VMware ESX i ESXi

Jak pięcioro ludzi ze Stanfordu przeniosło na pecety pomysł z mainframe'ów lat siedemdziesiątych, zrobiło z niego fundament serwerowni całego świata — i jak ten fundament w ciągu dwóch lat zmienił właściciela, cennik i sposób liczenia licencji.

Ta strona opowiada historię hipernadzorcy, który dla większości administratorów pracujących po 2005 roku był po prostu „serwerem, na którym stoją serwery". Zaczyna się od tego, dlaczego procesor x86 nie dawał się wirtualizować tak jak maszyny IBM i jak inżynierowie VMware obeszli ten problem, zanim Intel i AMD dodały do krzemu potrzebne instrukcje. Potem pokazuje budowę ESX i ESXi od środka: własne jądro vmkernel, linuksową konsolę serwisową, której później się pozbyto, i moduł vmklinux, o który przez cztery lata toczył się w Hamburgu proces o licencję GPL. Dalej idą pieniądze: EMC, debiut giełdowy, Dell, wydzielenie i przejęcie przez Broadcom, przy którym obiegowa kwota mierzy tylko jedną z trzech rzeczy. Najwięcej miejsca zajmuje to, co z tego wynika w 2026 roku: koniec licencji wieczystych, minimum szesnastu rdzeni, cykl życia wersji 7, 8 i 9, sprzęt odrzucany przez instalator i migracje do Proxmoksa, Hyper-V, Nutanixa i OpenShift Virtualization — opisane tak, jak opisują je sami producenci.

> Umiejscowienie w serii: to strona księgi „Serwerownia". Skąd w ogóle wzięły się maszyny wirtualne — CP-40, CP-67, VM/370, kryteria Popka i Goldberga, podział hipernadzorców na typy — opisuje strona **Mainframe i z/OS**; tutaj biorę z niej tylko tyle, ile trzeba, żeby zrozumieć, co nowego zrobiło VMware. Konkurencyjny hipernadzorca Microsoftu, Hyper-V, jego migrację na żywo i pamięć dynamiczną opisuje strona **Windows Server 2008–2025**. Kontenery, które od połowy ubiegłej dekady konkurują z maszynami wirtualnymi o te same serwery, i Kubernetes, który VMware wbudowało w vSphere, są na stronie **Kontenery: od chroot do Kubernetesa**. KVM, virt-v2v i OpenShift — czyli jedna z dróg ucieczki od VMware — wiążą się ze stroną **Red Hat, RHEL i saga CentOS**, a licencja GPL i spory o nią — ze stroną **Linux i GNU**. IRIX, system, na którym działał stanfordzki prototyp Disco, opisuje strona **Komercyjne UNIX-y: AIX, HP-UX, IRIX, SCO i Xenix**.

□□ Skróty użyte na tej stronie (121)

Skrót	Co znaczy
ACM	Association for Computing Machinery: stowarzyszenie informatyków, przyznające m.in. Software System Award
AHV	hipernadzorca Nutanixa, cel migracji przez Nutanix Move
AMD / AMD-V	Advanced Micro Devices i jego rozszerzenie wirtualizacji sprzętowej z 2006 roku
API	Application Programming Interface: interfejs programistyczny

Skrót	Co znaczy
ASPLOS	konferencja naukowa o architekturze komputerów, języku i systemach operacyjnych
AT&T	amerykański operator telekomunikacyjny, który pozwał Broadcom w 2024 roku
AWS	Amazon Web Services: chmura Amazona
BLU	Boston Linux & Unix: grupa użytkowników z listą dyskusyjną
BYOS	bring your own subscription: przenoszenie subskrypcji do chmur partnerów
CACM	Communications of the ACM: czasopismo, w którym ukazała się praca Popka i Goldberga
CBT	Changed Block Tracking: śledzenie zmienionych bloków dysku maszyny wirtualnej
CD / ISO	płyta kompaktowa i obraz płyty instalacyjnej
CEO	Chief Executive Officer: dyrektor generalny
CERT-FR	francuski zespół reagowania na incydenty komputerowe
CHM	Computer History Museum w Mountain View
CIMSLP	nazwa reguły zapory ESXi dla usługi SLP
CIO	Chief Information Officer: dyrektor IT; też w nazwach CIO Platform i CIO.com
CISPE	Cloud Infrastructure Services Providers in Europe: stowarzyszenie europejskich dostawców chmury
CP-40 / CP-67	eksperymentalne systemy maszyn wirtualnych IBM z lat 60.
CPU	Central Processing Unit: procesor
CRN	amerykański magazyn o kanale sprzedaży IT
CVE	Common Vulnerabilities and Exposures: numer w rejestrze podatności
DEMO	amerykańska konferencja premier technologicznych, na której pokazano Workstation 1.0
DL385	model serwera HP z linii ProLiant
DRS	Distributed Resource Scheduler: automatyczne równoważenie obciążenia w klastrze vSphere
DVMT	symbol akcji śledzącej Della, powiązanej z udziałem w VMware
ECCO	European Cloud Competition Observatory: ciało monitorujące działające przy CISPE
EMC	amerykańska firma, właściciel VMware w latach 2004–2016
EOGA / EoGS	End of General Availability, End of General Support: koniec dostępności i koniec wsparcia ogólnego
EPFL	politechnika federalna w Lozannie, w której repozytorium jest artykuł TOCS
EPT	Extended Page Tables: sprzętowe tablice stron drugiego poziomu Intela
ESX / ESXi	hipernadzorca VMware: wersja z konsolą serwisową (do 4.1) i bez niej (od 3i); od 9.0 znów ESX
ESXCLI	narzędzie wiersza poleceń ESXi (`esxcli`)

Skrót	Co znaczy
EUC	End-User Computing: dział pulpitów i urządzeń końcowych, dziś Omnissa
FAQ	Frequently Asked Questions: zestaw często zadawanych pytań
FLASH	stanfordzki multiprocesor z pamięcią współdzieloną, cel projektu Disco
FTC	Federal Trade Commission: amerykański regulator konkurencji
GB / MB / PB / TiB	gigabajt, megabajt, petabajt, tebibajt (2^{40} bajtów, jednostka licencji vSAN)
GPL / GPLv2	GNU General Public License: licencja jądra Linuksa
GSX	hostowany serwer wirtualizacji VMware z 2001 roku
HA	High Availability: ponowne uruchamianie maszyn po awarii hosta
HBA	Host Bus Adapter: karta łącząca serwer z siecią pamięci masowej (Fibre Channel)
HCX	narzędzie VMware do przenoszenia obciążeń między środowiskami
HP	Hewlett-Packard: producent serwerów
HPP / SPP	programy przedpłat VMware, których kredyty Broadcom honoruje
IBM	International Business Machines: twórca maszyn wirtualnych CP i VM/370
IDC	International Data Corporation: firma analityczna rynku IT
IDE / SATA / SAS	interfejsy dysków; IDE i SATA ważne przy pierwszym rozruchu Windows po migracji
IF	Interrupt Flag: flaga procesora x86 włączająca przerwania
IOPS	operacje wejścia-wyjścia na sekundę
IPO	Initial Public Offering: debiut giełdowy
IT	informatyka w firmie
ITAM	IT Asset Management: zarządzanie zasobami IT, tu nazwa serwisu
KB	Knowledge Base: artykuł bazy wiedzy VMware, dziś Broadcomu
KE / UE	Komisja Europejska, Unia Europejska
KKR	fundusz inwestycyjny, nabywca Omnissy
KVM	Kernel-based Virtual Machine: hipernadzorca w jądrze Linuksa
LWN	LWN.net: serwis o jądrze Linuksa
MAC	adres sprzętowy karty sieciowej
MIPS / R10000	architektura procesorów i procesor wirtualizowany przez Disco
MMU / TLB	jednostka zarządzania pamięcią i jej bufor tłumaczeń adresów
MTV	Migration Toolkit for Virtualization: narzędzie Red Hata do migracji do OpenShift Virtualization
NEC	japoński producent serwerów, wydawca własnych obrazów ESX

Skrót	Co znaczy
NSX	sieciowa platforma VMware
NT	Windows NT: system Microsoftu z lat 90.
NTT	japoński operator telekomunikacyjny
NVMe	interfejs dysków SSD; w VCF 9 także do rozszerzania pamięci
NVP	Network Virtualization Platform: produkt Niciry
NYSE / VMW	nowojorska giełda i symbol akcji VMware
OS / OSData	system operacyjny; partycja ESXi na dane systemu
OSDI / SOSP	konferencje naukowe o systemach operacyjnych
PCI	magistrala kart rozszerzeń
R2	Release 2: drugie wydanie danej wersji Windows Server
RAM	pamięć operacyjna
RHEL	Red Hat Enterprise Linux; zmodyfikowany był konsolą serwisową ESX
RVI	Rapid Virtualization Indexing: tablice stron drugiego poziomu AMD
S-1 / 8-K / 10-K / 424B4	rodzaje dokumentów składanych w SEC: prospekt, raport bieżący, raport roczny, prospekt ostateczny
SAN	Storage Area Network: sieć pamięci masowej; tu w nazwie Virtual SAN
SCO	SCO Group i jej poprzednicy, producent UNIX-ów
SCSI	standard i podsystem obsługi dysków
SD / USB	karta pamięci i pamięć USB jako nośniki rozruchowe
SDN	Software-Defined Networking: sieć definiowana programowo
SEC	Securities and Exchange Commission: amerykańska komisja papierów wartościowych
SFC	Software Freedom Conservancy: organizacja egzekwująca GPL
SGDT, SIDT, SLDT, SMSW, STR, LAR, LSL, VERR, VERW, POPF, PUSHF, POP, PUSH, CALL, JMP, INT, RET, IRET, MOV	instrukcje x86 wrażliwe, ale nieuprzywilejowane według Robina i Irvine
SGI	Silicon Graphics: producent komputera Origin2000 i systemu IRIX
SIE	Start Interpretive Execution: sprzętowe wsparcie wirtualizacji w mainframe’ach IBM
SLAT	Second Level Address Translation: zbiorcza nazwa RVI i EPT
SLC / pSLC	rodzaje trwałej pamięci flash

Skrót	Co znaczy
SLP / OpenSLP	Service Location Protocol: usługa wykrywania, przez którą zaatakowano ESXi w 2023 roku
SMP	wieloprocesorowość symetryczna, tu wirtualna
SnS	Support and Subscription: wsparcie i aktualizacje do licencji wieczystych
SPEC95	zestaw testów wydajności procesorów
SSD / SATADOM / TBW	dysk półprzewodnikowy, moduł flash w gnieździe SATA, zapisane terabajty (miara trwałości)
SSH	Secure Shell: szyfrowany dostęp do powłoki hosta
SVR4	UNIX System V Release 4, podstawa IRIX
TAM	Technical Account Manager: opiekun techniczny klienta
TCP	protokół transportowy; NVMe over TCP to dyski przez sieć IP
TED	Tenders Electronic Daily: unijna baza ogłoszeń o zamówieniach publicznych
TOCS	ACM Transactions on Computer Systems: czasopismo naukowe
U1 / U2 / U3	Update 1, 2, 3: kolejne pakiety aktualizacji wersji vSphere
UNIX	rodzina systemów operacyjnych
URL	adres zasobu w sieci
USA / USD	Stany Zjednoczone, dolar amerykański
USENIX	stowarzyszenie organizujące konferencje o systemach, m.in. USENIX Security i OSDI
VADP	vSphere Storage APIs – Data Protection: interfejs kopii zapasowych
VCF / VVF	VMware Cloud Foundation i VMware vSphere Foundation: pakiety subskrypcyjne
vCPU / vRDM / vTPM	wirtualny procesor, wirtualne mapowanie surowego dysku z macierzy, wirtualny moduł TPM
VDDK	Virtual Disk Development Kit: biblioteka VMware do dysków wirtualnych
VDI	Virtual Desktop Infrastructure: pulpity wirtualne
VE	Virtual Environment: część nazwy Proxmox VE
VIB	vSphere Installation Bundle: pakiet instalacyjny ESXi
VM / VMM	maszyna wirtualna i jej monitor
VMK API	interfejs jądra vmkernel dla sterowników (w nazwach wersji: vmkapi)
VMSA	VMware Security Advisory: biuletyn bezpieczeństwa
VMUG	VMware User Group: niezależna społeczność użytkowników
VMX	plik i proces maszyny wirtualnej VMware
VOICE	niemieckie stowarzyszenie użytkowników IT

Skrót	Co znaczy
VT / VT-x	Intel Virtualization Technology: sprzętowe wsparcie wirtualizacji z 2005 roku
WAC	Windows Admin Center: przeglądarkowa konsola zarządzania Windows Server
WWW	World Wide Web; tu interfejs zarządzania GSX

□□ Leksykon: nazwy i pojęcia z tej strony (39)

Nazwa	Co to jest
3D Pinball for Windows	gra, którą przenoszono na pierwszych pokazach VMotion
Arrow	dystrybutor IT, autor komunikatu o 72 rdzeniach
ballooning	odzyskiwanie pamięci od gościa przez sterownik-„balon”
Broadcom Compatibility Guide	lista zgodności sprzętu i systemów z produktami VMware
Disco	monitor maszyn wirtualnych ze Stanfordu (1997), poprzednik VMware
ESXiArgs	kampania szyfrowania hostów ESXi z lutego 2023
Everpure FlashArray	macierz, dla której Nutanix Move 6.3 oferuje migrację zero-copy
forkwait	mikrotest tworzenia procesów z pracy Adamsa i Agesena
Fusion	hostowany program VMware dla macOS
Hyper-V	hipernadzorca Microsoftu
IRIX	UNIX firmy Silicon Graphics, system-gość w Disco
memory tiering	rozszerzanie pamięci hosta o dyski NVMe
Nicira	firma od sieci definiowanych programowo, kupiona w 2012 roku
Omnissa	dawny dział EUC VMware, od 2024 roku w KKR
open-vm-tools	otwarta implementacja VMware Tools z repozytoriów dystrybucji
OpenShift Virtualization	maszyny wirtualne na platformie OpenShift Red Hata
page sharing	współdzielenie identycznych stron pamięci między maszynami
Popek i Goldberg	autorzy kryteriów wirtualizowalności z 1974 roku
PowerCLI	moduły PowerShella do zarządzania vSphere
Project Pacific	wbudowanie Kubernetesa w vSphere, zapowiedź z 2019 roku
Proxmox VE	otwarty system wirtualizacji oparty na Debianie i KVM
Service Console	linuksowa konsola serwisowa ESX classic

Nazwa	Co to jest
SimOS	symulator używany przy budowie Disco
snapshot	migawka stanu maszyny wirtualnej; nie kopia zapasowa
Storage VMotion	przenoszenie dysków działającej maszyny między magazynami
Tanzu	portfolio VMware dla Kubernetesa
Technical Guidance	faza po wsparciu ogólnym, bez nowych poprawek
translacja binarna	tłumaczenie kodu maszynowego gościa w locie na bezpieczne sekwencje
trap-and-emulate	klasyczna wirtualizacja przez pułapki na instrukcjach uprzywilejowanych
vCenter / VirtualCenter	centralne zarządzanie hostami ESX i ESXi
vmkernel	własne jądro hipernadzorcy VMware
vmklinux	moduł ze sterownikami z kodem Linuksa, usunięty w ESXi 7.0
VMotion / vMotion	przenoszenie działającej maszyny między hostami
VMware Tools	dodatki w systemie gościa
vSAN / Virtual SAN	rozproszony magazyn danych z dysków hostów
vSphere	nazwa platformy VMware od wersji 4
vSphere Hypervisor	darmowa edycja ESXi
Windows Admin Center	konsola Microsoftu z rozszerzeniem VM Conversion
Workstation	hostowany program VMware dla stacji roboczych, od 1999 roku

> Zastrzeżenie zakresu: nie jest to podręcznik administracji vSphere ani cennik. Ceny VMware po 2023 roku nie są publikowane, a dane o podwyżkach pochodzą od stron sporu — przy każdej liczbie piszę, czyja jest. Polecenia podaję tylko te, które przytaczają artykuły bazy wiedzy Broadcomu (KB) albo dokumentacja producentów narzędzi migracyjnych, z numerem artykułu lub adresem; nie dopisuję do nich własnych przełączników. Opisy migracji streszczają dokumentację producentów, a nie moje testy.

Wprowadzenie: serwer, na którym stoją serwery

Administrator, który w październiku 2026 roku loguje się do konsoli vSphere, patrzy na produkt o dwudziestopięcioletniej genealogii. W tym czasie zmieniło się w nim prawie wszystko: nazwa (ESX Server, potem ESX i ESXi obok siebie, potem samo ESXi, a od wersji 9 — znowu ESX), architektura (najpierw jądro z linuksową konsolą zarządzania, potem jądro bez niej), sposób zarządzania (od interfejsu WWW pojedynczego hosta przez VirtualCenter do vCenter i pakietu VMware Cloud Foundation), model sprzedaży (od opłaty miesięcznej przez licencję wieczystą na procesor do subskrypcji na rdzeń) i właściciel (od niezależnej spółki przez EMC, Della i ponownie giełdę do Broadcomu). Stała pozostała właściwie jedna rzecz: cienka warstwa oprogramowania, która dzieli fizyczny serwer x86 między wiele systemów operacyjnych, z których żaden nie wie, że dzieli się sprzętem z innymi.

Ta warstwa była przez lata tak oczywista, że przestano o niej myśleć. Prospekt emisyjny VMware z kwietnia 2007 roku cytuje firmę analityczną IDC: spośród 24,8 mln serwerów x86 na świecie mniej niż milion działało wtedy z wirtualizacją. Ten sam prospekt chwali się, że z rozwiązań serwerowych VMware korzysta 20 000 organizacji, w tym wszystkie firmy z listy Fortune 100 i ponad 84% z listy Fortune 1000. Później proporcje się odwróciły: AT&T w pozwie z 2024 roku pisało o 75 000 maszyn wirtualnych na około 8600 serwerach. Dlatego decyzje podjęte w grudniu 2023 roku przez nowego właściciela dotknęły nie jednego produktu, ale fundamentu, na którym stała reszta.

Obiegowa wersja tej historii brzmi mniej więcej tak: „VMware wymyśliło wirtualizację x86 w garażu na Stanfordzie, zbudowało na Linuksie hipernadzorcę ESX, który używał Linuksa bez przestrzegania GPL, przez dwadzieścia lat było monopolistą; Broadcom kupił je za 69 miliardów dolarów, zabił darmowe ESXi, podniósł ceny dziesięciokrotnie i wszyscy uciekają na Proxmoksa”. Prawie każdy człon tego zdania jest prawdziwy najwyżej częściowo. Wirtualizacji VMware nie wymyśliło — jego założyciele pisali w 1997 roku, że wracają do pomysłu z lat siedemdziesiątych. ESX nie był zbudowany na Linuksie, choć używał go w dwóch miejscach. Proces o GPL nie skończył się ani wygraną, ani przegraną w potocznym sensie. Kwota 69 miliardów jest jedną z trzech prawdziwych liczb, darmowy ESXi zniknął i wrócił, a dane o podwyżkach pochodzą głównie od stron sporu. Rozbieram tę opowieść w tabeli pod koniec strony, a po drodze pokazuję dokumenty, na których opiera się każdy werdykt.

W tej księdze ważniejsza od historii jest jednak praktyka. Jesienią 2026 roku wersja 7 od roku nie dostaje poprawek, wersja 8 zbliża się do końca wsparcia, wersja 9 odrzuca część procesorów, licencje liczy się inaczej niż przy ostatnim zakupie, a zarząd pyta, czy nie taniej byłoby przenieść się gdzie indziej. Rozdział o praktyce opisuje, co w tych sprawach mówią dokumenty Broadcomu, Proxmoksa, Microsoftu, Nutanixa i Red Hata.

Rodowód: pomysł z lat siedemdziesiątych na procesorze, który się nie nadawał

Disco: Stanford wraca do monitorów maszyn wirtualnych

Historia VMware zaczyna się od pracy naukowej, której pierwsze zdania same ustawiają ją w historii. W październiku 1997 roku na sympozjum SOSP trzech badaczy z Computer Systems Laboratory Uniwersytetu Stanforda — **Edouard Bugnion**, **Scott Devine** i **Mendel Rosenblum** — przedstawiło system **Disco**. Piszą wprost: „Our approach brings back an idea popular in the 1970s, virtual machine monitors". Chodzi o ten sam pomysł, który IBM zrealizował w systemach CP-40 (1964–1965), CP-67 (1967) i VM/370 (oficjalny produkt od 2 VIII 1972): program sterujący, który każdemu użytkownikowi daje złudzenie posiadania całej maszyny, a pod spodem dzieli między nich jeden fizyczny komputer. Tę część historii opisuje strona **Mainframe i z/OS**; dla opowieści o VMware ważne jest, że jego założyciele nie twierdzili, że coś wymyślili. Twierdzili, że coś przywracają.

Gates Computer Science Building na Uniwersytecie Stanforda o zachodzie słońca

Gates Computer Science Building na Uniwersytecie Stanforda o zachodzie słońca. Źródło: Flickr, domena publiczna (Public Domain Mark 1.0), autor: Yanay Rosen.

Disco nie powstał z myślą o pecetach. Celem był stanfordzki multiprocesor **FLASH** z pamięcią współdzieloną — maszyna, dla której pisanie od nowa systemu operacyjnego byłoby drogie i powolne. Zamiast tego Disco uruchamiał na niej istniejące systemy w maszynach wirtualnych. Prototyp działał na komputerze SGI Origin2000, udostępniał gościom wirtualny procesor MIPS R10000, a gościem był „IRIX 5.3, a UNIX SVR4 based operating system from Silicon Graphics" — IRIX opisuje strona **Komercyjne UNIX-y: AIX, HP-UX, IRIX, SCO i Xenix**. Do rozwoju i oceny użyto symulatora **SimOS**. Według autorów narzut Disco wynosił „at most 16% for all our uniprocessor workloads", a cały monitor miał „about 13,000 lines of code". Trzynaście tysięcy wierszy to rząd wielkości mniej niż system, który wirtualizował.

Stowarzyszenie ACM ujmuje to tak: Rosenblum i jego studenci „rediscovered" wirtualizację jako narzędzie do symulowania architektur wieloprocesorowych. Wirtualizacja wróciła więc na Stanford jako technika badawcza, a nie sposób na konsolidację serwerów.

Pięcioro założycieli i produkt dla Linuksa

VMware założono w Palo Alto. Wpis firmowy (dziś publikowany na stronach Broadcomu) podaje datę **10 II 1998** i wymienia pięcioro założycieli: Bugniona — „one of the original five VMware founders" — oraz **Diane Greene**, Scotta Devine'a, Mendla Rosenbluma i **Edwarda Wanga**. Prospekt emisyjny z 2007 roku dodaje formalność: spółkę zarejestrowano w Delaware w 1998 roku. Według ACM pierwszym pracownikiem był **Jeremy Sugerman**, a pierwszy produkt — VMware Workstation 1.0 for Linux — zaprojektowali Rosenblum, Bugnion, Devine, Wang i Sugerman. Diane Greene, jedyna z piątki spoza zespołu badawczego, została prezeską i prowadziła firmę przez

następne dziesięć lat.

Mendel Rosenblum, jeden z pięciorga założycieli VMware, na konferencji VMworld Europe 2008 w Ca

Mendel Rosenblum, jeden z pięciorga założycieli VMware, na konferencji VMworld Europe 2008 w Cannes. Źródło: Flickr, CC BY-NC-SA 2.0, autor: Giacomo Bartalesi.

Stephen Herrod, doktorant Rosenbluma na Stanfordzie jeszcze przed 1998 rokiem, a później dyrektor techniczny VMware, wspominał w 2011 roku w Network World, że uruchomienie Windows 95 w maszynie wirtualnej wymagało na początku około dwóch godzin rozruchu — „That was a huge victory". Od początku chodziło o serwery: „the plan all along was definitely to bring virtualization into the data center and onto servers", ale procesor Intela „was not designed to" być wirtualizowany, więc pierwszym produktem był program na stację roboczą. Gdy Herrod przyszedł do firmy w 2001 roku, oferta brzmiała „run Linux on Windows" — „a strange pitch at the time". Ważnym wczesnym klientem był Microsoft, którego programiści testowali kod na różnych wersjach Windows.

Pierwsza wersja działała jednak odwrotnie: gospodarzem był Linux. Wpis firmowy mówi, że rok po założeniu zespół przedstawił Workstation 1.0 na konferencji DEMO. Na liście dyskusyjnej Boston Linux & Unix 18 III 1999 Gordon Keegan opisywał trzydziestodniową wersję demonstracyjną dla Linuksa: maszyna wirtualna działała w oknie X, a Windows NT 4.0 zainstalował się z płyty na Pentium 200 — wolno, ale działał. Wersja komercyjna miała wyjść w maju, a według FAQ VMware „the list price will be $299". Zestawienie Floriana Grehla w serwisie Virten.net podaje datę **15 V 1999** dla wydania „VMware 1.0", z obsługą do 2 GB pamięci i wymaganiami Pentium II 266 MHz i 64 MB RAM. Kiedy produkt dostał nazwę „Workstation", nie ustaliłem.

To właśnie tę wersję ACM nagrodziło w 2009 roku nagrodą Software System Award — za „bringing virtualization technology to the Linux desktop". W 2017 roku Bugnion został członkiem ACM (ACM Fellow) „For contributions to virtual machines". Kolejne wersje szły szybko: według Virten.net VMware 2.0 wyszło 3 III 2000, a Workstation 3.0 — 5 XI 2001; inżynierowie VMware Keith Adams i Ole Agesen w pracy z 2006 roku piszą tylko, że Workstation 2.0 „released in 2000".

Dlaczego x86 się nie nadawał: siedemnaście instrukcji

Żeby zrozumieć, co było trudne, trzeba wrócić do kryteriów, które w 1974 roku sformułowali Gerald Popek i Robert Goldberg (ich historię opisuje strona **Mainframe i z/OS**). W uproszczeniu: procesor da się wirtualizować klasyczną metodą „pułapkuj i emuluj" (trap-and-emulate), jeśli każda instrukcja, która dotyka stanu całej maszyny albo od niego zależy — instrukcja wrażliwa — jest zarazem uprzywilejowana, czyli wywołana poza trybem nadzorcy powoduje pułapkę. Wtedy monitor może uruchamiać jądro gościa w trybie nieuprzywilejowanym i przechwytywać każdą próbę sięgnięcia po sprzęt. Jeżeli choć jedna instrukcja wrażliwa nie wywołuje pułapki, gość może coś zrobić albo coś zobaczyć za plecami monitora.

Architektura x86 tego warunku nie spełniała, a najdokładniej policzyli to John Scott Robin i Cynthia Irvine w pracy na konferencję USENIX Security w 2000 roku. Przeanalizowali „all of the approximately 250 instructions” procesora Pentium i doszli do wniosku, że „seventeen instructions violate Requirement 3” — siedemnaście instrukcji było wrażliwych, ale nieuprzywilejowanych. Wśród nich były instrukcje odczytu rejestrów tablic deskryptorów (SGDT, SIDT, SLDT), odczyt słowa stanu maszyny (SMSW), zapis i odczyt rejestru flag (PUSHF i POPF z odmianami 32-bitowymi), sprawdzanie praw do segmentów (LAR, LSL, VERR, VERW), odczyt rejestru zadania (STR), a także odmiany PUSH, POP, CALL, JMP, INT n, RET i IRET oraz MOV na rejestrach segmentowych, które zachowują się różnie w zależności od poziomu uprzywilejowania. Praca wymienia przy okazji jeszcze jeden szczegół, który w 2026 roku brzmi znajomo: VMware Tools — dodatki pozwalające przesuwać kursor między pulpitem gospodarza a gościa i kopiować tekst między nimi — autorzy uznali za problem bezpieczeństwa, bo przebijają izolację, którą maszyna wirtualna miała zapewniać.

Serwer Zenith-Bull Express5800 LS2400 z procesorem Pentium II 350 MHz (1998) — x86 klasy serwe

Serwer Zenith-Bull Express5800 LS2400 z procesorem Pentium II 350 MHz (1998) — x86 klasy serwerowej z roku założenia VMware. Według autora kolekcji pracował pod Windows NT do 2015 roku. Źródło: oldcomputer.info, CC BY-NC-SA 3.0, autor: MCbx (oldcomputer.info).

Najlepiej widać problem na przykładzie, który podają sami inżynierowie VMware. Instrukcja `popf` ładuje rejestr flag ze stosu, w tym flagę IF, która włącza i wyłącza przerwania. W trybie jądra rzeczywiście ją zmienia; uruchomiona w trybie użytkownika — po cichu ignoruje próbę zmiany IF. Adams i Agesen piszą: „a deprivileged popf … simply suppresses attempts to modify IF; no trap happens”. Jądro gościa, które monitor przeniósł do trybu nieuprzywilejowanego, myśli, że wyłączyło przerwania, a monitor o tym nie wie. Klasyczny trap-and-emulate po prostu tu nie działa.

Czy to znaczy, że x86 „nie dało się wirtualizować”? Tu zaczyna się spór o definicje. Robin i Irvine piszą, że x86 nie spełniał wymagań wirtualizacji; Adams i Agesen w 2006 roku formułują to inaczej: „x86 is not classically virtualizable, but it is virtualizable by Popek and Goldberg’s criteria”. Mają na myśli to, że Popek i Goldberg zdefiniowali monitor maszyn wirtualnych przez trzy własności — równoważność (program w maszynie wirtualnej zachowuje się tak jak na sprzęcie), kontrolę zasobów i wydajność — a monitor z translacją binarną spełnia je wszystkie, choć nie metodą pułapek[1]. Obie strony zgadzają się co do faktów; różnią się tym, czy „wirtualizowalny” oznacza „wirtualizowalny metodą trap-and-emulate”, czy „wirtualizowalny w ogóle”.

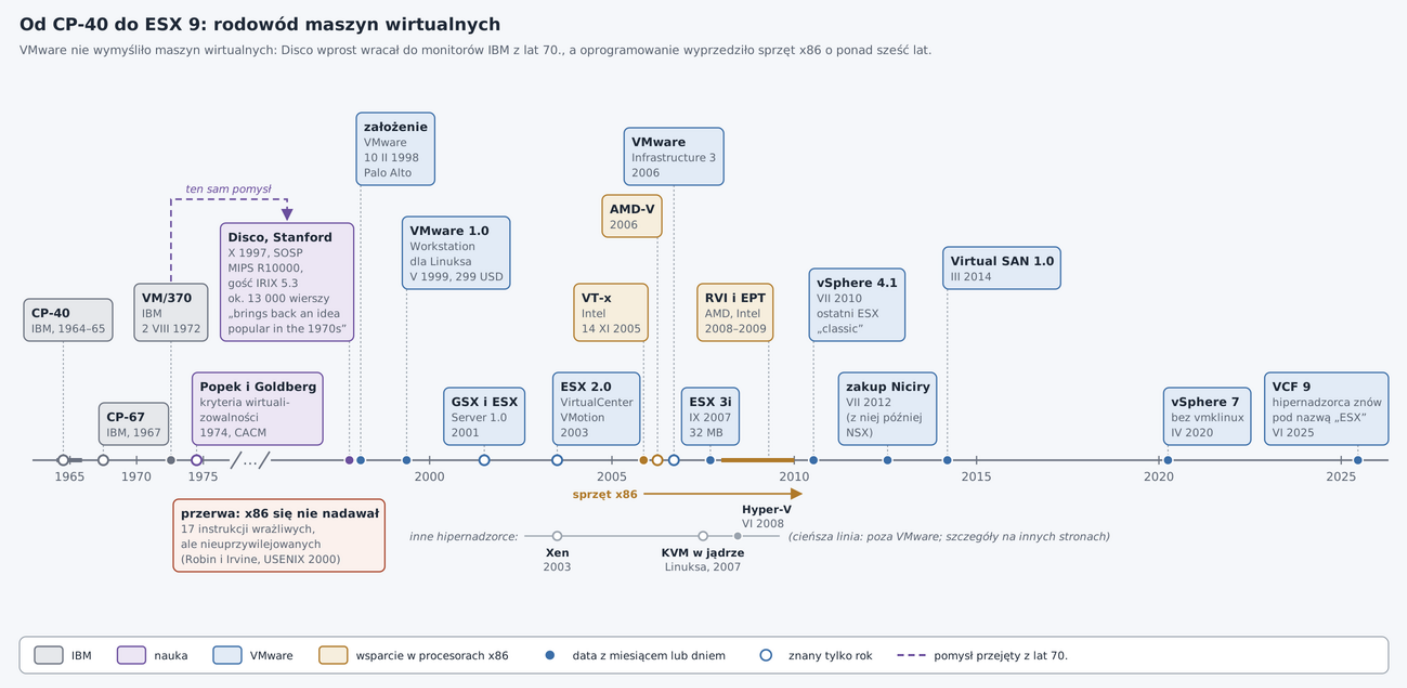
Bezpośrednie wykonanie i translacja binarna

Rozwiązanie VMware opisali jego twórcy — Bugnion, Devine, Rosenblum, Sugerman i Wang — w artykule w ACM Transactions on Computer Systems z 2012 roku, „Bringing Virtualization to the x86 Architecture with the Original VMware Workstation”. Pełnego tekstu nie udało mi się odczytać; streszczenie w repozytorium EPFL mówi wystarczająco dużo. Workstation była architekturą

hostowaną: monitor maszyn wirtualnych (VMM) działał obok systemu gospodarza i korzystał z jego sterowników, a gościom pokazywał mały zestaw emulowanych programowo urządzeń zamiast całej różnorodności pecetowego sprzętu. Sam monitor łączył bezpośrednie wykonanie kodu gościa tam, gdzie było to bezpieczne, z „systemowym dynamicznym translatorem binarnym” dla kodu jądra gościa. Tłumaczony kod korzystał z segmentacji x86 do ochrony pamięci monitora i dzięki temu działał z prędkością bliską natywnej; częściowa ewaluacja i adaptacyjna retranslacja poprawiały fragmenty, które za pierwszym razem okazały się wolne.

Często słyszy się, że VMware „wynalazło translację binarną”. Źródła, z których korzystam, tego nie mówią. Mówią, że VMware zbudowało translator systemowy, dynamiczny i adaptacyjny, połączyło go z bezpośrednim wykonaniem i z segmentacją, i że ta kombinacja pozwoliła wirtualizować x86 bez wsparcia sprzętu. Czy sama technika tłumaczenia kodu maszynowego w locie była wtedy nowa, z tych materiałów nie da się rozstrzygnąć, i nie rozstrzygam.

Ole Agesen i współautorzy w artykule z 2010 roku „The evolution of an x86 virtual machine monitor” liczą, że od pierwszej wirtualizacji x86 przez inżynierów VMware minęło wtedy „twelve years” — x86 zwirtualizowano „in the era of the Pentium II (1998)” — i opisują, co przez ten czas doszło: wirtualne wieloprocesory (SMP), obsługa 64-bitowego x64, wsparcie sprzętowe i wirtualizacja zagnieżdżona. Monitor, który zaczynał jako sposób na uruchomienie Windows w okienku Linuksa, w ciągu dekady stał się podstawą produktów serwerowych.



Rysunek 1. *Rodowód ESX zaczyna się w laboratoriach IBM, a nie na Stanfordzie: Disco z 1997 roku wprost przywoływał monitory maszyn wirtualnych z lat siedemdziesiątych. Warto zauważyć, że oprogramowanie VMware wyprzedziło wsparcie sprzętowe w procesorach x86 o ponad sześć lat.*

ESX Server: hipernadzorca bez systemu gospodarza

Zapowiedź z Tokio: GSX, ESX i 20 000 dolarów miesięcznie

Najdokładniejszy opis pierwszych produktów serwerowych VMware, jaki znalazłem, pochodzi nie z Ameryki, ale z Japonii. 11 XII 2000 roku w Tokio, na konferencji z lokalnym dystrybutorem Networld, firma zapowiedziała dwa produkty, a następnego dnia opisał je japoński serwis @IT. **GSX Server** był rozwinięciem Workstation do pracy serwerowej: działał na systemie gospodarza, ale miał interfejs WWW do uruchamiania, zatrzymywania i wstrzymywania maszyn wirtualnych i podglądu obciążenia procesora, zdalny podgląd ekranu gościa (nieskompresowany, więc wymagający szybkiej sieci), interfejs skryptowy w Perlu i dyski wirtualne do 64 GB zamiast dawnych 2 GB. Firma zalecała nie więcej niż czterech gości na procesor. Wersja dla Linuksa miała wyjść pod koniec stycznia 2001, dla Windows NT i 2000 — w drugim kwartale 2001 roku.

ESX Server miał te same funkcje zarządzania, ale różnił się zasadniczo: nie potrzebował systemu gospodarza. Instalowało się go bezpośrednio na sprzęcie, z własnym „jądrem VMware". Diane Greene powiedziała wtedy, że ESX „to nie system operacyjny" — i to zdanie warto zapamiętać na później, bo dwadzieścia lat sporów o to, czym ESX właściwie jest, zaczyna się od tej deklaracji. Ceny w Japonii wynosiły 364 000 jenów za GSX (wersja akademicka: 146 000), za ESX — 1,6 raza tyle co GSX za procesor, z obowiązkowym płatnym wsparciem. W Stanach Zjednoczonych ESX licencjonowano jednak inaczej: w modelu użycia, za **20 000 dolarów miesięcznie**. Na tej samej konferencji pokazano też VMware Express — okrojoną wersję na gospodarzu linuksowym, obsługującą tylko gości Windows 95 i 98, za 19 000 jenów.

Prospekt VMware podaje dla obu produktów tylko rok: „2001: GSX Server 1.0 and ESX Server 1.0"; dziennej daty premiery ESX nie znalazłem. 17 XII 2001 VMware ogłosiło „wzmocnienie partnerstwa" z IBM: ESX Server dostał walidację IBM ServerProven i optymalizację pod serwery xSeries x350 i x370. Komunikat opisuje go jako sposób na podział serwera na izolowane, „transportable" komputery wirtualne i podaje przykład Agilery, dostawcy aplikacji z Kolorado, który uruchamiał kontrolery domeny klientów na mniejszej liczbie serwerów.

Pamięć: balon, współdzielenie stron i podatek od bezczynności

Jeśli jakaś praca naukowa pokazuje, dlaczego ESX wygrał w serwerowniach, to jest nią artykuł **Carla Waldspurgera** „Memory Resource Management in VMware ESX Server” z konferencji OSDI w 2002 roku. Waldspurger definiuje ESX jako „a thin software layer designed to multiplex hardware resources efficiently among virtual machines” i od razu wskazuje różnicę wobec Workstation: „ESX Server manages system hardware directly, providing significantly higher I/O performance”. Opisuje wersję ESX Server 1.5, wtedy już „in production use”, i cztery techniki, które razem pozwalały przydzielić maszynom wirtualnym więcej pamięci, niż serwer fizycznie miał — czyli nadrezerwację pamięci (overcommit).

Pierwsza technika to **balon** (ballooning): „A small balloon module is loaded into the guest OS as a pseudo-device driver”. Sterownik w systemie gościa na polecenie hipernadzorcy rezerwuje pamięć; gość, który ma jej nagle mniej, sam decyduje, co wyrzucić na dysk, a zwolnione strony hipernadzorca oddaje innym maszynom. Druga to **współdzielenie stron według zawartości** (content-based page sharing): identyczne strony różnych maszyn — na przykład ten sam kod jądra Windows NT — przechowuje się w jednej kopii tylko do odczytu, a przy zapisie tworzy osobną. Trzecia to **podatek od bezczynnej pamięci** (idle memory tax): maszyny, które trzymają pamięć, ale z niej nie korzystają, tracą ją szybciej. Czwarta — przemapowywanie „gorących” stron wejścia-wyjścia.

Liczby z pracy Waldspurgera pokazują, ile to dawało. W produkcyjnym wdrożeniu dziesięciu maszyn wirtualnych z Windows NT współdzielenie stron odzyskało „nearly a third of all VM memory, saving 673 MB”. Na dziewięciu maszynach z Linuksem — 18,7%, czyli 345 MB. W skrajnym przypadku identycznych maszyn uruchamiających ten sam test SPEC95 oszczędność dochodziła do „nearly 60%”. Na przełomie wieków, gdy gigabajt pamięci serwerowej był drogi, takie oszczędności decydowały o tym, czy konsolidacja się opłaca. Strona **Windows Server 2008–2025** opisuje, jak Microsoft kilka lat później podszedł do tego samego problemu inaczej w Hyper-V.

VirtualCenter i VMotion: maszyna, która zmienia serwer w trakcie gry

W 2003 roku przyszedł drugi przełom. Prospekt VMware wylicza: „2003: ESX Server 2.0, VirtualCenter and VMotion released”. **VirtualCenter** był pierwszym narzędziem do zarządzania wieloma hostami ESX z jednego miejsca; **VMotion** — mechanizmem przenoszenia działającej maszyny wirtualnej z jednego hosta na drugi bez jej zatrzymywania. Virtualization Review w przeglądzie historii tej funkcji z 2016 roku pisze: „The first iteration of VMotion (yes, it originally had a capital V) was released with VMware Virtual Center 1.0 in 2003”. Na pierwszych pokazach przenoszono między serwerami maszynę z uruchomioną grą 3D Pinball for Windows; widzowie nie potrafili wskazać momentu, w którym gra zmieniła sprzęt, na którym działa.

VMotion zmienił sens wirtualizacji. Dopóki maszyna wirtualna była przywiązana do jednego serwera, wirtualizacja była sposobem na lepsze wykorzystanie sprzętu. Gdy maszynę dało się przenieść w trakcie pracy, serwer fizyczny przestał być ważny: można go było wyłączyć do serwisu, wymienić, rozbudować, a usługi działały dalej. Na tym pomyśle zbudowano potem automatyczne

równoważenie obciążenia i wysoką dostępność.

Storage VMotion — przenoszenie dysków maszyny między magazynami danych w trakcie pracy — pokazał Rosenblum na VMworld w 2007 roku, a wydany został z Virtual Infrastructure 3.5 (2008; ESX 3.5 i vCenter Server 2.5). W vSphere 5.0 VMotion korzystał już z wielu kart sieciowych, w 5.1 obywał się bez współdzielonej pamięci masowej, a w 6.0 (2015) doszedł Long Distance vMotion — do 150 ms opóźnienia w obie strony — i przenoszenie między serwerami vCenter.

VMware Infrastructure 3 i ESX Server 3i

W 2006 roku VMware wydało **VMware Infrastructure 3** — pakiet, w którym ESX był jednym z elementów obok VirtualCenter i funkcji klastrowych. Prospekt wymienia ten rok też z innego powodu: „Intel and AMD Release Virtualization Hardware Assist” — producenci procesorów zaczęli dodawać do krzemu mechanizmy, których architekturze x86 brakowało od początku. O tym, co z tego wyszło, jest osobny rozdział. Najpierw trzeba jednak opisać, z czego ESX się składał, bo w 2007 roku VMware zaczęło go rozbierać.

Budowa: vmkernel, konsola serwisowa i vmklinux

ESX „classic”: jądro VMware i Linux obok

Klasyczny ESX — ten z lat 2001–2010, nazywany później dla odróżnienia ESX „classic” — składał się z trzech warstw, które łatwo pomylić. Na samym dole, bezpośrednio na sprzęcie, działał **vmkernel**: własne jądro VMware, które planowało procesory, zarządzało pamięcią i obsługiwało wejście-wyjście maszyn wirtualnych. To o nim Greene mówiła w 2000 roku, że „to nie system operacyjny” — w tym sensie, że nie uruchamiało się na nim zwykłych programów, tylko maszyny wirtualne. Software Freedom Conservancy, organizacja, która później pozwała VMware w imieniu programisty Linuksa, opisuje vmkernel jako „the proprietary component ‘vmkernel’, which is released in binary form only” — składnik własnościowy, rozpowszechniany wyłącznie w postaci binarnej.

Obok vmkernela, jako jego pierwsza i uprzywilejowana maszyna, działała **Service Console** — konsola serwisowa, czyli pełny system Linux, przez który administrator logował się do hosta, uruchamiał skrypty, agentów kopii zapasowych i narzędzia producentów sprzętu. The Register, opisując w 2007 roku jej usunięcie, nazwał ją zmodyfikowanym Red Hat Enterprise Linux. Dla administratorów była to wygoda — na hoście ESX można było zrobić prawie wszystko, co na serwerze z Linuksem — i jednocześnie kłopot: ponad dwa gigabajty systemu, który trzeba było łatać, utwardzać i aktualizować niezależnie od samego hipernadzorcy.

Trzeci element był najmniej widoczny i okazał się najbardziej sporny. Pecety mają ogromną różnorodność kart sieciowych i kontrolerów dysków, a vmkernel musiał je obsługiwać. Część sterowników VMware przeniosło z Linuksa — i żeby działały w obcym jądrze, potrzebny był moduł tłumaczący linuksowe wywołania na wywołania vmkernela. Ten moduł nazywał się **vmklinux**. SFC opisuje go jako „the kernel module ‘vmklinux’, which contains modified Linux Code”. VMware — jak relacjonuje to samo SFC — nazywało go „interoperability module”, który komunikuje się z vmkernelem przez interfejs VMK API. SFC odpowiadało, że „doesn't think the phrase ‘shim layer’ has any meaning”, czyli że określenie „warstwa pośrednia” niczego nie rozstrzyga. O to, czy vmkernel z vmklinuxem tworzą jedno dzieło w rozumieniu GPL, toczył się proces opisany niżej.

Strona **Windows Server 2008–2025** nazywa ESX hipernadzorcą „monolitycznym”, ze sterownikami w jądrze — w odróżnieniu od Hyper-V. Historia vmklinuxa dodaje, że część tych sterowników wywodziła się z Linuksa.

ESX Server 3i: 32 megabajty zamiast dwóch gigabajtów

11 IX 2007, na konferencji VMworld, VMware pokazało **ESX Server 3i**. Ashlee Vance z The Register opisał go tak: 32 MB wobec ponad 2 GB standardowej instalacji ESX; preinstalowany w pamięci flash serwerów Della, IBM, HP i Fujitsu-Siemens; bez Service Console. Dostępność zapowiedziano na „later in 2007”. Inżynier VMware Olivier Cremel mówił, że zbudowanie 3i było „quite easy” — skoro vmkernel i tak robił całą pracę, wystarczyło odciąć Linuksa obok. W miejsce konsoli serwisowej przyszła nowa konsola tekstowa, „intended for very limited configuration of a machine”: ustawienie adresu sieciowego, hasła, kilku parametrów. Resztę miało się robić zdalnie, przez VirtualCenter i interfejsy programistyczne.

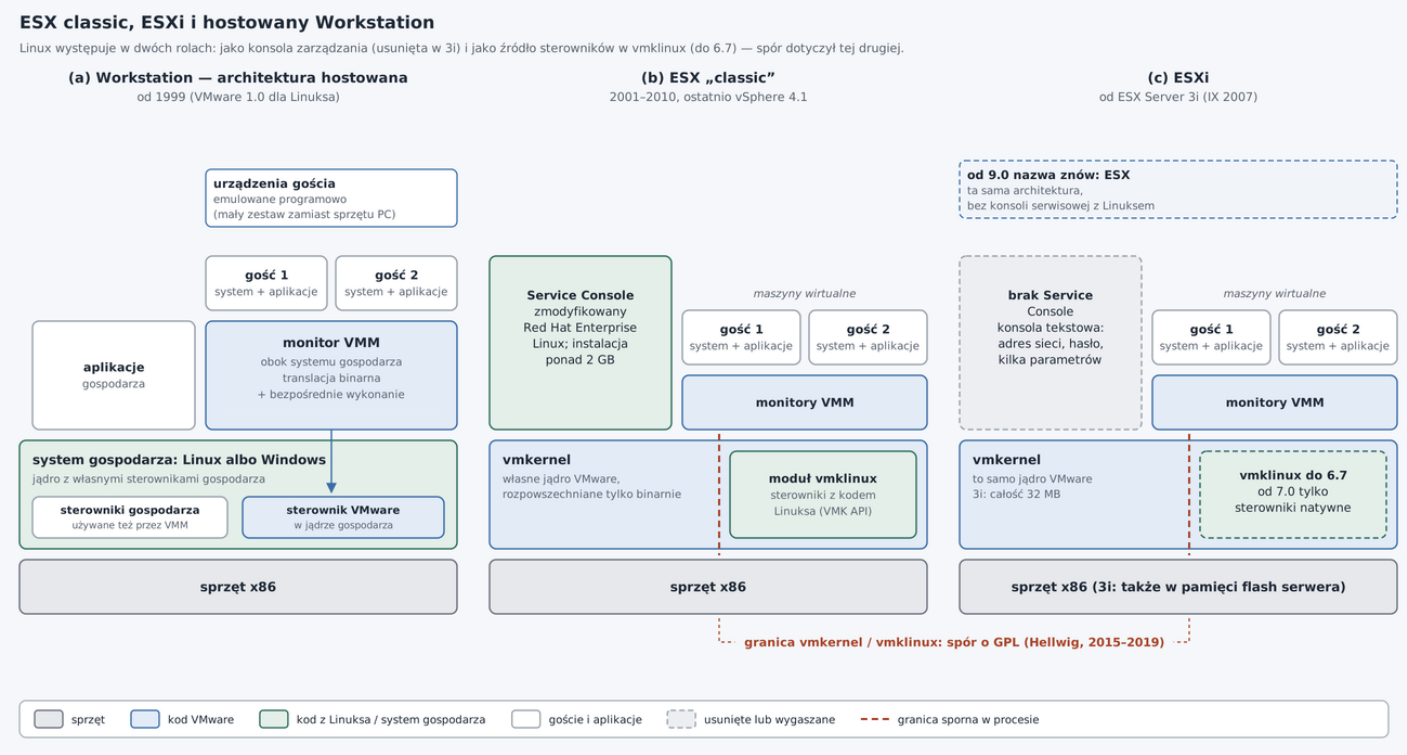
Dla administratora była to zmiana nawyków. Agenci kopii zapasowych, skrypty w powłoce bash, narzędzia producentów sprzętu do monitorowania dysków — wszystko, co działało w konsoli serwisowej, musiało się przenieść gdzie indziej. Dla producenta korzyść była wyraźna: mniej kodu do łatania, mniej powierzchni ataku, host, który można było dostarczać na karcie pamięci w serwerze i uruchamiać jak urządzenie. Przez trzy kolejne wersje główne obie architektury istniały obok siebie.

vSphere 4.1: ostatnie wydanie z ESX classic

13 VII 2010 VMware wydało vSphere 4.1. Uwagi do wydania — cytowane przez Duncana Eppinga w serwisie Yellow Bricks i przez Kendricka Colemana w tekście o przenoszeniu konfiguracji — mówiły jasno: „vSphere 4.1 and its subsequent update and patch releases are the last releases to include both ESX and ESXi hypervisor architectures”. Od kolejnej wersji głównej miał zostać tylko ESXi. Przy okazji vCenter od 4.1 wymagał 64-bitowego systemu. Administratorzy dostali więc kilka lat na

przeniesienie wszystkiego, co jeszcze żyło w konsoli serwisowej.

Kod linuksowy nie zniknął jednak razem z konsolą. Moduł vmklinux, który dawał vmkernelowi dostęp do sterowników przeniesionych z Linuksa, przetrwał w ESXi aż do wersji 6.7. Dopiero w ESXi 7.0, wydanym w kwietniu 2020 roku, VMware usunęło obsługę sterowników vmklinux całkowicie — po procesie, który formalnie wygrało. Ta historia jest w osobnym rozdziale.



Rysunek 2. *Trzy architektury VMware. Linux pojawia się w nich w dwóch różnych rolach: jako konsola zarządzania w ESX classic, usunięta w 3i, i jako źródło sterowników w module vmklinux, który przetrwał do ESXi 6.7. To ta druga rola była przedmiotem sporu sądowego.*

Nazwy: Elastic Sky, Ground Swell i powrót ESX

Skąd się wzięły litery? Oficjalnego wyjaśnienia nie znalazłem; jest anegdota z wnętrza firmy. Duncan Epping, pracownik VMware, zebrał w 2010 roku na swoim blogu rozwinięcia skrótów: ESX miałby oznaczać „Elastic Sky X”, a VMX — plik konfiguracyjny i proces maszyny wirtualnej — „Virtual Machine eXecutable”; według niego „the X had been added by an Engineer to make it sound technical and cool!”. W komentarzu pod wpisem Mike DiPetrillo, również z VMware, poprawił: „It was Ground Swell and Elastic Sky. Both were created by a marketing firm” — od Ground Swell wziął się GSX, od Elastic Sky ESX, a „X” dodano, żeby brzmiało technicznie. Co znaczy „i” w ESXi, to samo źródło nie mówi; najczęściej słyszy się „integrated”, ale nie znalazłem na to źródła pierwotnego.

W VMware Cloud Foundation 9 hipernadzorca znów nazywa się **ESX**, bez „i”. Inżynier Broadcomu opisuje na blogu wydanie „VMware ESX 9.0.0.0100” z 15 VII 2025, a NEC publikuje uwagi do własnego obrazu „VMware ESX 9.1” (build 25370933, z 29 V 2026). Na forum Broadcomu w sierpniu 2025 roku ktoś zauważył: „with vSphere 9 ESXi became ESX (without the "i" suffix) again” — oficjalnego wyjaśnienia nie było, a artykuły bazy wiedzy nadal mieszają obie nazwy. To powrót nazwy, nie architektury: ESX 9 nie ma konsoli serwisowej z Linuksem.

Sprzęt dogania oprogramowanie: VT-x, AMD-V, RVI i EPT

Pierwsza generacja: wolniej niż programowo

14 XI 2005 w Santa Clara Intel wprowadził pierwsze procesory do komputerów biurkowych z technologią Intel Virtualization Technology — Pentium 4 w modelach 672 i 662, w cenie 605 i 401 dolarów przy zakupie partii tysiąca sztuk. Komunikat Intela zawierał zdanie, które dobrze oddaje układ sił w branży: „VMware, Microsoft and Xen have joined Intel in support of Intel Virtualization Technology”. AMD wprowadziło swój odpowiednik, AMD-V, w 2006 roku — prospekt VMware podaje tylko rok, dziennej daty nie ustaliłem. Oba rozszerzenia rozwiązywały problem, który Robin i Irvine opisali w 2000 roku: dodawały nowy tryb pracy procesora, w którym hipernadzorca działa „pod” jądrem gościa, a instrukcje wrażliwe wywołują wyjście do hipernadzorcy. Konkurenci VMware na x86 mają w serii osobne opisy: Xena — hipernadzorcę z Uniwersytetu Cambridge z 2003 roku — i KVM, moduł scalony z jądrem Linuksa w 2007 roku, który zamienia je w hipernadzorcę i opiera się właśnie na VT-x i AMD-V, opisuje strona **Linux i GNU**, a Hyper-V (wersja finalna z 26 VI 2008) — strona **Windows Server 2008–2025**.

Można by sądzić, że od tej chwili translacja binarna stała się zbędna, a maszyny wirtualne przyspieszyły. Tymczasem w październiku 2006 roku na konferencji ASPLOS w San Jose dwaj inżynierowie VMware, Keith Adams i Ole Agesen, przedstawili pracę „A Comparison of Software and Hardware Techniques for x86 Virtualization” z wnioskiem, który zaskoczył wielu czytelników: „Surprisingly, the hardware VMM often suffers lower performance than the pure software VMM”. I dalej: „the first-generation hardware support rarely offers performance advantages over existing software techniques”. Najbardziej wymowny był mikrotest forkwait, oparty na tworzeniu procesów — a więc na ciągłych zmianach tablic stron: natywnie trwał 6,0 sekundy, w VMM programowym z translacją binarną — 36,9 sekundy, a w VMM korzystającym ze sprzętowego wsparcia pierwszej generacji — 106,4 sekundy. Sprzęt był w tym teście prawie trzy razy wolniejszy od oprogramowania.

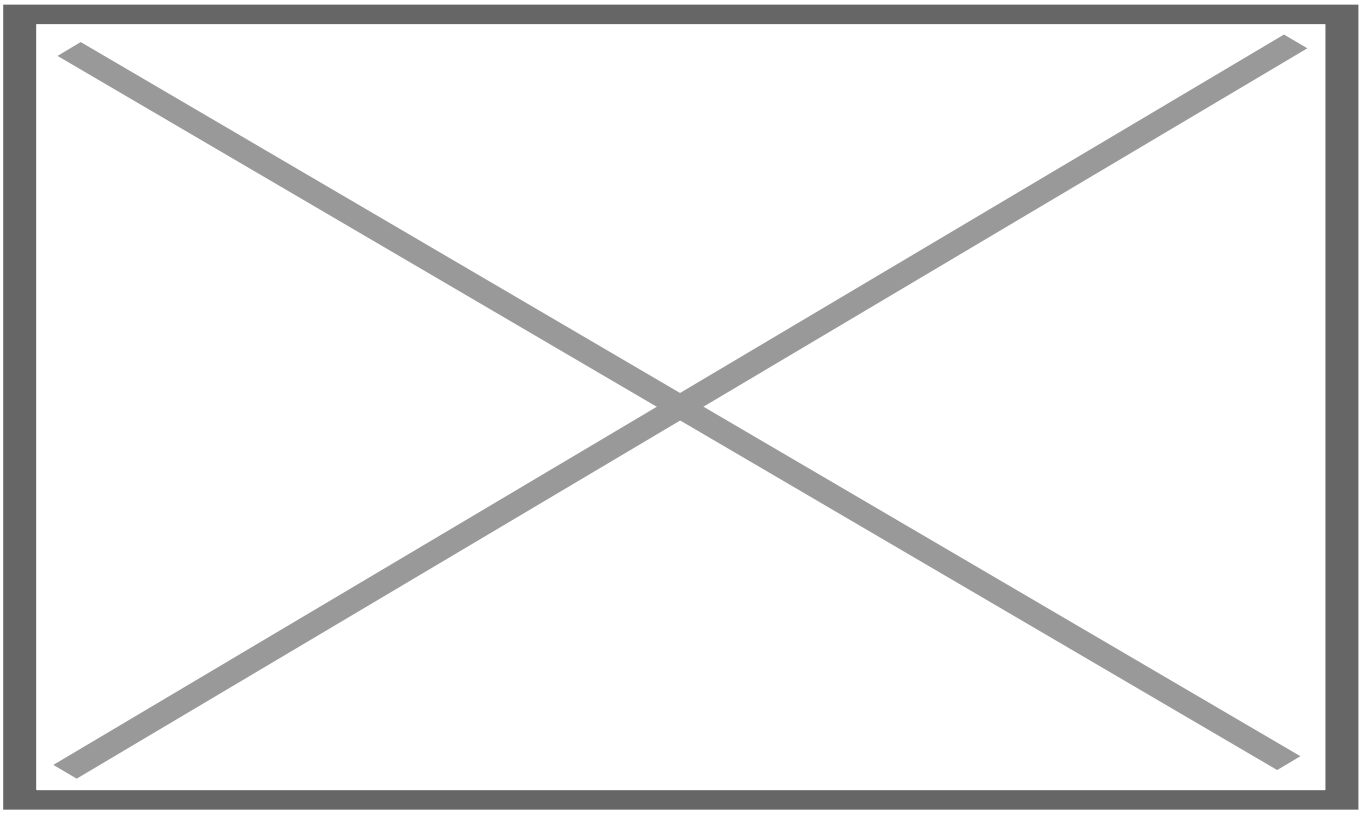
Powód był w pamięci. Pierwsza generacja VT-x i AMD-V wirtualizowała procesor, ale nie jednostkę zarządzania pamięcią. Hipernadzorca nadal musiał utrzymywać **tablice cieni** (shadow page tables) — własne kopie tablic stron gościa, które przekładały adresy gościa na adresy fizyczne i które trzeba było synchronizować przy każdej zmianie tablic gościa. Każda taka zmiana kosztowała wyjście z gościa do hipernadzorcy, a wyjścia w pierwszej generacji były drogie. Translator binarny VMware umiał wiele z tych operacji obsłużyć bez wychodzenia z kodu gościa.

Druga generacja: tablice zagnieżdżone

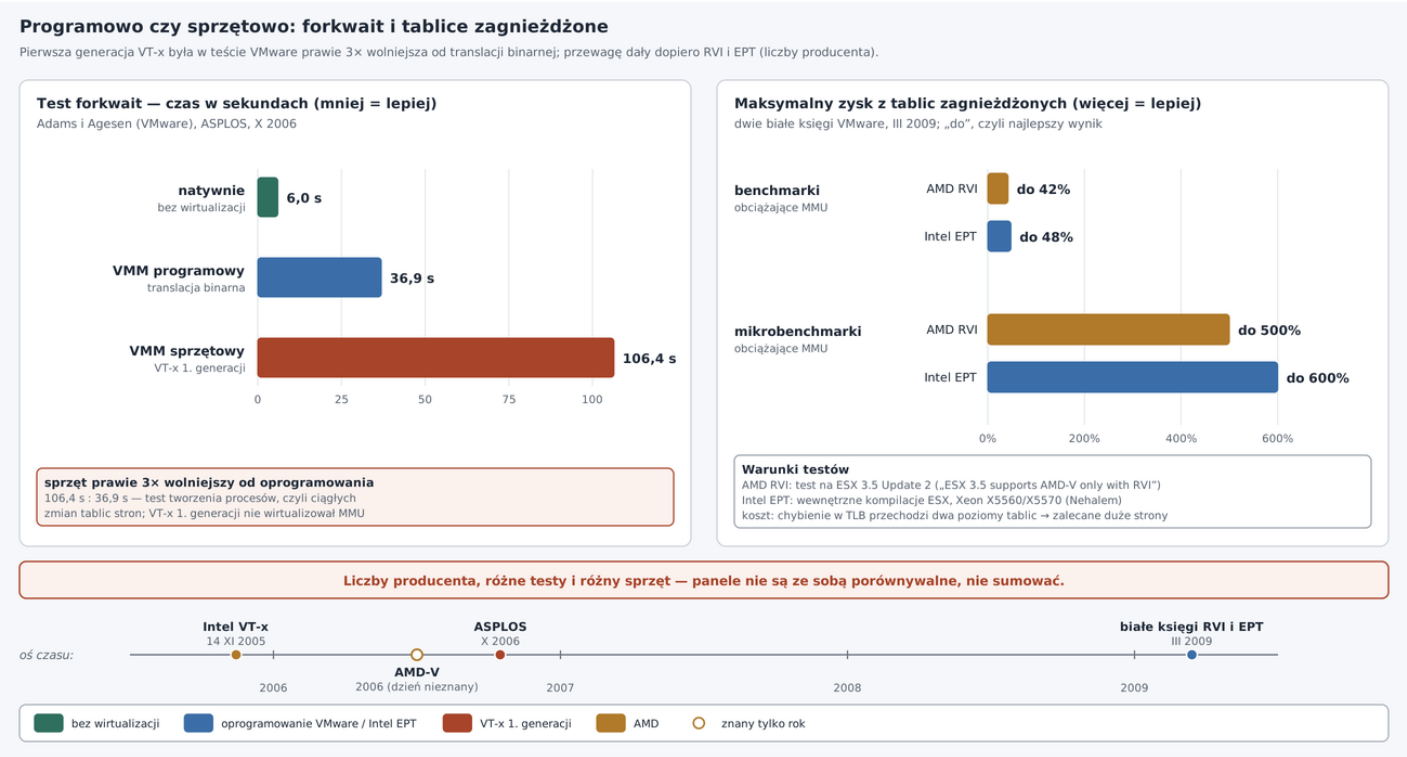
Adams i Agesen już w 2006 roku wskazali, skąd przyjdzie poprawa: „AMD's 'nested paging' and Intel's 'EPT' … similar to the SIE design" — i dodali, że „nested paging holds the promise of eliminating trace overheads". SIE to sprzętowe wsparcie wirtualizacji z mainframe'ów IBM, opisane na stronie **Mainframe i z/OS**; inżynierowie VMware sami porównali przyszłe rozwiązanie dla pecetów z mechanizmem, który IBM stosował od dawna. Tablice zagnieżdżone — u AMD nazwane **RVI** (Rapid Virtualization Indexing), u Intela **EPT** (Extended Page Tables) — przenoszą drugi poziom tłumaczenia adresów do sprzętu: procesor sam przechodzi najpierw tablice gościa, a potem tablice hipernadzorcy, i nie trzeba utrzymywać cieni.

VMware opisało efekty w dwóch białych księgach z 2009 roku. W teście na ESX 3.5 Update 2 z procesorami AMD — przy czym, jak zaznaczono, „ESX 3.5 supports AMD-V only with RVI", czyli z pierwszej generacji AMD-V w ogóle nie korzystał — RVI dawało „performance gains of up to 42% for MMU-intensive benchmarks and up to 500% for MMU-intensive microbenchmarks". W teście EPT na wewnętrznych kompilacjach ESX i procesorach Xeon X5560 i X5570 z rodziny Nehalem — „up to 48%" w benchmarkach obciążających jednostkę zarządzania pamięcią i „up to 600%" w mikrobenchmarkach. Obie księgi wskazują też koszt: przy chybieniu w buforze TLB przejście dwóch poziomów tablic jest droższe niż jednego, dlatego zalecały używanie dużych stron pamięci.

Rachunek zmieniła więc dopiero druga generacja: przez kilka lat translacja binarna nie była przeżytkiem — ESX 3.5 korzystał z AMD-V dopiero wtedy, gdy procesor miał RVI — a „rewolucja wirtualizacji sprzętowej" z 2005 roku w pomiarach samego VMware zaczęła się opłacać około 2008–2009 roku. Hyper-V w wersji 2008 R2 też zaczął korzystać z tej generacji (pod nazwą SLAT), co opisuje strona **Windows Server 2008–2025**.



Animacja 1. *Jedna instrukcja, cztery sposoby. Sprzęt z 2005 roku rozwiązał problem siedemnastu instrukcji, ale nie problem pamięci — dlatego przez kilka lat translacja binarna bywała szybsza niż VT-x, a przewagę dały dopiero tablice zagnieżdżone.*



Rysunek 3. *Sprzętowe wsparcie wirtualizacji nie przyspieszyło maszyn wirtualnych od razu: w teście samych inżynierów VMware pierwsza generacja VT-x była prawie trzykrotnie wolniejsza od*

translacji binarnej. Przewagę dały dopiero tablice zagnieżdżone RVI i EPT — warto pamiętać, że obie serie liczb to pomiary producenta.

Firma i pieniądze: EMC, giełda, Dell

EMC kupuje VMware za 635 milionów

Prospekt z 2007 roku pozwala odtworzyć, jak rosła firma. W roku obrotowym zakończonym 31 I 2003 VMware miało 31,2 mln dolarów przychodu, w 2005 — 387,1 mln, a w 2006 — 703,9 mln dolarów.

Granica między okresami w prospekcie to moment przejęcia. 15 XII 2003 **EMC** ogłosiło, że podpisał umowę zakupu VMware z Palo Alto „in a cash transaction valued at approximately $635 million", z zamknięciem przewidzianym „early in the first quarter of 2004". Komunikat nazywał VMware „the world leader in Intel-based virtual computing software", którego oprogramowanie jest „used today by thousands of companies worldwide", i obiecywał — to już język reklamy — skrócenie czasu przygotowania serwera „from weeks to tens of seconds". VMware miało działać „as a software subsidiary of EMC", a Diane Greene zostawała na czele. Prospekt mówi, że przejęcie nastąpiło „in January 2004"; ponieważ sprawozdania dzielą rok na okres poprzednika do 8 I 2004 i okres od 9 I, transakcję zamknięto zapewne około 9 I 2004, ale dziennej daty w dokumencie nie ma.

Kampus VMware w Palo Alto: ogród w stylu japońskim z wodospadem

Kampus VMware w Palo Alto: ogród w stylu japońskim z wodospadem. Źródło: Flickr, CC BY-NC-SA 2.0, autor: Ben Gertzfield (che_fox).

Prospekt wymienia w czynnikach ryzyka to, że firma dała dostęp do kodu źródłowego hipernadzorcy „more than 35 of our partners", i to, że Microsoft „currently provides products that compete with some of our entry-level offerings".

Debiut giełdowy: 29 dolarów i dziesięć głosów na akcję

W 2007 roku EMC sprzedało część VMware na giełdzie. Prospekt w ostatecznej wersji, z 13 VIII 2007, opisuje ofertę 33 000 000 akcji klasy A po 29,00 dolarów, z opcją dodatkowych 4 950 000 akcji. Wpływy dla VMware przed kosztami wynosiły 904 365 000 dolarów. Przed ofertą do spółki weszli inwestorzy strategiczni: **Intel Capital** zapłacił 218,5 mln dolarów za 9,5 mln akcji po 23 dolary, a **Cisco** kupiło od EMC 6,0 mln akcji po 25 dolarów. Akcje VMware zaczęły być notowane na nowojorskiej giełdzie NYSE 14 VIII 2007 pod symbolem VMW. Kursu zamknięcia z pierwszego dnia nie potwierdziłem w źródle pierwotnym.

Ważniejsza od ceny była struktura. EMC zachowało akcje klasy B, z których każda dawała dziesięć głosów. Po ofercie EMC miało około 87% akcji i około 98% głosów. VMware było więc spółką publiczną, ale kontrolowaną: inwestorzy mogli kupować jej akcje, nie mogli jednak wpływać na decyzje. Przychody za pierwsze półrocze 2007 roku wyniosły 555,5 mln dolarów — mniej więcej tyle, ile w całym 2005 roku.

Odejście Diane Greene

Niecały rok po debiucie kontrola EMC pokazała, ile znaczy. 8 VII 2008 zarząd VMware ogłosił „the departure of Diane Greene as President and CEO”. Prezesem i dyrektorem generalnym „effective immediately” został **Paul Maritz** — przez czternaście lat, do 2000 roku, menedżer Microsoftu, potem założyciel firmy Pi Corporation, którą EMC kupiło w lutym 2008 roku, i szef działu chmury w EMC. W tym samym komunikacie VMware obniżyło prognozę: przychody w 2008 roku miały wzrosnąć „modestly below the previous guidance of 50% growth over 2007”. Joe Tucci, przewodniczący rady i szef EMC, mówił, że „VMware is in a tremendous position to extend its lead in the virtualization market”. Założycielka, która w 2000 roku tłumaczyła Japończykom, że ESX „to nie system operacyjny”, odeszła niecały rok po debiucie giełdowym swojej firmy.

Od hipernadzorcy do platformy: Nicira, vSAN, Tanzu

Pod Maritzem i jego następcami VMware zaczęło budować wokół ESXi resztę serwerowni w oprogramowaniu. 23 VII 2012 firma ogłosiła zakup **Niciry** — „a pioneer in software-defined networking (SDN)” — za około 1,05 mld dolarów gotówką i około 210 mln dolarów w przejętych niezwestowanych opcjach i akcjach. Platformy NVP Niciry używali wtedy między innymi AT&T, DreamHost, eBay, Fidelity, NTT i Rackspace. W komunikacie występowali Paul Maritz, szef Niciry Steve Mullaney i jej współzałożyciel oraz dyrektor techniczny **Martin Casado**; VMware zadeklarowało dalsze wspieranie projektu Open vSwitch. Z technologii Niciry wyrosła później sieciowa część oferty VMware, NSX — ale dokumentu, który opisywałby to przejście, w moich źródłach nie ma.

Drugim elementem była pamięć masowa. **Virtual SAN** — dyski lokalne hostów ESXi połączone w jeden rozproszony magazyn danych — miał publiczną betę ogłoszoną na VMworld 2013. Datę wydania VMware ogłosiło 6 III 2014, a wersja 1.0 stała się ogólnie dostępna w tygodniu po 10 III 2014, razem z vSphere 5.5 Update 1. Klaster mógł liczyć do 32 hostów; firma reklamowała „2 Million IOPS” na 32 węzłach, 4,4 PB pojemności i 3200 maszyn wirtualnych.

Trzecim — kontenery. 26 VIII 2019 na VMworld w San Francisco VMware zapowiedziało portfolio **Tanzu** i **Project Pacific**, czyli „transforming VMware vSphere into a Kubernetes native platform in a future release” przez „embedding Kubernetes into the control plane of vSphere”, a do tego Tanzu Mission Control, przejęcie Pivotal i zakup Bitnami. Jak Kubernetes trafił do serwerowni, opisuje strona **Kontenery: od chroot do Kubernetesa**; mój wniosek z samej zapowiedzi jest taki, że

VMware chciało, by kontenery nie wyprowadziły się z vSphere, tylko w nim zamieszkały.

Dell, akcja śledząca i wydzielenie

7 IX 2016 w Austin **Dell Technologies** zakończył przejęcie EMC Corporation — według komunikatu tworząc „$74 billion market leader”. VMware przeszło razem z EMC, ale w nietypowej formie. Akcjonariusze EMC dostawali 24,05 dolara gotówką i 0,11146 akcji nowej akcji śledzącej (tracking stock), notowanej pod symbolem DVMT i „linked to a portion of EMC's economic interest in the VMware business”. Inaczej mówiąc, Dell zapłacił za EMC częściowo papierami, których wartość zależała od wyników VMware. Michael Dell zapowiadał: „We are at the dawn of the next industrial revolution”.

Pięć lat później Dell się z VMware rozstał. 1 XI 2021 zakończono wydzielenie (spin-off) VMware z Dell Technologies. Przed rozstaniem VMware wypłaciło dywidendę specjalną 11,5 mld dolarów, czyli 27,40 dolara na akcję; zachowano umowę handlową z Dellem. Firmą kierował wtedy **Raghu Raghuram**. Niezależność trwała jednak krótko: po pół roku VMware miało nowego nabywcę, a w chwili jego ogłoszenia Michael Dell nadal miał 40,2% akcji VMware, a fundusz Silver Lake — 10%.

Spór o GPL: Hellwig przeciw VMware

Zarzut: Linux w środku jądra, którego źródeł nie ma

Christoph Hellwig, jeden z bardziej aktywnych programistów jądra Linuksa, zarzucał VMware naruszanie licencji GPL publicznie już w 2006 roku, na liście dyskusyjnej jądra. Spór na serio zaczął się jednak od narzędzia, o którym mało kto by pomyślał: w październiku 2011 roku Software Freedom Conservancy zgłosiło VMware problem ze zgodnością licencyjną dotyczący BusyBoxa w ESXi. Według SFC negocjacje trwały w latach 2011–2013, a na początku 2014 roku VMware odmówiło; organizacja twierdzi też, że prawnik VMware oznajmił w 2014 roku, iż firma nie zamierza przestać rozpowszechniać spornych dzieł.

Na początku marca 2015 roku — SFC i The Register opisały to 5 III — Hellwig złożył pozew w Hamburgu. Proces finansował program SFC GPL Compliance Project for Linux Developers, a pełnomocnikiem był Till Jaeger z kancelarii JBB Rechtsanwälte. Zarzut był prosty w sformułowaniu: VMware połączyło kod Linuksa, objęty licencją GPLv2, z własnościowym vmkernelem i rozpowszechnia całość bez udostępnienia pełnego kodu źródłowego, którego wymaga GPL dla dzieł zależnych. VMware odpowiedziało krótko: „We believe the lawsuit is without merit”.

Sednem był moduł vmklinux. SFC twierdziło, że zawiera zmodyfikowany kod Linuksa i jest tak ściśle powiązany z vmkernelem, że razem stanowią jedno dzieło. VMware twierdziło, że vmklinux jest „interoperability module”, który rozmawia z vmkernelem przez zdefiniowany interfejs VMK API, a ponadto kwestionowało, czy Hellwig ma w ogóle prawa autorskie do kodu, o który chodzi. Hellwig wskazywał swój dorobek: według SFC 279 653 wiersze kodu w Linuksie 3.19, a jako przykłady techniczne — kod obsługi magistrali PCI (pliki `pci.h` i `linux_pci.c`) oraz sterownik karty sieciowej tg3. Spór dotyczył więc nie tego, czy VMware używało kodu z Linuksa — bo tego VMware nie ukrywało — ale tego, czy sposób połączenia go z resztą hipernadzorcy tworzył dzieło zależne i czy ten konkretny powód ma prawo pozywać.

Wyrok, który niczego nie rozstrzygnął

Sąd Krajowy (Landgericht) w Hamburgu oddalił pozew w lipcu 2016 roku; datę 8 VII 2016 odczytuję z nazwy pliku wyroku, który opublikowało SFC, więc co do dnia jej nie potwierdziłem. SFC podkreślało, że „the ruling concerned German evidence law and the Court did not rule on the merits”. Jake Edge z LWN streścił 17 VIII 2016 uzasadnienie dokładniej. Pozew był dopuszczalny — Hellwig powołał się na prawo autorskie do opracowania — ale powód nie wykazał, których konkretnie jego fragmentów kodu VMware użyło. Repozytoria git, archiwa tar, wyniki `git blame` i płyta CD, które przedstawił, sąd uznał za zbyt ogólne. W części dotyczącej podsystemu SCSI VMware wskazało tylko osiem funkcji, które dało się przypisać Hellwigowi. Sąd nie powołał biegłego, koszty zasądził na rzecz VMware i — co najważniejsze — nie rozstrzygnął, czy połączenie vmklinuxa z vmkernelem jest utworem zależnym. Hellwig skomentował: „I'm disappointed that the court didn't even consider the actual case of reusing the Linux code written by me”. SFC ogłosiło 9 VIII 2016 apelację.

Wyższy Sąd Krajowy (Oberlandesgericht) w Hamburgu 28 II 2019 utrzymał oddalenie. SFC nazwało to „a final decision in this case on procedure and standing, not on substance” i podkreślało, że „this ruling does not set precedent”. 4 III 2019 VMware wydało oświadczenie: z zadowoleniem przyjmuje wyrok, który „let stand the regional court's decision to dismiss”, firma „did not seek out this litigation”, a od lat prowadzi „multi-year project with the goal of removing vmklinux from vSphere”, który zostanie ukończony „in an upcoming major release” i nie ma związku z procesem. „We hope and expect that this litigation is now behind us”. 2 IV 2019 Hellwig ogłosił, że nie będzie dalej procesował się w Niemczech, i odniósł się do zapowiedzi usunięcia vmklinuxa: „When VMware takes this action, they will finally comply with the GPL”. Karen Sandler z SFC dodała: „VMware knew what they were doing was wrong”.

Kto więc wygrał? Formalnie VMware: pozew oddalono w dwóch instancjach, a koszty poniósł powód. Merytorycznie nikt: nie padła odpowiedź na pytanie, czy moduł z linuksowymi sterownikami połączony z własnościowym jądrem przez własny interfejs jest dziełem zależnym. W praktyce spór skończył się tak, jak chciał Hellwig — tyle że decyzją producenta, a nie sądu.

Skutek: ESXi 7.0 bez vmklinuxa

Zapowiedziane „upcoming major release” to vSphere 7, wydany 2 IV 2020. Artykuł bazy wiedzy Broadcomu KB 318613 („Devices deprecated and unsupported in ESXi 7.0”) mówi, że „all support for VMKlinux drivers and their devices have been completely removed in later versions of ESXi”. Dzieli urządzenia na trzy grupy: (1) obsługiwane wcześniej tylko przez wbudowany sterownik vmklinux; (2a) obsługiwane przez sterownik natywny do wersji 6.7, ale z całkowicie usuniętym wsparciem; (2b) rozpoznawane, lecz niewspierane i przewidziane do usunięcia w przyszłości. Dla grup (1) i (2a) skutki aktualizacji opisano bez owijania w bawełnę: „You may lose access to storage / data-stores”, „You may lose network access”, „You may lose previous configuration on the host”. Zalecenie: wymienić sprzęt przed aktualizacją.

Ten sam artykuł zawiera pułapkę, o której warto pamiętać nawet w 2026 roku, jeśli w kącie serwerowni stoi jeszcze host 6.x: aktualizacja z obrazu ISO albo przez Update Manager pokazuje ostrzeżenie o niewspieranych urządzeniach, ale **aktualizacja przez ESXCLI ostrzeżenia nie pokazuje**. Polecenia do sprawdzenia, jakich sterowników używa host, są w rozdziale o praktyce. Spór o licencję, który sąd zostawił bez rozstrzygnięcia, zostawił więc po sobie konkretną listę kart sieciowych i kontrolerów, które w ESXi 7.0 przestały działać.

Broadcom: przejęcie, licencje i spór o ceny

Ile kosztowało VMware: trzy prawdziwe liczby

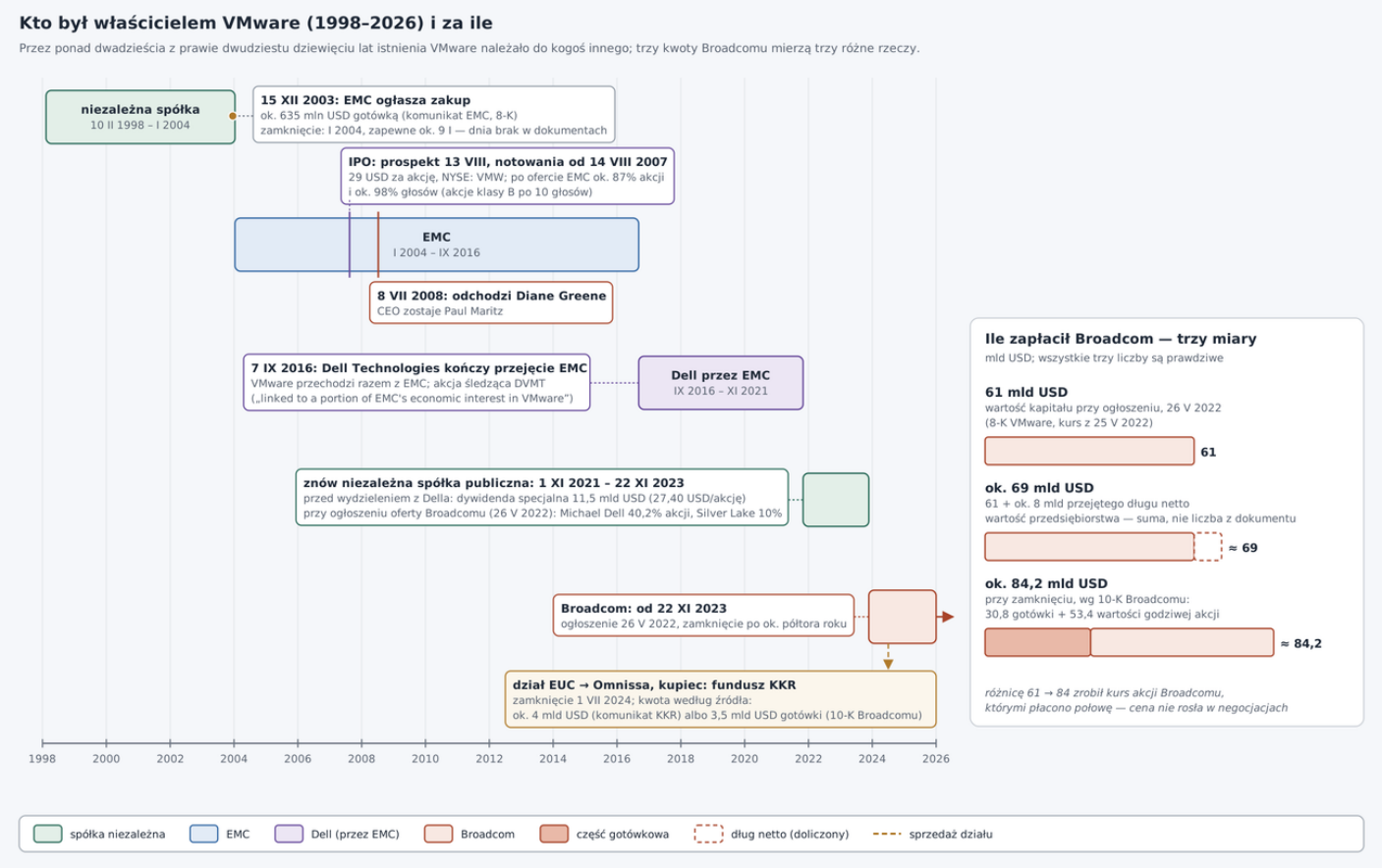
26 V 2022 **Broadcom** ogłosił, że kupi VMware. Raport 8-K VMware opisuje warunki: transakcja „values VMware at approximately $61 billion” według kursu z 25 V 2022, a Broadcom przejmuje ponadto około 8 mld dolarów długu netto. Akcjonariusz mógł wybrać 142,50 dolara gotówką albo 0,2520 akcji Broadcomu, przy rozliczeniu mniej więcej po połowie gotówką i akcjami. Po zamknięciu dział Broadcom Software Group miał „rebrand and operate as VMware”. Michael Dell (40,2% akcji) i Silver Lake (10%) zobowiązali się głosować za. Raghuram mówił: „VMware has been reshaping the IT landscape for the past 24 years”.

Transakcja trwała półtora roku, bo musieli ją zatwierdzić regulatorzy w kilku jurysdykcjach (o Komisji Europejskiej jest niżej). 22 XI 2023 Broadcom ogłosił, że „has completed its acquisition of VMware”; akcje VMware zniknęły z NYSE, a wyniki wyboru formy zapłaty ogłoszono 30 X 2023. Hock Tan, szef Broadcomu, obiecywał „engineering-first, innovation-centric teams”.

Ile więc Broadcom zapłacił? Źródła podają, że od 61 do około 84 mld dolarów, i wszystkie te liczby są prawdziwe — mierzą tylko co innego[2]. **61 mld** to wartość kapitału VMware w dniu ogłoszenia, liczona po kursie Broadcomu z 25 V 2022. **Około 69 mld** — liczba najczęściej spotykana w prasie

— to te same 61 mld plus około 8 mld przejętego długu netto, czyli wartość całego przedsiębiorstwa w dniu ogłoszenia; to suma, a nie liczba z dokumentu. **Około 84 mld** wynika z raportu rocznego 10-K Broadcomu za rok obrotowy zakończony 3 XI 2024: przy zamknięciu Broadcom zapłacił około 30,8 mld dolarów gotówką (finansowanej m.in. kredytami terminowymi na 30,4 mld) i wydał 544 mln własnych akcji (w liczbie po późniejszym podziale akcji) o wartości godziwej 53,4 mld dolarów. Różnica między 61 a 84 mld nie oznacza, że cena wzrosła w negocjacjach — oznacza, że przez półtora roku zdrożały akcje Broadcomu, którymi płacono połowę. Sumę 30,8 i 53,4 liczę sam; w raporcie stoją osobno.

Dział **EUC** (End-User Computing: pulpity wirtualne, aplikacje, zarządzanie urządzeniami końcowymi) kupił fundusz **KKR**; 1 VII 2024 KKR ogłosił zakończenie przejęcia firmy **Omnissa**, „formerly a VMware business", „for approximately $4 billion from Broadcom Inc.", a raport Broadcomu mówi o „cash consideration of $3.5 billion". Źródła podają więc 4 albo 3,5 mld dolarów; różnica może wynikać z tego, że pierwsza liczba to wartość transakcji, a druga — sama gotówka, ale tego nie potwierdziłem[3]. Według Omnissy firma ma 26 000 klientów i 4000 pracowników.



Rysunek 4. *VMware przez ponad dwadzieścia z prawie dwudziestu dziewięciu lat istnienia należało do kogoś innego: najpierw do EMC, potem pośrednio do Della, wreszcie do Broadcomu. Trzy słupki z prawej pokazują, dlaczego w prasie krążą różne kwoty przejęcia — każda mierzy coś innego, a różnicę między pierwszą a trzecią zrobił kurs akcji Broadcomu.*

Grudzień 2023: koniec licencji wieczystych

Niecałe trzy tygodnie po zamknięciu transakcji Broadcom zmienił sposób sprzedaży. Krish Prasad, szef działu VMware Cloud Foundation, ogłosił 11 XII 2023 we wpisie „VMware by Broadcom business transformation” (The Register opisał go następnego dnia), że firma „will no longer sell perpetual licenses”. Od tego dnia — „beginning today” — skończyła się też sprzedaż odnowień wsparcia i subskrypcji (SnS) dla produktów kupionych na licencji wieczystej; istniejące umowy miały być honorowane do końca. Wszystko miało być sprzedawane tylko jako subskrypcja albo licencja terminowa. Posiadane licencje wieczyste można było dalej używać; klientów zachęcano do zamiany ich na subskrypcje.

Jednocześnie Broadcom drastycznie uprościł katalog. Na górze stanęła **VMware Cloud Foundation** (VCF) — „our flagship enterprise-class hybrid cloud solution”, najszerszy pakiet, w którego licencji mieści się między innymi pula pojemności vSAN. Niżej **VMware vSphere Foundation** (VVF) — dla średnich i mniejszych firm: vSphere z zarządzaniem operacjami. Dostępne pozostały też vSphere Standard i vSphere Essentials Plus. Broadcom deklarował, że cenę katalogową subskrypcji VCF obniżył „by half”, honorował kredyty z programów przedpłat (HPP i SPP) i zapowiadał przenośność licencji (BYOS) do zwalidowanych chmur z VCF.

Kolejne decyzje przychodziły przez następne miesiące. 15 IV 2024 Hock Tan zapowiedział, że poprawki dla podatności „zero-day” we wspieranych wersjach vSphere będą bezpłatne także dla klientów z licencjami wieczystymi bez ważnego wsparcia. 8 V 2024 VMware Cloud on AWS przestało być sprzedawane przez AWS — tylko przez Broadcom i jego resellerów. ITwiz w marcu 2024 roku opisywał też koniec dotychczasowego programu partnerskiego i selektywne zaproszenia do programu Broadcom Advantage.

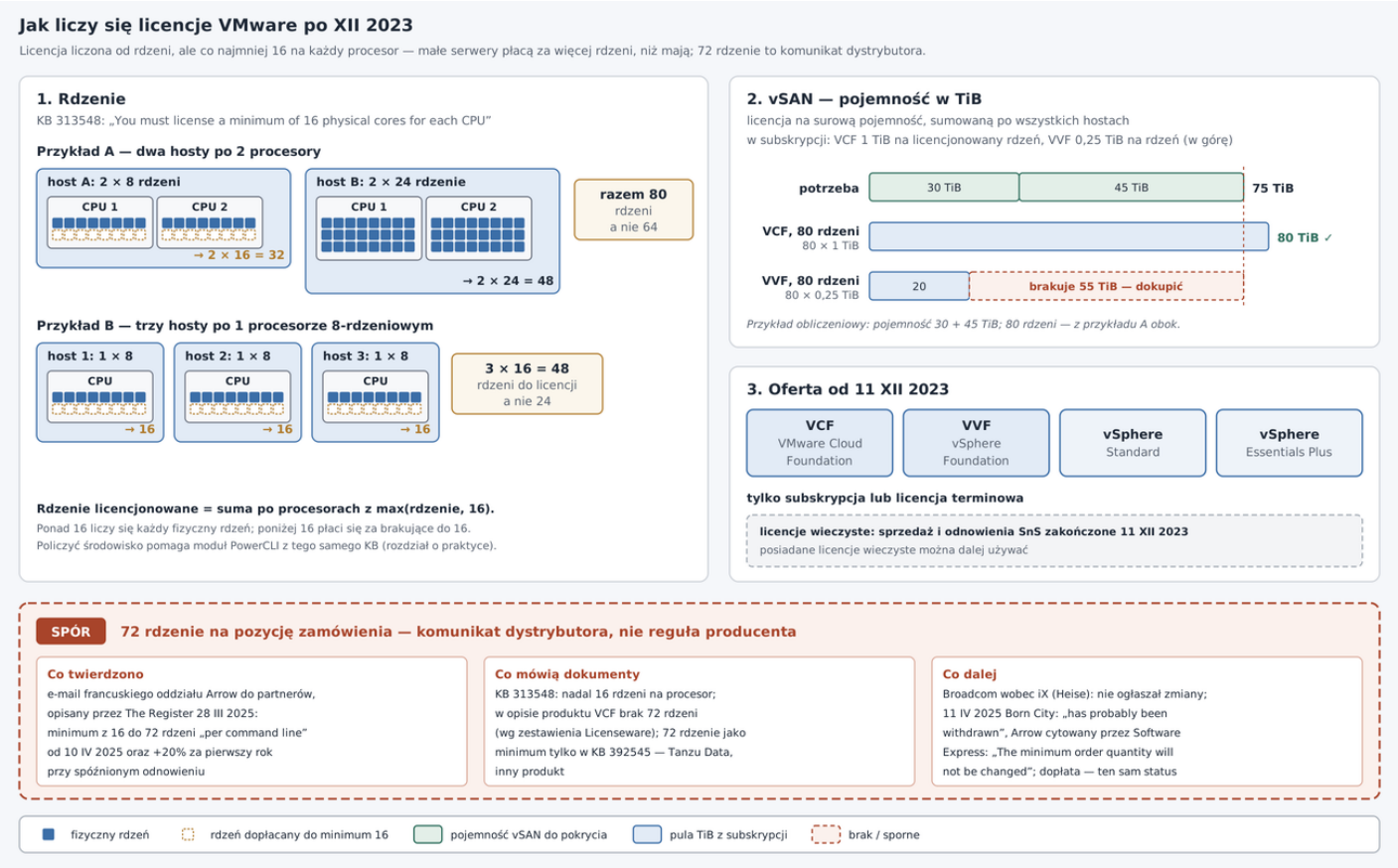
Szesnaście rdzeni na procesor — i spór o 72

Nowe licencje liczy się w rdzeniach procesora, a reguły opisuje artykuł KB 313548 (dawniej VMware KB 95927), „Counting Cores for VMware Cloud Foundation and vSphere Foundation and TiBs for vSAN”. Najważniejsze zdanie: „You must license a minimum of 16 physical cores for each CPU (physical processor)” — także wtedy, gdy procesor ma mniej rdzeni. Artykuł podaje przykłady: host A z dwoma procesorami po 8 rdzeni i host B z dwoma po 24 rdzenie wymagają razem licencji na 80 rdzeni, bo host A liczy się jako 2 × 16, a nie 2 × 8. Trzy hosty z jednym 8-rdzeniowym procesorem każdy to 48 rdzeni do licencji, a nie 24.

vSAN licencjonuje się osobno, według surowej pojemności w tebibajtach (TiB), sumowanej po wszystkich hostach. Subskrypcja VCF zawiera 1 TiB vSAN na każdy licencjonowany rdzeń, VVF — 0,25 TiB na rdzeń, z zaokrągleniem w górę; nadwyżkę ponad tę pulę trzeba dokupić. Przykład: dwa hosty z 30 i 45 TiB surowej pojemności to 75 TiB do licencji. Przy 80 licencjonowanych rdzeniach z pierwszego przykładu subskrypcja VCF daje pulę 80 TiB i pokrywa całość, a VVF — 20 TiB, więc brakujące 55 TiB trzeba dokupić. Do policzenia rdzeni i pojemności w istniejącym środowisku Broadcom udostępnia w tym samym artykule moduł PowerCLI — polecenia są w rozdziale o praktyce.

W marcu 2025 roku przez branżę przeszła wiadomość, że minimum wzrośnie z 16 do 72 rdzeni. Źródła podają w tej sprawie dwie wersje[4]. The Register 28 III 2025 opisał e-mail francuskiego oddziału dystrybutora Arrow do partnerów: „the minimum number of cores required for VMware licenses will increase substantially, from 16 to 72 cores per command line” od 10 kwietnia, a klienci, którzy nie odnowią subskrypcji w rocznicę, zapłacą 20% więcej za pierwszy rok; VMware nie odpowiedziało na prośby o komentarz. Broadcom miał natomiast powiedzieć magazynowi iX (Heise), że nie ogłaszał zmiany cen, a minimum 16 rdzeni obowiązuje. 11 IV 2025 Günter Born napisał, że minimum 72 rdzeni „has probably been withdrawn”, cytując za dostawcą Software Express odpowiedź Arrow: „The minimum order quantity will not be changed”.

W KB 313548 minimum 72 rdzeni nie ma; według zestawienia serwisu Licenseware nie ma go też w opisie produktu VCF, a pojawia się tylko w opisie licencji innego produktu, Tanzu Data (KB 392545). Formalnego odwołania nie było, bo nie było formalnego ogłoszenia. Najostrożniej: „72 rdzenie” były komunikatem kanału dystrybucji, którego nie potwierdza żaden dokument producenta i który ten sam dystrybutor po dwóch tygodniach prawdopodobnie wycofał. Dopłata za spóźnione odnowienie ma ten sam status.



Rysunek 5. *Licencję VMware liczy się dziś od rdzeni, ale nie mniej niż szesnaście na każdy procesor — dlatego małe serwery z ośmiordzeniowymi procesorami płacą jak za dwa razy więcej rdzeni, niż mają. Ramka u dołu przypomina, że głośne „72 rdzenie” były komunikatem dystrybutora, a nie regułą producenta.*

Darmowy ESXi: koniec i powrót

Przez lata VMware udostępniało bezpłatną edycję hipernadzorcy — vSphere Hypervisor, potocznie „darmowy ESXi". 12 II 2024 artykuł KB 2107518 „End Of General Availability of the free vSphere Hypervisor (ESXi 7.x and 8.x)" ogłosił, że darmowa edycja „is no longer available on the VMware website". Jako uzasadnienie podano koniec licencji wieczystych; status produktu to EOGA, czyli koniec ogólnej dostępności, bez produktu zastępczego. Samego artykułu nie pobierałem bezpośrednio; jego treść znam z omówienia Güntera Borna z 13 II 2024.

Czternaście miesięcy później darmowy hipernadzorca wrócił, bez zapowiedzi i bez wyjaśnień. W uwagach do wydania **ESXi 8.0 Update 3e** (build 24677879) pojawiło się zdanie: „Broadcom makes available the VMware vSphere Hypervisor version 8, an entry-level hypervisor". Źródła podają jako datę wydania 10 IV albo 11 IV 2025[5]; The Register opisał powrót 14 IV, Virtualization Review — 18 IV 2025, a oba serwisy zauważyły, że Broadcom nie wyjaśnił zmiany decyzji. Warunki opisuje KB 399823 „VMware ESXi 8.0 Update 3e now available as a Free Hypervisor": brak zarządzania przez vCenter, brak vMotion, DRS, HA i kopii zapasowych przez interfejs VADP; interfejsy programistyczne do zarządzania niewspierane (co najwyżej odczyt); do dwóch fizycznych procesorów na host i ośmiu wirtualnych procesorów na maszynę wirtualną; brak oficjalnego wsparcia. Klucz licencyjny jest wbudowany w obraz ISO. Pobiera się go z portalu Broadcom Support po rejestracji: My Downloads → „Free Software Downloads" → „VMware vSphere Hypervisor". O darmowym ESX 9 artykuł milczy.

Podobnie potoczyły się losy produktu, od którego wszystko się zaczęło. W maju 2024 roku Broadcom udostępnił VMware Workstation Pro i Fusion Pro bezpłatnie do użytku osobistego, a 11 XI 2024 — dla wszystkich, także do użytku komercyjnego i edukacyjnego. Himanshu Singh z Broadcomu pisał: „Effective immediately, both VMware Fusion and VMware Workstation will transition away from the paid subscription model". Wersji płatnych przestano sprzedawać, a dla darmowych nie przyjmuje się zgłoszeń do wsparcia. Workstation, który w 1999 roku kosztował 299 dolarów, po dwudziestu pięciu latach stał się darmowy.

Regulatorzy: warunki Komisji i skarga CISPE

Komisja Europejska zatwierdziła przejęcie 12 VII 2023 (sprawa M.10806), po pogłębionym postępowaniu otwartym w grudniu 2022 roku. Jej obawy dotyczyły sprzętu, a nie cen: VMware musi współpracować z kartami Fibre Channel HBA, adapterami pamięci masowej i kartami sieciowymi, a Broadcom takie produkuje — więc mógłby pogorszyć współpracę VMware z produktami konkurentów, na przykład Marvella. Zgoda była warunkowa: Broadcom zobowiązał się dawać konkurentom dostęp do „APIs, materials, tools, and technical support" na takich samych warunkach, jakie ma sam, przez dziesięć lat, pod nadzorem Komisji i niezależnego powiernika. Serwis Concurrences opisuje warunek jako „conditional upon full compliance with the commitments… interoperability and source code access". Brytyjski regulator wszedł w marcu 2023 roku w drugą fazę postępowania, a amerykańska FTC badała sprawę dalej.

Po zmianie licencji do Komisji zaczęły przychodzić skargi. ITwiz, za agencją Reuters, opisał w kwietniu 2024 roku, że Komisja zażądała od Broadcomu informacji. Skarżyły się stowarzyszenia użytkowników — belgijski Beltug, francuski Cigref, holenderska CIO Platform i niemiecki VOICE — na nagłe podwyżki, wiązanie produktów w pakiety, zakaz odsprzedaży i odmowę utrzymania warunków poprawek bezpieczeństwa dla licencji wieczystych; osobną skargę złożyło 26 małych dostawców chmury.

Najostrzej działa **CISPE**, stowarzyszenie europejskich dostawców usług chmurowych, a pod jego egidą **ECCO** (European Cloud Competition Observatory) — „independent monitoring body comprising CISPE members", z obserwatorami z Cigrefu i Beltugu. Pierwszy raport ECCO o Broadcomie, z lutego 2025 roku, wystawił ocenę „Overall Status = RED": klienci są zmuszani do nowych warunków „for a minimum of three years", a żaden organ ochrony konkurencji nie wszczął formalnego postępowania, co ECCO postuluje. 24 VII 2025 CISPE złożyło do Sądu Unii Europejskiej skargę o stwierdzenie nieważności zgody Komisji, zarzucając „errors in law and manifest failures by the Commission in the competitive assessment". Sekretarz generalny CISPE Francisco Mingorance mówił: „The Commission was warned this would happen, yet it stood by".

Tu pojawia się sprzeczność, która jest tylko pozorna. CISPE twierdzi, że Komisja nie nałożyła warunków wobec obaw, które zgłaszano; Komisja warunki nałożyła. Źródła podają oba stwierdzenia, ale dotyczą one różnych rzeczy: warunki z lipca 2023 roku dotyczą współpracy ze sprzętem, a skarga CISPE — licencjonowania, którego warunki nie obejmowały[6]. Losów skargi przed Sądem UE po lipcu 2025 roku nie śledziłem.

AT&T przeciw Broadcomowi

Najgłośniejszy spór w Stanach Zjednoczonych wytoczył jeden z największych klientów. 29 VIII 2024 **AT&T** pozwało Broadcom przed sądem stanu Nowy Jork (New York State Supreme Court) o naruszenie umowy i wniosło o zabezpieczenie. Według AT&T — to liczby powoda — koszty VMware miały wzrosnąć o 1050%, a firmie groziła utrata wsparcia dla „75,000 virtual machines running across approximately 8,600 servers". Sąd wydał tymczasowy zakaz. Broadcom w memorandum z 20 IX 2024 odpowiadał, że „AT&T had fair warning of the changes", a utrata wsparcia wynikała z tego, że AT&T sama nie odnowiła umów. Około 21 XI 2024 strony zgłosiły ugodę wstępną („settlement-in-principle"); warunków nie ujawniono.

Liczby stron sporu: od 150 do 1500 procent

Ile w rzeczywistości zdrożało VMware? Źródła podają, że od 150 do 1500 procent, a każda z tych liczb ma autora, który ma interes w jej wysokości[7]. Zestawiam je z podaniem, czyje są:

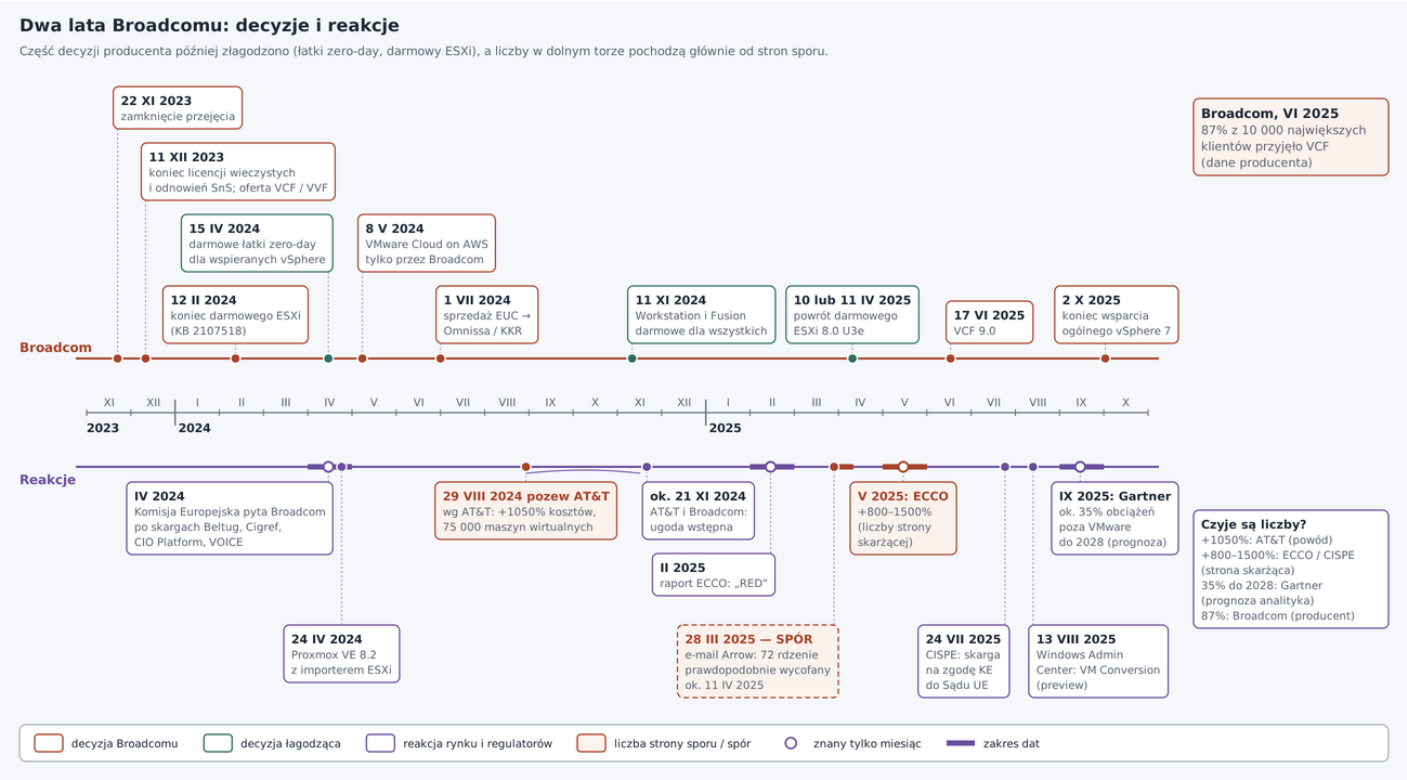
Kto podaje	Liczba	Czego dotyczy

AT&T (powód w sporze, pozew z VIII 2024)	+1050%	koszty VMware jednej firmy, 75 000 maszyn wirtualnych na ok. 8600 serwerach
CISPE i ECCO (strona skarżąca, raport z V 2025 za Network World)	od +800% do +1500%; u wielu członków „tenfold”	podwyżki zgłaszane Komisji przez członków stowarzyszenia dostawców chmury
CISPE (komunikat ze skargi do Sądu UE, VII 2025)	„sometimes exceeding tenfold”	jak wyżej
Data Center Knowledge, za nim ITwiz (III 2024)	do +1200%	„części klientów”, bez wskazania próby
CIO.com, za nim Network World (VI 2025)	od +150% do +500%	twierdzenia klientów
Broadcom (XII 2023)	cena katalogowa VCF obniżona „by half”	cennik pakietu, nie rachunek klienta, który wcześniej kupował mniej

Te liczby nie są aż tak sprzeczne. Cena katalogowa pakietu może spaść, a rachunek klienta wzrosnąć wielokrotnie, jeśli klient kupował wcześniej samo vSphere, a teraz kupuje pakiet, płaci od rdzeni z minimum szesnastu na procesor i przechodzi z licencji wieczystej na subskrypcję. Według ECCO, za Network World, zysk operacyjny niektórych firm spadł „to zero”, a jeden członek CISPE zmigrował z VMware, angażując przez kilka miesięcy wszystkich 400 pracowników. Broadcom odpowiada, że ma w Europie ponad 140 partnerów-dostawców chmury, z czego ponad 40 oferuje chmurę suwerenną. Że najwięcej tracą mali klienci i ci, którym wystarczało vSphere, to mój wniosek z porównania, nie wynik badania.

Po drugiej stronie są liczby Broadcomu, które pokazują, dlaczego firma nie zmienia kursu. W kwartale zakończonym 4 V 2025 przychody segmentu oprogramowania infrastrukturalnego wyniosły 6,6 mld dolarów, o 25% więcej niż rok wcześniej; przed przejęciem VMware ten segment miał około 3,4 mld kwartalnie. Cały Broadcom miał 15 mld przychodu (+20%) i 4,95 mld zysku netto (+124%). Hock Tan mówił analitykom — to liczby producenta — że VCF przyjęło 87% z 10 000 największych klientów VMware, odnowienia są „more than halfway”, a przejście dużych klientów potrwa „at least another year plus, maybe a year and a half”.

I wreszcie prognoza analityka. Julia Palmer z firmy **Gartner** mówiła we wrześniu 2025 roku na sympozjum w Australii, że „More than a third of workloads currently running under VMware will run on another platform by 2028” — około 35%. Pełna migracja trwa według niej „three or more years”, przeniesienie wybranych aplikacji — do roku. Radziła nie przenosić wszystkiego naraz, nie zmieniać platformy tylko z powodu kosztów, jako pierwszą alternatywę rozważyć Nutanix, nie wykluczać VCF 9 i nie uzależniać się od jednego dostawcy: „Don't put yourself in a box”. Liczby 87% Broadcomu i 35% Gartnera mogą być prawdziwe jednocześnie.



Rysunek 6. *Dwa tory pierwszych dwóch lat Broadcomu: górny pokazuje decyzje producenta, dolny — reakcje klientów, regulatorów i konkurentów. Warto zauważyć, że część decyzji później złagodzono (łatki zero-day, powrót darmowego ESXi), a liczby w dolnym torze pochodzą głównie od stron sporu.*

Praktyka administratora 2026

Ten rozdział zbiera to, co w październiku 2026 roku mówią dokumenty producentów, w kolejności pytań: na jakiej wersji jestem, co licencjonuję, czy sprzęt przejdzie na następną wersję, jakie stare pułapki czekają — i dopiero na końcu: czy i jak się przenosić.

Cykl życia: 7 bez poprawek, 8 na finiszu, 9 jako cel

vSphere 7 (ESXi, vCenter i vSAN 7.x) wyszedł 2 IV 2020. Wsparcie ogólne (EoGS) miało się skończyć 2 IV 2025, ale przedłużono je o pół roku — do **2 X 2025**. Według przypomnienia na blogu VMware z 31 III 2025 po tej dacie nie ma wsparcia, poprawek bezpieczeństwa ani aktualizacji; wcześniej wydane poprawki można pobierać samoobsługowo do końca okresu utrzymania. Faza „Technical Guidance" trwa do 2 IV 2027 — ale z zastrzeżeniem w przypisie, że dotyczy ważnych umów VMware, a nie umów zawartych z Broadcomem. Host z ESXi 7 w październiku 2026 roku jest więc hostem bez łatek.

vSphere 8 według wpisu użytkownika na forum Broadcomu z 28 II 2025 ma koniec wsparcia ogólnego 11 X 2027 i koniec Technical Guidance 11 X 2029; to nie jest dokument oficjalny i daty trzeba sprawdzić w aktualnej tabeli cyklu życia Broadcomu. Docelową wersją jest **VCF 9.0** (vSphere, ESX i vCenter 9.0), ogólnie dostępne od 17 VI 2025. Według omówienia na blogu StarWind wprowadza jedno urządzenie instalacyjne, dwa portale (VCF Operations i VCF Automation), rozszerzanie pamięci o dyski NVMe (memory tiering) i obrazy klastra zamiast aktualizacji opartych na „baselines".

Broadcom 15 IX 2025 opublikował „VCF Support Upgrade Playbook" — zestaw artykułów KB w trzech etapach (przygotowanie, kolejność i procedura, zadania po aktualizacji) dla ESXi 7→8, vCenter 7.0→8.0, vSAN 8, VCF 4.x i 5.x, Arii, Cloud Directora, HCX i NSX. Przejście z vSphere 7 bezpośrednio na VCF 9.0 jest w nim opisane jako migracja, a nie zwykła aktualizacja. Dla kogoś, kto w 2026 roku stoi jeszcze na siódemce, oznacza to zwykle dwa kroki albo projekt migracyjny.

Serwer HP DL385 z ESXi 5.5, podniesionym z wersji 5.1, zarządzany przez vSphere; według opisu au

Serwer HP DL385 z ESXi 5.5, podniesionym z wersji 5.1, zarządzany przez vSphere; według opisu autora sześć kart sieciowych połączono w EtherChannel z przełącznikiem Cisco 6509. Źródło: Flickr, CC BY-NC 2.0, autor: Bob Mical.

Licencje: najpierw policzyć

Przed rozmową z dystrybutorem warto policzyć, ile rdzeni i tebibajtów vSAN środowisko wymaga według zasad Broadcomu. KB 313548 udostępnia do tego moduł PowerCLI `FoundationCoreAndTiBUsage.psm1`; wymaga PowerCLI w wersji co najmniej 13.3 i PowerShella co najmniej 7.4.6. Polecenia z artykułu:

```
Connect-VIServer -Server vCenter_Server
Import-Module .\FoundationCoreAndTiBUsage.psm1
Get-FoundationCoreAndTiBUsage -DeploymentType VCF
```

Dla pakietu vSphere Foundation zamiast `VCF` podaje się `-DeploymentType VVF`. Wynik uwzględnia minimum 16 rdzeni na procesor, więc pokazuje, ile zapłaci się za serwery z małymi procesorami. Posiadane licencje wieczyste nadal działają, ale bez nowych odnowień wsparcia; według zapowiedzi z kwietnia 2024 roku łatki dla podatności „zero-day" we wspieranych wersjach vSphere mają być bezpłatne także dla takich klientów — co nie pomaga hostom na wersji, która sama wypadła ze wsparcia. Dopłata za spóźnione odnowienie subskrypcji, o której pisano w marcu 2025 roku, pochodzi z komunikatu dystrybutora i ma status sporny; w razie wątpliwości trzeba ją wyjaśnić na piśmie.

Sprzęt przed przejściem na 9: procesory i nośnik rozruchowy

Najważniejszy dokument przed planem aktualizacji z 8 na 9 to KB 318697 „CPU Support Deprecation and Discontinuation In VCF Releases” (dawniej VMware KB 82794). Dzieli procesory na dwie grupy. **Przestarzałe** — instalacja jest możliwa, ale host pokazuje ostrzeżenie „CPU_SUPPORT_WARNING: The CPUs in this host may not be supported in future VCF releases. Plan accordingly.” — to AMD EPYC 7001 (Naples) i 7002/7Fx2 (Rome), Intel Xeon Scalable drugiej generacji (Cascade Lake: Platinum 8200, Gold 6200 i 5200, Silver 4200, Bronze 3200), Xeon E-2100 i E-2200 (Coffee Lake) oraz Atom C3000. **Nieobsługiwane** — instalator „will not be able to proceed with the installation” — to Xeon D-1500 (Broadwell-DE), E3-1200/1500 v5 (Skylake-S), E5-2600/1600/4600 v4 i E7-8800/4800 v4 (Broadwell-EP), E3-1200 v6 (Kaby Lake-S), Xeon D-2100 i W-2100. Dla Xeon Scalable pierwszej generacji (Skylake-SP) artykuł odsyła do osobnego KB 428874. Obejść ani opcji rozruchu KB nie podaje. Oznacza to, że hosty z procesorami z drugiej grupy kończą drogę na ESXi 8, a te z pierwszej dostają na 9 ostrzeżenie, że następna wersja może je odrzucić. Każdy model trzeba też sprawdzić w Broadcom Compatibility Guide.

Druga pułapka to nośnik rozruchowy. KB 317631 „SD card/USB boot device revised guidance” mówi: „Broadcom will continue supporting USB/SD card as a boot device through the VCF 9.0 product release”, ale nowe serwery z kartą SD lub pamięcią USB jako nośnikiem rozruchowym „will not certify successfully”; instalacja i aktualizacja nie są blokowane. Partycja OSData powinna leżeć na osobnym, trwałym urządzeniu — najlepiej na dysku lokalnym, dysk w pamięci RAM to ostateczność. Nośnik rozruchowy dla 8.x musi mieć co najmniej 32 GB (zalecane 128 GB), dla 9.x — co najmniej 128 GB, wytrzymałość 128 TBW w pięć lat i co najmniej 100 MB/s; dopuszczalne są dyski SSD NVMe, SAS i SATA, SATADOM, przemysłowa pamięć flash SLC lub pSLC, dyski talerzowe i M.2. Na hostach 7.0 U2c i U3 z kartą SD trzeba przenieść z niej VMware Tools (ustawienie ProductLocker) i katalog scratch, a logi kierować na zdalny syslog.

Zastałe hosty 6.x: sterowniki vmklinux

Kto w 2026 roku ma jeszcze host 6.5 lub 6.7 i chce go podnieść choćby do 7.0, trafia na skutki procesu o GPL. KB 318024 opisuje, że z ESXi 7.0 usunięto wersje interfejsu vmkapi_2_2_0_0 i vmkapi_2_3_0_0, więc aktualizacja z hostem, na którym są takie sterowniki asynchroniczne, kończy się błędem „vmkapi DependencyError”, a przestarzałe sterowniki vmklinux bez natywnego zamiennika aktualizację blokują. Jeśli sterownik jest używany, urządzenia „generally no longer supported”, a aktualizacja „cannot proceed”. Polecenia z artykułu do sprawdzenia, jakich sterowników używają kontrolery i karty sieciowe, oraz do usunięcia pakietu VIB (w miejsce `driver_name` i `driver_VIB_name` wstawia się nazwę):

```
esxcli storage core adapter list |grep -i driver_name
esxcli network nic list |grep -i driver_name
esxcli software vib list | grep driver_name
```

```
esxcli software vib remove -n driver_VIB_name
```

Artykuł ostrzega, że usunięcie VIB może trwale odciąć adaptery wraz z ich konfiguracją, a obejście dotyczy tylko sterowników nieużywanych. Do tego dochodzi pułapka z KB 318613 opisana wyżej: aktualizacja przez ESXCLI nie pokazuje ostrzeżenia o urządzeniach, które w 7.0 przestaną działać. W najgorszym razie host po aktualizacji traci dostęp do magazynów danych i sieci.

Bezpieczeństwo: lekcja ESXiArgs

W lutym 2023 roku przestępcy masowo szyfrowali niezałatane hosty ESXi przez lukę CVE-2021-21974 w usłudze OpenSLP (port 427), wykorzystywaną zdalnie i bez uwierzytelnienia. Kampanię nazwano ESXiArgs. Poprawka (VMSA-2021-0002) była dostępna od dwóch lat. Help Net Security 6 II 2023 przytaczał dane Censys: „over 3,200 compromised servers, mostly in France", a do 8 II ofiar było ponad 3800. W piątek wieczorem 3 II 2023 francuski CERT-FR i dostawca OVHcloud zalecali: „quickly patch or disable the SLP service". Jak wyłączyć SLP, opisuje KB 318790 (dawniej VMware KB 76372); polecenia wykonuje się przez SSH, a artykuł zastrzega: „This workaround is applicable ONLY to ESXi".

```
esxcli system slp stats get
/etc/init.d/slpd stop
esxcli network firewall ruleset set -r CIMSLP -e 0
chkconfig slpd off
chkconfig --list | grep slpd
```

Ostatnie polecenie powinno pokazać „slpd off". Ogólniejsza lekcja jest starsza niż ESXiArgs: interfejsy zarządzania hipernadzorcą nie powinny być osiągalne z Internetu, a host bez łatek — taki jak każdy ESXi 7 po 2 X 2025 — jest hostem z lukami, które ktoś w końcu wykorzysta.

Snapshoty i VMware Tools

KB 318825 (dawniej VMware KB 1025279) „Best practices for using VMware snapshots in the vSphere environment" zaczyna od zdania, które warto powiesić nad biurkiem: „Do not use VMware snapshots as backups". Dalej: w łańcuchu obsługiwane są najwyżej 32 snapshoty, ale „for better performance, use only 2 to 3 snapshots"; „Do not retain a single snapshot for more than 72 hours"; plik delty rośnie i może zapełnić magazyn danych; „Do not cancel a running deletion/consolidation task, as it can lead to data corruption"; przed powiększeniem dysku lub vRDM nie może być snapshotów. Snapshoty tworzone przez programy zewnętrzne, na przykład do kopii zapasowych, „may not appear in the Snapshot Manager" — trzeba je sprawdzać z linii poleceń.

W gościach z Linuksem KB 313456 zaleca **open-vm-tools** — „the open source implementation of VMware Tools" — w wersji dostarczanej przez producenta dystrybucji i odradza ich usuwanie; pełne wsparcie przysługuje, jeśli wydanie systemu jest certyfikowane w Broadcom Compatibility Guide, a

aktualizuje się je menedżerem pakietów gościa (yum, apt). Konkretna wersja nie jest wymagana. Przy migracji z VMware zasada się odwraca — o tym niżej.

Laboratorium za darmo

Do nauki i testów wystarczają dziś dwa darmowe produkty: ESXi 8.0 Update 3e z portalu Broadcom Support (z ograniczeniami z KB 399823: bez vCenter, vMotion, HA i VADP, do dwóch procesorów, do ośmiu vCPU na maszynę, bez wsparcia) oraz Workstation lub Fusion, bezpłatne od listopada 2024 roku także do użytku komercyjnego, choć również bez wsparcia. Nie są to zamienniki środowiska produkcyjnego, ale pozwalają przećwiczyć aktualizację albo migrację na kopii.

Migracje: co mówią producenci narzędzi

Cztery drogi wyjścia z VMware mają w 2026 roku udokumentowane narzędzia producentów. Streszczam je według ich dokumentacji; żadnej z nich nie testowałem, a każda ma ograniczenia, które dokumentacja wymienia wprost.

Proxmox VE. Wersja 8.2 z 24 IV 2024 (Debian 12.5 „Bookworm”, jądro 6.8) dostała „an integrated VM importer presented as storage plugin” — import maszyn „VMware-based VMs (ESXi and vCenter)” z przeniesieniem większości ustawień; komunikat nie wspomina Broadcomu. Wiki Proxmoksa „Migrate to Proxmox VE” podaje, że „Import was tested from ESXi version 6.5 up to version 8.0”. Kroki: w Datacenter → Storage → Add wybrać „ESXi”, podać adres i konto administratora, wybrać maszynę i „Import”, wskazać docelowy magazyn i most sieciowy, wyłączyć maszynę źródłową, zaimportować i sprawdzić. Ograniczenia: dyski na vSAN — „does not work”; dyski szyfrowane — nie; maszyny ze snapshotami importują się „significantly slower”; znaki w rodzaju „+” w nazwie magazynu danych mogą zepsuć import. Przed migracją trzeba usunąć z gościa VMware Tools i przygotować się na nowy adres MAC; Windows uruchomi się od razu tylko z dyskiem na IDE lub SATA. Właściciele maszyn z szyfrowaniem dysku powinni zapamiętać zdanie: „It is currently not possible to migrate the vTPM state to Proxmox VE from VMware” — klucze odzyskiwania trzeba mieć przed migracją. Import na żywo uruchamia maszynę w trakcie importu, ale źródło musi być wyłączone, a przy błędzie dane zapisane od startu przepadają. Z linii poleceń wiki podaje:

```
qm importovf 100 Server.ovf local-zfs
qm disk import 104 Server.vmdk local-zfs
```

Hyper-V przez Windows Admin Center. Rozszerzenie „VM Conversion” (dokumentacja z 13 VIII 2025, uaktualniona 20 II 2026) „enables you to migrate VMware virtual machines from vCenter to Hyper-V… online replication with minimal downtime… available at no extra cost”. Ma jednak status „currently in PREVIEW”, czyli bez zobowiązania Microsoftu do wsparcia. Źródłem może być vCenter 6.x, 7.x i 8.x; obsługiwani goście to Windows Server od 2012 R2 do 2025, Windows 10 i 11, Ubuntu 20.04 i 24.04, Debian 11 i 12, Alma, CentOS i RHEL 9.0. Narzędzie robi pełną kopię dysków przy działającej maszynie (ze snapshotu na źródle), potem przez CBT kopiuje tylko zmienione bloki, a

przy przełączeniu wykonuje synchronizację delty, wyłącza źródło, kopiuje ostatnią deltę i importuje maszynę do Hyper-V z procesorami, pamięcią i siecią. Obsługuje do dziesięciu maszyn naraz i samo usuwa VMware Tools — ale tylko z gości Windows; w Linuksie sterowniki Hyper-V trzeba zainstalować przed migracją. Bramę WAC należy postawić w tej samej lokalizacji co hosty ESXi i Hyper-V. O samym Hyper-V jest strona **Windows Server 2008–2025**.

Nutanix. Nutanix Move to według producenta „a cross-hypervisor mobility solution to move VMs with minimal downtime", z kierunkiem między innymi z ESXi na hipernadzorcę AHV. Wersja 6.3, opisana na blogu Nutanixa 29 IX 2026, dodała migrację „zero-copy" z ESXi i vCenter na AHV dla maszyn na macierzy Everpure FlashArray: dyski vVol klonuje się wewnątrz tej samej macierzy przez jej interfejs; przy przełączeniu Move wyłącza źródło, odłącza wirtualne karty sieciowe, tworzy maszynę docelową, klonuje dyski i ją uruchamia — „does not involve any final delta sync of data". To rozwiązanie dla konkretnego sprzętu, nie ogólna metoda.

OpenShift Virtualization. Red Hat dostarcza Migration Toolkit for Virtualization (MTV) — operator OpenShift, który przenosi maszyny z vSphere do OpenShift Virtualization. Dokumentacja wersji 2.0 opisuje migrację zimną (maszyna wyłączona podczas kopiowania, domyślna) i ciepłą (kopiowanie wstępne przy działającej maszynie, wyłączenie przy przełączeniu). Narzędzie wymaga biblioteki VMware VDDK, z której buduje się obraz wpisywany do pola `spec.vddkInitImage` w zasobie HyperConverged — z ostrzeżeniem: „Storing the VDDK image in a public registry might violate the VMware license terms". Migracja ciepła wymaga CBT na maszynie i dyskach, vSphere co najmniej 6.5 i VMware Tools; snapshoty robi się co godzinę, najwyżej 28, a dokumentacja wymienia znany błąd z utratą śledzenia bloków przy trzecim snapshocie. Nowsze wydania MTV mogą się różnić od tej starej dokumentacji. Kontekst — KVM i Red Hat — jest na stronie **Red Hat, RHEL i saga CentOS**, a kontenery — na stronie **Kontenery: od chroot do Kubernetesa**.

Narzędzie	Źródło	Przestój	Ograniczenia z dokumentacji
Proxmox VE ≥ 8.2, importer ESXi	ESXi 6.5–8.0, vCenter	źródło wyłączone; import na żywo skraca przestój	bez vSAN, bez dysków szyfrowanych, bez stanu vTPM; Windows od razu tylko z IDE/SATA; usunąć VMware Tools
Windows Admin Center, VM Conversion	vCenter 6.x–8.x	minimalny (CBT, delta przy przełączeniu)	preview bez wsparcia; do 10 maszyn naraz; w Linuksie sterowniki Hyper-V przed migracją
Nutanix Move 6.3, zero-copy	ESXi/vCenter na Everpure FlashArray	krótki, bez końcowej synchronizacji	tylko vVol na tej macierzy
Red Hat MTV	vSphere ≥ 6.5	zimna: pełny; ciepła: przy przełączeniu	VDDK we własnym rejestrze; CBT; maks. 28 snapshotów; VMware Tools wymagane

Zostać czy odejść

Żadne z moich źródeł nie podaje niezależnych udziałów rynkowych VMware, Hyper-V, Proxmoksa i Nutanixa w latach 2024–2026, więc nie da się powiedzieć, „ilu odeszło”. Z dokumentów wynikają natomiast cztery reguły. Migracja całego środowiska trwa według Gartnera trzy lata lub dłużej, wybranych aplikacji — do roku; zacząć warto od tych drugich. Każde narzędzie ma przypadki, których nie obsługuje — vSAN, dyski szyfrowane, vTPM, stare systemy gości — i trzeba je wyłapać przed decyzją. Pozostanie też wymaga pracy: policzenia licencji (KB 313548), sprawdzenia procesorów (KB 318697), nośników rozruchowych (KB 317631) i wyjścia z wersji 7. Wreszcie Gartner przestrzega przed zmianą platformy tylko dla kosztów i przed uzależnieniem od jednego dostawcy — także nowego. To moje zestawienie, nie rekomendacja źródła.

Mity i sprostowania

Człon opowieści	Werdykt	Dlaczego
„VMware wymyśliło wirtualizację”	przewraca się	Maszyny wirtualne IBM to lata 60. i 70.; Disco (1997): „brings back an idea popular in the 1970s”. Broni się wersja węższa: pierwsza praktyczna wirtualizacja x86 (1999; nagroda ACM 2009).
„…bo x86 nie dało się wirtualizować”	częściowo	Klasyczny trap-and-emulate nie działał (17 instrukcji, Robin i Irvine 2000), ale inżynierowie VMware piszą, że z translacją binarną x86 „is virtualizable by Popek and Goldberg’s criteria”.
„VMware wynalazło translację binarną”	nie da się ustalić	Źródła mówią, że VMware zbudowało systemowy, adaptacyjny translator połączony z bezpośrednim wykonaniem i segmentacją; o nowości samej techniki milczą.
„ESXi to Linux” / „ESX zbudowano na Linuksie”	przewraca się	vmkernel to własne, binarne jądro; Linux był konsolą serwisową w ESX classic (usuniętą w 3i) i źródłem sterowników w vmklinux (do 6.7).
„ESX i ESXi to to samo”	przewraca się	ESX classic z konsolą serwisową (ponad 2 GB) skończył się na 4.1 (2010); ESXi (32 MB w 3i) jej nie ma. W 9.x wróciła tylko nazwa „ESX”.
„Sprzętowe VT-x od razu przyspieszyło maszyny wirtualne”	przewraca się	W teście forkwait VT-x pierwszej generacji: 106,4 s wobec 36,9 s z translacją binarną; zysk dały dopiero RVI i EPT (2008–2009).

Człon opowieści	Werdykt	Dlaczego
„Hellwig przegrał, więc VMware nie naruszyło GPL”	przewraca się	Sądy oddaliły pozew z przyczyn dowodowych i proceduralnych, bez orzekania o dziele zależnym; SFC: „does not set precedent”. VMware i tak usunęło vmklinux w 7.0.
„Broadcom zapłacił 69 mld”	broni się jako jedna z trzech miar	61 mld (kapitał przy ogłoszeniu), ok. 69 mld (z długiem), ok. 84 mld (wartość gotówki i akcji przy zamknięciu, 10-K).
„Broadcom zabił darmowe ESXi”	częściowo	Koniec dostępności 12 II 2024 (KB 2107518); powrót w IV 2025 jako ESXi 8.0 U3e, z limitami (KB 399823).
„Broadcom zakazał używania licencji wieczystych”	przewraca się	Przestał je sprzedawać i odnawiać wsparcie; posiadane można używać, a łatki zero-day dla wspieranych wersji zapowiedziano bezpłatnie (IV 2024).
„Ceny wzrosły dziesięciokrotnie”	nie da się ustalić jako reguły	Liczby stron sporu: AT&T +1050%, CISPE/ECCO +800–1500%, prasa do +1200% albo +150–500%; Broadcom: VCF katalogowo o połowę taniej. Zależy od profilu klienta.
„Minimum to teraz 72 rdzenie”	przewraca się	E-mail dystrybutora Arrow (III 2025), nieobecny w dokumentach Broadcomu dla vSphere/VCF, prawdopodobnie wycofany; oficjalnie 16 rdzeni na procesor.
„Komisja Europejska nie nałożyła żadnych warunków”	przewraca się	Nałożyła (12 VII 2023, interoperacyjność ze sprzętem, 10 lat), ale nie dotyczące licencji — o to chodzi w skardze CISPE.
„Wszyscy uciekają na Proxmoksa”	nie da się ustalić	Broadcom: 87% z 10 000 największych klientów na VCF; Gartner: ok. 35% obciążeń poza VMware do 2028 (prognoza), pierwsza zalecana alternatywa — Nutanix.

Drobniejsze sprostowania: **VMotion** nie pojawił się w odpowiedzi na Hyper-V — VMware miało go od 2003 roku (VirtualCenter 1.0), na długo przed migracją na żywo opisaną na stronie **Windows Server 2008–2025**; **pierwszy produkt** działał na Linuksie jako gospodarzu, nie na Windows; **ESX 3i** nie był „ESX bez funkcji”, tylko ESX bez konsoli serwisowej; **powrót nazwy ESX** w wersji 9 nie oznacza powrotu Linuksa do hipernadzorcy.

Epilog

VMware zaczęło od powrotu do pomysłu z lat siedemdziesiątych i od programu, który pozwalał uruchomić Windows w okienku Linuksa. Po drodze zrobiło z maszyny wirtualnej rzecz, którą przenosi się między serwerami w trakcie pracy, a z hipernadzorcy — warstwę tak oczywistą, że przestano ją zauważać. Ta oczywistość była zarazem kapitałem, który Broadcom kupił: klient, którego cała serwerownia stoi na jednym hipernadzorcy, nie odchodzi z dnia na dzień. Liczby z obu stron sporu pokazują to samo z dwóch perspektyw — Broadcom zarabia na VMware wyraźnie więcej, a klienci i ich stowarzyszenia liczą podwyżki w setkach procent i planują wieloletnie migracje. Administrator w 2026 roku nie musi rozstrzygać, kto ma rację. Musi wiedzieć, na jakiej wersji stoi, ile rdzeni licencjonuje, które procesory odrzuci kolejny instalator i co dokładnie potrafi narzędzie, którym ewentualnie chce się przenieść. Pierwszy rozruch Windows 95 w maszynie wirtualnej trwał dwie godziny; decyzja o tym, gdzie stanie następna serwerownia, potrwa według analityków dłużej.

Ciekawostki zebrane

- Disco, stanfordzki poprzednik VMware, miał około 13 000 wierszy kodu i wirtualizował procesor MIPS z systemem IRIX 5.3.
- Pierwszym pracownikiem VMware był Jeremy Sugerman; nagrodę ACM z 2009 roku dostał Workstation 1.0 dla Linuksa jako gospodarza.
- Pierwsza wersja miała kosztować 299 dolarów; pierwszy rozruch Windows 95 w maszynie wirtualnej trwał około dwóch godzin.
- W 2000 roku ESX Server licencjonowano w USA za 20 000 dolarów miesięcznie.
- Współdzielenie stron w ESX 1.5 odzyskało prawie jedną trzecią pamięci dziesięciu maszyn z Windows NT — 673 MB.
- Pierwsze pokazy VMotion przenosiły między serwerami działającego 3D Pinballa — i nikt nie zauważył momentu przeniesienia.
- Pierwsze procesory Intela z VT kosztowały 605 i 401 dolarów; w teście VMware pierwsza generacja VT-x była prawie trzy razy wolniejsza od oprogramowania.
- Po debiucie giełdowym EMC miało około 87% akcji VMware, ale 98% głosów.
- W pozwie o GPL VMware przypisało Hellwigowi w podsystemie SCSI tylko osiem funkcji — z jego 279 653 wierszy w Linuksie 3.19.
- „X” w ESX i GSX dodano według pracowników VMware po to, żeby nazwa brzmiała technicznie.
- W wersji 9 hipernadzorca znów nazywa się ESX — piętnaście lat po końcu ESX classic.
- Workstation, który w 1999 roku kosztował 299 dolarów, od 11 XI 2024 jest darmowy także dla firm.

Oś czasu

Data	Wydarzenie

X 1997	Disco na SOSP: Bugnion, Devine, Rosenblum
10 II 1998	Założenie VMware w Palo Alto
15 V 1999	VMware 1.0 (Workstation)
2000	Robin i Irvine: 17 instrukcji wrażliwych nieuprzywilejowanych
11 XII 2000	Zapowiedź GSX Server i ESX Server w Tokio
2001	GSX Server 1.0 i ESX Server 1.0
2003	ESX 2.0, VirtualCenter 1.0 i VMotion
15 XII 2003	EMC ogłasza zakup VMware za ok. 635 mln USD
14 XI 2005	Pierwsze procesory Intela z VT
2006	VMware Infrastructure 3; AMD-V
X 2006	ASPLOS: VT-x 1. generacji wolniejszy od translacji binarnej
14 VIII 2007	Debiut na NYSE (VMW), 29 USD za akcję
11 IX 2007	ESX Server 3i: 32 MB, bez konsoli serwisowej
2008	Virtual Infrastructure 3.5 ze Storage VMotion
8 VII 2008	Odejście Diane Greene; CEO Paul Maritz
13 VII 2010	vSphere 4.1 — ostatnie wydanie z ESX classic
23 VII 2012	Zakup Niciry
III 2014	Virtual SAN 1.0 z vSphere 5.5 U1
5 III 2015	Pozew Hellwiga w Hamburgu podany do wiadomości
VII 2016	Landgericht Hamburg oddala pozew
7 IX 2016	Dell kończy przejęcie EMC
28 II 2019	Oberlandesgericht utrzymuje oddalenie
26 VIII 2019	Project Pacific i Tanzu
2 IV 2020	vSphere 7 — bez sterowników vmklinux
1 XI 2021	Wydzielenie VMware z Della
26 V 2022	Broadcom ogłasza przejęcie
II 2023	Kampania ESXiArgs
12 VII 2023	Komisja Europejska zatwierdza przejęcie z warunkami
22 XI 2023	Zamknięcie przejęcia przez Broadcom
11 XII 2023	Koniec sprzedaży licencji wieczystych; VCF i VVF
12 II 2024	Koniec darmowego ESXi

24 IV 2024	Proxmox VE 8.2 z importerem ESXi
1 VII 2024	Omnissa (dawne EUC) w rękach KKR
29 VIII 2024	Pozew AT&T; ugoda wstępna ok. 21 XI 2024
11 XI 2024	Workstation i Fusion darmowe dla wszystkich
28 III 2025	E-mail Arrow o 72 rdzeniach
IV 2025	Powrót darmowego ESXi 8.0 U3e[5]
17 VI 2025	VCF 9.0; hipernadzorca znów „ESX”
24 VII 2025	CISPE skarży zgodę Komisji do Sądu UE
2 X 2025	Koniec wsparcia ogólnego vSphere 7
2 IV 2027	Koniec Technical Guidance vSphere 7 (tylko umowy VMware)

Wątek polski

VMUG Poland

Polski oddział niezależnej VMware User Group, **VMUG Poland**, działa według swojej strony w serwisie Sessionize od 2017 roku i liczy — to dane organizatora — „nearly 1,000 members”. Spotkanie w 2026 roku zaplanowano w Events Center w Varso Place przy ul. Chmielnej 73 w Warszawie, z naborem prelegentów od 23 VII do 23 VIII 2026; organizatorzy opisują je jako jedyne w Polsce wydarzenie poświęcone w całości technologii VMware, w formule „practitioner-to-practitioner”. Program spotkania z 24 XI 2022 roku, opublikowany przez firmę evoila, pokazuje, czym żyła polska społeczność: Tomasz Śmigiera (Advatech) mówił o NVMe over TCP zamiast (i)SCSI w vSphere, Paweł Smorczewski (PwC) o Azure VMware Solution, Simon Todd (Intel) o memory tiering, Łukasz Fortuna (VMware Polska) o VDI, a Maciej Lelusz (evoila Polska) podsumował VMware Explore. 28 III 2023 do liderów VMUG w Polsce dołączyła Maria Kmita z evoila — według firmy „jedną z nielicznych kobiet na świecie, a w Polsce tą jedyną” w tej roli.

Licencje wieczyste kupowane na ostatnią chwilę

Ogłoszenia w unijnej bazie TED pokazują VMware w polskiej administracji i spółkach państwowych. **Miasto Stołeczne Warszawa** w ogłoszeniu 638801-2023 (wysłanym 16 X 2023, opublikowanym 20 X 2023, z terminem ofert 2 XI 2023, znak ZP/JŻE/271/III-160/23) zamawiało przedłużenie wsparcia producenta dla istniejących licencji VMware, subskrypcję Kubernetes w VMware na 12

procesorów, **nowe licencje wieczyste** vSphere Enterprise na 4 procesory i vSAN Enterprise na 12 procesorów (lub równoważne), 20 dni pracy inżyniera producenta na miejscu i rok usługi opiekuna technicznego (TAM). Miasto kupowało więc licencje wieczyste, liczone na procesory, kilka tygodni przed zamknięciem przejęcia (22 XI 2023) i przed końcem sprzedaży takich licencji (11 XII 2023). Wcześniej, w 2021 roku, **PGNiG SA** i PGNiG Serwis prowadziły postępowanie „Zakup licencji oraz przedłużenie usług serwisowych VMware” (sprostowanie 285995-2021 z 2 VI 2021): zmianę poziomu licencji i dodatkowe licencje wirtualizacji serwerów i stacji roboczych jako przygotowanie do chmury prywatnej.

Polska prasa o Broadcomie

ITwiz opisał zmiany licencyjne dwukrotnie. 28 III 2024 Mikołaj Marszycki w tekście „Jak zmienił się sposób licencjonowania produktów VMware?” omawiał koniec licencji wieczystych, pakiety VCF i VVF i koniec programu partnerskiego, cytując Tracy Woo z Forrestera: „Oznacza to, że albo przepłacają, albo nie płacą za coś, czego chcą”; danych o Polsce tekst nie zawiera. 25 IV 2024 ITwiz za Reutersem pisał o zapytaniach Komisji Europejskiej i skargach europejskich stowarzyszeń użytkowników. Dziesięć lat wcześniej, 24 X 2014, Maciej Gajewski ze Spider’s Web rozmawiał na VMworld w Barcelonie z Krzysztofem Waszkiewiczem z VMware, który mówił, że polski rynek IT jest „stosunkowo młody”, wdrożenia nowych rozwiązań korporacyjnych zaczynają się później, ale po decyzji idą szybko; VDI i zarządzanie urządzeniami mobilnymi już w Polsce działały, głównym konkurentem był Microsoft z Hyper-V, Windows Server i Azure, a do VMware zgłaszały się uczelnie, także te z umowami z Microsoftem.

Źródła i dalsze lektury

Przypisy

[1] x86 nie spełnia wymagań wirtualizacji („seventeen instructions did not meet virtualization requirements because they were sensitive and unprivileged”): Robin i Irvine, USENIX Security 2000 ; x86 „is not classically virtualizable, but it is virtualizable by Popek and Goldberg’s criteria”: Adams i Agesen, ASPLOS 2006. Różnica dotyczy definicji, nie faktów.

[2] Ok. 61 mld USD (wartość kapitału przy ogłoszeniu) i ok. 8 mld USD przejętego długu netto: 8-K VMware, 26 V 2022; ok. 69 mld USD — suma obu liczb, spotykana w prasie; ok. 30,8 mld USD gotówki i 53,4 mld USD wartości godziwej akcji przy zamknięciu (razem ok. 84,2 mld — suma moja): 10-K Broadcomu za rok obrotowy 2024.

[3] Ok. 4 mld USD: komunikat KKR i Omnissa, 1 VII 2024, O'Melveny; „cash consideration of $3.5 billion”: 10-K Broadcomu. Wyjaśnienie różnicy (wartość transakcji a sama gotówka) jest moim przypuszczeniem.

[4] Wzrost minimum z 16 do 72 rdzeni od 10 IV 2025 i 20% dopłaty: The Register, 28 III 2025, Heise , zestawienie Licenseware (cytuje CRN); minimum bez zmian, 16 rdzeni na procesor: KB 313548, Born City, 11 IV 2025, Software Express; 72 rdzenie jako minimum innego produktu: KB 392545 (Tanzu Data).

[5] 10 IV 2025 — data przyjmowana powszechnie, której w uwagach do wydania nie sprawdziłem (omówienia: The Register, Virtualization Review); 11 IV 2025: virtualizationhowto.

[6] Warunki dotyczące interoperacyjności ze sprzętem i dostępu do kodu: TechCrunch, 12 VII 2023, Concurrences; Komisja nie zareagowała na obawy dotyczące licencji („yet it stood by”): CISPE, 24 VII 2025, StorageNewsletter.

[7] +1050% (AT&T): Legal Dive; +800–1500% (CISPE/ECCO): Network World, 23 V 2025; do +1200% (za Data Center Knowledge): ITwiz, 28 III 2024; +150–500% (za CIO.com): Network World, 6 VI 2025; cena katalogowa VCF niższa „by half”: Broadcom, 11 XII 2023.

Lektury

- Prace naukowe: Disco (SOSP 1997), Robin i Irvine (2000), Waldspurger (OSDI 2002), Adams i Agesen (ASPLOS 2006), Agesen i in. (2010), Bugnion i in., ACM TOCS 2012; białe księgi VMware o RVI i EPT
- Ludzie i początki: założyciele (Broadcom), ACM o Bugnionie i Rosenblumie, Herrod w Network World (2011), lista BLU (1999), Virten.net o Workstation, wywiad z Kitem Colbertem (CHM), Yellow Bricks o nazwach
- Produkt: @IT o GSX i ESX (2000), IBM ServerProven (2001), The Register o ESX 3i, vSphere 4.1, historia vMotion, Virtual SAN 1.0, Tanzu i Project Pacific, Intel VT (2005)
- Dokumenty SEC: S-1 VMware (2007), prospekt 424B4, EMC (2003), odejście Greene (2008), Nicira (2012), Dell i EMC (2016), wydzielenie (2021), Broadcom (2022), 10-K Broadcomu (2024)
- Spór o GPL: SFC (2015), FAQ SFC, The Register (2015), LWN (2016), apelacja, SFC (2019), LWN (2019), oświadczenie VMware

- Era Broadcomu: zamknięcie przejęcia, The Register o licencjach, ITAM o zmianach 2023–2024, Born City o końcu darmowego ESXi, BleepingComputer o Workstation, pierwszy raport ECCO, drugi raport ECCO, Channel Futures o AT&T, Gartner w The Register
- Baza wiedzy Broadcomu: KB 318613, KB 318024, KB 313548, KB 399823, KB 318697, KB 317631, KB 318790, KB 318825, KB 313456; koniec vSphere 7, Upgrade Playbook, Broadcom Compatibility Guide, darmowe pobrania
- Migracje: Proxmox VE 8.2, wiki Proxmoksa, WAC VM Conversion, Nutanix Move, Move 6.3, Red Hat MTV 2.0, MTV 2.6; ESXiArgs w Help Net Security
- Polska: VMUG Poland, VMUG PL 2022, liderka VMUG, TED 638801-2023, TED 285995-2021 , ITwiz III 2024, ITwiz IV 2024, Spider’s Web 2014

Ilustracje

Diagramy i animacje są moje. Zdjęcia pochodzą ze zbiorów cyfrowych muzeów, kolekcji i serwisu Flickr, które udostępniają je jako domenę publiczną albo na licencjach Creative Commons; część jest na licencjach niekomercyjnych (NC) lub bez utworów zależnych (ND) — ta wiki jest prywatna i niekomercyjna, obrazy pokazujemy bez zmian. Obrazy są wyświetlane bezpośrednio z serwerów instytucji i autorów; licencja i autor stoją w każdym podpisie. Materiałów objętych zastrzeżeniem praw nie osadzamy — odsyłamy do nich w źródłach.

Nota metodyczna: czego nie wiemy

- **Dzienne daty premier** ESX Server 1.0 i GSX Server 1.0 (prospekt podaje tylko rok 2001), AMD-V (tylko rok 2006) i zamknięcia przejęcia przez EMC (styczeń 2004, dzień wywnioskowany z podziału okresów w prospekcie). W obiegu krąży też kwota 625 mln dolarów za VMware; dokumenty EMC podają 635 mln, a źródła niższej kwoty nie znalazłem.
- **Pełny tekst artykułu ACM TOCS z 2012 roku** — znam tylko streszczenie; szczegóły emulowanych urządzeń i liczby z perspektywy autorów pozostają nieodczytane.
- **Kurs zamknięcia z pierwszego dnia notowań** (14 VIII 2007) i dzienna data wyroku z 2016 roku (odczytana z nazwy pliku).
- **Oficjalne daty końca wsparcia vSphere 8** — tylko wpis na forum; trzeba sprawdzić w aktualnej tabeli Broadcomu.
- **Los „72 rdzeni”** — brak dokumentu Broadcomu w żadną stronę; wiem tylko, co pisali dystrybutor i prasa.

- **Różnica 4 i 3,5 mld USD za EUC**, przejście z technologii Niciry do NSX, odejście Rosenbluma, znaczenie „i” w ESXi i powód powrotu nazwy ESX — bez źródeł pierwotnych.
- **Udziały rynkowe** VMware, Hyper-V, Proxmoksa i Nutanixa w latach 2024–2026 i liczba zwolnień po przejęciu — niezależnych danych nie mam; podaję tylko liczby Broadcomu i prognozę Gartnera.
- **Losy skargi CISPE** przed Sądem UE po lipcu 2025 roku.
- **Polskie ceny, wdrożenia z nazwą organizacji i polska wersja językowa** produktów — nie znalazłem źródeł pod adresem URL.

Strona opiera się na pracach naukowych inżynierów VMware i Stanfordu, dokumentach SEC, artykułach bazy wiedzy Broadcomu, dokumentacji Proxmoksa, Microsoftu, Nutanixa i Red Hata, materiałach SFC i LWN, komunikatach CISPE i ECCO oraz prasie branżowej. Liczby o podwyżkach, migracjach i przyjęciu VCF pochodzą od stron sporu albo analityków i tak są opisane.

Syntezą autora, a nie ustaleniem źródłowym, są: wyjaśnienie, dlaczego trzy kwoty przejęcia różnią się o kurs akcji Broadcomu; teza, że najwięcej na zmianach licencji tracą mali klienci i ci, którzy kupowali samo vSphere; ocena wyroku w sprawie Hellwiga jako formalnej wygranej VMware i merytorycznego braku rozstrzygnięcia; werdykty w tabeli mitów; reguły „zostać czy odejść” w rozdziale o praktyce i wniosek, które serwery kończą drogę na ESXi 8, wyprowadzony z listy procesorów w KB 318697.

Revision #7
Created 2026-10-17 13:32:12 UTC by Tomasz Konieczny
Updated 2026-11-01 17:34:41 UTC by Tomasz Konieczny