



Frontiers

Veri merkezinin
geleceğini şekillendiren
teknoloji trendleri

2026

TASLAK



İçindekiler

Yönetici özeti..... 06

**Teknoloji trendleri
pazar etkisini tanımlama** 08

Trend 1: Yapay Zekaya Güç Verme10

Trend 2: Dağıtılmış Yapay Zeka12

Trend 3: Enerji otonomisi hızlanır.....14

Trend 4: Dijital ikiz tahrikli tasarım ve operasyonlar16

Trend 5: Uyarlanabilir, esnek sıvı soğutma 18

**İleriye bakmak:
gelecekteki beklenen trendler** 20

Kuantum ve nöromorfik adım değişikliği 22

Zorlu ortam veri merkezleri.....22

Fiziksel yapay zeka ve robotik23

AGI'nin ölçek, tasarım ve operasyonlar üzerindeki etkisi23

Bilgi işlem, silikon inovasyonu.....23

Özet..... 25

Kaynakça 26



Yapay zekanın gelişimi, benzeri görülmemiş bir hız ve ölçekte uygulanan yüksek düzeyde entegre dijital altyapıya bağlıdır. Veri merkezi sektörü, fiziksel yapay zekadan kuantum bilişime kadar bir sonraki devrim dalgasına hazırlanırken, şebekeden çipe, çipten ısıya ve yeniden kullanıma kadar ilerlemeler sağlayarak inovasyonun sınırlarını zorlamaya devam etmelidir.”

Scott Armul

Başkan Yardımcısı, Global Portföy ve İş Birimleri, Vertiv

Yönetici özeti

Veri merkezi sektörü, inovasyon, ölçek ve fırsatla tanımlanan yeni bir çağa doğru ilerliyor.

Yirmi yıllık istikrarlı evrimin ardından - bulut bilişim konum ve ölçeği yeniden şekillendirdiğinde ancak temel altyapı büyük ölçüde sabit kaldığında - bir sonraki dönüşüm dalgası benzeri görülmemiş bir hızla hızlanıyor.

Yapay zeka ve hızlandırılmış hesaplama ile desteklenen bu yeni dönem, dijital altyapının nasıl tasarlandığını, dağıtıldığını ve ölçeklendirildiğini yeniden tanımlıyor. Değişimin hızı benzersizdir ve inovasyonun sınırlarını zorlamak için yeni olanaklar yaratır.

Vertiv Frontiers, teknoloji trendlerinin ve dijital altyapıyı yeniden şekillendiren makro kuvvetlerin keşfi olan gelecek için bir lens sunuyor. Güç, termal, BT sistemleri, prefabrik modüler altyapı, gelişmiş hizmetler ve yapay zeka altyapısı genelinde Vertiv uzmanlarının uzmanlığını bir araya getirerek Vertiv'in kritik dijital altyapının geleceğine rehberlik eden lider bir ses olarak konumunu güçlendirir.

Veri merkezi inovasyonunu destekleyen makro güçler

Veri merkezi sektörü, yapay zekanın yükselişi ve hızlandırılmış bilgi işleme desteklenen güçlü makro kuvvetlerle yeniden şekillendiriliyor. Bu kuvvetler, teknolojileri, mimarileri ve endüstri segmentlerini kapsayan her bir dijital altyapı katmanını etkilemektedir.

Bu dönüşümün merkezinde, tüm veri merkezi **ve teknoloji ortamında etkileri hissedilen tanımlayıcı makro kuvvet olan** aşırı yoğunlaştırma yer almaktadır. Ek makro kuvvetler, talaş seviyesinden sistem düzeyinde entegrasyon ve tam tesis tasarımı.

Aşırı yoğunlaştırma

Yoğunlaştırma, raf gücünün çok ötesine taşıyan yapay zeka ve HPC iş yükleri ile hızlandırılan modern veri merkezlerinin kritik bir itici gücüdür 25 kW ve genellikle üç haneli. Daha önce bir veri salonunu dolduran sistemler artık tek bir raf benzeri üniteye veya podda sığıyor. Bu yoğunluk artışı güç, soğutma ve alan bakımından ilave karmaşıklık yaratır.

Gigawatt ölçeklendirme hızı

Veri merkezleri şimdi benzeri görülmemiş bir gigawatt ölçeğinde inşa ediliyor. Güç, soğutma ve BT'yi bir araya getiren fabrika yapımı modüler altyapı blokları, onlarca megawatt'tan çoklu gigawatt kampüslerine ölçeklendirilecek şekilde tasarlanmıştır. Ve tüm bunlar, Yapay zeka çağı kapasite talepleri.

Ünite olarak veri merkezi hesaplamının

Yapay zeka çağı giderek daha fazla veri merkezi şu şekilde oluşturulacak ve çalıştırılacaktır: tek bir sistem. "Bilgi işlem birimi" artık sadece bir çip değil, tüm sistemdir. Güç, soğutma ve bilgi işlem, kabinden koridora ve tesis seviyesine kadar tek bir mimaridee sorunsuz bir şekilde entegre olmalıdır. Bileşen düzeyindeki teklifler artık stratejik değildir ve artan güç yoğunluğu daha fazla verimlilik ve daha sıkı entegrasyon ihtiyacını artırmaktadır.

Silikon çeşitlendirme

Yapay zekaya güç veren çipler, yalnızca GPU'ları değil, TPU'ları, özel silikonu ve diğer form faktörlerini de içerecek şekilde çeşitleniyor. İyi bir benzetme, sadece benzinli motorlardan hibritlere, elektrik ve hatta hidrojen gücüne geçen otomotiv endüstrisidir. Gelecekteki veri merkezi altyapısı, tüm çip ve bilgi işlem yelpazesini destekleyecek şekilde tasarlanmalı ve optimize edilmelidir.

Pazar etkisini tanımlayan teknoloji trendleri

Vertiv, bu makro kuvvetlere yanıt olarak veri merkezi teknolojisi ortamını şekillendiren beş temel trend belirledi. Her trend, kritik teknoloji alanları ve pazar segmentleri genelinde spesifik etkisi açısından değerlendirilmiştir ve potansiyel ölçeği, olasılığı ve beklenen etki zaman çerçevesine göre sıralanmıştır. **Vertiv Frontiers** bu trendleri daha derinlemesine araştırır.

Bu rapor, Vertiv'in şu anda veri merkezleri için en etkili olarak belirlediği beş temel trendi inceliyor. Vertiv tarafından belirlenen ve derecelendirilen teknoloji trendleri şunlardır:

Rütbe	Eğilimler
1	Yapay Zekaya Güç Verme
2	Dağıtılmış Yapay Zeka
3	Enerji otonomisi hızlanır
4	Dijital ikiz tahrikli tasarım ve operasyonlar
5	Uyarlanabilir, esnek sıvı soğutma

Geleceğe bakış: beklenen gelecek trendler

Kısa vadeli ufkun ötesinde, dijital altyapıyı yeniden tanımlama potansiyeliyle ek bir teknoloji dalgası ortaya çıkıyor. Bu yenilikler daha az acil olsa da, veri merkezlerinin güçlendirilmesinde, soğutulmasında ve ölçeklendirilmesinde önümüzdeki yıllarda önemli bir değişikliğe yol açabilir.

- Kuantum ve nöromorfik adım değişikliği
- Zorlu ortam veri merkezleri
- Fiziksel yapay zeka ve robotik
- AGI'nin ölçek, tasarım ve operasyonlar üzerindeki etkisi
- Bilgi işlem, silikon inovasyonu

Teknoloji trendleri pazar etkisini tanımlama

- 1 / Yapay Zekaya Güç Verme
- 2 / Dağıtılmış Yapay Zeka
- 3 / Enerji otonomisi hızlanır
- 4 / Dijital ikiz tahrikli tasarım ve operasyonlar
- 5 / Uyarlanabilir, esnek sıvı soğutma

Bu eğilimler halihazırda gelişmiş veri merkezi operatörlerini etkilemektedir ve temel teknolojiler ve sürücüler olgunlaştıkça büyük olasılıkla daha geniş endüstri tarafından benimsenecektir.

1 / Yapay Zekaya Güç Verme

Hibrit AC ve DC sistemleri yakın vadede yaygın olacaktır, ancak tam DC standartları ve ekipman olgunlaştıkça, daha yüksek voltajlı DC hiper ölçekli tesislerde ve AI Fabrikalarında giderek daha fazla baskın olma olasılığı yüksektir.

İlgili trend: Enerji otonomisi hızlanır.

Sıvı soğutma (**Trend 5**), yapay zeka iş yüklerindeki büyüme ve hızlandırılmış bilgi işlem ile yakından bağlantılı hale gelmiştir. Ancak, veri merkezi performansının evrimini sağlamada da kritik öneme sahip olan güç yönetimindeki yenilikler daha az dikkat çekmiştir. Güç inovasyonunun önemli bir alanı, tesis içinde daha yüksek gerilim güç dağıtımına geçiştir. Çoğu eski veri merkezi hala şebekeden BT kabinlerine kadar hibrit AC/DC güç dağıtımına güveniyor; bu, üç ila dört dönüşüm aşamasını ve sonuçta verimsizlikleri içeriyor. Bu geleneksel yaklaşım, YZ iş yükleri nedeniyle yoğunluklar büyük ölçüde arttığında zorlanmaktadır.

Yapay zeka bilgi işlem platformları, kabin yoğunluklarını hızla 300 kW'ın ötesine itiyor. Bu yüksek performanslı ortamlarda, geleneksel 415 VAC veya 480 VAC mimariler bakır hacmi, termal kayıp ve alan verimliliğinde sınırlamalarla karşılaşır. Bu sınırlamalar, grafik işleme birimlerini (GPU'lar) desteklemek için gerekli yoğunlukları elde etmek için potansiyel kısıtlamalar oluşturur. Daha yüksek voltajlı DC mimarilerine geçiş, akım, iletkenler, ve dönüştürme aşamalarını merkezileştirirken oda seviyesi.

Vertiv ve diğerleri tarafından desteklenen NVIDIA'nın son duyuruları da dahil olmak üzere, daha yüksek gerilimli DC mimarisinde 800 VDC mimarisine yenilikler devam ediyor. 800 VDC teknolojisi daha verimli güç dağıtımını sağlar.

Uptime Institute Intelligence dahil olmak üzere analistler, AI ve özellikle de yoğunlaştırmanın veri merkezi içinde daha yüksek voltajlı DC mimarileri. Uptime Institute Intelligence kıdemli araştırma direktörü Daniel Bizo, "Mevcut veri merkezi güç zincirleri ve elektrikli ekipman son derece verimlidir ve çok çeşitli kapasiteleri destekleyebilir," diyor ve ekliyor.

İleriye baktığımızda, şebeke arayüzü de dahil olmak üzere AC gücün daha seçici bir şekilde kullanılması muhtemeldir—bazı senaryolarda yedeklenmeye bırakılabilir—ve DC, dahili güç dağıtım için optimum yaklaşım haline gelir. Daha yüksek voltajlı DC mimarilerinin kullanımı, veri merkezlerindeki ve şebeke düzeyindeki enerji depolamadaki büyümeyle de uyumludur. Bu konular Trend 3'te **daha ayrıntılı olarak ele alınmaktadır: Enerji otonomisi hızlanır**; burada bazı veri merkezleri, yerinde üretim ve enerji depolamayı entegre eden DC mikro şebekelerine dönüşebilir.



Daha yüksek gerilimli DC mimarileri, artan GPU kabini ve POD güç yoğunluklarını destekleyen planlı dağıtımlarla geliştirilmektedir. Tesis operatörleri ve karar vericiler, bu gelecek nesil yapay zeka sunucularını destekleyecek geleceğe hazır yapay zeka fabrikalarını planlamaya yönelik hemen adımlar atabilir."

Kyle Bekçisi,

Kıdemli Başkan Yardımcısı, Güç Yönetimi, Vertiv

Makro kuvvetler

- **Aşırı yoğunluk:** Geleneksel güç dağıtım, yapay zeka bilgi işlem yoğunlukları nedeniyle sınırlarına ulaşıyor.
- **Bir bilgi işlem birimi olarak veri merkezi:** Güç, termal ve bilgi işlemi tek bir sistem olarak dağıtım ve yönetimi performansı, esnekliği ve verimliliği artırır.

Etkilenen segment

- Hiper ölçekli, bulut ve ortak yerleşim (eski tesisler, iyileştirme zorluklarıyla karşılaşabilir).

Sürücüler

- Daha az dönüşüm kaybı daha yüksek verimlilik anlamına gelir. Geleneksel AC güç sistemleri, birden fazla dönüştürme adımı nedeniyle önemli enerji kayıpları ile karşı karşıyadır.
- Küresel telekomünikasyon ağları, entegre mikro şebekeler ve diğer uygulamalar için geliştirilen uzmanlığı temel alır.
- Alternatif enerji ile entegrasyon. Güneş panelleri veya yakıt hücreleri gibi alternatif enerji kaynakları doğal olarak DC gücü üretir.

Zorluklar

- Daha yüksek voltaj dağıtım daha sıkı güvenlik prosedürleri ve protokolleri gerektirebilir.
- Bazı operatörler kurulum ve bakım için kalifiye personel eksikliği ile karşı karşıya kalabilir.
- Teknoloji daha da olgunlaşana kadar potansiyel olarak daha yüksek ön ödeme maliyetleri.

İlgili/örnek teknolojiler

- Yüksek voltajlı KGK sistemleri, yüksek verimlilik DC baraları, raf seviyesi DC-DC dönüştürücüler ve DC uyumlu yedekleme sistemleri.
- DC Mikro Şebekeler, enerji depolama.

Önerilen eylemler

- Yapay zeka iş yüklerinin ve yüksek performanslı sistemlerin Hyperscale ve diğer erken benimseyenleri, daha yüksek gerilimli DC'nin faydalarını aktif olarak araştırmalıdır benimseme – özellikle sahada üretimin bir parçası olarak veya mikro şebeke yerine yerleştirme.
- Referans tasarımlara ve yol haritalarına erken erişim, müşterilerin destekleyici altyapıyı geliştirmekte olan GPU sistemleriyle paralel olarak doğrulamalarına ve dağıtımlarına olanak tanır.
- Kurumsal operatörler ve daha küçük ortak yerleşim sağlayıcıları, potansiyel olarak mevcut tesislerdeki yüksek yoğunluklu alanlarda teknolojiyi deneme fırsatlarını araştırmalı ve aramalıdır. Daha yüksek gerilimli DC mimarileri günümüzün geleneksel AC mimarilerine yerleştirilebilir.

¹ Bizo, D., 2024. Çalışma Süresi Enstitüsü İstihbaratı.

2 / Dağıtılmış Yapay Zeka

Yapay zeka, işletmeler için giderek daha kritik hale gelecek, ancak yapay zeka hizmetlerinin nasıl ve nereden sunulduğu, kuruluşun belirli gerekliliklerine ve koşullarına bağlı olacaktır.

İlgili trend: Dijital ikiz odaklı tasarım ve operasyonlar.

Büyük dilli modeller (LLM'ler) için AI veri merkezlerine şimdiye kadar yatırım yapılan milyarlar, bu teknolojilerin hem tüketiciler hem de işletmeler tarafından yaygın olarak benimseneceği beklentisinden güç almaktadır. Yapay zeka, birkaç gelişmiş kuruluş veya işçi tarafından kullanılan deneysel teknoloji olmaktan ziyade hayati bir araç haline gelecektir. Bu vardiyayı desteklemek için gereken yapay zeka çıkarım veri merkezi kapasitesi, büyük model eğitimi desteklemek için mevcut yapımlardan bile birkaç kez daha ağır basabilir.²

Son çalışmalar, kurumsal yapay zekanın benimsenmesiyle ilgili bazı zorluklara işaret etmiştir, ancak bunun değiştiğine dair göstergeler de mevcuttur. Pennsylvania Üniversitesi'nin Wharton Okulu'ndan yapılan bir çalışmada, yatırım getirisini (ROI) ölçen şirketlerin %74'ünün üretken AI (GenAI) kullanımından olumlu bir geri dönüş görmüştü.³

Ancak, iş açısından kritik yapay zekanın tam olarak nasıl sunulduğu, işletmeler, iş birimleri ve hatta belirli uygulamalar arasında farklılık gösterebilir. Finans, savunma ve sağlık hizmetleri gibi yüksek düzeyde düzenlenmiş endüstrilerin, veri ikametgahı, güvenlik veya gecikme gereklilikleri nedeniyle genellikle özel veya hibrit yapay zeka ortamlarını koruması gerekir. Analist IDC'sine göre, finansal hizmetler sektörünün 2028'e kadar yapay zeka çözümlerine en fazla harcama yapması ve tüm yapay zeka harcamalarının %20'sinden fazlasını oluşturması bekleniyor.⁴ Kuruluşlar, özel modellere ince ayar yapmak veya gizli verileri büyük ölçekte işlemek için yapay

² Noffsinger, J., Patel, M. ve Sachdeva, P., 2025. McKinsey & Co.

³ Korst, J., Puntoni, S. ve Tambe, P., 2025. Pensilvanya Üniversitesi

⁴ IDC, 2024.

⁵ Gartner, 2025.

zeka ile optimize edilmiş özel veri merkezlerine yatırım yapmayı da seçebilir. Bu gibi durumlarda, kuruluşlar yerel bilgi işlemi bulut tabanlı yapay zeka hizmetleriyle birleştiren hibrit veya birleşik mimarileri muhtemelen benimseyeceklerdir.

Analist Gartner'a göre,⁵ hizmet sağlayıcılar tarafından oluşturulan özel modellerden oluşturulan ve sahip olunan kurum içi alana özel dil modellerine (DSLML'ler) geçiş yapılacaktır yazılım sağlayıcılarına ve aynı zamanda kurumsal şirketlere göre.

Bu yapay zeka modeli segmentasyonunun belirli veri merkezi yapılarına nasıl dönüşeceği henüz net değildir, ancak DSLML'lerin bir kısmı, şirket içi tesisler ve ortak yerleşim dahil olmak üzere işletmeler tarafından özel, sahip olunan yapay zeka altyapısını gerektirebilir. Bazı kuruluşlar, modüler teknolojinin kullanımı da dahil olmak üzere, yeni tesis içi kapasite oluşturacak veya mevcut tesisleri iyileştirmeye veya genişletmeye çalışacaktır.

Yapay zeka altyapısına yapılan yatırımlar, kurumsal tesislerdeki ve bulut öncelikli stratejilerdeki değişikliklerle de uyumludur. Ancak, bulut hizmetleri, maliyetler, satıcı kilitlenme, veri taşınabilirliği ve diğer sorunlar gibi, AI hizmetlerinin nereden ve nasıl alınacağına dair kararları şekillendirecektir. Bazı kuruluşlar mevcut güç kapasitesinden en iyi şekilde yararlanmak için yapay zeka için mevcut veri merkezi ayak izlerini oluşturmayı tercih ederken, güç kullanılabilirliği de bir sorundur. Sorunu veri ve yapay zeka egemenliği de sahip olunan yapay zeka altyapısı kararlarında rol oynayacaktır.

“Yapay zeka, işletmelerin değer yaratabileceği temeli sağlar. Veri yerçekimi ve düzenleme gibi faktörlerin, bu temelin hizmet sağlayıcılar veya sahip olunan veri merkezi yatırımı yoluyla en iyi şekilde sağlanıp sağlanmadığı konusunda karar almayı yönlendirmesini bekliyoruz.”

Martin Olsen

Başkan Yardımcısı, Segment Stratejisi ve Dağıtım, Vertiv

Makro kuvvetler

- **Silikon çeşitlendirme:** Çıkarım muhtemelen uygulama, iş yükü için en uygun çipler.
- **Aşırı yoğunluk:** İşletmelerin büyük olasılıkla tesis içinde yüksek yoğunluklu bölgelere uyum sağlaması gerekecektir veri merkezleri.

Etkilenen segment

- İşletmeye ait veri merkezleri (karma kullanımlı binalar tam tesislere) ve perakende (kurumsal odaklı) colocation sağlayıcılarına.

Sürücüler

- Veri egemenliği ve gizliliği. Düzenlemeler, hassas verilerin belirli yargı alanlarından veya kurumsal kontrollü ortamlardan ayrılmasını kısıtlayarak daha fazla şirket içi yatırımı teşvik edebilir.
- Gecikme ve performans gereklilikleri. Ultra düşük gecikme süresi gerektiren uygulamalar (ör. gerçek zamanlı kontrol, finansal ticaret, edge analizi) uzaktan bulut işleme yerine yerel çıkarım kabiliyetleri gerektirebilir.
- Maliyet öngörülebilirliği. Öngörülebilir, yüksek hacimli iş yükleri için altyapıya sahip olmak yine de daha düşük TCO sunabilir.

Zorluklar

- Yapay zekanın benimsenmesi, gerekli liderlik ve BT departmanı gözetimi olmadan bireysel çalışanlar ve departmanlar tarafından parçalanmaya ve yönlendirilmeye devam edebilir.
- Yapay zekanın kurumsal uygulamalara entegrasyonuna daha fazla öncelik verilmelidir.

İlgili/örnek teknolojiler

- Gelişmiş hızlandırıcılar.
- Prefabrikte modüler veri merkezleri.
- Yüksek yoğunluklu, sıvı soğutmalı yapay zeka sunucuları.

Önerilen eylemler

- Birçok kuruluş, yapay zekayı kasıtlı dağıtım veya çalışan kullanımı yoluyla bir dereceye kadar kullanmaktadır. En yüksek veri gizliliği, güvenliği ve ilgili faktörlere sahip bu kuruluşların, tesis içi altyapı.
- Diğerleri için, karar, güce erişim ve bu tesisleri daha yüksek yoğunluk için yükseltmenin maliyeti ve karmaşıklıkları dahil olmak üzere mevcut tesis içi veri merkezlerinin değerinin sürekli değerlendirilmesinin bir parçası olmalıdır.

3 / Enerji otonomisi hızlanır

Operatörler, şebekenin pek çok kişi için tercih edilen seçenek olmasına rağmen tesis içi üretimi genişletiyor. Tesis içi yatırımların şebeke kapasitesi genişleyip değişene kadar devam etmesi muhtemeldir.

İlgili trend: Yapay zekaya güç veriyor.

Sahada enerji üretimi (dizel jeneratörler şeklinde) onlarca yıldır çoğu bağımsız veri merkezi için vazgeçilmez olmuştur. Ancak, sürekli güç kullanılabilirliği zorlukları, operatörler için tam bir 'enerji otonomisini' neredeyse kaçınılmaz bir gereklilik haline getiriyor.

Veri merkezleri, yapay zekanın ortaya çıkmasından önce bile bir enerji sıkıntısı ile karşı karşıyaydı. Büyük bulut operatörleri, ChatGPT'nin piyasaya sürülmesinden önceki yıl 2017'den 2021'e kadar elektrik kullanımlarını iki katına çıkardı⁶. 2018 yılında, veri merkezleri ABD'de üretilen tüm elektriğin %1,9'unu tüketti⁷. Bugün, yapay zeka çağının üç yılı içinde, bu sayı %4,5, ve 2026'da %6'ya ulaşabilir⁸.

Deloitte'e göre, ABD'deki yapay zeka veri merkezlerinden gelen güç talebi, 2035 yılına kadar 30 kattan fazla artabilir – 2024'teki dört gigawatt'tan bundan on yıl sonra 123 gigawatt'a⁹.

Sonuç olarak, sektörün toplam ABD enerji tüketimi payının 2030 yılına kadar %9,1'e kadar yükselmesi beklenmektedir¹⁰. Örneğin, Virginia'da veri merkezleri eyaletin toplam elektriğinin %25'ini oluşturmaktadır¹¹.

Buna karşılık, veri merkezleri yeni şebeke kapasitesi çevrimiçi hale getirilmeden önce genellikle bir boşluğu kapatmak için kendi kendine üretime geçiyor. Bölgesel varyasyon, şebeke istikrarsızlığı

nedeniyle bazı ülkelerdeki operatörler, özellikle de gelişmekte olan bölgelerdeki operatörler için önemli bir tesis içi üretime (genellikle dizel jeneratörler aracılığıyla) yatırım yapmak zorunda bırakılan bir faktördür.

Tesis içi güce hibrit yaklaşımlar arasında, dizel jeneratörler, KGK ve akü enerji depolama ile birlikte rüzgar ve güneş enerjisine bağlanan mikro şebekeler yer alır sistemi (BESS).

Yapay zeka veri merkezleri tarafından benimsenen yerinde üretim teknolojileri, CCHP için ölçeklenebilir güç ve termal enerji (birleşik soğutma, ısı ve güç) sağlamak için doğal gaz türbinlerini ve pistonlu motorları içerir. Bu teknolojiler, tasarım döngülerini kısaltmak ve kurulumu standartlaştırmak için modüler, önceden tasarlanmış bloklar olarak paketlenmiş güç ve soğutma çözümleri ve hizmetleriyle birlikte kullanılabilir.

Güç kullanılabilirliği zorluklarını karşılamaya yardımcı olabilecek diğer teknolojiler arasında hidrojen yakıt hücreleri ve küçük modüler reaktörler (SMR'ler) biçiminde nükleer güç yer alır. Jeotermal bazı bölgelerde de bir seçenek olabilir. Çoğu durumda, maliyet, güvenlik ve kullanılabilirlik üçlüsü göz önüne alındığında, tesis içi güç sistemlerinin seçimi bir karıştırma ve eşleştirme alıştırmaları olacaktır.

“ Veri merkezi şirketleri enerji işine girmek için acele etmiyor, ancak yapay zekanın inanılmaz büyümesi ve ilgili güç talepleri, onları yaratıcı çözümler bulmaya zorlamaya devam edecektir. Nihayetinde bu, gelecekteki şebeke kapasitesi belirsiz kalırken, etkili bir köprüleme teknolojisi olsa bile kendi kendini üretmeyi de içeriyor.”

Peter Panfil

Seçkin Mühendis ve Başkan Yardımcısı, Teknik İş Geliştirme, Vertiv

Makro kuvvetleri

- **Bir bilgi işlem birimi olarak veri merkezi:** Entegre bir sistem olarak şebekeden çipe kadar tüm güç aktarma organlarını yönetmek, güç kullanılabilirliği ve verimlilik zorluklarının üstesinden gelmeye yardımcı olacaktır.
- **Gigawatt ölçeklendirme hızı:** Sahada enerji üretimi, en büyük sahalara hızla güç sağlamak için giderek daha gerekli hale gelmiştir.

Etkilenen segment

- Hiper ölçekli, büyük ortak yerleşim, sahada üretime yatırım yapmak için gerekli ölçeğe ve gerekliliğe sahip olacaktır.
- Bazı daha küçük edge tesisleri, enerji üretim kaynaklarının yakınında harmanlanmış olarak ortaya çıkabilir.

Sürücüler

- Yapay zekanın yaygınlaşması ve bunun sonucunda veri merkezi enerji taleplerinde ve maliyetlerinde artış.
- Güç şebekesinin sınırlamaları ve istikrarsızlığı.
- Sorumlu iş hedeflerini karşılama ihtiyacı.

Zorluklar

- Tesis içi üretim ekipmanında eksiklikler ve nitelikli işgücü.
- Aşağıdakilerle ilgili direnç/düzenleyici komplikasyonlar nükleer yerleştirmeler.

İlgili/örnek teknolojiler

- Gaz türbinleri ve ilgili teknoloji.
- Güneş enerjisi, piller ve yakıt hücreleri kullanan DC mikro şebekeleri.
- Sahada nükleer üretime ilgi. Küçük modüler reaktörler (SMR'ler) ortalama 300 MW kapasiteye sahiptir ve büyük veri merkezleri veya küçük kümeler için esnek, ölçeklenebilir çözümler sunar.

Önerilen eylemler

- Kendi kendine güç BYOP&C (kendi gücünüzü ve soğutmanızı getirir) stratejileri, kurumdan hiper ölçekliye kadar veri merkezleri yelpazesinde uygulanabilir. Ayrıca, daha uzun süreli piller ve BESS sistemlerinden düşük etkili doğal gaz jeneratörlerine ve türbinlerine ve hatta düşük etkili hidrojen bazlı yakıt hücrelerine kadar özel ihtiyaçlara göre uyarlanabilirler. Mevcut güç korumasını oluşturan ve tamamlayan ve altyapıları yedekleyin.

^{6,10,11} EPRI, 2024.

⁷ Shehabi, A., Newkirk, A., Smith, S., vb. Al., 2024. Lawrence Berkeley Ulusal Laboratuvarı.

^{8,9} Stansbury, M., Marchese, K., Hardin, K. ve Amon, C., 2025. Deloitte.

4 / Dijital ikiz tahrikli tasarım ve operasyonlar

Veri merkezleri dijital ikizler kullanılarak sanal olarak eşlenebilir ve belirlenebilir ve BT ve altyapı, bilgi işlem birimleri olarak entegre edilecek ve dağıtılacaktır. Bu yaklaşım, gelecekteki yapay zeka gelişmeleri için gereken gigawatt ölçeğinde yapımlara ulaşmanın anahtarı olacaktır.

İlgili trend: Uyarlanabilir, esnek sıvı soğutma.

Digital Twin teknolojisinin formları, on yıldan uzun bir süredir veri merkezinde seçici olarak kullanılmıştır, ancak genellikle bilgi işlem sıvısı dinamikleri (CFD) ve diğer yaklaşımlar kullanılarak sıcak noktalardan veya soğutma verimsizliklerinden kaçınmak için kullanılır. Taktiksel bir araçtı ama nadiren stratejik bir araçtı.

Yapay zeka destekli sanal modeller, mühendislik ve üretim için artık dönüştürücü hale geliyor. Geleneksel CFD ve bilgisayar destekli mühendisliği (CAE) NVIDIA'nın en yeni GPU'lar tarafından desteklenen gerçek zamanlı fiziksel olarak doğru simülasyon platformu Omniverse¹² gibi teknolojilerle geliştirmek, gerçek zamanlı görselleştirmeye olanak tanıyarak daha kısa geliştirme döngüleri ve daha fazla hassasiyet.

Dijital ikizler, referans mimarinin fizik tabanlı, fotogerçekçi modellerini oluşturmak için kullanılabilir. Bu, mimarlar, mühendisler ve operatörlerle gerçek zamanlı iş birliğine olanak tanıyarak kurulumdan önce hızlı tasarım yinelemesine ve doğrulamasına olanak tanır. Dijital ikiz altyapı performansını simüle eder, değişkenleri ve arıza senaryolarını sanal olarak test eder, bu da zamandan tasarruf sağlar ve projelerin risklerini azaltır. Bu özellik, sistem performansını sürekli olarak geliştirmek için kapalı döngü optimizasyonu ve ileri besleme kontrolleri sağlayarak operasyonları da kapsar ve yaşam döngüsü boyunca daha akıllı altyapı kararları için dinamik bir araç haline getirir.

Veri merkezindeki dijital ikiz teknolojisinin en büyük potansiyel faydalarından biri, fiziksel dünyada gerçekleştirilmeden önce tasarım veya dağıtım kararlarının sanal bir alanda simüle edilmesini sağlamasıdır. Bu, maliyeti veya dayanıklılık veya verimlilik üzerindeki olumsuz etkileri azaltma potansiyeline sahiptir.

Dijital ikizlerin de gerçek zamanlı verilere dayalı olarak güncel tutulması gerekir, bu nedenle veri merkezi yönetim yazılımı ve dijital hizmetlerle entegrasyon da devam eden gelişmelerin bir parçasıdır.

Veri merkezi operatörleri, bir bilgi işlem tasarımı yaklaşımı birimini dijital ikiz teknolojiyle birleştirerek artan verimlilik ve dayanıklılık düzeyleriyle tesisler tasarlayabilecek, kurabilecek ve işletebileceklerdir. Veri merkezleri artık BT ile doldurulmuş manuel olarak tasarlanmış binalar değil, dijital olarak tasarlanmış ve işletilen bilgi işlem birimleri olacaktır.



Dijital ikiz teknolojisi, tüm altyapının inşaat öncesinde ve sonrasında gerçek zamanlı olarak simüle edilmesine, izlenmesine ve optimize edilmesine olanak tanır. Altyapı artık bilişim platformlarından bağımsız olarak çalışmaz; bir veri merkezi bilgi işlem yükleri değişikçe sürekli uyum sağlayan bir sistem."

Steve Blackwell

Başkan Yardımcısı, Mühendislik, Vertiv

Makro kuvvetleri

- **Bir bilgi işlem birimi olarak veri merkezi:** Dijital ikiz teknolojisi yüksek dağıtım karmaşıklığını yönetmek için kullanılabilir entegre sistemler.
- **Silikon çeşitlendirme:** Veri merkezi altyapısının, dijital ikiz simülasyonlarla desteklenebilecek artan bir çip yelpazesi etrafında tasarlanması ve optimize edilmesi gerekecektir.

Etkilenen segment

- Hiper ölçekli, Yapay Zeka Fabrikaları ve büyük ortak yerleşim. Akademik ve araştırma amaçlı yüksek performanslı bilgi işlem (HPC) laboratuvarları gibi bazı özel kurumsal tesisler.

Sürücüler

- Gerçek dünyada gerçekleştirilmeden önce yapıları, değişiklikleri modelleyerek daha doğru kapasite planlaması.
- Gerçek zamanlı görselleştirme, daha kısa geliştirme döngüleri ve daha fazla hassasiyet vaat eder.

Zorluklar

- Dijital ikiz teknolojinin benimsenmesi hızlanıyor, ancak yine de yeni ortaya çıkıyor.
- Hala geleneksel ürün, teknoloji hatları ve BT/tesisler genelinde tasarlanmış ve dağıtılmış veri merkezlerinin bölünmesi bütünsel yaklaşımları engelleyebilir.

İlgili/örnek teknolojiler

- NVIDIA'nın Omniverse platformu.
- Bilgi işlem yaklaşımı birimiyle uyumlu prefabrik modüler teknolojiler.

Önerilen eylemler

- Kuruluşlar, hem tasarımı hem de operasyonu iyileştirme kabiliyetlerini anlamak için veri merkezi dijital ikiz teknolojisini araştırmalıdır. Veri merkezinin bir sonraki bilgi işlem birimi olduğu kavramı, daha soyut olsa da, tesis genelinde güç, termal ve BT katmanlarının daha yakın entegrasyonu yoluyla verimlilikleri artırma fırsatlarını belirlemek için kullanılmalıdır.

¹² Vertiv, 2025.

5 / Uyarlanabilir, esnek sıvı soğutma

Zamanla, sıvı soğutma sistemleri izleme ve adapte olma yeteneğiyle dolaşım sistemlerine benzer hale gelebilir. Yeni formlar teknoloji olgunlaşmaya devam ettikçe sıvı soğutma ortaya çıkacaktır.

İlgili trend: Dijital ikiz odaklı tasarım ve operasyonlar.

Yapay zeka, sıvı soğutmanın benimsenmesini hızlandırdı. Çoğunlukla HPC laboratuvarlarında kullanılan tek seferlik bir niş teknolojisinden AI Fabrikaları için önemli bir termal sisteme geçti. Endüstri analistleri Dell'Oro'nun yakın tarihli araştırmalarına göre, raf yoğunlukları arttıkça sıvı soğutma önemli ölçüde artacak ve sıvı, ısı yayılımı için baskın teknoloji haline gelecektir. Dell'Oro araştırma direktörü Alex Cordovil, "Sıvı nişten gerekli olana geçiyor" dedi.¹³

Bununla birlikte, sıvı soğutmanın benimsenmesinde bir itici güç olarak AI'ya çok fazla dikkat gösterilmiş olsa da, sıvı soğutma sistemlerinin tasarımını ve çalışmasını optimize etmek için AI da kullanılabilir. Sıvı soğutma giderek daha kritik hale geldikçe, yapay zeka arızaların meydana gelmeden önce tespit edilmesi (öngörücü bakım) veya sıvının yeniden yönlendirilmesi gibi 'uyarlanabilir' yeteneklerin ortaya çıkmasını sağlayabilir sızıntı kaynaklarının etrafında. Gelişmiş uyarlanabilir özellikler soğutma döngülerine sensörlerin gömülmesi gibi yenilikler gerektirir sıcaklığı, basıncı, soğutma sıvısı kalitesini ve akış hızlarını izlemek için. Özel veri merkezi yönetim yazılımı ve ilgili dijital hizmetler de kestirimci bakım özellikleri sağlamada önemli olacaktır.

Gelecekte bir tür 'kendi kendini iyileştirme' yeteneğine ilerlemeler bile olabilir, ancak bu ek ilerlemeler gerektirecektir akıllı malzemelerde – potansiyel olarak sıvı metallerde¹⁴ – gerçek kendi kendine onarım (muhtemelen büyük arızalar veya hasarlar için değil).

Yapay zeka ayrıca, özellikle tesisin erişilmesi zor bölgelerinde, termal zincir ekipmanlarını incelemek ve servis için otonom robotlar gibi fiziksel yapay zeka şeklinde de ortaya çıkabilir.

Ancak, uyarlanabilir ve otomatik servisteki potansiyel gelişmelere rağmen, sıvı soğutmanın kurulması karmaşık bir süreç olabilir. Veri merkezi ekipleri, vasıflı servis iş ortaklarının tesisat gereksinimleri, soğutma dağıtımı, özel tasarım unsurları, risk azaltma stratejileri ve sıvı döngüsü içindeki entegre sistemlerin çözüm mimarisi gibi önemli sorunları ele almasını zorunlu kılmaya devam edecektir.

Sıvı soğutma teknolojisinin önümüzdeki beş yıl içinde ve sonrasında nasıl daha geniş bir şekilde gelişeceğine bakıldığında, faz değişimi, farklı soğutucu türleri ve tam daldırma potansiyeli gibi yaklaşımları içerebilir.¹⁵ Söz konusu bazı karmaşıklıklar ve maliyetler nedeniyle bugüne kadar sınırlı alım olmuştur. Adından da anlaşılacağı gibi, batırma, sunucuları iletken bir sıvıya daldırmayı ve hava soğutma ve fan ihtiyacını ortadan kaldırmayı içerir. Daldırma, fizik açısından en saf sıvı soğutma biçimi olmaya devam ediyor, ancak uzun vadede benimsenmesi, pratik zorlukların ve maliyetlerin üstesinden gelmeye bağlı olacak.

“Sıvı soğutma teknolojisi ana bilgisayar çağından bu yana kullanılıyor ve bu süre içinde gelişmeye devam ediyor. Gelecekte sıvı soğutmanın daha da yaygın bir şekilde benimsendiğini göreceğiz ve buna tam sürükleyicilik gibi uyarlanabilir kabiliyetler ve yaklaşımlar dahil olmak üzere yenilikler eşlik edecektir.”

Nigel Gore

Başkan Yardımcısı,
Yüksek Yoğunluklu ve Sıvı Soğutma, Vertiv

Makro kuvvetleri

- **Silikon çeşitlendirme:** Sıvı soğutma sistemlerinin çok çeşitli çipler ve bilgi işlem sistemleri için optimize edilmesi gerekecektir.
- **Aşırı yoğunluk:** Artan kabin yoğunlukları, geleneksel hava soğutmasına kıyasla sıvı soğutmanın benimsenmesi için önemli faktörlerden biridir.

Etkilenen segment

- Hiper ölçekli, Yapay Zeka Fabrikaları ve büyük ortak yerleşim. Akademik ve araştırma amaçlı HPC laboratuvarları gibi bazı özel kurumsal merkezler.

Sürücüler

- Uyarlanabilir yetenekler, öngörücü ve proaktif yönetim yoluyla verimlilik sağlayabilir, duruş süresini azaltabilir.
- Gelişmiş ısı yayılımı. Sıvı soğutma, yüksek yoğunluklu rafları verimli bir şekilde soğutmak için hava kullanmaktan çok daha etkili olan su veya diğer sıvıların daha yüksek termal transfer özelliklerini kullanır.
- Azalan ayak izi. Sıvı soğutma aynı zamanda aynı fiziksel ayak izi içinde daha yüksek yoğunluk sağlayarak alan kullanımını en üst düzeye çıkarır.

Zorluklar

- Adaptif ve kendi kendini iyileştirme yetenekleri ve malzemeleri hala çok yeni ortaya çıkıyor.
- İki fazlı daldırma gibi bazı sıvı soğutma formları, HPC dışında nispeten niş kalır.
- Geleneksel hava soğutma veya hibrit yaklaşımlar, yakın ila orta vadede bazı kurumsal yapay zeka hızlandırmalı bilgi işlem gereklilikleri (AI çıkarımı) için uygun olabilir.

İlgili/örnek teknolojiler

- İzleme ve arıza tespiti için akıllı entegre sensörler.
- Gelişmiş yönetim ve kontrol yazılımı.
- Kendi kendine onarım için akıllı malzemeler.
- Servis ve onarım için otonom robotlar.

Önerilen eylemler

- Daha önce sıvı konuşlandırmış olan operatörler, yeni teknolojilerdeki ilerlemeleri izlemeye devam etmeli, ancak daha da önemlisi, sıvılar ve kabin/mimari gibi alanlardaki standartları izlemelidir. Teknolojiyi kullanmayan operatörler - öncelikle kurumsal operatörler - hava bazlı soğutmada devam eden gelişmeleri ve aynı zamanda mevcut hibrit hava ve sıvı soğutma teknolojilerinin artan aralığını izlemelidir. Sıvı soğutma sistemlerinin TCO'sunun kapsamlı bir analizi de kritik öneme sahiptir.

¹³ Dell'Oro Group, 2025.

¹⁴ Yu, M., Zhang, C., Feng, J., et. Al., 2025. Malzeme Bilimi ve Mühendisliği.

¹⁵ Ebermann, H., 2024. Vertiv.

İleriye bakmak: gelecekteki beklenen trendler

- / Kuantum ve nöromorfik adım değişikliği
- / Zorlu ortam veri merkezleri
- / Fiziksel yapay zeka ve robotik
- / AGI'nin ölçek, tasarım ve operasyonlar üzerindeki etkisi
- / Bilgi işlem, silikon inovasyonu

Kısa vadeli ufku ötesinde, dijital altyapıyı yeniden tanımlama potansiyeliyle ek bir teknoloji dalgası ortaya çıkıyor. Bu yenilikler, daha az acil olsa da, veri merkezlerinin önümüzdeki yıllarda güçlendirilmesi, soğutulması ve ölçeklendirilmesinde değişikliğe neden olabilir.

Kuantum ve nöromorfik adım değişikliği

Veri merkezi tasarımını ve operasyonlarını yeniden oluşturma kapasitesine sahip teknoloji trendleri, tesis tarafıyla sınırlı değildir. Yapay zeka ve AGI, güç ve termal inovasyona bağlı olsa da açıkça BT odaklıdır. Ancak, yapay zeka ile uyumlu olmasına rağmen benzer şekilde etkili olabilecek başka bilgi işlem tarafı yenilikler de vardır. Yapay zekanın yanı sıra, kuantum muhtemelen en iyi bilinen ancak aynı zamanda en az anlaşılan bilgi işlem inovasyonu alanıdır. Analist Gartner, kuantum hesaplamayı şu şekilde tanımlar: "kuantum bitleri kullanan klasik olmayan bir bilgi işlem türü (qubit) kullanılan 0 veya 1 yerine bilgiyi temsil eder klasik bilgisayarlarda."¹⁶

Kuantumun veri merkezi tasarımı ve operasyonları üzerindeki spesifik etkisi hala sorguya açıktır. Hizmet olarak kuantum bilgi işlemi sağlamak için çalışan hiper ölçeklerin dışında, kuantum sistemlerinin en azından yakın vadede uzman HPC ve süper bilgi işlem tesislerinde kalması muhtemeldir. Bu sistemler, kriyojenik soğutma sistemlerinin kullanımı da dahil olmak üzere gelişmiş güç ve ısı teknolojileri gerektirir. Kuantum sistemlerinin hızlandırılmış bilgi işlemle yeniden yapılan veri merkezlerine entegre edilmesi, zorluklar ve daha fazla yenilik için fırsatlar sağlayacaktır.

Nöromorfik bilgi işlem, insan beynine benzer işlevlere sahip bilgi işlem donanımı ve yazılımı geliştirmeyi amaçlar. 1980'lere dayanan bu yaklaşım, veri hareketini azaltarak işleme verimliliğini artırır ve bilgisayar görüşü, robotik ve otonom araçlarda uygulamalara sahiptir.¹⁷ Ayrıca performansı ve güç kullanımını iyileştirme potansiyeline sahiptir. Nöromorfik teknoloji uç nokta uygulamalarında da uygulanabilir ve bu da bazı senaryolarda merkezi olarak sunulan bulut hizmetlerine olan ihtiyacı azaltır.

Nöromorfik işleme ünitelerinin (NPU'lar) entegrasyonu mimari gereksinimleri statik kapasiteden dinamik yanıt verme yeteneğine kaydıracaktır. Bu üniteler, granüler güç telemetrisi ve milisaniye altı kontrol döngüleri gerektiren yüksek derecede uçucu, 'dinamik' iş yükleri oluşturur. İşlemenin kendisi verimli olsa da, ortaya çıkan yüksek yoğunluklu entegrasyon, termal etkin noktaları etkili bir şekilde yönetmek için yerleştirilmiş, uyarlanabilir soğutma stratejileri gerektirecektir.

Zorlu ortam veri merkezleri

Veri merkezi operatörleri, son yıllarda alışılmadık, genellikle aşırı ortamlardaki yerleştirmeleri denedi. Microsoft, Natick¹⁸ Projesi ile ilk sualtı veri merkezlerini başarıyla dağıttı ve diğerleri de bu doğrultuda ilerledi - özellikle Çin'in sualtı veri merkezi kümesi Highlander. OpenAI ve Samsung da kısa süre önce yüzer tesislere ilişkin planları duyurdu.¹⁹ Bu tesisler, her durumda soğutma maliyetlerini azaltmak ve kaynak tüketimini yönetmek için ortamlarını kullanıyor. Ancak, bugüne kadar bu tür tesislere olan talep sınırlı olmuştur, yani bu örnekler, etkin bir şekilde işleyen pilot proje olarak işlev görecektir. İleriye baktığımızda, yapay zekaya ve ilgili iş yüklerine olan talep, su altında, yeraltında ve hatta uzayda tesislerin büyümesini sağlayabilir. Bu, artan güç ve arazi kullanılabilirliği sorunlarına bir yanıt olabilir. Alana dayalı veri merkezleri fikri, bilim kurgu dünyasından, konsepti ciddiye alan en büyük teknoloji şirketlerinin bile kullandığı pratik kurulumlara doğru kayıyor. "Bu dev antrenman grupları, uzayda daha iyi inşa edilecekler, çünkü 7/24 orada güneş enerjisi var. Bulut ve yağmur yok, hava yok," diyor Amazon kurucusu Bezos ve ekliyor.²⁰ Tesla kurucusu Elon Musk da benzer tahminlerde bulundu. Bu ivmeye rağmen, maliyet gerçek bir ölçeğe ulaşmak için üstesinden gelinmesi gereken önemli bir sorun olacaktır.



Fiziksel Yapay Zeka ve robotik

Fiziksel yapay zeka, akıllı kameralardan, otonom araçlardan ve hatta robotlardan gerçek dünyayla etkileşim için yapay zeka sistemlerinin kullanımını ifade eder. Bu sistemleri gelişmiş veri merkezi yönetim yazılımı ve dijital hizmetlerle birleştirmek, veri merkezi tasarımı ve operasyonlarında daha fazla inovasyon sağlama potansiyeline sahiptir (özellikle AGI'deki gelişmelere uygunsuz). On yıldan uzun bir süredir belirli tesis sınıfları için 'kapalı' veya insansız veri merkezi kavramına doğru kademeli bir hareket olmuştur. Uzaktan yönetim yazılımının ve hafif dokunma hizmetlerinin kullanılması, insan müdahalesinin minimumda tutulmasını sağlar. Fiziksel yapay zeka ve robot teknolojisinde ilerleme olasılığı bu süreci hızlandırabilir. McKinsey'e göre yapay zeka, farklı ortamlarda farklı ve ilgisiz görevleri tamamlayabilen genel amaçlı robotların geliştirilmesini teşvik ediyor.²¹ Belki de istisnai durumlar dışında daha az sayıda özel insan personeli gerektiren bir tesis, günümüzün en gelişmiş tesislerinden bile çok farklı görünecekti. Sıcaklıktan koridor alanına ve tavan yüksekliğine, güvenlik önlemlerine kadar her şey bir dereceye kadar insan erişimine dayanır. İnsanları kompakt el becerisine sahip robotlar da dahil olmak üzere fiziksel yapay zeka sistemleriyle değiştirmek, yapay zekanın yönlendirdiği veri merkezi tasarımındaki yoğunlaşmayı daha da hızlandırabilir.

AGI'nin ölçek, tasarım ve operasyonlar üzerindeki etkisi

Yapay Genel Zeka (AGI) – insan düzeyinde makine zekası – birçok yapay zeka laboratuvarının temel hedefidir. Ortaya çıkmanın ne kadar sürdüğü ve hangi biçimde olduğu tartışmaya tabidir ancak en az birkaç yıl sürebilir. IDC'ye göre, 2028 yılına kadar G2000 şirketlerinin %30'u toplam üzerinde dönüştürücü bir etkiye sahip olacak AGI (şu anda spekülasyon) sistemleriyle deneyler yapacak.²² Bu muhtemelen eğitim için gigawatt ölçeğindeki AI Fabrikalarına sürekli yatırım yapılmasını gerektirecektir – ancak bu süre içinde yeni yaklaşımlar ortaya çıkabilir. AGI, sürekli veri merkezi geliştirmelerini sağlamanın yanı sıra, veri merkezi operasyonları üzerinde de bir etkiye sahip olabilir. AGI benzeri özellikler veri merkezi yönetimi ve kontrol yazılımı sistemlerine entegre edilebilirse, bu durum performansı, dayanıklılığı ve verimliliği daha da iyileştirebilir. Bu ayrıca sıkı güvenlik ve emniyet protokollerinin uygulanmasını da gerektirir.

Bilgi işlem, silikon inovasyonu

Silikon çeşitlendirmenin makro kuvveti ve spesifik kuantum ve nöromorfik adım değişikliği trendi ile uyumlu olarak, diğer bilgi işlem ve silikon inovasyonu formları da gelişmektedir ve veri merkezi altyapısı üzerinde önemli bir etkiye sahip olabilir. Bu tür bir alan, yonga plakası ölçekli yongalar olarak adlandırılır. Bu hızlandırıcılar, geleneksel CPU veya GPU'lardan büyük siparişlerdir. Araştırmacılara göre²³, çipten çipe iletişim miktarını azaltarak yapay zeka modellerinin geleneksel çip tasarımlarından daha hızlı ve daha verimli çalışmasını sağlayabilirler. Veri merkezi kritik altyapısı üzerindeki özel etki, son derece yüksek yoğunluklara ve entegre sıvı soğutmaya sahip daha kompakt AI Fabrikalarına olanak sağlamak olacaktır. Yeni raf seviyesi form faktörleri, modüler, yonga plakası için optimize edilmiş tasarımların potansiyeliyle birlikte gelişebilir. Teknoloji olgunlaştıkça daha fazla ayrıntı ortaya çıkacaktır.

¹⁶ Gupta, G., 2024. Gartner.

¹⁷ Vertiv, 2025.

¹⁸ Microsoft, n.d.

¹⁹ Samsung, 2025.

²⁰ Pollina, E. ve Piovaccari, G., 2025. Reuters.

²¹ Kelkar, A. ve Jansen, C., 2025. McKinsey & Co.

²² Jyoti, R., Lava, S., Murat, M., et. Al., 2023. IDC.

²³ Davis, S., 2025. Yarı İletken Özeti.

Özet



Yapay zekanın etkileri giderek daha somut hale geliyor: artan yoğunlaşma, hızlı gigawatt ölçeğinde genişleme, silikon çeşitlendirme ve veri merkezlerinin bilişim birimleri olarak ortaya çıkması nedeniyle hızlı dönüşüm. Veri merkezlerinin sonuçları tasarım, güç, ısı yönetimi, BT sistemleri, hizmetler ve yazılımlar arasında dalgalanır.

Vertiv, kuruluşların dijital ikizler, yerinde güç üretimi, yüksek voltajlı DC dağıtımı, gelişmiş sıvı soğutma ve yapay zeka dağıtımı için yeni form faktörleri gibi teknolojileri benimseyerek bu zorluklarla karşılaşacağını öngörüyor. Buna ek olarak Vertiv, paydaşların bir sonraki adımı tahmin etmelerine olanak sağlamaya kendini adanmıştır; bu da gelişmekte olan teknolojilere bir bakış açısı sağlar, daha akıllı yatırım kararlarına rehberlik eder ve esnek, geleceğe hazır altyapının geliştirilmesini destekler.

Vertiv Frontiers, veri merkezi topluluğunu yapay zeka, gelişmiş bilgi işlem ve benzeri görülmemiş inovasyonla tanımlanan bir dünyada gezinmek için gereken bilgi ve bakış açısıyla donatmayı amaçlamaktadır.

Vertiv **Frontiers**'i takip edin:
www.vertiv.com/frontiersreport

[Yapay zekayı desteklemek için en son kritik dijital altyapı yenilikleri hakkında daha fazla bilgi için](#)

[Vertiv Yapay Zeka Merkezini ziyaret edin:](#)
www.vertiv.com/en-us/solutions/ai-hub/

Kaynakça

- Bizo, D. (2024). Uptime Institute İstihbaratı. Veri merkezi elektrifikasyonunun radikal olarak revize edilmesini tetikleyen yapay zeka. <https://www.scribd.com/document/932099216/AI-to-Trigger-Radical-Overhaul-of-Data-Center-Electrification>.
- Uşak, G. (2024). Veri Merkezi Dinamikleri. Google, veri merkezi sabit disklerini ve ekipmanlarını yönetmek için robotları test ediyor. <https://www.datacenterdynamics.com/en/news/google-tests-robots-for-managing-data-center-hard-drives-and-equipment/>.
- Davis, S. (2025). Yarı İletken Özeti. Yonga plakası ölçeğindeki hızlandırıcılar YZ'yi yeniden tanımlayabilir. <https://www.semiconductor-digest.com/wafer-scale-accelerators-could-define-ai/>.
- Dell'Oro Grubu. (2025). Dell'Oro Group'a göre, ısı yönetimi ve kabin PDU ve veri yolu hattı lider büyümesi; sıvı soğutma 2029 yılına kadar dört katına çıkacak; veri merkezi fiziksel altyapı pazarını 2029 yılına kadar 63,1 milyar \$'a çıkarmak için yapay zeka kurulumu. <https://www.delloro.com/news/ai-build-out-to-propel-data-center-physical-infrastructure-market-to-63-1-billion-by-2029/>.
- Ebermann, H. (2024). Vertiv. Daldırma soğutma sistemleri: AI ve HPC veri merkezleri için avantajlar ve dağıtım stratejileri. <https://www.vertiv.com/en-emea/about/news-and-insights/articles/blog-posts/advancing-data-center-performance-with-immersion-cooling/>.
- EPRI. (2024). Zekâyı güçlendirmek: Yapay zeka ve veri merkezi enerji tüketimini analiz etme. <https://www.epri.com/research/products/000000003002028905>.
- Gartner. (2025). Gartner, dünya çapındaki BT harcamalarının 2026'da %9,8 artarak ilk kez 6 trilyon doları aşacağını tahmin ediyor. <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2025-10-22-gartner-forecasts-worldwide-it-spending-to-grow-9-point-8-percent-in-2026-exceeding-6-trillion-dollars-for-the-first-time>.
- Gupta, G. (2024). Gartner. Kuantum bilişim nedir? Ve yöneticiler neden önemsemelidir. <https://www.gartner.com/en/articles/quantum-computing>.
- IDC. (2024). Yeni IDC harcama kılavuzuna göre, 2028 yılında dünya çapında yapay zeka harcamalarının 632 milyar dolara ulaşacağı tahmin edilmektedir. <https://my.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS52530724>.
- Jyoti, R., Lava, S., Murat, M., Gens, A., Iisaka, N., Schubmehl, D., Ward-Dutton, N., Hamel, J., Arcaro, M., Kuppuswamy, R., Sutherland, H., Cooke, J., Giri, D. ve Lange, K. (2023). IDC. IDC FutureScape: Dünya çapında yapay zeka ve otomasyon 2024 tahminleri. https://www.idc.com/wp-content/uploads/2025/03/IDC_FutureScape_Worldwide_Artificial_Intelligence_and_Automation_2024_Predictions_-_2023_Oct.pdf.
- Kelkar, A. ve Jansen, C. (2025). McKinsey & Co. Otomasyonda bir sıçrama: Genel amaçlı robotların arkasındaki yeni teknoloji. <https://www.mckinsey.com/industries/industrials-and-electronics/our-insights/a-leap-in-automation-the-new-technology-behind-general-purpose-robots>.
- Korst, J., Puntoni, S. ve Tambe, P. (2025). Wharton Human AI Research, Pennsylvania Üniversitesi. 2025 Yapay Zekanın benimsenmesi raporu: Yapay Zeka neslinin kurum için hızlı geçişleri. https://ai.wharton.upenn.edu/wp-content/uploads/2025/10/2025-Wharton-GBK-AI-Adoption-Report_Full-Report.pdf.
- Microsoft. (n.d.). Project Natick Aşama 2. <https://natick.research.microsoft.com/>.
- Noffsinger, J., Patel, M. ve Sachdeva, P. (2025). McKinsey & Co. Bilgi işlemin maliyeti: Veri merkezlerini ölçeklendirmek için 7 trilyon dolarlık bir yarış. <https://www.mckinsey.com/industries/technology-media-and-telecommunications/our-insights/the-cost-of-compute-a-7-trillion-dollar-race-to-scale-data-centers>.
- Pollina, E. ve Piovaccari, G. (2025). Reuters. Veri merkezleri uzayda mı? Jeff Bezos bunun mümkün olduğunu söylüyor. <https://www.reuters.com/business/energy/data-centres-space-jeff-bezos-thinks-its-possible-2025-10-03/>.
- Samsung. (2025). Samsung ve OpenAI, küresel yapay zeka altyapısındaki gelişmeleri hızlandırmak için stratejik ortaklığı duyurdu. <https://news.samsung.com/global/samsung-and-openai-announce-strategic-partnership-to-accelerate-advancements-in-global-ai-infrastructure>.
- Shehabi, A., Newkirk, A., Smith, S., Hubbard, A., Lei, N., Siddik, M., Holecek, B., Koomey, J., Masanet, E. ve Sartor, D. (2024). Lawrence Berkeley Ulusal Laboratuvarı. 2024 Amerika Birleşik Devletleri veri merkezi enerji kullanım raporu. <https://doi.org/10.71468/P1WC7Q>.
- Smith, M. (2025). Vertiv. HVDC ile bir sonraki enerji evrimine hazırlanma. <https://www.vertiv.com/en-us/about/news-and-insights/articles/blog-posts/preparing-for-the-next-energy-evolution-with-hvdc/>.
- Stansbury, M., Marchese, K., Hardin, K. ve Amon, C. (2025). Deloitte. ABD altyapısı yapay zeka ekonomisine ayak uydurabilir mi? <https://www.deloitte.com/us/en/insights/industry/power-and-utilities/data-center-infrastructure-artificial-intelligence.html>.
- Vertiv. (2025). Simülasyondan gerçeğe: Yapay zeka odaklı dijital ikizler tasarımı yeniden tanımlıyor. <https://www.vertiv.com/en-emea/about/news-and-insights/articles/blog-posts/from-simulation-to-reality-ai-driven-digital-twins-define-design/>.
- Vertiv. (2025). Zekânın avantajı: Nöromorfik bilişimin yapay zekayı nasıl değiştirdiği. <https://www.vertiv.com/en-emea/about/news-and-insights/articles/educational-articles/the-edge-of-intelligence-how-neuromorphic-computing-is-changing-ai/>.
- Yu, M., Zhang, C., Feng, J., Sun, Q., Yang, C., Zeng, X., Chu, P. ve Tian, Y. (2025). Malzeme Bilimi ve Mühendisliği. Sıvı metal simyası: Yeni nesil elektronikler için kendi kendini onaran galyum bazlı malzemelerin kilidinin açılması. <https://doi.org/10.1016/j.jmse.2025.101073>.

TASLAK



Frontiers

Vertiv.tr | Vertiv Güç Sistemleri Ltd. Şti., Şerifali Mah.Turcan Cad. No:60, 34775, Ümraniye-İstanbul, Anadolu Kurumlar

© 2025 Vertiv Group Corp. Tüm hakları saklıdır. Vertiv™ ve Vertiv logosu, Vertiv Group Corp. şirketinin ticari markaları veya tescilli ticari markalarıdır. Atıfta bulunulan diğer tüm isimler ve logolar, ilgili sahiplerinin ticari isimleri, ticari markaları veya tescilli ticari markalarıdır. Her ne kadar bu belgenin doğru ve eksiksiz olması konusunda her türlü önlem alınmış olsa da Vertiv Group Corp., bu bilgilerin kullanılmasından veya herhangi bir hata ya da eksiklikten kaynaklanan zararlarla ilgili hiçbir sorumluluk veya yükümlülük kabul etmez. Teknik özellikler, geri ödemeler ve diğer promosyon teklifleri, Vertiv'in takdirine bağlı olarak, bildirimde bulunularak değiştirilebilir.