOI A DISTRIBUIÇÃO DOS NÓS CLIENTES
2. Todos os nós clientes, independente do tratamento, solicitaram a recepção da mídia nos primeiros 200 s da execução do ensaio;
3. A estratégia para acionar a requisição de todos os clientes nos primeiros 200 s foi a seguinte: gerou-se uma quantidade de números inteiros entre 0 – 200 igual à quantidade de nós clientes determinado em um certo tratamento. Por exemplo, no Tratamento 1 foram gerados 500 números aleatórios entre 0 – 200 e somou-se o número de ocorrência para cada número gerado. Em seguida, adicionou-se à rede a quantidade de nós correspondente ao número de ocorrências em cada instante da simulação. Por exemplo, se o número 199 foi gerado 10 vezes, no instante 199 da simulação foram adicionados 10 nós clientes que imediatamente solicitaram a mídia. Para essa distribuição deu-se o nome de mapa de conexão.
4. O mesmo mapa de conexão foi utilizado na execução dos outros sistemas. Isso significa que na execução dos 21 tratamentos do GMTP, armazenaram-se os mapas de conexão de cada ensaio de todos os tratamentos. Em seguida, quando executaram-se os 21 tratamentos correspondentes ao Denacast e ao CCN-TV, utilizaram-se os mesmos mapas de conexão, em vez de gerá-los novamente. Isto garantiu que nos primeiros 200 s os sistemas foram submetidos às mesmas condições iniciais de conectividade de nós clientes.
5. A função de *churn* foi acionada no instante 400 s. A estratégia foi a seguinte: a cada intervalo de 5 s, um número $x \in [0, 1]$ foi gerado. Dependendo do valor de x , 10 % dos nós clientes foram mantidos ou removidos com uma probabilidade p . Utilizou-se

$p = 0.7$, isto é, os nós foram mantidos conectados à rede com uma probabilidade de 70 % e removidos com uma probabilidade de 30 %. Para essa distribuição deu-se o nome de mapa de *churn*.

6. Tal como ocorreu com os mapas de conexão, na execução do GMTP armazenou-se os mapas de *churn* e os mesmos foram utilizados na execução tanto do Denacast quando para o CCN-TV. De forma similar, isto garantiu que todos os sistemas foram submetidos às mesmas condições de dinâmica da rede após os primeiros 400 s.
7. As taxas de upload de cada nó cliente foram distribuídas aleatoriamente para todos os nós clientes, entre as seguintes alternativas: 512 Kbps, 1 Mbps, 2 Mbps. Para isso, deu-se o nome de mapa de taxas de upload. Tal como no caso dos mapas de conexão e *churn*, os mapas de taxas de upload foram reutilizados na execução dos sistemas Denacast e CCN-TV, assegurando-se a mesma capacidade de transmissão dos nós cliente independente dos sistemas.
8. 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].

Dessa forma, com base na metodologia apresentada nesta seção, coletaram-se as amstras 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.

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>

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 1.6

Na Tabela 1.7

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?

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

Tabela 1.6 – continuação da página anterior

Trat. #	Atraso de inicialização (s)	Índice de continuidade (%)	Distorção do vídeo (%)	Conexões ao servidor	Conexões entre clientes	Pacotes de controle	n
Denacast	73.21 (71.41 – 75.00)	71.19 (67.33 – 75.04)	67.21 (63.42 – 70.99)	40786.25 (35346.16 – 46226.33)	38392.83 (32952.75 – 43832.91)	300544.23 (270734.85 – 330353.60)	
GMTP 21	35.55 (33.86 – 37.23)	92.97 (91.92 – 94.01)	92.94 (91.91 – 93.96)	55847.70 (48318.97 – 63376.42)	49223.05 (41694.33 – 56751.78)	192034.80 (176438.04 – 207631.57)	56
Denacast	73.71 (71.79 – 75.64)	70.31 (66.29 – 74.34)	69.06 (65.20 – 72.92)	51647.84 (44451.74 – 58843.94)	48860.11 (41664.01 – 56056.21)	323242.77 (283377.49 – 363108.04)	

Tabela 1.7 – continuação da página anterior

Trat. #	Atraso de inicialização (s)	Índice de continuidade (%)	Distorção do vídeo (%)	Conexões ao servidor	Conexões entre clientes	Pacotes de controle	n
CCN-TV	44.84 (43.66 – 46.03)	83.60 (82.30 – 84.91)	83.00 (81.73 – 84.28)	45112.00 (39917.53 – 50306.47)	33669.09 (28474.63 – 38863.56)	764109.21 (657289.12 – 870929.29)	
GMTP 21	35.33 (33.96 – 36.71)	93.49 (92.47 – 94.52)	92.88 (91.85 – 93.92)	45637.11 (37806.05 – 53468.17)	46128.89 (38297.83 – 53959.95)	206304.61 (190826.53 – 221782.68)	56
CCN-TV	45.34 (44.40 – 46.28)	83.82 (82.59 – 85.05)	82.61 (81.43 – 83.79)	56154.68 (49139.34 – 63170.01)	52551.98 (45536.65 – 59567.32)	998932.55 (876628.43 – 1121236.67)	

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: 27 de Março de 2014.
- [8] Stephan Krause Ingmar Baumgart, Bernhard Heep. OverSim: the Overlay Simulation Framework, 3 2014. <http://www.oversim.org/>. Último acesso: 27 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: 27 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: 27 de Março de 2014.
- [11] Leandro Melo de Sales. Global Media Transmission Protocol (GMTP), 3 2014. <http://www.gmtp-protocol.org/>. Último acesso: 27 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: 27 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.