

Uso de Técnicas de Computação de Alto Desempenho na construção de um Ambiente Híbrido de Emulação e Simulação Paralela para Redes Ópticas WDM

Bruno C. Coutinho Marcelo E. V. Segatto Renato T. R. de Almeida

Universidade Federal do Espírito Santo, Dept. de Engenharia Elétrica, Brasil

Resumo

Com a expansão da Internet, a grande rede mundial de computadores, muitas informações precisam ser transmitidas de um lugar a outro do mundo de forma segura e rápida. Para tal faz-se necessária uma infraestrutura que permita um maior tráfego de informações por unidade de tempo. As fibras ópticas surgiram nesse contexto, permitindo a transmissão de dados através de sinal óptico. A tecnologia WDM vem aprimorar ainda mais a capacidade de propagação das informações nas fibras, permitindo a transmissão simultânea de sinais por diferenciação do comprimento de onda. Este projeto visa a construção de um de um modelo híbrido de emulação e simulação paralela com funções e algoritmos RWA para otimização do tempo de decisão e simulação de redes ópticas WDM, considerando o fator qualidade de serviço (QoS) da rede a partir das informações da camada física.

Palavras-chave: redes ópticas, simulação, computação de alto desempenho.

Contato dos Autores:

{bccout, rtannure}@ifes.edu.br
segatto@ele.ufes.br

1. Introdução

Ao serem introduzidas comercialmente, as fibras ópticas serviam apenas como meio físico para transmissão das informações substituindo os meios convencionais, porém não tinha sua capacidade de transmissão plenamente atingida. Com o objetivo de otimizar o uso deste recurso, surgiu a tecnologia WDM (*wavelength division multiplexing*) que usa a multiplexação de comprimentos de onda para transmissão da informação ponto a ponto por uma mesma fibra.

Com o intuito de minimizar o desperdício dos recursos das redes ópticas e maximizar a quantidade e qualidade das conexões estabelecidas é necessário um bom par de abordagens de roteamento e atribuição de comprimentos de onda (RWA – *Routing and Wavelength Assignment*). Esta categoria de algoritmos faz a associação entre caminhos ópticos e pedidos de conexão. O problema RWA consiste em atribuir a uma requisição de conexão uma rota e um comprimento de onda. Além disso, um comprimento de onda não pode

ser associado a mais de dois caminhos ópticos que tenham enlaces em comum.

O Problema de roteamento e atribuição de comprimento de onda é reconhecidamente NP-completo, ou seja, não existe um algoritmo capaz de resolvê-lo em tempo polinomial [Potharlanka et al. 2003]. Desenvolver uma solução analítica aos moldes da teoria de filas para prever o seu comportamento também é uma tarefa bastante árdua [Kleinrock 1975]. Portanto, a simulação torna-se a metodologia mais apropriada para o projeto de análise de redes.

Uma questão importante na simulação de redes ópticas WDM é justamente o processamento, já que a cada requisição de comunicação de dados é necessário definir um caminho óptico por onde o sinal irá trafegar e um comprimento de onda que poderá ser utilizado. Esse processo requer muitas iterações de algoritmos RWA para o atendimento dessas requisições, mantendo um QoS dentro do limite definido em tempo de projeto. Também é importante a geração de requisições de envio de informações pela rede que estejam o mais próximo possível de um ambiente real, o que pode ser feito através da emulação de nós da topologia via técnica de virtualização.

A proposta deste projeto é implementar um modelo híbrido de emulação e simulação de redes ópticas, considerando os efeitos da camada física, tais como dispersão, atenuação e não-linearidades. Para tal, será necessária a utilização de técnicas de computação de alto desempenho.

2. Simulação e Emulação

A emulação de redes combina questões importantes de simulação de rede (escalabilidade e flexibilidade de modelagem) e protótipos de software do mundo real (análise realista). Infelizmente, a emulação falha quando a simulação não é em tempo real, especialmente em cenários com uso de modelos muito grandes ou complexos. Tal ambiente de pesquisa requer grande poder computacional para emular vários nós interconectados através de uma rede com fio ou sem fio com processos estocásticos.

Para tal proposta de implementar um modelo híbrido de emulação e simulação de redes ópticas, considerando os efeitos da camada física, deveremos ter, na camada de emulação, máquinas virtuais em execução de grandes quantidades de encaminhamento

de pacotes (*routers* e *switches*). Na camada de simulação, os pacotes transmitidos através da camada física (links de fibra óptica, redes ópticas e acesso), considerando os efeitos da perda de potência do sinal, a ampliação do pulso, interferência, auto-modulação de fase e modulação cruzada de fase. As medidas obtidas através da simulação da camada física da rede de fibra óptica serão considerados nas fases de análise e desenho da rede, tanto para longas distâncias e para redes de acesso GPON.

3. Computação de Alto Desempenho

Apesar dos *clusters* [Patterson and Hennessy 2000] possuírem vantagens como disponibilidade, escalabilidade e menores custos de implementação e administração, uma nova arquitetura tem chamado a atenção da comunidade científica por seu alto poder de processamento a preços não tão elevados, denominada de CUDA (*Compute Unified Device Architecture*) [Cuda 2011]. Esta plataforma desenvolvida pela NVIDIA utiliza placas de processamento gráfico (GPUs) para aumento da performance de execução de instruções gráficas e não-gráficas. A junção das duas arquiteturas, *clusters* e GPUs, formando uma plataforma híbrida, também tem sido proposta [Fan et al. 2004] para ampliar ainda mais o poder de processamento de um ambiente distribuído.

Com o aumento do poder de processamento utilizando plataformas distribuídas, podemos construir algoritmos paralelos capazes de reduzir o tempo de execução de funções complexas e importantes para a paralelização da simulação, como a FFT (*Fast Fourier Transform*) [Moreland and Angel 2003], que exigem vários ciclos de processamento.

4. Trabalhos Relacionados

Muitas ferramentas de emulação e simulação de redes tem sido propostas: (a) emulação de grandes redes através do uso de máquinas virtuais, Neptune [Neptune 2012], Core [Core 2012], TimeJails [Grau et al. 2008], Vipe [Landsiedel and Kunz 2009], Venice [Liu et al. 2010], NETplace [Grau et al. 2010]; (b) algumas considerando redes sem fio: SliceTime [Schmidt et al. 2011], VirtualMesh [In 2010]; (c) outras considerando alguns poucos efeitos de camada física: PrimoGeni [Vorst et al. 2011] and TENET [Votano et al. 2004].

Porém, nenhum desses projetos relata o uso de ambientes híbridos CPU-GPU para acelerar os processos de emulação e simulação dos experimentos, e nem simulam efeitos de camada física em termos de propagação do sinal, considerando apenas alguns atributos dos enlaces da rede.

Alguns trabalhos também descrevem o uso de computação de alto desempenho com o objetivo de acelerar a execução da simulação dos efeitos de camada física sobre o sinal óptico, usando ambientes distribuídos / multiprocessados [Zoldi et al. 1997], ou

usando processamento sobre GPU [Hellerbrand and Hanik 2010]. Contudo não é considerada a simulação de sinais ópticos transmitidos em diferentes canais com comprimentos de onda diferentes.

5. Conclusão

O presente trabalho pretende usar técnicas de computação de alto desempenho com o objetivo de construir um ambiente de simulação e emulação de redes OTN WDM, considerando efeitos de camada física.

Foi realizado um estudo da arquitetura CUDA para uso do poder de processamento das placas gráficas da NVIDIA, bem como sua integração com ambientes distribuídos.

Tal ambiente híbrido proposto permitirá a comparação entre métodos numéricos e analíticos em simulações de redes ópticas.

Referências

- POTHARLANKA, K., ANTANI, T., RAMAMURTHY, B., SAHASRABUDDHE, L. AND MUKHERJEE, B., 2003. Handbook of Optical Communication Networks. CRC Press.
- KLEINROCK, L., 1975. Queueing Systems - Theory, vol 1. Wiley Interscience.
- PATTERSON, D. A., HENNESSY, J. L., 2000. Organização e Projeto de Computadores: A Interface Hardware e Software. Morgan Kaufmann Publishers, Inc.
- CUDA, 2011. Programming C Guide, NVIDIA Corp. Disponível em: <http://www.nvidia.com/cuda> [Acessado em 22 de Maio de 2012].
- FAN, Z., QIN F., KAUFAMM, A. E., YOAKUM-STOVER S., 2004. GPU cluster for High Performance Computing. *Proceedings of ACM/IEEE Supercomputing Conference* pp. 47-59.
- MORELAND, K., ANGEL E., 2003 The FFT on a GPU. *Proceedings of the ACM SIGGRAPH / EUROGRAPHICS Conference on Graphics hardware*. pp. 112 – 119.
- ZOLDI, S., RUBAN, V., ZENCHUK, A., & BURTSEV, S. 1997. Parallel Implementations of the Split-Step Fourier Method for Solving Nonlinear Schrödinger Systems. *SIAM News*, 32(1),1-5.
- HELLERBRAND, S., & HANIK, N., 2010. Fast implementation of the split-step Fourier method using a graphics processing unit. *Optical Fiber Communication Conference* (pp. 7-9). *Optical Society of America*.
- NEPTUNE, 2012. Neptune Network Emulator. Disponível em: <http://code.google.com/p/neptune-network-emulator/> [Acessado em 02 de Janeiro de 2012].
- CORE, 2012. Networks and Communication Systems Branch. Disponível em: <http://cs.itd.nrl.navy.mil/work/core/> [Acessado em 02 de Janeiro de 2012].

- GRAU, A., MAIER, S. AND HERRMANN, K. 2008. Time jails: A hybrid approach to scalable network emulation *Principles of Advanced*, no. June, pp. 7–14.
- LANDSIEDEL, O. AND KUNZ, G. 2009. A virtual platform for network experimentation, of the *First ACM SIGCOMM Workshop on Virtualized Infrastructure Systems and Architectures*, pp. 45–52.
- LIU, J., RANGASWAMI, R. AND ZHAO, M. 2010. Model-driven network emulation with virtual time machine. *Proceedings of the 2010 Winter Simulation Conference*, pp. 688–696, Dec.
- GRAU, A., HERRMANN, K. AND ROTHERMEL, K. 2010. NETplace: Efficient runtime minimization of network emulation experiments, in *Performance Evaluation of Computer and Telecommunication Systems (SPECTS)*, pp. 265–272.
- SCHMIDT, F. AND LEHN, H. V. 2011. SliceTime: A platform for scalable and accurate network emulation. *8th USENIX Symposium on Networked Systems Design and Implementation*.
- IN E. 2010. VIRTUALMESH : An Emulation Framework for wireless mesh networks in Omnet++. ICST.
- VORST, N. V., ERAZO, M. AND LIU, J. 2011. PrimoGENI: Integrating Real-Time Network Simulation and Emulation in GENI, in *Principles of Advanced and Distributed Simulation (PADS)*, IEEE Workshop on, pp. 1–9.
- VOTANO, J. R., PARHAM, M., HALL, L. H., KIER, L. B. AND HALL, L. M. 2004. TENET (Tactical Edge Network Emulation Tool): A Tool for Connectivity Analysis for Tactical Scenario, *Chemistry & Biodiversity*, vol. 1, no. 11, pp. 1829–1841.