



O QUE VEM A SEGUIR PARA O DATA CENTER
Tendências de 2024 para ficar de olho

Índice

Sobre os autores	3
Introdução	4
Capítulo 1: Adaptando a contagens de fibra cada vez mais altas no data center	5
Capítulo 2: Links de data center de 400G, 800G e 1.6T	11
Capítulo 3: Enfrentando o desafio da energia	17
Capítulo 4: Soberania de dados	27
Capítulo 5: Sustentabilidade no data center	35
Capítulo 6: O papel em evolução do data center em um mundo habilitado para 5G	42
Capítulo 7: Interconexão de data centers (DCI)	47
Capítulo 8: Considerações de cabeamento para data centers de IA	54

Sobre os autores



Dr. Earl Parsons

O Dr. Earl Parsons é o Diretor de Evolução da Arquitetura de Data Centers na CommScope. Ele ingressou na CommScope em 2014 como Engenheiro Óptico Principal.

Antes de ingressar na CommScope, Earl recebeu um mestrado e um doutorado em ciências ópticas pela Universidade do Arizona e foi Membro Sênior da Equipe Técnica na TE SubCom, anteriormente conhecida como Tyco Telecommunications. O Dr. Parsons também atuou como editor do padrão IEEE 802.3db-2022. Seus interesses incluem sistemas de fibra óptica monomodo e multimodo para possibilitar data centers de inteligência artificial.



Kevin Swank

Kevin Swank é veterano da indústria de comunicações celulares - tendo trabalhado em tudo, desde 2G até 5G.

Ele começou sua carreira como engenheiro de software e passou para cargos de liderança em gerenciamento de produtos e marketing de produtos. Tendo trabalhado para NEC, Nortel Networks, InnerWireless e Black Box, Kevin é atualmente responsável pela direção de marketing de produtos para Redes Celulares Inteligentes na CommScope.



Ken Hall

Ken Hall é arquiteto de data centers para a América do Norte na CommScope, responsável

pela tecnologia e liderança de pensamento, bem como pelo planejamento da infraestrutura óptica para escala global e data centers relacionados. Nesse papel, ele foi fundamental no desenvolvimento e lançamento de soluções ópticas de fibra de alta velocidade e ultra baixa perda para permitir eficientemente a migração de rede para operadores de data center. Anteriormente, Ken trabalhou com a TE Connectivity/Tyco Electronics/AMP em várias funções. Sua experiência inclui gestão e estratégia de programas globais de OEM de redes e data centers, gerenciamento de projetos, marketing, padronização da indústria e gerenciamento técnico de vendas. Ken também foi responsável pela padronização da indústria e proliferação de conectores de cobre e de fibra óptica SFF e interfaces de alta densidade para OEMs de eletrônicos de rede. Ken possui nove patentes até o momento para conectores de fibra óptica e sistemas de gerenciamento de infraestrutura. Ken se formou com um Bacharelado em Ciência pela Universidade de Shippensburg. Ele é um Registered Communication Distribution Designer (RCDD) e Network Technology Systems Designer (NTS).



Alastair Waite

Alastair Waite ingressou na CommScope em setembro de 2003

como Gerente de Produto para a divisão de Fibra Óptica Empresarial da empresa; desde então, ele ocupou vários cargos-chave no negócio, incluindo Chefe de Gerenciamento de Produto Empresarial, para EMEA, Chefe de Gerenciamento de Mercado e líder de negócios de Data Center na EMEA. Desde janeiro de 2016, Alastair tem a responsabilidade de arquitetar as soluções de data center da CommScope, garantindo que as infraestruturas dos clientes estejam posicionadas para crescer à medida que suas necessidades operacionais se expandem nesse segmento dinâmico do mercado. Antes de ingressar na CommScope, Alastair foi Gerente Sênior de Linha de Produtos para Silício Óptico na Conexant Semiconductor, onde teve responsabilidade global por todos os produtos de interface óptica da empresa. Alastair possui um BSc em Engenharia Eletrônica pela UC Wales.



**É um admirável
mundo novo.
Aqui está o que você
precisa saber para
acompanhar as
mudanças.**

Bob Dylan disse isso de uma maneira melhor: "Oh, os tempos estão mudando". Palavras mais verdadeiras nunca foram ditas, especialmente se você for um gerente de Data Center. Da noite para o dia, ou assim parece, as demandas de aplicações passaram de um alerta amarelo cauteloso para piscar em vermelho brilhante.

Em 2023, vimos o desencadeamento da inteligência artificial em todas as suas formas - IA generativa, machine learning, artificial neural networks, deep learning, processamento de linguagem natural e muito mais. Em seu rastro, gerentes de data center e suas equipes estão correndo para descobrir como lidar não apenas com os petabytes adicionais de novos dados inundando suas redes, mas também com os requisitos de latência ultrabaixa, aumentos no uso de energia e contagens de fibras exponencialmente maiores que são necessárias.

E as demandas de aplicações não são as únicas coisas aumentando. As pegadas dos data centers estão crescendo como nunca visto, estendendo-se além das fronteiras nacionais. Gerenciar a soberania dos dados tornou-se tão desafiador politicamente quanto é uma preocupação legal e de segurança.

Ao mesmo tempo, data centers de todos os tipos - em Hyperscale, provedores em nuvem, MTDCs e corporativos - estão formando novas parcerias para aproveitar localizações privilegiadas de mercado, recursos disponíveis e espaços em branco muito necessários. Como resultado, a tarefa de compreender o cabeamento de Backbone do DCI tornou-se um trabalho em tempo integral.

É claro que tudo isso está acontecendo em meio a uma crise climática global que fez com que os operadores de data centers repensassem como cada etapa em sua cadeia de suprimentos e ciclo de vida da rede afeta as metas de sustentabilidade de suas organizações.

Os tempos estão mudando, com certeza, e o denominador comum é que todas essas mudanças têm um impacto profundo na infraestrutura de sua rede - desde seu cabeamento, conectividade e componentes até sua arquitetura, resiliência e adaptabilidade. Nos capítulos que se seguem, explicamos os problemas que você enfrenta e oferecemos soluções inovadoras que mostram a profunda experiência e abordagem fora da caixa da CommScope.

Bem-vindo à edição mais recente do e-book de tendências para Data Center da CommScope.

Abrace a mudança!

1

Adaptando-se a contagens de fibras mais altas no Data Center

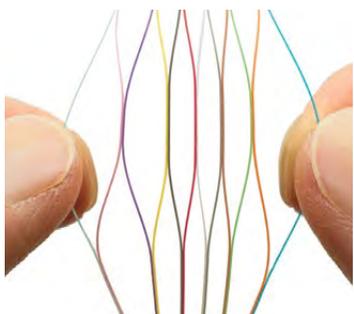
O desafio contínuo para qualquer operador de Data Center é como fornecer capacidade cada vez maior. A capacidade de suportar taxas de dados mais altas, contagens de portas e densidade de fibras é fundamental para aumentar a capacidade e, em última análise, a experiência do cliente. Esse é o objetivo, certo? Mas não existe mágica, uma solução única que possa resolver completamente o problema de capacidade. No entanto, ao combinar tecnologias relacionadas de forma planejada, os operadores de Data Center podem apoiar o crescimento contínuo da capacidade e permitir a melhor experiência do cliente. Neste capítulo, discutiremos as questões e tendências que impulsionam a busca por crescimento contínuo da capacidade.

Caminhos de cabos congestionados

Para alcançar um crescimento de capacidade previsível e escalável, os blocos de construção da infraestrutura de rede incluindo cabos, caminhos, conectividade e arquiteturas de rede, devem estar alinhados para fornecer essa capacidade de forma eficiente e fornecer o maior valor possível. À medida que as aplicações evoluíram, as contagens de fibras monomodo e multimodo progrediram de 2 para 8 e 16 fibras por porta de switch. Enquanto as contagens de fibras aumentaram pelo menos 4x ou 8x, os caminhos e espaços entre e ao redor do equipamento não. Portanto, qualquer solução de capacidade deve levar em conta inovações na construção de cabos de fibra e conectividade que façam uso mais eficiente do espaço disponível. A construção compacta de cabos, quando combinada com contagens de fibras mais altas, é especialmente útil ao interconectar data centers. O cabeamento do trunk de interconexão do data center (DCI) com mais de 3.000 fibras, é comum para conectar duas instalações Hyperscale, e alguns operadores já estão dobrando essa capacidade projetada. Dentro do data center, áreas problemáticas incluem cabos trunk de Backbone que conectam os switches principais (Core) de última geração, ou de meet-me rooms (MMRs), aos switches Spine na fileira de racks.

Repensando o pacote de fibras

A progressão da fibra e da rede óptica tem sido uma resposta contínua à necessidade de canais de transmissão de dados maiores e mais rápidas. À medida que essas necessidades se intensificam, as maneiras pelas quais a fibra é projetada e encapsulada dentro do cabo evoluíram. Permitindo que os data centers aumentem o número de fibras em uma construção de cabo sem necessariamente aumentar a pegada do cabeamento. O cabeamento de fibra rollable ribbon é um dos elos mais recentes desta cadeia de inovação.



Fibras rollable ribbon de 250 μm

- Fibras individuais parcialmente unidas de 250 micrômetros
- Reduz o tempo usando fusão por emenda em massa
- Diâmetro de cabo 20-40 por cento menor em relação à matrix ribbon, oferecendo melhor utilização do dutos.

O cabo de fibra rollable ribbon é baseado, em parte, no desenvolvimento anterior do cabo de fita central. Introduzido no meio dos anos 90, principalmente para redes externas (OSP), o cabo de fita central apresentava pilhas de fita de até 864 fibras dentro de um único tubo de buffer central. As fibras são agrupadas e continuamente unidas ao longo do comprimento do cabo, o que aumenta sua rigidez. Embora isso tenha pouco efeito ao implantar o cabo em uma aplicação OSP, em um data center, um cabo rígido limita o roteamento mais flexível necessário para navegar por caminhos estreitos e congestionados.

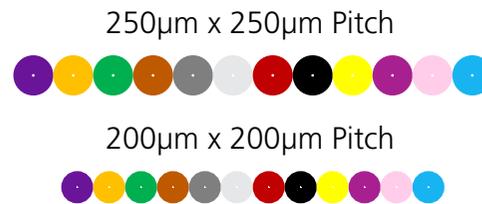
Em um cabo de fibra rollable ribbon, as fibras ópticas são fixadas intermitentemente para formar uma teia solta. Essa configuração torna a fita mais flexível, permitindo que até 3.456 fibras sejam carregadas em um duto de duas polegadas. O dobro da densidade de um cabo de fibras convencional. Esta construção reduz o raio de curvatura, tornando esses cabos mais fáceis de trabalhar dentro dos confinamentos mais apertados do data center.

Dentro do cabo, as fibras intermitentemente unidas assumem as características físicas de fibras soltas que se flexionam e dobram facilmente. Tornando mais fácil de gerenciar em espaços apertados. Além disso, o cabeamento de fibra rollable ribbon utiliza um design completamente livre de gel, o que ajuda a reduzir o tempo necessário para preparar a emenda, reduzindo assim os custos com mão de obra. A união intermitente mantém o alinhamento da fibra necessário para a emenda típica por fusão em massa.

Reduzindo diâmetros de cabos

Por décadas, quase toda a fibra óptica de telecomunicações teve um diâmetro nominal de revestimento de 250 micrômetros. Com a crescente demanda por cabos menores, isso começou a mudar. Muitos projetos de cabos atingiram limites práticos para redução de diâmetro com fibra padrão. Mas uma fibra menor permite reduções adicionais. Fibras com revestimento de 200 micrômetros agora estão sendo usadas em cabos rollable ribbon e microduto.

UMA FITA MENOR ENROLÁVEL



Fibras individuais de 200 µm parcialmente coladas
OD do cabo ~25% menor em relação às
construções de fitas enroláveis de 250 µm

É importante enfatizar que o revestimento do buffer é a única parte da fibra que foi alterada. As fibras de 200 micrômetros mantêm o diâmetro de núcleo/revestimento de 125 micrômetros das fibras convencionais para compatibilidade em operações de emenda. Depois que o revestimento do buffer foi removido, o procedimento de emenda para fibras de 200 micrômetros é o mesmo que para seu equivalente de 250 micrômetros. Dispositivos também estão disponíveis para permitir o "aumento" de 200 micrômetros para 250 micrômetros para a transição para conectores multifibra, se necessário, nos pontos de terminação.

Aplicações duplex podem ser suportadas por qualquer uma das contagens de subunidades de cabo disponíveis de 8, 12, 16 ou 24 fibras, no entanto, a migração para aplicações de 8 ou 16 fibras é melhor suportada por unidades de trunk de fibra MPO8 ou MPO16. Se as aplicações de 16 fibras forem o plano atual ou futuro da equipe de rede, os trunks de 16 fibras fornecerão a instalação mais eficiente no Dia 1. Esta configuração pode suportar todas as aplicações existentes sem desperdiçar fibras ou precisar de pontes de cabos troncais no local no futuro. Benefícios adicionais dessas construções de cabos de diâmetro reduzido incluem a redução associada do espaço de passagem necessário para a contagem de fibras e a redução dos materiais de cabeamento utilizados - proporcionando valores de sustentabilidade.

Novos conectores menores suportam contagens de fibras mais altas, instalação mais fácil

Os conectores também estão evoluindo, com novas configurações de VSFF (very small form factor) disponíveis para fornecer suporte para aplicações duplex ou paralelas. Contagens de fibras comuns para conectores de alta velocidade incluem 2, 8 ou 16 fibras em monomodo e multimodo. Para algumas aplicações, o cabeamento de 24 fibras ainda é uma opção. As decisões sobre quais subunidades de cabo usar para os trunks devem considerar os requisitos atuais e futuros de conectores. Conectores duplex VSFF recentemente introduzidos, alinhados com transceptores, entraram no mercado nos últimos anos. Eles fornecem melhor densidade e, em alguns casos, opções de breakout diretamente no transceptor. A intenção é permitir contagens de fibras mais altas para permitir a utilização total da capacidade no equipamento de rede.

Mostrados abaixo para referência de tamanho estão os conectores duplex LC legados junto com os conectores SN, MDC e CS. Enquanto se alinham com as aplicações de transceptor, eles também podem fornecer uma maior densidade gerenciável no distribuidor óptico para aplicações de cabeamento estruturado.

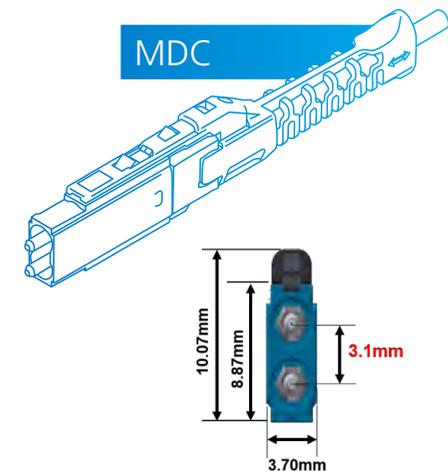
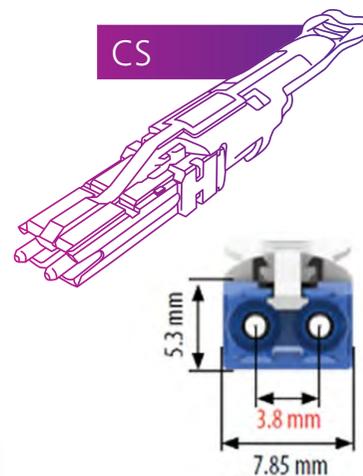
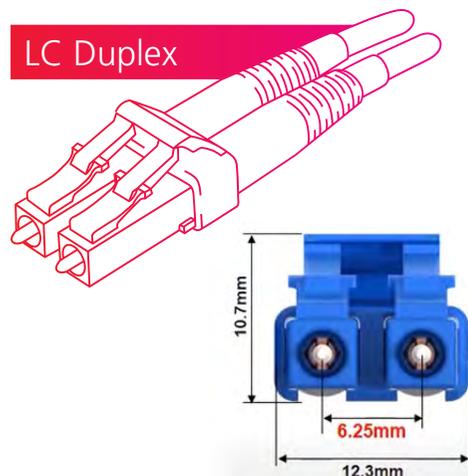
Outras opções multifibra em breve disponíveis no formato SN e MDC acomodarão ainda mais fibras gerenciáveis em um tamanho menor. Esses conectores de fator de formato muito pequeno (VSFF) abrigam 16 ou 24 fibras no mesmo espaço que as soluções duplex SN e MDC.



MMC16 & MMC24 – USConec Ltd



SN-MT16 & SN-MT24
SENKO Advanced Components

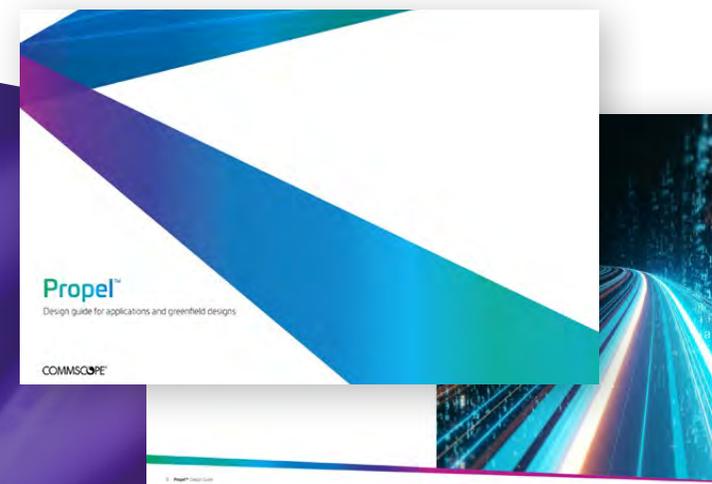


A tecnologia habilitadora é um tipo menor de ferrolho MT (similar às encontradas nos conectores MPO) que pode abrigar mais fibras dentro do corpo do conector altamente compacto. Esses conectores não são interconectáveis, mas estão atualmente em desenvolvimento no mercado.

Além disso, os conectores de fibra VSFF permitem que os trunks de alta contagem de fibras pré-terminados, menores e mais leves, sejam tracionados através de condutos com mais facilidade. Quando implantados usando cabo rollable ribbon de baixa dimensões, os conectores VSFF de alta contagem de fibras pré-terminados simplificam e aceleram a instalação.

Economizando tempo e espaço valiosos; tendo sido montados em um ambiente de fábrica cuidadosamente controlado, também fornecem uma garantia de desempenho adicional. Como resultado, os cabos rollable ribbon pré-terminados com os novos conectores VSFF fornecem alguns benefícios únicos em comparação com as alternativas terminadas ou emendadas no local.

Não surpreendentemente, as aplicações iniciais para os conectores VSFF visam cabos trunks pré-terminados de alta contagem de fibras, projetados para serem puxados através de dutos internos ou sistemas de calhas. Aplicações futuras de VSFF podem incluir interface de equipamento, breakout ou cabeamento estruturado. Para considerações de projeto de canal e aplicações de cabeamento, entre em contato com seu engenheiro de vendas local da CommScope ou consulte o Guia de Design Propel™.



2

Links de data center de 400G, 800G e 1.6T



Introdução

A primeira medida do sucesso de uma organização é sua capacidade de se adaptar às mudanças em seu ambiente. Chame isso de capacidade de sobrevivência. Se você não conseguir fazer a transição para o novo status quo, seus clientes o deixarão para trás.

Para os data centers em escala de nuvem, a capacidade de se adaptar e sobreviver é testada a cada ano, à medida que as crescentes demandas por largura de banda, capacidade e latência mais baixa impulsionam a migração para velocidades de rede mais rápidas. Nos últimos anos, temos visto as velocidades de link da rede fabricar em todo o data center aumentarem de 25G/100G para 100G/400G. Cada salto para uma velocidade mais alta é seguido por um breve patamar, antes que os gerentes de data center precisem se preparar para o próximo salto.

Atualmente, os data centers em nuvem e hyperscale estão implantando links com transceptores de 800G, enquanto a indústria busca padronizar tanto os transceptores de 800G quanto de 1,6T. Uma consideração importante é qual tecnologia óptica é a melhor. Aqui, detalhamos algumas das considerações, compensações e opções dos transceptores ópticos de 400G, 800G e 1,6T.

Tipos de transceptores ópticos

Os transceptores ópticos podem ser agrupados por seu alcance e tipo de fibra suportada. Ópticas SR geralmente suportam alcances de 100 m sobre fibra multimodo paralela. Ópticas DR usam fibra monomodo paralela até 500 m ou 2 km de comprimento. E ópticas FR e LR usam fibra monomodo duplex e multiplexação por divisão de comprimento de onda (WDM) até 2 km e 10 km, respectivamente. Esses nomes são consistentemente usados para transceptores de 400G, 800G e 1,6T.

Transceptores ópticos de 400G

O mercado óptico de 400G é impulsionado pelo custo e desempenho, e os transceptores que usam 4x100G estão substituindo as iterações anteriores que usavam 8x50G. Switches e transceptores de 4x100G oferecem custo e consumo de energia menores em comparação com os transceptores de 8x50G.

Existem várias opções de óptica usando fibra paralela em 400G. O padrão IEEE 802.3db codificou transceptores de 400G usando fibra multimodo paralela. Ópticas compatíveis com 400G-SR4 suportarão 100 m ao longo de oito fibras (OM4 ou OM5). Uma nova aplicação denominada 400G-VR4 suportará um alcance de 50 m de oito fibras OM4 ou OM5 e visa aplicações in-row. Para fibra monomodo paralela, 400G-DR4 e 400G-DR4-2 usarão 8 fibras até 500 m ou 2 km de comprimento, respectivamente.

Cada uma das opções de fibra paralela na Tabela 1 usa oito fibras, mas porque os transceptores aceitam um conector MPO8 ou MPO12, apenas as oito fibras externas são usadas. Isso segue uma tendência multigeracional na qual as quatro fibras intermediárias em um cabo de 12 fibras não são usadas. Isso levou empresas de cabos como a CommScope a introduzir uma linha de cabos de oito fibras que incluem apenas as oito fibras usadas para transmissão. Quando terminados com conectores MPO8, os cabos de oito fibras podem ser interconectados com cabos MPO12 e são compatíveis com todas as ópticas paralelas de 400G.

400G parallel optics

Table 1

Application	Reach	Fiber #	Fiber type
400G-SR4	100 m	8	OM4, OM5
400G-VR4	50 m	8	OM4, OM5
400G-DR4	500 m	8	SMF
400G-DR4-2	2 km	8	SMF

Conforme mostrado na Tabela 2, 400G-FR4 e 400G-LR4 foram padronizados no IEEE 802.3cu e usam WDM em fibra duplex. Essas ópticas combinam quatro comprimentos de onda em uma única fibra de transmissão e recepção. As ópticas FR suportam alcance de 2 km e oferecem um caminho de atualização a partir de 100G-CWDM4. As ópticas LR alcançam até 6 km se forem apenas compatíveis com 802.3cu (denominadas como 400G-LR4-6) e 10 km se forem compatíveis com as especificações 400G-LR4-10 da MSA.

400G WDM optics

Table 2

Application	Reach	Fiber #	Fiber type
400G-FR4	2 km	2	SMF
400G-LR4	10 km	2	SMF

A partir da geração de 400G, a demanda por ópticas com fibra paralela cresceu mais rápido do que aquelas que usam WDM. As ópticas de fibra paralela tendem a oferecer custo e consumo de energia mais baixos do que as ópticas WDM. A fibra paralela também oferece aos operadores de data center mais flexibilidade ao permitir breakout de fibra, por exemplo. A tecnologia também permite que um transceptor de 400G com oito fibras em uma extremidade se conecte a quatro transceptores de 100G diferentes usando fibra duplex. As ópticas de fibra paralela estão sendo usadas para links mais longos, mas as ópticas WDM não estão sendo usadas para links mais curtos.

Transceptores ópticos de 800G

A primeira geração de transceptores de 800G usará 8x100G e fibra paralela. Esses transceptores serão baseados na tecnologia de transceptor de 400G e serão incluídos no padrão IEEE 802.3df, programado para ser publicado em 2024. O projeto do padrão IEEE 802.3dj, programado para ser publicado em 2026, abordará ópticas funcionando em 4x200G.

800G parallel optics

Application	Reach	Fiber #	Fiber type
800G-VR8	50 m	16	OM4/OM5
800G-SR8	100 m	16	OM4/OM5
800G-DR8	500 m	16	SMF
800G-DR4	500 m	8	SMF
800G-DR8-2	2 km	16	SMF
800G-DR4-2	2 km	8	SMF

Tabela 3

A Tabela 3 lista ópticas de fibra paralela, incluindo 800G-VR8, 800G-SR8, 800G-DR8 e 800G-DR8-2. Elas são projetadas para suportar alcances de 50 m OM4 ou OM5, 100 m OM4 ou OM5, fibra monomodo de 500 m e fibra monomodo de 2 km, respectivamente. Cada uma dessas ópticas exigirá oito pares de fibras (totalizando 16 fibras no total) para transmissão de 800G. A interface do conector consistirá em MPO16 ou dois conectores MPO8. Os primeiros adotantes de transceptores de 800G os utilizarão como 2x400G, com cada transceptor de 800G se comportando como dois transceptores de 400G distintos. Faz sentido ter dois conectores MPO8 na interface para suportar essa distinção. No futuro, os transceptores nativos de 800G serão mais dominantes e usarão o conector MPO16. Praticamente todos os fabricantes de transceptores oferecerão tanto transceptores de 800G MPO16 quanto 2xMPO8.

800G BiDi optics

Application	Reach	Fiber #	Fiber type
800G-VR4.2	50 m/70 m	8	OM4/OM5
800G-SR4.2	70 m/100 m	8	OM4/OM5

Tabela 4

A Terabit BiDi MSA lançou uma especificação para transceptores 800G usando oito fibras multimodo (ver Tabela 4). Esses transceptores (800G-VR4.2 e 800G-SR4.2) suportarão 50 m ou 70 m no OM4 e 70 m e 100 m no OM5. Essas ópticas operam bidirecionalmente, com cada fibra transmitindo e recebendo simultaneamente. VCSELs de diferentes comprimentos de onda são usados para gerar sinais de transmissão e recepção separáveis. OM5 é a única fibra multimodo especificada para suportar operação multiwavelength, por isso oferece maior alcance. BiDi permite que os transceptores de 800G com vias de 100G operem usando apenas oito fibras.

Entre as opções duplex monomodo, também existem ópticas de 800G que são na verdade 2x400G-FR4. Esses transceptores requerem quatro fibras na interface do conector e geralmente usarão dois conectores LC duplex lado a lado. Esses transceptores também são boas opções para conectores de fator de forma muito pequeno (VSFF) como SN ou MDC.

Uma vez que o padrão IEEE 802.3dj padronize vias de 200G, transceptores de monomodo, incluindo 800G-DR4, 800G-DR4-2, 800G-FR4 e 800G-LR4, serão especificados. Assim como seus equivalentes de 400G, as ópticas DR utilizarão oito fibras para alcances de até 500 m ou 2 km; as ópticas FR utilizarão fibra duplex para alcances de até 2 km; e as ópticas LR utilizarão fibra duplex para alcances de até 10 km (ver Tabela 5). Essas ópticas serão uma substituição direta para 400G e utilizarão a mesma infraestrutura de cabos que 400G.

800G WDM optics

Application	Reach	Fiber #	Fiber type
800G-FR4	2 km	2	SMF
800G-LR4	10 km	2	SMF

Table 5

Até o momento, o IEEE 802.3 não estabeleceu objetivos para VCSELs de 200G e fibra multimodo. Isso não é surpreendente e é consistente com gerações anteriores. Para cada nova velocidade, os transceptores monomodo são especificados primeiro, pois é mais fácil alcançar sinalização de alta velocidade com esses transceptores mais complicados. As ópticas multimodo têm custo e consumo de energia mais baixos, e seus padrões geralmente levam mais tempo para serem desenvolvidos. Estamos confiantes de que os VCSELs de 200G serão padronizados em um projeto futuro.

Transceptores ópticos de 1,6T

Além de 800G, o transceptor de próxima geração usará a letra "T" para terabits por segundo. Dobrar a taxa de dados de 800 gigabits por segundo leva a 1600 gigabits (ou 1,6 terabits) por segundo.

1.6T BiDi optics

Table 6

Application	Reach	Fiber #	Fiber type
1.6T-VR4.2	50 m/70 m	16	OM4/OM5
1.6T-SR4.2	70 m/100 m	16	OM4/OM5

A MSA Terabit BiDi já especificou transceptores de 1,6T que utilizam VCSELs de múltiplos comprimentos de onda e fibra multimodo. Como mostrado na Tabela 6, o 1,6T-VR8.2 suportará 50 m sobre OM4 e 70 m sobre OM5. Para alcances mais longos, o 1,6T-SR8.2 suportará 70 m com OM4 e 100 m com OM5. Ambos esses tipos de transceptores utilizarão vias de 100G e 16 fibras bidirecionais. A MSA destaca interfaces de conectores MPO16 como o conector preferido.

1.6T parallel optics

Table 7

Application	Reach	Fiber #	Fiber type
1.6T-DR8	500 m	16	SMF
1.6T-DR8-2	2 km	16	SMF

Ópticas de 1,6T monomodo iniciais serão 1,6T-DR8 e 1,6T-DR8-2. Ambas utilizarão 16 fibras paralelas monomodo (ou oito pares de fibras) e suportarão alcances de 500 m e 2 km, respectivamente (ver Tabela 7). Essas ópticas utilizarão as mesmas vias de 200G desenvolvidas para 800G, mas aumentarão o número de vias para oito. Assim como 800G-DR8, esses transceptores de 1,6T provavelmente estarão disponíveis com interfaces de conectores MPO16 e 2xMPO8.

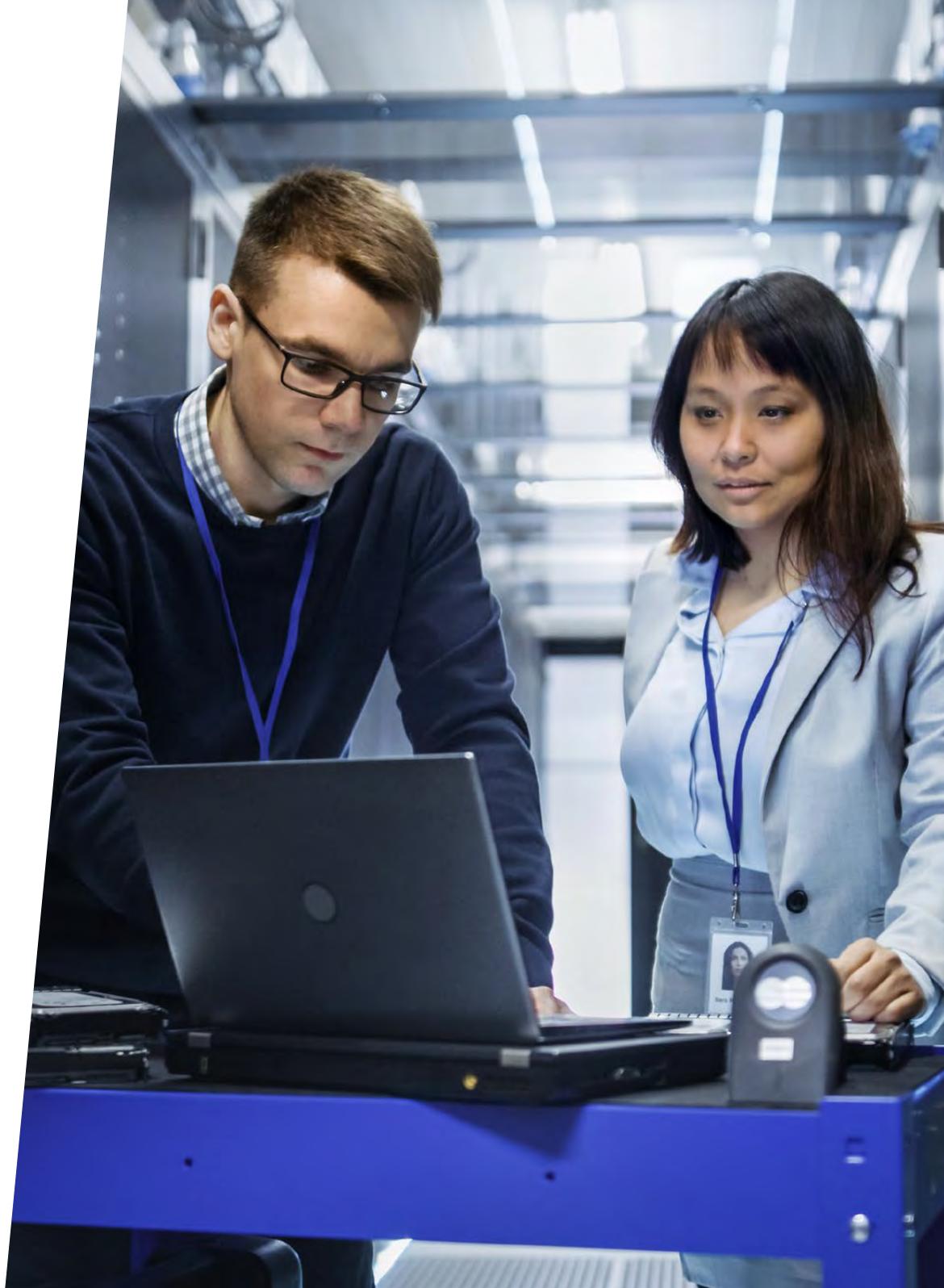
Multimodo vs. Monomodo

Para links com menos de 100 m, os operadores de data center têm uma pergunta: eles implantam ópticas monomodo ou multimodo? Embora alguns na indústria considerem a fibra monomodo como a opção mais preparada para o futuro, a multimodo oferece muitas vantagens. Data centers que implantam os transceptores de velocidade mais recentes pagarão o dobro por uma óptica monomodo do que uma óptica multimodo equivalente. Com o tempo, a diferença de preço convergirá; transceptores multimodo são apenas ligeiramente menos caros do que os monomodo quando a velocidade é de algumas gerações antigas. Uma coisa que não mudará é a quantidade de energia consumida. Transceptores multimodo consomem de 1 a 2 W menos energia do que os monomodo. Isso leva a uma economia de energia de 2-4 W por link.

Com o tempo, a tecnologia do transceptor migrará para alcances cada vez menores. À medida que as velocidades das vias aumentam, vemos a fibra multimodo substituindo cabos de cobre para aplicações in-row. Um exemplo óbvio é o uso de fibra multimodo em clusters de inteligência artificial (IA). Antecipamos que a fibra multimodo permanecerá uma parte fundamental das redes de data center por muitas gerações mais.

Conclusões

A inovação em transceptores continua em ritmo acelerado. Os transceptores selecionados para um data center impactam os cabos de fibra e conectores necessários. A CommScope está ativamente envolvida no ecossistema de transceptores para garantir que nossos clientes tenham a conectividade certa para suas redes. Leia mais sobre as medidas que você pode tomar hoje para garantir que sua infraestrutura de fibra esteja pronta para o futuro em [commscope.com](https://www.commscope.com).



B

Abordando o desafio energético

Operadores de data center frequentemente adotam abordagens diferentes para o design e plataformas de rede. No entanto, todo operador, independentemente do tamanho, tem uma coisa em comum: energia, como obtê-la e como conservá-la. Agora, pela primeira vez na história da indústria de data centers, a capacidade de fornecer energia para o lugar certo e ao preço certo não pode mais ser garantida. Na verdade, a decisão de onde construir o data center é governada tanto por esses fatores externos quanto pela estratégia de negócios do operador.

Neste capítulo, exploraremos três fatores principais que podem desafiar os planos de uma organização quando se trata de energia.

Questões de fornecimento de energia

Em uma teleconferência de resultados de 2022, Andy Power, presidente e CEO da Digital Realty, o maior MTDC do mundo, revelou que um fornecedor de eletricidade primário em Northern Virginia havia alertado os clientes sobre um gargalo no leste do Condado de Loudon que poderia atrasar as entregas até 2026i. O problema não foi relatado como um problema de geração de energia, mas sim como uma falta de linhas de transmissão para transportar a energia necessária.

Às vezes, a demanda prevista de energia para data centers é suficiente para provocar ação governamental. Após alertas de fornecedores de energia, o Gabinete do Prefeito de Londres (Reino Unido) publicou um documento informativo descrevendo uma entrada rápida de solicitações para novas conexões elétricas em todo o Oeste de Londres. A maioria das novas solicitações veio de operadores de data center buscando se localizar adjacente a cabos de fibra óptica que passam pela região ao longo do corredor M4.

De acordo com o escritório do prefeito:

“Data centers consomem grandes quantidades de eletricidade, equivalentes a centros urbanos ou pequenas cidades, para alimentar servidores e garantir a resiliência no serviço. A escala de eletricidade exigida por esses data centers criou restrições de capacidade tanto nas redes de distribuição quanto de transmissão na região, absorvendo a capacidade elétrica restante na ... região de West London pelo resto da década... principais novos requerentes na rede de distribuição, incluindo desenvolvimentos habitacionais, instalações comerciais e atividades industriais, terão que esperar vários anos para receber novas conexões elétricas.”

– Gabinete do Prefeito de Londres, GLAii



Política

Recentemente, o país da Irlanda se tornou um centro de atividade de construção de data centers. Seu sucesso é algo como uma faca de dois gumes. O governo irlandês deve equilibrar sua posição de liderança na indústria global de data centers com sua responsabilidade de fornecer energia aos seus cidadãos e proteger o meio ambiente. Cada vez mais, o parlamento irlandês está analisando o que pode ser feito e que papel deve desempenhar na regulamentação da construção de data centers.

Simon Coveney, Ministro Irlandês para Empresa, Comércio e Emprego, disse: "Claramente, temos alguns desafios nos próximos dois a três anos em termos de demanda de energia ... você tem que gerenciar dados, e isso envolve armazenamento de dados e data centers. O desafio é encontrar uma maneira de alimentá-los com energia sustentável e abundante capturando o potencial, em particular, da energia eólica offshore." ⁱⁱⁱⁱ

Além disso, Jennifer Whitmore, TD do Partido Social-Democrata e porta-voz de clima, sugere a possibilidade de forçar os data centers a operarem de forma mais eficiente: "O que precisa acontecer é um moratório na concessão e conexão de data centers até que haja uma

De 2015 a 2022, o consumo de energia pelos data centers na República da Irlanda (5.200 GWh) aumentou 400 por cento e, em 2022, representou 20 por cento de toda a energia gerada no país.

Escritório Central de Estatísticas da Irlanda, 2023

revisão estratégica em torno dos data centers. Isso precisaria examinar como eles podem ser mais eficientes. Não há uma supervisão real sobre isso, o que é uma dificuldade." O gráfico a seguir ilustra a trajetória do consumo de energia do data center globalmente, e em particular o consumo de energia do servidor, apoiando claramente a necessidade de designs de data center altamente eficientes como um instrumento-chave para manter os reguladores federais ao lado.

Consumo de energia anual por categoria de usuário final (TWh), 2016-30

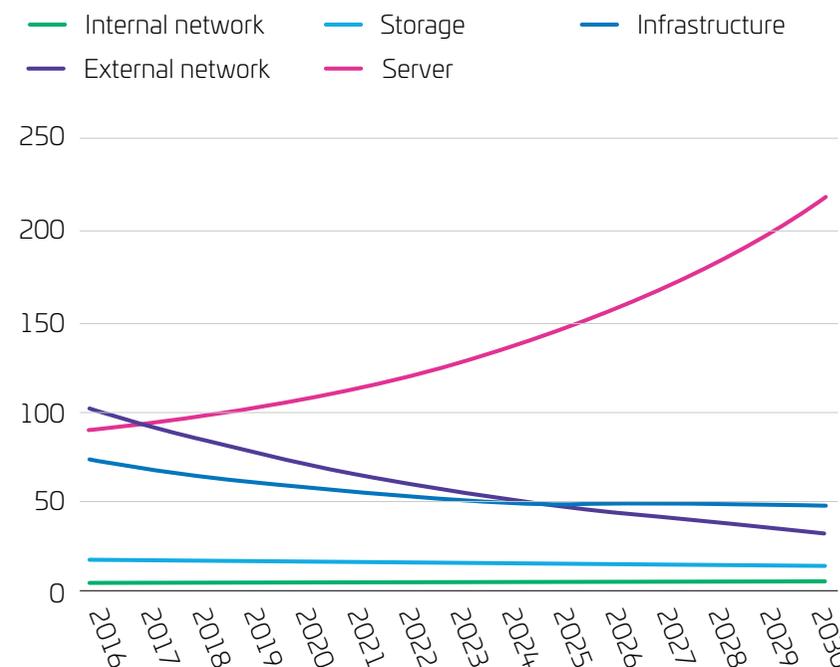


Figure 1
Source: [Techmonitor](#)

No Leste Europeu, as decisões políticas que levaram ao atual conflito na Ucrânia tiveram um grande impacto na indústria de data centers na região. Muitos países do Leste Europeu haviam se beneficiado anteriormente de suas localizações geográficas na confluência do Ocidente, Rússia e Ásia. Esses governos agora estão tendo que revisitar sua razão de ser na economia digital.

Ao mesmo tempo, o conflito russo/ucraniano teve um impacto significativo na distribuição e precificação do gás natural e do petróleo dos quais grande parte da Europa Oriental e Ocidental dependiam. Antes da invasão da Rússia à Ucrânia, grande parte da demanda europeia por gás e petróleo era atendida pela Rússia. Desde a invasão da Ucrânia, os preços do gás natural aumentaram dramaticamente. Antes da guerra, países como a Alemanha, que estava obtendo metade de seu gás natural e cerca de um terço de seu petróleo da Rússia e tinha algumas das tarifas de energia mais altas da Europa, viram os preços da energia subirem ainda mais.

As sanções aplicadas por ambos os lados resultaram na Alemanha buscando outros métodos de geração e fornecimento de energia, levando a aumentos adicionais de custo para lares e empresas. A Figura 2 mostra o aumento repentino e dramático dos preços comerciais do gás natural em toda a União Europeia.

É interessante notar que a tendência de alta nos preços do gás natural na UE precede o início da agressão russa contra a Ucrânia em cerca de um ano. Desde o último trimestre de 2022, os preços da energia se estabilizaram devido a uma combinação de intervenção governamental e eficiências na cadeia de suprimentos.

Desenvolvimento dos preços do gás natural para consumidores não residenciais, UE, 2008-2022

(€ per kWh)

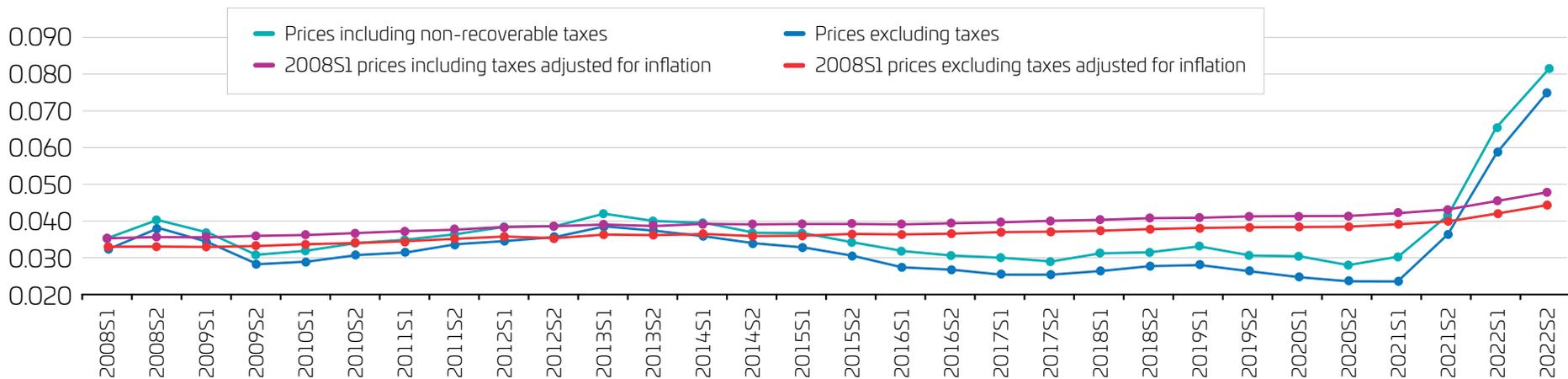


Figure 2 Source: Eurostat (nrg_pc_203)

Demografia social

A terceira e última alavanca externa que afeta a disponibilidade e a acessibilidade da energia para data centers é uma mudança nos centros populacionais do mundo. No que diz respeito à escolha de locais ideais para data centers, o pensamento empresarial convencional diz para ir atrás dos alvos mais fáceis primeiro. Por muitos anos, isso significava investir em um número seletivo de mercados nos Estados Unidos e na Europa Ocidental. Os EUA, com sua grande classe média, alto rendimento disponível e relativamente poucas áreas metropolitanas de alta densidade, representavam as oportunidades mais fáceis. Também oferecia aos operadores de data centers as conveniências de uma língua comum, sistema regulatório, rotas de cadeia de suprimentos e uma história de realização de grandes construções de CapEx em grande escala.

O mercado europeu era um pouco mais difícil, mas longe de ser impregável. A ideia era começar com cidades de Nível 1, onde a energia está prontamente disponível. O desafio estava em navegar pelos diferentes governos nacionais, práticas comerciais locais e idiomas. Mas, dado que a Europa Ocidental é o lar de uma grande classe média e uma infinidade de corporações internacionais bem financiadas, a recompensa valia o esforço. No entanto, o custo da terra e da energia nessas cidades europeias comanda um alto prêmio para construções de data center, pois as organizações estão sendo obrigadas a se contentar com locais de Nível 2 como Madrid, Marselha, Milão, Zurique, Berlim e Estocolmo. Em vez de focar em algumas cidades de Nível 1 de alto valor, os operadores de data center devem ampliar a busca, o que só acrescenta mais complexidade intracontinental. Isso significa gerenciar operações em quatro países e redes de energia adicionais, e mais três idiomas.

Embora seja fácil intelectualizar as complexidades de adicionar um grande data center ao portfólio existente de um operador, pode ser difícil realmente entender os desafios que aguardam provedores de Hypescale e Cloud que estão procurando expandir sua presença.



As Tabelas 1 e 2 ajudam a contextualizar os problemas. A Tabela 1 mostra a população e a energia disponível em cada uma das sete economias mais fortes do mundo: o G7. Nestes mercados de primeira linha, a demanda média de energia do data center por milhão de pessoas é impressionante 48,7 megawatts (MW). Esta é a carga de energia de TI necessária para suportar uma economia digital de classe mundial.

A Tabela 2 compara as mesmas métricas para alguns dos mercados de crescimento mais rápido na Ásia, que também é a região de MTDC de crescimento mais rápido. Mesmo com Cingapura e Austrália distorcendo positivamente as métricas para a região, a carga média de TI em MW por habitante entre esses sete países é inferior a um décimo da dos países do G7.

Com base nestas e outras descobertas de toda a região da APAC, é claro que o crescimento localizado de dados, população e demanda de entrega de 5G está superando o crescimento da capacidade do data center. Isso sugere que iniciativas de construção agressivas, tanto no governo quanto no setor privado, são necessárias se a capacidade do data center quiser acompanhar a população e a demanda por mais dados.

Do ponto de vista populacional e de custo, a região da APAC oferece um lado positivo atrativo para a construção de novos data centers. No entanto, também é altamente desafiadora. Por mais difícil que seja mover um projeto de nova construção dos EUA para cidades de Nível 1 e Nível 2 na Europa, considere o quanto é mais difícil tentar implantar essa mesma capacidade em um país onde a geração e o fornecimento de energia são subdesenvolvidos e pode não haver suprimento de água suficiente para sustentar uma população local em rápida expansão. A eficiência é fundamental.

G7 Country	Population (Millions)	Data Center Market Size	Data Centre MW's/Population
 USA	335	26,000	77.6
 Japan	125	3,600	28.8
 Germany	84	2,000	23.8
 France	68	1,500	22.1
 UK	67	3,000	44.8
 Italy	59	500	8.5
 Canada	40	1,300	32.5
Total	778	37,900	48.7

Table 1

APAC Country	Population (Millions)	Data Center Market Size	Data Centre MW's/Population
 India	1,392	1,700	1
 Indonesia	278	600	2
 Philippines	111	300	3
 Vietnam	100	315	3
 Malaysia	33	600	18
 Australia	26	1,100	42
 Singapore	5	1,000	200
Total	1,945	5,615	3

Table 2

Source: 451 Research & CommScope

Para garantir que as operações em vários MTDCs atendam aos seus propósitos previstos e possam ser interconectadas conforme necessário, uma base de construção estruturada deve ser planejada no início do projeto; isso é especialmente verdadeiro quando fatores externos ditam a localização dos MTDCs em todo um campus, cidade ou região. Uma base de construção estruturada deve ser considerada desde o início do projeto. As normas fornecem orientações valiosas ao considerar o processo de construção da base.

Normas como TIA-942 e ISO/IEC 22237 oferecem orientações sólidas para infraestrutura de data center. Elas abrangem aspectos de design, sistemas de refrigeração, segurança e sustentabilidade. Embora não seja norma global, a TIA-942 para a América do Norte, fornece um quadro sólido para garantir que o MTDC atenda aos requisitos de redundância, disponibilidade e interconectividade dentro do data center. Ambos as normas lidam especificamente com o cabeamento de telecomunicações em todo o data center e as diferentes zonas-chave.

Como mostrado na Figura 4 (da esquerda para a direita), as áreas funcionais-chave de um MTDC são:

- A instalação de entrada do prédio (BEF) e instalação de entrada das instalações, que servem como pontos de transição para cabos de fibra e cobre externos que entram e saem do MTDC. Transições do cabo externo para o cabo interno são feitas com uma fibra óptica apropriada.

- As Meet-me rooms (MMRs) hospedam o equipamento e cabeamento das operadoras (carrier) e distribuem o cabeamento pelo resto do MTDC.

- A área de distribuição de piso / quadro de distribuição intermediária (FDA/IDF) permite flexibilidade de nível de piso local entre o cabeamento estruturado do MTDC e o cage do cliente.

- A área de distribuição principal (MDA), também conhecida como "demarc" ou "ponto de demarcação", é tipicamente a última entrega da rede MTDC para o cage ou sala do cliente. Daqui até a área de distribuição de equipamentos (EDA), o cliente terá controle da rede e a operação parecerá mais com a operação típica de um data center. Note que todos os caminhos de cabeamento são totalmente redundantes, com caminhos de cabos A e B.

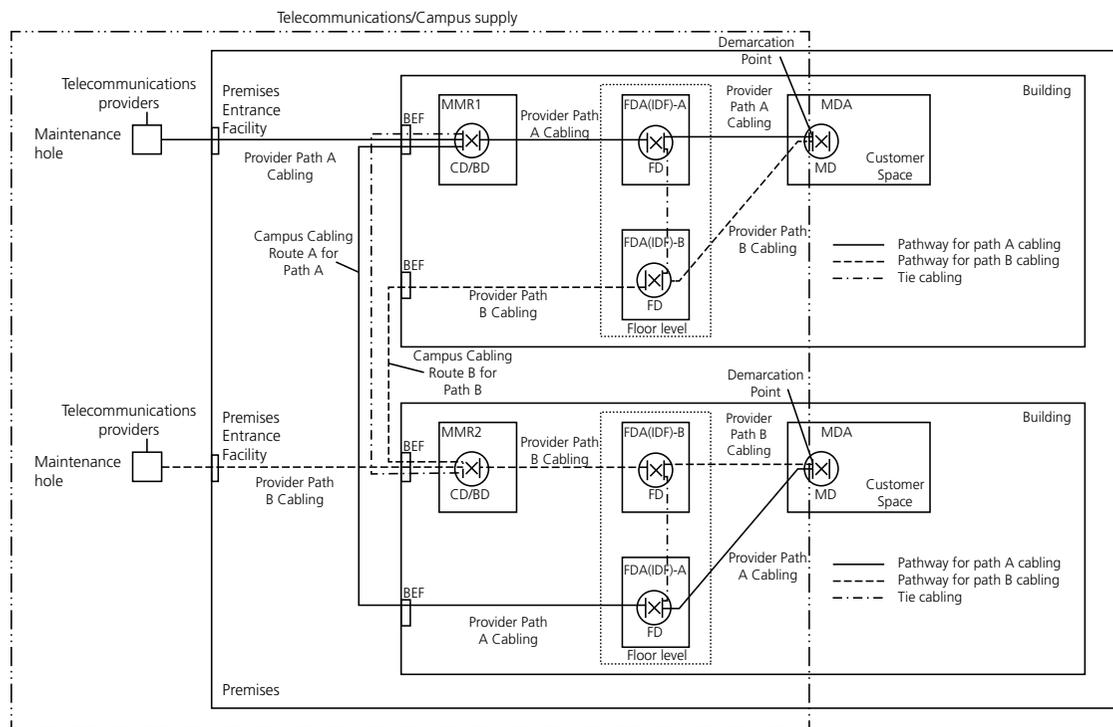


Figure 4: Key functional areas of the data center

A Figura 5 mostra alguns dos componentes de infraestrutura principais e onde eles podem ser encontrados nas várias áreas funcionais do data center.

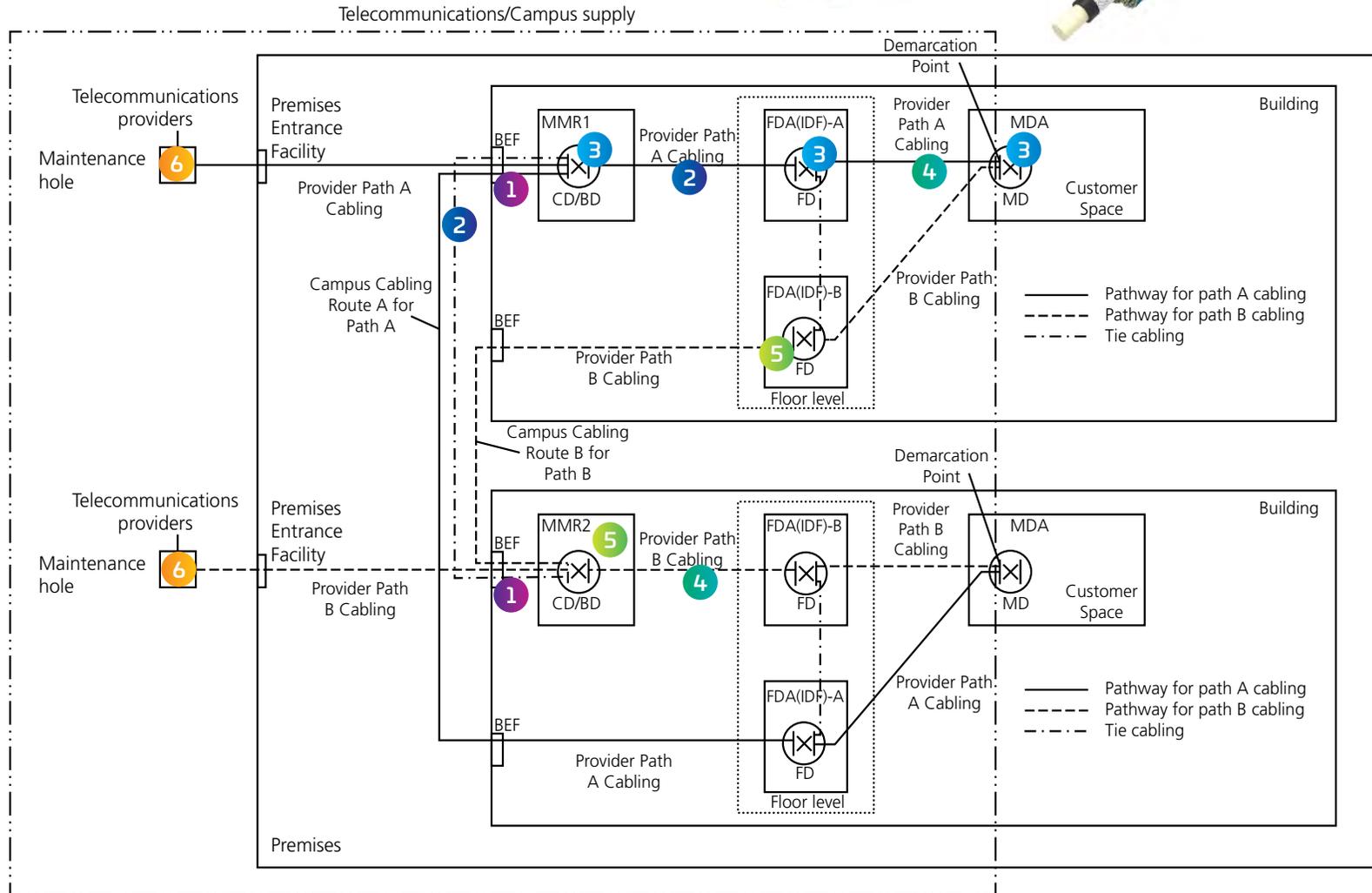


Figure 5

Fiber Optic Splice Closure

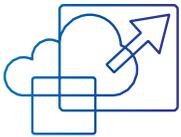


Conclusões

Os três principais fatores: energia, governo e crescimento populacional levam a algumas conclusões que precisam ser consideradas ao construir um MTDC. O operador do data center deve projetar para expansão. A eficiência é a chave.



Uso eficiente de energia: Tanta energia da rede quanto possível deve ser utilizada para alimentar os equipamentos de TI, em vez de ser desperdiçada por hardware ineficiente.



Design eficiente: A construção base deve ser flexível o suficiente para ser atualizada em apoio a novos clientes e salas de dados (onde quer que estejam localizadas). Consulte as normas TIA942 e ISO/IEC22237 para orientação.



Cadeias de suprimentos eficientes: Explore como parceiros e cadeias de suprimentos podem ajudar a construir data centers em novos locais. Uma abordagem global holística para seleção de produtos pode permitir que um parceiro organize conjuntos de produtos, entregando-os usando uma abordagem de entrega just-in-time. Isso também pode simplificar e acelerar a instalação no campo.

ⁱ Digital Realty Trust, Inc.; Q2 2022 Earnings Call, transcript; July 28, 2022

ⁱⁱ West London electricity capacity constraints; Mayor of London, London Assembly, briefing; July 2022

ⁱⁱⁱ Cap on data centres ruled out despite surge in energy use; Irish Times, article; June 13, 2023

4

Soberania de dados



A tartaruga e a lebre

Na fábula, "A tartaruga e a lebre", uma tartaruga lenta, mas persistente, desafia uma lebre para uma corrida. A lebre era muito mais rápida, mas também muito confiante. A tartaruga lenta, mas persistente, continuou se movendo ao longo do caminho e, como todos nós sabemos, ganhou a corrida. Atualmente, uma corrida semelhante está acontecendo ao redor do mundo, à medida que os governos nacionais avançam lentamente, mas com determinação, em direção aos seus objetivos de soberania de dados. Até recentemente, essas instituições burocráticas de movimento lento tinham dificuldade em escrever legislações que acompanhassem entidades privadas mais ágeis que estavam rapidamente expandindo seus serviços digitais além das fronteiras internacionais. Isso agora começou a mudar.

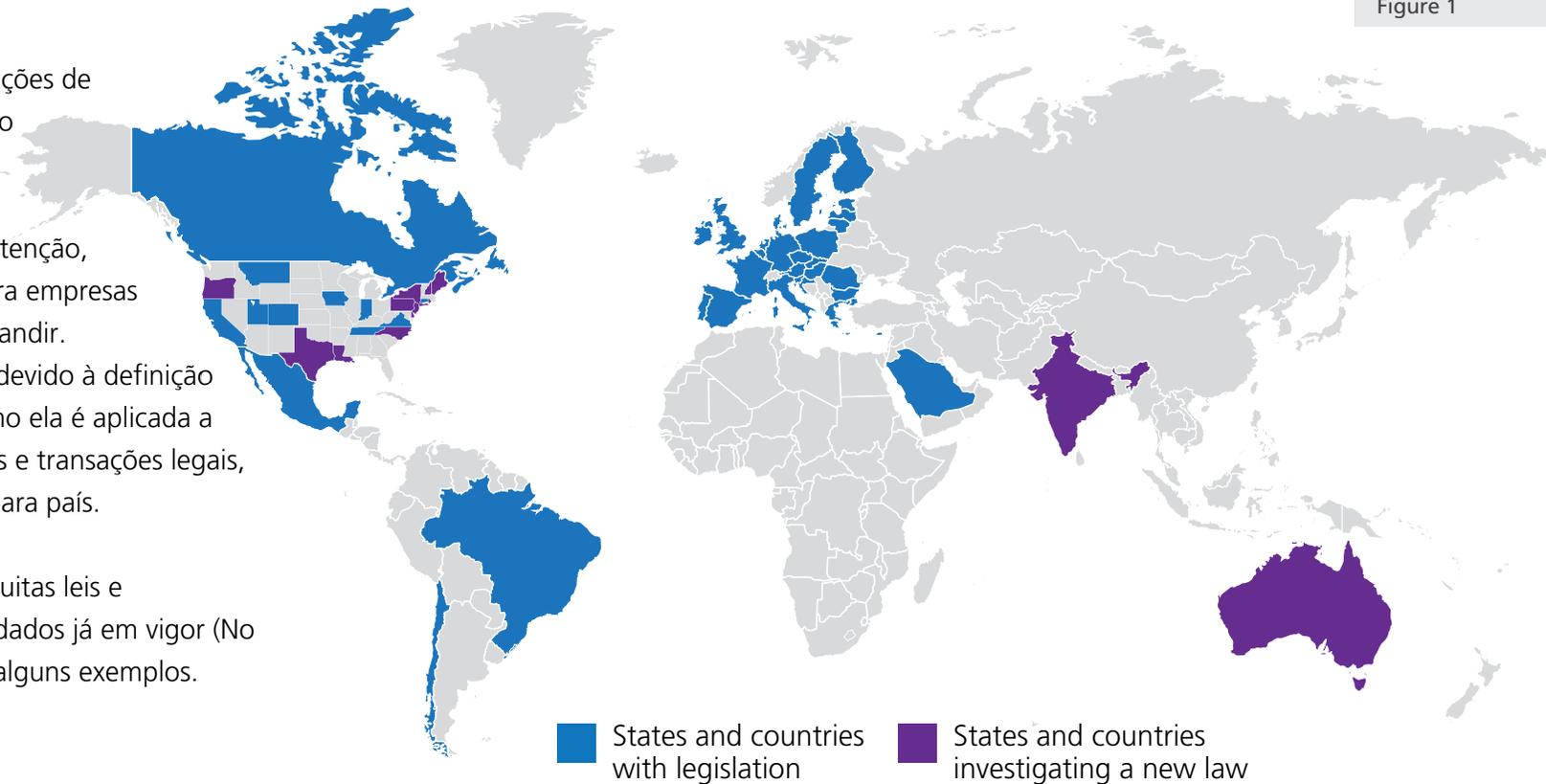
Quando a União Europeia (UE), composta por 27 membros, adotou o Regulamento Geral de Proteção de Dados (GDPR) em 2018, a nova lei iniciou uma onda de legislações similares que ajudaram a impulsionar esforços globais para garantir a soberania de dados. A introdução do GDPR (LGPD no Brasil) forneceu um arcabouço legal que permitiu aos governos federais, pela primeira vez, aplicar penalidades financeiras a corporações que anteriormente operavam fora das jurisdições nacionais. A gravidade potencial das penalidades foi um alerta para CEOs e CIOs levarem a questão da soberania de dados a sério. Simultaneamente, legisladores de outros países e governos locais começaram a considerar como poderiam usar arcabouços similares para proteger seus cidadãos e indústrias. No entanto, esforços nacionais como esses frequentemente vêm com consequências não intencionais.

Legislação nacional de soberania de dados

Figure 1

Enquanto grandes regulamentações de privacidade multinacionais como o GDPR ganham as manchetes, existem inúmeras leis regionais menores que recebem menos atenção, mas criam obstáculos-chave para empresas multinacionais que buscam expandir. A complexidade é ainda maior devido à definição de "soberania de dados" e como ela é aplicada a indivíduos, entidades comerciais e transações legais, muitas vezes variando de país para país.

Ao redor do mundo, existem muitas leis e regulamentos de soberania de dados já em vigor (No Brasil LGPD). A Figura 1 ilustra alguns exemplos.



Cada conjunto de regulamentações tem um impacto direto nos data centers operando dentro do estado, região ou país. Por exemplo, a União Europeia está atualmente considerando um plano que forçará os provedores a armazenar todos os seus dados dentro do bloco e exigir uma certificação de cibersegurança na nuvem. Além disso, a ENISA, o regulador de cibersegurança da UE, está elaborando novos requisitos mais rigorosos para garantir que nenhum governo estrangeiro possa acessar dados da UE. Portanto, organizações não pertencentes à UE podem ter que criar operações de "nuvem soberana". Tais operações de nuvem precisariam estar inteiramente localizadas dentro da UE e em conformidade com as regras da UE que substituem todas as outras regulamentações nacionais. Isso poderia se mostrar problemático para empresas de tecnologia dos EUA e da China. Como alternativa, empresas e provedores de nuvem com sede na UE estão considerando parcerias que poderiam fornecer uma solução alternativa, pelo menos temporariamente.

Soberania de dados versus residência de dados

À primeira vista, os termos "soberania de dados" e "residência de dados" podem parecer intimamente relacionados ou até mesmo intercambiáveis. Eles não são.

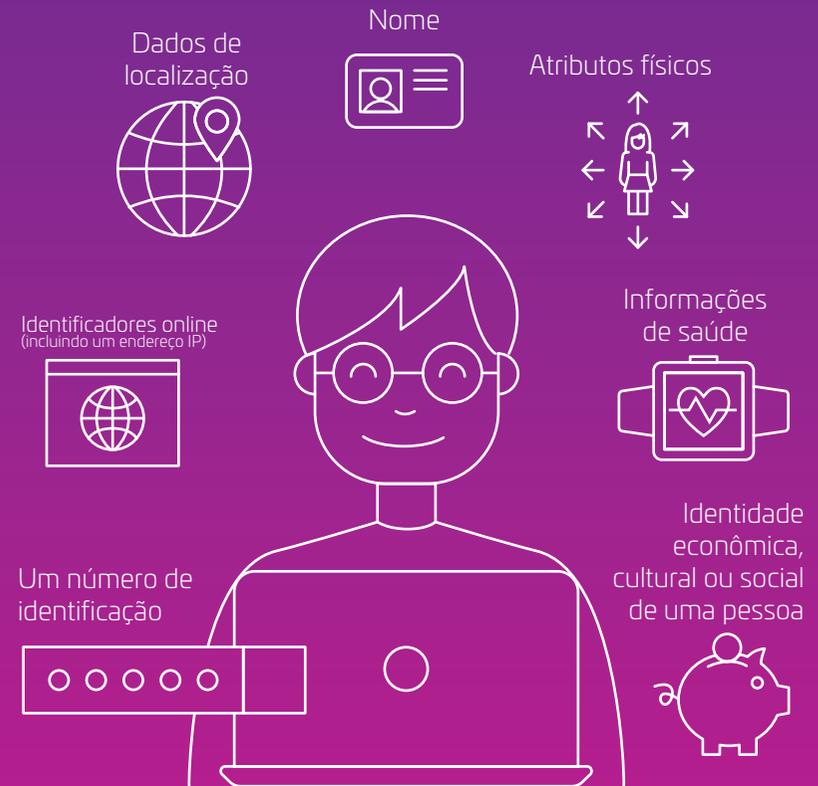
Soberania de dados refere-se às leis e políticas governamentais que se aplicam aos dados armazenados no país de origem e onde estão atualmente localizados. Diante da crescente globalização dos dados do mundo e da rápida adoção de sistemas em nuvem, é fácil entender as dificuldades de fazer cumprir e operar dentro das diversas diretrizes de soberania de dados.

Residência de dados refere-se à decisão das empresas de armazenar dados fora da jurisdição onde foram criados. Uma vez que os dados são transferidos (e disponibilizados para armazenamento ou processamento), eles estão sujeitos às leis, costumes e expectativas daquela região específica.

Em resumo, "residência de dados" refere-se a onde os dados estão armazenados fisicamente e geograficamente, enquanto "soberania de dados" refere-se às leis e políticas governamentais aplicáveis aos dados armazenados no país de origem e geograficamente localizados.

DADOS PESSOAIS DO GDPR

O Regulamento Geral de Proteção de Dados da UE define dados pessoais como qualquer informação relacionada a uma pessoa que possa ser usada para identificá-la direta ou indiretamente, incluindo:



Os desafios de um sistema fragmentado de soberania de dados

Para grandes empresas multinacionais, navegar pelos detalhes das regulamentações de soberania de dados de cada estado e país pode ser um impedimento significativo para o crescimento global. Decisões sobre onde localizar uma nova instalação não podem mais ser tomadas puramente com base no caso de negócio; as empresas também devem considerar as regulamentações locais e como elas afetam onde os dados podem ser armazenados e processados. Os seguintes são apenas alguns exemplos.

Tipo de dados e geografia

Entre as primeiras considerações está o tipo de dados a ser armazenado e processado. Por exemplo, ele está protegido por regulamentações de privacidade pessoal (ou seja, está relacionado ao perfil, emprego, finanças, saúde ou pagamentos de uma pessoa)? Uma vez que o tipo de dados é caracterizado e compreendido, ele deve ser avaliado no contexto das leis locais ou nacionais de soberania de dados. Por exemplo, algumas leis especificam quais tipos de dados podem e não podem deixar o país de origem e cruzar fronteiras nacionais. Outras leis permitem que alguns tipos de dados sejam movidos para fora do país de origem, mas apenas se o país de destino tiver assinado um acordo (ou lei) de proteção de privacidade equivalente.

Encontrando a solução certa de Data Center

Dependendo do tipo de dados e da geografia, existem quatro opções disponíveis para hospedar o armazenamento e processamento de dados:

- **On-premises:** Nesse cenário, os dados são processados e armazenados no próprio Data Center da organização em uma localização conhecida. Isso oferece a melhor opção para cumprir as regulamentações de soberania de dados. Um Data Center on-premises também pode ser projetado para corresponder ao desempenho ágil em nuvem necessário para suportar aplicações avançadas como machine learning e IA. Hoje, mais data centers on-premises estão sendo construídos com uma abordagem de nuvem primeiro.
- **Nuvem híbrida:** A nuvem híbrida combina eficiências baseadas em nuvem de provedores de serviços de anything-as-a-service (XaaS) com recursos locais on-premises. Por um lado, oferece a flexibilidade, escalabilidade e estrutura de custos de um grande provedor de nuvem, perfeito para lidar com dados não regulamentados. Por outro lado, dados que devem cumprir as regulamentações locais podem ser armazenados on-premises, permitindo que as empresas gerenciem melhor os diversos requisitos de soberania de dados.
- **Nuvem privada:** Uma nuvem privada envolve o uso de uma enorme infraestrutura baseada em nuvem, nenhuma parte é de propriedade do usuário final. No entanto, o provedor de nuvem pode dedicar partes da infraestrutura de TI subjacente a um único cliente e garantir que o acesso do cliente seja completamente isolado. No entanto, assim como em uma nuvem híbrida, a nuvem privada envolve algumas compensações. Por exemplo, ter a infraestrutura de TI totalmente isolada fornece a melhor oportunidade para rastrear e auditar como os dados estão sendo armazenados e processados, mas não há garantia de que os dados em uma nuvem privada cumpram as leis de soberania de dados nacionais ou regionais.
- **Nuvem pública:** Uma nuvem pública consiste em grandes quantidades de infraestrutura de TI comum, nenhuma parte é de propriedade do usuário final. A nuvem pública aloja dados em data centers fora das instalações em qualquer lugar do mundo, portanto a localização e a propriedade dos dados deixam de ser problema.

Energia e localização

Uma vez decidido o tipo de hospedagem, é crucial entender se a energia necessária está disponível para suportar uma nova instalação ou uma extensão a uma instalação existente. A unidade base de qualquer Data Center é o servidor e os racks que abrigam os servidores. A hospedagem on-premises geralmente envolve quatro a 20 servidores instalados, cada um consumindo aproximadamente 1 kW, dependendo do processamento necessário. Uma instalação de 100 racks em um Data Center on-premises com uma eficiência de uso de energia (PUE) de 1:2 poderia ter um consumo de energia de 1 a 5 MW.

Para uma implantação em escala de nuvem, o consumo de energia se torna muito maior, pois a densidade máxima de servidores será necessária para suportar todos os modelos operacionais oferecidos pelo provedor de serviços em nuvem. Nesse caso, não é incomum ter 25 servidores por rack, com cada rack usando 20-80 kW de energia e milhares de racks por localização. Se o Data Center é em escala de nuvem ou on-premises, a localização dos recursos de computação e armazenamento é diretamente impactada pela disponibilidade de energia, bem como pelo desempenho da latência de dados.

Infraestrutura física

Independentemente de onde os dados residem, a infraestrutura deve ser construída sobre uma base de cabeamento passivo forte, porém ágil. A infraestrutura da camada física deve ser flexível o suficiente para suportar a migração para taxas de dados mais altas, enquanto satisfaz as necessidades em evolução do equipamento ativo.

Felizmente, as topologias de rede do Data Center evoluíram significativamente, tornando mais fácil e eficiente suportar implantações e aplicações mais estáveis, flexíveis e prontos para o futuro. Uma das principais mudanças envolve a migração de uma abordagem de três camadas (núcleo, acesso e agregação) para uma arquitetura de switching Clos, comumente denominada "leaf e spine" (veja a Figura 2). Essa topologia mais recente é baseada em uma abordagem de conectividade de any-to-any, que é idealmente adequada para os designs de alta densidade de fibras de hoje. Mais plana e com menos "saltos" entre servidores, a arquitetura pode ser facilmente expandida; a única limitação real para a expansão horizontal é o número de portas nos switches Spine. Como a rede é mais plana e rápida, a camada física do cabeamento deve estar pronta para suportar velocidades de transmissão no primeiro dia e taxas de dados futuras.

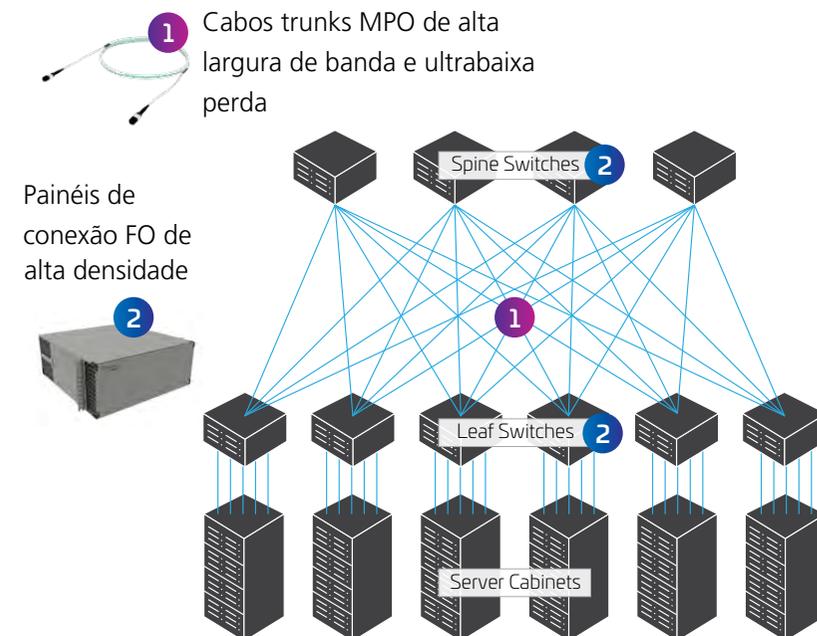


Figura 2: Nova arquitetura leaf-and-spine mais plana usando um design Clos dobrado de três camadas para data centers on-premises e híbridos.

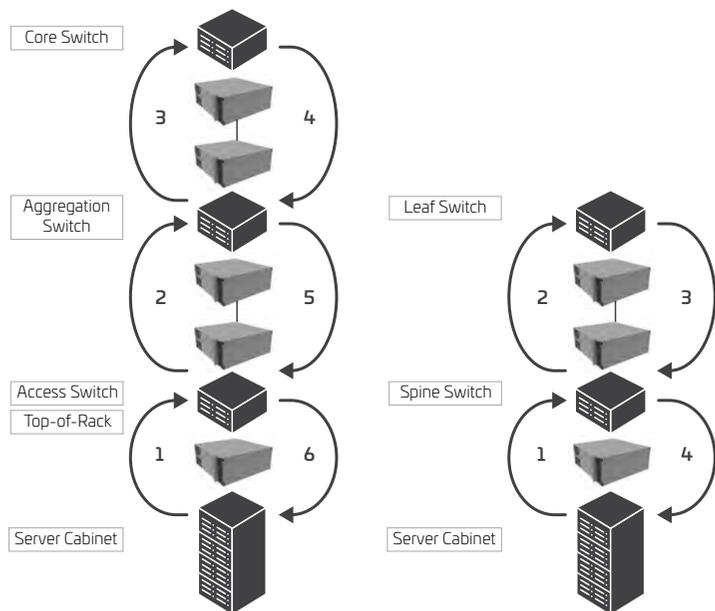


Figura 3: Uma arquitetura tradicional de comunicação de três camadas versus uma arquitetura leaf-and-spine

Na Figura 3, a formação à esquerda usa uma arquitetura de switching tradicional de três camadas, exigindo que os dados façam seis saltos separados para atravessar as camadas de switching e chegar ao servidor de destino. A formação da direita ilustra os benefícios inerentes da arquitetura mais plana de leaf-and-spine.

A redução do número de camadas de switching diminui o número de saltos, e a latência associada, em até 33%. À medida que a adoção de arquiteturas em escala de nuvem continua a aumentar, o setor está se unindo em torno da topologia leaf-and-spine, com uma pequena desvantagem: para satisfazer os requisitos de manipulação de dados de data centers muito maiores, muitos gerentes de rede estão adotando uma solução de topologia leaf-and-spine de três camadas, como a mostrada na Figura 4.

É também importante notar que, no futuro, estas arquiteturas serão cada vez mais suportadas por conectividade MPO de 16 fibras. À medida que os data centers em hiperescala e em escala de nuvem migram de velocidades de 100G para 400G, 800G, 1,6T e além, a conectividade MPO-16 é o alicerce fundamental para velocidades mais altas. A Figura 4 mostra como a conectividade MPO de 16 fibras suporta a rede Clos de três camadas.

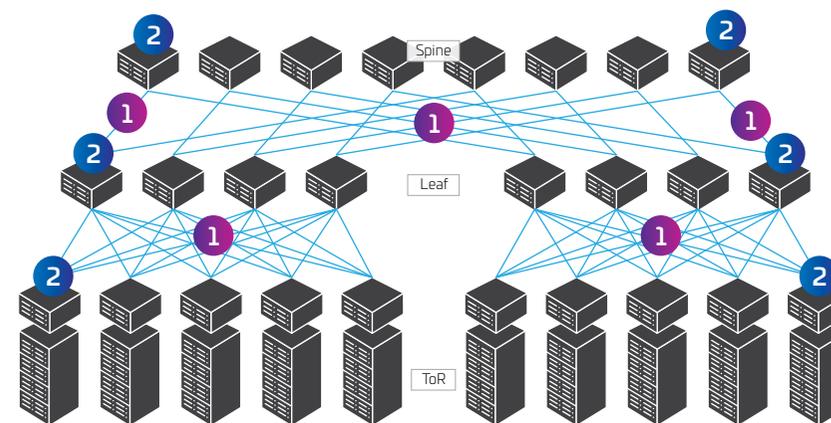
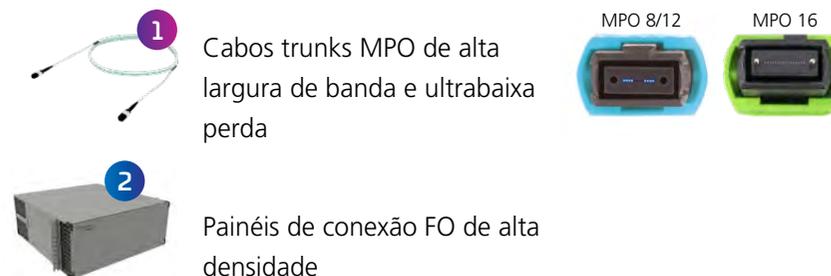


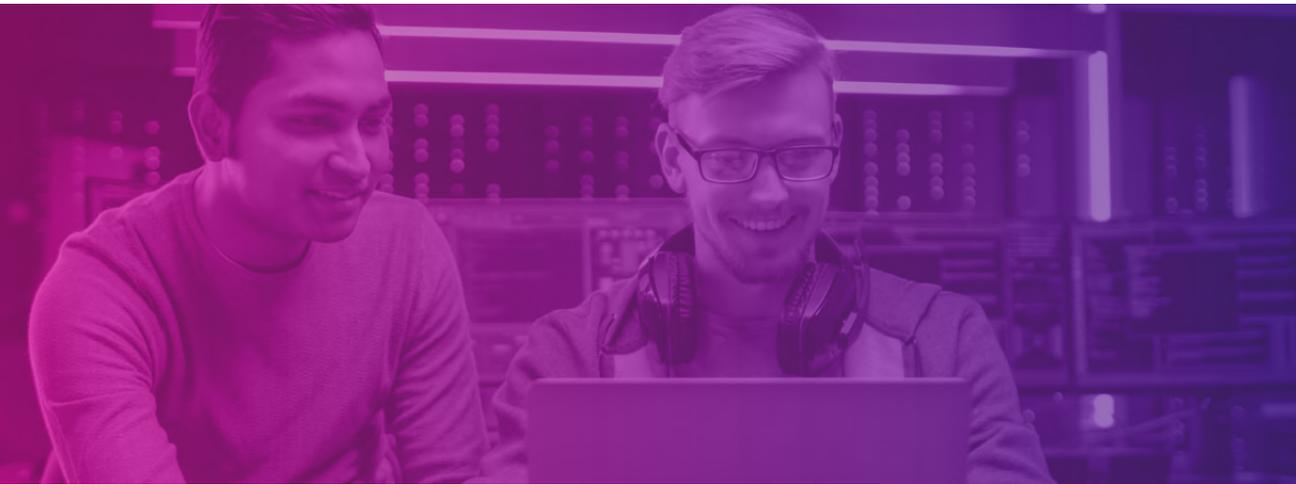
Figura 4: Rede Clos de três camadas com componentes de infraestrutura física adicionais, incluindo conectores MPO-16

Conclusão

Embora a definição de “privacidade de dados” varie entre regiões, uma coisa com a qual todos concordam é que é extremamente importante, especialmente numa era de rápida globalização das redes. Olhar para o futuro é sempre um desafio, mas se a última década servir de indicador, é provável que aumentem as variações locais na geração e aplicação da lei de soberania de dados.

Construir uma infraestrutura de data center capaz de suportar a soberania dos dados é essencial, mas não impossível. O sucesso depende da capacidade de incorporar flexibilidade à infraestrutura física para garantir que ela possa suportar futuras topologias e taxas de dados para a próxima geração de servidores e switches.

Com isso em mente, o gerente do data center deve ser fluente em novas tecnologias de conectividade, como MPO-16, e no cabeamento de fabric necessário para dar suporte às crescentes demandas de largura de banda.



5

Sustentabilidade no Data Center

Quando falamos sobre sustentabilidade, nossas discussões geralmente giram em torno de nossa pegada de carbono e de como as decisões que tomamos hoje podem impactar nosso futuro. Como líder da indústria, a CommScope está constantemente se fazendo perguntas difíceis:

Estamos fazendo tudo o que podemos para criar uma indústria mais sustentável e ser um modelo de cidadania corporativa?

Como podemos reduzir ou compensar ainda mais nosso impacto ambiental, continuando a melhorar a forma como o mundo se comunica e colabora?

Quais novas tecnologias e estratégias atenderão às necessidades de nosso meio ambiente, bem como de nossos fornecedores, parceiros e clientes?

Ao mesmo tempo, o mundo está se tornando cada vez mais centrado em dados. Entre 2010 e 2020, o volume de dados gerados, coletados, copiados e consumidos em todo o mundo cresceu quase 5.000% — e o uso de dados aumentou de 1,2 trilhão de gigabytes para 59 trilhões de gigabytes. O crescimento exponencial no uso de dados não mostra sinais de desaceleração; o mesmo é verdadeiro para as novas tecnologias e infraestrutura de rede necessárias para suportá-lo. Permitir o tipo de conectividade de aplicações, largura de banda e desempenho de latência necessários para acompanhar as demandas da sociedade requer diversidade geográfica, capacidade e acessibilidade em uma escala massiva. Os provedores de serviços estão respondendo continuando a expandir os data centers de vários tipos e tamanhos e investindo em mais redes de interconexão para criar mais capacidade e menor latência.

À primeira vista, a contínua expansão da nova infraestrutura de rede de TIC pareceria estar em oposição direta ao nosso objetivo de sustentabilidade ambiental. Mas isso nem sempre é o caso. Neste capítulo, mostraremos como a CommScope está equilibrando com sucesso o crescimento da capacidade do Data Center e a ecologização do nosso planeta.

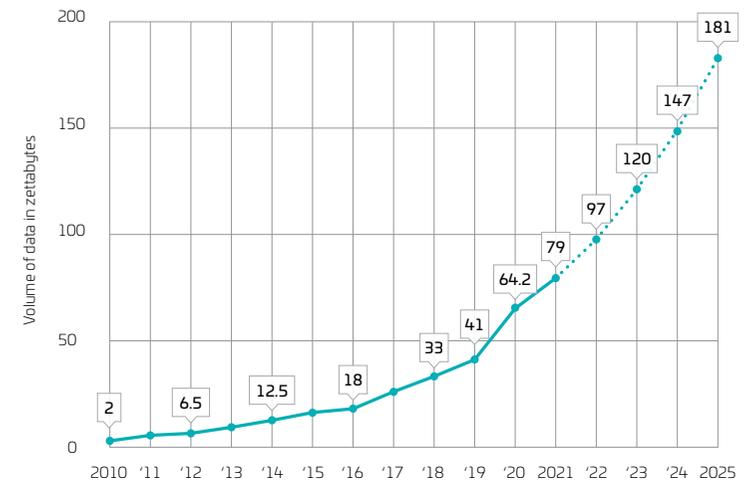


Figura 1: Dados globais gerados, consumidos, copiados e armazenados Fonte: Statista.com

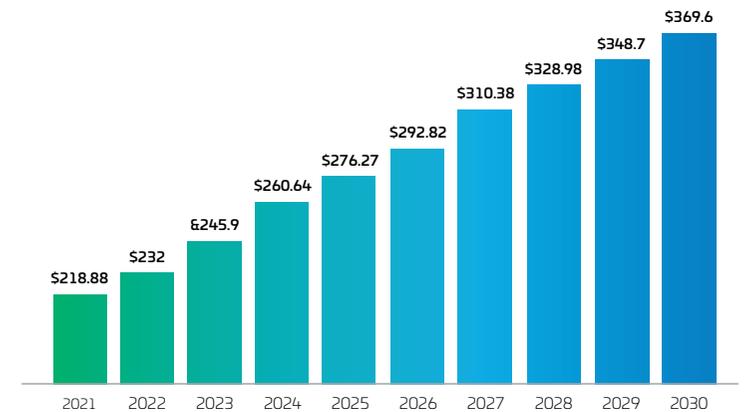


Figura 1: Dados globais gerados, consumidos, copiados e armazenados Fonte: Statista.com

Data Centers enfrentam o desafio ambiental

Apesar de sua mentalidade historicamente cautelosa, a indústria de data centers deu passos decisivos para enfrentar seu impacto ambiental. O relatório da 451 Research, Voice of the Enterprise: Datacenters, Sustainability 2023, mostra que o meio ambiente desempenha um papel muito ou um tanto importante em 76% das decisões de tecnologia empresarial, incluindo data centers. Mais especificamente, os provedores de data centers estão focados em reduzir a intensidade de carbono da energia consumida, com iniciativas como redução do uso de água e eliminação de geradores a diesel sendo tópicos comuns de discussão. Outras descobertas do relatório mostram que:



89%

dizem que a eficiência e a sustentabilidade do Data Center são muito ou um tanto importantes.



80%

acreditam que o consumo de água de seu Data Center é uma preocupação importante ou moderada.



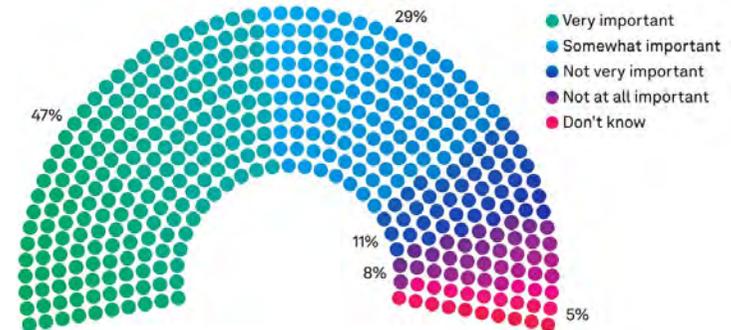
36%

das empresas que fecharam um Data Center fizeram isso para melhorar sua pegada de carbono.

No seu resumo executivo do relatório, a S&P Global Market Intelligence, proprietária da 451 Research, concluiu:

"As exigências de sustentabilidade, bem como as mudanças na infraestrutura de computação (como chips de maior densidade), levarão a indústria de data centers a testar e adotar tecnologias inovadoras. Estas incluem, resfriamento líquido, data centers micro-modulares, alternativas aos geradores a diesel e outras mudanças técnicas na construção e operação de data centers. Os clientes continuarão a buscar novas abordagens, e isso poderá fazer com que a indústria se torne líder em sustentabilidade e um exemplo para as empresas de forma mais ampla."

Figura 3: Papel do meio ambiente nas decisões tecnológicas empresariais Fonte: 451 Research



Se os operadores de data centers pretendem navegar com sucesso entre a melhoria da sustentabilidade e o aumento da capacidade e desempenho, eles precisarão da ajuda de seus parceiros de tecnologia de infraestrutura, e estão recebendo em várias formas.

Novos produtos e portfólios baseados em fibra agora podem suportar múltiplas gerações de atualizações de aplicações e equipamentos, enquanto reduzem a quantidade de embalagens não recicláveis e mão de obra de instalação. Configurações avançadas de cabeamento também estão ajudando a simplificar arquiteturas de rede, criando um impacto positivo no espaço e no consumo de energia. Novas combinações de componentes passivos e ativos estão demonstrando o potencial para maximizar o desempenho e o acesso da aplicação, beneficiando clientes e o meio ambiente.

Aumentando a velocidade enquanto reduz o consumo de recursos

Nos últimos anos, as taxas de dados aumentaram rapidamente, avançando além dos legados 10G. As velocidades dos transceptores estão passando rapidamente de 100G/200G para 400G, 800G, 1.6T e além.

Até 2027, espera-se que os envios de servidores de 100G dominem o mercado. Para suportar uma taxa típica de assinatura de 1:1, o leaf-and-spine fabric precisa operar em 400G.

No passado, chipsets mais rápidos significavam aumento no consumo de energia e custo. No entanto, graças aos avanços recentes em óptica paralela e opções de desdobramento, uma única porta de switch de alta velocidade agora pode suportar um, quatro ou oito dispositivos diferentes. Isso significa que menos switches são necessários para fornecer a mesma capacidade ou mais — com um switch agora realizando o trabalho de seis. Além disso, essas novas capacidades reduzem o número de camadas de switch, diminuem o custo e o consumo de energia por gigabit, reduzem a complexidade da rede e a quantidade de minerais extraídos e processados e de fabricação. Essas eficiências estão levando os operadores de data centers a atualizar e migrar antecipadamente em relação ao ciclo de atualização tradicional de três anos.

Propel™ — a plataforma modular de cabeamento estruturado de fibra de ultrabaixa perda da CommScope. Permite a correspondência 1:1 de opções de módulo e adaptador para escalonamento com base em aplicação, tornando-a a solução de fibra mais eficiente disponível. O portfólio também é exclusivamente sustentável, projetado para reduzir o desperdício, conservar espaço, reduzir o uso de combustíveis e estender o ciclo de vida do produto:

- A embalagem do painel de 4U é 20 por cento menor e 16 por cento mais leve do que os painéis típicos.
- Instalado por um único técnico, reduzindo o CO2e.
- Suporta múltiplas atualizações, reduzindo materiais primas e impacto na fabricação.
- Os componentes usam minerais livres de conflitos.

A conectividade MPO16 leva a sustentabilidade ainda mais longe:

- 62 por cento menos plástico (menos trunks, mais links).
- 61 por cento menos aço (painel de ultra-alta densidade).
- 57 por cento menos papelão, 33 por cento menos embalagem.

A tendência para conectividade de 8 e 16 fibras

Historicamente, as unidades baseadas em fibras de 12 e 24 eram a norma para a construção de cabos de fibra. No entanto, a mudança para velocidades de faixa mais rápida alimentou uma migração para a conectividade MPO de 16 fibras, o bloco básico para velocidades de 400G e superiores. A conectividade de 16 e 8 fibras levou a configurações de fibra mais específicas para aplicações e conectividade modular, o que simplificou desde o projeto e instalação até as operações no Dia 2.

Olhando para o futuro, espera-se que as aplicações de data center sejam entregues por 2, 8 ou 16 fibras. Isso significa que, para maximizar a utilização das portas do switch (e minimizar o consumo de energia), o cabeamento trunk deve estar alinhado com as aplicações suportadas. Aplicações duplex podem ser suportadas por todas as opções de trunk, enquanto aplicações de 8 ou 16 fibras são melhores suportadas por trunks de 8 ou 16 fibras, sendo que a opção de 16 fibras oferece maior flexibilidade. Em vez de cabos trunk de 16 fibras, a combinação de comprimentos iguais de trunks de 8 fibras conforme necessário também pode ser feita para suportar aplicações de 16 fibras.

Escolher o(s) bloco(s) de construção certo(s) para a conectividade do data center pode ajudar muito os data centers a atingirem seus objetivos de sustentabilidade. Como mencionado, o trunk de 16 fibras é a maneira mais flexível e eficiente de suportar velocidades de 400G e acima. Portanto, os gerentes de rede podem reduzir seu consumo de energia e obter o melhor retorno para seu investimento em cabeamento. A opção de 16 fibras também permite uma maior eficiência na mão de obra e nos requisitos de espaço no local. Assim, pode melhorar a eficiência operacional no Dia 2, reduzindo a necessidade de deslocamentos de caminhão e a geração associada de emissões de CO2.

Repensando a construção do cabeamento de fibra

Mais uma maneira pela qual os operadores de data center estão melhorando seus resultados ambientais é com novos e inovadores designs de cabeamento de fibra. Um dos melhores exemplos é o cabo de fibra rollable ribbon. Embora os cabos de diâmetro menor geralmente pesem menos e forneçam benefícios de peso e espaço no trajeto, o desenvolvimento do cabo de fibra rollable ribbon permitiu contagens de fibra muito maiores em diâmetros de capa muito menores.

O cabo de fibra rollable ribbon é baseado, em parte, no desenvolvimento anterior do cabo de fita de matriz de tubo central, que apresentava pilhas de fita de até 864 fibras dentro de um único tubo de buffer central. As fibras são agrupadas e continuamente ligadas ao longo do comprimento do cabo, o que aumenta sua rigidez.

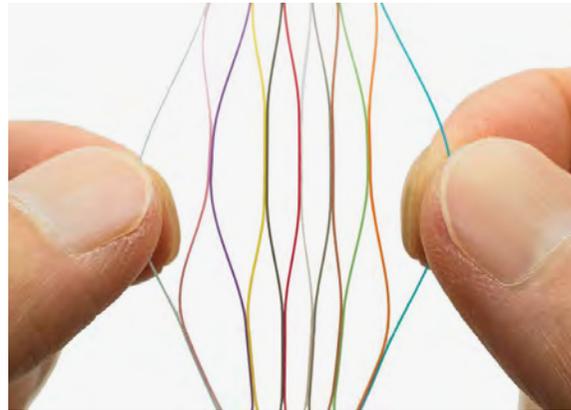


Figura 4: União intermitente de fibras rollable ribbon

Embora isso afete pouco ao implantar o cabo em uma aplicação OSP em um data center, um cabo rígido é indesejável devido às restrições limitadas de roteamento que esses cabos exigem.

No cabo de fibra rollable ribbon, as fibras são fixadas intermitentemente para formar uma teia solta. Essa configuração torna a fita mais flexível, permitindo que as fibras se flexionem com um grau de independência entre si. As fibras agora podem ser "enroladas" em um cilindro, fazendo um uso muito melhor do espaço quando comparado com fitas planas.

Até seis cabos de fibra rollable ribbon de 3.456 fibras podem ser carregados em um único duto de quatro polegadas, mais que o dobro da densidade de fibras convencionalmente construída. Em comparação com os cabos de fita de matriz tradicionais, os cabos rollable ribbon usam significativamente menos plásticos e materiais relacionados, ao mesmo tempo em que oferecem mais proteção de fibra e flexibilidade de roteamento. O design também leva a eficiências aprimoradas no local durante as instalações.

Embalagem de baixo impacto

É desnecessário dizer que o tipo e design da embalagem do cabeamento de fibra, ou de qualquer componente de infraestrutura, afetará a pegada de carbono do data center também. O desafio é como proteger melhor o produto enquanto se minimiza o impacto ambiental da embalagem após a instalação. Uma maneira de fazer isso é usar materiais de embalagem reciclados e/ou recicláveis em vez de plásticos de uso único, sempre que possível. O desenvolvimento de materiais focados em sustentabilidade juntamente com avanços na reciclagem permitiu opções muito mais eficientes e ambientalmente benéficas.

Outra consideração em relação à embalagem do produto é seu peso e tamanho totais, pois esses fatores têm grande importância na quantidade de combustível consumido e de CO2 emitido durante o transporte. A consideração cuidadosa desses materiais pode impactar a usabilidade e eficiência no local para os instaladores e operadores de data center.

A produção geográfica e a diversidade de fornecedores também desempenham um papel. As restrições da cadeia de suprimentos destacaram recentemente isso também. O planejamento de sustentabilidade considera a disponibilidade do recurso hoje e no futuro. É um mundo pequeno, afinal de contas. A diversidade de opções de fornecimento de componentes pré-qualificados é importante para garantir que os recursos não sejam esgotados ambientalmente e também, como estamos testemunhando na construção da capacidade, que estejam disponíveis quando e onde necessário.

ⁱ 54 Predictions About The State Of Data In 2021; Forbes, article; December 30, 2020

ⁱⁱ 2023 Trends in Datacenter Services & Infrastructure; 451 Research, report; December 2022

ⁱⁱⁱ New transceivers that will use MPO16: 800G-DR8, 800G-DR8-2, 800G-SR8, 800G-VR8, 1.6T-SR8.2, 1.6T-VR8.2, 1.6T-DR8, 1.6T-DR8-2

Estudo de caso

Recentemente, um grande provedor de mídia social percebeu melhorias significativas em sua pegada de carbono ao fazer upgrade para uma arquitetura de infraestrutura de próxima geração. Eles foram capazes de reduzir plásticos, aço, papelão e materiais de embalagem, enquanto simplificavam sua arquitetura e permitiam pelo menos três gerações de conectividade.



Faça o download do estudo de caso

6

O papel em evolução do Data Center em um mundo habilitado para 5G

Por décadas, o data center tem se mantido no centro ou próximo ao centro da rede. Para empresas, operadoras de telecomunicações e operadores de cabos, e mais recentemente, provedores de serviços como Google e Facebook - o data center era o coração e a força da TI.

A emergência da nuvem enfatizou a importância central do data center moderno. Mas escute atentamente e você ouvirá os murmúrios da mudança.

Enquanto as redes planejam a migração para o 5G e IoT, os gerentes de TI estão se concentrando na borda e na crescente necessidade de localizar mais capacidade e poder de processamento mais perto dos usuários finais. Ao fazerem isso, estão reavaliando o papel de seus data centers.

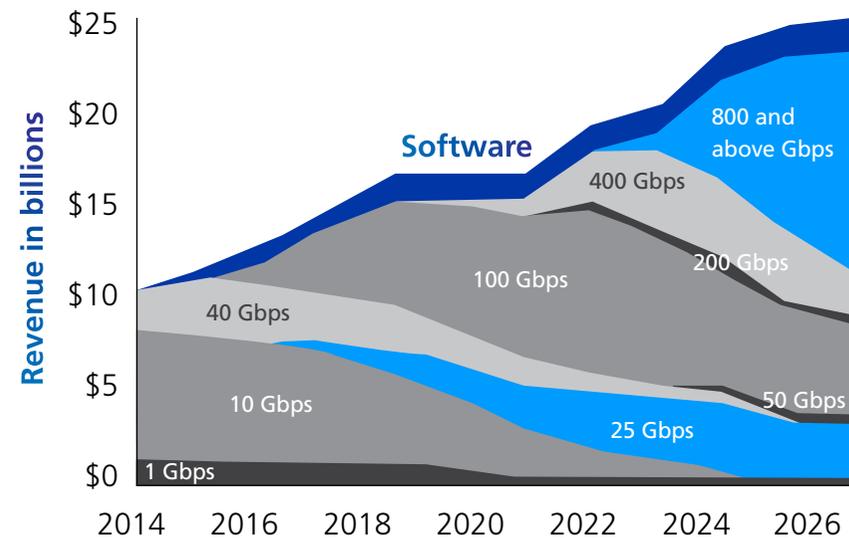
Segundo a Gartner, até 2025, 75% dos dados gerados pelas empresas serão criados e processados na borda - um aumento de apenas 10% em 2018.

Ao mesmo tempo, o volume de dados está prestes a atingir outro patamar. Um único carro autônomo produzirá em média 4T de dados por hora de direção.

As redes agora estão se esforçando para descobrir a melhor maneira de suportar enormes aumentos no volume de tráfego baseado na borda, bem como a demanda por desempenho de latência digital única, sem prejudicar o investimento em seus data centers existentes.

Smarter with Gartner; October 3, 2018

Um pesado investimento em links de rede leste-oeste e nós redundantes ponto a ponto faz parte da resposta, assim como a construção de mais poder de processamento onde os dados são criados. Mas e quanto aos data centers? Qual será o papel deles?



Source: 650 Group, Market Intelligence Report December 2020

O ciclo de feedback de IA/ML

O futuro caso de negócios para data centers de hiperescala e escala em nuvem reside em sua capacidade massiva de processamento e armazenamento. À medida que a atividade esquenta na borda, o poder do data center será necessário para criar os algoritmos que permitem que os dados sejam processados. Em um mundo habilitado para IoT, a importância da IA e do ML não pode ser subestimada. Nem o papel do data center em torná-lo possível.

Produzir os algoritmos necessários para impulsionar a IA e o ML requer enormes quantidades de processamento de dados. Os data centers principais começaram a implantar CPUs maiores associadas a unidades de processamento tensor (TPUs) ou outro hardware especializado. Além disso, o esforço requer redes de alta velocidade e alta capacidade, apresentando uma camada de switch avançada alimentando bancos de servidores, todos trabalhando no mesmo problema. Os modelos de IA e ML são o produto deste esforço intensivo. No outro extremo do processo, os modelos de IA e ML precisam estar localizados onde podem ter o maior impacto nos negócios.

Para aplicações de IA corporativa como reconhecimento facial, por exemplo, os requisitos de latência ultrabaixa ditam que eles sejam implantados localmente, não no Core. Mas os modelos também precisam ser ajustados periodicamente, então os dados coletados na borda são alimentados de volta para o data center para atualizar e refinar os algoritmos.

Brincando com a bola ou sendo o dono dela?

O ciclo de feedback de IA/ML é um exemplo de como os data centers precisarão trabalhar para suportar um ecossistema de rede mais amplo e diversificado, e não dominá-lo. Para os maiores players no espaço de data centers de hiperescala, adaptar-se a um ambiente mais distribuído e colaborativo não será fácil. Eles querem garantir que, se você estiver fazendo IA ou ML ou acessando a borda, você o fará em sua plataforma, mas não necessariamente em suas instalações.

Provedores como AWS, Microsoft e Google agora estão disponibilizando racks de capacidade nos locais dos clientes, incluindo data centers privados, escritórios centrais e locais dentro da empresa. Isso permite que os clientes construam e executem aplicações baseadas em nuvem em suas instalações, usando a plataforma do provedor. Como essas plataformas também estão incorporadas em muitos dos sistemas das operadoras, o cliente também pode executar suas aplicações em qualquer lugar onde a operadora tenha presença.

Este modelo, ainda em seu início, oferece mais flexibilidade para o cliente, ao mesmo tempo em que permite aos provedores controlar e reivindicar uma posição na borda.

Enquanto isso, outros modelos indicam uma abordagem mais aberta e inclusiva. Fabricantes de data centers na borda estão projetando data centers hospedados com recursos de computação, armazenamento e rede padronizados. Clientes menores, uma empresa de jogos, por exemplo, podem alugar uma máquina virtual para hospedar seus clientes e o operador do data center cobrará com base em um modelo de compartilhamento de receitas. Para uma pequena empresa que busca acesso à borda, este é um modelo atraente (talvez a única forma de competir).

Desafios fundamentais

À medida que a visão para as redes de próxima geração se torna mais clara, a indústria deve enfrentar os desafios de implementação. Dentro do data center, sabemos como isso se parece: As conexões de servidor irão de 50G por lane para 100G; a largura de banda de roteamento aumentará para 25.6T; e a migração para a tecnologia de 100G nos levará a módulos plugáveis de 800G.



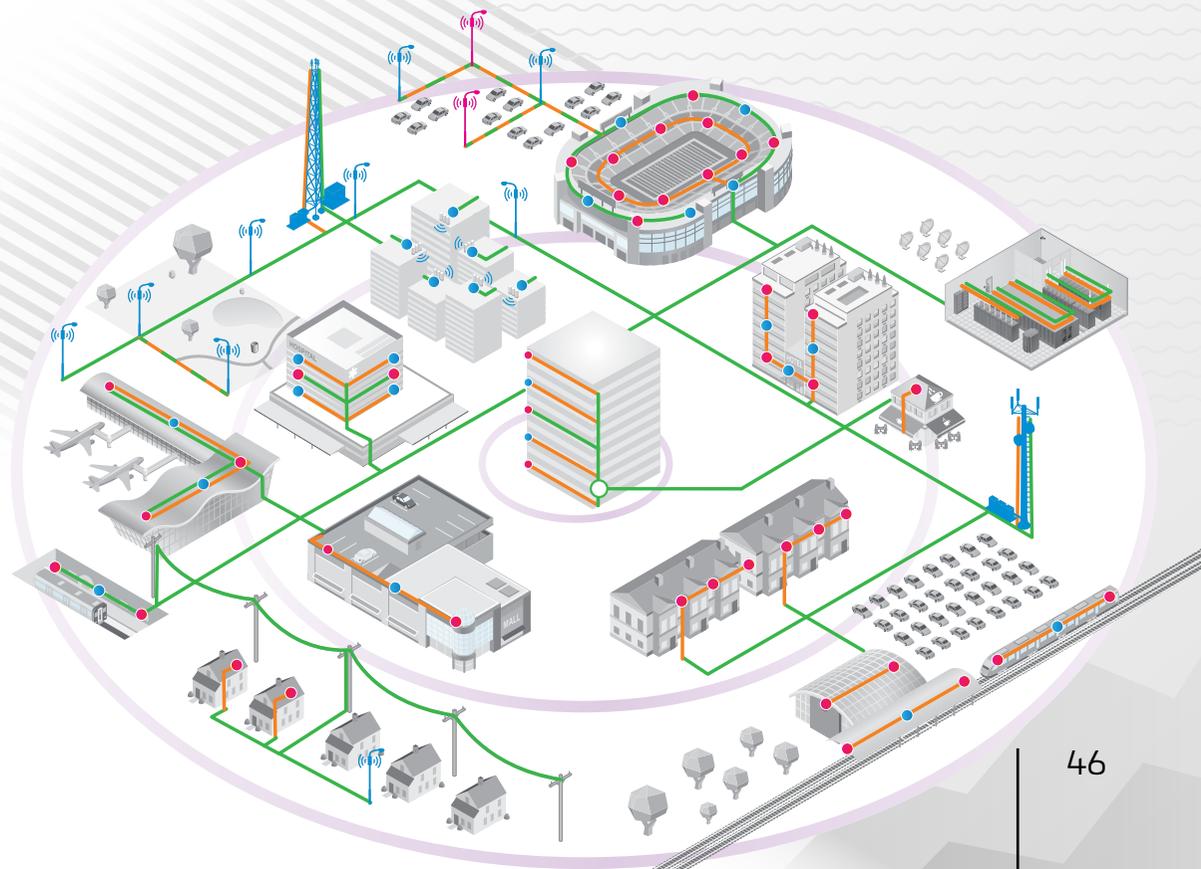
Menos claro é como projetamos a infraestrutura do CORE até a borda, especificamente, como executamos as arquiteturas de interconexão de data center (DCI) e os links metropolitanos e de longa distância, e suportamos os nós de borda ponto a ponto de alta redundância. O outro desafio é desenvolver as capacidades de orquestração e automação necessárias para gerenciar e rotear as enormes quantidades de tráfego. Essas questões estão no centro das atenções à medida que o mercado avança em direção a uma rede habilitada para 5G/IoT.

Amarrando tudo isso estará uma camada física mais rápida e confiável, começando no Core e se estendendo até as bordas mais distantes da rede. Será esta plataforma de cabeamento e conectividade, alimentada por óptica Ethernet tradicional e tecnologias de processamento coerente, que alimentará a capacidade. Novos switches apresentando óptica co-packaged e fotônica de silício impulsionarão mais eficiências de rede. E, é claro, mais fibra em todos os lugares, envolvida em cabos compactos de ultra-alta contagem, que sustentarão a evolução do desempenho da rede.

Chegando lá juntos

O que sabemos com certeza é que a tarefa de construir e implementar redes de próxima geração envolverá um esforço coordenado.

O data center, cuja capacidade de fornecer computação e armazenamento de alto volume a baixo custo não pode ser duplicada na borda, certamente terá um papel a desempenhar. Mas, à medida que as responsabilidades dentro da rede se tornam mais distribuídas, o papel do data center será subordinado ao do ecossistema maior.



7

Interconexão de Data Centers (DCI)

Atravessando o campus e indo para a nuvem

A digitalização está conduzindo mais tráfego para mais data centers através da rede e entre data centers corporativos, locais de recuperação de desastres e, eventualmente, para múltiplos pontos de interconexão em nuvem. Para manter uma boa qualidade de serviço, o tráfego precisa ser enviado rapidamente e com segurança através do campus e para fora na nuvem. Portanto, a Interconexão de Data Centers (DCI) tornou-se essencial, pois os data centers não existem mais como ilhas individuais e isoladas, mas agora fazem parte de um ecossistema altamente interconectado.

Impulsionado por essas e outras aplicações, o mercado de DCI, entre 2023 e 2028, é previsto crescer mais de 16% ao ano.

O que é uma interconexão de data centers?

A interconexão de data centers refere-se à infraestrutura que conecta dois ou mais data centers individuais envolvidos em uma tarefa comum. O alcance geográfico de um DCI varia muito. Múltiplos data centers dentro de um campus podem definir um DCI em escala de campus, enquanto aglomerados de data centers em várias cidades podem constituir um DCI regional (também conhecido como "zona de disponibilidade"). Em uma escala maior, redes de data centers espalhadas pelo mundo são conectadas para criar um DCI global.

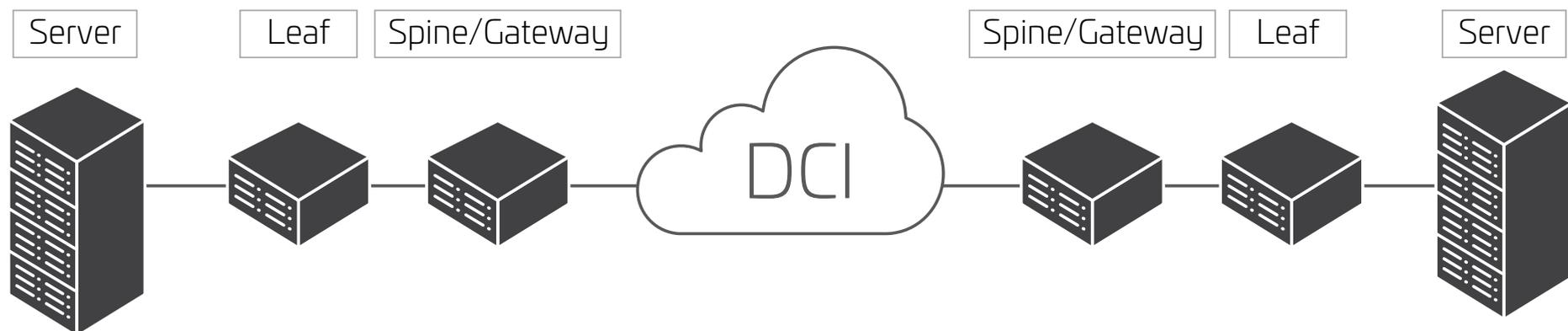


Figure 1: Basic architecture of a DCI

Transmissão de DCI

Existem várias maneiras de transmitir dados entre data centers em um DCI. A tecnologia pode envolver o envio de sinais Ethernet de alta velocidade ou ópticos sobre fibras dedicadas ou serviços de comprimento de onda. Na maioria dos casos, um DCI requer um link WAN de alta velocidade, o que poderia significar o uso de MPLS, Ethernet, VPLS, metro Ethernet, etc.

Selecionar a infraestrutura, a arquitetura e a topologia correta do DCI depende de uma ampla gama de variáveis, incluindo a localização dos data centers, a distância entre os data centers, os requisitos de largura de banda e disponibilidade, as capacidades dos provedores de serviços locais e preocupações de segurança.

Existem tantas opções e variáveis quando se chega ao nível dos componentes. Aqui estão apenas alguns dos desenvolvimentos que podem influenciar sua decisão.

Dispositivos de borda (gateway)

Os switches leaf-and-spine são integrais para criar uma estrutura de data center e são usados para garantir uma transmissão eficiente de dados leste-oeste. Conforme um data center se aproxima da escala da nuvem, os switches da camada spine são tipicamente dedicados a facilitar o fluxo de dados leste-oeste. Um novo grupo de switches, conhecidos como "switches de borda", foi adicionado à arquitetura para lidar com o tráfego de entrada e saída na borda da estrutura do data center. Em alguns casos, o trabalho de transferir dados para a rede DCI pode ser realizado na camada leaf, usando um switch de leaf de borda.

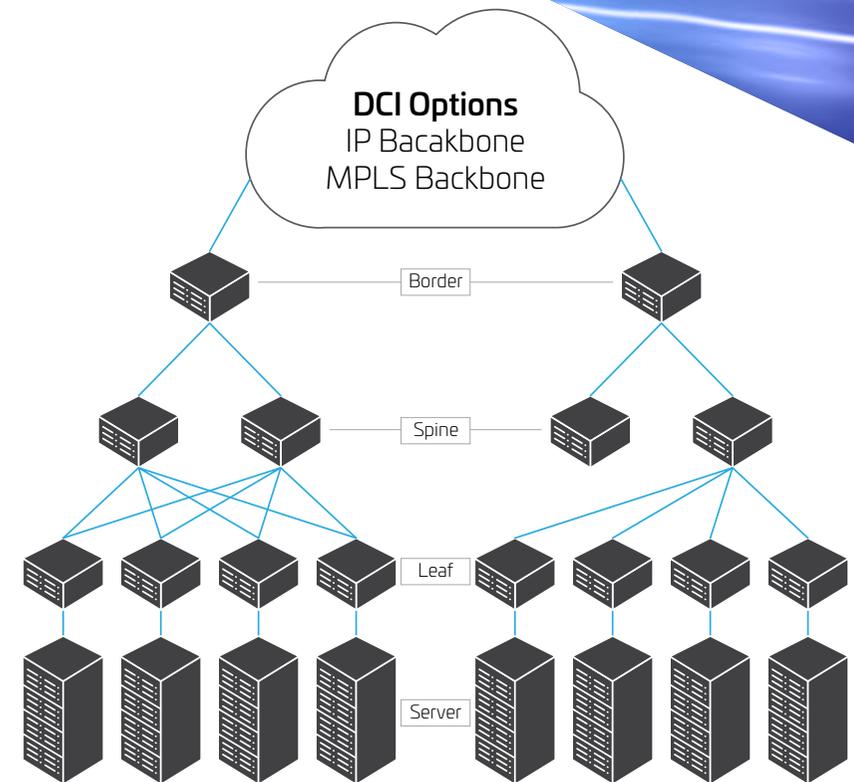


Figure 2: Placement of border-edge switches

Óptica coerente

A transmissão coerente tem sido usada em links de longa distância e submarinos por cerca de uma década, mas agora vemos essa tecnologia migrando para o data center. Com o tempo, os fabricantes de transceptores coerentes reduziram o tamanho, o consumo de energia e o custo de suas ópticas para serem mais atraentes para links cada vez mais curtos. O Ethernet IEEE padronizou o uso de sinalização coerente de 100G e 400G em links de fibra de até 80 km. Um novo projeto (802.3dj) escreverá padrões para 800G coerentes em apenas 10 km.



Figure 3: QSFP-DD coherent optic module



Figure 4: CFP2 coherent optic module

Conforme os data centers continuam a crescer e se tornar mais interconectados, as necessidades de largura de banda da rede DCI também estão crescendo, atingindo 100 Tbps sobre múltiplos comprimentos de onda. Essa demanda de largura de banda é suportada por taxas de dados mais rápidas, 400 Gbps e 800 Gbps por comprimento de onda, e só continuará a aumentar.

Habilitada pelo padrão IEEE802.3ct, a óptica coerente é tipicamente usada para aplicações de banda ultra-alta que variam de 100G a 1T em distâncias muito longas. Chips poderosos de processamento de sinal digital (DSPs) são incorporados dentro desses sistemas para mitigar os efeitos lineares causados por deficiências de fibra, incluindo dispersão cromática e dispersão de modo de polarização.

A óptica coerente utiliza as propriedades naturais da luz para otimizar as práticas de modulação digital e a capacidade de transporte de fibra óptica em aplicações de longo alcance. No entanto, a transmissão coerente mudará para atender às aplicações DCI. Apoiado por um novo padrão proposto (IEEE802.3dj), isso tentará habilitar links de 800G em apenas 10 km.

Multiplexação por Divisão Densa de Ondas (DWDM)

A DWDM permite que múltiplos comprimentos de onda de luz viajem sobre a mesma fibra simultaneamente, com cada comprimento de onda carregando um sinal discreto. O espaçamento de comprimento de onda apertado pode permitir até 96 canais em uma única fibra. A DWDM é uma tecnologia de transmissão versátil capaz de suportar óptica coerente e sinalização de amplitude tipo on-off key (ook). Quando combinada com modulação coerente, a largura de banda do canal individual pode expandir para 400 ou 800 gigabits.

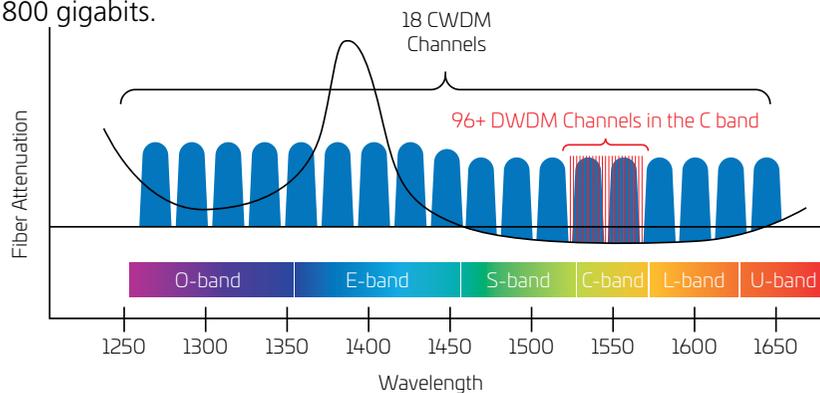
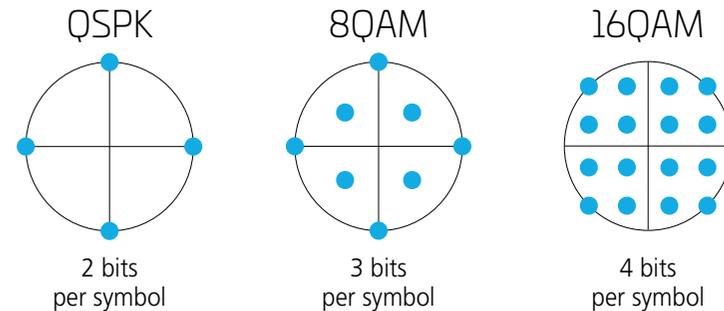


Figure 5: CWDM/DWDM Band and Channel Configurations

Codificação coerente QPSK vs PAM4

Os sistemas coerentes são baseados em chaveamento de fase (PSK), técnicas de modulação de fase que permitem que múltiplos símbolos por bit sejam codificados com base em quatro orientações de deslocamento de fase (por exemplo, 0°, 90°, 180° e 270°). Muitos sistemas usam chaveamento de fase em quadratura (QPSK) para codificar dois bits por símbolo. A codificação QPSK de dupla polarização (DP QPSK) usa polarização horizontal e vertical junto com QPSK para representar o dobro de bits.



$$\text{Transmit bit rate} = [\text{symbol rate}] \times [\text{bits per symbol}] \times [\text{polarization (x2)}]$$

Figure 6: High-order modulation—Constellation™ diagrams

A modulação por amplitude de pulso (PAM4) é um esquema de modulação de quatro níveis projetado para links de fibra de curta distância. O PAM4 (veja a figura 7) usa quatro pulsos de amplitude, cada um contendo dois bits, para dobrar a largura de banda da sinalização binária convencional. A simplicidade e os baixos requisitos de energia do PAM4 o tornam uma opção popular para aplicações Ethernet de 100G e 400G.

Ao contrário da óptica coerente, o PAM4 é altamente suscetível a deficiências de fibra. Isso limita o alcance a ≤ 30 quilômetros, enquanto os sistemas de comunicação óptica coerente podem potencialmente abranger milhares de quilômetros em links amplificados.

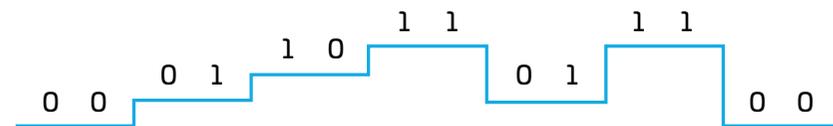


Figure 7: PAM4 signaling technology

Novos designs impulsionando redes de DCI com contagem de fibras mais alta

A expansão dos fluxos de dados leste-oeste e a mudança para uma arquitetura de switching leaf-and-spine de baixa latência criaram um tsunami de dados dentro e entre os data centers. Isso impulsionou o desenvolvimento de campi de data center com vários prédios a todo vapor. Essa tendência não está isolada em alguns gigantes nos EUA. Também impacta provedores de nuvem e MTDC globalmente.

Uma vez que o cabo foi terminado dentro do data center, ele precisa ser preparado para emenda para um destino mais a adiante ou conectado a equipamentos de manobra e interconexão. Isso é feito usando quadros de distribuição óptica (ODFs) localizados na meet-me room (MMR) ou área de distribuição principal (MDA), onde todo o cabeamento de rede se reúne e é preparado para distribuição.

Para garantir que esta zona possa suportar o crescimento futuro e seja gerenciável, a limpeza do cordão de manobra deve ser obrigatória. Como observado anteriormente, o papel da rede DCI em todo o campus está aumentando; no futuro próximo, eles terão que suportar um throughput de 100T ou mais. Isso exigirá milhares de fibras, todas convergindo no MMR ou MDA, portanto, a importância do gerenciamento de cordões de manobra. Da mesma forma, garantir que o ODF tenha tanto o roteamento de cordão de fibra quanto o gerenciamento de folga será fundamental para garantir que o MDA e o MMR possam suportar todas as necessidades de crescimento futuro.

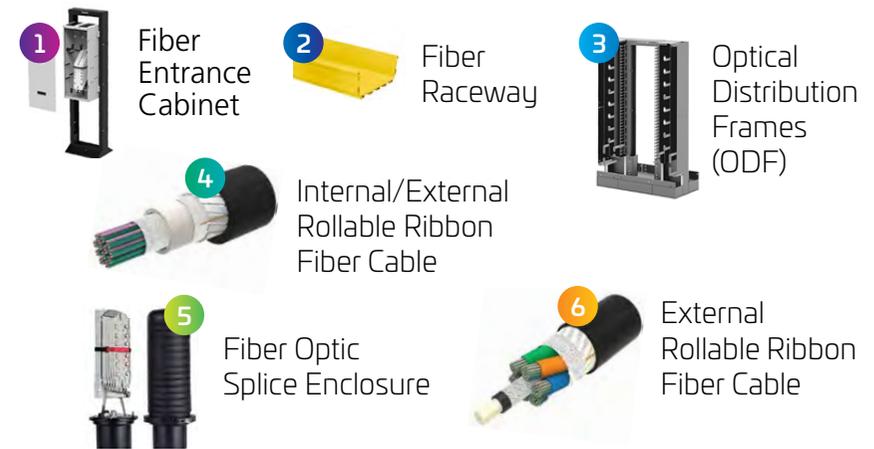


Figure 9: Infrastructure components for a typical campus-scale DCI

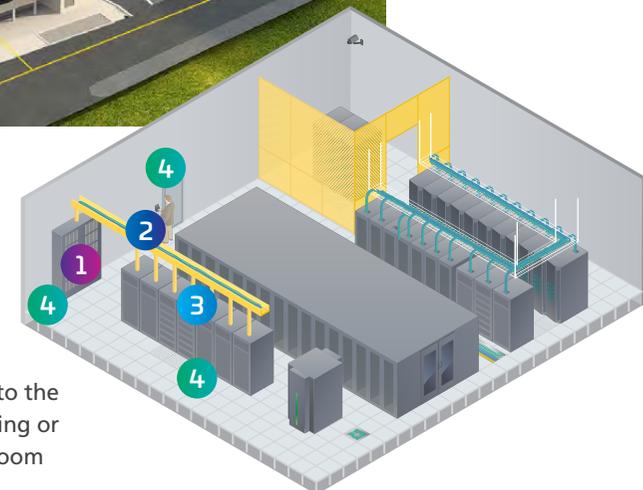
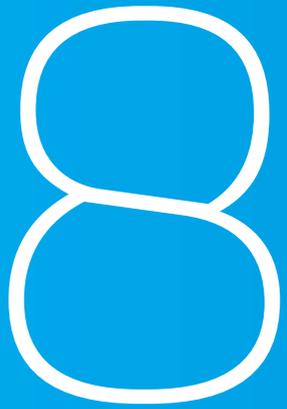


Figure 8: Entry into the data center building or MTDC meet-me room

Para o futuro

O aumento da implantação e expansão de redes DCI em todo o campus e na nuvem continuará sem interrupções. À medida que as arquiteturas de switches se achatam em suporte a machine learning e inteligência artificial, mais e mais dados estão sendo criados e compartilhados, principalmente por máquinas que, ao contrário dos humanos, nunca descansam ou ficam cansadas. Como resultado, as cargas de dados e os requisitos da rede DCI continuam aumentando. Isso apresenta desafios físicos para o designer de rede do campus, especialmente se a rede tiver que interconectar data centers em uma área metropolitana ou terrenos de propriedade de terceiros.

Se os dados devem percorrer essas geografias de forma transparente, a capacidade de transporte de dados dos cabos de fibra deve aumentar. Isso será feito adicionando mais fibras por cabo, por meio de cladding de tamanho reduzido, ou introduzindo uma tecnologia de vidro alternativa comercialmente viável.



8

Considerações de cabeamento para
data centers de IA

Introdução

Por décadas, o perigo da inteligência artificial maliciosa (IA) tem sido um tema recorrente na ficção científica. Antagonistas de filmes como HAL 9000, o Exterminador, os Replicantes e os robôs de Matrix são forças opostas aos humanos destemidos que devem superar os perigos da tecnologia. Recentemente, o lançamento do DALLE-2 e do ChatGPT capturou a imaginação do público em geral sobre o que a IA pode fazer. Isso levou a discussões sobre como a IA mudará a natureza da educação e do trabalho. A IA também é o principal impulsionador do crescimento atual e futuro dos data centers.

Existem três aspectos da IA:

- Durante o treinamento, um grande conjunto de dados é alimentado no algoritmo que consome os dados e "aprende" com ele.
- O algoritmo é então exposto a um novo conjunto de dados e encarregado de derivar novos conhecimentos ou conclusões com base no que aprendeu durante o treinamento. Por exemplo, esta é uma imagem de um gato? Esse processo é conhecido como "IA de inferência".
- O terceiro (e talvez mais excitante) aspecto é o que é conhecido como "IA generativa". A IA generativa é quando o algoritmo "cria" saída original - texto, imagens, vídeos, código etc., a partir de simples prompts.

A computação de IA é manipulada por unidades de processamento gráfico (GPUs): chips especializados projetados para processamento paralelo e bem adequados para IA. Os modelos usados para treinar e executar IA consomem uma quantidade significativa de capacidade de processamento, tipicamente demais para uma única máquina.

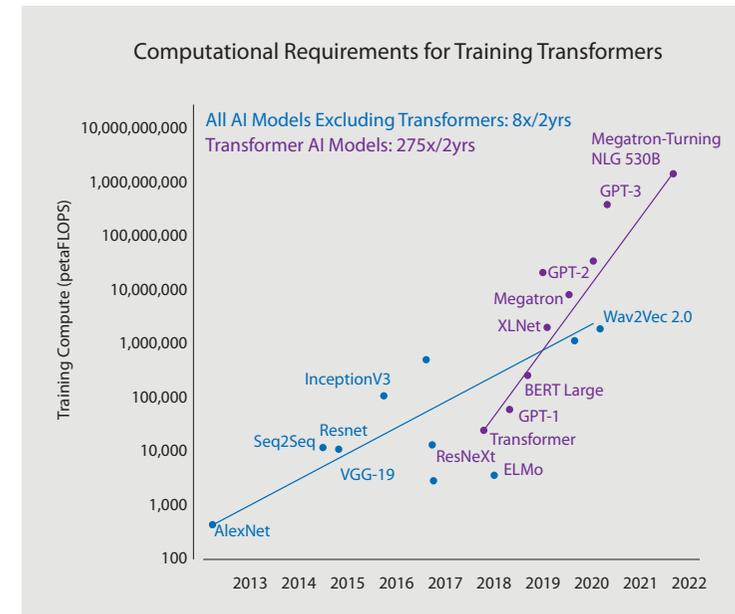


Fig. 1: AI model size in petaFLOPS

(source: <https://blogs.nvidia.com/blog/2022/03/25/what-is-a-transformer-model/>)

A Figura 1 mostra o crescimento histórico dos modelos de IA em petaFLOPS (quatrilhões de operações de ponto flutuante por segundo). O processamento desses modelos grandes requer várias GPUs interconectadas distribuídas por muitos servidores e racks. Um data center de IA implanta dezenas desses clusters de IA, e a infraestrutura de cabeamento que conecta tudo para manter os dados fluindo apresenta um conjunto único de desafios.

A seguir descrevemos alguns dos principais desafios e oportunidades do cabeamento de data centers de IA, juntamente com algumas práticas recomendadas e dicas para o sucesso.

Arquitetura típica de data hall

Quase todos os data centers modernos, especialmente de hiperescala, usam uma arquitetura Clos dobrada, também chamada de "leaf-and-spine". Todos os switches leaf em um data center se conectam a todos os switches spine. No data hall, os racks de servidor se conectam a um switch de topo de rack (ToR). O ToR é então conectado a um switch de leaf no final da fila ou em outra sala via cabo de fibra. Os servidores no rack são conectados ao ToR com cabos de cobre curtos, de um a dois metros de comprimento, que transportam sinalização de 25G ou 50G.

Essa configuração usa poucos cabos de fibra na sala de dados. Por exemplo, data centers da Meta que usam a arquitetura F16 (ver Figura 2) terão 16 cabos de fibra duplex de cada um dos racks de servidor em uma fila. Esses cabos percorrem do ToR até o final da fila, onde se conectam a módulos que combinam fibras duplex em cabos de 24 fibras. Os cabos de 24 fibras então percorrem para outra sala para se conectar aos switches leaf.

Data centers que implementam IA abrigarão clusters de IA ao lado de clusters de computação com arquitetura tradicional. A computação tradicional é às vezes chamada de "rede de front-end", e os clusters de IA são às vezes chamados de "rede de back-end".

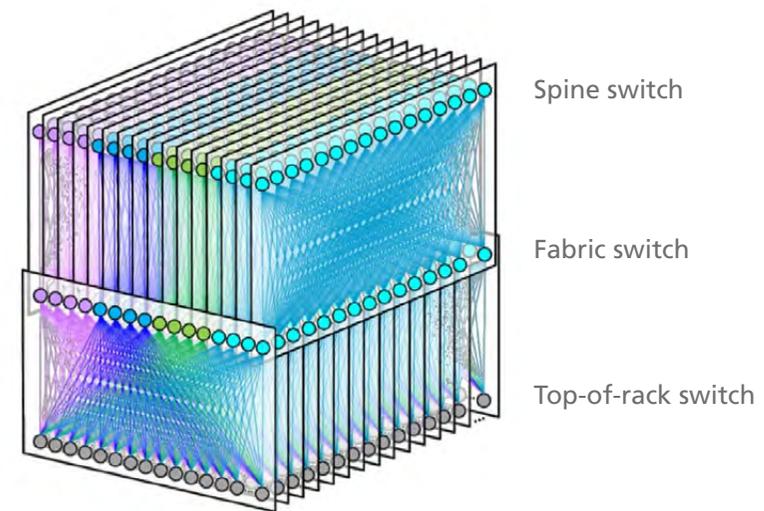


Fig. 2: FaceBook F16 data center network topology

(source: <https://engineering.fb.com/2019/03/14/data-center-engineering/f16-minipack/>)

Data hall com clusters de IA

Como observado, os clusters de IA têm requisitos únicos de processamento de dados e, portanto, exigem uma nova arquitetura de data center. Os servidores GPU exigem muito mais conectividade entre servidores, mas, devido a restrições de energia e calor, há menos servidores por rack. Portanto, há mais cabeamento entre racks em um data center de IA do que em data centers tradicionais. Cada servidor GPU é conectado a um switch dentro da fila ou sala. Esses links requerem de 100G a 400G em distâncias que não podem ser suportadas por cobre. Além disso, cada servidor requer conectividade com o switch fabric, armazenamento e gerenciamento out-of-band.

Exemplo: NVIDIA

Como exemplo, podemos observar a arquitetura proposta pela NVIDIA, líder no espaço de IA. O mais recente servidor GPU da NVIDIA é o DGX H100 e possui 4x portas de 800G para switches (operadas como 8x400GE), 4x portas de 400GE para armazenamento e portas de 1GE e 10GE para gerenciamento.

A DGX SuperPOD (Figura 3) pode conter 32 desses servidores GPU conectados a 18 switches em uma única fileira. Cada fileira teria então 384x400GE links de fibra para o switch fabric e armazenamento, e 64 links de cobre para gerenciamento. Isso representa um aumento significativo no número de links de fibra no data hall. A arquitetura F16 mencionada acima teria 128 (8x16) cabos de fibra duplex com o mesmo número de racks de servidor.

Quais são os comprimentos de link em um cluster de IA?

No cenário ideal ilustrado pela NVIDIA, todos os servidores GPU em um cluster de IA estarão próximos uns dos outros. Algoritmos de IA/machine learning, como computação de alto desempenho (HPC), são extremamente sensíveis à latência. Uma estimativa afirma que 30% do tempo para executar um grande modelo de treinamento é gasto na latência de rede e 70% é gasto no tempo de computação. Como treinar um grande modelo pode custar até US\$10 milhões, esse tempo de rede representa um custo significativo. Mesmo uma economia de latência de 50 nanossegundos, ou 10 m de fibra, é significativa. Quase todos os links em clusters de IA estão limitados a alcances de 100 m.

Infelizmente, nem todos os data centers serão capazes de localizar os racks de servidores GPU na mesma fileira. Esses racks exigem cerca de 40 kW para alimentar os servidores GPU. Isso é mais energia do que os racks de servidores típicos, e os data centers construídos com requisitos de energia mais baixos precisarão espaçar seus racks de GPU.



Fig. 3: Rendering of NVIDIA SuperPOD

(source: <https://www.nvidia.com/en-us/data-center/dgx-superpod/>)

Quais transceptores você deve usar?

Os operadores devem considerar cuidadosamente quais transceptores ópticos e cabos de fibra usar em seus clusters de IA para minimizar custos e consumo de energia. Como explicado acima, os links mais longos dentro de um cluster de IA serão limitados a 100 m. Devido ao alcance curto, o custo das ópticas será dominado pelo transceptor. Os transceptores que usam fibra paralela terão uma vantagem: eles não requerem os multiplexadores ópticos e demultiplexadores usados para multiplexação por divisão de comprimento de onda (WDM). Isso resulta tanto em custo quanto em energia mais baixos para transceptores com fibra paralela. As economias de custo do transceptor mais do que compensam o pequeno aumento no custo de um cabo de fibra multifibra em vez de um cabo de fibra duplex. Por exemplo, usar transceptores 400G-DR4 com cabos de oito fibras é mais econômico do que usar transceptores 400G-FR4 com cabo de fibra duplex.

Links de até 100 m são suportados por aplicações de fibra monomodo e fibra multimodo. Avanços como a fotônica de silício reduziram o custo dos transceptores monomodo, aproximando-os do custo dos transceptores multimodo equivalentes.

Nossa pesquisa de mercado indica que, para transceptores de alta velocidade (400G+), o custo de um transceptor monomodo é o dobro do custo de um transceptor multimodo equivalente. Embora a fibra multimodo tenha um custo ligeiramente mais alto do que a fibra monomodo, a diferença no custo do cabo entre multimodo e monomodo é menor, pois os custos de cabo multifibra são dominados pelos conectores MPO.

Além disso, os transceptores multimodo de alta velocidade consomem de um a dois watts a menos do que seus equivalentes monomodo. Com 768 transceptores em um único cluster de IA (128 links de memória + 256 links de switch X2), usar fibra multimodo economizará até 1,5 kW. Isso pode parecer pequeno em comparação com os 10 kW que cada DGX H100 consome, mas, para clusters de IA, qualquer oportunidade de economizar energia será bem-vinda.

Em 2022, o IEEE Short Reach Fiber Task Force concluiu o trabalho no IEEE 802.3db, que padronizou um novo transceptor multimodo de alcance muito curto (VR). O novo padrão visa o cabeamento dentro de fileiras, como clusters de IA, com alcance máximo de 50 m. Esses transceptores têm o potencial de oferecer o menor custo e consumo de energia para conectividade de IA.

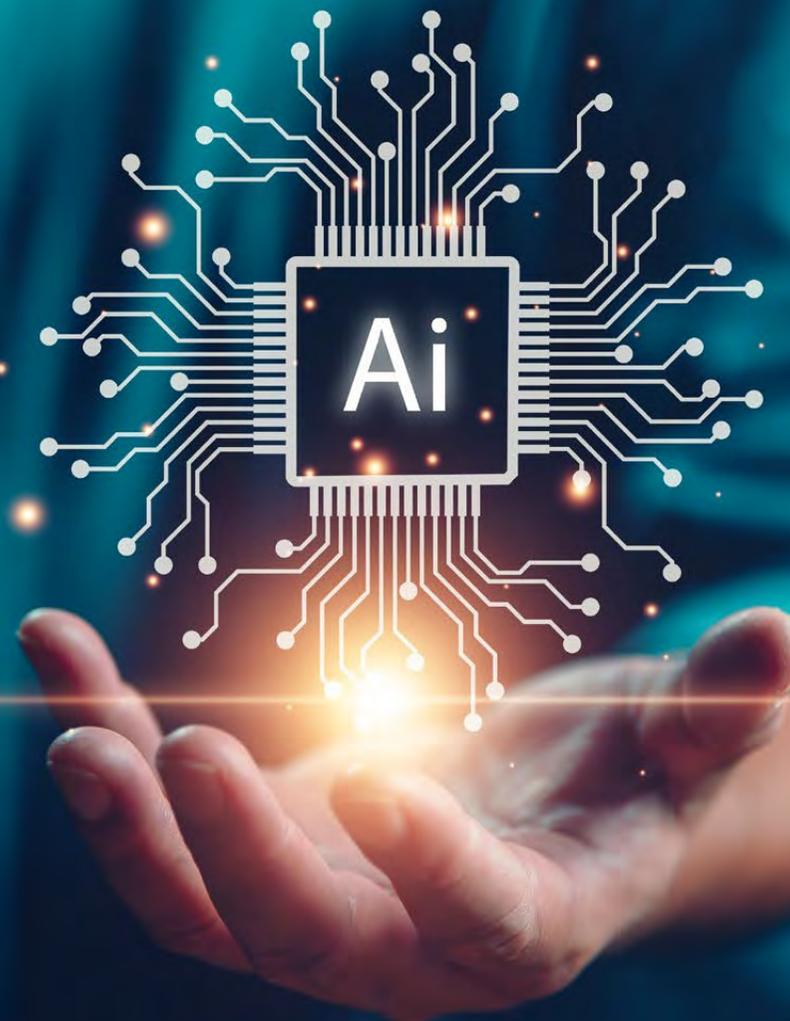
Transceptores vs. AOCs

Muitos clusters de IA, ML e HPC usam cabos ópticos ativos (AOCs) para interconectar GPUs e switches. Um AOC é um cabo de fibra com transmissores e receptores ópticos integrados em cada extremidade. A maioria é usada para alcances curtos e normalmente é combinada com fibra multimodo e VCSELs. Cabos ópticos ativos de alta velocidade (>40G) usarão a mesma fibra OM3 ou OM4 que cabos que conectam transceptores ópticos. Os transmissores e receptores em um AOC podem ser os mesmos que nos transceptores análogos, mas são os descartados. Nem o transmissor nem o receptor precisam atender a especificações rigorosas de interoperabilidade; eles só precisam operar com a unidade específica conectada à outra extremidade do cabo. Como nenhum conector óptico é acessível ao instalador, as habilidades necessárias para limpar e inspecionar os conectores de fibra não são necessárias.

A desvantagem dos AOCs é que eles não têm a flexibilidade oferecida pelos transceptores. A instalação de AOCs é demorada, pois o cabo deve ser roteado com o transceptor conectado. Instalar corretamente AOCs com divisões é especialmente desafiador. A taxa de falha dos AOCs é o dobro da dos transceptores equivalentes. Quando um AOC falha, um novo AOC deve ser roteado através da rede. Isso reduz o tempo de computação. Finalmente, quando chegar a hora de atualizar os links de rede, os AOCs devem ser removidos e substituídos por novos AOCs. Com transceptores, o cabeamento de fibra faz parte da infraestrutura e pode permanecer no local por várias gerações de taxas de dados.

Conclusão

A consideração cuidadosa do cabeamento do cluster de IA ajudará a economizar custos, energia e tempo de instalação. O cabeamento de fibra correto permitirá que as organizações aproveitem ao máximo a inteligência artificial.



COMMScope®

pt.commscope.com

Visite nosso website ou contate um representante de vendas da CommScope para mais informações.

2023 CommScope, Inc. Todos os direitos reservados. Todas as marcas identificadas por ™ ou ® são marcas comerciais ou marcas registradas nos Estados Unidos da América e podem ser sido registradas em outros países. Todos os nomes de produto, marcas comerciais e marcas registradas são propriedade de seus respectivos donos. Este documento é voltado somente para propósito de planejamento e não pretende modificar ou complementar quaisquer especificações ou garantias relacionadas com os produtos ou serviços da CommScope.