



Redes ópticas: estrutura e funcionamento

Optical Networks: Structure and Operation

Elton Lima Araujo

Graduando em Sistemas de Informação
IFSP / Campus São Paulo
<https://orcid.org/0009-0005-9636-2042>
elton.araujo@aluno.ifsp.edu.br

Andrey Gustavo Segantin dos Santos

Graduando em Sistemas de Informação
IFSP / Campus São Paulo
<https://orcid.org/0009-0004-7171-3486>
andrey.gustavo@aluno.ifsp.edu.br

João Gustavo dos Santos

Graduando em Sistemas de Informação
IFSP / Campus São Paulo
<https://orcid.org/0009-0006-5471-0827>
joao.gustavo1@aluno.ifsp.edu.br

Daniela Santos Santana

Doutora em Engenharia Elétrica
Docente do IFSP / Campus São Paulo
<https://orcid.org/0000-0001-5092-8331>
daniela.santana@ifsp.edu.br

Leandro Santana

Mestre em Educação Profissional
Docente do IFSP / Campus São Paulo
<https://orcid.org/0000-0002-8230-3675>
leandro.santana@ifsp.edu.br

EDIÇÃO ESPECIAL - X ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E PÓS-GRADUAÇÃO DO IFSP - CAMPUS SÃO PAULO (EICPOG)

Resumo

Este artigo apresenta uma pesquisa de caráter bibliográfico e exploratório sobre redes ópticas, abordando seu funcionamento, aplicações, vantagens e desafios. As redes ópticas utilizam fibras ópticas como meio de transmissão, oferecendo alta velocidade, grande largura de banda e resistência a interferências eletromagnéticas. O estudo analisa dois modelos principais de redes: ponto-a-ponto, que conecta diretamente dois dispositivos, e multiponto, que permite a conexão de vários dispositivos por meio de divisores ópticos. Para reforçar a compreensão teórica, foi realizada uma simulação prática no software Cisco Packet Tracer, em que foram criadas redes ponto-a-ponto e multiponto. A simulação demonstrou o comportamento da fibra óptica em diferentes cenários, evidenciando sua eficiência e tempos de resposta muito baixos, na ordem de milissegundos. Os resultados obtidos reforçam a importância das redes ópticas na infraestrutura de telecomunicações, especialmente em ambientes com alto tráfego de dados. A pesquisa também destacou a necessidade de um planejamento adequado para garantir a segurança, o desempenho e a escalabilidade da rede, considerando

aspectos técnicos como a escolha entre arquitetura passiva ou ativa, número de usuários e área de cobertura.

Palavras-chave: redes ópticas; rede ponto-a-ponto; rede multiponto.

Abstract

This article presents a bibliographic and exploratory research on optical networks, addressing their operation, applications, advantages, and challenges. Optical networks use optical fibers as a transmission medium, offering high speed, large bandwidth, and resistance to electromagnetic interference. The study analyzes two main network models: point-to-point, which directly connects two devices, and multipoint, which allows the connection of multiple devices through optical splitters. To reinforce theoretical understanding, a practical simulation was conducted using Cisco Packet Tracer software, where point-to-point and multipoint networks were created. The simulation demonstrated the behavior of optical fiber in different scenarios, highlighting its efficiency and very low response times, on the order of milliseconds. The results obtained emphasize the importance of optical networks in telecommunications infrastructure, especially in environments with high data traffic. The research also highlighted the need for proper planning to ensure network security, performance, and scalability, considering technical aspects such as the choice between passive or active architecture, number of users, and coverage area.

Keywords: optical networks; point-to-point network; multipoint network.

Introdução

As redes de computadores surgiram como uma solução para descentralizar o processamento de informações, possibilitando a comunicação e o compartilhamento de recursos entre diversos dispositivos interligados. Uma rede é formada por computadores autônomos conectados por uma tecnologia comum, capazes de trocar dados entre si, essa interligação pode ocorrer por diferentes meios físicos, como cabos de cobre, micro-ondas, satélites, sinais infravermelhos e fibras ópticas, sendo cada tecnologia indicada para contextos específicos (Tanenbaum, 2011). Segundo Rudge (2023), dentre essas alternativas, as redes ópticas se destacam por utilizar fibras ópticas como meio de transmissão, oferecendo altas taxas de velocidade, grande largura de banda e imunidade a interferências eletromagnética. Esses atributos tornam a tecnologia especialmente adequada para ambientes com elevado tráfego de dados, como operadoras de telecomunicação, instituições acadêmicas e grandes corporações. Diante desse cenário, este trabalho busca apresentar um panorama geral sobre as redes ópticas, abordando seu funcionamento, principais aplicações, vantagens, desvantagens e limitações.

Objetivos

O presente trabalho tem como objetivo apresentar o conceito de redes ópticas, seu funcionamento básico e principais aplicações. Busca-se também identificar vantagens, desvantagens e os ambientes mais comuns de utilização, distinguindo os modelos ponto-a-ponto e ponto-multiponto. Além disso, pretende-se analisar limitações, desafios e aspectos relacionados à usabilidade, velocidade e custo, complementando a abordagem com uma simulação visual de rede óptica com fins didáticos.

Metodologia

A metodologia adotada neste trabalho consistiu em uma pesquisa de caráter bibliográfico e exploratório, fundamentada em fontes acadêmicas credíveis, como livros, artigos científicos e materiais didáticos, encontrados em bases como: Google Academy e Research Gate. O estudo teve como base um levantamento teórico, em dois artigos, dois livros e dois trabalhos acadêmicos sobre redes ópticas, abordando seu funcionamento, aplicações, vantagens e desempenho em diferentes contextos.

Os artigos científicos considerados:

Mavrommatis, K. (2024). A new and innovator method of designing a fiber optic network for the extension of the local area network of a building

Hoshino, F. K. G. (2013). Estudo e simulação da modulação OFDM aplicada em redes ópticas de nova geração.

Os livros que fundamentaram conceitualmente esta pesquisa foram:

Keiser, G. (2011). Comunicações por fibras ópticas. 4. ed., AMGH Editora.

Tanenbaum, A. S.; Wetherall, D. J. (2011). Redes de computadores. 5. ed., Pearson.

Para complementar a compreensão dos conceitos apresentados, foi realizada uma simulação prática em ambiente virtual no software Cisco Packet Tracer, com o objetivo de ilustrar a estrutura e o funcionamento de uma rede óptica.

Desenvolvimento

Rede óptica ponto a ponto (P2P) refere-se a uma arquitetura na qual dois nós apresentam conexão direta e dedicada através de uma fibra óptica independente, sem a necessidade de infraestrutura compartilhada ou intermediação de outros dispositivos, como multiplexadores ou switches. Suas principais vantagens são relacionadas a baixa latência, devido à conexão

direta entre os pontos, alta velocidade de transmissão, independência de provedores terceiros e simplicidade de instalação para distâncias curtas (Mavrommatis, 2024).

Desse modo, redes ópticas P2P são ideais para aplicações com objetivo de interligar locais fisicamente próximos que demandem alto desempenho, como em conexões entre edifícios corporativos, campus universitários ou unidades hospitalares. Assim, possibilitam uma rede local (LAN) estendida que apresenta desempenho semelhante ao de uma rede interna, fornecendo largura de banda simétrica e dedicada entre os pontos. No artigo de Mavrommatis (2024) foi demonstrada uma aplicação P2P entre dois prédios corporativos, situados na mesma rua, objetivando expandir a LAN existente. A instalação utilizou a fibra óptica monomodo, obtendo como resultado o compartilhamento de servidores, impressoras, internet e câmeras IP com desempenho equivalente ao observado na rede interna do prédio principal, comprovando assim a viabilidade técnica e econômica do modelo P2P para aplicações em ambientes empresariais.

As redes ópticas multiponto representam um avanço significativo nas telecomunicações, especialmente por permitirem que um único transmissor envie dados simultaneamente para diversos receptores (Keiser, 2011), atividade possibilita pelo uso de dispositivos como os divisores ópticos passivos (splitters) ou comutadores ativos, que distribuem o sinal de uma única fibra para várias saídas. Esse tipo de estrutura forma o que conhecemos como Redes Ópticas Passivas, ou PONs (Passive Optical Networks). Segundo Hoshino (2013), as PONs vêm ganhando espaço em relação às redes tradicionais de cabos, por oferecerem maior alcance e capacidade de transmissão, utilizando apenas componentes passivos (itens que não utilizam energia elétrica).

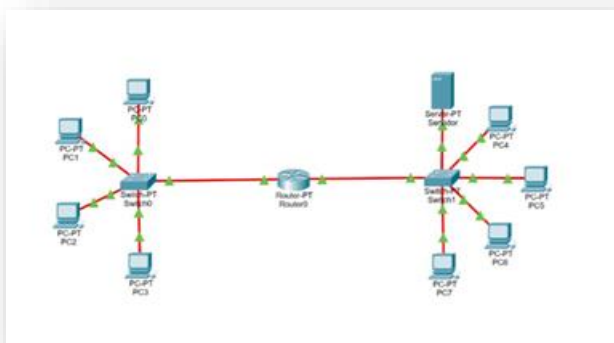
Uma das aplicações mais conhecidas das PONs está na tecnologia FTTH (Fiber to the Home), onde a fibra óptica chega diretamente à residência do usuário. Esse modelo tem como principal vantagem o uso compartilhado da infraestrutura e dos equipamentos, o que reduz os custos de operação e facilita a expansão da rede (Keiser, 2011; Silva, 2018). Além disso, por não depender de componentes ativos entre o provedor e o cliente, o processo de instalação e manutenção torna-se mais simples e econômico. Apesar das vantagens, é importante destacar que, por ser uma rede compartilhada, é necessário garantir uma gestão eficiente da largura de banda e aplicar mecanismos de segurança que protejam os dados transmitidos (Keiser, 2011). Por fim, a escolha entre uma rede passiva ou ativa depende de fatores como o número de usuários, a área de cobertura e a velocidade de conexão desejada (Silva, 2018).

Para a simulação foram desenvolvidas duas redes, uma ponto a ponto e a outra multiponto, a fim de simular o comportamento da fibra óptica nesses cenários. Em primeira análise, a simulação da rede P2P exposta na figura 1, apresenta dois computadores ligados pelo cabo de fibra óptica conectado nas portas GigabitEthernet, que permite a transmissão de quadros na velocidade de 1 Gigabit (1 bilhão de bits) por segundo.

Figura 1

Rede óptica ponto a ponto



Figura 2*Rede óptica multiponto*

Ademais, a Figura 2 representa a estrutura multiponto, onde foram desenvolvidas duas redes, que se comunicam através de um roteador, utilizando conectores GigabitEthernet, assim como a rede ponto a ponto, para ligação entre todos os dispositivos. Cada rede contém um switch conectando quatro computadores, uma delas possui um servidor que fornece serviços web para os dispositivos das duas redes.

Resultados e Discussão

A simulação no Cisco Packet Tracer validou os conceitos de redes ópticas ponto-aponto (P2P) e multiponto. A rede P2P, Figura 1, demonstrou simplicidade e alta velocidade, sendo ideal para extensões de LAN em ambientes corporativos. A simulação multiponto, figura 2, incluiu um servidor web e duas redes conectadas por um roteador, demonstrou a eficiência da distribuição do sinal óptico para múltiplos dispositivos, base para Redes Ópticas Passivas (PONs) e FTTH. Um teste de acesso a um site nessa rede multiponto gerou os seguintes tempos de comunicação:

Tabela 1*Resultados da simulação de rede multiponto*

Protocolo	Início (seg)	Fim (seg)	Total (seg)
DNS	0.000	0.008	0.008
HTTP	0.016	0.025	0.009
TCP	0.008	0.037	0.019
Simulação	0.000	0.037	0.037

A análise da Tabela 1 revela um tempo total de simulação de apenas 37 milissegundos, demonstrando a rapidez da fibra óptica. O TCP foi o protocolo mais lento (0.019 segundos), seguido por HTTP (0.009 segundos) e DNS (0.008 segundos). Essa performance em milissegundos válida a capacidade das redes ópticas para suportar aplicações de alta demanda por baixa latência e banda, sublinhando sua importância na infraestrutura de telecomunicações.

Considerações finais

Este estudo aprofundou-se no universo das redes ópticas, analisando seu funcionamento, aplicações, vantagens e desafios. A pesquisa demonstrou a versatilidade dessas redes, capazes de atender a diversas demandas por meio de modelos ponto-aponto e multiponto. A simulação prática no ambiente virtual contribuiu para a compreensão do comportamento da fibra óptica, comprovando sua eficiência e os tempos de resposta extremamente baixos, na ordem de milissegundos.

Embora as redes ópticas ofereçam benefícios inegáveis, como alta velocidade e robustez, sua implementação exige planejamento estratégico, especialmente em configurações multiponto, onde a gestão de banda e a segurança dos dados são cruciais. A escolha entre arquiteturas passivas ou ativas deve ser cuidadosamente avaliada, considerando fatores técnicos e operacionais específicos de cada projeto. Conclui-se que as redes ópticas são fundamentais para suportar o crescente volume de tráfego de dados, sendo essencial o conhecimento de suas particularidades para garantir projetos eficientes e escaláveis, abrindo caminho para avanços contínuos na conectividade global.

Referências

- Hoshino, F. K. G. (2013). Estudo e simulação da modulação OFDM aplicada em redes ópticas de nova geração [Mestre em Tecnologia, Universidade Estadual de Campinas]. <https://doi.org/10.47749/T/UNICAMP.2013.904696>
- Keiser, G. (2011). Optical fiber communications (4. ed). McGraw-Hill.
- Mavrommatis, K. (2024). A new and innovator method of designing a fiber optic network for the extension of the local area network of a building. Proceedings of the 28th Pan-Hellenic Conference on Progress in Computing and Informatics, 95–99. <https://doi.org/10.1145/3716554.3716568>
- Rudge, P. (2023). Breve história de comunicações óticas, de Mbps a Tbps: Ênfase no cenário brasileiro. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.14890590>
- Silva, M. A. D. (2018). Redes ópticas passivas e as redes lan.
- Tanenbaum, A. S. (com Wetherall, D.). (2011). Computer networks (5th ed). Prentice Hall.