

# Simulador de Eventos Discretos em Redes Ópticas Dinâmicas Comutadas à Rajada

Michael Taynnan  
Instituto Federal de Educação,  
Ciência e Tecnologia Paraíba - IFPB  
Campina Grande, PB - Brazil  
e-mail: michael.taob@gmail.com

Paulo Ribeiro L. Júnior e Marcelo S. Alencar  
Departamento de Engenharia Elétrica (DEE),  
Instituto de Estudos Avançados em Comunicações (Iecom)  
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)  
Campina Grande, PB - Brazil  
e-mail: {paulo,malencar}@iecom.org.br

**Resumo**—O oferecimento de novos serviços e o consequente aumento na taxa de dados em redes ópticas dinâmicas impõe a adoção novos paradigmas de comutação para uma melhor utilização da fibra, com menor probabilidade de bloqueio de transmissão. Um novo ambiente de transmissão é proposto: comutação óptica à rajada. Para um avanço quantitativo e qualitativo de pesquisas na área, um simulador baseado em eventos discretos foi desenvolvido para beneficiar os pesquisadores de redes OBS. Este simulador possibilita rápida implementação de novas tecnologias para redes ópticas.

## I. INTRODUÇÃO

O avanço tecnológico experimentado pelas redes de computadores tem exigido dos sistemas de telecomunicações a capacidade de atender aos constantes aumentos das taxas de transmissão para os diversos sistemas de informação. Nesse quadro as redes ópticas se apresentam como a alternativa tecnológica mais viável e, assim, as fibras ópticas vêm substituindo gradativamente os cabos metálicos na infra-estrutura das redes de telecomunicações e aumentando a capacidade e a confiabilidade dos sistemas de comunicação existentes [1].

A utilização de comutação à rajada em redes ópticas (OBS) se firmou pela necessidade de uma tecnologia que utilizasse uma maior largura de banda com menor probabilidade de bloqueio e implantação simples com baixo custo financeiro [2].

A comutação à rajada apresenta com um melhor aproveitamento de largura de banda utilizada da rede (*throughput*) devido a uma reserva prévia feita por meio de pacotes de controle, ocupando de uma forma mais organizada a capacidade dos canais de conexão de uma rajada. Deste modo, é essencial para os avanços na pesquisa nesta área um ambiente de simulação capaz de acompanhar o avanço da tecnologia. Por isto, é proposto neste artigo um simulador de eventos discretos em redes ópticas dinâmicas comutadas à rajada [3].

O resto do artigo está organizado da seguinte maneira: A Seção 2 apresenta uma breve introdução às redes OBS; o simulador é apresentado na Seção 3, resultados coletados pelo simulador estão na Seção 4 e as conclusões apresentadas na seção 5.

## II. REDES ÓPTICAS DINÂMICAS COMUTADAS À RAJADA

Em redes OBS todos os pacotes recebidos pelo nó de ingresso são acumulados em um *buffer* até que se tenha uma quantidade de dados suficiente para montar uma rajada. Esta rajada é enviada de uma só vez entre nós de borda da rede, onde a rajada estará preparada para a conversão óptico-eletrônica. Um pacote de controle é recebido antes da rajada com informação sobre sua dimensão e seu tempo de deslocamento. Este tempo compensará o processamento do pacote de controle.

### A. Algoritmos de montagem de rajadas

Algoritmos de montagem de rajadas são: *time-based*, *burstlength-based*. No algoritmo *time-based*, o tempo é fixo e a rajada é montada de acordo com o número de pacotes que chegam ao nó de ingresso, variando o tamanho das rajadas. No algoritmo *burstlength-based* o que vai ser fixado é o tamanho da rajada; então para a montagem de uma rajada o tempo irá variar.

### B. Protocolos de sinalização

Protocolos atuais de reserva de rajadas foram feitos baseados nos algoritmos das redes ATMs, eles são: o *Just-in-Time* (JIT) e o *Just-Enough-Time* (JET). No esquema imediato de reserva ou JIT(Just in Time), pacotes de controle chegam ao nó destino onde uma largura de banda é reservada para a rajada que será transmitida. Se a reserva de largura de banda não é possível no momento, o pacote de controle é rejeitado e a rajada é descartada. Os comprimentos de onda são reservados de acordo com períodos de tempo [4]. Em JET, as mais importantes características são atraso de reserva e a técnica de *void filling* - VF. A técnica de VF consiste na prática de agendar uma rajada entre duas outras rajadas. JET utiliza algoritmos de agendamento de rajadas, diminuindo a probabilidade de bloqueio e descarte de pacotes [5]. O tempo total de transmissão de uma rajada de um nó de ingresso até o nó destino é a soma do tempo de sua montagem, do tempo de *offset*, do tempo de sua ocupação em um canal e o somatório do tempo adicional de propagação entre os enlaces como na

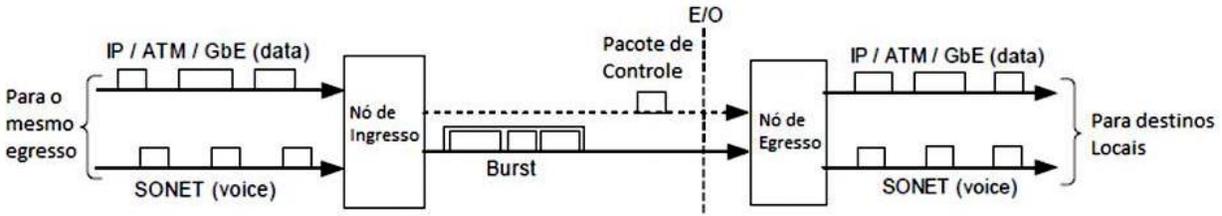


Figura 1. Esquema de comutação à rajada

Equação 1.

$$TJET = TJIT = TMNT + TOT + TTB + \sum_{(l^i, j) \in Rsd} Tprop^i j \quad (1)$$

### C. Algoritmos de agendamento de rajadas

A função dos algoritmos de agendamento de rajadas é fornecer a melhor porta de saída com o melhor dos comprimentos de onda, para benefício da rede. São abordados algoritmos bem aceitos na literatura, que possuem características diferenciais no desempenho da rede como o FF (*First Fit*) e o LAUC (*Latest available unscheduled channel*). No *first-fit*, os comprimentos de onda são indexados e um caminho óptico irá tentar selecionar o comprimento de onda com o menor índice até o de maior índice. Com vários canais abertos a transmissão, o LAUC vai procurar o que possui tempo  $t$  livre, caso não encontre, ele vai procurar agendar a rajada num tempo mais próximo ao tempo  $t$  [6].

## III. SIMULADOR

O simulador de eventos discretos em redes ópticas comutadas à rajada foi desenvolvido na linguagem Python em ambientes Linux. A escolha da linguagem se deu pela usabilidade e facilidade de gerenciamento do código. O simulador foi desenvolvido pelo método de refinamentos sucessivos, é escalar e modular, e os usuários podem incrementá-lo com novos algoritmos acompanhando o avanço da tecnologia. Um ambiente interativo mostra, por opção do usuário, todos os detalhes e ações que a rede executa em cada evento. O simulador interage como uma extensão do simulador de eventos discretos de redes ópticas dinâmicas de Ribeiro [7]. O simulador possui topologias próprias mas com opção para inserção de novas topologias. Todos os algoritmos apresentados na Seção 2 foram implementados e validados em execução. Para avaliação dos resultados de simulação o usuário tem várias opções, dentre elas: medir a probabilidade de bloqueio de conexão da rede, medir a vazão, medir o *fairness*, medir o atraso fim-a-fim. Critérios também são definidos pelo usuário para a base da simulação e os principais são: carga variável e comprimento de onda fixo e comprimento de onda variável e carga fixa. Ao final da simulação gráficos são gerados mostrando os resultados ao usuário. Deste modo resultados são estimados momentos após o término das simulações. Para efetuar uma simulação, o usuário deve ter um conhecimento necessário para caracterizar a rede. A largura de banda suportada em cada fibra deve ser

ajustada, o tempo de simulação deve ser indicado, a seleção de algoritmos usados para a rede OBS deve ser feita. Esses e outros aspectos que afetam a medição de características devem ser cuidadosamente escolhidos. A contribuição principal do simulador é um módulo de inserção de novas tecnologias de redes OBS. Pelas vantagens da usabilidade de código que a linguagem Python tem, os usuários desse simulador podem implementar novas tecnologias num padrão definido pelo simulador e integrá-las rapidamente. Python possibilita um rápido embasamento da lógica do programa.

## IV. CONCLUSÃO

Este artigo propõe um simulador de redes ópticas dinâmicas baseado em eventos discretos. O simulador é modular e escalável e apresenta ambiente iterativo com o usuário mostrando detalhes e eventos passo-a-passo para uma qualitativa avaliação de redes OBS. O simulador possui vantagens relacionadas à usabilidade e gerenciamento de código, devido a escolha de Python como a linguagem de desenvolvimento do simulador. A contribuição desta proposta é um simulador capaz de possuir um módulo de inserção rápida de novas tecnologias OBS com rápida curva de aprendizado de integração. Isto possibilita aos usuários rápidas implementações sem preocupação com desempenho e código, permitindo que novas ideias surjam e modificações rápidas nos módulos sejam feitas visando o desenvolvimento de novas tecnologias.

## REFERÊNCIAS

- [1] Laa, C., [www.austriangrid.at/e-science/Panel/Cees%20De%20Laa.pdf](http://www.austriangrid.at/e-science/Panel/Cees%20De%20Laa.pdf). Acessado em 21 de maio de 2008.
- [2] Qiao C., Stanley, R. J., *Optical Burst Switching*. Business briefing: global photonics applications and technology. Pages : 1-5. 2000.
- [3] Qiao C., Yoo M., *Choices, Features and Issues in Optical Burst Switching*. November. 1999.
- [4] Aydin, M.A.; Atmaca, T.; Turna, O.C.; Zaim, H., *Performance Study of New OBS Channel Scheduling Algorithms in a Multiservice Network*. ICNS '09. Fifth International Conference on Networking and Services. Página(s):242 - 248. 2009.
- [5] Yoo M., Qiao C., *Just-enough-time (JET): A high speed protocol for bursty traffic in optical networks*. IEEE/LEOS Conf. on Technologies For a Global Information Infrastructure. Página(s):26-27. 1997.
- [6] Xiong Y.; Vandenhoute, M.; Cankaya, H.C., *Control architecture in optical burst-switched WDM networks*. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Volume 18, Issue 10. Pagina(s):1838 - 1851. 2000.
- [7] Ribeiro, P.L.Jr., Alencar, M.S., Gurjão, E.C., *Roteamento Adaptativo com Agregação de Tráfego em Redes Ópticas Dinâmicas*. Dissertação de Mestrado em Eng. Elétrica - DEE - UFCG. 2008.