

Virtualisatie en The Cloud

D. Leeuw

10 maart 2021

v.0.1.0

© 2021 Dennis Leeuw



Dit werk is uitgegeven onder de Creative Commons BY-NC-SA Licentie en laat anderen toe het werk te kopiëren, distribueren, vertonen, op te voeren, en om afgeleid materiaal te maken, zolang de auteurs en uitgever worden vermeld als maker van het werk, het werk niet commercieel gebruikt wordt en afgeleide werken onder identieke voorwaarden worden verspreid.

Over dit Document

Dit document behandelt de opslag van data op de verschillende opslag-systemen voor het middelbaar beroepsonderwijs in Nederland.

Versienummering

Het versienummer van elk document bestaat uit drie nummers gescheiden door een punt. Het eerste nummer is het major-versie nummer, het tweede nummer het minor-versienummer en de laatste is de nummering voor bug-fixes.

Om met de laatste te beginnen als er in het document slechts verbeteringen zijn aangebracht die te maken hebben met type-fouten, websites die niet meer beschikbaar zijn, of kleine foutjes in de opdrachten dan zal dit nummer opgehoogd worden. Als docent of student hoef je je boek niet te vervangen. Het is wel handig om de wijzigingen bij te houden.

Als er flink is geschreven aan het document dan zal het minor-nummer opgehoogd worden, dit betekent dat er bijvoorbeeld plaatjes zijn vervangen of geplaatst/weggehaald, maar ook dat paragrafen zijn herschreven, verwijderd of toegevoegd, zonder dat de daadwerkelijk context is veranderd. Een nieuw cohort wordt aangeraden om met deze nieuwe versie te beginnen, bestaande cohorten kunnen doorwerken met het boek dat ze al hebben.

Als het major-nummer wijzigt dan betekent dat dat de inhoud van het boek substantieel is gewijzigd om bijvoorbeeld te voldoen aan een nieuw kwalificatiedossier voor het onderwijs. Een nieuw major-nummer betekent bijna altijd voor het onderwijs dat men in het nieuwe schooljaar met deze nieuwe versie aan de slag zou moeten gaan. Voorgaande versies van het document zullen nog tot het einde een schooljaar onderhouden worden, maar daarna niet meer.

Document ontwikkeling

Het doel is door middel van open documentatie een document aan te bieden aan zowel studenten als docenten, zonder dat hier hoge kosten aan verbonden zijn en met de gedachte dat we samen meer weten dan alleen. Door samen te werken kunnen we meer bereiken.

Bijdragen aan dit document worden dan ook met alle liefde ontvangen. Let u er wel op dat materiaal dat u bijdraagt onder de CC BY-NC-SA licentie vrijgegeven mag worden, dus alleen origineel materiaal of materiaal dat al vrijgegeven is onder deze licentie.

De eerste versie is geschreven voor het ROC Horizon College.

Versienummer	Auteurs	Verspreiding	Wijzigingen
0.1.0	Dennis Leeuw	Initieel document	

Tabel 1: Document wijzigingen

Inhoudsopgave

Over dit Document	i
1 Simulatie, Emulatie en Virtualisatie	1
1.1 Wat is virtualisatie?	2
2 The Cloud	3
2.1 IaaS	3
2.2 PaaS	4
2.3 SaaS	4
3 Machine Virtualisatie (IaaS)	5
3.1 Hypervisor	5
3.1.1 Hypervisor Opdracht	6
3.2 Hypervisors	6
3.2.1 VirtualBox	6
3.2.2 VMWare	7
3.2.3 Xen	7
3.2.4 KVM	7
3.2.5 Hyper-V	8
3.2.6 Parallels	8
3.3 Server virtualisatie	8
3.3.1 Rekenclusters	10
3.3.2 High Availability	11
3.3.3 Server hardware	13
3.3.4 Server virtualisatie opdrachten	15
3.4 Desktop Virtualisatie	15
3.5 The Cloud: Virtual Private Servers	15
4 Webhosting (PaaS)	17
4.1 LAMP	17

5	Applicatie Virtualistie (SaaS)	19
5.1	Hosted applications	19
5.2	Containerisatie	19
5.3	Containerisatie software	19
5.3.1	LXC	19
5.3.2	Docker	19
5.3.3	Kubernetes	19
5.4	Cloud Applicaties	19
5.4.1	Google Apps	19
5.4.2	Microsoft Office 365	19

Hoofdstuk 1

Simulatie, Emulatie en Virtualisatie

Simulatie, emulatie, imitatie en virtualisatie zijn termen die min of meer hetzelfde betekenen in het Nederlands, maar in de IT een verschillende betekenis kunnen hebben. Vergelijk ook met de Engelse woorden simulation, emulation, imitation en virtualization.

Volgens Van Dale is simulatie het verrichten van schijnbare handelingen of ook nabootsen. Nabootsen komen we ook tegen bij imitatie, terwijl bij emulatie iets staat dat niets te maken heeft met wat we in de IT bedoelen. Van Dale geeft er wedijver en naijver, kortom het beter willen doen. Bij virtueel komt in Van Dale iets voor waar we echt wat mee kunnen: Slechts schijnbaar bestaand. Zo zie je dat deze termen snel verwarring kunnen opleveren.

Simulation in de IT is wat er bijvoorbeeld in games gebeurt. Een flight simulator doet een vliegtuig na en geeft je het gevoel echt in een vliegtuig te zitten. Veel andere spelletjes zijn ook simulatoren.

Virtualization is het ophakken van bestaande resources in kleine stukjes. Een virtual machine krijgt zo een klein stukje processor gebruik, een klein stukje geheugen, een stukje van een harddisk.

Emulation doet hetzelfde als virtualization, maar heeft daarnaast de mogelijkheid om een vertaalslag te maken naar ander type hardware of software. Een emulator geeft je bijvoorbeeld de mogelijkheid om een PowerPC chip na te doen op een ix86 processor. De VM denkt dat zijn processor een PowerPC chip is, terwijl er in de onderliggend fysieke hardware bijvoorbeeld een Core i7 van Intel zit.

Dit document behandelt alleen virtualisatie.

1.1 Wat is virtualisatie?

Virtualisatie is dat iets lijkt te zijn wat het niet is. Op Windows-systemen kan bijvoorbeeld een drive gemapd zijn naar de letter G. Dit lijkt een lokale disk, maar in werkelijkheid is het een netwerk-share.

Virtualisatie in de ICT is een heel breed onderwerp dat gaat van opslag tot servers en van desktops tot applicatie containers. Het doel van dit document is meer helderheid te verschaffen in de terminologie die gebruikt wordt in dit vakgebied en door middel van opdrachten de lezer meer vertrouwd te maken met de technologie.

<https://www.youtube.com/watch?v=FZR0rG3HKIk>

Hoofdstuk 2

The Cloud

Tegenwoordig spreken we van cloud oplossingen en van data opslaan in de cloud, maar wat is dat eigenlijk die cloud? De naam cloud komt vermoedelijk van het feit dat in de automatisering als we een netwerk in generieke zin willen weergeven we meestal een wolkje tekenen. We diensten die in het netwerk draaien gaan aanduiden als cloud diensten. Het Internet is het belangrijkste netwerk dat we vaak als cloud beschrijven. Cloud diensten draaien dan ook bij een provider ergens op het Internet. Voor de gebruiker is het niet van belang waar die dienst is.

Bij providers kunnen verschillende soorten diensten worden afgenomen: IaaS, PaaS en SaaS.

2.1 IaaS

Infrastructure as a Service is een dienst die gevirtualiseerde hardware aanbiedt. Je kan dan bijvoorbeeld kiezen voor 2 CPUs, 2 Gig RAM en 300 GB storage met eventueel nog wat eisen en wensen aan het netwerkverkeer dat naar de machine gaat.

Deze dienst is ook bekend onder de term Virtual Private Server.

Meestal kun je een OS kiezen uit een lijst van beschikbare OSen welke dan op je VPS geïnstalleerd wordt. De rest van de configuratie en installatie van de software moet je zelf doen. Je hebt de volledige vrijheid bij de inrichting.

2.2 PaaS

Platform as a Service is een dienst die je naast een virtuele machine en een besturingssysteem ook de middleware aanbiedt. Je kan bijvoorbeeld een PaaS dienst bestellen met LAMP. Linux, Apache, MySQL en PHP zullen dan al voor je geïnstalleerd zijn en daar hoef je dan dus niets meer aan te doen. Je bent alleen nog verantwoordelijk voor het installeren van de applicatie (web-applicatie).

Wordt vaak aangeboden als webhosting.

2.3 SaaS

Software as a Service biedt software aan via het Internet. Je hoeft niets meer te installeren en heb meestal alleen toegang tot de web-interface van de applicatie. Voorbeelden zijn bijvoorbeeld de Google Applicatie Suite en Office 365.

Hoofdstuk 3

Machine Virtualisatie (IaaS)

Machine virtualisatie zorgt ervoor dat er efficiënter gebruik wordt gemaakt van computing resources. Moderne computer zijn zo krachtig dat ze met één besturingssystemen en een paar applicaties of services vaak meer niets staan te doen dan dat ze werken. Door op deze hardware meerdere besturingssystemen te draaien kunnen de systemen efficiënter ingezet worden. De grote datacenters hebben dan minder hardware nodig wat bezuinigt op stroomgebruik, warmte ontwikkeling beperkt en kastruimte bespaart.

Om meerdere besturingssystemen op één machine te draaien is er iets nodig dat de bestaande hardware ophakt in stukjes zodat deze gezien wordt door de verschillende OSen als 'eigen' hardware. De techniek die daarvoor gebruikt wordt heet een hypervisor.

3.1 Hypervisor

Een hypervisor is een stuk software die hardware virtualisatie mogelijk maakt. Er bestaan twee type hypervisors; type 1 en type 2.

Hypervisor type 1 is een hypervisor die op bare metal draait. De hypervisor levert zijn eigen besturingssysteem en maakt rechtstreeks gebruik van de beschikbare hardware om deze aan te bieden aan de virtuele machines.

De andere variant is een Hypervisor type 2, deze draait op een bestaand besturingssysteem. Je hypervisor is dus eigenlijk een applicatie op een besturingssysteem en maakt gebruik van het onderliggende besturingssysteem om hardware aan te bieden aan de virtuele machines. Deze laatste techniek is simpeler omdat een type 2 hypervisor gebruik kan maken van de drivers van het OS waarop het draait.

Een hypervisor verdeelt de bestaande hardware op in stukjes en biedt

deze aan als een nieuwe machine. De hypervisor doet dus alsof hij allemaal zelfstandige computers aanbiedt, vandaar dat we dat virtuele machines noemen (virtual machines), wat me meestal afkorten als VM. De machine (en het OS) waarop de hypervisor draait wordt de Host genoemd, de virtuele machine die op de hypervisor draait wordt de Guest genoemd.

Het is natuurlijk een hele kunst om alle hardware te ondersteunen en de calls van het Guest OS correct door te zetten naar de hardware. Een andere optie is dat het Guest OS niet een echte netwerkkaart driver gebruikt, maar een pseudo-driver die zich bijvoorbeeld voordoet als een netwerkkaart. We hebben het dan over een vorm van emulatie, binnen de virtualisatie wereld noemen we dat paravirtualisatie. Voor paravirtualisatie is het nodig om het OS aan te passen aan de hypervisor. Dit is bijvoorbeeld noodzakelijk als de hardware onder de hypervisor geen virtualisatie ondersteund.

Bijna alle moderne computers en laptops ondersteunen hardware virtualisatie. In de BIOS kan de ondersteuning voor virtualisatie aan of uit gezet worden. De twee grote processor makers van onze wereld, Intel en AMD, hebben de techniek van virtualisatie ondersteuning beide een iets ander naam gegeven. De ondersteuning voor Intel processoren heet VT-x en voor AMD heet het AMD-V.

3.1.1 Hypervisor Opdracht

Herstart je laptop en ga naar de BIOS settings van je computer. Zoek in de BIOS waar de settings staan voor virtualisatie en als deze uit staan zet ze het dan aan.

3.2 Hypervisors

In deze paragraaf behandelen we een aantal van de beschikbare hypervisors op de markt. We geven een overzicht van enkele commerciële versies waarvoor een gratis instap model beschikbaar is en een paar open source producten.

3.2.1 VirtualBox

VirtualBox, een type 2 hypervisor, is in 2007 uitgebracht door Innotec GmbH die er tevens de broncode bijleverde. Innotec werd in 2008 gekocht door Sun Microsystems die VirtualBox verder ontwikkelde. Sinds 2010 is Sun in handen van Oracle.

3.2.2 VMWare

VMWare kwam in 1999 met het product VMWare Player op de markt, vanaf 2015 heet het VMWare Workstation Player. VMWare Workstation Player draait op Windows en Linux en kan x86 systemen virtualiseren. VMWare Workstation Player is een Type 2 hypervisor en draait op een bestaand operating system. Er is ook een VMWare virtualisatie product op de markt voor Mac OS X systemen genaamd VMWare Fusion (beschikbaar vanaf 2006).

In 2001 kwam VMWare ESX op de markt, wat tegenwoordig VMWare ESXi heet, en dat was een type 1 hypervisor met zijn eigen besturingssysteem.

3.2.3 Xen

Op de University of Cambridge begon men met een onderzoeksproject naar een type 1 hypervisor. Het project heette Xen en in 2003 kwam de eerste publieke versie op de markt. Een bedrijf werd opgericht XenSource Inc. die de open source versie beheerde en tevens een commercieel product op de markt bracht. Dit bedrijf werd in 2007 gekocht door Citrix. De open source versie werd ondergebracht bij xen.org. In 2013 kwam de open source Xen ontwikkeling onder de paraplu van de Linux Foundation en ging verder als het Xen Project (xenproject.org).

Citrix ontwikkelde, naast Citrix Xen Server, onder de Xen naam nog enkele andere productie die niets met de Xen hypervisor te maken hebben zoals XenApp en XenDesktop.

Ook andere leveranciers leveren de Xen Hypervisor als een commercieel product, bekende producten zijn:

- Huawei FusionSphere
- Oracle VM Server for x86
- Thinsy Corporation
- Crucible (hypervisor) by Star Lab Corp

3.2.4 KVM

KVM is de Linux hypervisor. Het is een kernel module die ook beschikbaar is voor FreeBSD. Het is niet helemaal duidelijk of we KVM nu een

type 1 of type 2 hypervisor moeten noemen. De kernel module zorgt ervoor dat de de hypervisor bij de hardware kan, maar de VMs draaien naast de gewone applicaties. Dus het is een soort hybride vorm tussen type 1 en 2 in.

KVM is gestart in 2006 door Avi Kivity en zit sinds 2007 in de mainstream kernel. Het KVM project is gekocht in 2008 door Red Hat en Red Hat is tegenwoordig van IBM.

3.2.5 Hyper-V

Windows Server 2008 kwam met virtualisatie software genaamd Hyper-V. Hyper-V is een type 1 hypervisor die het bestaande OS tot de eerste VM maakt. Sinds 2012 (Windows 8) is Hyper-V ook beschikbaar voor het Windows desktop besturingssysteem.

3.2.6 Parallels

Parallels biedt een gratis proefversie van hun product Parallels Desktop product die het mogelijk maakt om Windows op een Mac OS X machine te draaien. Er is ook een versie voor Chrome. Sinds 2018 is Parallels onderdeel van Corel Corporation.

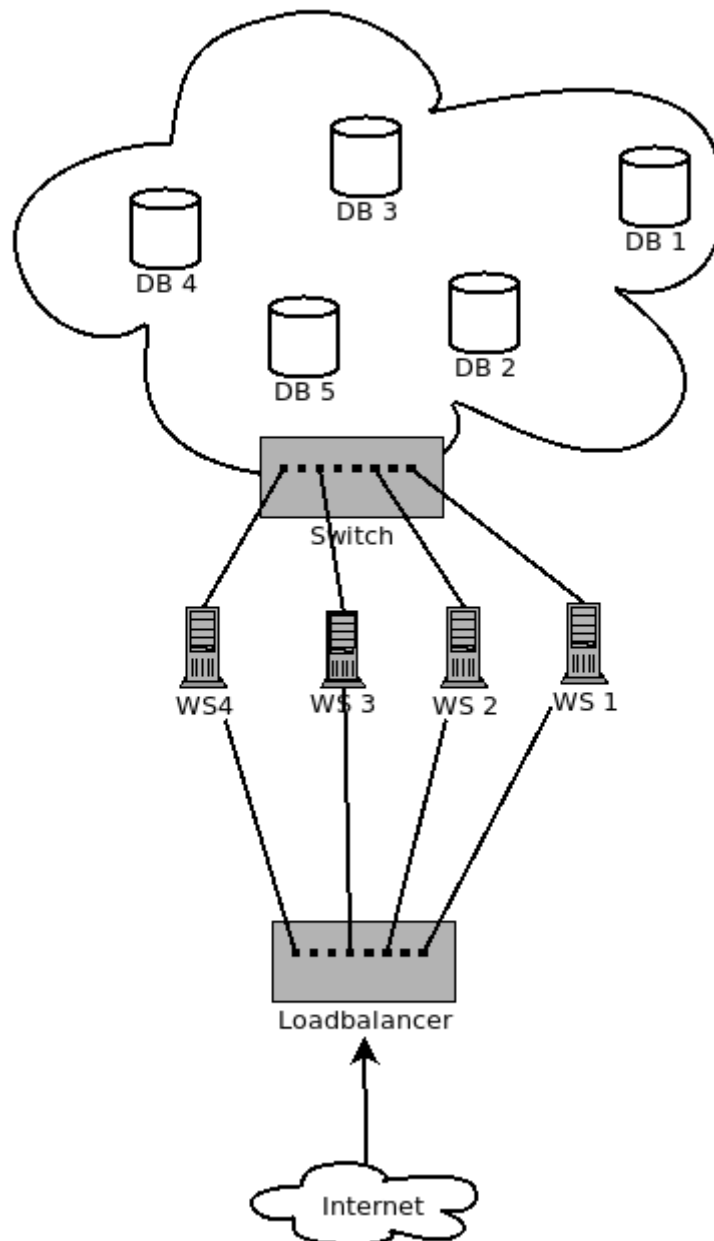
Parallels draait op Mac OS X en kan als guest OS Windows, Linux en Mac OS X draaien.

3.3 Server virtualisatie

In de datacentra van providers of bedrijven draaien er servers en desktops als virtuele machines. De eisen voor virtuele servers en desktops verschillen van elkaar. In deze paragraaf zullen we de server virtualisatie behandelen. We hebben het dan voornamelijk over servers die draaien op 19m"achines en blades. De gevirtualiseerde machines zijn vaak servers die bijvoorbeeld dienen als database- of webserver. Een andere veel gebruikte toepassing is als rekennodes in rekenclusters.

Bij de eerste webserver draaiden bijvoorbeeld Apache en MySQL op één en dezelfde server. Dit was hardware en de performance van de website was afhankelijk van de kracht van de fysieke machine. Al snel werden websites groter dan één fysieke machine aankon. De functionaliteit werd gesplitst en de database server kreeg zijn eigen machine. Natuurlijk werd dit uiteindelijk ook te klein en werden er database clusters neergezet en

kwamen er vele webserverns die dezelfde website aanboden. Via loadbalancing werd de totale vraag naar een bepaalde website verdeeld over de verschillende servers. Zie voor een overzicht figuur 3.1.



Figuur 3.1: Webservers met loadbalancer en DB cluster

Een loadbalancer is een apparaat dat aan de Internet kant een vraag voor een dienst of een IP adres aanneemt en deze doorzet naar één van

de servers die hij aan de interne kant heeft. Door voor elke vraag een andere server te gebruiken worden de aanvragen vanaf het Internet verdeeld over verschillende machines zodat de load verdeeld wordt. Elke server krijgt dus maar een deel van de aanvragen te verwerken. Het is hierbij van belang de alle servers op dezelfde manier zijn ingericht.

Voor het serverpark met webserverns worden vaak virtuele machines gebruikt zodat er op een eenvoudige manier één master image gemaakt kan worden die uitgerold wordt over de verschillende virtual machines en er zo gelijke webserverns ontstaan. De images van de serverns staan veelal op de SAN.

MySQL kan geïnstalleerd worden als stand-alone server of als cluster. In een cluster opzet werken de MySQL serverns samen om te zorgen dat de database consistent is zodat een query op elk van de serverns hetzelfde antwoord geeft. De database draait in het geheugen en wordt verdeeld over de verschillende harddisks opgeslagen. Het cluster gebruikt dus geen SAN, beter is het om het cluster op te vatten als één grote database. De verschillende clusternodes kunnen prima draaien op een hypervisor, of beter op verschillende hypervisors.

3.3.1 Rekenclusters

Rekenclusters zijn verzamelingen van machines die gebruikt worden om complexe rekentaken uit te voeren. We kunnen rekenclusters onderscheiden in twee smaken, de clusters die voornamelijk rekenen met integers (dus gehele getallen) en de clusters die voornamelijk rekenen met floats (dus getallen met cijfers achter de komma). Voor de eerste rekenclusters volstaan meestal de standaard processoren. De rekenclusters die met floats werken hebben vaak voordeel bij het gebruik van GPU's als rekenunits. De Engelse term voor een rekencluster is High Performance Cluster en de techniek heet dan ook High Performance Computing.

Omdat de wensen per rekenopdracht sterk kunnen verschillen, veel CPU power of juist veel geheugen, worden de nodes van een rekencluster vaak gevirtualiseerd aangeboden zodat er snel en efficiënt geschaald kan worden. De overhead van de hypervisor is minder belangrijk dan de schaalbaarheid van het totale cluster waarbij nodes flexibel toegevoegd of verwijderd kunnen worden aan bepaalde rekentaken.

3.3.2 High Availability

Met alles en iedereen verbonden aan het Internet is het niet meer te zeggen wie wanneer van een dienst gebruik wil maken. De gebruikers kunnen van overal op de wereld komen en dus moeten diensten 24-uur per dag en 7 dagen in de week beschikbaar zijn. Servers mogen niet meer uitvallen en als ze toch uitvallen mag het de dienstverlening niet verstoren. Deze hoge beschikbaarheid of wel high-availability is steeds meer de norm, dan de uitzondering.

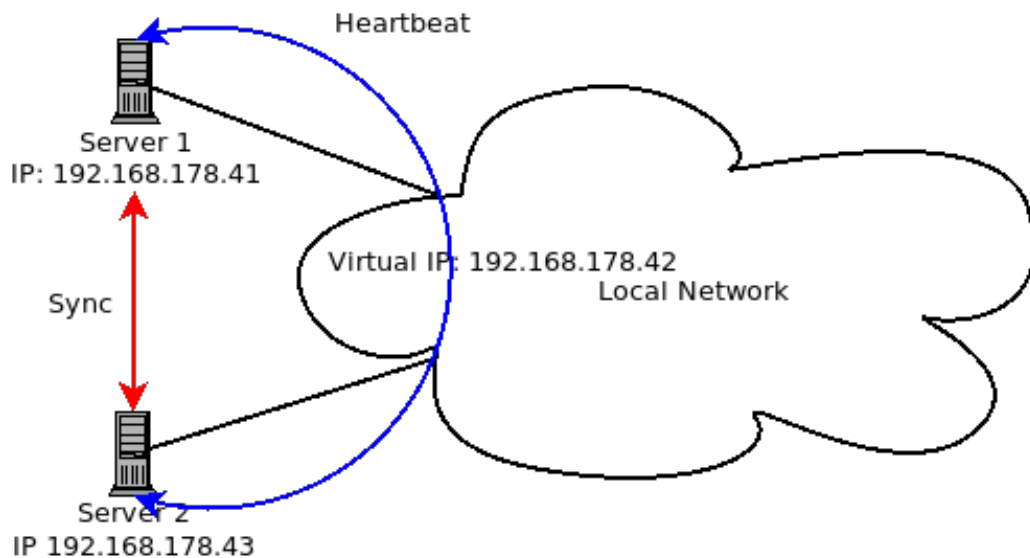
In de vorige paragrafen hebben we gezien dat de huidige infrastructuur vraagt om schaalbaarheid (scalability) en continuïteit (continuity). Deze worden ingegeven door de business ofwel het gaat om business continuity. Het enkele uren down zijn van het netwerk bij een klein advocaten kantoor kan al schadelijk zijn voor de reputatie of zelfs gevolgen hebben voor cliënten als de stukken niet optijd zijn ingeleverd bij de rechtbank. In een ziekenhuis kan het levens kosten. De afhankelijkheid van IT in onze samenleving is heel groot en elke keer zal er een afweging gemaakt moeten worden tussen de kosten en de wens om altijd online te zijn.

Om de uptime zo hoog mogelijk te maken en daarmee de availability wordt vaak gebruik gemaakt van het dubbel uitvoeren van componenten. Switches worden dubbel uitgevoerd, netwerkkabels worden redundant aangesloten, systemen worden in clusters gezet en naast voeding uit het stroomnet worden er UPSen en aggregaten neergezet. Alles om er maar voor te zorgen dat de systemen blijven werken. Sommige bedrijven gaan zelfs zo ver dat de datacenters dubbel worden uitgevoerd.

Het niet leveren van een bepaalde dienstverlening levert downtime op. Dit kan worden opgevangen door systemen of onderdelen van systemen dubbel uit te voeren. Zo kan een computer uitgerust zijn met een redundante voeding en/of harddisk. Redundant betekent dat de bijvoorbeeld de voeding niet operationeel is, maar alleen als de primaire voeding ermee stopt neemt de redundante of secundaire voeding het over. Deze techniek staat ook bekend als hot-standby. Alles is aangesloten en zonder enige downtime neemt het redundante apparaat de operationele acties over. De systeembeheerder hoeft achteraf alleen het defecte onderdeel te vervangen, zodat ook een volgende calamiteit opgevangen kan worden. Het vervangen van het defecte onderdeel kan gebeuren terwijl het systeem doordraait en niet uit hoeft. We noemen deze onderdelen dan ook hot-swappable. Alles is erop gebouwd dat het systeem maar niet down hoeft, zodat downtime wordt vermeden.

Om het omvallen van systemen op te vangen wordt er gebruik gemaakt van failover oplossingen. We spreken dan van hot- of cold-standby.

Een tweede identieke machine kan klaarhangen in de kast, als de primaire server omvalt kan een systeembeheerder het tweede systeem opstarten en zorgen dat de gebruikers weer kunnen werken. Dit levert natuurlijk downtime op, maar als alles goed voorbereid is kan een server in een halfuur weer operationeel zijn. Dit is de cold-standby oplossing, de tweede server draait niet en is dus koud. Hot-standby betekent dat de failover-server al draaiend op het netwerk aanwezig is. Op het moment dat de primaire server omvalt neemt de tweede server automatisch zijn functies over. De techniek hierachter is meestal het delen van een IP-adres tussen het primaire en het failover systeem. Beide systemen krijgen op hun netwerk interface één IP adres toegewezen dat bij de machine hoort en er is één IP adres dat ze delen, het zogenaamde virtuele IP adres. Dit virtuele IP adres wordt gebruikt door de gebruikers om een dienst te benaderen. Wie het virtuele IP adres op zijn netwerkkaart heeft staan handelt dus de dienst af. Normaal gesproken zal dat het primaire systeem zijn. Mocht deze echter uitvallen dan neemt het failover systeem het IP adres over op zijn netwerkkaart en krijgt daardoor alle vragen van de gebruikers te verwerken.



Figuur 3.2: File Server Failover

Twee dingen zijn hierbij van belang, namelijk dat de data op server 1 gelijk is aan die op server 2. In figuur 3.2 synchroniseren server 1 en 2 over een (rode) ethernet cross-cable, op deze manier verstoort de synchronisatie niet de bandbreedte naar de gebruikers. Het andere dat van belang is is

dat server 2 moet weten wanneer server 1 niet meer bereikbaar is. Dat laatste wordt bereikt met een heartbeat, zeg maar een soort ping waarbij de servers elkaar in de gaten houden. Als server 2 de heartbeat van server 1 niet meer hoort dan neemt het het virtuele IP adres over. De heartbeat kan over een speciale kabel gaan of over de al bestaande netwerken tussen de twee servers.

3.3.3 Server hardware

De meeste datacenters zijn uitgerust met 19-''kasten waarin 19-''servers hangen. De 19-''maat staat voor de breedte van de server. De hoogte van een serverkast wordt uitgedrukt in het aantal U. Een normale server, de zogenaamde pizza-doos, is 1U hoog. Harddisks liggen dan plat in de server. Zwaardere servers met meer harddisks hebben de harddisks vaak rechtop op hun zijkant staan die hot-swappable uit de voorkant van de server getrokken kunnen worden. Deze servers zijn 2U hoog.



Figuur 3.3: Foto van Jfreyre afkomstig van
<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rack001.jpg>

Om hogere dichtheden te bereiken wordt er gebruik gemaakt van blade servers. Bij blade servers zitten er meerdere servers (blades) in één fysieke behuizing (19"-kast). De servers delen een backplane, de voeding(en) en de behuizing waardoor er effectief meer servers passen op dezelfde oppervlakte. Een nadeel van blades is wel dat de warmte ontwikkeling ook veel meer geconcentreerd wordt en dat kan leiden tot zogenaamde hotspots, wat slecht is voor de koeling.

3.3.4 Server virtualisatie opdrachten

1. Zoek op Internet naar load balancer en schrijf een stuk over welke technieken er gebruikt worden op load balancers. Zijn er ook software oplossingen die kan inzetten als load balancer?
2. Welke software is er beschikbaar om rekenclusters mee op te zetten?
3. Welke software moet je installeren om een Windows Cluster op te zetten?

3.4 Desktop Virtualisatie

3.5 The Cloud: Virtual Private Servers

Hoofdstuk 4

Webhosting (PaaS)

4.1 LAMP

Hoofdstuk 5

Applicatie Virtualistie (SaaS)

Steeds meer diensten draaien in de cloud, om deze diensten aan te bieden draaien er op servers web-servers, database-servers en waarschijnlijk nog allerlei andere services die zorgen dat de totale infrastructuur draaien blijft.

5.1 Hosted applications

5.2 Containerisatie

5.3 Containerisatie software

5.3.1 LXC

5.3.2 Docker

5.3.3 Kubernetes

5.4 Cloud Applicaties

5.4.1 Google Apps

5.4.2 Microsoft Office 365

Index

Applicatie virtualisatie, 19
Blade servers, 14
Cloud, 3
Containerisatie, 19
Containers, 19
Desktop virtualisatie, 15
Docker, 19
Emulatie, 1
Failover, 13
High Availability, 11
Hosted applications, 19
Hyper-V, 8
Hypervisor, 5
IaaS, 3, 5
Infrastructure as a Service, 3
Kubernetes, 19
KVM, 7
LAMP, 17
loadbalancer, 9
LXC, 19
PaaS, 4, 17
Parallels, 8
Platform as a Service, 4
Rekencluster, 10
SaaS, 4, 19
Server hardware, 13
Server virtualisatie, 8
Simulatie, 1
Software as a Service, 4
The Cloud, 3
Virtual Machine, 5
Virtual Private Server, 15
VirtualBox, 6
Virtualisatie, 1
VM, 5
VMWare, 7
VPS, 15
Webhosting, 17
Xen, 7