

Edge

→ Cloud-Edge Continuum

→ Digitale Tweelingen

→ Werkelijke realtime datastromen

→ Code overal uitvoeren

→ Robotgestuurde automatisering



Edge-gerichte technologieën

Edge computing omvat een breed scala aan technologieën, van Internet of Things (IoT), sensoren tot robots en Extended Reality (XR)-apparatuur. Het is niet verbazingwekkend dat er veel interessante trends in deze technologieën plaatsvinden. Eenvoudig gezegd verwijst edge computing naar netwerktechnologie buiten gecentraliseerde datacenters als onderdeel van het zogenaamde edge-to-cloudcontinuüm of digitaal continuüm. In de afgelopen decennia, en zelfs vandaag de dag nog, ontstond er een verschuiving van computing in huis, zoals lokale datacentra en eigen infrastructuur, naar computing in de openbare clouds van Amazon, Google en Microsoft. Anderzijds is er ook sprake van een toenemende drang naar bigtech en dus naar infrastructuur in

eigen beheer. In die zin zouden we kunnen zeggen dat conventionele edge computing in verval is geraakt. Naarmate generieke computer- en IT-diensten overgaan naar de cloud, verschuiven meer gespecialiseerde computer- en technische oplossingen naar de edge. De twee ontwikkelingen staan niet tegenover elkaar, aangezien de meeste edge-georiënteerde trends afhankelijk zijn van integratie met clouddiensten. Bovendien zijn de grenzen tussen cloud en edge in de praktijk minder duidelijk. Cloud computing verwijst naar toegang op aanvraag tot computermiddelen, zoals virtuele machines, opslag en toepassingen, via het internet. In die zin is 'cloud' een leveringsmodel voor computerdiensten.

In dit hoofdstuk zien we duidelijk bewijs van een groei in edge computing. Drijfveren van deze ontwikkelingen zijn betere draadloze netwerken, zoals 5G en in de nabije toekomst 6G, en gespecialiseerde en/of goedkopere hardware. Het is cruciaal dat sommige, zo niet alle, van de in dit hoofdstuk genoemde trends een cloudcomponent omvatten. Dit komt, omdat de vooruitgang in edge computing mogelijk wordt gemaakt door vooruitgang in clouddiensten. Tot slot willen we je erop wijzen dat, hoewel XR-technologie technisch gezien ook een belangrijk onderdeel is van edge-technologieën, er een apart hoofdstuk aan dit onderwerp is gewijd, omdat XR zo'n groot gebied is met relatief veel ontwikkelingen.



TREND #1

Cloud-Edge Continuum

Publieke waarden

 Autonomie Privacy

 Rechtvaardigheid
Transparantie | Duurzaamheid
Betrouwbaarheid van informatie, content, data en systemen

 Menselijkheid

Gereedheid

VOLG

PLAN

DOE

Drijfveren

#Connectiviteit #Decentralisatie #Privacy
#Energiezuinigheid

Er vindt meer computing plaats aan de edge, omdat edge computing extra beveiliging en privacy kan bieden, de beschikbaarheid van diensten kan verhogen, netwerklententie kan verlagen en energie kan besparen. Hoewel het ook een extra beveiligingsrisico kan inhouden als het niet correct wordt geïmplementeerd. Naarmate computerprocessen verschuiven van gecentraliseerde clouds naar mobiele apparaten en sensoren, ontstaat er een nieuw paradigma waarin werkbelastingen worden ingepland op een continuüm vanuit de cloud naar edge-gebaseerde oplossingen, afhankelijk van de vereisten ervan. Dit paradigma vereist een nieuwe infrastructuur die edge-gebruikers met elkaar en met verschillende cloudproviders verbindt, waardoor het eenvoudig is om diensten onafhankelijk van hun locatie te integreren.

Zie ook: [Computing Continuum](#)



Hoe het IoT helpt bij het creëren van slimme universiteitscampussen

Het IoT kan op vele manieren gebruikt worden om zowel de dienstverlening aan studenten als de verduurzaming en beveiliging van de campus te verbeteren. Voorbeelden zijn een 3D-holografisch model om architectuur te onderwijzen, een interactieve methode om Mandarijns te leren met behulp van robots en interactieve informatiecabines.

 [open voorbeeld](#)



Het gebruik van mobiele edge computing op het Internet of Medical Things: Een enquête

Het Internet of Medical Things vereist het streamen van grote hoeveelheden data die in realtime moeten worden geanalyseerd. Het wordt verwacht dat aan deze eisen wordt voldaan door mobiele edge-apparaten met 5G-mogelijkheden.

 open voorbeeld

Waarom autonome voertuigen zullen vertrouwen op edge computing en niet op de cloud

In situaties waarbij gegevens zo snel mogelijk geanalyseerd moeten worden, zoals bij rijdende auto's, gebeurt de berekening aan de edge. Wanneer u zich in een rijdend voertuig bevindt en dit voertuig voor zijn essentiële functies afhankelijk is van computergebruik, moet de rekenkracht zo dicht mogelijk bij de data zijn, en dat is waar edge computing om draait.

 open voorbeeld

Een verbonden huis zonder de cloud? Profiteer van slimmere sensors

Privacybewuste mensen beginnen gebruik te maken van edge-apparaten om smart homes te creëren zonder te vertrouwen op de openbare cloud. Door machinelere op een sensor te zetten, kunnen ingenieurs apparaten bouwen die geen internetverbinding nodig hebben voor basistaken.

 open voorbeeld

IMPACT

Op de campus, in het klaslokaal en in laboratoria zullen meer edge-apparaten worden aangetroffen. Met het oog op de bescherming van de privacy in zowel onderwijs als onderzoek moeten bepaalde procedures worden uitgevoerd op edge-apparaten in plaats van in de cloud, bijvoorbeeld in slimme surveillance-systemen en in gezondheidsonderzoek.

Onderzoekers vertrouwen op een combinatie van edge computing en clouddiensten om hun doelen te bereiken. Een van de problemen bij toekomstig onderzoek zal zijn om vast te stellen waar in het edge-cloud-continuüm een bepaalde berekening moet plaatsvinden.

TREND #2

Digitale tweelingen

Publieke waarden

 Autonomie Privacy

 Rechtvaardigheid
Transparantie |
Betrouwbaarheid van
informatie, content, data en
systemen

 Menselijkheid

Gereedheid

VOLG

PLAN

DOE

Drijfveren

#Connectiviteit #DigitaleEconomie

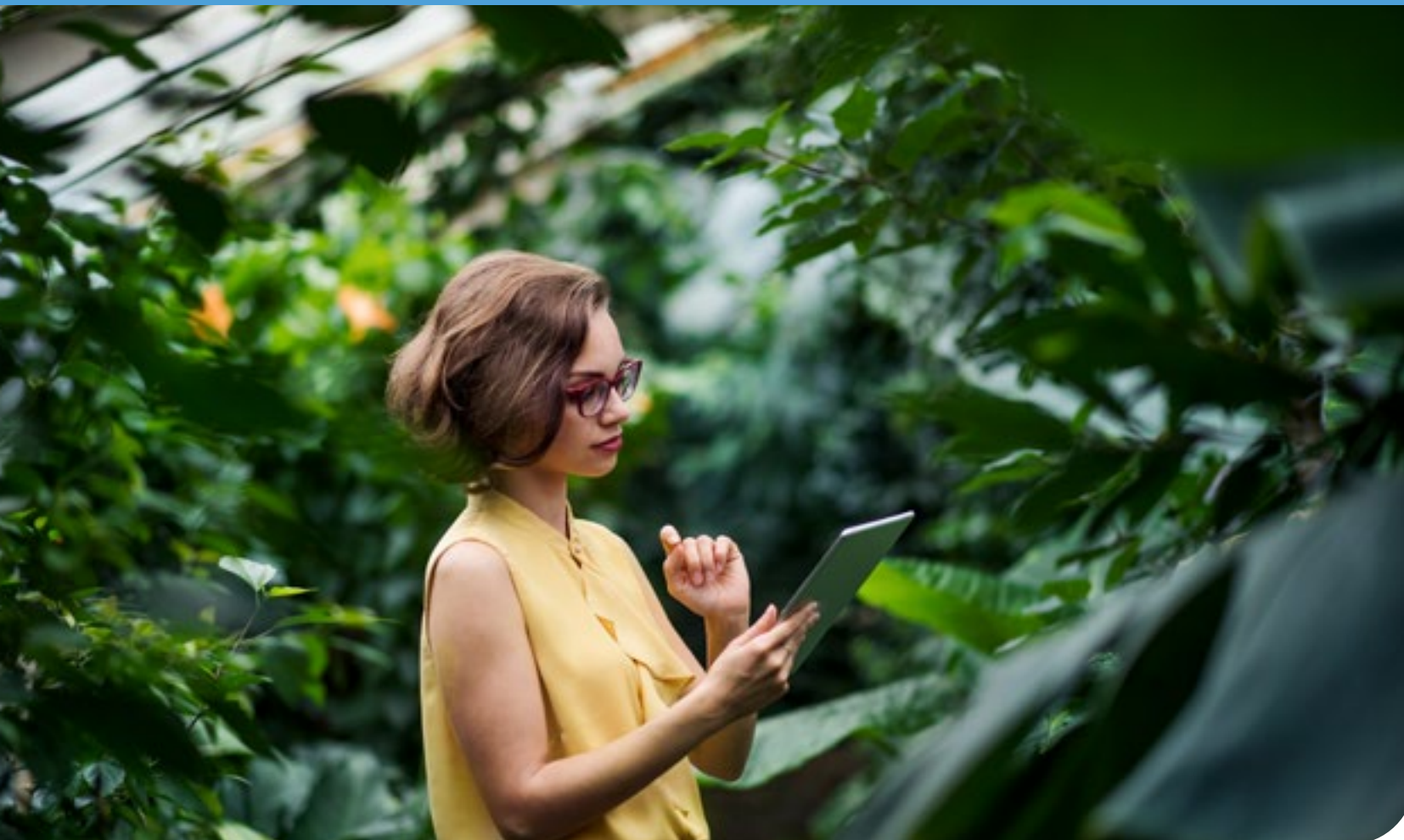
Een digitale tweeling is een realtime virtueel model van iets in de echte wereld, zoals een ruimtevaartuig of een proces in de toeleveringsketen. Een digitale tweeling van een kritieke infrastructuur kan bijvoorbeeld een virtuele vertegenwoordiging van een energiecentrale zijn, met data afkomstig uit sensoren, simulaties en historische prestatiegegevens. Met informatie uit sensoren en systemen ontvangt een digitale tweeling voortdurend feedback van zijn fysieke tweeling. Met digitale tweelingen kan een object of proces in de echte wereld bestudeerd worden door middel van simulaties of tests die anders fysiek onmogelijk of te duur zouden zijn. Een ander voordeel is dat elk fysiek object of proces een eigen digitale tweeling kan hebben. Daarom kan de digitale tweeling rekening houden met verschillende contexten en ontwikkelingen. Deze trend bouwt voort op de groei van edge computing en realtime datastromen.



Simulia levend hart

Simulia is een digitale tweeling van een levend hart die kan worden gebruikt om hartafwijkingen en -ziekten te bestuderen en om de werkzaamheid van medische hulpmiddelen te testen. Het model bestaat onder andere uit een dynamische, elektro-mechanische simulatie, een bloedstroommodel en een volledige karakterisering van hartweefsels.

 open voorbeeld



Digitale tweeling van tomaten

Onderzoekers in Wageningen gebruiken digitale tweelingen voor het bestuderen van het effect van duurzaamheidsmaatregelen op tomatengewassen. De 'Virtuele tomatengewassen' krijgen feedback van echte tomaten die in een kas groeien.



'Destination Earth'

'Destination Earth' is een initiatief van de Europese Unie om digitale tweelingen van de aarde te creëren door verschillende gegevensbronnen, kunstmatige intelligentie en high performance computing met elkaar te combineren. De digitale tweelingen zullen worden gebruikt om de effecten van klimaatverandering te bestuderen, evenals strategieën voor mitigaties en aanpassingen.



Digitale tweeling: energiesystemen ondersteunen met realtime training en voorspellende simulatie

In de energiesector worden digitale tweelingen gebruikt voor training en simulaties van energiesystemen die in de praktijk te risicovol en te duur zouden zijn. Digitale tweeling-technologie maakt een moeiteloze samenwerking en de toepassing van realtime kennis mogelijk, voor het stroomlijnen van diagnostiek en oplossing van problemen.



IMPACT

Digitale tweelingen vormen een handige manier voor onderzoekers om fenomenen uit de echte wereld te bestuderen, vooral wanneer het moeilijk of duur is om deze systemen of processen op een andere manier te bestuderen. Het gebruik van deze aanpak vereist training in digitale tweeling-technologieën.

In het onderwijs kunnen digitale tweelingen worden ingezet om werkscenario's te simuleren waartoe een stagiair normaal gesproken geen toegang zou krijgen, bijvoorbeeld voor het runnen van een energiecentrale of het nemen van managementbeslissingen. Sommige universiteiten kunnen zich zelfs in de metaverse, de zogenaamde 'metaversiteiten' tot een digitale tweeling omvormen.

TREND #3

Werkelijke real-time datastromen

Publieke waarden

 Autonomie | Privacy | Vrijheid van keuze

 Rechtvaardigheid | Transparantie | Betrouwbaarheid van informatie, content, data en systemen

 Menselijkheid | Gezondheid, welzijn

Gereedheid

VOLG

PLAN

DOE

Drijfveren

#Slim leven #Connectiviteit

Drie technologische ontwikkelingen bieden de ideale voorwaarden voor realtime datastromen: 1) beter en slimmer netwerken dankzij 5G/6G-connectiviteit, hoogfrequente, optische draadloze en AI-netwerkstrategie; 2) de integratie van verschillende gegevensbronnen zowel uit de edge als uit traditionele IT-systemen; 3) clouddiensten gespecialiseerd in datastreaming. Deze realtime datastromen kunnen worden gebruikt in realtime analyses om beter inzicht te krijgen in wat er in het heden gebeurt. De industrie gebruikt realtime analyses in haar toeleveringsketens, productieprocessen en financiën om betere beslissingen te nemen. Binnenkort gaan realtime data ook deel uitmaken van onderwijs en onderzoek.



Wat kan realtime gegevensanalyse betekenen voor het hoger onderwijs?

Universiteiten beginnen realtime gegevensanalyse te gebruiken om de voortgang van studenten te volgen en curricula te ontwerpen. Realtime instrumenten voor gegevensverzameling hebben enorme gevolgen voor het (hoger) onderwijs, van het netwerkbeheer op de campus en snel werkende beveiligingsprotocollen tot de veiligheid van studenten en studieresultaten.

 open voorbeeld



Het in realtime volgen van de aandachtsspanne in online onderwijs

Onderzoekers gebruiken beeldverwerking en machinelereen om de aandacht van studenten tijdens online onderwijs in realtime te volgen. Dit maakt realtime feedback mogelijk voor zowel de studenten als de instelling, wat uiteindelijk de algehele prestaties van de studenten en de onderwijsstandaarden van de docenten kan verhogen.

 open voorbeeld

De vraag naar realtime zichtbaarheid van gegevens in de logistieke sector zal sterk groeien

In de logistiek helpen realtime datastromen bedrijven om betere voorspellingen en beslissingen te nemen met betrekking tot hun toeleveringsketen. Met rechtstreekse logistieke gegevens kunnen slimme fabrieken toeleveringsketens 'just-in-sequence' plannen, kunnen magazijnen hun productiviteit verbeteren en kunnen retailers hun schappen beter gevuld houden.

 open voorbeeld

IMPACT

Realtime data kunnen worden gebruikt om o.a. de studievoortgang en mentale gezondheid van studenten bij te houden. Als wordt voorspeld dat er sprake is van een risicostudent, kan een docent direct ingrijpen. In het klaslokaal kan realtime data-analyse docenten direct feedback geven over hun onderwijsmethoden. Een mogelijk risico van deze trend is dat de autonomie van studenten en personeel in het gedrang komt.

Onderzoekers kunnen voor veel onderzoeksdoelen gebruik maken van realtime datastromen. AI/ML-modellen kunnen bijvoorbeeld worden getraind en beoordeeld op een constante datastroom en gedurende langere perioden up-to-date blijven.

TREND #4

Code overal uitvoeren

Publieke waarden



Autonomie



Rechtvaardigheid

Toegankelijkheid | Gelijke kansen



Menselijkheid

Gereedheid

VOLG

PLAN

DOE

Drijfveren

#Decentralisatie #Automatisering
#Gendergelijkheid in STEAM #Open Science

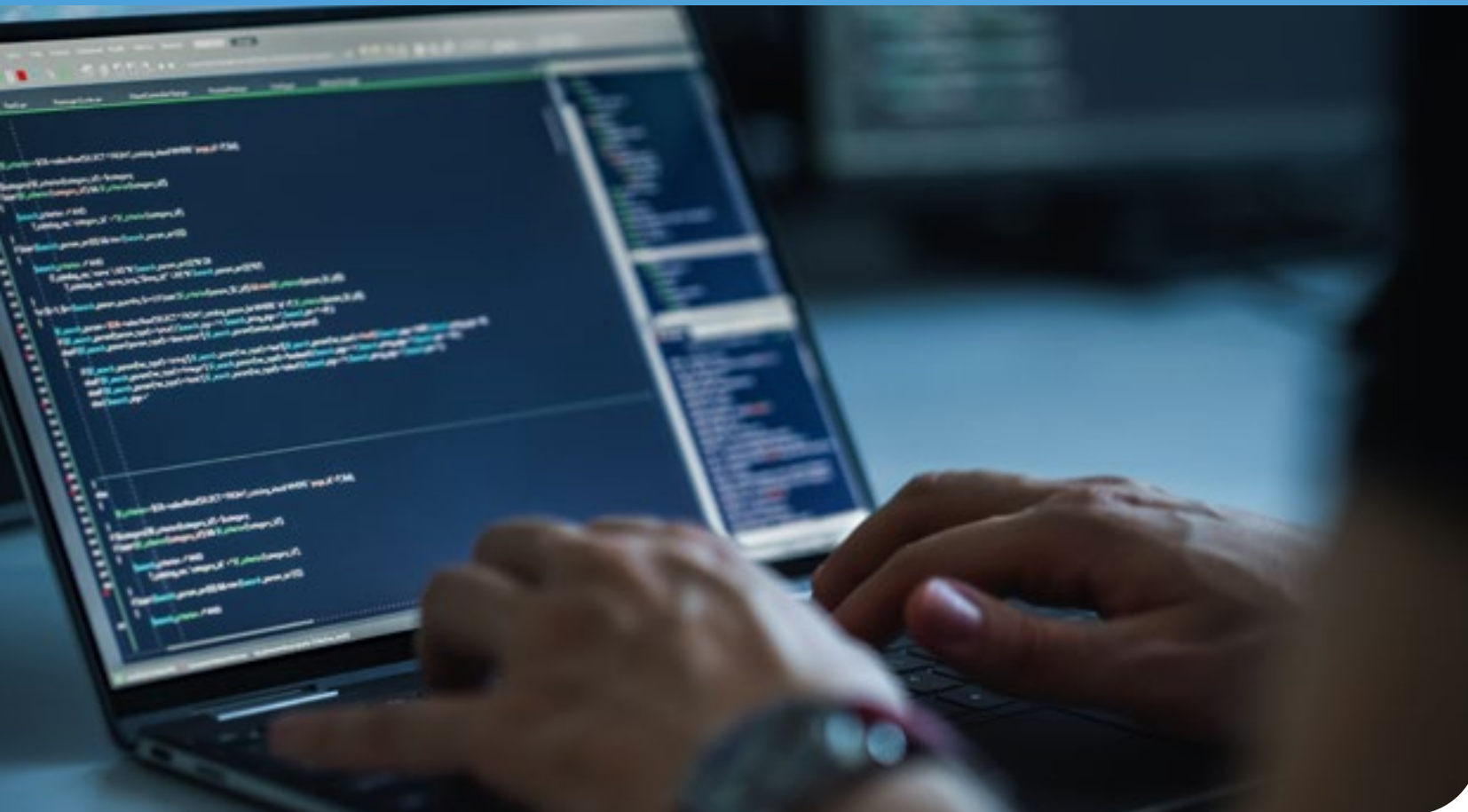
Op het gebied van softwareontwikkeling en IT-activiteiten vinden ontwikkelaars oplossingen om dezelfde code op betrouwbare wijze in verschillende omgevingen uit te voeren. Deze trend, die begint met virtuele machines met vervolgens gecontaineriseerde applicaties en serverloze functies, gaat in de richting van het afscheiden van code uit de infrastructuur waarop deze wordt uitgevoerd. Naarmate deze trend zich voortzet, zal het aantal apparaten en cloudplatforms die dezelfde code kunnen uitvoeren, aanzienlijk toenemen. Tegelijkertijd zal de technologie geleidelijk onafhankelijk van de onderliggende infrastructuur gaan werken en slimmere planningsbeslissingen in het cloud-edge-continuüm mogelijk maken.



CNCF rapporteert recordtoepassing van Kubernetes en containers

In bedrijven wordt het gebruik van gecontaineriseerde toepassingen en containerbewerkers, zoals Kubernetes, langzamerhand steeds vaker de norm. Gartner voorspelt dat 70% van de organisaties alleen al in 2023 gecontaineriseerde toepassingen zal uitvoeren.

open voorbeeld



Singularity (Apptainer) containers verbeteren de reproduceerbaarheid en het gebruiksgemak in werkstromen voor computerbeeldanalyse

In HPC worden Singularity (Apptainer) containers, in tegenstelling tot Docker-containers, gebruikt voor een eenvoudigere en reproduceerbare werkstroom. Singularity containers hebben geen toegang tot het hoogste niveau van hostsysteem nodig om te worden uitgevoerd en worden daarom veel gebruikt in HPC-clusters.

 open voorbeeld

Het gebruik van containers voor reproduceerbaar psychologisch onderzoek

Onderzoekers worden zich bewust van de voordelen van containers voor reproduceerbaar onderzoek en open science. In de psychologie kan het gebruik van containers een belangrijke stap zijn om de replicatiecrisis op te lossen.

 open voorbeeld

Containers gebruiken om AI aan de edge mogelijk te maken

Containers worden ook gebruikt om AI-modellen te implementeren, zelfs op randapparaten. Deze innovatie illustreert twee convergerende trends: prolifererende AI-gebruikssituaties aan de rand van het netwerk en steeds heterogenere infrastructuren, waaronder hybride cloudplatforms die worden aangedreven door containers en Kubernetes.

 open voorbeeld

IMPACT

Deze trend is vooral van invloed op de manier waarop onderzoekers hun werk doen. Ze kunnen op betrouwbare wijze dezelfde algoritmen en modellen op hun laptop, op een supercomputer, in de cloud of aan de edge, uitvoeren, waar de behoefte en/of middelen ook aanwezig zijn. Deze technologieën verhogen ook de reproduceerbaarheid en deelbaarheid van hun onderzoek en komen ten goede aan de open science-beweging. Om van deze trend te profiteren, moeten onderzoekers echter vertrouwd raken met DevOps-processen en -technologieën of vertrouwen op IT-afdelingen en nieuwe platforms om de toepassing te vergemakkelijken.

TREND #5

Robot- gestuurde automatisering

Publieke waarden

 Autonomie

 Recht-
vaardigheid Gelijke behandeling |
Transparantie | Democratisch
bestuur

 Menselijkheid Veiligheid | Persoonlijke
ontwikkeling

Gereedheid

VOLG

PLAN

DOE

Drijfveren

#Automatisering #Gendergelijkheid in STEAM

Robotgestuurde automatisering vindt plaats op hardware- en software-niveau. Fysieke robots maken al een tijd deel uit van de productie en ook robots met één doel voor privégebruik, zoals grasmaaiers, komen steeds vaker voor. Toch zijn robots niet zo alomtegenwoordig als tien jaar geleden verwacht werd. Dit gaat veranderen met universele robots die in verschillende contexten kunnen werken en met de opkomst van robots-as-a-service-bedrijven. Aan de softwarekant gaat de robotgestuurde automatisering ook langzaam vooruit. Robotgestuurde procesautomatisering neemt bijvoorbeeld repetitief bureauwerk over en chatbots worden gebruikt om de klantenservice te automatiseren.



Cloudlabs: waar robots onderzoek doen

Bedrijven creëren laboratoria op afstand waar robots experimenten voor onderzoekers uitvoeren. De voordelen van 'cloudlabs' zijn dat labonderzoek betaalbaarder, betrouwbaarder en reproduceerbaarder wordt.

 open voorbeeld



Gaan robots kantoorbanen overnemen?

Roboticprocessen automatiseren het werk van kantoormedewerkers, zoals fysieke robots de productiesector op zijn kop zetten. De vraag is hoe dit toekomstige banen zal veranderen. Functies die (deels) kunnen worden vervangen door robotgestuurde automatisering zijn onder meer advocaten, juridische medewerkers, accountants, vertalers, marketingmanagers en vastgoedmakelaars.

 open voorbeeld


Cobots

Cobots, een afkorting voor collaboratieve robots, zijn ontworpen om programmeerbaar te zijn en veilig naast mensen te werken. De veiligheid wordt geleverd door sensoren die ervoor zorgen dat een cobot op de veiligheidsmodus overgaat wanneer hij wordt onderbroken.

 open voorbeeld

De opkomst van robots-as-a-service

Robots-as-a-service-bedrijven maken het voor bedrijven gemakkelijker om aan de slag te gaan met robotautomatisering zonder uitgaven van kapitalen. Deze verandering in het bedrijfsmodel voor robotica kan de markten en de toekomst van werk radicaal veranderen.

 open voorbeeld

IMPACT

In zowel onderwijs als onderzoek moeten mensen leren hoe ze met zowel fysieke als virtuele robotgestuurde automatisering moeten werken. In bepaalde gebieden hebben studenten cursussen nodig over het werken met robots in hun toekomstige baan. Administratief gezien zal robotprocesautomatisering waarschijnlijk worden gebruikt voor routinematige taken, zodat medewerkers zich kunnen concentreren op de creatieve en strategische aspecten van hun werk. In laboratoria kunnen bepaalde taken en experimenten worden gedelegeerd aan een collaboratieve robot ter plekke of een robot in een cloudlab. Naast het automatiseren van processen zien we een groeiende interactie met robots in het dagelijks leven van een student, docent, onderzoeker, enz.

Meer over Edge

Contact

Erik Kentie

Programmamanager Edge-Cloud Continuum
erik.kentie@surf.nl

Tim Kok

Software Engineer
tim.kok@surf.nl

David Šálek

Adviseur Data processing
david.salek@surf.nl

Met bijdragen van

Maarten Zweers, *ROC Friese Poort*

Aaron Ding, *TU Delft*

Alexandru Iosup, *VU Amsterdam*

Fernando Kuipers, *TU Delft*

David Groep, *Nikhef*

Meer info

