



Research assignment

IT essentials 1ITF

Joris Van Puyenbroeck 1OHO
m9407046

CAMPUS

Geel

Technology
Elektronics-ICT / Applied informatics

IT essentials

Course unit: IT essentials

Educational activity: IT essentials

First tier

Youtube link presentatie: <https://youtu.be/7zh9IMDxsgk>

Youtube link gebruikerservaring: <https://youtu.be/w2uH6bCMi6g>



Academic year 2020-2021

Subject motivation

'Virtuele machines' worden vandaag de dag breed ingezet in allerlei informatica toepassingen. Virtualisatie biedt een veld aan mogelijkheden om verschillende besturingssystemen simultaan te draaien. Zo kan men verschillende services die normaal meerdere hardware investeringen vergen, verenigen op één platform (Craig, 2006).

In deze studie willen we virtualisatie software vergelijken in termen van randvoorwaarden, voor- en nadelen, gebruiksvriendelijkheid, en performantie. We beperken ons tot de markt voor 'persoonlijk gebruik', omdat bedrijfsimplementaties van virtualisatie ons veel te ver zouden voeren in het kader van deze paper.

Aan gebruikerszijde is virtualisatie voorbehouden voor de meer ervaren gebruikers en IT-professionals. We zien 3 profielen:

- 1) de 'prosumer' die toegankelijke virtualisatie mogelijkheden kent en de voordelen van een geïntegreerde omgeving waarin platformgebonden software simultaan kan gebruikt worden.
- 2) De webdeveloper die gebruik maakt van lokale of remote virtuele machines om compatibiliteit van websites te testen over verschillende platformen en browsers.
- 3) De app-ontwikkelaar die VM's specifiek configureert om ontwikkelomgevingen lokaal en remote te benaderen.

De aanleiding voor de keuze van onderwerp is dat studenten die een opleiding 'toegepaste informatica' volgen, verondersteld worden om niet alleen OSX en Linux, maar ook Windows te draaien. De opleidingsonderdelen (OPO's) van IOHO vermelden voornamelijk Windows-software.

Table of contents

Content

Subject motivation	3
Table of contents	4
List of illustrations	6
List of abbreviations and symbols used	7
1 Requirements	8
1.1 Klantprofielen	8
1.2 Software	8
1.3 Hardware	8
1.4 Services	8
2 Basics virtualisation	9
2.1 Virtualisatie	9
2.1.1 Hardware virtualisatie	9
2.1.2 Desktop virtualisatie	11
2.1.3 Containerisatie	11
2.2 Virtualisatietechnologie	11
2.2.1 CPU	12
2.2.2 VT-x	13
2.2.3 AMD-V	13
2.2.4 Andere CPU-functies	13
2.2.5 32- en 64-bit virtualisatie	13
2.2.6 RAM	14
2.2.7 SSD Drive	14
2.3 Relatie tussen hypervisor en kernel	14
2.3.1 Hyper-V	15
2.3.2 Virtualbox	16
3 Vergelijking van opties	17
3.1 Onderzoeksoepzet benchmarking	17
3.2 CPU en OS	17
3.3 Performantie	17
3.3.1 Win 10 Pro host OS en Win 10 Educ guest OS	18
3.3.2 Win 10 Pro host OS en Linux Ubuntu 20.04 guest OS	18
3.3.3 macOS host en Linux Ubuntu 20.04 guest OS	19
3.3.1 macOS host en Windows 10 guest OS	19
3.4 Vergelijkingen in literatuur	19
3.5 Kostprijs	19
4 Voor- en nadelen	20
4.1 Windows Host OS	20
4.2 Linux Host OS	20
4.3 macOS Host OS	20
5 Alternatieven	21
5.1 WSL2	21

5.2	Docker	21
5.3	Developer software IDE	22
6	Conclusie en aanbevelingen	23
6.1	Klant A : statisticus	23
6.2	Klant B : web developer	23
6.3	Klant C : application developer	23
7	Hardware advies	24
7.1	RAM	24
7.2	CPU	24
7.3	Opslag.....	24
7.4	Budget workstations feb 2021	24
8	Referenties	25

List of illustrations

Figure 1 Thin and thick hypervisors (Langer & French, 2011).....	10
Figure 2 Block diagram van een CPU (Wikipedia, 2021)	12
Figure 3 Beschermingsringen rond kernel (Wikipedia, 2021).....	15
Figure 4 Hyper-V architectuur (Wikipedia, 2021).....	15
Figure 5 Virtualbox (Oracle, 2020)	16
Figure 6 VMWare (VMWare, 2021)	16

List of tables

Table 1 Benchmark Win10 - Win10.....	18
Table 2 Benchmark Win10 - Ubuntu 20.04	18
Table 3 Prijsvergelijking hypervisors	19
Table 4 Pro/Contra hypervisoren Win10	20
Table 5 Pro/Contra hypervisoren Linux.....	20
Table 6 Pro/Contra hypervisoren macOS	20

List of abbreviations and symbols used

ALU	Arithmetic Logic Unit
AMD	Advanced Mirco Devices
AMD-V	AMD virtualisation
BSOD	Blue Screen of Death
CPU	Central Processing Unit
DDR	Double Data Rate
GUI	Graphical User Interface
IBM	International Business Machines
IA-32	Intel Architecture 32 bit, aka i386
IC	Integrated Circuit
IDE	Integrated Developer Environment
IO	Input/Output
ISA	Instruction Set Architecture
LAN	Local Area Network
MMX	Commerciele naam Single instruction, multiple data
NVMe	Non volatile Memory Express
OS	Operating System
PAE	Physical Address Extension
PC	Personal Computer
RAM	Random-access memory
SATA	Serial Advanced Technology Attachment
SDRAM	Synchronous dynamic RAM
SSE2	Streaming SIMD Extensions
VD	Virtual Disk
VE	Virtual Environment
VT-x	Intel Virtual Technology (x86)
VM	Virtual Machine
WLAN	Wireless Local Area Network
WSL	Windows Subsystem Linux

1 Requirements

1.1 Klantprofielen

Klant A voert op een bedrijfs PC (windows host) complexe statistische analyses uit, en wil simultaan gebruik kunnen maken van R, ROOT, PSPP (linux) en SAS, Matlab en Lisrel (windows). Een linux-omgeving met GUI is nodig voor welbepaalde plotsoftware. Kostprijs van de software is voor deze beginnende onderzoeker is belangrijk.

Klant B creëert websites op een Mac-host en wil compabiliteit van webapps checken op windows- en linuxplatformen en de voor dat platform relevante browsers.

Klant C ontwikkelt open source software voor IoT op een linux-host en vraagt de mogelijkheid om analyses op afstand (persistent) te draaien.

1.2 Software

De klanten vragen om volgende software pakketten te vergelijken en te adviseren wat het best bij hun noden past : Parallels (macOS), Vmware fusion en workstation, en Virtualbox. Ze vragen ook naar voor- en nadelen van VM's tegenover Docker-oplossingen en het Windows Subsystem Linux (WSL).

1.3 Hardware

Elke klant vraagt advies voor high-range workstation laptop of desktop (budget: 1.700 euro), in termen van CPU, RAM, merk en model.

1.4 Services

De klanten vragen:

- een toegankelijke tekst over het nut en de basic theorie over virtualisation.
- een presentatie die aankoop hardware en software onderbouwt legitimeert naar financiers en management.

2 Basics virtualisation

2.1 Virtualisatie

Virtualisatie (v12n) is de de handeling waarin een virtuele versie wordt gecreëerd (in tegenstelling tot een 'actuele') van iets, inclusief virtuele hardware platformen, opslagmedia en computer netwerk bronnen (Virtualization, 5 februari 2021). Virtualisatie begon reeds in de jaren '60, als een methode om systeembronnen van 'mainframe'-computers te verdelen tussen verschillende toepassingen. We bespreken hier 3 soorten van virtualisatie: hardware virtualisatie, desktop virtualisatie en containerisatie. Toepassing -, service -, geheugen -, data - en netwerk virtualisatie komen hier niet aan bod (Virtualisatie, 3 december 2020).

2.1.1 Hardware virtualisatie

2.1.1.1 basistermen

Hardware virtualisatie is de creatie van een 'virtuele machine' (VM) die zich gedraagt als een echte computer met een besturingssysteem ('operating system', OS). De toepassingen die draaien op dit 'gast' besturingssysteem ('guest OS') zijn volledig gescheiden van de onderliggende hardware bronnen. Het 'host OS' wordt gebruikt voor de virtualisatie door een 'hypervisor', ook wel virtual machine monitor genoemd (Hardware-assisted virtualization, 14 februari 2021).

Een hypervisor kan de hardware volledig virtualiseren voor het guest OS om toe te laten dat het als OS volledig onveranderd kan draaien met de de toepassingen die er eigen aan zijn. Een hypervisor kan de 'guest' toepassingen ook gedeeltelijk virtualiseren, wat men paravirtualisatie noemt (Virtualization, 5 februari 2021). De gast toepassingen moeten hiervoor specifiek aangepast worden.

De hardware van een computer kan zodanig aangepast worden dat virtualisatie efficiënter verloopt. De CPU technologie voor personal computers (PC) wordt in een volgende paragraaf besproken.

Hardware virtualisatie kan gezien worden als een deel van de trend naar 'autonomic' computing, wat wil zeggen dat computers door de gebruiker via regels in staat worden gesteld om meer zelfstandig te functioneren, en 'utility' computing, waarbij computerbronnen beschikbaar gesteld worden in zoverre een klant deze nodig heeft. Hierbij is het kostefficiënt gebruik van bronnen prioritair.

De doelstellingen van hardware virtualisatie zijn om administratieve taken te centraliseren en om ICT meer schaalbaar te maken, d.w.z. voorbereid op een mogelijke uitbreiding later. Een nieuwe virtuele machine is immers makkelijker aangemaakt dan een actuele computer aangekocht.

Via virtualisatie kunnen meerdere OS draaien op een zelfde CPU. Dit 'parallelisme' schroeft kosten terug en verschilt van 'multitasking', waarbij verschillende toepassingen worden gedraaid op 1 OS. Via virtualisatie kan een bedrijf beter controle houden over updates en flexibeler aanpassingen doen aan OS en toepassingen.

Hardware virtualisatie is niet hetzelfde als hardware 'emulatie'. Bij emulatie imiteert een stuk hardware een ander stuk hardware, terwijl bij virtualisatie de software ('hypervisor') de hardware simuleert. 'Nested' virtualisatie wil zeggen dat een hypervisor draait binnenin een andere hypervisor.

2.1.1.2 Bare metal, thin and thick hypervisors

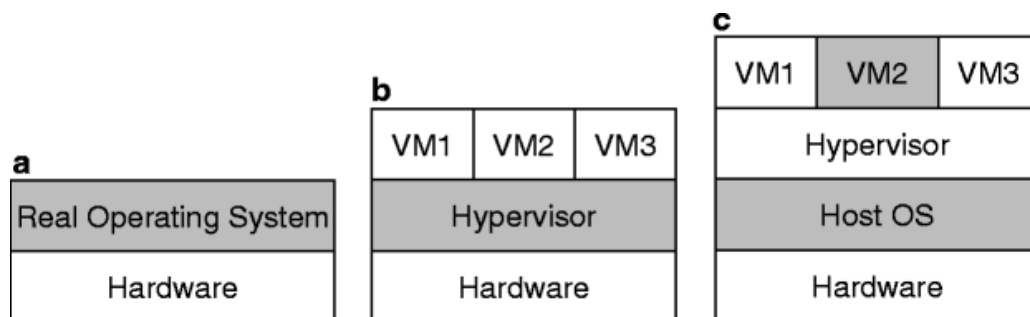


Figure 1 Thin and thick hypervisors (Langer & French, 2011)

a Een conceptuele voorstelling van een 'bare metal' PC, die laat zien dat het OS draait op de hardware. "Nominally, this should provide the best possible performance because the Operating System software is in direct control of the hardware without any software intermediaries" (Langer & French, 2011).

b In deze virtualisatie 'ligt' de 'dunne' hypervisor direct op de hardware. Dit is bijvoorbeeld het geval bij Hyper-V en WSL2. Het doel van deze hypervisor is om virtuele bronnen te verschaffen aan de virtuele machines. Er is niet noodzakelijk een GUI voor de hypervisor.

c Tot slot draaien de 'dikke' hypervisors (bv. VMWare Workstation of Oracle Virtual Box) bovenop populaire besturingssystemen. "This is obviously the most complex arrangement and may challenge performance in the VM that lives on top of the stack, as it has to traverse several layers of device drivers to reach physical hardware" (Langer & French, 2011).

2.1.1.3 Snapshots

Een snapshot is een 'foto' van een virtuele machine op een bepaald moment. Het is de 'bevroren' staat van een VM op een bepaald moment. Een snapshot

stelt de gebruiker in staat een VM te pauzeren en later terug te gebruiken vanaf dat bepaalde punt, wat neerkomt op een specifieke backuptechniek.

VM's gebruiken virtuele schijven ('virtual disks', VD). Een harde schijf wordt zo een file op het host OS. Snapshots worden afgeleid van deze VD. Een snapshot is een incrementele (stapje per stapje opgebouwde) file, vergelijkbaar met een incrementele backup. Een safety feature is 'failover': de mogelijkheid om verder te gaan met de laatst werkende snapshot.

2.1.1.4 Migratie

Eén van de belangrijkste voordelen van opslag van een VM op een VD, en het gebruik van snapshots, is dat de snapshots migreerbaar zijn van het ene host OS naar het andere. Tussen dezelfde hypervisors is migratie steeds mogelijk. Er bestaan ook export mogelijkheden tussen de verschillende hypervisors om migratie mogelijk te maken. Migratie laat toe dat een software omgeving snel overgezet kan worden. Dit vergroot niet alleen de flexibiliteit voor de gebruiker, maar biedt ook een bijkomende laag van veiligheid: indien de VM gesynchroniseerd wordt op verschillende hardware kan bij uitval de dienstverlening snel verdergezet worden.

2.1.2 Desktop virtualisatie

Desktop virtualisatie is het scheiden van de virtuele desktop (al dan niet een GUI) van de fysieke machine en het host OS. Het betreft dan een 'remote desktop': op een host systeem draait een server die de virtualisatie via LAN, WLAN of zelfs internet, op een gast systeem mogelijk maakt.

2.1.3 Containerisatie

Containerisatie is een specifieke vorm van virtualisatie op niveau van het OS. Het 'hart' van het host OS ('kernel') laat toe dat gebruikers meerdere geïsoleerde gebruikersomgevingen ('containers', 'jails', 'virtual environments') naast elkaar draaien. Containerisatie als concept vond ingang in 2014 door de introductie van Docker.

2.2 Virtualisatietechnologie

Met virtualisatietechnologie bedoelen we de technologie die de host hardware, voornamelijk de host CPU, in staat stelt efficiënter een guest OS of applicatie te draaien. Reeds in 1972 optimaliseerde IBM haar IBMSystems/370 mainframe om het eerste OS te draaien dat virtualisatie aanbood, met name de VM/370 (Hardware-assisted virtualization, 14 februari 2021). De voordelen van 'ingebakken' virtualisatie optimalisaties in de CPU zijn de verminderde 'overhead' aan berekeningen op niveau van het host OS en de hypervisor. Het host OS kan specifieke onderdelen van de CPU direct aanspreken met het oog op het uitvoeren van virtualisatietaken, met performantiewinst tot gevolg. Een nadeel van hardware virtualisatie is dat,

wanneer de hypervisor hiervan afhankelijk is, het gebruik van de VM buiten deze hardware aanpassingen om moeilijk, zometer onmogelijk is.

Het zou ons te ver leiden om voor elke CPU-architectuur de virtualisatie-optimalisatie technologie te bespreken. Gezien de doelmarkt voor (weliswaar gevorderde) PC gebruikers, beperken we ons tot de x86 'instruction set architectuur' (ISA) waarvoor pas in 2005/2006 door Intel en AMD extensies werden geïntroduceerd die virtualisatie hardwarematig ondersteunen. Voor Intel werd dit VT-x, AMD doopte het AMD-V. De eerste Intel processoren die VT-x ondersteunden waren de Pentium 4 model 662 en 672. De eerste AMD-V 'enabled' processoren waren de Athlon 64, Athlon 64 X2 en Athlon FX .

2.2.1 CPU

Om te weten wat de virtualisatie technologie juist toevoegt aan de CPU, is een basisbegrip van de werking van een CPU nodig. Een central processing unit of CPU is een elektronisch circuit in een computer die instructies uitvoert die door een computerprogramma worden doorgestuurd. De CPU voert wiskundige, logische, controlerende en input/output operaties uit (x86, 20 februari 2021).

De hoofdcomponenten van een CPU zijn: (1) de arithmetic logic unit (ALU), (2) de registers die de 'operanden', d.w.z. de bewerkingen, die de ALU als 'operator' moet verwerken, aanreiken en tijdelijk opslaan, en (3) een control unit die de ALU aanstuurt om instructies uit het werkgeheugen op te halen, uit te voeren en terug te plaatsen.

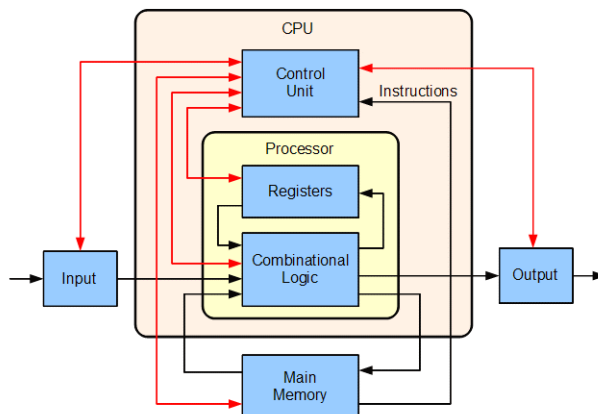


Figure 2 Block diagram van een CPU (Central processing unit, 19 februari 2021)

De meeste moderne CPU's zijn 'integrated circuits' (IC) die één of meerdere kernen 'cores' kunnen bevatten ('multi-core processors'). De fysieke CPU kernen kunnen op hun beurt meerdere 'uitvoeringsdraden' ('multithread') bevatten zodat een CPU met bijvoorbeeld 4 CPU cores in de praktijk via 8 verwerkings 'threads', instructies kan verwerken.

Een VM kan gebruik maken van één of meerdere cores. Hoe meer cores een CPU telt, hoe meer VM's kunnen gedraaid worden naast het host OS.

De kloksnelheid van de CPU bepaalt de snelheid waarmee het host OS de VM's kan uitvoeren. De kloksnelheid van de gevirtualiseerde guest CPU kan gelimiteerd worden. Dit kan bijvoorbeeld nuttig zijn om oudere applicaties op oudere OS trager te laten lopen.

2.2.2 VT-x

De CPU verwerkt instructies die uit CPU registers gehaald worden. Een instructie bevat soms een conditiecode, ook wel 'flag' of 'vlag', die de staat aangeeft waarin de processor zich bevindt. De CPU-flag voor VT-x is vmx. De VMX-flag maakt mogelijk dat de CPU in een virtualisatiemodus specifieke virtualisatie instructies uitvoert zoals VMPTRLD, VMPTRST, VMCLEAR, VMREAD, VMWRITE, VMCALL, VMLAUNCH, VMRESUME, VMXOFF, VMXON, INVEPT, INVVPID en VMFUNC (Intel 64 and IA-32 Architectures Software Developer Manuals) (Hardware-assisted virtualization, 14 februari 2021).

In de virtualisatie-modus verwerkt de x86-CPU de instructies van het Guest OS in geprivilegeerde modus (de zogenaamde 'ring 0'), en beschermt het tegelijkertijd het host OS. Sinds 2015 bevatten bijna alle Intel processoren in servers, desktops en laptops deze VT-x technologie. Ook de meeste moederborden en BIOS'en ondersteunen het.

2.2.3 AMD-V

AMD-V werkt op vergelijkbare wijze als VTX-x. De CPU flag is 'SVM'. De instructies omvatten VMRUN, VMLOAD, VMSAVE, CLGI, VMMCALL, INVLPGA, SKINIT en STGI) (x86 virtualisation, 2 januari 2021).

2.2.4 Andere CPU-functies

Naast VT-x en AMD-V zijn nog een aantal CPU-functies belangrijk om virtualisatie hardwarematig te optimaliseren: (1) Physical Address Extension (PAE) is een functie die het voor CPU's mogelijk maakt om meer dan 4GB RAM te adresseren, belangrijk omdat meer geheugen meer virtualisaties betekent (2) NX of No eXecute (AMD) of ND (Intel) is een beveiligingsbit in de CPU die buffer overflow voorkomt. Op deze manier kan men geen malafide code laten uitvoeren. Ook VM's kunnen op die manier beveiligd worden (3) de SSE2 extensie, een uitbreiding op de MMX-instructieset van de 32-bits Intel Architecture (IA-32).

2.2.5 32- en 64-bit virtualisatie

Instructies aan de CPU worden in een bepaalde lengte gegeven. Doorheen de jaren is de 'bandbreedte' van CPU's vergroot van 16-bits (bv. 8086 processor) tot 64-bits (bv Intel Core 2 Duo of recenter Intel 11e generatie 'Tiger lake') (Williams, 1984).

Een algemene regel is dat een hogere CPU bits-architectuur een lagere bits-architectuur kan draaien, maar niet omgekeerd. Een 64-bit CPU kan een 32-bit host OS draaien en een 32-bit guest OS, een 32-bit CPU kan geen 64-bit host of guest OS draaien. Let wel: een 64-bit CPU die een 32-bit host OS draait, kan wel degelijk een 64-bit guest OS in een VM draaien.

2.2.6 RAM

Random-Access Memory (RAM) is het werkgeheugen van een PC. De snelheid van het RAM, uitgedrukt in frequentie (Mhz) is net zo belangrijk als de kloksnelheid van de CPU. Hedendaags DDR4-3200 SDRAM kan bijvoorbeeld tot 3.200 megabits per seconde verwerken.

De hoeveel RAM speelt een zeer belangrijke rol in virtualisatie. Opnieuw geldt dat hoe meer RAM beschikbaar is, hoemeer geheugen 1 of meerdere VM's kunnen gebruiken.

2.2.7 SSD Drive

De harde schijf van een PC kan men beschouwen als het 'lange termijn' geheugen van een PC. Ook hier is de snelheid van belang. Binnen een VM is de gebruikerservaring rechtstreeks gekoppeld aan de snelheid waarmee de hypervisor-software input/output operaties (IO) naar een VD kan verrichten. Waar voorheen SATA II hard disk drives (HDD) een throughput haalden van 300 megabit/s, bereiken recente NVMe SSD's snelheden tot 3500 megabit/s, een verbetering met factor 10 dus (Serial ATA, 18 februari 2021). De evolutie van HDD met bewegende disks naar solid state drives (SSD) zonder bewegende onderdelen heeft de IO-toegang enorm verbeterd, wat ook de gebruikerservaring binnen een VM ten goede komt.

Tot slot speelt ook de beschikbare SSD opslagruimte een rol voor virtualisatie. Een recent OS zoals Windows 10 heeft ongeveer 50 gigabyte basisopslag nodig. Hoewel deze requirement voor Linux gebaseerde of oudere OS'en in vele gevallen een stuk lager ligt (bv. 500 MB voor Debian Linux), is het net typisch voor virtualisatie dat *meerdere* VM's kunnen gedraaid worden, en dat de regel dus geldt: hoe meer schijfruimte beschikbaar, hoe beter. Een SSD van 256 gigabyte is een minimum requirement wil men 2 of meer recente guest OS'en met volle functionaliteit parallel draaien.

2.3 Relatie tussen hypervisor en kernel

Belangrijk is hoe hypervisoren zich verhouden tot de kernel. Een OS heeft zogenaamde 'protection rings'. De buitenste ringen hebben minder prioriteit voor de CPU dan de binnenste ringen.

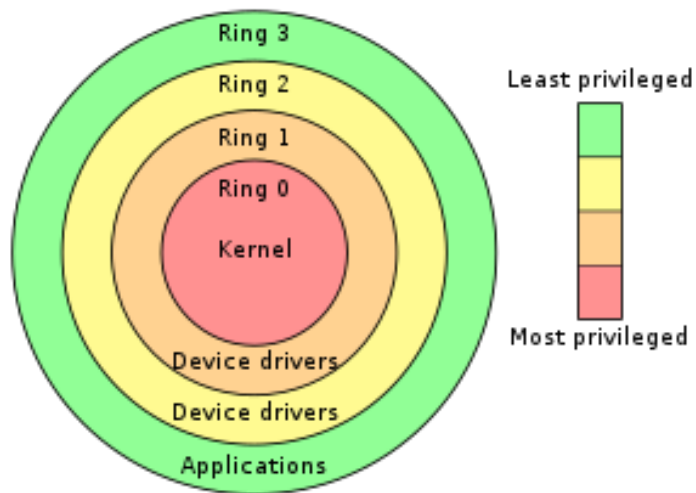


Figure 3 Beschermingsringen rond kernel (Protection ring, 16 januari 2021)

De volgende schematische voorstellingen geven de architectuur weer voor respectievelijk Hyper-V, VirtualBox en VM Workstation.

2.3.1 Hyper-V

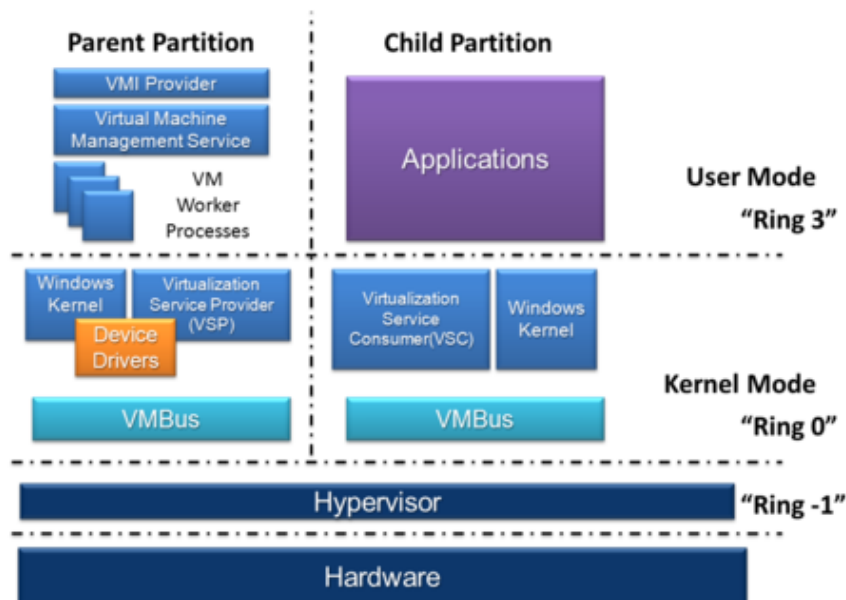


Figure 4 : Hyper-V architectuur (Hyper-V, 10 januari 2021)

2.3.2 Virtualbox

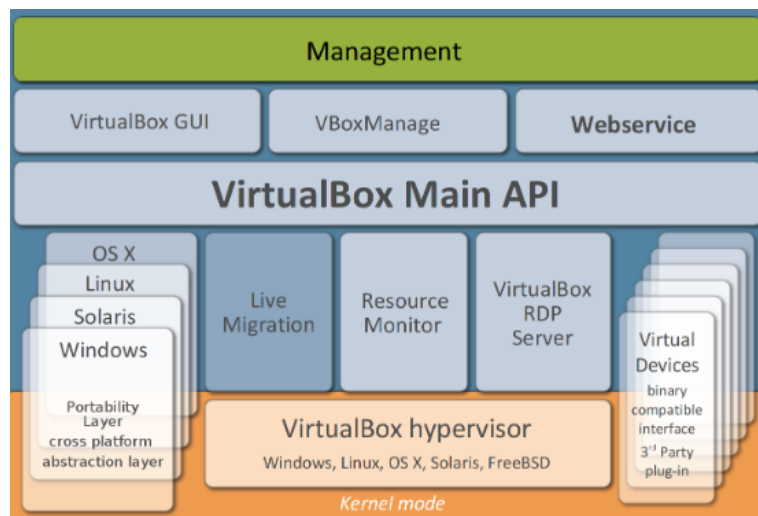


Figure 5 Virtualbox (Oracle, 2020)

VM Ware Workstation

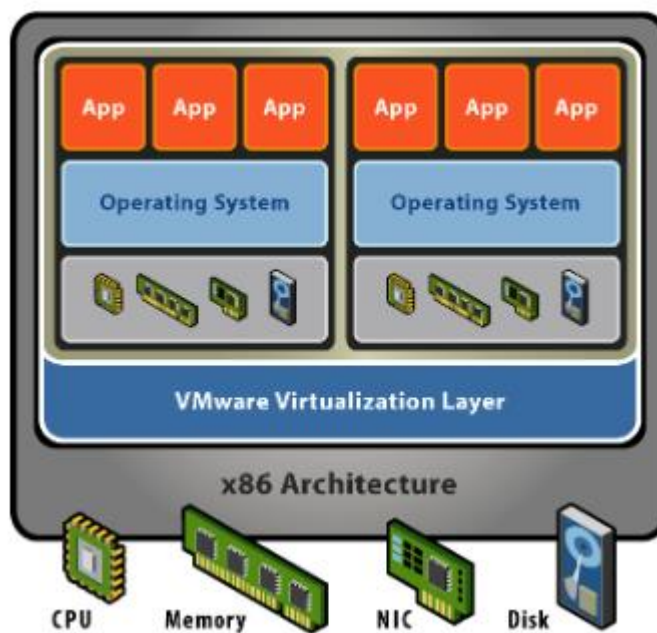


Figure 6 : VMWare (VMWare, 2021)

3 Vergelijking van opties

3.1 Onderzoeksofzet benchmarking

De hypervisors worden eerst vergeleken op vlak van benodigde host CPU, host OS, mogelijke guest CPU's en guest OS'en (zie 3.2).

De hypervisors worden vervolgens naar performantie lokaal getest op een Macbook Pro (2017) (Host OS Big Sur), een DELL Precision 7550 (Host OS Windows 10 Pro for Workstations, CPU: Intel Core i7-10850H@4,31GHz GPU: NVIDIA Quadro RTX 3000), en remote op een Synology NAS 918+ (DSM 6). Het Guest OS voor windows was Windows Educational 10, voor Linux Ubuntu 20.04. Tot slot worden prijzen vergeleken.

3.2 CPU en OS

De klanten vragen geselecteerde hypervisors te vergelijken. Tabel 1 geeft aan op welke host CPU's en host OS welke guest CPU's en guest OS'n kunnen gedraaid worden (Comparison of application virtualization software, 24 januari 2021).

Table 1 Virtualisatie software

	Host CPU	Guest CPU	Host OS	Guest OS
Parallels desktop	x86	x86, x86-64	macOS	DOS, Windows, Linux, macOS, FreeBSD, OS/2, eComStation, Solaris, Haiku
VM Ware Fusion	x86, x86-64	x86, x86-64	macOS	Windows, Linux, Solaris, FreeBSD, OSx86 (as FreeBSD), virtual appliances, Netware, OS/2, SCO, BeOS, Haiku, Darwin
VM Ware Workstation 16 pro	x86, x86-64	x86, x86-64	Windows	Windows, Linux, Solaris, FreeBSD, OSx86 (as FreeBSD), virtual appliances, Netware, OS/2, SCO, BeOS, Haiku, Darwin
Microsoft Hyper-V	x86-64 met VT-x of AMD-V, ARMv8	x86-64, (>64 CPUs), ARMv8	Windows	Windows NT, FreeBSD, Linux (SUSE 10, RHEL 6, CentOS 6) (Armstrong, 12 september 2020)
Virtualbox	x86, x86-64	x86, x86-64 (with Intel VT-x or AMD-V)	Windows, Linux, macOS, Solaris, FreeBSD	DOS, Linux, macOS, FreeBSD, Haiku, OS/2, Solaris, Syllable, Windows, and OpenBSD

3.3 Performantie

We vergeleken de vermelde hypervisors met Userbenchmark, Novabench en Geekbench. De VM's kregen telkens 1 CPU core toegewezen en 2Gig RAM. De GPU kan in virtualisatie niet zonder specifieke interventie gevirtualiseerd worden. GPU performantie werd dan ook niet meegenomen in de

vergelijkende test. Disclaimer: De dell precision presteerde niet consistent, de data zijn zeer waarschijnlijk sterk beïnvloed door onderliggende processen. Voor de linux metingen is er een storende factor geweest, cf. de betere score voor virtualbox t.o.v native Ubuntu geekbench score!

3.3.1 Win 10 Pro host OS en Win 10 Educ guest OS

Table 1 Benchmark Win10 - Win10

Benchmark	Userbenchmark	Novabench			
		CPU	RAM	GPU	Disk
Referentie: Bare metal ¹	https://www.userbenchmark.com/USERRun/40081468	1342	261 S:23927	1100	257 W:2580 R:1861
Hyper-V	https://www.userbenchmark.com/USERRun/40103696	832	162 S:21386	0	393 W: 5286 R:2734
VMWare WS	https://www.userbenchmark.com/USERRun/40080392	347	148 S: 17284	0	150 W: 1224 R: 2012
Virtualbox	Eerst BSOD ² https://www.userbenchmark.com/USERRun/40107981	229	167 S: 22546	0	210 W: 876 R : 2482

3.3.2 Win 10 Pro host OS en Linux Ubuntu 20.04 guest OS

Table 2 Benchmark Win10 - Ubuntu 20.04

Benchmark	Geekbench					
	Single core	Text comp	Image comp	HTML5	SQL	Clang
Referentie: Bare metal	277	248 1,2MB/s	251 12Mp/s	274 0,3Me/s	265 83/s	265 2,06K/s
Hyper-V	237	202 1MB/s	231 11Mp/s	230 0,7Me/s	221 69/s	213 1,66K/s
VMWare WS	200	189 0,9MB/s	208 9.3Mp/s	230 0,7Me/s	168 52/s	189 1,47/s
Virtualbox	1224	1128 5,7MB/s	1126 58Mp/s	1246 1,46Me/s	1126 384/s	1192 9,29K/s

¹ Onder bare metal verstaan we prestaties onder het Host OS zelf, zie situatie a) in figuur 2.

² Na meerdere pogingen bleek het eerst onmogelijk om een Windows 10 guest OS te draaien in VirtualBox. Het is bekend dat Hyper-V en VirtualBox niet goed samenwerken. Toch zou dit volgens documentatie mogelijk moeten zijn. Windows 7-8 draaien wel perfect onder Virtualbox. Het is een gekend probleem, getuige meerdere forum threads op het internet met verschillende oplossingen. Cruciaal blijkt uiteindelijk het windows onderdeel

3.3.3 macOS host en Linux Ubuntu 20.04 guest OS

Table 3 Benchmark Win10 - Ubuntu 20.04

Benchmark	Geekbench					
	Single core	Text comp	Image comp	HTML5	SQL	Clang
Parallels	NA	NA	NA	NA	NA	NA
VMware fus	885	659	884	885	884	862

3.3.1 macOS host en Windows 10 guest OS

Table 4 Benchmark Win10 - Ubuntu 20.04

Benchmark	Geekbench					
	Single core	Text comp	Image comp	HTML5	SQL	Clang
Parallels	755	539	951	687	711	754
VMware fus	666	548	952	553	471	568

3.4 Vergelijkingen in literatuur

De gevonden reviews en vergelijkingen op het internet en in vakliteratuur (zeer beperkt opgezocht via limo.libis.be , KU Leuven) geven aan dat elke hypervisor zijn voor- en nadelen heeft.

Bose (19 december 2018) komt bijvoorbeeld tot de conclusie dat "VirtualBox and VMware are the top two virtualization platforms on market, which makes it difficult to choose between the products". Naast het evident prijs-argument ten voordele van virtualbox, geeft deze onderzoeker aan dat VMware Workstation zich onderscheidt op vlak van grafische applicaties. Virtualbox is meer geschikt voor oudere host PC's (Bose, 19 december 2018).

3.5 Kostprijs

Table 5 Prijsvergelijking hypervisors

	Prijs
Parallels desktop home Parallels desktop pro	79,99€ 99,99€ /jaar
VM Ware Fusion Player VM Ware Fusion 12 Pro	149\$ 199\$
VM Ware Fusion Player VM Ware Workstation 16 pro	149\$ 199\$
Microsoft Hyper-V	Gratis
Virtualbox	Gratis

4 Voor- en nadelen

4.1 Windows Host OS

Table 6 Pro/Contra hypervisoren Win10

	VM Workstation	Virtualbox	Hyper-V
Voordelen	<ul style="list-style-type: none">- Professioneel- hardware support- Grafische ondersteuning- Betrouwbaar- Easy install- Crossplatform	<ul style="list-style-type: none">- Prijs- Performantie is behoorlijk- Eigen virtualisatie tech- Crossplatform	<ul style="list-style-type: none">- Snelheid voor win guest OS- 'Native' : integratie onder Windows- Ondersteunt nu ook Linux guest in beperkte mate
Nadelen	<ul style="list-style-type: none">- Prijs- Performantie	<ul style="list-style-type: none">- Incompatibel met WSL2- Minder gebruiksvriendelijk (bv. Guest additions)	<ul style="list-style-type: none">- Ondersteunt beperkt aantal OS- Niet crossplatform

4.2 Linux Host OS

Table 7 Pro/Contra hypervisoren Linux

	VM Workstation	Virtualbox	XEN (citrix)
Voordelen	<ul style="list-style-type: none">- Professioneel- hardware support- Grafische ondersteuning- Betrouwbaar- Easy install- Crossplatform	<ul style="list-style-type: none">- Prijs- Performantie is behoorlijk- Eigen virtualisatie tech- Crossplatform	<ul style="list-style-type: none">- Performantie top onder linux- Eigen virtualisatie
Nadelen	<ul style="list-style-type: none">- Prijs- Performantie	<ul style="list-style-type: none">- Incompatibel met WSL2- Minder gebruiksvriendelijk (bv. Guest additions)	<ul style="list-style-type: none">- Prijs

4.3 macOS Host OS

Table 8 Pro/Contra hypervisoren macOS

	VM Fusion	Virtualbox	Parallels
Voordelen	<ul style="list-style-type: none">- Professioneel- hardware support- Grafische support- Betrouwbaar- Easy install- Crossplatform- Meerdere guest OS	<ul style="list-style-type: none">- Prijs- Performantie is behoorlijk- Eigen virtualisatie tech- Crossplatform- Meerdere guest OS	<ul style="list-style-type: none">- Performantie top onder osx- Eigen virtualisatie- Seamless 'coherence'- Kan de bootcamp partition als virtuele schijf gebruiken
Nadelen	<ul style="list-style-type: none">- Prijs- Performantie	<ul style="list-style-type: none">- Performantie tov parallels	<ul style="list-style-type: none">- De seamless coherence mode kan verwarrend zijn.- Prijs(relatief)- Enkel Windows als guest os onder osx

5 Alternatieven

5.1 WSL2

Het Windows Subsystem Linux versie 2 is een Windows 10 Professional feature die het mogelijk maakt om parallel een Linux-distro onder Windows te draaien. De huidige ondersteunde linux distro's zijn:

De installatie richtlijnen vereisen Hyper-V en het Windows virtualisatieplatform, een feature die interfereert met het draaien van 64-bit OS onder Virtualbox 6.1³.

WSL2 is een prima keuze voor web development. Een LAMP server draaien onder WSL voelt bijvoorbeeld aan als een meer professionele benadering dan een XAMP onder windows. Een absoluut voordeel van WSL t.o.v. virtualisatie hypervisors is snelheid en rechtstreekse toegang tot/naast de windows kernel. Een nadeel van WSL is dat GUI toepassingen onder het WSL systeem nog niet helemaal ondersteund worden. Een X11 server (GUI desktop server-installatie) onder WSL is mogelijk, maar loopt niet optimaal, en is niet in dezelfde mate ondersteund als de CLI Ubuntu in Windows terminal.

5.2 Docker

Docker is een voorbeeld van containerisatie (zie 2.1.3). Docker kan net als Virtualbox, Hyper-V en WM Ware WS een applicatie die normaal op een ander OS draait, virtualiseren (Seshachala, 2014). Het is daarbij efficiënter omdat het geen apart Guest OS vergt. De 'images' die docker laadt, bevatten de aanpassingen van een server (bv. Mysql linux server) aan het host OS zodat het als een service onder windows draait, en er geen hypervisor nodig is (Schlosser, 23 november 2017).

Voordelen van Docker t.o.v. virtualisatie hypervisors zijn: de eenvoud of de 'lean'-liness van deze oplossing, niets teveel wordt geïnstalleerd, alsook snelheid (Bauer, 28 juni 2018). Dit hebben we wel niet meegenomen in onze tests wegens te weinig tijd.

³ Stap 1: installeer WSL : <https://docs.microsoft.com/en-us/windows/wsl/install-win10>, Check de WSL versie in Powershell: `wsl -l -v`. Stap 2 : installeer WSL2, zie <https://docs.microsoft.com/en-us/windows/wsl/install-win10#step-4---download-the-linux-kernel-update-package> , Stap 3 (optioneel): installeer windows terminal <https://docs.microsoft.com/en-us/windows/terminal/get-started>

5.3 Developer software IDE

Een professionele Intergrated Developer Evironment (IDE) voor webdevelopment zoals PHPstorm biedt geïntegreerde browser simulaties aan (Chrome, Edge, Firefox, Explorer).

6 Conclusie en aanbevelingen

6.1 Klant A : statisticus

Klant A heeft een GUI Linux systeem nodig dat parallel kan draaien onder Windows 10 pro. De klant heeft aangegeven dat prijs heel belangrijk is.

We raden aan (in deze volgorde):

- WSL2 voor CLI statistische programma's zoals R
- Virtual Box (prijs en relatieve performantie) voor PSPP en plotsoftware
- Hyper-V (prijs, snelheid win, niet voor linux)
- VM Ware WS voor support, drivers en professionele duurzaamheid

Docker is minder aangewezen.

6.2 Klant B : web developer

Klant B wil op een macOS systeem parallel Windows 10 pro en Linux draaien.

We raden aan (in deze volgorde):

- Parallels voor windows (integratiemogelijkheden, seamless mode, prestaties)
- VM Ware Fusion (export mogelijkheden naar windows host)
- Virtual Box (prijs relatief minder belangrijk, maar biedt wel alle guest OS)

Voor macOS biedt de onderliggende BSD unix o.a. via Homebrew als package manager ook testmogelijkheden aan o.a. door X11 (Quartz) te installeren en daarop dan native linux GUI apps te draaien.

6.3 Klant C : application developer

Klant B wil op een linux host , Windows 10 pro en andere guest OS'en draaien.

We raden aan (in deze volgorde):

- VM Ware Workstation (volledige ondersteuning, crossplatform)
- Virtual Box (prijs relatief minder belangrijk, maar biedt wel alle guest OS)
- Virtual machine Manager op Synology voor CLI en GUI apps die permanent moeten draaien.
- Eventueel Virtual Machine Manager (Red Hat) (niet getest)
- Eventueel Xen Citrix (niet getest)

7 Hardware advies

7.1 RAM

De belangrijkste spec op de gevraagde workstation laptop is RAM. Met CPU's die tegenwoordig makkelijk 3,5Mhz voorbijsnellen is vooral Ram de bottleneck (Best Laptops For Virtualization in 2021, 7 februari 2021).

8GB: Enkele VM's (software testing), 16GB-32GB: Meerdere VM's (ook servertoepassingen), +32GB: complexe setups

7.2 CPU

AMD of Intel doet er weinig toe. Alle moderne CPU's ondersteunen hardware virtualisatie. Echter, hoe meer cores hoe beter. Kloksnelheden zijn ook belangrijk maar het meenemen van die vereiste hangt meer af van wat men wil draaien in de VM. Ryzen chips van AMD hebben relatief meer cores .

7.3 Opslag

SSD's zijn zoals gezegd een absolute voorwaarde. Een grotere SSD met Nvme of M.2 kan een belangrijk voordeel zijn.

7.4 Budget workstations feb 2021

For a budget of < 1700 euro as required.

Lenovo Thinkpad T14	Lenovo Thinkpad E15	Dell Mobile precision 3551
Ryzen 7 PRO 4750U 8 Cores 16 Threads, 16GB RAM DDR4 (Up to 48GB), 512GB PCIe NVMe	Core i7 10th generation 4 cores / 8 Threads, 8-32GB DDR4 RAM, 512GB-1TB SSD	512 GB · Solid state drive · Touchscreen · 2.6 GHz Intel Core i7-10750H Six-Core, 16GB of DDR4 RAM - 512GB M.2 SSD
1.326 euro	1.716 euro	1.536 euro

8 Referenties

- Armstrong, B. (12 september 2020). *Supported Windows guest operating systems for Hyper-V on Windows Server*. Retrieved 19 februari 2021, from <https://docs.microsoft.com/en-us/windows-server/virtualization/hyper-v/supported-windows-guest-operating-systems-for-hyper-v-on-windows>
- Bauer, R. (28 juni 2018). *Docker Containers vs. VMs: Pros and Cons of Containers and Virtual Machines*. Retrieved 20 februari 2021, from <https://www.backblaze.com/blog/vm-vs-containers/>
- Best Laptops For Virtualization in 2021*. (7 februari 2021). Opgeroepen op 21 februari 2021, van laptopstudy.com: <https://laptopstudy.com/best-laptop-for-virtualization/>
- Bose, A. (19 december 2018). *A Complete Comparison of VMware and VirtualBox*. Retrieved 15 februari 2021, from <https://www.nakivo.com/blog/vmware-vs-virtual-box-comprehensive-comparison/>
- Central processing unit*. (19 februari 2021). Opgeroepen op 20 februari 2021, van [Wikipedia.org](https://en.wikipedia.org/wiki/Central_processing_unit): https://en.wikipedia.org/wiki/Central_processing_unit
- Comparison of application virtualization software*. (24 januari 2021). Retrieved 20 februari 2021, from [wikipedia.org](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Comparison_of_application_virtualization_software&oldid=1000901165): https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Comparison_of_application_virtualization_software&oldid=1000901165
- Comparison of platform virtualization software*. (5 januari 2021). Retrieved 16 februari 2021, from [wikipedia.org](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Comparison_of_platform_virtualization_software&oldid=1002444623): https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Comparison_of_platform_virtualization_software&oldid=1002444623
- Craig, I. D. (2006). *Virtual Machines, by Iain D. Craig*. (1st ed. 2006. ed.). London: Londen: Springer.
- Hardware-assisted virtualization*. (14 februari 2021). Retrieved 16 februari 2021, from https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Hardware-assisted_virtualization&oldid=1006774985
- Hyper-V*. (10 januari 2021). Opgeroepen op 21 februari 2021, van [wikipedia.org](https://en.wikipedia.org/wiki/Hyper-V): <https://en.wikipedia.org/wiki/Hyper-V>

Langer, S. G., & French, T. (2011). Virtual Machine Performance Benchmarking. *Journal of Digital Imaging*, 24, 883–889. doi:10.1007/s10278-010-9358-6

Oracle. (2020). *Oracle VMVirtualBox: Programming Guide andReference*. Opgeroepen op 21 februari 2021, van <https://download.virtualbox.org/virtualbox/4.1.20/SDKRef.pdf>

Protection ring. (16 januari 2021). Opgeroepen op 20 februari 2021, van wikipedia.org: https://en.wikipedia.org/wiki/Protection_ring

Schlosser, H. (23 november 2017). *Docker vs. Virtual Machine: Where are the differences?* Retrieved 20 februari 2021, from <https://devopscon.io/blog/docker/docker-vs-virtual-machine-where-are-the-differences/>

Serial ATA. (18 februari 2021). Retrieved from wikipedia.org: https://nl.wikipedia.org/w/index.php?title=Serial_ATA&oldid=51164623

Seshachala, M. f. (2014). Docker vs VMs. *Docker vs VMs*. Retrieved from <https://devops.com/docker-vs-vm/>

Virtualisatie. (3 december 2020). Retrieved 10 februari 2021, from wikipedia.org: <https://nl.wikipedia.org/w/index.php?title=Virtualisatie&oldid=57680077>

Virtualization. (5 februari 2021). Retrieved 10 februari 2021, from wikipedia.org: <https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Virtualization&oldid=1005064997>


VMWare. (2021). *Understanding Full Virtualisation, paravirtualisation, and hardware assist*. Opgehaald van [www.vmware.com](https://www.vmware.com/content/dam/digitalmarketing/vmware/en/pdf/techpaper/VMware_paravirtualization.pdf): https://www.vmware.com/content/dam/digitalmarketing/vmware/en/pdf/techpaper/VMware_paravirtualization.pdf

Williams, J. G. (1984, 1). 8-, 16- and 32-Bit Processors: Characteristics and Appropriate Applications. *Library Hi Tech*, 2, 51–59. doi:10.1108/eb047550

x86. (20 februari 2021). Retrieved 20 februari 2021, from wikipedia.org: <https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=X86&oldid=1007859588>

x86 virtualisation. (2 januari 2021). Opgeroepen op 16 februari 2021, van wikipedia.org: https://en.wikipedia.org/wiki/X86_virtualization#Intel_virtualization_.28VT-x.29

9 Bijlage: Geekbench overzicht

Geekbench Browser						
Geekbench 5 ▾ Geekbench 4 ▾ Benchmark Charts ▾ 🔍 Search Account ▾						
<div><div></div><div><div>jorisvp</div><div>Signed up 12 hours ago</div></div></div>						
<div>Geekbench 5 3 Geekbench 4 3 Geekbench 3 3 Geekbench 2 3</div>						
<div>CPU 3 Compute 3</div>						
ID ▾	Name	Platform	Architecture	Single-core Score	Multi-core Score	
6628298	VMware, Inc. VMware7,1 Intel Core i5-8259U 2304 MHz (2 cores)	Windows 64	x86_64	666	1302	
6628171	VMware, Inc. VMware Virtual Platform Intel Core i5-8259U 2304 MHz (2 cores)	Linux 64	x86_64	885	1751	
6628015	Dell Inc. Precision 7550 Intel Core i7-10850H 5100 MHz (6 cores)	Linux 64	x86_64	277	1638	
6627820	VMware, Inc. VMware Virtual Platform Intel Core i7-10850H 2712 MHz (2 cores)	Linux 64	x86_64	200	396	
6627651	Microsoft Corporation Virtual Machine Intel Core i7-10850H 2712 MHz (1 cores)	Linux 64	x86_64	237	237	
6627524	Parallels Software International Inc. Parallels Virtual Platform Intel Core i5-8259U 2304 MHz (2 cores)	Windows 64	x86_64	755	1098	
6619091	innotek GmbH VirtualBox Intel Core i7-10850H 2712 MHz (1 cores)	Windows 64	x86_64	943	982	
6618449	innotek GmbH VirtualBox Intel Core i7-10850H 2712 MHz (1 cores)	Linux 64	x86_64	1224	1227	